



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

O CBCT na análise óssea

Nicolas Patrick Dmitar Kotur

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

Gandra, 26 de maio de 2021

Nicolas Patrick Dmitar Kotur

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

O CBCT na análise óssea

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.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer aos meus pais Savo e Jocelyne, a meu irmão Jeremy por sempre me ajudar na vida. Graças a eles, eu consegui viver uma experiência pude viver essa experiência única que me levou a crescer e ser o que sou hoje.

Ao meu Orientador, o Professor José Adriano Costa, pelo seu ajuda e sua implicação durante toda esta fase

Ao corpo docente do Cespu que me ajudou durante 5 ano e meio

Ao meu avô Gojko que me apoia desde o primeiro dia e que acompanha as minhas aventuras portuguesas, aos meus primos e a toda a minha família

À minha turma, que me acompanhou durante esta formação no Cespu e que me permitiu evoluir e fazer verdadeiros amigos que começaram a tornar-se como família, a todas as pessoas que me marcaram durante estes anos em Portugal de uma forma inesquecível

A Valentin, meu parceiro e grande amigo que esteve presente nos melhores momentos bem como nos mais complicados, aos meus outros parceiros e amigos Stéphanie e Célia que estiveram sempre ao meu lado.

A Charles Adrien, Charles, Alexis, Léa, Valentine, Yasmine, Flore, Jeanne, aos meus amigos franceses, italianos, espanhóis e portugueses, e a todos os meus amigos em França (Antoine e os Piratas, Clément, Simon, Louise...)

A todas as pessoas que acreditaram em mim e que sempre estiveram ao meu lado

Abstract

The objective of this systematic review was to evaluate how the Cone Beam Computed Tomography (CBCT) allows the analysis of the bone and compares it with the Dental Panoramic Radiography (DPR).

An electronic research was performed in the database of scientific publications PUBMED and a basic research using the following scientific terms: Cone Beam Computed Tomography or CBCT; panoramic, dental bone, analysis and comparison.

The research identified 147 studies, of which 7 were considered relevant to this study. These studies provided important data taking into consideration the function of CBCT, the bone analysis, and also compared the CBCT technique to DPR.

The way that CBCT analyzes bone results from the device parameters and the software. The final image is influenced by the presence of artefacts, noise, and contrast.

In general, the studies show that CBCT can be used to analyze 3D bone images with a better precision than DPR, and it can help in complicated cases.

KEYWORDS

“Cone Beam computed tomography” or “CBCT”, “panoramic”, “dental bone”, “analysis” and “comparison”

Resumo

O objetivo desta revisão sistemática foi avaliar como o CBCT permite analisar o osso e comparar com a ortopantomografia (OPT).

Foi realizada uma pesquisa eletrónica na base de dados de publicações científicas PUBMED e uma pesquisa básica utilizando os seguintes termos científicos: Cone beam computed tomography or CBCT, panoramic, dental bone, analysis and comparison.

A pesquisa identificou 147 artigos, dos quais 7 estudos foram considerados mais relevantes. Estes estudos forneceram dados importantes levando em consideração o funcionamento do CBCT e da análise do osso e da técnica de OPT em comparação com o CBCT.

A forma do CBCT analisar o osso resultou dos parâmetros da máquina e do seu software, a imagem e a consequência dessa análise influenciada pelos artefactos, o ruído e o contraste.

Em geral, os estudos demonstraram que o CBCT pode ser utilizado para analisar com mais precisão e em 3D os ossos dos pacientes do que a OPT e permite auxiliar nos casos mais complexos.

PALAVRAS CHAVES:

“TFCT” o “Tomografia Computadorizada de Feixe Cónico”, “ortopantomografia”, “osso dentário”, “análise” e “comparação”

Índice geral

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. METODOLOGIA DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	2
3. RESULTADOS.....	5
4. DISCUSSÃO.....	17
O CBCT	17
4.1 A técnica do CBCT.....	17
4.2 Reconstrução das imagens	18
4.3 Densidade óssea	19
4.4 Vantagens	20
4.5 Desvantagens	22
4.6 Pixel, Voxel e FOV	24
4.7 Comparação com a radiografia bidimensional.....	26
5. CONCLUSÃO.....	29
6. BIBLIOGRAFIA.....	30

Abreviaturas

CBCT : Cone Beam Computed Tomography

MPR : Multiplanar Reformations

FOV : Field Of View

PR : Panoramic Radiography

CT : Computed Tomography

mSv : millisieverts

kV : kiloVolt

μ Sv : microsievert

ALARA : As Low As Reasonably Achievable

ALADAIP : As Low As Diagnostically Acceptable being Indication-oriented and Patient-specific

DICOM : Digital Imaging and Communications in Medicine

ROC : Receiver Operating Characteristic

OPT o DPR : Dental Panoramic Radiography or Ortopantomografia

NCRP : National Council on Radiation Protection & Measurements

1. Introdução

O osso num sistema esquelético vivo muda constantemente. Aproximadamente 7,5% da renovação óssea ocorre anualmente. A modelagem e remodelação óssea estão inerentemente envolvidas na alteração do osso. No processo de remodelação óssea, uma célula de reabsorção óssea, o osteoclasto, é ativada para remover o tecido ósseo pré-existente e, posteriormente, um novo osso é depositado por uma célula formadora de osso, o osteoblasto. A modelagem óssea é um processo desacoplado que consiste em ativação e reabsorção ou ativação e formação. Quando a reabsorção e a formação óssea estão equilibradas, a quantidade de osso é mantida. (1)

O termo densidade tem sido utilizado com uma variedade de significados diferentes por vários pesquisadores do tecido esquelético. O conceito de peso por volume baseia-se no fato da absorção de raios X ser proporcional à massa de cálcio nessa unidade de volume ósseo. Outros utilizam a densidade como peso do osso por unidade de volume refletido pelo envelope externo do osso do órgão. A densidade tem sido usada como uma expressão da gravidade específica do tecido ósseo. Por último, a densidade é, também, usada para descrever a quantidade relativa de espaços medulares presentes numa unidade de tecido ósseo. (2)

Segundo Misch (1998) a densidade óssea na maxila e mandíbula é classificada da seguinte forma:

D1 é encontrado principalmente na mandíbula anterior, linha oblíqua externa e região palatina mediana,

D2 principalmente na maxila anterior, na região palatina mediana e na mandíbula posterior,

D3 na maxila posterior e mandíbula,

D4 é encontrado principalmente na região da tuberosidade. (2)

A descoberta dos raio-X ocorreu á cerca de 120 anos atrás. Na medicina dentária, antes do final de 1980, as radiografias dentárias eram o método padrão e a fonte privilegiada de escolha para obter informações diagnósticas na cavidade oral e complexos maxilofaciais. (3)

Atualmente, a ortopantomografia (OPT) é capaz de detalhar estruturas tridimensionais complexas e patologias; (4) sendo o CBCT é altamente recomendado devido a evolução da radiografia ao longo da última década. (3)

O primeiro dispositivo CBCT foi introduzido no final dos anos noventa (Mozzo, Verona) com os estudos científicos iniciais datando de 1998. A vantagem do uso de CBCT está relacionada com a sua capacidade de adquirir dados volumétricos detalhados de imagem da região maxilofacial para diagnóstico e planeamento pré-cirúrgico. (4)

O objetivo desta revisão bibliográfica foi analisar o CBCT como método de análise óssea e de sendo a hipótese avançada que a técnica de CBCT é mais precisa e avançada que outras técnicas radiográficas de análise óssea.

A hipótese avançada é que a técnica de CBCT é mais precisa e mais favorável que a ortopantomografia na análise o óssea.

Neste trabalho, nos se concentramos mais nas técnicas de CBCT.

2. Metodologia da pesquisa bibliográfica

Este trabalho foi realizado através de uma pesquisa bibliográfica de artigos científicos considerados relevantes sobre o tema. Foi realizada uma pesquisa na base de dados PUBMED dos artigos publicados entre 2011 e 2021.

Os critérios de pesquisa foram os artigos publicados em inglês com as seguintes palavras-chaves: "Cone beam computed tomography", "panoramic", "dental bone", "analysis" e "comparison".

Numa primeira abordagem foi realizada uma análise de cada resumo, para posteriormente analisar o seu conteúdo e contribuição para o benefício da pesquisa através da leitura integral dos artigos selecionados.

Como critérios de inclusão foram considerados os seguintes:

- O ano de publicação do artigo encontra-se entre 2011 e 2021

- Artigos que apresentam estudos experimentais, estudos comparativos, estudos *case report*.

Como critérios de exclusão foram considerados os seguintes:

- O artigo não está relacionado com CBCT, osso, ou outra das palavras chave
- Os artigos publicados antes de 2011

O total de artigos foi compilado para cada combinação de termos-chave e, portanto, as duplicações foram removidas utilizando o gerenciador de citações do Mendeley.

Os critérios de inclusão envolveram artigos publicados no idioma inglês, estudos ou revisões bibliográficas que analisaram a técnica de análise óssea usando o CBCT, e estudos que analisaram outros métodos de análise do osso.

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

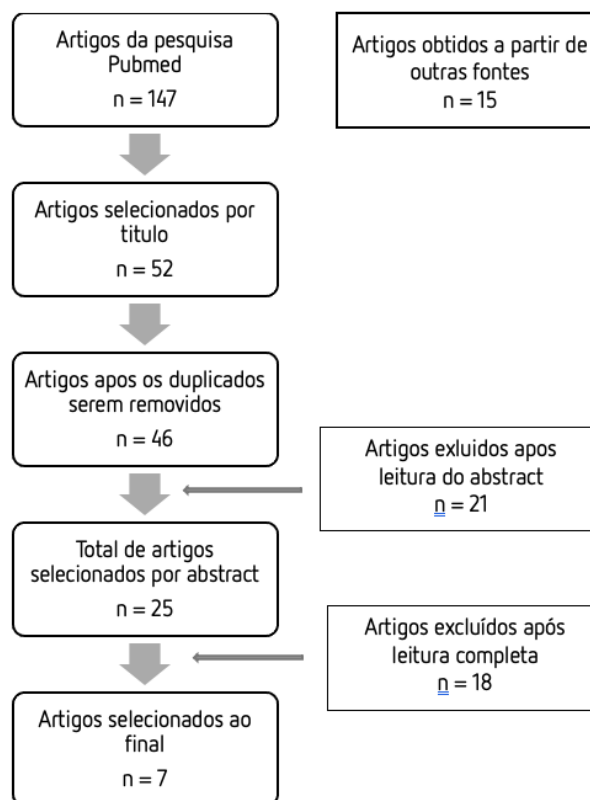


Figura 1: Diagrama de fluxo da estratégia de busca usada neste estudo.

A pesquisa bibliográfica permitiu a obtenção de um total de 147 artigos na base dos dados PubMed usando a combinação dos palavras chaves. Após eliminação dos duplicados e com o uso do Mendeley, um total de 46 artigos foram selecionados por título.

Foi efetuada uma análise preliminar do resumo verificando a correspondência com o objetivo do trabalho excluindo, portanto, 21 artigos. Os artigos selecionados foram lidos e avaliados individualmente quanto ao objetivo do estudo. Após leitura completa, 18 artigos foram excluídos obtendo 7 artigos que são considerados pertinentes. Para completar esta pesquisa, foi utilizada uma pesquisa manual.

Os principais resultados são apresentados a seguir:

- Os aparelhos de CBCT estão disponíveis para serem utilizados em diagnósticos e análise óssea, irradiando os pacientes com uma dose que varia de 2 a 200 vezes a dose de uma radiografia panorâmica (4). A dose de radiação deve ser adaptada ao paciente e direcionada para uma área específica. A reconstrução é feita a partir de pequenos voxels e por meio de um algoritmo. (4)
- As medidas obtidas no CBCT e no OPT são altamente correlacionadas em situações normais (5), ambas podem ser utilizadas em casos de rotina (6) e em situação cirúrgica pré-operatória (3). A CBCT parece ser mais precisa do que a OPT no estabelecimento de distâncias. (9)
- A densidade óssea pode ser medida pelo dispositivo CBCT com distorção mínima, uma boa reprodutibilidade e num tempo realmente curto. (12)(11). Os valores das imagens CBCT são muito semelhantes aos valores reais, sendo que o percentual de variação situa-se entre 0,8 e 2,2% (7), o que equivale a, em média, a 1,1 mm (8), sendo estas imagens eliminadas em situações de distorção e sobreposições. (9) O tamanho do voxel pode afetar a qualidade da imagem CBCT, mas um voxel baixo proporciona melhor resolução. (10)(11)

3. Resultados

AUTOR AND YEAR OF PUBLICATION	STUDY MODEL	OBJECTIVE	SAMPLE OF THE STUDY	MATERIAL USED AND RESEARCH METHOD	RESULTS
P López-Jarana (2018) (7)	Cross-sectional study	The main aim of this study is to anatomically describe the bone morphology in the maxillary and mandibular alveolar bone tooth areas, which might help in planning post-extraction implants.	N=403 teeth	<p>CBCT of 403 teeth of 49 patients. 3 disease values of the facial wall thickness, point A, B and C. Then the angulation between the tooth axis and the basal bone axis determined with 2 reference points was analyzed</p> <p>The analysis consists of assessing roots position of remaining teeth in the alveolar process by measuring the distance from the root to the buccal wall at three specific locations, and the angle formed by the axis of the basal bone with the axis of the tooth.</p> <p>CBCT images obtained with spiral technique with 0.2mm thickness, 200µm voxel and 200mm field of view (FOV) were analyzed by 3 surgeons</p> <p>The thickness of the alveolar bone was measured after selecting the cross-sectional image made at the midpoint of the tooth, at which the centre of the root canal</p>	<p>In the maxilla, the buccal alveolar plate of premolars and molars was the thickest, measured at each reference point.</p> <p>In the mandible, the buccal alveolar plate of premolars and molars was also the thickest, measured at each reference point.</p> <p>The related disparity of the CBCT between the true value and the general mean value was 0.8–1% for width measurements and 2.2% for height measurements. In our study, the CBCT software used did not allow the measurement of a thicknesses less than 0.8 mm.</p> <p>The current study presents similar results; the thickness of the buccal bone increases from apical to coronal and from the midline to the canine</p> <p>The angulation of the tooth axis is related to the horizontal plane and the buccal bone wall. The more obtuse the angle, the thinner the buccal wall.</p>

				<p>passes, parallel to its long axis</p> <p>The thickness of the buccal bone wall was measured in a sagittal slice, perpendicular to the long axis of the root</p>	
Z Tang (2017) (5)	Cross-sectional study	In the present study, the data of DPR images and CBCT images from 86 patients demanding dental implanting were compared and analyzed. The main endpoints were the magnification rates of DPR in measuring the vertical and horizontal distance at different maxillofacial loci.	N=86 patients	<p>The inclusion criteria were the patients with clear DPR and CBCT images showing the bottoms of nasal cavity, maxillary sinus and inferior alveolar nerve tube, and the patients with normal jaw and good periodontal condition.</p> <p>In the present study, the data of DPR images and CBCT images from 86 patients demanding dental implanting were compared and analyzed.</p> <p>For the same patients, DPR and CBCT were taken on the same day.</p> <p>All measurements were taken twice by two experienced radiologists independently and the mean values were used for analysis.</p> <p>Their upper and lower dentitions were at centric occlusion position. The occlusion was parallel to the ground</p> <p>The interclass correlation co-</p>	<p>The correlation coefficients (R) between the paired samples obtained from OPG and CBCT were highly related with the R values varying from 0,840 and 0,959 in vertical distances and R varying from 0,703 and 0,904 in horizontal distances.</p> <p>Compared with data obtained from CBCT, the mean vertical magnification rates were 11.38% and 12.95% vertically and 8.55% and 9.43% horizontally for the first molars in the right and left maxilla respectively; 7.26% and 6.35% vertically and 5.33% and 4.96% horizontally for the first molars in the right and left mandible respectively; and 5.55% and 4.84% vertically and 6.53% and 7.47% horizontally for the central incisors in the upper right and left jaws respectively.</p> <p>In CBCT reconstructed 3D images, the morphology of alveolar ridge and the height of alveolar bone can be accurately displayed</p> <p>These images can assist to determine the volume of the bone, and the position, direction and volume of the implants, which are of great value for pre-implanting planning</p>

				<p>efficiency (ICC) was used as evaluating indicators to determine the reliability of the same observer and between observers.</p> <p>For the DPR the vertical and horizontal distances of different locations of the teeth and the maxilla and mandible were analyzed</p> <p>For CBCT, the reconstructed images from teeth 11, 21, 16, 26, 36 and 46 to the floor of the maxillary sinuses were rotated in the sagittal, coronal and transverse planes to be analyzed. The different horizontal distances were measured on the CBCT</p> <p>The paired t-test was used to compare the vertical distances and horizontal distance between the two methods (CBCT and DPR). $P < 0.05$ was considered statistically significant.</p> <p>Pearson correlation analysis was used to analyze the R related if R was between 0.5 and 1.</p>	<p>The image is largely affected by the body position with variable magnification rates and distortion rates for different parts. Previously, panoramic radiography is shown to be a sufficiently accurate method to obtain the interatral bone height in the incisor area, but not in the canine area as compared with CBCT</p>
R Jacobs (2018) (4)	Research article	The aim of the present state-of-the-art paper is to present a narrative review	N= 12 questions	These 12 questions trace step by step the decision path that clinicians face in	However, effective radiation doses from different dental CBCT machines and protocols can vary widely with

		<p>providing support for the hypothesis on using CBCT for oral implant planning and to attempt formulating recommendations for justified and optimized CBCT imaging. Requirements for optimized use of CBCT and the related limitations are presented including a maximized use of available 3D CBCT data.</p>		<p>daily practice, see. All together, they represent a series of recommendations that try to integrate the evidence found in the literature with the needs of the clinician.</p>	<p>equivalent doses ranging from 2 to 200 panoramic radiographs, even for similar indications. Similarly, this variation is also observed for diagnostic image quality, which reveals a large variability among CBCT technologies and exposure protocols. For anatomical model building, the so-called segmentation accuracy can reach up to 200 μm, but considering large variations in machine performance, larger inaccuracies can be applied. This is also true for linear measurements, with accuracies of 200 μm being feasible, while sometimes levels of imprecision five times higher can be achieved.</p>
<p>K Antila (2016) (8)</p>	<p>Cross-sectional study</p>	<p>The motivation behind this work was to design an automatic algorithm capable of segmenting the exterior of the dental and facial bones including the mandible, teeth, maxilla and zygomatic bone with an open surface from CBCT images for the anatomy-based reconstruction of radiographs</p>	<p>2 diferents studies S1 (N = 19 images of CBCT) and S2 (N = 30 images of CBCT)</p>	<p>2 stuides that from the images develop and test the segmentation, at different points of the facial bone and soft tissue and reconstruct everything in the algorithm</p>	<p>The study S1 was used as a training set to find the best values for the constants a, b and c in Function (1) and S2 was used for validation. The values a = 0.48, b = 0.26 and c = 0.26 for Function (1) were found to give the best average accuracy</p> <p>The output of the algorithm was benchmarked against a hand-drawn reference and reached a 0.50 ± 1.0-mm average and 1.1-mm root mean squares error in Euclidean distance from the reference to our automatically segmented surface.</p> <p>These results were achieved with images affected by inhomogeneity, noise and metal artefacts that are typical for dental CBCT.</p> <p>The algorithm reached an average root mean</p>

					<p>squares (RMS) distance of 1.1 mm, the worst image giving 2.9 mm. This indicates that none of the surfaces segmented had major deviations from the reference.</p> <p>These results are close to the most accurate reported in dental CBCT segmentation by Kainmueller and al. They achieved the average RMS distance of 0.8 mm compared with our 1.1 mm in this study</p>
M. Tassoker (2018) (9)	Retrospective study	The aim of this study was to compare the morphological differences in the mandible between patients with six age groups and to detect the correlation between these parameters on panoramic radiography (PR) and cone-beam computed tomography (CBCT).	N = 121 patients were subjected to CBCT and after a DPR examination	<p>CBCT and DPR methods were used to record mandibular measurements for the 121 patients in 6 different age groups (10-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 and 60-69) and analyzed by the same person (242 hemimandibles).</p> <p>CBCT was used in a plane parallel to the occlusion plan and axial plan with 2 points and 5 measurements of reference Patients' heads were stabilized in the Frankfort plane for DPR</p> <p>Differences between male and female mandibular morphometric measurements, between right and left side measurements and differences in age subgroups compared using independent samples t-test, paired samples t-test and one-way ANOVA test, respectively. A p-</p>	<p>The CBCT and DPR measurements are demonstrated. There were statistically significant differences between CBCT and PR measurements ($p < 0.05$). PR showed higher values than did CBCT ($p = 0.000$) except right-(gonial angle) GA (gonial angle) measurements, which had almost equal values in PR ($118.75 \pm 7.12^\circ$) and CBCT ($118.83 \pm 6.76^\circ$, $p = 0.867$).</p> <p>There were significant differences between the measurements obtained by CBCT and those obtained by DPR in the analysis of the measurements at almost all points analyzed</p>

				value of <0.05 was considered statistically significant for all analyses.	
S.Shahidi (2018) (6)	Cross-sectional study	Determine the reliability of DPR as a two-dimensional imaging method in measuring the precise vertical bone height by evaluating the horizontal location of the alveolar crest.	N = 508 CBCT and DPR of 132 patients	<p>508 CBCT and panoramic radiographs of the area of edentulous mandibular molars of 132 patients were selected.</p> <p>Exclusion criteria were bone abnormalities and ideal information detectable in each modality.</p> <p>The alveolar ridge morphology was categorized into 7 types according to the relative horizontal location of the alveolar ridge to the mandibular canal based on CBCT findings</p> <p>CBCT cross sections were obtained perpendicular to the true horizontal plane and DPR were obtained perpendicular to the lower edge of each image that was parallel to the true horizontal plane in standard situations.</p> <p>The bone heights available on CBCT images were defined as the distance between the tangential line to the upper border of the mandibular canal and the tangential line to the peak of the alveolar ridge, both parallel to the lower edge of</p>	<p>All 508 CBCT and DPR images were evaluated in this study, (consisting of 109 cases for L3 type, 92 cases for L2 type, 83 cases for L1 type, 13 cases for N type, 67 cases for B1 type, 84 cases for B2 type, and 60 cases for B3 type).</p> <p>The intra-class correlation coefficient showed a significant correlation between DPR and CBCT values (ICC=0.992, $p < 0.001$).</p> <p>There was a positive correlation between the horizontal distance from the alveolar crest to the center of the mandibular canal and Δ ($r = 0.755$, $p < 0.001$).</p> <p>Regression analysis showed that for each one unit increase in the horizontal distance from the alveolar crest to the center of the mandibular canal, the DPR values were 0.87 units more than those of the CBCT ($p < 0.001$)</p> <p>This mean error in DPR ($0.21 \text{ mm} \pm 0.42 \text{ mm}$) had a regular distribution so that the DPR values were lower than the actual values on CBCT when the alveolar ridge was located buccally compared to the mandibular canal.</p>

				<p>the CBCT images reformatted in cross section</p> <p>The bone height available on the DPR was measured as follows: a line was drawn from the uppermost point of the alveolar ridge perpendicular to the lower border of the image. Then the distance between the alveolar ridge and the upper border of the mandibular canal was measured</p> <p>Linear measurements and angular measurements were performed using CBCT software. The available bone height was measured twice on both images with a seven day interval and the differences were compared.</p> <p>Pearson's correlation(r) and linear regression were used to evaluate the relationship between the vertical difference of the available bone height measurements (Δ) of the two methods (DPR and CBCT) and the horizontal distance from the alveolar ridge to the center of the mandibular canal.</p>	
R.Pauwels (2015) (10)	Cross sectional	The aim of this study was to evaluate the effect of exposure	N = 20 samples of cylindrical hemimandibular bones with	The 20 cylindrical hemimandibular bones were analyzed after a biopsy to remove	For the three 0.080-mm protocols with varying kilovolt (kV), little or no noticeable difference can be seen

		parameters and voxel size on bone structure analysis in dental CBCT.	edentulous ridges posterior	<p>the cylindrical ones with different measurement parameters: bone surface (BS) and bone volume (BV) by total volume (TV), fractal dimension, connectivity density, anisotropy, trabecular thickness and trabecular spacing, structure model index (SMI), plateness, branches, junctions, branch length and triple points.</p> <p>Using a CBCT with a FOV of 4x4 cm and each scanner were reconstructed into images with different voxel sizes (0.080, 0.125, 0.160, 0.200, 0.250 and 0.300 mm) and exported on scanning images</p> <p>CBCT were sliced to cover the bone sample along with a minimal amount of air space. In the axial plane, each image was sliced at 3.6 x 3.6 mm (i.e. 45 x 45 voxels for the 0.080 mm scans). In the coronal/sagittal planes, the images were cropped according to the length of the sample. For each sample, the 0.080mm scans were cut identically.</p>	<p>in the original image. With larger voxel sizes, even as small as 0.125 mm, the images become increasingly blurry, and the trabecular structure is gradually lost.</p> <p>The three kV settings show a similar distribution, but with larger voxel sizes, an incremental decrease in BS/TV can be observed.</p> <p>No consistent effect of voxel size on BV/TV values could be observed.</p> <p>No significant differences were observed between the three kV protocols. Conn. Dens. consistently decreased with larger voxel sizes, showing significant differences for all pairwise comparisons involving a voxel size of 0.125 mm or superior</p> <p>In the skeletal analysis, branches, junctions, and triple points showed nearly identical distributions. For these three parameters, no significant difference was found between the three kV protocols. However, all pairwise comparisons involving a voxel size of 0.125 mm were significant, showing branches/junctions/triple points getting lower at larger voxel sizes, with the exception of "0.250 vs 0.300mm".</p>
T.Albelbeisi (2016) (3)	Cross sectional	In this study, we aimed to assess the advantage of CBCT compared to digital	N = 17 implants in the 10 patients (4 men and 6 women aged 25-50 years), 1	Initial implant planning digital panoramic radiograph was taken for every patient using an	Preoperative implant planning was based on panoramic radiography (initial), also preoperative implant planning was based on

		<p>panoramic radiography for treatment planning of mandibular dental implant size placement.</p>	<p>or more missing teeth in the posterior mandible and sufficient bone width and height above the inferior alveolar canal at implant insertion</p>	<p>orthopantomograph</p> <p>Using a special software, the images magnification was corrected to give a 1:1 magnification images.</p> <p>The distance from the alveolar crest to the superior border of the inferior alveolar canal and mental foramen at the site of the proposed implant was measured</p> <p>Immediately after initial planning Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) were done to perform the implant site-specific assessment actual length and width of planned implant and measured the distance from the alveolar crest to the superior border of the inferior alveolar canal and the mental foramen at the site of the proposed implant</p> <p>Both the initial and final measurements were tabulated and compared statistically.</p> <p>A comparison between the studies cases according to bone measurement relation to anatomical landmark in implant site shows us that</p>	<p>CBCT image (final) and the actual dimensions of implant placed during surgery.</p> <p>The distribution bone measurement relation to anatomical landmark mandibular canal or mental foramen in implant site. The mean initial planning was 16.25±3.03mm and final planning 15.55±0.76mm, there was no statistical significant difference between initial and final planning ($p>0.05$).</p>
--	--	--	--	---	---

				there was no statistically significant difference between initial and final planning ($p>0.05$).	
K. Dahiya (2018) (12)	Cross sectional study	The aim of the study was to assess the reliability of preoperative bone density of mandibular posterior region for implant placement using computerized tomography-derived bone densities in Hounsfield units (HU).	N = 352 CBCT of the futurs implant sites of 200 patients	<p>352 CBCT only in patients between 25 and 50 years old where posterior teeth are missing at the site of future implants between 2014 and 2017. The cases were examined in 360 degrees in occlusal position.</p> <p>The classification of bone density in the posterior mandible is done between 3 categories: low density (if the marrow spaces filled most of the bone site evaluated, intermediate density (if the bone trabeculae filled half of the bone site evaluated, and high density (if the bone trabeculae filled most of the bone site evaluated).</p> <p>Two observers with more than 5 years of experience were selected to evaluate the selected sample of CBCT images for implant placement. A set of two readings were recorded from each observer with a 1-month interval between the two evaluations.</p>	<p>The 2 consecutives evaluations concluded to 21% of sites were of low bone density, 39,5% of intermediate density and 39, 4 were of high density.</p> <p>The results of the (receiver operating characteristic) ROC analysis also presented that the CBCT intensity values had a high predictive power for predicting both high-density sites and intermediate-density sites ($p<0.005$)</p> <p>It has been proven that bone density and implant stability depend on each other and that osseointegration is important for treatment success. With the advances in dentistry and the introduction of CBCT, treatment planning and predicting the appropriate implant sites could be made easier and more predictable.</p> <p>Thus, we can say that CBCT can be considered an alternative diagnostic tool for assessing bone density during treatment planning for implant placement.</p>
MA. Al-Attas (2020) (11)	Cross sectional study	The aim of this study is to check the	N = Cross-sectional analysis of 231	A cross-sectional analysis of 231 consecutive CBCT	Alveolar bone maxilar dentulous homen fumadores = diferencias

		<p>quantitative alveolar bone density in complete or partial edentulous and dentulous male and female patients among the sample population in Riyadh Saudi Arabia.</p>	<p>consecutive CBCT scans of 231 different patients (115 men and 116 women)</p>	<p>in the patient without any infection, the patients had different profiles (women, men, edentulous and partially edentulous, smokers and non-smokers)</p> <p>The exposure time was 10.8s, the effective exposure time was 5s and the voxel size was 0.2mm x 0.2mm x 0.2mm. The CBCT scans were taken by a single operator with the same protocol</p> <p>Patients were male or female over 18 years of age. Males included both smoking and non-smoking patients. Men who had never smoked and quit smoking 10 years earlier were categorized as non-smokers, and light smokers (≤ 10 cigarettes/day) and heavy smokers (> 10 cigarettes/day) were categorized as smokers, in an attempt to make a clear discrimination between smoking categories</p> <p>CBCT scans were taken from patients recruited as part of screening prior to implant placement. The region of interest was selected coronally at 3-4 mm to the root apex. Each region was visualized in</p>	<p>significativas bucco-cortical plate and cancellous bone among different regions</p> <p>Cortical palatal plate = no difference significant</p> <p>Mandible male smokers = significant difference in density for buccal and palatal cortices and cancellous bone</p> <p>Dentulous male nonsmokers = no significant difference for maxillary regions. In mandibula = statistically significant difference for buccal cortex, palatal cortex and cancellous bone</p> <p>Differences in bone density of completely edentulous males in nonsmokers : no significant change among different regions, but for smokers, only difference found to be statistically significant was for buccal cortex and cancellous bone in different areas.</p> <p>Female dentulous patients = statistically significant difference in alveolar bone density (areas measured between incisor, canine, premolar, and molar regions with both the jaws).</p> <p>Edentulous females, no significant difference was observed for any area in both jaws</p> <p>Evaluation of bone density is an important step in this planning and this study was aimed to provide insight into bone density patterns in the population of Riyadh</p>
--	--	--	---	---	---

				<p>axial sections. The CBCT image were analyzed and the findings results were described in terms of frequency, percentage, range, mean, median, and standard error</p> <p>The densities of the buccal bone and cancellous bone were measured by selecting points at interradicular areas between the teeth. For measuring the density of the cortical bone, its center point was chosen. The density of the cancellous bone was measured at two points buccolingually between the buccal and palatal or lingual cortical plates</p> <p>The alveolar bone density was measured and the male patients were divided as smokers (edentulous and dentulous) and nonsmokers (edentulous and dentulous) simultaneously the female patients were also divided as smokers (Edentulous and dentulous) and nonsmokers (edentulous and dentulous).</p>	
--	--	--	--	--	--

4. Discussão

4.1. A técnica do CBCT

A máquina de CBCT atua como uma rotação única ao redor do paciente utilizando um feixe em forma de cone e um detetor recíproco de painel plano de estado sólido que abrange o volume anatômico definido e, combinado com um feixe de raios X em 3D, roda de 180° a 360 ° ao redor do paciente. A cabeça do paciente é estabilizada com um suporte para a cabeça (13) A técnica de feixe em forma de cone, então, faz uma única varredura de 360 ° na qual a varredura de raios-x e o detetor de área recíproca se movem de forma síncrona em torno da cabeça do paciente, reduzindo a dose absorvida de raios-X de 6 a 15 vezes mais em comparação com a tomografia computadorizada (CT), o que significa que esta rotação de varredura única captura dados (180-1024 imagens), semelhantes às imagens cefalométricas laterais. Ao contrário dos cortes axiais empilhados encontrados no CT, a varredura de cada um é marginalmente compensada. (14)

O planeamento do tratamento é essencial em odontologia, assim como o exame radiográfico no diagnóstico. (14)

Neste sentido, a CBCT apresenta muitas vantagens sendo uma das mais importantes a sua capacidade de aquisição de uma grande quantidade de dados volumétricos de imagem da região maxilofacial, que são utilizados para o planeamento diagnóstico e pré-cirúrgico. (4)

A CBCT permite obter medidas precisas das estruturas ósseas, da qualidade e da quantidade de osso disponível e avaliar a especificidade da anatomia morfológica. (6)

Após desenvolvimento do metodológico, a técnica de CBCT foi amplamente utilizada para a cirurgia de implantes dentários. Para obter informações sobre a quantidade e a qualidade do osso disponível, é realizado um exame radiográfico pré-cirúrgico que permite a avaliação da morfologia do rebordo alveolar. (3)

O CBCT é utilizado para o planeamento pré-operatório porque fornece ao médico dentista informações anatômicas importantes sobre o paciente, caso haja volume ósseo insuficiente e formas e qualidades ósseas variadas. Com isso, é possível simular o procedimento para garantir o sucesso do procedimento. (5)(4)

O CBCT foi introduzido em 1998 e desde então tornou-se popular no diagnóstico odontológico e planeamento de tratamento. O contributo tecnológico que o CBCT trouxe para a indústria foi a sua imagem transversal 3D, que eliminou distorções e problemas de

sobreposição. (9) Como tal, é possível visualizar perspectivas 3D do osso maxilar tanto qualitativa quanto quantitativamente. (12) Uma aplicação para o CBCT é na reabilitação e no planeamento do tratamento para a colocação de implantes. (12)

4.2. Reconstrução da imagem

Na reconstrução da imagem é construído um sinograma utilizando sinais digitais dos transístores de pixel. A partir daqui, é obtida uma imagem composta e, em seguida, projetada numa imagem, o CBCT. A imagem 2D subsequente é convertida numa imagem 3D utilizando um algoritmo matemático. (1)(15)

A morfologia da crista alveolar e a altura do osso alveolar podem ser descritas com precisão em imagens 3D reconstruídas por o CBCT, que mostram espessura vestibulo-lingual, largura mesiodistal, estruturas ósseas locais claras e a sua relação anatómica com as estruturas circundantes, especialmente o canal do nervo alveolar inferior e o seio maxilar. O valor acrescentado à medicina dentária é que as imagens auxiliam na determinação do volume do osso e da posição, direção e volume dos implantes. (5)

Adicionalmente, o CBCT fornece imagens em corte transversal com maior ênfase na altura e largura do osso alveolar, representando uma ferramenta precisa para medidas quantitativas. Outros fatores envolvem a avaliação da qualidade óssea, quanto à densidade óssea remanescente, e a localização precisa das estruturas anatómicas adjacentes, como a fossa nasal e seios maxilares localizados no maxilar superior e canal do nervo alveolar inferior. (5)(3)

Os aspetos cirúrgicos e protéticos da reabilitação com implantes podem ser avaliados e planeados utilizando imagens de CBCT e software específico. (3)

Dadas as limitações das imagens 2D, como sobreposições estruturais, a CBCT permite a medição precisa das distâncias. (14)

Ainda que a imagem CBCT não realize captura de imagens de tecidos moles, os aspetos morfológicos e o grau de lesões nos seios paranasais são facilmente visualizáveis. Demonstrou-se que os valores de CBCT são afetados por outras variáveis, incluindo o tipo de sistema usado, parâmetros de imagem e o posicionamento do dispositivo (12). As características morfológicas dos processos alveolar residuais podem ser determinadas utilizando o CBCT. (7)

Dispositivos radiográficos e software de implantes dentários de terceiros são necessários para fornecer exportação de dados Digital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) totalmente compatível para permitir comunicação padrão, troca precisa de dados de imagem e integração de dados 3D em um modelo virtual. (4) As imagens do CBCT em DICOM têm muitos dados armazenados, portanto, as imagens são compactadas antes de serem exportadas. A compressão pode ocorrer com perdas, o que elimina informações redundantes, ou sem perdas, que preserva todas as informações. É aconselhável usar uma compressão sem perdas, quando disponível, para evitar a perda de dados. (4)

Os cirurgiões que usam modelos 3D virtuais devem estar cientes que a precisão de seus modelos pode ser baixa, dependendo da precisão da segmentação e da qualidade da imagem. Portanto, os cirurgiões são aconselhados a ter um conhecimento profundo das técnicas de imagem que devem utilizar para o seu planejamento virtual (4). Para um determinado processo, precisamos de fotografias diagnósticas adequadas. Assim como, uma declaração de posição da *Dimitra Research Community*, tal foi desenvolvido na adaptação do conceito convencional (dose de radiação tão baixa quanto razoavelmente alcançável (ALARA: As Low As Reasonably Achievable) para As Low as Diagnostically Acceptable being Indication-oriented and Patient-specific (ALADAIP) (tão baixa quanto diagnosticamente aceitável sendo orientado para indicação e específico do paciente). (4) Por outro lado, as doses de radiação efetivas para o CBCT devem ser, geralmente, muito inferiores as da CT espiral, o que a torna uma verdadeira vantagem. Idealmente, deve ser igual a 2 a 10 radiografias panorâmicas (20–100 microsievert (μSv)) (4). Os níveis de dose de radiação também devem ser considerados específicos da indicação e do paciente. (4)

4.3. Densidade óssea

Hoje, uma tomografia computadorizada de feixe cônico tridimensional (3D) (CBCT) é comumente usada para uma avaliação precisa da densidade óssea de estruturas dento-maxilofaciais. (11) A densidade óssea é medida em massa / volume para imagens 3D e é definida pela massa óssea total presente em um determinado volume. (11)

Uma vez que a imagem CBCT fornece perspectivas em 3D do osso maxilar, as densidades ósseas podem ser facilmente observadas a partir das imagens para determinar os locais de colocação de implantes. Por esse motivo é que a reabilitação dentária com implantes é feita principalmente com o auxílio do CBCT. (12)

Recorrendo às imagens do CBCT, é possível encontrar diferenças significativas em relação à densidade do osso esponjoso para pacientes do sexo masculino e feminino. Essas diferenças foram observadas nas quatro regiões da maxila e mandíbula. Além disso, observou-se que as regiões incisivas e caninas apresentaram densidades maiores em relação às regiões pré-molares e molares (11)

A avaliação da densidade óssea é importante para o planeamento de implantes e os resultados da análise da característica de operação do recetor (ROC) sugeriram que a CBCT permite a identificação de locais de alta densidade e densidade intermediária ($p < 0,005$). (11)(12) Portanto, o CBCT pode ser usado como uma alternativa para o planeamento da colocação de implantes. (12)

4.4. Vantagens

O CBCT tem vantagens em comparação com outros dispositivos radiológicos, como o CT convencional:

Em primeiro lugar, a máquina do CBCT pode analisar uma área específica, que é irradiada para que a dose de radiação seja reduzida. O *Field Of View* (FOV) pode ser otimizado e focalizado à zona de interesse e a degradação da imagem é minimizada, levando a uma melhor qualidade de imagem. (14)(15)

Para evitar a irradiação desnecessária, o protocolo da máquina de CBCT deve ser adaptado a cada paciente e orientado especificamente para a área indicada. (4)

A formação da imagem CBCT é feita a partir do voxel isotrópico, igual em todas as proporções, o que não é o caso do aparelho do CT. Neste último dispositivo, a formação da imagem é anisotrópica e maior que o voxel do CBCT. (14) O fato de um pequeno volume poder ser scaneado permite que a máquina do CBCT defina o tamanho do voxel para obter imagens detalhadas. (16)

O voxel isotrópico submilímetro que oferece uma alta resolução espacial apresenta um tamanho de 0,4 mm até 0,076 mm. (15)(4)(14)

Vários métodos podem ser usados para estudar a densidade óssea entre os quais o CBCT continua de ser o método de eleição. A varredura do CBCT é utilizada devido a sua reprodutibilidade, ao pouco tempo de obtenção de imagens de qualidade e à validade para interpretação das imagens. (11)

O CBCT permite medições precisas do complexo craniofacial, mesmo em caso de movimentação do paciente durante a rotação do CBCT. (11)

Uma rotação única é usada no CBCT para obter a imagem e leva cerca de 5 a 70 segundos, dependendo dos diferentes dispositivos. O método OPT leva 4 a 15 vezes mais tempo para realizar essa rotação (14)(13)(17). Atualmente, as máquinas do CBCT estão cada vez mais rápidas e a rotação é feita de forma mais rápida ou tão rápida quanto uma máquina OPT (15).

A velocidade com que uma imagem é capturada pode auxiliar em situações particularmente complicadas, como trauma, intra-operatórios e sedação (18). Toda a imagem básica é capturada e enviada em milissegundos, por isso obtemos centenas de imagens em 5 a 40 segundos de exposição durante a rotação (17)(19).

O CBCT confere várias vantagens nomeadamente na elevada resolução espacial, uma rápida aquisição de imagem e curto tempo de digitalização (5), sendo este último eficaz na redução de artefactos causados pelo movimento do paciente (14).

Para a digitalização de uma área específica, o CBCT deve emitir alguma dose de radiação que varia de acordo com os diferentes modelos. A exposição à CBCT é muito maior do que o dispositivo DPR, 29-477 μ Sv ou 10-1000 μ Sv (igual a 2 a 200 vezes DPR). Seria preferível que as doses emitidas pelo CBCT fossem equivalentes às doses de não mais do que 2 a 10 OPT. (14)(4)

Os pacientes podem ser protegidos com protetores de tireoide e aventais de chumbo para reduzir a dose em até 40% sendo recomendada a sua utilização pelo *National Council on Radiation Protection & Measurements* (NCRP). (20)(14)

Em comparação com o CT, o CBCT reduziu a dose de radiação de 76,2% até 98,5%. (14)(15)

Em geral, o uso do CBCT em medicina dentária é comum. O conforto do paciente, a diminuição da dose de radiação e também o menor custo em comparação com o CT tornam o CBCT um recurso valioso. (12)(8)

Os dados de CBCT podem ser analisados de diferentes formas. O conjunto de dados permitem a segmentação na reforma multiplanar não ortogonal (MPR) para fornecer vários planos; assim como a reformulação do plano oblíquo curvo e transversal em série. Os dados globais permitem uma análise mais precisa das estruturas anatómicas durante o

planeamento pré-cirúrgico. (6)(14) (Figura 2)

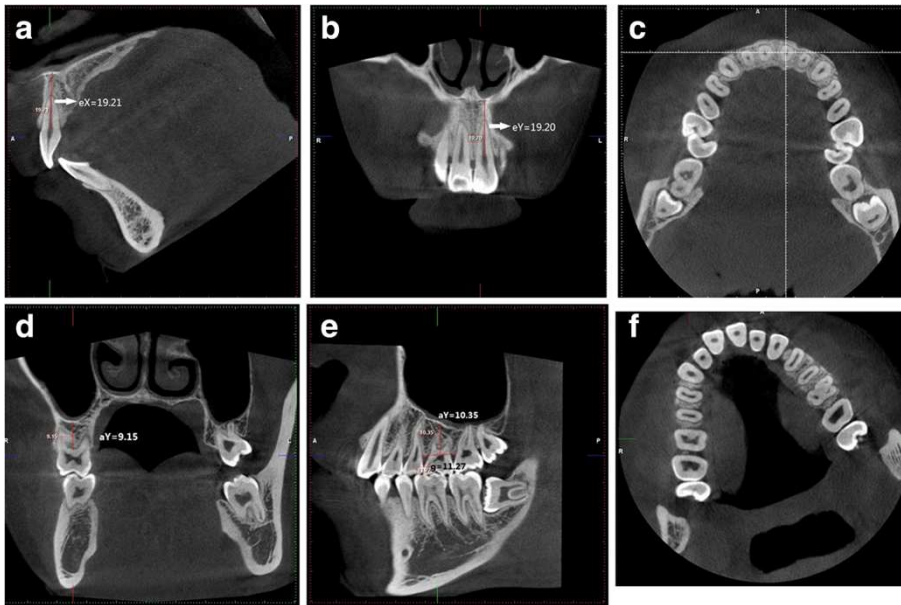


Figura 2: Figura do artigo em livre acesso distribuído nos termos da Licença Internacional Creative Commons Attribution 4.0 A imagem do CBCT demonstrando as medidas verticais de X a, Y b e Z c planos e medidas horizontais d-f (Tang Z, Liu X, Chen K. Comparison of digital panoramic radiography versus cone beam computerized tomography for measuring alveolar bone. Head Face Med. 2017;13)

O CBCT é uma máquina 3D que permite a medição em tempo real de uma determinada zona anatómica do paciente, como medir a densidade de um osso (11). O que, como tal, permite uma nova abordagem na execução e planeamento da cirurgia. (11)

Algoritmos de supressão de artefactos e projeções permitem a diminuição do nível de artefactos de metal especialmente na reconstrução secundária, onde as mandíbulas e os dentes podem ser observados. (14) (13)

4.5. Desvantagens

Existem algumas desvantagens do dispositivo CBCT.

A definição das imagens do CBCT é afetada por artefactos, ruído e contraste dos tecidos moles. (14)

Os artefactos podem ser causados pelo endurecimento do feixe, o que resulta em artefactos de escavação, listras e faixas escuras. Além disso, eles podem resultar de artefactos relacionados ao paciente (movimento do paciente resultando em falta de nitidez da imagem reconstruída), artefactos relacionados ao scanner (circular ou em forma de anel) e

artefactos relacionados ao feixe cônico (média de volume parcial, subamostragem e cone-efeito de feixe). (14)

Foi reportado que os valores do CBCT são influenciados por vários outros fatores adicionais: como o tipo de dispositivo usado, parâmetros de imagem e seu posicionamento. (12)

Um artefacto representa qualquer distorção ou defeito na imagem formatada que não seja devido à interferência do paciente. (15)

Esses artefactos alteram e limitam a visualização da estrutura óssea dento-alveolar e dos tecidos moles na imagem que é formatada, causando uma avaliação inexata. (21)

Artefactos de escavação e artefactos de listras são dois tipos de artefactos de endurecimento de feixe que aparecem na imagem reconstruída. Quando os raios X passam pelo centro de um objeto, eles tornam-se mais resistentes do que aqueles que passam pelas laterais. Linhas ou faixas escuras ocorrem entre dois artefactos densos: como dois implantes dentários na mesma mandíbula. (21)(1)

Para evitar o aparecimento de artefactos, podemos aconselhar ao paciente de fechar os olhos diminuindo, potencialmente, o stress associado. (4)

Artefactos podem degradar a capacidade do CBCT e a sua qualidade na imagem, estas interferências podem ser causadas pelos artefactos de endurecimento de feixe devido a implantes dentários, radiação espalhada, tamanho de voxel, FOV, quilo voltagem (kV) e geração de método radiológico. (21)

Os artefactos de dispersão são as consequências de fótons de raios X difusos que se acumulam dentro da intensidade inicial e dão origem a uma subestimação do valor de atenuação. (22) Os fótons de raios X têm uma maior probabilidade de propagação quando o CBCT tem detetores maiores, causando uma degradação da imagem final. (22)

Os artefactos em anel são causados por defeitos ou dispositivos não calibrados em elementos do detetor que levam a artefactos visíveis: como anéis concêntricos centralizados em torno do eixo principal de rotação. (22)

A degradação da imagem também pode ser causada por ruído da imagem proveniente do grande volume de radiação e das interações pesadas com os tecidos. Isso causa alguma radiação espalhada e produz uma atenuação não linear dos captosres. (14)

Nas imagens projetadas, o ruído manifesta-se como valores de atenuação inconsistentes, resultando num desvio padrão significativo em locais onde uma atenuação estável deveria estar presente. (22)

Ruído é o termo para a atenuação adicional observada de raios-X que reflete a atenuação não linear. Uma grande parte dessa atenuação não linear é capturada devido ao uso de um detetor de área, o que leva à distorção da imagem ou ruído. (15)

Além disso, foi demonstrado que variações moderadas de ruído (via variação de desempenho do tubo ou inclusão de água como um simulador de tecido mole) não têm efeito sobre os parâmetros da estrutura óssea no CBCT. (10)

Embora pequenos movimentos possam afetar a varredura do paciente causando uma imagem desfocada, este dispositivo é essencial para o paciente. (10)

Os voxels cúbicos ou retangulares não podem delinear completamente as formas irregulares digitalizadas. Assim, o valor de cinza dos voxels na fronteira entre as diferentes densidades de material contém atenuações médias. Se o tamanho do voxel das imagens do CBCT aumentar, haverá valores de cinza de volume parcial incorretas. (1)

As máquinas CBCT usam um painel plano de tamanho pequeno com um eixo detetor de fonte de deslocamento que não está alinhado com o centro de rotação. O centro do volume é verificado fazendo uma rotação completa de 360 °. No entanto, a zona periférica lateral é digitalizada apenas utilizando meia rotação; e entre os limites das zonas, os artefactos em anel podem ser observados nos seus planos axiais. (22)

O tamanho de um voxel pode reduzir muito a relação contraste-ruído, tornando-o insignificante. Nesse caso, utiliza-se um pequeno voxel para ser mais preciso, pois é necessário expor o paciente a uma dose maior de radiação.(4)

De acordo com as medições executadas em imagens do CBCT no estudo de López-Jarana *et al.* (2018), a percentagem de disparidade entre o valor real da medição e o valor do CBCT obtido foi em redor de 0,8-1% na largura e 2,2% na altura. Uma limitação do estudo é o software utilizado, que não permitia medições inferiores a 0,8mm. (7)

Uma imagem CBCT é bastante complexa de analisar, desta forma é recomendável ao médico dentista em geral a realização de formação para uma correta execução do diagnóstico. Um treino específico pode ser necessário para a avaliação das restantes áreas anatómicas. (4)

4.6. Pixel, Voxel E Fov

Desde o surgimento dos dispositivos do CBCT, a sua utilização aumentou e assistiu a uma evolução da tecnologia (21)(16).

O scanner CBCT pode ser adaptado à superfície do material para digitalizar e analisar, existindo 2 tipos de varreduras: uma unidade FOV limitada que pode fazer a varredura de uma região específica (radiografia intraoral ou oclusal) ou um FOV completo que fará a varredura de toda a área maxilofacial. A varredura de FOV limitada é mais barata que o FOV completo, tem um tamanho de voxel menor e emite menos radiação para o paciente. (16) Os pixels permitem a obtenção de uma imagem bidimensional. A reconstrução tridimensional com o algoritmo origina uma imagem 3D e transforma o pixel num voxel. (Figura 3)

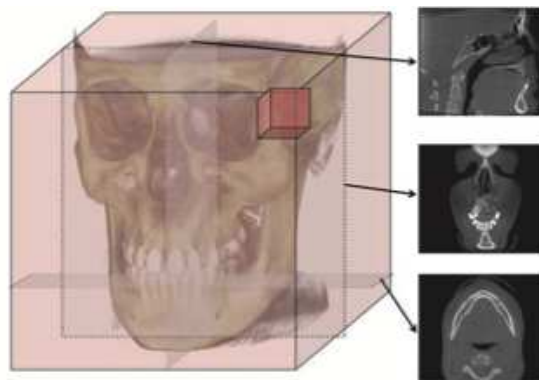


Figura 3. O voxel é um cubo isométrico e igual em 3 dimensões, permite ver a imagem captada pelo CBCT e tratada pelo algoritmo em computação após a reconstrução // WC Scarfe, Z Li, W Aboelmaaty, SA Scott, AG Farman doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01657.x

A reconstrução da imagem pelo algoritmo sofre uma diferença nas suas medidas reais e as da imagem reconstruída de, em média, 1,1 mm. (8)

Os parâmetros da máquina do CBCT, como FOV, tamanho do voxel e a posição do paciente são diferentes, mas todos eles fazem uma única rotação ao redor da cabeça. (21)

As imagens de CBCT possuem voxels isotrópicos e de alta resolução com vários tamanhos de 0,08 a 0,4 mm e que variam de acordo com os diferentes parâmetros. (4)

Atualmente, de acordo com os diferentes dispositivos do CBCT, o tamanho do voxel pode ser selecionado conforme o objetivo da análise. O voxel mais pequeno disponível é de 75 μ m e pode variar até 600 μ m. (17). O voxel afecta a resolução e a qualidade das imagens que serão criadas. Quanto menor for, maior será a resolução e a resolução espacial (17)(11). Ainda que possa parecer uma pequena alteração na dimensão do voxel, é conveniente ter em conta que este número representa o comprimento do bordo dos voxels em forma de cubo. Ao medir o volume dos voxels, um voxel de 0,080-mm pode ser inserido 3,8 vezes num voxel de 0,125-mm, 15,6 vezes num voxel de 0,200-mm, e 52,7 vezes num voxel de

0,300-mm. (10) Embora o ruído pareça ter um impacto menor na análise da estrutura óssea do que o tamanho do voxel, tal ocorre se os mAs não forem aumentados. (10)

De acordo com estudos, o CBCT oferece voxels isotrópicos sub-milímetros que permitem medições precisas com ampliação e distorção limitadas (erro de 0,1 mm), permitindo a inserção segura de implantes dentários. Foi estabelecido que os valores de CBCT são determinados por muitas variáveis adicionais, incluindo o tipo de instrumento utilizado, parâmetros de imagem, e posicionamento. (12)

Os artefactos obtidos durante a segmentação podem ser reduzidos através da adaptação do FOV para evitar a reconstrução de zonas irrelevantes. (4)

4.7. Comparação Com A Radiografia Bidimensional

A radiografia OPT é comum, de fácil acesso e não é muito onerosa, sendo o exame radiográfico de dentes e maxilares de primeira linha. (6) (9)

A OPT é utilizado no quotidiano clínico, mas não é muito preciso para a determinação da altura do osso alveolar e no estabelecimento de uma relação anatômica entre o canal do nervo alveolar e o seio maxilar. (5) assim como a mandíbula, a maxila e o canal mandibular ou seio maxilar sendo estas estruturas projetadas numa única imagem. (6) O estudo de Tang e al. demonstra as diferentes taxas de magnificação da OPT em comparação com a CBCT para a medida de várias localizações maxilofaciais. A posição do corpo afeta a imagem criada com distorção variável para as diferentes partes e as taxas de ampliação, sendo estas duas características os limites dimensionais da radiografia panorâmica. (5)(3)

Anteriormente, a OPT era suficiente para a obtenção do osso interatrial na região dos incisivos, no entanto, na região canina, o CBCT era privilegiada comparativamente à OPT. (5)

A OPT é limitado a imagens fantasmas da parte anterior da vértebra. (6)

Shahibi *et al.* (2018) compara a fiabilidade da OPT para a medida da altura óssea em comparação com a técnica de CBCT. (6) Os valores de ambas as modalidades foram altamente correlacionados, sendo o erro médio da OPT de $0,21 \text{ mm} \pm 0,42 \text{ mm}$ na mandíbula posterior para um rebordo edêntulo, no entanto este resultado não causou perturbações graves no planeamento pré-cirúrgico. (6)

Quando a crista alveolar se localiza vestibularmente em relação ao canal mandibular, o erro médio da OPT ($0,21 \text{ mm} \pm 0,42 \text{ mm}$) teve uma distribuição normal, com as medidas na OPT

sendo menores do que os valores reais no CBCT. (6) Além disso, conforme a crista alveolar se localiza lingualmente, esses valores aproximam-se do original. (6)

No entanto, foi demonstrado que a OPT sobrestima a crista alveolar quando esta se localiza a mais de 4 mm para lingual ao canal mandibular, sendo recomendada a utilização de CBCT em casos de reabsorção alveolar extrema. (6)

Embora os achados desta análise tenham revelado que a OPT teve precisão adequada em comparação com CBCT, a lacuna entre os valores da OPT e CBCT foi mínima. (6)

A radiografia panorâmica tem algumas limitações, como imagens bidimensionais, o que significa algumas deformações de estruturas, não sendo possível a visualização da dimensão do osso vestibulolingual, falhando em demonstrar a interação espacial entre as estruturas anatómicas. (3)

O estudo de Tang *et al.* (2017)(5) refere valores de aumento vertical de 5,55% e 4,84% para os incisivos centrais no maxilar superior direito e esquerdo, respectivamente, de modo que a OPT é suficientemente precisa para determinar o tamanho do osso vertical. (5)

Para a ampliação horizontal, as diferenças foram de 6,53% e 7,47% para os incisivos centrais nos maxilares superior direito e esquerdo, respectivamente, essas diferenças foram impactadas pelo tamanho do osso alveolar, ângulo de rotação e ângulo de inclinação dos dentes. (5)

Por outro lado, Tassoker *et al.* (2019) demonstra que existe uma diferença significativa entre a CBCT e a OPT em relação às medidas morfométricas executadas na mandíbula. (9)

No entanto, o ângulo gonion era onde os valores entre OPT e CBCT eram os mesmos. (9)

A OPT apresenta algumas limitações como a análise da espessura da cortical lingual, pois a imagem bidimensional não pode fornecer detalhes sobre a espessura, sendo este um dos motivos para a utilização da CBCT na prática clínica, ou seja, quando a densidade óssea alveolar não pode ser determinada pela OPT. (5)

No entanto, a ampliação horizontal e vertical da OPT, inerente ao procedimento panorâmico e a variação e movimentos no posicionamento do paciente, reduziram a confiabilidade da estimativa de distância. Como resultado, as imagens OPT são menos precisas que as imagens CBCT e não podem ser utilizadas para estabelecer uma estimativa de distância. (9)

Um problema significativo é o processo de produção de imagem de dispositivos da OPT, que utiliza um grau de projeção negativo (-4 a -7 °) do feixe de raios-X para remover a imagem da base do crânio na reconstrução de imagens radiográficas o que implica que o plano da

OPT não coincide precisamente com o plano vertical real. (6) Esta pequena variação nos planos verticais resulta em representações maiores e mais localizadas da cabeça do paciente na componente lingual da imagem, podendo constituir o motivo da sobrestimação lingual. (6)

A diferença de resultados do estudo de Shahidi *et al.* (2018) em relação a outros estudos deve-se aos critérios de inclusão e exclusão, e do segmento analisado, sendo este apenas o segmento posterior da mandíbula. (6) Adicionalmente, a realização de uma única análise de cada modalidade sem repetição do processo pode resultar em erros. (6) Por esse motivo no estudo de Shahidi *et al.* (2018), as medições foram realizadas por 2 professores especialistas em implantologia dentária (um radiologista oral e um cirurgião oral) e utilizadas duas vezes para cálculo num intervalo de 7 dias. Este método permitiu uma redução do erro interexaminador e o período de 7 dias pode minimizar ou remover o impacto do viés de memória nas medições. (6)

Tang e al. encontraram uma variação significativa nos volumes ósseos alveolares na OPT e CBCT em pacientes com problemas periodontais, sendo os valores de ampliação da OPT diferentes para esses dentes, assim como, fortemente correlacionadas as distâncias medidas por OPT e aquelas medidas por CBCT. (5)

No estudo de Albelbeisi *et al.* (2016), para planeamento de cirurgias, eles integraram vários tipos de imagens radiológicas, como OPT e CBCT, sendo que, quando foi utilizado um instrumento de medição calibrado baseado em software, os resultados obtidos revelaram uma precisão e reprodutibilidade adequadas para determinar a distância pré-operatória do implante. (3)

Se o CBCT não estiver acessível no trabalho diário, a OPT pode ser usado com segurança no processo pré-cirúrgico de implante dentário na região posterior da mandíbula em casos básicos.. (6)

5. Conclusão

Actualmente, a CBCT é uma máquina 3D de sucesso, revolucionando a prática da medicina dentária, permitindo planear atos cirúrgicos e fornecendo informação diagnóstica para análise de osso e dente. Previamente, a OPT era a forma preferencial de análise, no entanto, é a duas dimensões.

ACBCT permite obter dados de densidade, espessura e analisar maxila e mandíbula, o que não pode ser realizado com OPT.

A CBCT pode limitar o tamanho do feixe de raios-X com uma redução do FOV e, consequentemente, emite menor radiação e tem melhor qualidade e precisão de imagem.

No entanto, a CBCT corre o risco de criar artefactos durante o processamento e segmentação das imagens. Adicionalmente, o ruído e um contraste pobre diminuirão a qualidade da imagem.

Capturar os elementos anatómicos com o feixe diminui a precisão e o tratamento. Além disso, a formação das imagens também é afetada pelo tamanho do voxel, quando as informações são interpretadas pelo software.

Em geral, os estudos têm mostrado que a OPT pode ser utilizada em casos simples e rotineiros, se a TCFC não estiver disponível.

No entanto, a CBCT é mais precisa e tem o poder de determinar as medidas ósseas com mais precisão, especialmente em casos complexos.

O futuro do diagnóstico odontológico com imagens radiográficas deve aumentar em precisão para obter o melhor diagnóstico possível para a boa saúde dos pacientes.

6. Bibliografia

1. Kim D-G. Can Dental Cone Beam Computed Tomography Assess Bone Mineral Density? *J Bone Metab.* 2014;21(2):117.
2. Chugh T, Jain AK, Jaiswal RK, Mehrotra P, Mehrotra R. Bone density and its importance in orthodontics. *J Oral Biol Craniofacial Res.* 2013;3(2):92–7.
3. Albelbeisi TM, Khtob AR, Hassan NE. Cone-Beam Computed Tomography Versus Digital Orthopantomography in Treatment Planning for Mandibular Dental Implants. *Alexandria Dent Journal.* 2016;41(10):199–205.
4. Jacobs R, Salmon B, Codari M, Hassan B, Bornstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry: Recommendations for clinical use. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):1–16.
5. Tang Z, Liu X, Chen K. Comparison of digital panoramic radiography versus cone beam computerized tomography for measuring alveolar bone. *Head Face Med.* 2017;13(1):2–8.
6. Shahidi S, Zamiri B, Abolvardi M, Akhlaghian M, Paknahad M. Comparison of Dental Panoramic Radiography and CBCT for Measuring Vertical Bone Height in Different Horizontal Locations of Posterior Mandibular Alveolar Process. *J Dent (Shiraz, Iran).* 2018;19(2):83–91.
7. López-Jarana P, Díaz-Castro CM, Falcão A, Falcão C, Ríos-Santos J V., Herrero-Climent M. Thickness of the buccal bone wall and root angulation in the maxilla and mandible: An approach to cone beam computed tomography. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):1–9.
8. Antila K, Lilja M, Kalke M. Segmentation of facial bone surfaces by patch growing from cone beam CT volumes. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2016;45(8).
9. Tassoker M, Akin D, Aydin Kabakci AD, Sener S. Comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography for mandibular morphometry. *Folia Morphol.* 2019;78(4):862–70.
10. Pauwels R, Faruangaeng T, Charoenkarn T, Ngonphloy N, Panmekiate S. Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015;44(8).
11. K Ozlem, GM Esad, A Ayse UA. for an Uncommon Neurosurgical Emergency in a Developing Country. 2017;23:1221–5.
12. Dahiya K, Kumar N, Bajaj P, Sharma A, Sikka R, Dahiya S. Qualitative assessment of reliability of cone-beam computed tomography in evaluating bone density at posterior mandibular implant site. *J Contemp Dent Pract.* 2018;19(4):426–30.
13. Practice D, Scarfe WC, Farman AG. Clinical Applications of Cone-Beam Computed. 2006;72(1):75–80.

14. Işınlı K, Tomografinin B, Kavramları T, Alanları K. S103. 2017;51:102–21.
15. Scarfe WC, Farman AG. What is Cone-Beam CT and How Does it Work? *Dent Clin North Am.* 2008;52(4):707–30.
16. Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Arijji E, et al. Relationship between density variability and imaging volume size in cone-beam computerized tomographic scanning of the maxillofacial region: an in vitro study. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2009;107(3):420–5.
17. Kiljunen T, Kaasalainen T, Suomalainen A, Kortensniemi M. Dental cone beam CT: A review. *Phys Medica.* 2015;31(8):844–60.
18. Palomo L, Palomo JM. Cone Beam CT for Diagnosis and Treatment Planning in Trauma Cases. *Dent Clin North Am.* 2009;53(4):717–27.
19. Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: Essence, elements and steps to interpretation. *Aust Dent J.* 2012;57:46–60.
20. American T, Association D, Affairs S. The use of cone-beam computed tomography in dentistry: An advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc.* 2012;143(8):899–902.
21. Razavi T, Palmer RM, Davies J, Wilson R, Palmer PJ. Accuracy of measuring the cortical bone thickness adjacent to dental implants using cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(7):718–25.
22. Schulze R, Heil U, Groß D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: A review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2011;40(5):265–73.