



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus São José dos Campos

ROSELAINÉ MOREIRA COELHO MILAGRES

**AVALIAÇÃO DA DENSIDADE ÓSSEA MANDIBULAR
POR MEIO DE TOMOGRAFIAS
COMPUTADORIZADAS: MULTISLICE E DE FEIXE
CÔNICO**



2012

ROSELAINÉ MOREIRA COELHO MILAGRES

**AVALIAÇÃO DA DENSIDADE ÓSSEA MANDIBULAR
POR MEIO DE TOMOGRAFIAS
COMPUTADORIZADAS: MULTISLICE E DE FEIXE
CÔNICO**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do Título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em BIOPATOLOGIA BUCAL, Área Radiologia Odontológica.

Orientador: Profa. Adjunta Mari Eli Leonelli de Moraes

São José dos Campos

2012

BANCA EXAMINADORA

Profa. Adjunta Mari Eli Leonelli de Moraes (Orientador)
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
UNESP - Univ Estadual Paulista

Profa. Titular Yasmin Rodarte Carvalho
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
UNESP - Univ Estadual Paulista

Profa. Dra. Déborah Queiroz de Freitas
Faculdade de Odontologia de Piracicaba
UNICAMP - Univ Estadual de Campinas

Prof. Dr. Flávio Ricardo Manzi
Departamento de Odontologia da PUC-Minas
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Prof. Dr. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos
UNESP - Univ Estadual Paulista

São José dos Campos, 17 de Setembro de 2012.

Dedico este trabalho ...

A Deus pela constante proteção, guiando-me e colocando o melhor em meu caminho e a Nossa Senhora Aparecida por sempre interceder por mim, nos momentos de maiores dificuldades.

“Tudo é do Pai, toda a honra e toda a glória é Dele a vitória alcançada em minha vida...”

(Padre Marcelo Rossi)

À Yasmin, que é TUDO na minha vida, motivo da minha maior alegria, preocupação e tristeza. Alegria simplesmente por você existir, por cada sorriso ao acordar que digo que tem um bom humor contagiante, por cada “gracinha” nova. Preocupação em cada espirro, cada queda, cada dia que estive ausente, e por fim maior tristeza por cada segundo que fico longe de ti. Acredito que só se conhece o verdadeiro sentido da palavra amor após se ter filhos.

“A medida do amor é amar sem medida.”

(Victor Hugo)

Ao Nivaldo, por toda paciência, principalmente na reta final da elaboração da tese, desculpa-me por ter “ceifado” as tuas férias para que ficasse em dedicação exclusiva à Yasmin para que eu finalizasse a parte escrita. Obrigada pelo apoio incondicional, por ensinar-me a ter força e por sempre torcer para que tudo desse certo. Obrigada pela compreensão em ficar distante alguns dias da semana para que eu pudesse concretizar este sonho e por fim, obrigada por existir em minha vida, por completar-me e pelo amor que nos une.

“Amo como ama o amor. Não conheço nenhuma outra razão para amar senão amar. Que queres que te diga, além de que te amo, se o que quero dizer-te é que te amo?”

(Fernando Pessoa)

Aos meus pais Continentino e Maria Zélia, exemplos de honestidade, perseverança e fé. Nada seria possível sem o apoio e o amor de vocês.

“Por mais longa que seja a caminhada o mais importante é dar o primeiro passo”.

(Vinicius de Moraes)

Agradecimentos Especiais...

À minha orientadora, Professora Dra. Mari Eli Leonelli de Moraes. Obrigada pelo seu carinho, atenção e pela compreensão durante a minha ausência devido à gravidez. Desde a entrevista da prova de seleção já surgiu uma empatia, que resultou na orientação e que transformou em amizade.

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

(Da Vinci)

Às minhas irmãs Rosilene e Rosemar, obrigada pelo apoio, amizade sincera e por sempre ter uma palavra de incentivo e de carinho. Obrigada por ajudar-me com a Yasmin, mesmo com todos os compromissos de vocês, nunca me negaram ajuda. Amo vocês!!!

“As palavras de amizade e conforto podem ser curtas e sucintas, mas o seu eco é infundável.”

(Madre Teresa de Calcutá)

*Aos meus irmãos Osmane, Osmar, Osmi e Rosane e também
aos meus cunhados (as) Luis e Gilson, Lúcia, Viviane e
Jaqueline pelo apoio e amizade.*

*Aos meus amados sobrinhos Kênia, Ivan, Renan, César e
Arthur que são motivos de grande alegria em minha vida...*

*“Tu te tornas eternamente responsável
por aquilo que cativas...”
(Antoine de Saint Exupéry)*

Agradecimentos...

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP, na pessoa do seu diretor professor Dr. Carlos Augusto Pavanelli pela oportunidade de concretização de mais um sonho em minha vida profissional.

Ao professor Dr. Luiz Cesar de Moraes pelo exemplo de dedicação à radiologia. Obrigada por nos acolher como filhos e por tudo o que tem nos ensinado.

Ao professor Dr. Julio Cezar de Melo Castilho pela disponibilidade em nos auxiliar.

Ao professor Dr. Luiz Roberto Coutinho Manhães Junior pela colaboração singular durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Dr. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes pela disponibilidade e dedicação em auxiliar-me. Você é um exemplo de profissional e um amigo de todas as horas.

Ao amigo e professor Dr. Flávio Ricardo Manzi a quem não tenho palavras que possam descrever meu carinho, admiração e gratidão. Obrigada pelo auxílio na estatística, pela atenção, incentivo e acima de tudo pela amizade.

Às professoras Déborah e Yasmin pelo aceite em participar da banca avaliadora deste trabalho.

Ao professor Tasso Schusterschitz (in memoriam) exemplo de pessoa e profissional. Obrigada pela sua amizade e por ter despertado em mim o interesse pela radiologia. Você será inesquecível!!!

À aluna Annália Mayara Batista Siqueira pela valiosa ajuda na moldagem das mandíbulas e confecção dos guias tomográficos.

Ao Laboratório de Anatomia do Centro Universitário de Lavras, nas pessoas do professor Ramon Gimenez e da técnica Rênia pelo auxílio na seleção e empréstimo das mandíbulas.

Às clínicas Axial e Tomoface por gentilmente doar os exames de tomografia Multislice e Cone Beam, respectivamente.

À Adriana da clínica Tomoface pelo auxílio na execução das Tomografias.

Ao Laboratório de Metabolismo Ósseo da Disciplina de Reumatologia da Faculdade de Medicina da USP, nas pessoas da professora Dra. Rosa Maria Pereira , por disponibilizar o referido laboratório para a realização dos exames de DEXA e da bióloga Lillian Takayama Guerra pelo auxílio na aquisição das imagens densitométricas.

Aos colegas de pós-graduação: Leila, Rocco, Afonso, Tássia, Maria Fernanda, Paula, João, Rafaela e Caio, obrigada pelo companheirismo, amizade e alegrias compartilhadas.

Ao Cidney e à Patrícia pelas inúmeras caronas para São Paulo. Obrigada pela amizade e carinho de vocês.

À Conceição por deixar nossos plantões na radiologia mais felizes, obrigada pela amizade e pela disponibilidade em nos ajudar.

Aos amigos Leandro e Michel, pela força e incentivo. Obrigada pela companhia em Lavras e pelos bons momentos compartilhados.

Aos alunos do Centro Universitário de Lavras, os quais são a maior fonte de inspiração para seguir a carreira acadêmica.

Às demais pessoas que, embora não citadas, foram de igual importância para a realização deste trabalho.

“Eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos! A alguns deles não procuro, basta-me saber que eles existem. Mas é delicioso que eu saiba e sinta que os adoro, embora não declare e não os procure sempre...”

(Vinícius de Moraes)

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| LISTA DE FIGURAS..... | 13 |
| LISTA DE TABELAS..... | 15 |
| LISTA DE GRÁFICOS..... | 16 |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS..... | 17 |
| RESUMO..... | 19 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 21 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 26 |
| 2.1 Aplicação da Tomografia Computadorizada na Odontologia..... | 26 |
| 2.2 Avaliação da Densidade Óssea..... | 40 |
| 3 PROPOSIÇÃO..... | 68 |
| 4 MATERIAL E MÉTODO..... | 69 |
| 4.1 Preparo das Mandíbulas..... | 69 |
| 4.2 Demarcação das Regiões Estudadas..... | 71 |
| 4.3 Obtenção das Imagens..... | 72 |
| 4.4 Índice da Densidade Mineral Óssea..... | 76 |
| 4.5 Análise Estatística..... | 81 |
| 5 RESULTADOS..... | 82 |
| 6 DISCUSSÃO..... | 87 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 96 |
| 8 REFERÊNCIAS..... | 97 |
| ANEXO A – Certificado do comitê de ética em pesquisa..... | 105 |
| ABSTRACT..... | 106 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 1 - | Guia tomográfico com os marcadores radiopacos utilizado durante a aquisição das imagens..... | 70 |
| Figura 2 - | Guia tomográfico com os marcadores radiopacos adaptado à mandíbula. Segmento A: região de molares, B: região de pré-molares, C: forame mentoniano, D: região de caninos, E: região de incisivos, F: linha média. | 70 |
| Figura 3 - | A: região de molares, B: região de pré-molares, C: forame mentoniano, D: região de caninos, E: região de incisivos, F: linha média..... | 71 |
| Figura 4 – | Mandíbula posicionada no Tomógrafo Multislice..... | 72 |
| Figura 5 – | Mandíbula posicionada no Tomógrafo de Feixe Cônico | 73 |
| Figura 6 – | Mandíbula posicionada no aparelho de absorciometria | 74 |
| Figura 7 – | <i>Zoom</i> da mandíbula posicionada no aparelho de absorciometria..... | 75 |
| Figura 8 – | Delimitação das sub-regiões correspondentes à região de sínfise e corpo mandibular..... | 76 |
| Figura 9 – | Desenho esquemático dos diferentes tipos ósseos segundo a classificação de Misch (1990)..... | 77 |
| Figura 10 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de molar pelo tomógrafo Multislice..... | 78 |
| Figura 11 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de pré-molar pelo tomógrafo Multislice..... | 79 |
| Figura 12 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de canino pelo tomógrafo Multislice..... | 79 |
| Figura 13 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de | |

| | | |
|-------------|--|----|
| | incisivo pelo tomógrafo Multislice..... | 80 |
| Figura 14 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de molar pelo tomógrafo de Feixe Cônico..... | 80 |
| Figura 15 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de pré-molar pelo tomógrafo de Feixe Cônico..... | 80 |
| Figura 16 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de canino pelo tomógrafo de Feixe Cônico..... | 81 |
| Figura 17 – | Análise objetiva da densidade óssea da região de incisivo pelo tomógrafo de Feixe Cônico..... | 81 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Média e desvio padrão da DT na TCMS e na TCFC..... | 83 |
| Tabela 2 - Mediana da densidade óssea subjetiva na TCMS e TCFC.... | 84 |
| Tabela 3 - Critérios Densitométricos da Organização Mundial da Saúde..... | 85 |
| Tabela 4 - Densidade expressa em g / cm ² para cada mandíbula pelo DEXA..... | 86 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Média da densidade óssea em HU e da densidade tomográfica..... | 83 |
| Gráfico 2 - Mediana da análise subjetiva entre os dois tomógrafos.. | 84 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TCMS = Tomografia Computadorizada Multislice

TCFC = Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

DEXA = Absorciometria por Dois Fótons de Raios X

DMO = Densidade mineral óssea

HU = Unidades Hounsfield

CDs = Cirurgiões-Dentistas

Cm = Centímetro

CMO = Conteúdo Mineral Ósseo

ATMs = Articulações Têmporo-mandibulares

CT/MPR = Reformatação Multiplanar da Tomografia Computadorizada

DF = Dimensão Fractal

DOp = Densidade Óptica

DO = Densidade Óssea

DT = Densidade Tomográfica

FOV = Field of View

g / cm^2 = Grama por centímetro quadrado

g / cm^{-3} = Grama por centímetro cúbico

G.E. = General Electric

HA = Hidroxiapatita

IMRT = Terapia de Radiação de Intensidade Modulada

ISQs = Quocientes de Estabilidade do Implante

IT = Torque de Inserção

K_2HPO_4 = Fosfato Dipotássico

mg / cm = Miligrama por Centímetro

Mm = Milímetros

mm^2 = Milímetro quadrado

MPSA = Análise da Configuração Padrão da Maxila/Mandíbula

mSv = Milisilvert

OMS = Organização Mundial de Saúde

OVX = Ovariectomia

pQCT = Tomografia Computadorizada Periférica Quantitativa

PS = Teste de Tracionamento

PTV = Valor *periotest*

QTCFC = Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico Quantitativa

QUS = Ultra-sonografia Quantitativa

® = Registrado

RFA = Análise de Frequência de Ressonância

ROI = Região de Interesse

s = Segundo

TC = Tomografia Computadorizada

TCQ = Tomografia Computadorizada Quantitativa

TLDs = Dosímetros Termoluminescentes

UNILAVRAS = Centro Universitário de Lavras

3-D = Tridimensionais

Milagres RMC. Comparação da densidade óssea mandibular por diferentes meios de aquisição de imagem [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2012.

RESUMO

Foram selecionadas dez mandíbulas humanas edêntulas maceradas, as quais foram submetidas ao exame de tomografia computadorizada multislice (TCMS) e de feixe cônico (TCFC) para realização de avaliações objetiva e subjetiva por meio da comparação da densidade óptica obtida pelos dois tomógrafos. Adicionalmente as mesmas mandíbulas foram submetidas a exame de absorciometria por dois fótons de raios X (DEXA) para avaliação da densidade mineral óssea (DMO) a qual foi expressa em g / cm^2 . Em cada mandíbula selecionou-se a região correspondente aos incisivos, caninos, pré-molares e molares direito e esquerdo, sendo confeccionado um guia tomográfico para cada mandíbula. As mandíbulas foram colocadas em uma caixa acrílica a qual foi preenchido com água, visando promover a atenuação dos feixes de raios X e simular a presença de tecido mole e posteriormente foram posicionadas nos tomógrafos simulando o posicionamento anatômico usualmente utilizado para a obtenção das imagens de pacientes. Após a reconstrução das imagens realizou-se a análise subjetiva nas áreas pré-determinadas, sendo o osso classificado, segundo o índice de densidade óssea proposto por Misch (1990), em D1, D2, D3 ou D4. A seguir, foi avaliada a densidade óptica pelo *software* dos tomógrafos para cada região pré-determinada. Para a avaliação objetiva, em ambos os tomógrafos, foi selecionada a área de osso medular, ou seja, a região de cortical interna a cortical interna da área de interesse, sem que houvesse envolvimento do osso cortical, logo acima do canal mandibular para a região de pré-molares e molares e próximo à cortical superior para as regiões de incisivos e caninos. Para comparação das densidades ópticas obtidas pelo método objetivo e subjetivo foram empregados, respectivamente, os testes estatísticos paramétrico t-Student's e não paramétrico Mann-Whitney, adotando-se o nível de 5% de significância. Observou-se que os valores de DEXA não podem ser empregados para a mandíbula, uma vez que não há um *T-score* definido para tal região; a avaliação objetiva realizada por meio da ferramenta *shape region* do tomógrafo de feixe cônico utilizado, não foi correlacionada com os valores de HU determinados pelo tomógrafo multislice e por fim a avaliação subjetiva obtida das imagens de TCFC foi correlacionada com o mesmo método de avaliação das imagens de

TCMS e pode ser considerado útil para avaliação antes da cirurgia de implantes.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada por raios X; Tomografia computadorizada de feixe cônico; Absorciometria de raios X; Densidade óssea.

1 INTRODUÇÃO

O edentulismo afeta, precocemente, a metade da população com idade entre 45 e 74 anos e é uma causa comum de disfunção oral (Abrahams e Kalyanpur, 1995). Tradicionalmente o tratamento era realizado com próteses fixas e removíveis dento-suportadas; porém, com o advento dos implantes dentários osseointegrados, nas últimas décadas esses vem sendo amplamente utilizados na reabilitação de pacientes odontológicos e representam uma das mais avançadas tecnologias disponíveis na Odontologia (Yang et al., 1999; Kraut, 2001). Entretanto, o osso disponível é particularmente importante na Implantodontia e descreve a arquitetura externa ou o volume da área desdentada considerados para implantes, já a estrutura interna do osso é descrita em termos de qualidade e quantidade, as quais refletem um número de propriedades biomecânicas (Misch, 2008a) e influenciam diretamente na taxa de sucesso dos implantes (Song et al., 2009).

Antes de considerar a colocação de implantes nos maxilares, quantidade e qualidade óssea devem ser avaliadas radiograficamente (Jacobs et al., 1999; Santiago e Vitral, 2006), sendo que uma variedade de técnicas por imagem estão disponíveis, podendo ser radiografias convencionais, consistindo de radiografia periapical, oclusal, panorâmica e cefalométrica, além de técnicas mais específicas como as tomografias computadorizadas (TC) (Jacobs et al., 1999; Yang et al., 1999; Kraut, 2001; Misch, 2008), lembrando que cada modalidade de imagem tem suas próprias vantagens, desvantagens e indicações específicas (Jacobs et al., 1999; Yang et al., 1999). A principal desvantagem das técnicas convencionais para o tratamento de implante é

a imagem ser bidimensional (Iplikçioğlu et al., 2002), não apresentando informações relacionadas com a espessura do rebordo alveolar, sendo que somente a TC proporciona as informações desejadas sobre o local de cada implante (Hatcher et al., 2003).

A TC combina os conceitos radiográficos de finas camadas com as imagens computadorizadas, permitindo a identificação de estruturas anatômicas internas com total fidelidade dimensional e sem sobreposição de imagens (Batista, 1999), sendo uma importante vantagem da TC a melhor visualização de estruturas anatômicas críticas, tais como o canal mandibular, seio maxilar, forame mentual, além do contorno do processo alveolar devido à sua angulação (Abrahams e Kalyanpur, 1995; Jacobs et al., 1999; Kraut, 2001; Iplikçioğlu et al., 2002).

Entre os objetivos da avaliação por imagem do leito receptor de implante, pode-se citar a determinação da altura e espessura óssea, da qualidade óssea, do longo eixo do osso alveolar, a localização e identificação da anatomia interna e detecção de processos patológicos (Hatcher et al., 2003; Soares et al., 2007). O termo qualidade óssea não está claramente definido na literatura e essa inclui aspectos fisiológicos, estruturais e o grau de mineralização do tecido ósseo; assim, em implante dentário tem-se assumido que qualidade óssea é equivalente à densidade mineral óssea (Bergkvist et al., 2010; Marquezan et al., 2012b). Densidade é a relação entre a massa e o volume de um corpo, sendo assim um osso denso é aquele que apresenta muita massa e peso em relação ao volume, sendo espesso e compacto (Caúla et al., 2000).

A quantificação da densidade mineral óssea (DMO) tomada como padrão ouro em Endocrinologia e Traumatologia é a densitometria óssea por meio do exame DEXA (Marquezan et al., 2012a), sendo que essa modalidade de exame pode ser usada para o diagnóstico de osteoporose na coluna e/ou quadril, e, também, para a avaliação óssea da mandíbula, embora até agora tenha sido utilizada apenas em situações experimentais (von Wowern, 2001; Nackaerts et al., 2007).

Essa técnica é um importante meio não-invasivo na avaliação de pacientes com osteoporose, sendo que a existência da osteoporose contribui como fator negativo das causas de insucesso dos implantes (Totorelli-Júnior, 2007); assim, a densidade óssea é a maior responsável pela sobrevida dos implantes dentários (Caúla et al., 2000).

Outros métodos para avaliação da qualidade óssea incluem a histomorfometria de biópsias ósseas, análise de imagem digital de microrradiografia e ultrasonografia. A maioria dessas técnicas proporciona uma mensuração quantitativa da densidade óssea confiável, porém são impraticáveis para as cirurgias de implantes (Norton e Gamble, 2001; Song, 2009). Vários estudos têm demonstrado que a TC é considerada o exame mais preciso na avaliação da densidade óssea, pois permite diferenciar o osso trabecular independente do osso cortical (Kraut, 2001; Homolka et al., 2002; Iplikçioglu et al., 2002; Santiago e Vitral, 2006; Totorelli-Júnior, 2007; Song et al., 2009), podendo prever precisamente o volume e a densidade em locais selecionados para implantes (Kraut, 2001), uma vez que a mensuração da densidade óssea na imagem pré-cirúrgica em locais pré-determinados para colocação de implantes é importante para o tratamento de implante dentário (Naitoh et al., 2009).

A apreciação da densidade óssea e sua relação com a implantodontia existem há mais de 40 anos, sendo que Linkow e Chercheve*, em 1970, classificaram subjetivamente a densidade óssea em três categorias, baseadas na configuração das trabéculas ósseas (Linkow e Chercheve, 1970, citado por Misch, 2008a). Classificação semelhante foi proposta por Lekholm e Zarb (1985) e por Misch (1990); porém, nessas duas últimas a avaliação subjetiva baseia-se nos aspectos macroscópicos tanto do osso trabecular quanto cortical. A classificação subjetiva tem sido usada para caracterizar a percepção da qualidade

* Linkow LI, Chercheve R. Theories and techniques of oral implantology. St. Louis: Mosby; 1970.

óssea durante procedimentos de perfuração óssea. Estudos têm demonstrado que o uso da mensuração da densidade óssea pré-operatória auxiliará o clínico com um indicador prognóstico, que não só fornecerá valiosas informações sobre a qualidade do osso, mas ajudará evitar que implantes sejam colocados em ossos de qualidade muito ruim, onde a falha do implante é mais provável (Norton e Gamble, 2001; Lagravère et al., 2008; Hua et al., 2009; Isoda et al., 2012). Planos de tratamento, projetos de implantes, protocolo cirúrgico, cicatrização e períodos de carga progressiva têm sido descritos para cada tipo de densidade óssea (Homolka et al., 2002; Aranyarachkul et al., 2005; Misch, 2008a). A avaliação subjetiva da qualidade óssea pode ser realizada tanto nos tomógrafos computadorizados multislice quanto nos tomógrafos de feixe cônico; entretanto, essa avaliação é operador-dependente (Norton e Gamble, 2001).

A TC pode ser utilizada também para quantificação objetiva da densidade mineral óssea (Song et al., 2009). Essas avaliações quantitativas foram propostas por Norton e Gamble (2001) onde as áreas classificadas subjetivamente dentro de cada uma das quatro qualidades da classificação de Lekholm e Zarb (1985) foram agrupadas de modo que uma série de valores de unidades Hounsfield (HU) pudesse ser atribuído a cada qualidade particular, e também por Misch (1999), o qual utilizou a TC multislice para a classificação objetiva da densidade óssea dentro de cinco tipos baseado na escala Hounsfield (Misch, 2008b; Isoda et al., 2012), assim fornecendo dados objetivos precisos da variação da densidade óssea entre diferentes regiões em um mesmo indivíduo, permitindo, dessa forma, relacionar positivamente os valores encontrados com a qualidade óssea descrita subjetivamente (Santiago e Vitral, 2006).

Alguns tomógrafos computadorizados específicos para a região crânio-facial, ou seja, os tomógrafos de feixe cônico disponibilizam ferramentas para a avaliação de densidade tomográfica; entretanto, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho que validade a densidade

tomográfica fornecida pela ferramenta *shape region* do tomógrafo de feixe cônico i-CAT, com a densidade óssea expressa HU.

Com base nesses dados, julga-se importante comparar a densidade óssea obtida por meio do programa do Tomógrafo Computadorizado de Feixe Cônico e a obtida no Tomógrafo Multislice, verificando a confiabilidade das medidas de densidade realizadas subjetivamente e objetivamente em imagens produzidas pelos dois tomógrafos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aplicação da Tomografia Computadorizada na Odontologia

Em 1988, Anderson e Svart descreveram que a TC pode ser utilizada no planejamento pré-operatório de implantes osseointegrados, sendo utilizado neste estudo o tomógrafo computadorizado Siemens Somatom DR-2. A TC apresenta vantagens em muitos aspectos se comparada à tomografia convencional, tais como a possibilidade de mensurações, reformatações, ampliações, janelas de definição para tecidos ósseo e mole, os quais facilitam a definição da morfologia dos maxilares, assim como as dimensões do remanescente ósseo alveolar. As imagens panorâmicas juntamente com as imagens reformatadas do osso alveolar, determinam a exata posição e comprimento do implante a ser utilizado. Enfim, a TC proporciona uma economia de tempo no planejamento de implantes, não necessitando de radiografia convencional complementar.

Shimura et al. (1990) desenvolveram uma nova técnica de análise para avaliação de maxila e/ou mandíbula antes da colocação de implantes, sendo que essa nova técnica fornece uma forma padrão da maxila ou mandíbula e utiliza o programa de reformatação multiplanar da TC (CT/MPR). Para isso, utilizou-se o tomógrafo G.E. 98000 e uma amostra de pacientes totalmente edêntulos na maxila e mandíbula, sendo posicionados no aparelho de forma que os rebordos alveolares ficassem perpendiculares à mesa de trabalho do aparelho e assim obtidos os cortes axiais para posterior reformatação das imagens panorâmicas e seccionais do rebordo alveolar pelo *software* Dental Scan. As imagens

seccionais obtidas pelo CT/MPR, assim como a altura e largura da maxila e mandíbula de cada uma dessas imagens foram numeradas. A altura e largura foram medidas em função do número da secção transversal. Essa técnica denominada de análise da configuração padrão da maxila/mandíbula (MPSA) cria um perfil da configuração da maxila e/ou mandíbula e aumenta a segurança no planejamento para colocação de implantes. A técnica MSPA combinada com CT/MPR pode fornecer informações precisas sobre os contornos ósseos externos e características anatômicas da maxila e mandíbula, ou seja, padrões sucessivos de altura e largura, simetria, e existência de um rebordo em lâmina de faca. Essa técnica pode facilitar a seleção, localização e tamanho dos implantes a serem instalados, diminuindo os riscos envolvidos na cirurgia de implante dentário. Concluiu-se que a técnica MSPA pode ser útil não somente no planejamento de tratamento com implante dentário, mas também no diagnóstico, planejamento, tratamento e acompanhamento do paciente de cirurgia oral e maxilofacial.

Tal e Moses, em 1991, compararam a acurácia da radiografia panorâmica e da TC na avaliação da altura em locais que iriam receber implantes na mandíbula, sendo medida a distância entre a crista alveolar à cortical superior do canal mandibular em um grupo de dez pacientes que necessitavam de um ou mais implantes na região de segundo pré-molar e primeiro molar inferior. Os pacientes utilizaram um guia radiográfico contendo esferas metálicas sobre a crista alveolar das regiões e a seguir foi realizada a radiografia panorâmica, sendo as medidas, no sentido vertical, realizadas e corrigidas baseadas na distorção das esferas metálicas. Para o exame de TC foi utilizado o aparelho Elite 2400 *scanner* sendo removidas as esferas metálicas do guia e as medidas foram executadas utilizando as mesmas referências usadas na panorâmica. A seguir os pacientes foram submetidos à cirurgia para colocação dos implantes e após uma semana foi realizada uma nova panorâmica. Todas as medidas foram realizadas por um examinador, sob

condições padronizadas de iluminação e com auxílio de um paquímetro, sendo as aferições repetidas dez vezes em diferentes dias. Não houve diferença estatisticamente significativa na mensuração óssea vertical entre a radiografia panorâmica e a TC.

Em 1995, Abrahams e Kalyanpur descreveram sobre os implantes dentários, programas de reformatação utilizados para a TC e seus usos no planejamento cirúrgico para colocação dos implantes. Para o sucesso do implante, necessita-se de técnicas por imagem que proporcionarão informações pré-operatórias necessárias no planejamento da cirurgia, sendo que o programa de reformatação de imagem Dental CT tem suprido a necessidade dessas técnicas de imagens, pois fornecem múltiplas imagens axiais, panorâmica e projeções seccionais, proporcionando informações anatômicas precisas e quantitativas, bem como espessura, altura, contorno do rebordo alveolar e localização de reparos anatômicos como o canal mandibular, forame mentoniano, seio maxilar e fossa nasal em relação à margem alveolar. Determinou-se um protocolo para a interpretação tomográfica no que diz respeito às mensurações da espessura e largura do processo alveolar na mandíbula e maxila em relação às estruturas anatômicas. Uma escala milimetrada colocada junto das imagens da TC foi usada para verificar se as imagens estão do tamanho real, uma vez que qualquer ampliação ou redução da imagem também modificará proporcionalmente a escala, não afetando as mensurações.

Coelho et al. (1997) avaliaram a distorção da radiografia periapical pela técnica do paralelismo e panorâmica, quando comparadas à TC para mensuração óssea mandibular em implantodontia. Foram utilizadas seis mandíbulas edêntulas ou parcialmente edêntulas, sendo que em cada lado da mandíbula, em uma região compreendida entre o forame mandibular e o forame mentoniano, foram fixadas duas esferas de guta-percha, uma sobre a crista óssea e outra sobre a cortical basal, também foi introduzido um fio ortodôntico de 0,7 mm no interior do canal

mandibular com o objetivo de evidenciar o mesmo e facilitar sua mensuração. A seguir foram realizados os exames radiográficos periapical e panorâmico e a TC utilizando o *software* Dental Scan. Posteriormente, as mandíbulas foram seccionadas e as medidas realizadas nas imagens entre as esferas e o fio ortodôntico foram comparadas com as dimensões reais. Concluíram-se que as mensurações obtidas por meio da TC podem ser aceitas sem restrições, as radiografias periapicais pela técnica do paralelismo apresentam mínimo de distorção podendo ser aceitas com pequena margem de segurança, já as radiografias panorâmicas devem ser levadas em consideração com uma margem de erro de aproximadamente 24%.

Yang et al. (1999) compararam e validaram a acurácia de mensurações realizadas nas reconstruções bidimensionais e tridimensionais em exames de TC espiral para localização do canal mandibular. Foram utilizadas quatro mandíbulas humanas edêntulas intactas as quais foram submetidas ao exame tomográfico e obtidas as imagens dos cortes axiais. As reconstruções bidimensionais representavam 2 mm de espessura de um corte ortoradial se estendendo das corticais bucal à lingual por meio do uso do protocolo do *software* ToothPix, já as imagens tridimensionais foram processadas de forma que gerasse uma visualização satisfatória do canal mandibular. Os canais mandibulares direito e esquerdo de cada mandíbula foram avaliados em um ponto a 10 mm posterior à borda posterior do forame mental. Dezesesseis medidas lineares da altura óssea, entre a borda superior do canal mandibular e a crista óssea, foram realizadas nas imagens bidimensionais e tridimensionais, independentemente por dois radiologistas em sessões alternadas, usando as medidas em computação gráfica e paquímetro, respectivamente. As mandíbulas foram seccionadas no mesmo local onde foram realizadas as medidas nas imagens e a medida real foi obtida por meio de um paquímetro e comparadas com as mensurações realizadas nas imagens. Nas imagens bidimensionais foi

capaz de realizar mensurações precisas, quanto às medidas realizadas nas imagens tridimensionais, não houve diferença estatisticamente significativa entre essas e as feitas diretamente nas mandíbulas, entretanto houve diferença significativa entre as mensurações bidimensionais e as tridimensionais. Concluíram que tanto as imagens bidimensionais quanto as tridimensionais originadas de TC mostraram-se precisas para mensuração na região do canal mandibular.

Em 1999, Jacobs et al., avaliaram a confiabilidade da imagem tomográfica reformatada bidimensional para planejamento pré-operatório de implantes comparando esses achados com aqueles vistos durante a fase cirúrgica. Foram avaliados 100 pacientes parcialmente ou completamente edêntulos que necessitam de exame tomográfico para colocação de implantes dentários na maxila (70 pacientes) ou na região posterior da mandíbula (30 pacientes). O tomógrafo computadorizado utilizado foi o Somatom Plus S[®] com o software Dental CT. As imagens reconstruídas, ortogonal e panorâmica, foram usadas para uma avaliação quantitativa da altura e espessura óssea utilizando um paquímetro digital. Os cortes axiais foram utilizados para avaliação qualitativa do osso. No planejamento pré-operatório, foi determinado o número, locais e tamanho dos implantes, sendo que dos 416 implantes planejados, somente 395 puderam ser colocados. Observou-se uma boa concordância entre os dados pré-operatórios e transoperatórios para o número e locais dos implantes; entretanto, quanto à altura e presença de complicações anatômicas essa correlação foi baixa. Em 110 dos 395 casos o implante colocado foi menor e em 74 casos os implantes foram maiores do que o planejado; entretanto, essa última situação resultou em 35% das complicações intra-operatórias. Houve diferenças significantes nas discrepâncias entre a altura óssea disponível e o comprimento do implante planejado e o colocado. Concluiu-se que a reformatação bidimensional é confiável para avaliação pré-operatória do número e locais para os implantes, porém apresenta baixa previsibilidade para o

tamanho dos implantes e em prever complicações anatômicas durante a cirurgia.

Também em 1999, Batista et al. revisaram as vantagens, desvantagens e indicações da TC na implantodontia e descreveram que a TC combina os conceitos radiográficos de finas camadas com as imagens computadorizadas, o que permite a identificação de estruturas anatômicas internas com total fidelidade dimensional e sem sobreposição de imagens. Todavia, o valor de qualquer imagem depende de vários fatores, incluindo a quantidade e qualidade de tecido ósseo, o grau de definição e de distorção, a sobreposição de imagens de outras estruturas anatômicas e a quantidade de exposição à radiação a qual o paciente é submetido. As diferentes orientações desses cortes tomográficos possibilitam a seleção de áreas de maior volume ósseo para implantação, escolha do tamanho ideal dos implantes e a visualização da angulação correta do rebordo ósseo residual. Concluiu-se que a TC, embora seja um exame radiográfico complementar, é de grande utilidade em planejamento de implantes devido a sua precisão em áreas onde a radiografia convencional não fornece uma certeza dimensional, sendo que as doses de radiação podem ser maiores quando solicitados exames radiográficos convencionais.

Guedes et al., em 2000, descreveram que a TC com o *software* Dental CT é a modalidade mais precisa para se avaliar o planejamento de implantes. Foi realizado exame em um paciente com o tomógrafo Siemens Somatom HiQ com o *software* Dental CT, sendo mensuradas a altura e espessura do rebordo alveolar e obtendo-se também a qualidade óssea em HU e sua classificação de acordo com o Índice de Misch (1999). Concluiu-se que a TC com o programa Dental CT pode ser utilizada não só na Implantodontia, mas também em outras especialidades odontológicas, além de terem a capacidade de determinar a quantidade e a qualidade óssea das regiões de interesse, sendo que o mesmo não ocorre com os exames convencionais.

Em 2001, Kraut relatou que a avaliação radiográfica antes da colocação de implantes deve ser considerada após o paciente ter sido examinado e considerando terapêuticas alternativas. Nos exames por imagem, pode-se utilizar as radiografias convencionais como as periapicais, oclusais e panorâmica, assim como a TC, sendo que a seleção do exame radiográfico deve estar baseado nas considerações anatômicas para área do implante. A radiografia panorâmica mostra a presença ou ausência da dentição ou implantes em ambas as arcadas e quando os pacientes são avaliados para colocação de implantes, uma cera com esferas metálicas de tamanho conhecido devem ser colocadas nas áreas edêntulas, ou seja, deve-se utilizar o guia radiográfico. Entretanto, a radiografia panorâmica não fornece informações sobre a espessura do osso e pode não proporcionar uma visualização adequada do canal mandibular e do forame mentoniano. O uso da TC para a maxila pode prever com precisão o volume e a densidade óssea nos locais considerados para colocação dos implantes; já a necessidade da avaliação precisa da posição do canal mandibular, forame mentoniano e do contorno da superfície lingual da mandíbula são as indicações primárias do uso da TC durante o planejamento de implantes mandibulares. A TC determina também a variabilidade da densidade óssea baseando-se na HU nas áreas que receberão implantes, auxilia na seleção do tipo e o local do implante e preparação da técnica, o que pode ser útil para reduzir o intervalo entre a colocação do implante e carga sobre o mesmo.

Ylikontiola et al., em 2002, compararam a radiografia panorâmica, TC e tomografia convencional espiral, na habilidade de localizar o canal mandibular no sentido vestibulo-lingual em áreas onde seria feita osteotomia. Além disso, a relação entre a corticalização do canal mandibular na radiografia panorâmica e a localização do canal nas tomografias foram avaliadas. Foram selecionados 20 pacientes que seriam submetidos à osteotomia sagital bilateral, sendo realizados os

exames de TC utilizando o *software* Dental Scan para reconstrução das imagens nas regiões entre o primeiro e segundo molares e atrás do terceiro molar. Foram realizados também os exames de tomografia convencional espiral com o aparelho Scanora e radiografias panorâmicas. Os pontos de referência para mensuração tanto no Scanora quanto na TC foram localizados posteriores ao segundo molar e entre o primeiro e segundo molares, sendo essa mesma referência utilizada na visualização da corticalização do canal mandibular avaliado na radiografia panorâmica. O déficit neurosensorial subjetivo foi avaliado no pré-operatório, 4 dias, 3 semanas e 3 meses após a cirurgia sendo analisada a correlação entre sensação anormal e a distância do canal mandibular à cortical bucal ou lingual da mandíbula. Os resultados mostraram que é possível estimar a localização bucolingual do canal mandibular mais precisamente na TC que na tomografia convencional ou na radiografia panorâmica. A corticalização do canal mandibular avaliado na radiografia panorâmica não serve para predizer a proximidade do canal mandibular com as corticais da mandíbula. Concluíram que é recomendável a TC no pré-operatório, a qual é mais precisa para visualizar a localização bucolingual do canal mandibular.

Iplikçioğlu et al., em 2002, realizaram uma revisão da literatura descrevendo o papel da TC na Implantodontia. Embora várias técnicas radiográficas tenham sido usadas para determinar a viabilidade da inserção de implantes e avaliação dos tecidos duros circunjacentes aos implantes após o tratamento, o valor de algumas imagens radiográficas depende de fatores tais como quantidade de tecido duro, grau de definição, quantidade de distorção da imagem, superposição de estruturas anatômicas e a quantidade de radiação necessária para obtenção da imagem. Entre essas técnicas, os autores citam a radiografia panorâmica, periapical, TC e, menos frequente, a radiografia oclusal e cefalométrica. Quanto às técnicas convencionais, é descrito como principal desvantagem para o tratamento de implantes a questão de

serem bidimensionais. Nas últimas décadas, a TC tem sido um dos exames por imagem mais frequentemente utilizados para avaliação pré-operatória em tratamentos com implantes, sendo o propósito básico da TC a determinação da quantidade e da qualidade óssea, sendo essa determinada através de cálculos dos valores de densidade baseados no conteúdo mineral ósseo; avaliação do potencial do local para colocação do implante por meio de guias tomográficos; avaliação de patologias intraósseas e acompanhamento das regiões onde cirurgias extensas são realizadas.

Em 2003, Hatcher et al. realizaram um estudo com o objetivo de introduzir a imagem volumétrica (TCFC) para avaliação pré-cirúrgica da colocação do implante e também comparar essa técnica com outras técnicas de imagem disponíveis. A TCFC oferece maior quantidade de informações que os métodos de imagem convencionais e é a modalidade ideal para planejamento de implantes, pois as imagens são de alta qualidade de diagnóstico e com uma dose de radiação absorvida que é comparável a outros métodos de imagem aplicados na Odontologia e menor que a dose de um tomógrafo computadorizado. O largo campo de visão e imagens 3-D oferecidas pela TCFC proporcionam ao clínico avaliar adequadamente o local do implante, verificando a oclusão, articulações têmporo-mandibulares (ATMs), e outros fatores que podem estar associados com o sucesso total da reabilitação da oclusão do paciente baseada no tratamento com implantes. Os tomógrafos de feixe cônico são fáceis de usar e produzem imagens 3-D que podem ser reformatadas usando *software* para visualização convencional da anatomia.

Comandulli et al., em 2005, avaliaram a correlação entre a altura óssea medida em radiografias panorâmicas e tomografias computadorizadas para a avaliação pré-operatória de implantes osseointegrados. Foram avaliados 50 sítios de 25 pacientes que previamente realizaram TC e radiografia panorâmica para planejamento

de implantes osseointegrados nas regiões posteriores da mandíbula. Um observador previamente calibrado realizou medidas, tanto na panorâmica quanto na TC, na região do forame mentoniano a partir da borda superior do forame até a crista óssea alveolar. A comparação entre a TC e a radiografia panorâmica apresentou uma concordância moderada, sendo que a TC sistematicamente apresentou valores menores que as medições realizadas na radiografia panorâmica, sendo essa diferença estatisticamente significativa, sendo que a radiografia panorâmica superestimou as alturas ósseas. Os autores relataram que atenção especial deve ser dada no planejamento de implantes realizado somente com radiografias panorâmicas e sugeriram a utilização de uma margem de segurança de 2 mm na região de forame mentoniano, após a compensação da magnificação da imagem, quando for utilizada a radiografia panorâmica.

Guedes, em 2005, identificou o fator de magnificação de três tomógrafos convencionais e comparou essa magnificação com a fornecida pelos fabricantes assim como a confiabilidade de medidas lineares das imagens tomográficas corrigidas, quando comparadas às mensurações reais nos segmentos ósseos. Foram utilizadas dezesseis mandíbulas humanas maceradas edêntulas das quais selecionou-se as regiões correspondentes aos incisivos, caninos, pré-molares e molares bilateralmente. Essas mandíbulas foram submetidas ao exame tomográfico utilizando para esse fim os aparelhos convencionais Quint Sectograph, Orthopantomograph OP100, X Mind TOME, e computadorizados Somatom Esprit com reconstrução multiplanar e Toshiba X vision EX com *software* Dental Scan. As mandíbulas foram posicionadas nos tomógrafos conforme as especificações dos fabricantes e obtidas as imagens nas quais foram mensuradas a altura e espessura óssea de cada região, corrigindo-se as medidas com base na ampliação do guia tomográfico confeccionado previamente, e em seguida com o fator de magnificação dado pelo fabricante. As mandíbulas foram

seccionadas nas regiões selecionadas e realizadas as medidas da altura e espessura óssea, obtendo-se os valores reais por região. Foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o valor do fator de magnificação calculado e o valor fornecido pelos fabricantes para todas as regiões dos três tomógrafos convencionais. A altura e espessura óssea apresentaram diferenças estatisticamente significativas para as medidas do tomógrafo computadorizado Somatom Esprit quando comparadas com as dimensões reais. Somente o tomógrafo computadorizado Toshiba X vision EX não apresentou diferença quando realizadas as medições de altura óssea corrigida com o fator de magnificação fornecido pelo fabricante, e para espessura óssea observou-se diferenças para os tomógrafos Quint Sectograph e Somatom Esprit quando comparados com as dimensões reais. Concluiu-se que as diferenças de magnificação calculadas, comparadas com as fornecidas pelos fabricantes não possuíram significância clínica e que as mensurações da altura e espessura ósseas foram precisas com exceção das realizadas no tomógrafo computadorizado Somatom Sprit.

Scarfe et al. (2006) descreveram sobre as vantagens da TCFC e suas principais aplicações clínicas na prática odontológica. Quando comparada à TCMS, relatou-se que as vantagens da TCFC para a região maxilofacial são a limitação do feixe de raios X, acurácia da imagem, rápido tempo de escaneamento, dose de radiação diminuída, redução de artefatos nas imagens e aquisição específica para a região maxilofacial. Citam ainda que a TCFC tem grande valor no planejamento de implantes, avaliação cirúrgica de processos patológicos, avaliação da ATM e avaliação pré e pós-cirúrgica de fraturas crânio-faciais, além do seu uso para avaliação do crescimento e desenvolvimento durante o tratamento ortodôntico. Concluiu-se que com a rápida disponibilização dessa tecnologia, aumentará o acesso dos dentistas a avaliação radiográfica tridimensional na prática clínica, sendo que a imagem da TCFC fornece aos clínicos imagens com resolução espacial

submilimétricas, de alta qualidade para diagnóstico, com relativamente curtos tempos de varredura (10-70 s) e uma dose de radiação equivalente à necessária para quatro a quinze radiografias panorâmicas.

Ludlow et al., em 2006, realizaram um estudo comparativo da dose de radiação efetiva de três sistemas de TCFC, sendo eles o CB Mercuray, o NewTom 3G e o i-CAT. Para isso, dosímetros termoluminescentes (TLDs) foram colocados em 24 locais em toda a região de cabeça e pescoço de um *phantom* e, devido à dose relativamente baixa requerida para uma única avaliação em comparação com a latitude de exposição dos TLDs, múltiplas exposições foram realizadas para cada técnica radiográfica para fornecer mensurações confiáveis da radiação nos dosímetros. Usando os fatores de avaliação do CB Mercuray, as mensurações foram repetidas três meses após as medições iniciais para examinação da reprodutibilidade. As doses foram também calculadas como um múltiplo da dose de uma radiografia panorâmica. As doses calculadas em mSv foram de 45,59 no aparelho NewTom 3G, 135 para o i-CAT, 193 e 477,558 para o CB Mercuray. Essas doses são 4 a 42 vezes maior quando comparadas às doses da radiografia panorâmica (6,3 a 13,3 mSv). A redução nas doses foi vista na redução do tamanho do FOV e fatores técnicos como a miliamperagem e a quilovoltagem. Os autores concluíram que a dose varia substancialmente dependendo do aparelho, FOV e fatores técnicos selecionados e, embora a dose efetiva nos tomógrafos de feixe cônico seja bem maior que a dose do exame panorâmico, esses apresentaram dose igual ou bem menor que as doses dos tomógrafos de feixe em leque.

Em 2007, Soares et al. fizeram uma revisão da literatura sobre os diferentes sistemas de obtenção de imagens tomográficas, sendo eles a Tomografia Convencional, TC e TCFC. Foram apresentadas as indicações para a Odontologia, vantagens, desvantagens e funcionamento desses sistemas. Foi relatado que a TCFC pode ser

empregada nas mais variadas especialidades da Odontologia como na Implantodontia para verificar morfologia, quantidade e qualidade óssea; ortodontia, para realização de traçado cefalométrico em duas e três dimensões; periodontia para verificar fenestrações ósseas, altura da crista alveolar e lesão de furca; na Cirurgia e Traumatologia bucomaxilofacial para avaliação de fraturas, dente incluso, tumores; e na Endodontia, para avaliação de canais acessórios e fraturas radiculares, sendo que a TCFC apresenta mais vantagens do que os outros sistemas e é de relevante importância para o diagnóstico, localização e reconstrução de imagens tomográficas com excelente precisão, auxiliando os profissionais da área da saúde no planejamento e tratamento dos pacientes.

Suomalainen et al., em 2008, avaliaram a precisão das medidas lineares mensuradas na região posterior da mandíbula obtidas com TCFC e TCMS. Foi utilizada uma mandíbula para simular o planejamento pré-operatório da colocação de implantes, sendo analisadas duas áreas desdentadas e uma área dentada usando TCFC e TCMS, primeiro com a mandíbula seca e depois imersa em solução de sacarose para simular tecido mole. As distâncias lineares na região do primeiro e segundo molares do lado direito (área edêntula) e na região do segundo pré-molar esquerdo (área dentada) foram medidas em milímetros por dois radiologistas, duas vezes com intervalo de duas semanas. A mandíbula foi cortada com 4 mm de espessura nos três locais marcados e esses cortes foram microradiografados e utilizados como padrão-ouro para as medições de cada seção. As correlações intraclasse entre as leituras intra e interobservadores obtidos com os diferentes métodos mostrou resultados quase perfeito. O erro de medição mostrou diferenças significativas entre os métodos estudados sendo que a média foi de 4,7% e 8,8% com a mandíbula seca e de 2,3% e 6,6% para a mandíbula imersa em solução de sacarose, respectivamente, para TCFC e TCMS. Quanto às TCMS realizadas com baixa dose de radiação a média foi de 5,4%, sendo que a redução da dose de radiação da TCMS para menos de um

quarto de seu valor original não afetou significativamente o erro de medição. Foi concluído que a TCFC é uma ferramenta confiável para medições em planejamento de implante quando comparadas com a TCMS e, nesse estudo, a considerável redução da dose de radiação na TCMS não prejudicou a confiabilidade das medidas.

A altura e a densidade tomográfica em locais que foram colocados implantes palatais foram avaliados quantitativamente por Lai et al. (2010) e forneceram locais de referência seguro, estável e confiável para tal procedimento. Foi realizada TCFC em 34 pacientes ortodônticos. A altura do palato foi medida em 20 sítios de interesse no lado esquerdo no palato duro a 0, 3,0, 6,0, 9,0 e 12,0 mm a partir da linha médiana do palato, já a densidade mineral óssea foi medida nos 10 locais com a maior taxa de implantação utilizando o *software* de Implante EZ em uma região de osso com 1 mm de espessura em torno do implante. Foram observadas diferenças significativas na altura óssea e densidade mineral óssea nas diferentes áreas selecionadas. A correlação entre a densidade mineral óssea e a altura óssea foi negativa, sendo que a posição ideal para a implantação depende da profundidade, morfologia e nível de calcificação do palato duro. Altura óssea vertical insuficiente e a baixa densidade mineral óssea são razões comuns para insucesso nos implantes palatais. Concluíram que a TCFC desempenha um papel importante no planejamento pré-cirúrgico e é útil para analisar quantitativamente a densidade mineral óssea e a altura óssea do osso palatino, a fim de avaliar e selecionar locais adequados para implantes palatinos.

Também em 2010, Molen realizou uma revisão da literatura na qual relata que embora a TCFC tenha se tornado uma modalidade popular na avaliação de diagnóstico e tratamento ortodôntico, ela pode ser mal utilizada e incompreendida. Sua precisão linear tem justificado o uso de exames de TCFC para avaliar sítios de implante, a espessura do palato e cefalometria, porém esses estudos têm sido

limitados a medições maiores abrangendo vários centímetros. Recentemente, tem havido interesse no uso da TCFC para avaliar estruturas maxilofaciais menores, em particular, a espessura óssea vestibulo-palatal antes, durante e após o tratamento ortodôntico. Uma consideração que foi feita é no que diz respeito à orientação e localização dos planos de imagem usados para visualizar a região de interesse na TCFC, uma vez que a maioria dos dentes apinhados têm alguma rotação e a porção mais fina de osso pode não corresponder à superfície vestibular da raiz. Um dente rotacionado terá naturalmente maior espessura de osso ao longo da superfície vestibular de sua raiz e quando o dente for desrotacionado, a superfície vestibular da raiz mudará para a região de menor espessura óssea, podendo esse fenômeno ser confundido com perda óssea; por essa razão, as medidas do osso bucal devem ser realizadas em vários locais ao redor do dente. Quando os dentes estão sendo movimentados ortodonticamente, o osso alveolar na direção da força aplicada sofre constante *turnover*, sendo que essa remodelação óssea proporciona uma diminuição da densidade do osso ativo, a qual é importante, uma vez que os *scanners* da TCFC identificam a presença de um objeto por sua densidade. Essas considerações devem ser utilizadas na avaliação ou planejamento de qualquer estudo que procura quantificar as mudanças do osso alveolar secundariamente à movimentação dentária ortodôntica.

2.2 Avaliação da Densidade Óssea

Em 1985, Lekholm e Zarb classificaram o leito ósseo de acordo com a qualidade e quantidade do mesmo, sendo que esses fatores determinavam o planejamento da prótese a ser instalada, assim como sucesso e longevidade dos implantes que a sustentava. Quanto à

quantidade óssea, essa foi classificada de “A”, ou seja, mínima reabsorção do rebordo alveolar ósseo, até “E” a qual representa a reabsorção acentuada do rebordo basal ósseo. Quanto à qualidade, o osso foi classificado em Tipo I: osso formado de tecido compacto e homogêneo com pouca irrigação sanguínea, Tipo II: osso formado de duas camadas corticais espessas, envolvendo uma camada trabecular densa, Tipo III: osso formado de fina camada cortical, envolvendo uma porção central trabecular denso e Tipo IV: osso formado por fina camada de cortical, envolvendo um trabeculado de baixa densidade e de resistência reduzida.

Para estudar a reabsorção *in vivo*, medidas da DMO da mandíbula de pacientes com ou sem dentes são necessárias, sendo assim Corten et al., 1993, realizaram o exame de DEXA em áreas selecionadas da mandíbula de pacientes e de mandíbulas maceradas, utilizando o *software* padrão de coluna lombar. A mandíbula foi posicionada de tal forma que o feixe de raios X incidisse perpendicular ao seu plano sagital. A reprodutibilidade, expressa como coeficiente de variação, das medições realizadas em mandíbulas maceradas foi de 0,5%, já para as medições *in vivo* esse coeficiente foi de 3%. Com o método utilizado para avaliar a DMO mandibular, seria possível definir uma média da DMO na população normal e em pacientes e comparar a densidade óssea da mandíbula com aquela obtida nas demais partes do corpo. Entretanto, embora o DEXA utilizado para outras partes do corpo, possa ser utilizado para avaliação da DMO da mandíbula, esse necessita de um *scanner* especialmente construído para a mandíbula, assim como a posição encontrada para os pacientes foi desconfortável e difícil de manter durante o escaneamento, resultando em relativamente baixa precisão.

A radiografia dentária pode ter um papel importante na detecção de indivíduos com osteoporose. Assim, Horner et al. (1996) avaliaram a relação entre DMO mandibular e de outros locais do

esqueleto comumente usados para densitometria óssea na detecção da osteoporose, avaliando a validade da DMO mandibular como uma predição da DMO em outros locais. Foram selecionadas quarenta pacientes edêntulas submetidas ao DEXA da coluna lombar, cabeça femoral direita, do antebraço e da mandíbula. Correlação significativa foi observada entre a densidade mineral óssea do corpo, ramo e sínfise mandibular e todos os outros locais do esqueleto. Os altos coeficientes de correlação e a alta sensibilidade e especificidade para o corpo da mandíbula sugerem que esse local pode ser, potencialmente, utilizado para aplicação clínica das radiografias dentárias na detecção da osteoporose.

Becker et al. (1997) realizaram um estudo longitudinal multidisciplinar, utilizando implantes do sistema Branemark, que foram colocados em uma única etapa, em regiões parcialmente ou totalmente edêntulas da maxila e mandíbula com variadas densidades. Os resultados foram baseados na qualidade e quantidade óssea (segundo o sistema de classificação Lekholm e Zarb's – 1985), localização dos implantes e alterações clínicas e radiográficas da altura óssea em uma avaliação realizada, em média, 12 meses após a colocação de carga sobre o implante. Um total de 135 implantes foi colocado em 63 pacientes, sendo 67 implantados em osso classificado qualitativamente como tipo III e 58 em osso tipo II; 88 implantes foram colocados em osso classificado quantitativamente como tipo B (mínima reabsorção óssea) e nenhum implante foi afixado em osso tipo E (severa reabsorção óssea), sendo que todos os implantes foram inseridos em locais com boa qualidade e quantidade óssea. Ocorreu a perda de seis implantes, resultando em uma taxa de sucesso de 96,5% no período de acompanhamento de um ano. Concluíram que implantes do sistema Branemark colocados em uma única etapa proporciona excelentes resultados clínicos, quando inseridos em pacientes com boa qualidade e quantidade óssea.

Em 1999, Marcantonio et al. avaliaram a densidade óssea na região posterior da maxila através de estudo de tomografia computadorizada quantitativa (TCQ) realizada para fins de colocação de implantes. A amostra foi constituída de 61 indivíduos total ou parcialmente desdentados na região posterior da maxila. As mensurações do número CT do osso trabecular foram feitas em imagens reformatadas em quatro diferentes áreas de 1mm^2 de espessura ao longo do rebordo alveolar residual, no sentido buco-lingual. Esses números CT foram correlacionados à unidade dos valores de densidade (mg / cm) usando a regressão linear em uma função obtida pela mensuração do número CT para diferentes concentrações de solução de K_2HPO_4 (fosfato dipotássico). Os resultados não mostraram diferença significativa para a densidade óssea média entre pacientes do sexo masculino e feminino. O adequado uso dos dados fornecidos pela TC pode levar a um melhor entendimento da densidade mineral óssea em ossos maxilares e sua correlação com o índice de sucesso de implantes osseointegrados. A presente investigação mostrou que a densidade óssea trabecular na maxila em uma população edêntula é normalmente distribuída, sendo concluído que sexo e idade não influenciaram na densidade e para o sexo feminino na pré-menopausa a densidade mineral óssea foi positivamente correlacionada à idade, embora essa relação de causa efeito tenha sido pouco expressiva.

Caúla et al., em 2000, descreveram sobre os diferentes tipos de densidade óssea e sua influência na Implantodontia, relatando as características macroscópicas de cada tipo de osso, ou seja, D1, D2, D3 e D4. Dependendo da localização e do tempo pelo qual uma área permaneceu edêntula, sua densidade será variável, porém existem áreas nas quais os tipos ósseos são mais comumente encontrados, sendo D1 na região anterior de mandíbula reabsorvida. Uma combinação de osso compacto denso para poroso na porção externa e osso trabecular grosso na porção interna são características de osso com densidade D2, sendo

mais comumente encontrado na mandíbula na região posterior e menos frequentemente na região anterior, além de em algumas vezes a porção anterior da maxila também apresentar esse tipo de densidade. O osso D3 é composto de uma cortical óssea fina na crista e osso trabecular fino no interior, sendo muito comum na maxila tanto na região anterior quanto posterior e também na região posterior da mandíbula, sendo encontrada em menor quantidade na região anterior de mandíbulas edêntulas. Já o osso D4 é um osso trabecular fino, cuja cortical óssea é mínima ou ausente. Nesse osso, encontra-se a maior dificuldade em se conseguir uma fixação rígida do implante pelo fato do osso ser muito poroso e é encontrado em região de maxila posterior. Concluiu-se que a densidade influencia a técnica cirúrgica, o tempo de cicatrização, a interface inicial osso/implante e a colocação progressiva de carga durante a reconstrução protética, sendo que o conhecimento prévio sobre a densidade óssea torna-se um fator indispensável para um correto planejamento e execução de implantes dentários e é um importante fator responsável pela sobrevida dos implantes.

von Wowern (2001) realizou uma revisão da literatura que inclui um breve resumo do conhecimento clínico sobre a fisiologia, sexo e idade relacionados com a perda de massa óssea levando à osteoporose sistêmica. Foram revisados estudos odontológicos clínicos sobre a osteoporose dos maxilares, disponíveis nos 15 anos anteriores à pesquisa, a fim de verificar os métodos para avaliar as alterações do osso maxilar *in vivo* e sua capacidade de revelar o sexo e a idade relacionados à perda óssea nos maxilares; a relação entre osteoporose e a redução do rebordo residual após o uso de prótese total com ou sem apoio de implantes; a relação entre osteoporose e perda do osso alveolar em periodontite e, por fim as alterações ósseas nos maxilares em relação ao tratamento sistêmico envolvendo o metabolismo ósseo. Foi relatado que o diagnóstico da osteoporose dos maxilares requer uma avaliação do conteúdo mineral ósseo (CMO)/DMO usando *scanners* especialmente

construídos para os ossos maxilares e desenvolvido a partir de um grupo de indivíduos adultos jovens com valores normais de CMO/DMO tanto nos maxilares quanto em outros locais do esqueleto e devendo estar relacionado com o sexo e idade. A correlação entre CMO/DMO em diferentes locais do corpo e os maxilares é bastante imprecisa para prognosticar essas alterações nos maxilares. Foi concluído que para avaliação de alterações do CMO/DMO e osteoporose nos maxilares relacionados ao sexo e idade requer equipamentos como o de absorciometria por dois fótons de radioisótopo, DEXA e a TCQ e que o único local da mandíbula que preenche os critérios como um local de referência é a área basal da mandíbula, posterior à região de pré-molar.

Também em 2001, von Wowern et al. avaliaram se o CMO ou a DMO na mandíbula e em outros locais do esqueleto e o metabolismo ósseo sistêmico diferem dos valores normais e também se o CMO mandibular e do antebraço alterou durante o tempo de 5 a 10 anos de acompanhamento em pacientes adultos jovens com periodontite grave. Para isso foram selecionados 24 pacientes jovens com periodontite severa, de ambos os sexos, dos quais 20 compareceram às consultas de retorno. O CMO mandibular foi estimado em um lugar padronizado, sendo esse na parte basal da região de molares esquerdos e tanto o CMO mandibular quanto do antebraço foi medido em ambas as consultas por um aparelho de DEXA, especialmente construído para escaneamento da mandíbula. Essa avaliação foi suplementada com a mensuração da DMO, pelo DEXA, da cabeça do fêmur esquerdo e da coluna lombar na consulta de retorno, sendo realizado também um exame periodontal convencional em todas as consultas, além de um exame periapical completo na consulta de início e de fim da pesquisa para determinação da perda óssea alveolar. O CMO mandibular foi significativamente menor do que a média normal do CMO em ambas as consultas, enquanto que nos outros locais o CMO e DMO não diferiram do normal. Foi observado que 33,3% dos pacientes apresentaram osteopenia mandibular, sugerindo que somente

algumas vezes a periodontite severa pode estar associada com osteopenia mandibular. O CMO mandibular e do antebraço permaneceu estável durante o período de acompanhamento, enquanto um agravamento significativo da perda óssea alveolar ocorreu durante o estudo, sem alterações na profundidade de sondagem. Foi concluído que a periodontite severa em adultos jovens parece ser uma desordem local associada ao CMO relativamente baixo na mandíbula sem alterações sistêmicas do CMO /DMO e do metabolismo ósseo.

Norton e Gamble (2001) relataram que o desempenho do implante está intimamente relacionado à transmissão de carga na interface osso-implante, onde a qualidade óssea será altamente variável. Nesse estudo, foi estabelecida uma avaliação quantitativa em HU para quatro regiões cirúrgicas: mandíbula anterior, mandíbula posterior, maxila anterior, maxila posterior e também relacionaram esses resultados com as quatro qualidades ósseas estabelecidas por Lekholm e Zarb em 1985. Um total de 32 pacientes parcial ou totalmente edêntulos foram submetidos a exame de TC para avaliação de tratamento de implantes em 139 locais. Inicialmente, todas as tomografias foram utilizadas para fornecer a classificação da área edêntula localizada em uma das quatro regiões de acordo com a classificação de Lekholm e Zarb em 1985, subsequentemente todas as áreas classificadas em cada uma das quatro qualidades ósseas subjetivas, foram agrupadas de forma que os valores de HU pudessem ser atribuídos a cada qualidade óssea e o valor médio foi calculado para que uma nova escala quantitativa objetiva da densidade óssea fosse estabelecida. Quando considerados os dados de acordo com a avaliação subjetiva da qualidade óssea, ocorreu uma ampla extensão de valores de HU dentro de cada qualidade, entretanto considerando o total de dados para cada qualidade subjetiva houve uma forte correlação entre os valores Hounsfield e aqueles classificados como qualidades de 1 a 4. Os resultados também sugeriram uma forte relação entre as diferentes regiões da boca e as diferentes densidades ósseas.

Em 2002, Brunader e Shelton descreveram sobre os métodos radiográficos de avaliação óssea para estudo da osteoporose. Relataram que a principal manifestação clínica da osteoporose é fraturas por fragilidade da coluna, quadril e distal do rádio, e que a baixa massa óssea é o fator de risco mais importante para fratura por fragilidade, sendo que a densitometria óssea é simples e melhor para prever o risco de fratura osteoporótica e é usada para acompanhar intervenções terapêuticas. Em 1994, a Organização Mundial de Saúde (OMS) definiu a osteoporose com base na mensuração da densidade mineral óssea, que apresenta um desvio padrão de 2,5 abaixo do pico de pessoas jovens normais. Três modalidades de imagem são comumente utilizadas para avaliar a resistência dos ossos, ou seja, o DEXA, que é a técnica mais amplamente utilizada para mensuração da densidade mineral óssea, TCQ e ultra-sonografia do calcâneo. As duas primeiras modalidades aferem a densidade mineral óssea em região da coluna lombar e em locais periféricos, já a ultra-sonografia do calcâneo mensura a arquitetura óssea e a densidade. Ao contrário do que dizem outros estudos, a ultra-sonografia atualmente não pode ser usada para monitorar alterações esqueléticas ao longo do tempo ou para avaliação da resposta à terapia.

Homolka et al., em 2002, utilizaram a TCQ para correlacionar a DMO da mandíbula, avaliada no pré-operatório, e a intensidade de força de torque durante a inserção de implantes em cinco mandíbulas maceradas e de cinco pacientes que foram submetidos a cirurgia para colocação de implantes. Uma relação positiva foi encontrada entre a DMO mensurada pela TCQ e a força de torque durante a inserção de implantes. Concluíram que a determinação da DMO através da TCQ pode ser utilizada para a estimativa da estabilidade primária desses implantes, sendo que a TCQ, que emprega uma interpretação quantitativa dos valores derivados de HU através de um minucioso procedimento de calibragem, é o método de escolha para a determinação da DMO.

Motta (2002) avaliou a sobrevida de três sistemas de implantes em diferentes densidades ósseas. Foram avaliados 707 implantes de titânio das empresas Emfils, Restore e Neodente, inseridos em 194 pacientes nas regiões intermentoniana, maxilar posterior, pré-maxila e mandibular posterior com densidades ósseas variáveis entre D1a D4, conforme preconizado por Misch (1990). Esses implantes serviram como suporte para prótese unitária, parcial fixa, total fixa e móvel. Todos os pacientes foram submetidos ao exame radiográfico panorâmico e alguns, quando possível, também a TC. Foi obtido um índice total de sucesso de 94,5% dos implantes, sendo observado que as perdas ocorridas na densidade D4, D3, D2 e D1 foram respectivamente 10,4%, 2,6%, 7,1% e 4,2%. Quanto à região anatômica, as perdas apresentaram um índice de perda de 1% na região posterior da mandíbula, de 6,3% na Intermentoniana, 7,5% na Pré-Maxila e 7,2% na Maxila. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que reconhecimento das densidades ósseas, o sexo, áreas anatômicas de inserção dos implantes, assim como as marcas dos implantes apresentaram diferenças estatísticas significativas, podendo influenciar no sucesso dos implantes.

Patullo et al. (2002) compararam, por meio da densitometria óssea por DEXA, a alteração da DMO provocada pela osteoporose em três regiões distintas do esqueleto: mandíbula, fêmur e coluna lombar, através de modelo experimental induzido por ovariectomia (OVX) em ratas. Foram comparados dois grupos de 12 animais cada, onde o grupo I foi submetido à OVX e grupo II foi submetido a cirurgia simulada (SHAM). Todos os animais foram sacrificados após 9 meses da cirurgia e removida as regiões de interesse. Foram efetuadas medidas de DMO total e regional das peças, sendo que na mandíbula foram avaliadas as regiões correspondentes à cabeça da mandíbula, corpo mandibular e região incisal. Os valores médios da DMO global do fêmur e coluna lombar diminuíram significativamente no grupo OVX, quando comparado com o grupo SHAM, porém essa diminuição não foi observada na

mandíbula, sendo que para essa o grupo OVX apresentou valores que demonstraram resistência à perda óssea, e essa resistência foi considerada como uma remodelação oportuna da mandíbula, estimulada pelo aumento da função mastigatória para proteger sua estrutura frente à supressão do estrogênio.

Em 2003, Kuroda et al. avaliaram a DMO da mandíbula de ratas por meio da análise do DEXA e tomografia computadorizada periférica quantitativa (pQCT). Foram selecionadas 12 ratas com 13 semanas de idade, das quais a metade foi submetida à OVX bilateralmente e a outra metade *sham*-operadas. Após 109 dias, os animais foram sacrificados e a DMO dos fêmures e mandíbulas foi medida. A DMO total da mandíbula, da borda incisal e da região condilar foram avaliadas pelo DEXA e a região de mesial a distal de molares foi analisada pela pQCT, avaliando-se a DMO da região cortical e trabecular. Embora a DMO total da mandíbula e nas regiões de incisivos das ratas OVX fora semelhante ao das ratas *sham*-operadas na análise de DEXA, a DMO da região condilar em ratas OVX havia diminuído 14%. Na análise pQCT, a diminuição da DMO do osso trabecular da mandíbula foi de 13%, enquanto nenhuma diferença foi observada na densidade mineral óssea cortical. Em ratas OVX, a DMO total do fêmur diminuiu 13,7% pela análise de DEXA e, pela análise da pQCT, a DMO do osso trabecular diminuiu 30%, entretanto a OVX não afetou a DMO do osso cortical do fêmur. Embora o mecanismo de baixa suscetibilidade da mandíbula a condições deficientes de estrógeno permanecer desconhecida, é provável que o estresse mecânico derivado da oclusão funcional previna a perda óssea nessa condição patológica. Além disso, esse estudo demonstrou a vantagem da pQCT na análise do osso mandibular de ratas devido a fato de ser pequena e ao fato de a alteração regional da DMO em mandíbulas de ratas foi detectada na pQCT e não na análise de DEXA.

Miyauchi, em 2004, comparou a densidade óssea alveolar em mulheres com periodontite crônica na pré e pós-menopausa. Foram

selecionadas 40 mulheres, sendo 20 na pré-menopausa e 20 na pós-menopausa, das quais obteve-se quatro radiografias periapicais concomitantemente a uma escala de alumínio. As pacientes foram submetidas a exame periodontal padronizado e para comparar a densidade óptica do septo interdental entre os primeiros e segundos pré-molares; segundos pré-molares e primeiros molares; primeiros e segundos molares inferiores bilateralmente, sendo utilizado um programa de medição de densidade óssea com equivalência em alumínio Aleq-Al®. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre a densidade óssea mandibular em mulheres com periodontite na pré-menopausa e na pós-menopausa, entre 35 e 60 anos, podendo sugerir que a idade não tem relação direta com o grau de densidade óssea alveolar.

Aranyarachkul et al. (2005) avaliaram a densidade óssea em 63 locais potenciais para colocação de implante em nove maxilares de cadáveres. A densidade óssea, em HU, foi avaliada por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico quantitativa (QTCFC) utilizando o aparelho Newton 9000 e QCT nas áreas pré-determinadas para os implantes e também foi realizada a avaliação subjetiva da densidade óssea por meio da classificação de Lekholm e Zarb (1985). Os valores encontrados de densidade óssea da QCT e QTCFC eram próximos, embora na QTCFC esses valores foram geralmente mais elevados do que as medições correspondentes na QCT. As comparações dos valores de HU da QTCFC com a classificação de Lekholm e Zarb (1985) mostrou uma relação entre os dois métodos, no entanto, para cada uma das quatro classes da classificação subjetiva, foi observada uma ampla gama de valores HU correspondentes na QTCFC. Foi concluído que avaliação objetiva da densidade óssea radiográfica deve constituir um complemento valioso para avaliações subjetivas da densidade óssea antes da colocação do implante e que a TCFC pode ser considerada uma ferramenta alternativa de diagnóstico para essa avaliação.

A avaliação não-invasiva da qualidade óssea recentemente recebeu atenção considerável, porém a densidade óssea por si só não tem sido capaz de prever fraturas osteoporóticas existentes ou futuras, ou esclarecer os efeitos terapêuticos resultante de tratamentos. Sendo assim, Kazakia e Majumdar (2006) realizaram uma revisão da literatura sobre as modalidades de imagem tradicionais para avaliação da DMO, ou seja, o DEXA, a ultra-sonografia quantitativa (QUS) e a QCT; e sobre os métodos de imagem capazes de avaliar a microarquitetura, sendo eles a QTC, pTCQ, micro tomografia computadorizada, ressonância magnética, radiografias bidimensionais. É relatado que o DEXA, embora seja considerado o padrão ouro para mensuração da DMO, apresenta limitações como a técnica ser bidimensional, não distinguir entre o osso cortical e trabecular e também pode ser impreciso devido à inconstante densidade dos tecidos moles. A resolução espacial tridimensional é relatada como uma vantagem da QCT sobre o DEXA e QUS, além da QCT permitir a avaliação do osso trabecular e cortical isoladamente, sendo o método mais sensível para detectar perda óssea vertebral.

Em 2006, Lagravère et al. determinaram um coeficiente de conversão para HU da densidade do material ($\text{g} / \text{cm}^{-3}$) obtido a partir de TCFC. Foram utilizados seis modelos cilíndricos, de materiais com diferentes densidades, escaneados em um aparelho NewTom 9000. Os dados foram convertidos para o formato DICOM e analisados utilizando os *softwares* e-Film e Amira para determinar o valor de HU de diferentes áreas dos modelos. Não houve diferença significativa entre os valores de HU entre os *softwares*. Foi realizada uma regressão linear utilizando a densidade ($\text{g} / \text{cm}^{-3}$) como a variável dependente, em termos de HU. Concluiu-se que a TCFC fornece uma opção eficaz para a determinação da densidade do material expresso como unidades Hounsfield.

Em 2006, Santiago e Vitral descreveram sobre os diferentes métodos de avaliação da DMO e avaliaram a relevância em se

determinar a densidade óssea no planejamento e sucesso de tratamentos odontológicos específicos como os implantes dentários nas cirurgias de distração osteogênica. Diferentes métodos têm sido empregados no estudo do padrão do tecido ósseo na cavidade oral, sendo determinado na maioria das vezes através da mandíbula. Na Odontologia, medidas densitométricas através de radiografias periapicais e panorâmicas tem sido utilizadas, bem como métodos mais avançados tal qual o DEXA, a TC e TCQ. A TC tem demonstrado ser o método de eleição para a determinação da densidade óssea na região dos maxilares, pois fornecem dados objetivos precisos da variação da densidade óssea entre diferentes regiões em um mesmo indivíduo, permitindo, dessa forma, correlacionar positivamente os valores encontrados com a qualidade óssea descrita subjetivamente. Além disso, a TC é o único método que permite avaliar osso cortical e medular separadamente.

Yoo e Yin, em 2006, verificaram a viabilidade dosimétrica do planejamento de tratamentos de terapia de radiação de intensidade modulada (IMRT) baseada na TCFC, sendo que a radioterapia adaptativa permite delinear a dose de radiação em imagens bi ou tridimensionais, delimitando de forma bastante precisa e não necessariamente uniforme a região a ser irradiada. Os valores de HU foram avaliados em *phantoms* compostos de materiais homogêneos e não homogêneos e em regiões de diferentes tecidos de pacientes em imagens de TCFC, os quais foram comparados com aqueles de TC. A consequência dosimétrica da variação de HU foi investigada comparando planos de tratamento baseados em TCFC com planos baseados na TC em ambos *phantom* e pacientes. A diferença máxima de HU entre TCFC e TC do *phantom* foi de 34 HU no teflon, já para os outros materiais as diferenças foram inferiores a 10 HU. A dissipação e os artefatos em TCFC pioraram ao redor de tecidos não homogêneos com valores de HU reduzidos até 200 HU. Houve uma boa concordância nas distribuições de isodose entre os planos baseados na TCFC e TC. Nos estudos dos pacientes, as discrepâncias da linha de

isodose entre os planos baseados na TC e na TCFC para ambos, 3D e IMRT, foram menos de 2 mm. Foi demonstrado que planos de tratamento baseados na TCFC foram dosimetricamente comparáveis aos planos de tratamento baseados na TC; entretanto, devido à dissipação e artefatos, os valores de HU na CBTC não são válidos e os métodos de correlacionar a DMO com valores de HU na CBTC não é o ideal.

Lee et al. (2007) compararam a qualidade óssea avaliada subjetivamente durante a osteotomia, por meio da resistência de torque de inserção do implante, com o método radiográfico não-invasivo de avaliação subjetiva e objetiva da densidade óssea. Para isso, 42 locais identificados como áreas receptoras de implante foram selecionados em maxilares de nove cadáveres humanos e os implantes foram inseridos nesses locais. O operador subjetivamente avaliou a densidade óssea durante o procedimento de osteotomia. A resistência ao torque de inserção foi registrada durante a inserção dos implantes para cada quarto de volta. A correlação entre a avaliação subjetiva de resistência à perfuração correlacionada com a análise radiográfica subjetiva da densidade óssea segundo a classificação de Lekholm e Zarb (1985) foi limitada, já a comparação entre a análise subjetiva de resistência à perfuração e a avaliação objetiva dos valores CT obtidos com a CT e a TCFC demonstraram correlações ligeiramente superiores. Foi concluído que avaliações ósseas objetivas obtidas a partir de CT ou TCFC em combinação com valores de resistência ao torque durante a inserção do implante podem fornecer informações importantes sobre a estabilidade inicial do implante.

Loubele et al., em 2007, verificaram a validade da avaliação da largura e delimitação do contorno ósseo maxilar por meio de TCFC e TCMS em mandíbulas secas. Comparou-se também a qualidade subjetiva de imagens de TCFC com as obtidas pela TCMS de um cadáver. O estudo incluiu 25 mandíbulas humanas secas parcialmente ou totalmente edêntulas para o estudo dimensional e uma maxila para a

avaliação da qualidade de imagem. As medições das mandíbulas foram realizadas por meio de um paquímetro digital e foi considerado como padrão-ouro. Exame tomográfico com TCFC e TCMS foi obtido das regiões de caninos e pré-molares. A qualidade subjetiva da imagem foi avaliada na maxila, incluindo tecidos moles, por comparação da TCFC e TCMS. As medidas realizadas diretamente nas mandíbulas foram em média 0,23 mm e 0,34 mm maiores do que a TCFC e TCMS, respectivamente. A qualidade subjetiva da imagem da TCFC foi significativamente melhor do que a TCMS no que referia à visualização e delimitação da lâmina dura e espaço do ligamento periodontal. A qualidade subjetiva da imagem da TCMS foi significativamente melhor que a TCFC para avaliação da gengiva e cortical óssea. Para a polpa, dentina e osso trabecular, não foi encontrada diferença significativa entre os tomógrafos. Esses resultados indicam que, em mandíbulas secas, medidas de largura maxilares por meio de TCFC e TCMS são confiáveis, mesmo que em média, eles ligeiramente subestimaram a largura do osso. Para a avaliação subjetiva da qualidade da imagem, a TCFC ofereceu melhor visualização dos detalhes de pequenas estruturas ósseas.

Em 2007, Tortorelli Júnior avaliou a correlação entre o T-score da coluna vertebral (L2-L4) e do colo do fêmur, obtido por meio da densitometria óssea por meio do DEXA e os valores médios da densidade óptica (DO) obtidas de imagem de TC em um corte coronal da mandíbula passando pelo forame mental, abaixo do canal mandibular bilateralmente e incluindo a cortical vestibular, lingual e basal da mandíbula, sendo essa região considerada a região de interesse (ROI). A DO da ROI foi obtida pelo coeficiente de atenuação de fótons da escala Hounsfield utilizando a média entre o lado direito e o lado esquerdo de cada paciente. Foram selecionadas 25 mulheres, edêntulas totais ou parciais, com mais de 5 anos de pós-menopausa, portadoras ou não de osteoporose, realizando ou não tratamento da osteoporose e candidatas a implantes dentários. Comparando a DO na ROI da TC da mandíbula com

T-score da coluna vertebral L2-L4 e do colo do fêmur, observou-se que quanto maior T-score, maior é o valor médio da DO na ROI da TC. Aplicou-se o índice de correlação linear de Pearson e obteve-se o valor de 0,706 quando comparado com a coluna vertebral L2-L4, e, 0,627 quando comparado com o fêmur, considerados como correlação moderada. Foi concluído que existe correlação, estatisticamente significativa, entre o T-score do colo do fêmur e da coluna vertebral L2-L4, analisados separadamente, e a média da densidade óptica da região de interesse da TC da mandíbula, demonstrando que o paciente que apresenta baixa DMO da coluna e do fêmur, também apresenta baixa densidade óptica na TC da mandíbula.

Lagravère et al. (2008) determinaram se a densidade ($\text{g} / \text{cm}^{-3}$) de um objeto é afetada pela sua localização na câmara de imagem de um TCFC e desenvolveram um coeficiente de conversão linear para as HU para densidade dos materiais ($\text{g} / \text{cm}^{-3}$). Para isso, três blocos cilíndricos constituídos de abeto canadense, nylon e acetato, com densidades conhecidas e diferentes, foram construídos e escaneados em cinco locais diferentes em um aparelho NewTom3G, ou seja, no centro, a esquerda, a direita, superior e inferior, sendo as últimas quatro medidas realizadas a 3cm do centro do *gantry*. Os dados foram convertidos para o formato DICOM e a média do valor HU para cada modelo em cada local foi obtido usando os *software* e-film e Amira. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as densidades dos materiais analisados pelos diferentes *softwares* na determinação dos valores de HU. Os dados indicaram também que a localização de um objeto dentro do *scanner* do TCFC não teve significância estatística sobre a densidade calculada, sendo que a relação linear entre a densidade do objeto e o valor de HU não foi afetada pela localização do objeto dentro do próprio *scanner*. Concluíram que o conhecimento da localização de um objeto dentro de um *scanner* de TCFC tem um efeito mínimo sobre a densidade indicando que a determinação da densidade pode ser feita

independentemente de onde o paciente é colocado no *scanner* e também que a relação linear pode ser usada para determinar a densidade de materiais (na faixa de densidade do osso) a partir de valores de HU de um escaneamento realizado com a TCFC.

Em 2008, Mahl et al. compararam índices obtidos de radiografias panorâmicas odontológicas com a densitometria óssea na identificação de indivíduos com osteopenia/osteoporose. Foram selecionadas 49 mulheres na pós-menopausa, as quais foram submetidas a exame radiográfico panorâmico e que possuíam exame de densitometria óssea realizado em um período não superior a três meses. As radiografias foram mensuradas e os índices panorâmico mandibular, mentoniano, antegoníaco, goníaco e cortical mandibular foram obtidos e comparados aos resultados da densitometria óssea, por um observador duas vezes e por outro observador uma vez. Com base nos resultados da densitometria óssea, a amostra foi classificada como 19 sendo normais e 30 apresentando perda óssea; dessas, 24 apresentavam osteopenia e 6 osteoporose. Não foram observadas diferenças significativas entre as medições realizadas pelo mesmo observador na radiografia panorâmica, exceto para o índice antegoníaco no lado esquerdo. Houve boa concordância entre os diagnósticos utilizando o lado esquerdo e o lado direito e entre os diagnósticos dos dois observadores, sendo a maior concordância encontrada para o índice goníaco e a menor para o índice mentoniano. A análise de variância demonstrou diferenças significativas entre os grupos normal (cortical mandibular lisa e afilada), osteopenia (cortical mandibular apresentando defeitos semilunares) e osteoporose (cortical mandibular apresenta-se porosa e com espessura reduzida) para todos os índices. Para os índices panorâmico mandibular e mentoniano, todas as médias diferiram entre si, já para os índices antegoníaco e goníaco, verificou-se que o grupo normal apresentou média superior aos outros grupos, as quais não diferiram entre si. Concluiu-se que os índices avaliados foram reprodutíveis; os índices panorâmico mandibular e

mentoniano foram os que apresentaram maiores valores de sensibilidade para detectar perda de massa óssea, porém a especificidade do índice panorâmico mandibular foi baixa; todos os índices avaliados foram capazes de identificar baixa massa óssea, contudo, apenas os índices panorâmico mandibular e mentoniano permitiram diferenciar pacientes com osteopenia ou osteoporose.

Misch (2008a) descreveu que um determinante essencial para o sucesso clínico é o diagnóstico da densidade óssea no local que receberá o implante, sendo que a qualidade do osso frequentemente depende da sua posição no arco. A apreciação da densidade óssea e sua relação com a Implantodontia foi classificada por Linkow em 1970 e Lekholm e Zarb em 1985 e, após modificações dessas classificações, o autor propôs em 1990 quatro grupos de densidade óssea (D1, D2, D3 e D4), sem considerar as regiões que ocupavam nos maxilares, mas sim com base nas características macroscópicas dos ossos cortical e trabecular, sendo que planos de tratamento, projetos de implantes, protocolo cirúrgico, cicatrização e períodos de carga progressiva têm sido descritos para cada tipo de densidade óssea. Quanto à densidade óssea radiográfica é relatado que as radiografias periapicais e panorâmicas não são eficientes para determinar a densidade óssea, porém essa pode ser precisamente determinada por tomografias, especialmente as computadorizadas. Em uma avaliação por TC foi observado que as diferentes densidades estavam dentro de determinada faixa de HU, e foram assim classificadas pelo autor em 1999: D1 apresentando mais de 1250 HU; D2 variando de 850 a 1250 HU; D3 de 350 a 850 HU e D4 apresentando 150 a 350 HU. Um osso muito macio, com mineralização incompleta e espaços intertrabeculares grandes pode ser designado como osso D5, apresenta HU de 50 a 200, ou até mesmo números negativos, sugestivos de tecido gorduroso. As localizações regionais das diferentes densidades ósseas do osso cortical são mais consistentes do que as do osso trabecular, o qual é altamente variável.

Em 2008b, Misch associou cada uma das quatro diferentes densidades com as localizações típicas, a alteração na técnica cirúrgica e as vantagens e desvantagens dessas diferentes densidades. O osso cortical denso D1 é o osso mais forte, cerca de dez vezes mais que o osso D4 e é o mais difícil de preparar. O osso trabecular espesso e cortical espesso e poroso D2 é duas vezes mais forte que o osso D3 e é ideal para o suporte de um implante. Já o osso D3 apresenta trabecular fino e cortical poroso e fino e tem como principal vantagem o tempo de preparo da osteotomia, que é mínimo para cada broca. O osso trabecular fino D4 tem muito pouca densidade e pouco ou nenhum osso cortical na crista do rebordo e implantes de diâmetros maiores são sugeridos, sempre que possível. É relatado que a perfuração inicial pode ser usada para distinguir os tipos de densidade óssea. Quanto à cicatrização o osso tipo D1 cicatriza com uma interface de osso lamelar e tem a maior porcentagem de osso nas regiões de contato com o corpo do implante. O osso D2 cicatriza com osso trançado e lamelar, é mineralizado adequadamente em quatro meses e, em geral, tem aproximadamente 70% de osso no contato inicial após a cicatrização com o corpo do implante. Já o osso D3 tem aproximadamente 50% de osso na interface inicial do implante após a cicatrização e se beneficia com a superfície rugosa no corpo do implante rosqueado, a fim de aumentar a fixação inicial e o contato ósseo. Um período adicional de um mês é usado para a cicatrização inicial, comparado com o osso D2, a fim de permitir que uma maior porcentagem de osso trabecular se forme ao redor do implante. Por fim, a densidade D4 tem menor quantidade de trabéculas na inserção do implante e os revestimentos de hidroxiapatita ou uma superfície rugosa devem ser usados no corpo do implante para melhorar a quantidade de contato osso-implante. O tempo adicional para a cicatrização do osso e o carregamento incremental irá melhorar a densidade e resultará em um índice de sobrevida semelhante ao das outras densidades ósseas.

Em 2008, Nackaerts et al. avaliaram clinicamente uma ferramenta para determinar a densitometria óssea dos maxilares usando radiografias intra-orais. Para esse estudo, foram selecionadas 661 mulheres na pós-menopausa com idade variando de 45 a 70 anos, as quais realizaram exame de DEXA do quadril e coluna lombar, sendo esse o padrão-ouro para diagnóstico de osteoporose. Radiografias intrabucais da região de pré-molares superior e inferior do lado direito foram realizadas, juntamente com uma escala de alumínio, a qual serviu como calibração e referência densitométrica, em todas as pacientes. A densidade óssea dos maxilares foi determinada utilizando um *software* desenvolvido para a pesquisa; assim, após as radiografias terem sido digitalizadas foi selecionada uma ROI de tamanho de 30 X 30 *pixels*, localizada entre os ápices dos pré-molares tanto superior quanto inferior. A ROI incluiu apenas osso trabecular, sem envolvimento de lâmina dura, ligamento periodontal ou raízes dentárias. Um total de 21,3% da amostra foi classificado como tendo osteoporose em pelo menos uma região pelo DEXA. O coeficiente de correlação de concordância intrabscervadores foi de 0,98 para a maxila e 0,95 para a mandíbula e a correlação de concordância interobservadores foi de 0,93 para a maxila e 0,87 para a mandíbula, não havendo diferença significativa entre a maxila e mandíbula em prever a osteoporose. Para a análise separada de filmes da maxila e mandíbula, a sensibilidade variou de 33,9% a 38,7% e especificidade de 83,5% a 85,3%, quando utilizou um limiar de 4,3 mm equivalente de alumínio. Em conclusão a densidade da região de pré-molares, medida com a ferramenta desenvolvida, produziu boa precisão de diagnóstico para osteoporose no quadril ou coluna vertebral e ao aumentar a sensibilidade e a especificidade deve ser possível obter uma ferramenta pré-triagem mais confiável.

Correia et al., em 2009, apresentaram uma metodologia para obter um modelo geométrico (protótipo) de uma mandíbula humana parcialmente edêntula e esse modelo distinto foi usado para simular

numericamente o comportamento biomecânico de uma mandíbula em função de diferentes densidades do osso trabecular. O modelo geométrico foi importado para um *software* de análise de elementos finitos onde as condições mastigatórias foram simuladas, sendo o modelo determinado por TC e prototipagem. No modelo foi efetuada uma análise paramétrica para verificar a influência da densidade do osso trabecular no desenvolvimento de tensões e deformações da mandíbula durante a aplicação de forças mastigatórias na região anterior. Foi observado que as tensões máximas e deformações equivalentes no osso trabecular foram desenvolvidas próximo às zonas de aplicação das forças de mordida, sendo que diferentes resultados ocorreram em função da densidade óssea trabecular. Já o processo de osseointegração dos implantes, responsáveis pela ocorrência dos picos de estresse, dependerá do intervalo de valores de tensão instalada durante as atividades funcionais na área posterior da boca, sendo que a atividade de osseointegração é mais adequada para maiores valores de densidade do tecido ósseo. Os resultados sugeriram que o processo de remodelação óssea esperado ao redor de implantes deve ser mais eficiente com osso trabecular de alta densidade e que as tensões e deformações desenvolvidas no modelo mandibular testado foram afetadas pelo grau de densidade do osso trabecular durante simulação de atividade mastigatória.

Hua et al., em 2009, tiveram como objetivo investigar, *in vitro*, a precisão da dimensão fractal (DF) e morfometria para avaliação da qualidade óssea medida com o DEXA, sendo que as análises fractal e morfométrica foram baseadas em imagens de TCFC. Foram utilizadas dezenove mandíbulas sendo duas controle; em cinco, foram criadas lesões artificiais com diâmetro entre 1 e 1,5mm e, em 12, foi realizada a descalcificação para simular a osteoporose. Exames de TCFC e DEXA foram feitos antes e após o procedimento de remoção óssea. A DMO foi obtida a partir dos exames de DEXA para definir o valor de referência

para a qualidade óssea. A DF foi determinada pela relação entre o número de *voxels* e o tamanho dos *voxels* ósseos, sendo calculada a correlação entre DMO e DF e entre DMO e os resultados morfométricos. Observou-se uma correlação significativa entre o DF e DMO. Da mesma forma, a área óssea e DMO das amostras também foram significativamente correlacionadas. Em contraste, a densidade medida em valores de cinza não se correlacionou com a DMO. Concluiu-se que a análise fractal e área óssea medida tem potencial para avaliar a qualidade óssea em imagens TCFC, enquanto que a densidade não pode ser determinada precisamente nas imagens de TCFC.

Em 2009, Katsumata et al. avaliaram o efeito do tamanho do volume escaneado sobre os valores de densidade *in vitro*. Os volumes de escaneamento utilizados foram 5, 10, 15 e 20 cm de diâmetro e altura. O *phantom* foi composto de um cilindro de plástico de 150 mm de diâmetro e 100 mm de largura e foi preenchido com água e contendo uma mandíbula seca seccionada na linha média e da primeira a terceira vértebra cervical. As hemimandíbulas juntamente com as vértebras, a hemimandíbula esquerda e as vértebras e somente a hemimandíbula esquerda foram posicionadas no *phantom*. Independente do padrão de colocação dos objetos de teste, as imagens do menor volume apresentaram um valor de densidade da mandíbula significativamente menor que os outros volumes, sendo que não houve diferenças significantes nos valores de densidade para os volumes de 10 e 15 cm. As imagens com 20 cm de volume foram as que produziram maior valor de densidade da mandíbula. Foi verificada uma maior variabilidade da densidade quando mais objetos eram incluídos fora da área a ser escaneada. Escaneamentos de volumes maiores na TCFC podem originar valores de densidade mais consistentes, entretanto os volumes menores em TCFC têm a vantagem de melhor resolução de imagem e doses menores de radiação.

Medições da densidade óssea em imagens pré-cirúrgica nos locais projetados para o tratamento de implante dentário são importantes. No entanto, os valores de *pixel* ou *voxel* obtido a partir das imagens de TCFC não apresentam valores absolutos. Assim sendo Naitoh et al., em 2009, avaliaram a relação entre os valores de *voxel* obtidos a partir da TCFC e a DMO obtida a partir de TCMS em mandíbula. Foram selecionados 16 pacientes, os quais se submeteram ao exame por imagem para o tratamento com implantes dentários na mandíbula utilizando TCFC e TCMS. Imagens transversais da TCFC e TCMS foram reconstruídas e os valores foram calculados nas imagens nas ROIs, ou seja, região entre o incisivo central e lateral, região de canino, forame mental e primeiro molar. Observou-se um alto nível de correlação entre os valores de *voxel* da TCFC e a DMO da TCMS. Foi concluído que os valores *voxel* do osso esponjoso mandibular em TCFC podem ser usados para estimar a densidade óssea.

Song et al., em 2009, avaliaram a relação entre a qualidade óssea determinada pelo número CT e a espessura do osso compacto avaliada por TCFC e a estabilidade primária de implantes medida pela análise de frequência de ressonância (RFA) e expressada em quocientes de estabilidade do implante (ISQs). Foram incluídos no estudo vinte pacientes, os quais receberam um total de 61 implantes. A TC foi obtida após a perfuração inicial do osso e a estabilidade do implante foi medida antes do fechamento do retalho. Com a TCFC, o número CT do osso circundante e a espessura do osso compacto foram mensurados nas superfícies vestibular, lingual, mesial e distal de cada implante. Observou-se correlação estatisticamente significativa entre os números CT e o ISQs, assim como entre a espessura do osso compacto e o ISQs. Concluíram que a qualidade óssea avaliada pela TCFC possui forte correlação com a estabilidade primária dos implantes, sugerindo que a qualidade óssea é um fator que requer avaliação antes da cirurgia de implante.

Naitoh et al., em 2010, utilizaram um bloco ósseo de referência para avaliar a baixa densidade óssea mandibular. Foram selecionados 15 pacientes que se submeteram ao exame de imagem usando TCFC e TCMS após cirurgia para tratamento com implante dentário mandibular com enxerto ósseo, sendo o bloco ósseo de referência escaneado adjacente ao mento de cada paciente. Um simulador de tecido mole envolvendo o bloco ósseo foi colocado sobre o apoio de mento do aparelho de TCFC. Imagens transversais da TCFC e MSTC foram reconstruídas e os valores de *voxels* das ROIs, ou seja, região entre o incisivo central e lateral, região de canino, forame mental e primeiro molar foram transformados em DMO, usando uma linha de regressão determinada em um estudo anterior, sendo calculadas as diferenças entre DMO obtidos da TCFC e TCMS. Os valores dos *voxels* mensurados nas ROIs foram comparados com os valores do bloco ósseo de referência, e foram classificados como menor e igual ou maior aos valores dos *voxels* do bloco ósseo de referência. Foi encontrado que a diferença média geral da DMO era de 38 mg / cm^3 de hidroxiapatita (HA) entre a TCFC e a TCMS. Em 94% dos locais com menos de 200 mg / cm^3 de HA e 79% com valor igual ou maior que 200 mg / cm^3 foram avaliados precisamente usando o bloco ósseo de referência. Foi concluído que o bloco ósseo de referência com 200 mg / cm^3 de HA pode ser útil para avaliar a baixa densidade óssea do osso esponjoso mandibular em TCFC com grande volume.

Em 2010, Nomura et al. tiveram como objetivo investigar se é possível avaliar a DMO usando valores de *voxel* da TCFC para uso odontológico. Para simular a cabeça humana, foi construído um *phantom* de resina acrílica preenchido com água e seis tubos, contendo soluções de iodo, distribuídos ao redor de uma haste de alumínio. Esse *phantom* foi escaneado por TCFC e TCMS. Avaliou-se ainda se o valor de *voxel* é afetado pela dose de radiação, sendo que para esse fim, variou-se a voltagem e/ou a corrente do tubo na TCFC. Além disso, com base nos

números CT de HA do *phantom* de referência, uma fórmula de conversão do valor do *voxel* para a DMO foi obtida. Observou-se uma correlação positiva entre os valores de *voxel* da TCFC e a concentração de iodo das soluções, independentemente da dose de raios X ou da energia média, embora os valores de *voxel* tenham tido uma ligeira tendência à saturação em concentrações mais elevadas de iodo. Uma alta correlação foi observada entre os valores de *voxel* da TCFC e números CT da TCMS, assim como entre a DMO e os valores de *voxel* da TCFC. Embora esse tenha sido um estudo *in vitro*, houve uma clara possibilidade de estimar números de CT e a DMO usando os valores de *voxel* das imagens TCFC.

Também em 2010, Santos determinou a densidade óssea de uma população desdentada por meio da TCMS e comparou os achados com a classificação subjetiva proposta por Misch em 1990. Foram selecionados 50 pacientes apresentando a região de pré-molares inferiores edêntula e que fariam planejamento para colocação de implantes, sendo analisada a qualidade óssea dessa região. A avaliação foi realizada por três cirurgiões-dentistas (CDs) com experiência em Implantodontia em um programa de uso odontológico (*Implant viewer*). Observou-se uma diferença significativa entre a avaliação realizada pelos CDs e os dados obtidos na TCMS, sendo que a idade e o sexo influenciaram na qualidade óssea dos pacientes avaliados. Foram encontradas em uma mesma área específica diferentes densidades variando entre as classificações D2 e D4 em região característica de D2, foi também observada uma maior prevalência da densidade D3 na região dos pré-molares da amostra estudada, porém na análise realizada pelos CDs foi encontrada a densidade de nível 4 (D4), sendo esse fator explicado pelas características da densidade D3 estarem próxima das de D4 e portanto os CDs tiveram uma conduta preventiva. Concluiu-se que o uso da TCMS pode ser uma ferramenta útil para o planejamento do tratamento de implantes, permitindo ao CD escolher de forma segura as técnicas e abordagens a serem utilizadas.

Hsu et al., em 2011, avaliaram as alterações da densidade óssea ao redor dos dentes 13 ao 23, durante o tratamento ortodôntico, utilizando TCFC. Foram selecionados oito pacientes que foram submetidos ao exame de TCFC antes e após 7 meses de tratamento. A raiz de cada dente foi dividida em três porções (cervical, média e apical) para determinar se a mudança de densidade óssea variou de acordo com a localização do dente. A redução média da densidade óssea ao redor dos dentes, em todos os pacientes, foi de 24% após o tratamento ortodôntico. A redução da densidade óssea foi maior ao redor dos dentes 11 e 21 (29% e 26%, respectivamente) e variou de 20,7% a 23% para os outros quatro dentes. As reduções da densidade óssea não diferiram significativamente entre a porção cervical, média e apical dos dentes. Concluíram que a TCFC é útil para avaliar alterações da densidade óssea ao redor dos dentes durante o tratamento ortodôntico, sendo que a densidade óssea ao redor dos dentes reduziu significativamente após a aplicação de forças ortodônticas por 7 meses.

O estudo de Isoda et al. (2012) avaliou objetivamente as variações da qualidade óssea em locais receptores de implante usando os valores de densidade obtidos por TCFC, assim como o torque de inserção durante a colocação dos implantes e a RFA imediatamente após a inserção dos implantes, avaliando ainda as possíveis correlações entre esses parâmetros. Para isso, dezoito implantes foram inseridos em cabeças femorais de porcos. A densidade óssea dos locais destinados a receber os implantes, a qual foi expressa em valores de densidade, foi determinada pré-operatoriamente usando a TCFC. Imediatamente após a colocação do implante, foram medidos os valores de torque máximo de inserção de cada implante e a RFA a qual determinou o ISQ. Relações estatisticamente significantes foram encontradas entre a densidade óssea e torque de inserção, densidade óssea e ISQ, e torque de inserção e ISQ. Concluiu-se que o exame de TCFC antes da cirurgia de implante pode ser

útil para avaliação da densidade óssea e pode permitir aos clínicos predizer a estabilidade do implante.

Marquezan et al. (2012a) avaliaram se a DMO do osso cortical, osso trabecular e osso total (mensuração da DMO do osso cortical e osso trabecular juntos) influenciariam a estabilidade primária dos mini-implantes ortodônticos e verificaram se há uma correlação entre a medida da DMO através de TCFC e o DEXA. Foram utilizados 20 blocos de osso bovino, com espessura da cortical de aproximadamente 1 mm. A DMO cortical, trabecular e total na ROI de cada bloco ósseo foi avaliada utilizando a TCFC e o DEXA. Após o escaneamento dos blocos ósseos, 20 mini-implantes com 1,4 mm de diâmetro e 6 mm de comprimento foram inseridos nos mesmos. Foi verificado o pico máximo de torque de inserção do implante (IT) e, a seguir, realizado o teste de tracionamento (PS) e determinou-se a força máxima. A DMO total do bloco ósseo mensurada pela TCFC e DEXA apresentou uma correlação forte e positiva. A DMO do osso cortical na ROI influenciou a IT e PS dos mini-implantes, apresentando também uma relação positiva; entretanto a DMO total do bloco ósseo verificada tanto pela TCFC quanto pelo DEXA, a DMO total e do osso trabecular na ROI proporcionaram uma fraca correlação e não foi estatisticamente significativa com a estabilidade dos mini-implantes. Já as duas variáveis que aferiram a estabilidade primária dos mini-implantes, IT e PS, apresentaram correlação positiva e substancial. A TCFC provou ser um exame útil para avaliação não invasiva da densidade óssea na fase pré-cirúrgica para colocação de mini-implantes.

Também Marquezan et al. (2012b), realizaram uma revisão sistemática para investigar a influência da DMO na estabilidade primária dos implantes dentários. Foram incluídos nessa revisão estudos clínicos observacionais realizados em pacientes que receberam implantes dentários para a reabilitação, estudos que avaliaram a associação entre a densidade mineral óssea e estabilidade primária de implante, avaliação

da densidade óssea realizada por medição das HU usando TCFC e estabilidade primária do implante avaliada pelo valor de ISQ, PTV (valor periotest) e/ou mensuração da IT. No total, dez artigos preencheram os critérios de inclusão, mas apenas sete foram incluídos, devido à sobreposição de pacientes. Todos os artigos selecionados apresentaram uma correlação positiva entre a estabilidade primária dos implantes e densidade óssea do local receptor; assim, quando a densidade óssea era maior, a estabilidade primária dos implantes também aumentava, sendo que essas informações tem uma relevância clínica. Quando foi avaliada a associação entre ISQ e valores de HU, os estudos demonstraram uma correlação de moderada a alta.

3 PROPOSIÇÃO

Esse trabalho teve como objetivo verificar as densidades ósseas mandibulares obtidas em Tomógrafos Computadorizados Multislice e de Feixe Cônico, verificando a concordância destes quanto às medidas de densidade realizadas subjetivamente e objetivamente em imagens produzidas pelos dois tomógrafos.

4 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS, sob número do CAE 0145.0.189.000-11/2011.

4.1 Preparo das Mandíbulas

Foram selecionadas dez mandíbulas edêntulas do laboratório de anatomia do UNILAVRAS, para as quais foi confeccionado um guia tomográfico individual. Para isso, todas as mandíbulas foram moldadas com material hidrocolóide irreversível e obtida uma reprodução em gesso.

Para confecção das bases dos guias tomográficos, foram utilizadas placas de acetato com 2,0 mm de espessura, sendo essas levadas juntamente com as reproduções em gesso das mandíbulas a uma plastificadora a vácuo, obtendo-se dessa forma uma adaptação perfeita das placas aos modelos de gesso e conseqüentemente às mandíbulas. As placas já adaptadas aos modelos foram recortadas eliminando áreas retentivas de modo que facilitasse a colocação dos guias nas mandíbulas. A seguir, nas regiões pré-determinadas para realização das análises tomográficas nas mandíbulas, foram realizadas perfurações nos guias, utilizando uma broca diamantada 1016, e esses locais foram preenchidos com guta-percha termoplastificada, obtendo assim os marcadores tomográficos (Figuras 1 e 2).



Figura 1 – Guia tomográfico com os marcadores radiopacos utilizado durante a aquisição das imagens.

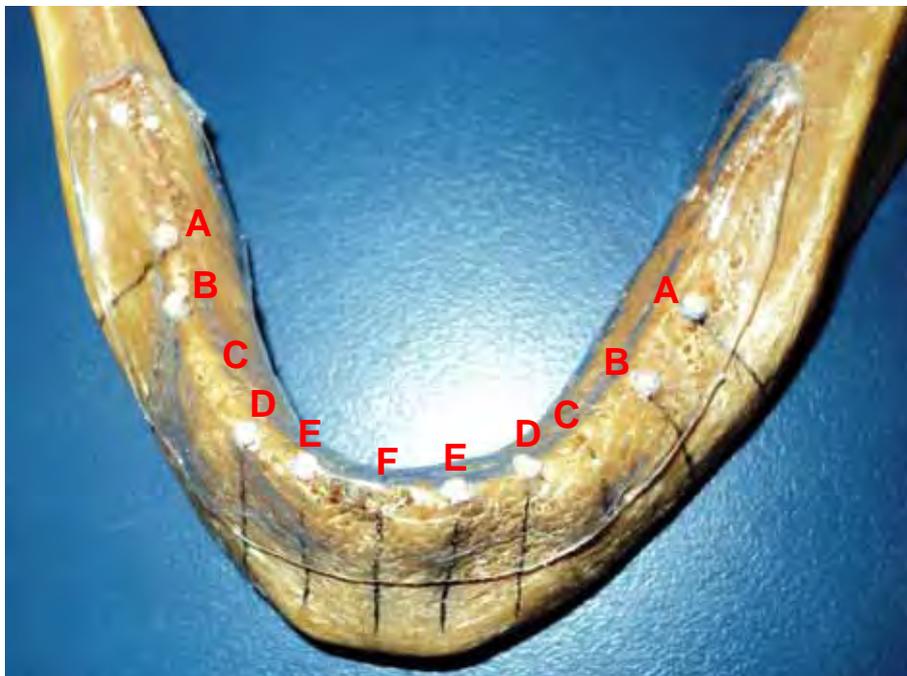


Figura 2 – Guia tomográfico com os marcadores radiopacos adaptado à mandíbula. Segmento A: região de molares, B: região de pré-molares, C: forame mentoniano, D: região de caninos, E: região de incisivos, F: linha média.

4.2 Demarcação das Regiões Estudadas

Em cada mandíbula, foram selecionadas oito regiões para realização da análise da densidade, sendo utilizados como pontos de referência a linha média e os forames mentuais. Para determinação da linha média, a distância entre os forames mentuais foi obtida por meio de um paquímetro digital, sendo realizada na metade dessa distância a demarcação da linha média como descrito por Shimura et al. (1990) e Guedes (2005). Foram selecionados em cada mandíbula locais correspondentes às regiões de molares, pré-molares, caninos e incisivos dos lados direito e esquerdo. Para as regiões correspondentes à área de incisivos e caninos inferiores, tomou-se como referência a linha média mandibular, sendo selecionadas as regiões a 0,75 cm e 1,5 cm distais a essa, respectivamente. Para seleção da região de pré-molares e molares foram demarcadas as regiões localizadas a um e a dois centímetros posteriores aos forames mentuais, respectivamente, totalizando oito regiões para cada mandíbula (Guedes, 2005) (Figura 3).



Figura 3 – A: região de molares, B: região de pré-molares, C: forame mentoniano, D: região de caninos, E: região de incisivos, F: linha média.

4.3 Obtenção das Imagens

Todas as mandíbulas, com o guia tomográfico posicionado, foram submetidas ao exame de TC, utilizando para esse fim o Tomógrafo Computadorizado Multislice, modelo Somatom Definition AS 128® (Siemens AG Medical Solution - Alemanha), sendo que as mesmas foram posicionadas simulando o posicionamento normal de um exame de tomografia, de modo que o laser central do aparelho estivesse alinhado com a linha média e a base da mandíbula. As mandíbulas foram colocadas em um suporte de acrílico com 15 X 08 cm de base e 10 cm de altura, o qual foi preenchido com água, visando promover a atenuação dos feixes de raios X e simular a presença de tecido mole (Figura 4).

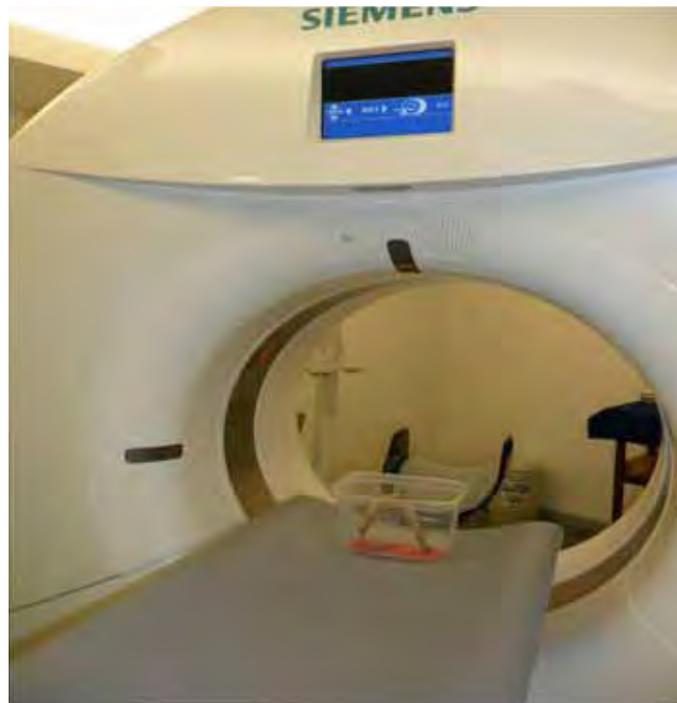


Figura 4 – Mandíbula posicionada no Tomógrafo Multislice.

Para avaliação das imagens das mandíbulas, foi utilizada janela para tecido ósseo e os seguintes fatores de exposição: sentido do corte crânio-caudal, tempo de escaneamento de 7,32 s, FOV de 163 mm, espaçamento de 0,3 mm, cortes com 0,6 mm de espessura, mAs de 361, kV igual a 100, pitch de 0,7 cm e usado o filtro 70 sharp.

As mesmas dez mandíbulas, também com o guia tomográfico posicionado e utilizando o mesmo suporte de acrílico usado anteriormente no tomógrafo Multislice, foram escaneadas no Tomógrafo Computadorizado de Feixe Cônico Classic i-CAT™ (Imaging Sciences International Inc., Hatfield, PA, USA). O suporte para apoio de mento e o apoio frontal do equipamento foram removidos e colocado o suporte de calibração do aparelho para que, sobre esse, fosse colocado o suporte acrílico com a mandíbula, a qual foi montada simulando o posicionamento anatômico usualmente utilizado para os pacientes, de forma que o laser central do aparelho estivesse alinhado com a linha média da mandíbula (Figura 5). Foram utilizados os seguintes fatores de exposição: 40 s, voxel de 0,2 mm e FOV de 6 cm.



Figura 5 – Mandíbula posicionada no Tomógrafo de Feixe Cônico.

Após a realização das TC, as mandíbulas foram também submetidas ao exame de absorciometria pelo DEXA, com o objetivo de verificar o valor da DMO real, uma vez que a densitometria é considerada o “padrão-ouro” para esse tipo de análise.

Foi utilizado para esse fim o aparelho Hologic QDR 2000, utilizando-se o programa de computação *lumbar spine*, ou seja, o mesmo utilizado para avaliação da coluna lombar. Os guias tomográficos foram adaptados às mandíbulas correspondentes e essas foram posicionadas apoiadas sobre a mesa de forma que o braço de leitura do aparelho movia-se paralelo ao plano oclusal (Figuras 6 e 7) e, igualmente aos outros exames, o laser central do aparelho ficou alinhado com a linha média da mandíbula.



Figura 6 – Mandíbula posicionada no aparelho de absorciometria.



Figura 7 – Zoom da mandíbula posicionada no aparelho de absorciometria.

Foram efetuadas medidas de DMO regional das peças, sendo selecionadas duas sub-regiões correspondentes à região de sínfise e corpo mandibular. Assim, foi delimitado o ponto mais anterior da sínfise mandibular e uma linha foi traçada passando no ponto mais distal do marcador correspondente aos incisivos para determinar a região de sínfise mandibular; a seguir, outra linha foi projetada no ponto mais distal do marcador correspondente à região de molar, ou seja, essa área compreendia os marcadores das regiões de caninos, pré-molares e molares, e foi denominada de região de corpo mandibular. A DMO foi expressa em g / cm^2 (Figura 8).



Figura 8 – Delimitação das sub-regiões correspondentes à região de sínfise e corpo mandibular

4.4 Índice da Densidade Mineral Óssea

Após reconstrução das imagens, tanto no tomógrafo Multislice quanto no de Feixe Cônico, foi realizada a análise subjetiva da qualidade do osso, por um radiologista com experiência em tomografia, nas áreas pré-determinadas. Para cada região analisada foi selecionado o corte tomográfico transversal mais central, ou seja, aquele no qual melhor aparecia o marcador radiopaco do guia tomográfico, e então o osso foi classificado, segundo o índice de densidade óssea proposto por Misch (1990) em D1, D2, D3 ou D4, ou seja, o osso D1 em geral é um osso cortical denso; o osso D2 tem um osso cortical denso, espesso e poroso na margem e trabecular grosso no seu interior; o osso D3 possui uma margem cortical porosa mais fina e um osso trabecular fino no seu interior; e o osso D4 quase não apresenta osso cortical na crista, o osso

trabecular fino compõe quase a totalidade do volume ósseo (Misch, 2008a), conforme esquema visualizado na figura 9.

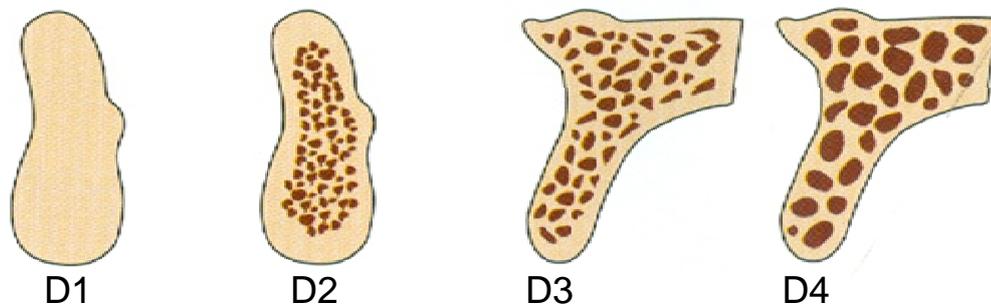


Figura 9 – Desenho esquemático dos diferentes tipos ósseos segundo a classificação de Misch (1990). Fonte: Misch 2008a

A seguir, foi realizada a análise da densidade óssea objetiva, sendo que para o tomógrafo Multislice utilizou-se o *software* Dental CT e foi avaliada em cada região de interesse de cada mandíbula o valor da DMO dada em HU, conforme descrito por Misch em 1999, ou seja:

D1: mais de 1250 HU

D2: 850 – 1250 HU

D3: 350 – 850 HU

D4: menos de 350 HU

Para o tomógrafo de Feixe Cônico, não há uma unidade padrão tal como HU, uma vez que nenhuma calibração fora ainda conduzida (Isoda et al., 2012). Assim, para a análise no referido aparelho selecionou-se a ferramenta *shape region* do *software* do próprio tomógrafo, a qual forneceu o valor da densidade tomográfica utilizando os mesmos locais de referência usados na TCMS.

Em ambos os tomógrafos, foi selecionada uma área circular padronizada de osso medular envolvendo a região de cortical interna a cortical interna da área de interesse, sem que houvesse

envolvimento do osso cortical, logo acima do canal mandibular para a região de pré-molares e molares. Para as regiões de incisivos e caninos, a medida foi realizada assim como para as outras regiões, porém a área de osso medular selecionada era próximo à cortical superior. Os planos transversais da mandíbula foram determinados pela imagem que melhor se observava o marcador radiopaco em cada região; já a localização da região de interesse foi definida pela observação a olho nú tão iguais quanto possível fosse entre as imagens avaliadas pela TCMS e TCFC, conforme descrito por Naitoh et al. (2009) (Figuras 10 a 17).

Primeiramente, foi realizada a análise subjetiva para em seguida realizar a avaliação objetiva. Seguiu-se essa sequência para que a análise subjetiva não sofresse interferência da análise objetiva.

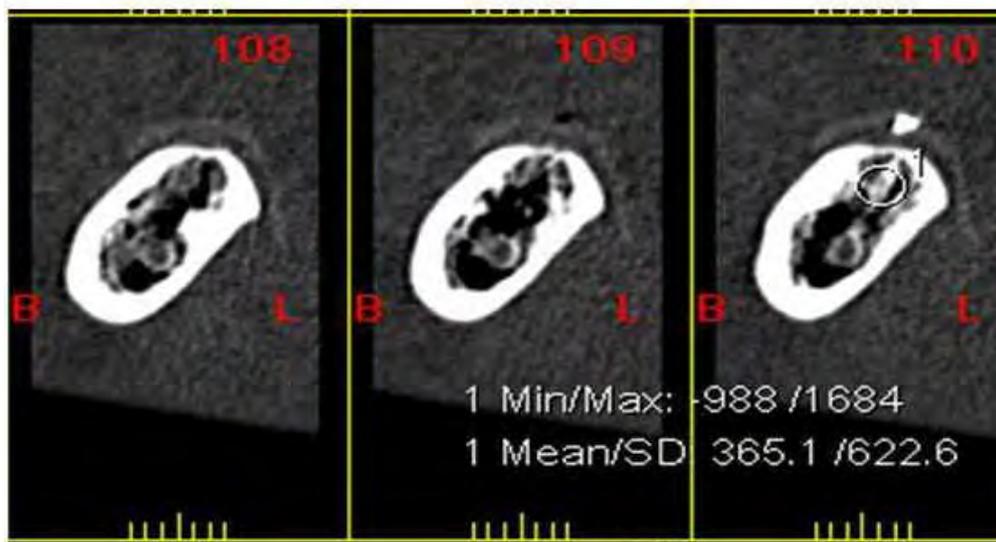


Figura 10 – Análise objetiva da densidade óssea da região de molar pelo tomógrafo Multislice.

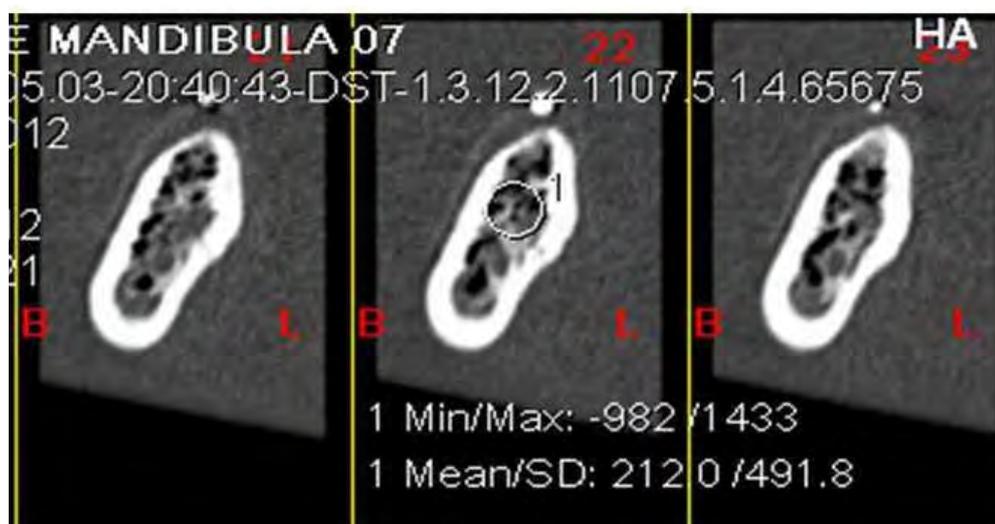


Figura 11 – Análise objetiva da densidade óssea da região de pré-molar pelo tomógrafo Multislice.

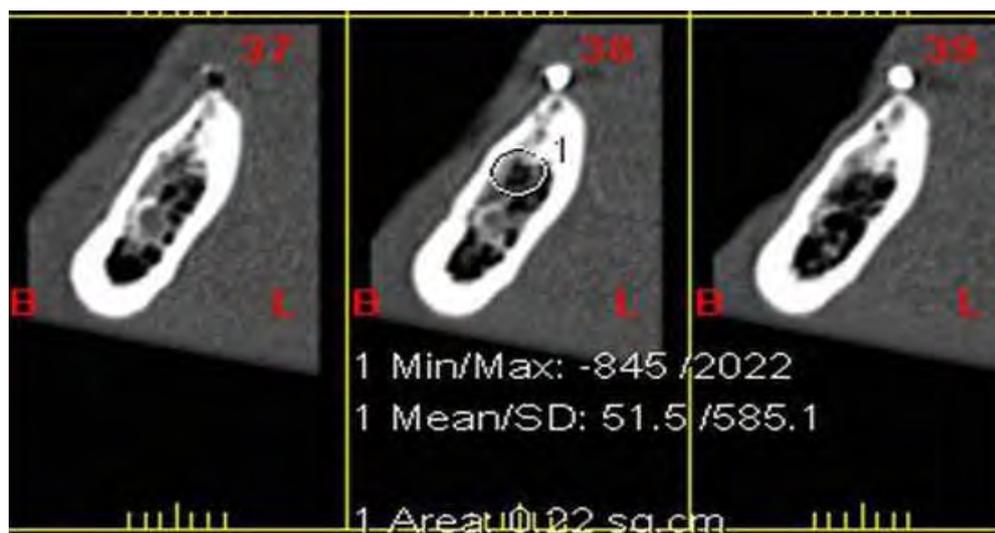


Figura 12 – Análise objetiva da densidade óssea da região de canino pelo tomógrafo Multislice.

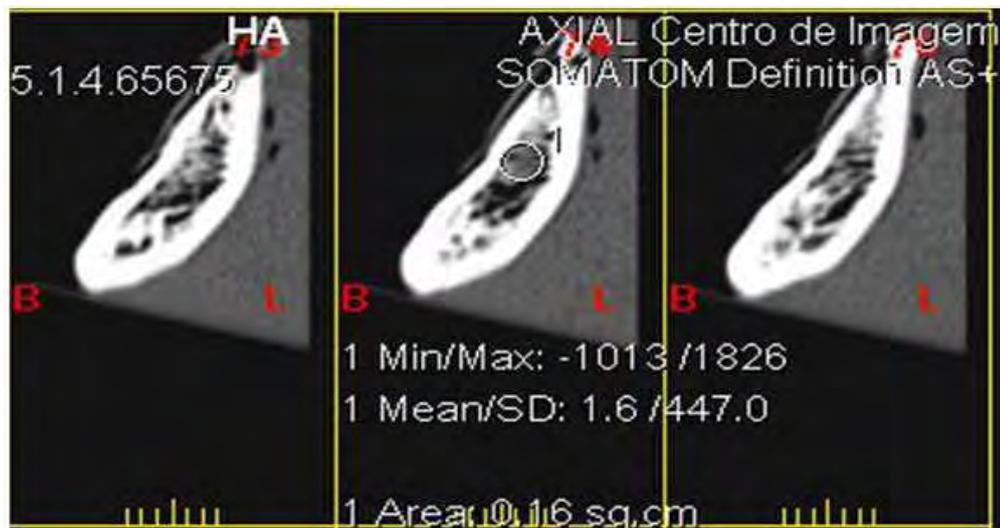


Figura 13 – Análise objetiva da densidade óssea da região de incisivo pelo tomógrafo Multislice.



Figura 14 – Análise objetiva da densidade óssea da região de molar pelo tomógrafo de Feixe Cônico.



Figura 15 – Análise objetiva da densidade óssea da região de pré-molar pelo tomógrafo de Feixe Cônico.

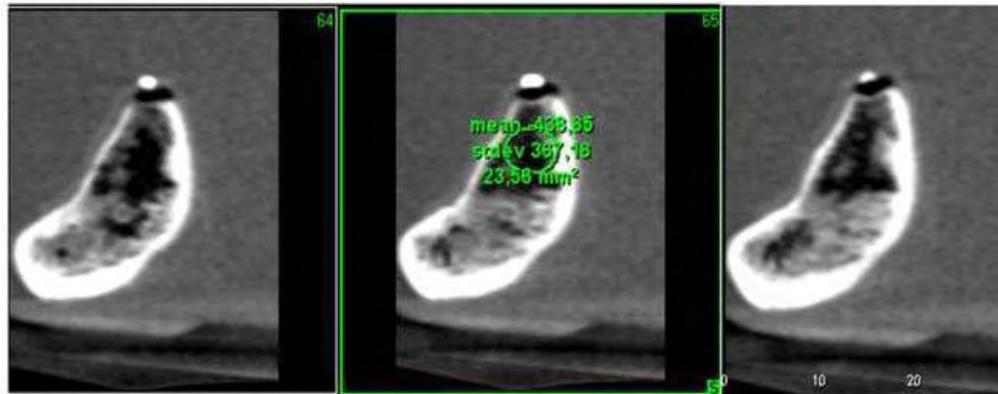


Figura 16 – Análise objetiva da densidade óssea da região de canino pelo tomógrafo de Feixe Cônico

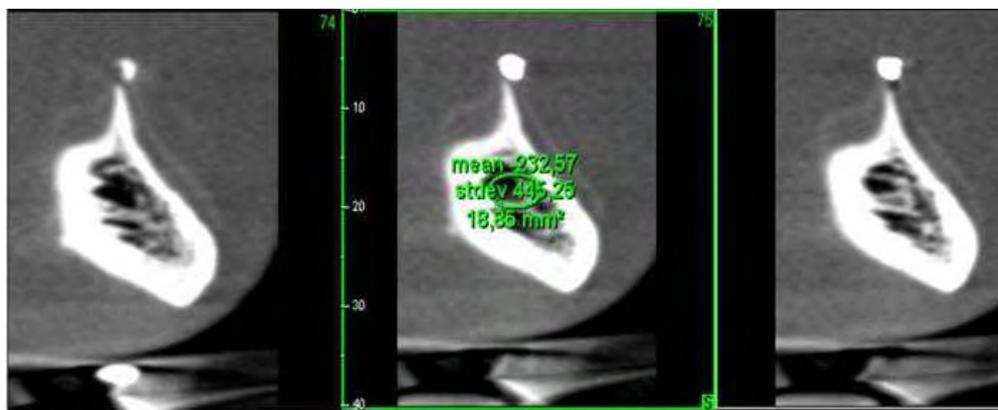


Figura 17 – Análise objetiva da densidade óssea da região de incisivo pelo tomógrafo de Feixe Cônico

4.5 Análise Estatística

Para verificar se houve diferença significativa entre as análises da densidade óssea nas regiões estudadas, pelo método objetivo e subjetivo foram empregados, respectivamente, os testes estatísticos paramétrico t-Student's e não paramétrico Mann-Whitney. $P < 0,05$ foi considerado como estatisticamente significativo.

5 RESULTADOS

A fim de verificar a densidade das oito regiões pré-determinadas, em mandíbulas edêntulas, foi comparada a análise da densidade óssea das imagens de TCMS pelo método objetivo proposto por Misch (1999) e a densidade tomográfica fornecida pela TCFC, como explicado no capítulo de Material e Métodos. Para melhor compreensão, as regiões até agora descritas como região de molares, pré-molares, caninos e incisivos serão, respectivamente denominadas de região correspondente aos elementos 37/47, 35/45, 33/43 e 31/ 41.

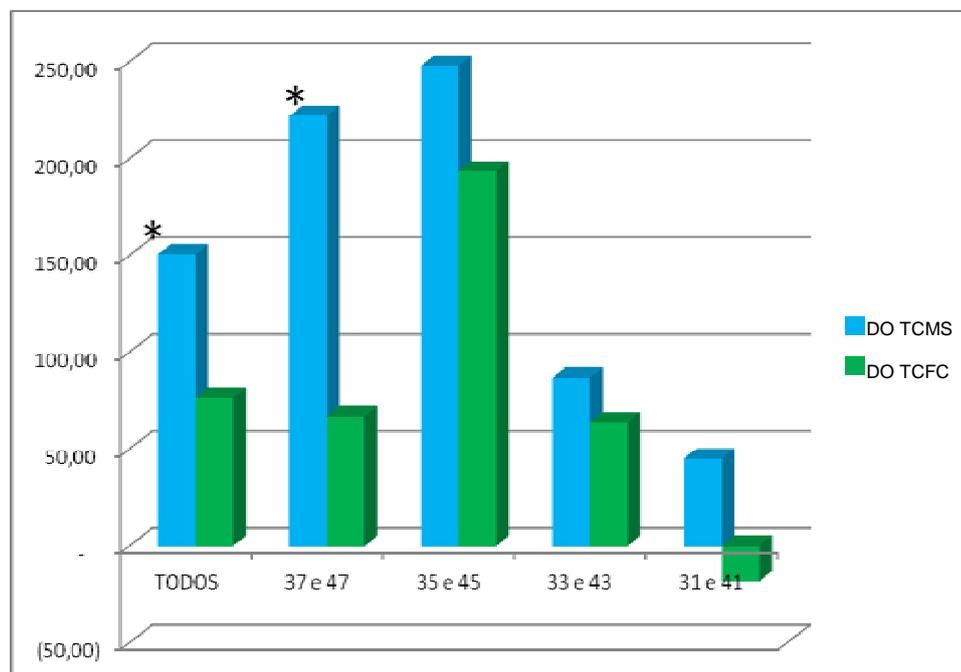
Avaliando a tabela 1 e o gráfico 1, observa-se que pela análise objetiva, quando analisadas todas as regiões juntas, ou seja, a mandíbula como um todo, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Porém, ao se avaliar cada região separadamente, observa-se que ocorreu diferença significativa estatisticamente somente na região dos elementos 37/47, ou seja, apenas na região de molares. Nas demais regiões, não se observou diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre a densidade óssea avaliada na TCMS com a densidade tomográfica verificada nos exames de TCFC.

Tabela 1 – Média e desvio padrão da DT na TCMS e na TCFC

| Região | DO TCMS | Desvio padrão | DT TCFC | Desvio padrão |
|-----------|---------|---------------|---------|---------------|
| Mandíbula | | | | |
| Total | 150,51* | 513.9675 | 76,39 | 450.0128 |
| 37 e 47 | 222,10* | 286.2948 | 66,82 | 241.0604 |
| 35 e 45 | 248,01 | 411.9140 | 193,52 | 298.1220 |
| 33 e 43 | 86,90 | 617.2418 | 63,70 | 571.6210 |
| 31 e 41 | 45,05 | 659.0638 | -19 | 586.5975 |

* Diferença estatisticamente significativa segundo o teste estatístico t-Student's.

Gráfico 1 - Média da densidade tomográfica em HU da TCMS e da densidade tomográfica da TCFC



* Diferença estatisticamente significativa segundo o teste estatístico t-Student's.

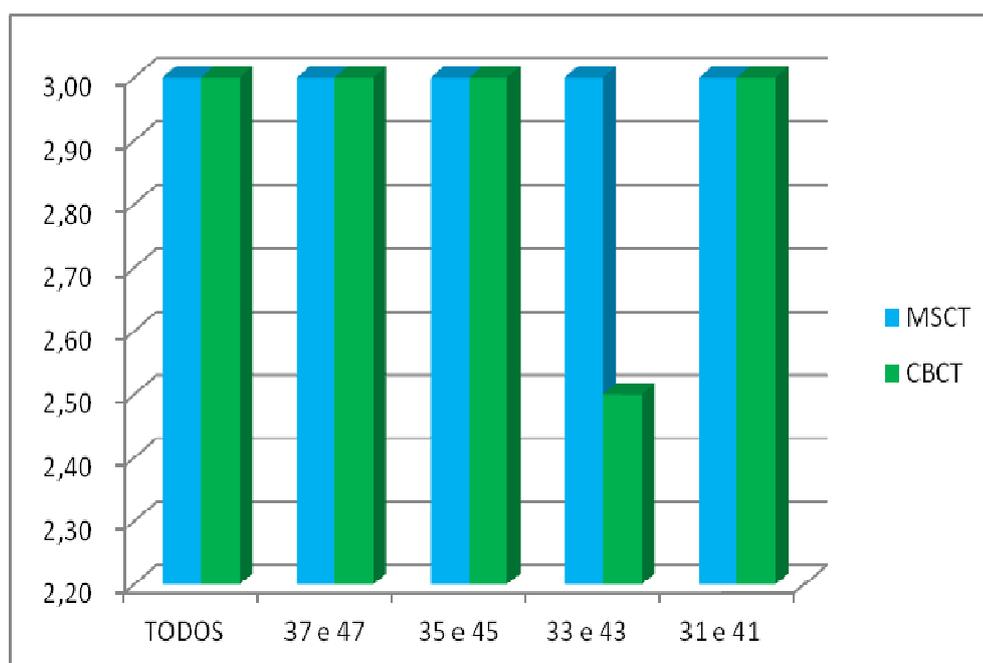
Quanto à avaliação subjetiva realizada nas imagens das regiões de interesse de ambos os tomógrafos, tomou-se como referência a classificação proposta por Misch em 1990, conforme descrito anteriormente.

Não foi verificada diferença significativa entre as análises subjetivas realizadas nas imagens da TCMS e TCFC, conforme demonstrado na tabela 2 e no gráfico 2, para nenhuma das regiões estudadas ($p>0,05$).

Tabela 2 – Mediana da densidade óssea subjetiva na TCMS e TCFC

| Região | TCMS | TCFC |
|-----------------|------|------|
| Mandíbula Total | 3,00 | 3,00 |
| 37 e 47 | 3,00 | 3,00 |
| 35 e 45 | 3,00 | 3,00 |
| 33 e 43 | 3,00 | 2,50 |
| 31 e 41 | 3,00 | 3,00 |

Gráfico 2 - Mediana da análise subjetiva entre os dois tomógrafos



A definição operacional de osteoporose sugerida pela OMS (Tabela 3) indica que valores da densidade mineral óssea inferiores a 2,5 desvios padrão da média de valor de pico em adultos jovens (escore T < -2,5) são compatíveis com o diagnóstico, devido ao alto risco de fraturas (Brasil. Ministério da Saúde, Portaria SAS/MS nº 470 de 23 de julho de 2002). Esses valores foram definidos com base em exame de DEXA.

Tabela 3 – Critérios Densitométricos da Organização Mundial da Saúde*

| Categoria | Escore T |
|--------------------------|---|
| Normal | até -1 |
| Osteopenia | entre -1 e -2,5 |
| Osteoporose | < -2,5 |
| Osteoporose estabelecida | < -2,5 associada à fratura de fragilidade |

*Critérios estabelecidos para: coluna lombar, colo do fêmur e 1/3 médio do rádio. Fonte: Brasil. Ministério da Saúde - Portaria SAS/MS nº 470 de 23 de julho de 2002.

Como observado na tabela 3, não há definição, pela OMS, do t-score para a mandíbula, o que também não foi encontrado na literatura pesquisada; assim sendo, não foi possível comparar os dados encontrados pelo exame de DEXA realizado nas mandíbulas nessa pesquisa com os dados obtidos dos exames tomográficos. Conforme demonstrado abaixo (Tabela 4), os dados fornecidos pelo aparelho de densitometria foram expressos em g / cm², não fornecendo o t-score; portanto, estes dados têm caráter informativo.

Tabela 4 – Densidade expressa em g / cm² para cada mandíbula pelo DEXA

| Mandíbula | Região Sínfise Mandibular | Região Corpo Mandibular Bilateral |
|-----------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 1.198 | 0.965 |
| 2 | 0.929 | 0.664 |
| 3 | 1.032 | 0.778 |
| 4 | 0.971 | 0.887 |
| 5 | 0.934 | 0.707 |
| 6 | 0.810 | 0.620 |
| 7 | 0.949 | 0.908 |
| 8 | 1.255 | 1.100 |
| 9 | 0.413 | 0.332 |
| 10 | 0.849 | 0.785 |

6 DISCUSSÃO

O sucesso clínico dos implantes dentários é influenciado por ambos volume (quantidade) e densidade (qualidade) do osso disponível (Aranyarachkul et al., 2005); portanto, a TC, quer seja multislice ou de feixe cônico, pode ser utilizada no planejamento pré-operatório dos implantes osseointegrados, uma vez que facilita a definição da morfologia dos maxilares avaliando a altura e largura do remanescente ósseo alveolar (Anderson e Svart, 1988; Shimura et al., 1990; Guedes, 2005; Suomalainen et al., 2008), proporcionando informações anatômicas e mensurações precisas e, assim possibilitando a localização de reparos anatômicos como o canal mandibular, forame mentoniano, seio maxilar e fossa nasal em relação à margem alveolar (Abrahams e Kalyanpur, 1995; Yang et al., 1999; Batista et al., 1999; Kraut, 2001; Ylikontiola et al., 2002; Loubele et al., 2007; Molen, 2010).

Conforme também verificado nesse trabalho, no qual pôde-se identificar com alta precisão, tanto na TCFC quanto na TCMS, o canal mandibular e forame mental, os quais foram utilizados como referência para que a análise da DMO proposta nesse estudo fosse realizada acima de tais reparos anatômicos.

A TC permite ainda determinar o número, locais e tamanho de implantes na avaliação pré-operatória (Anderson e Svart, 1988; Shimura et al., 1990; Jacobs et al., 1999; Hatcher et al., 2003), sendo que os locais a serem inseridos os implantes são melhor avaliados quando utilizado o guia tomográfico, conforme demonstrado pelo presente estudo e também por Tal e Moses (1991), Kraut (2001) e Iplikçioglu et al. (2002).

Em alguns casos, os exames por imagem convencionais como a radiografia panorâmica e periapicais podem ser úteis e normamente são utilizadas para a análise inicial do possível sítio receptor do implante, avaliando-se a quantidade de osso disponível no sentido vertical (Tal e Moses, 1991; Coelho et al., 1997); porém, a principal desvantagem dessas técnicas para o tratamento de implantes é serem bidimensionais (Iplikçioğlu et al., 2002), portanto atenção especial deve ser dada no planejamento de implantes realizados somente com radiografias convencionais (Comandulli et al., 2005).

Por isso, a TC é a modalidade mais precisa para se avaliar o planejamento de implantes (Guedes et al., 2000), pois proporciona economia de tempo durante o planejamento, uma vez que não necessita de nenhuma outra radiografia convencional complementar (Anderson e Svart, 1988), podendo as mensurações realizadas em TC serem aceitas sem restrições (Coelho et al., 1997) e sendo de grande utilidade, devido à sua precisão em áreas onde a radiografia convencional não fornece uma certeza dimensional (Batista et al., 1999); entretanto, não foi objetivo dessa pesquisa a realização de mensurações nos exames de TC, mas sim avaliar a qualidade de osso nas regiões de interesse.

Quando se trata da qualidade óssea, essa é determinada pela densidade óssea e a TC pode prever com precisão o volume e a densidade óssea nos locais considerados para implantes (Kraut, 2001), sendo que a atividade de osseointegração é mais adequada para maiores valores de densidade do tecido ósseo (Correia et al., 2009) e não somente a TCMS, mas também a TCFC pode ser empregada na implantodontia para avaliação da morfologia, quantidade e qualidade óssea (Soares et al., 2007).

A literatura é vasta em relação aos diferentes métodos de densitometria e suas aplicações, principalmente na Medicina, durante o diagnóstico, tratamento e prevenção da osteoporose. Entretanto, na Odontologia, os exames auxiliares para avaliação da DMO passaram a

ser solicitados somente após o advento da Implantodontia (Santiago e Vitral, 2006). Entre esses exames, pode-se citar as radiografias convencionais, ultrasonografia, microrradiografia, TC e o DEXA.

Entre os métodos convencionais, as radiografias periapicais e panorâmica podem ser utilizadas para avaliação da densidade óptica mandibular, podendo ser capazes de identificar baixa massa óssea (Miyachi, 2004; Mahl et al., 2008).

Corten et al. (1993) e Horner et al. (1996) conseguiram utilizar o scanner para DEXA convencional para outras partes do corpo, a fim de avaliar o CMO mensurado na mandíbula e maxila e concluíram que o DEXA pode ser usado na análise da DMO mandibular, porém requer um *scanner* especialmente construído para o osso mandibular; assim, como a posição para os pacientes foi desconfortável e difícil de manter durante o escaneamento, resultando em relativamente baixa precisão, estando esses achados de acordo com os de von Wowern (2001), onde a relação entre CMO/DMO em diferentes partes do esqueleto e a mandíbula fora muito imprecisa e de Patullo et al. (2002) que não encontrou correlação entre os valores de DMO mandibular com o de fêmur e coluna lombar de animais OVX, sendo que na mandíbula não foi observada diminuição da DMO, demonstrando resistência à perda óssea, sendo o mesmo encontrado por Kuroda et al. (2003); no entanto, segundo os autores, é provável que a função mastigatória previna a perda óssea.

Salienta-se que os resultados de Corten et al. (1993) foram expressos em g / cm^2 , assim como nesse trabalho, sendo que os autores não mencionaram a relação dos valores encontrados na mandíbula com os valores de referência para outros locais do corpo. Já von Wowern (2001) e Nackaerts et al. (2008) relataram que o DEXA pode determinar a osteoporose em coluna e quadril e também pode ser utilizado para avaliação do osso mandibular, porém, para o último o DEXA tem sido usado somente em experimentos. Contudo, von Wowern et al. (2001) avaliaram a DMO mandibular por meio de um *scanner* de DEXA

especialmente construído para a pesquisa e comparam a DMO mandibular, *in vivo*, com a do antebraço e observaram que a única parte da mandíbula que cumpre as exigências de um local padrão para avaliação de alteração osteoporótica na mandíbula é a área basal da mandíbula, posterior ao forame mental; porém, essa não é uma região de interesse para a Implantodontia, visto se tratar de osso com pouca irrigação sanguínea, e também os implantes são inseridos acima do forame mental.

Segundo a Portaria SAS/MS nº 470 de 23 de julho de 2002, a definição da osteoporose sugerida pela OMS, em 1994, é uma desordem esquelética caracterizada por redução da massa óssea com alterações da microarquitetura do tecido ósseo, levando a redução da resistência óssea e a aumento da suscetibilidade a fraturas (Brasil. Ministério da Saúde -- Portaria SAS / MS nº 470, 2002), porém não há alteração no CMO. Essa redução da resistência óssea pode interferir diretamente na Implantodontia, uma vez que para a estabilidade dos implantes é necessário um osso resistente, ou seja, além de quantidade óssea para a inserção do implante é imprescindível que se tenha qualidade óssea.

Embora a mensuração da DMO pelo DEXA seja o “padrão ouro” para a avaliação do *T score* e é o padrão de comparação do qual outras mensurações óssea por imagem são avaliadas, o DEXA apresenta limitações como ser uma técnica bidimensional e não distinguir entre osso cortical e trabecular e pode ser impreciso devido às variações na densidade do tecido mole (Kazakia e Majumdar, 2006; Nackaerts et al., 2008), o que limita seu uso para avaliação mandibular, uma vez que não existe um *T score* definido para a mandíbula (Brasil. Ministério da Saúde - - Portaria SAS / MS nº 470, 2002).

Para a fixação de implantes, deve-se considerar a DMO do osso trabecular e do osso cortical separadamente devido às particularidades de cada tipo ósseo, conforme demonstrado por Lekholm

e Zarb (1985) e Misch (1990), pois, quando a densidade do osso cortical e trabecular são avaliadas juntas, aumenta-se o valor de HU, sendo assim a densidade mensurada pela soma do osso cortical e trabecular pode ser altamente influenciada pela espessura da cortical (Marquezan et al., 2012b); dessa forma, para evitar que a maior densidade do osso cortical mascarasse a densidade do osso trabecular, onde, normalmente, a maioria dos implantes são inseridos, nessa pesquisa, assim como na de Marcantonio et al. (1999) tanto nas imagens de TCFC quanto de TCMS, apenas o osso trabecular foi considerado para mensuração da DMO, sendo que os valores de densidade tomográfica encontrados na TCFC não se relacionaram com os valores de HU da TCMS para a região de molar e quando avaliada a mandíbula como um todo.

No estudo de Kuroda et al. (2003) foi observado que a DMO total avaliada pelo DEXA não sofreu alteração, o que foi detectado pela pQCT, devido à diminuição da DMO do osso trabecular em ratas OVX. Porém, outros métodos de análise da DMO como, por exemplo, a TCQ possibilita a quantificação objetiva da densidade, tanto do osso cortical, quanto do osso trabecular separadamente (Brunader e Shelton, 2002; Aranyarachkul et al., 2005; Santiago e Vitral, 2006; Tortorelli Júnior, 2007) e é considerado o método de escolha para determinação da DMO, uma vez que a TCQ emprega uma interpretação quantitativa dos valores derivados da escala de HU (Homolka et al., 2002; Santiago e Vitral, 2006).

O sistema de classificação da qualidade óssea radiográfica proposta por Lekholm e Zarb (1985) tem sido frequentemente usado para avaliação da qualidade óssea em locais de implantes; porém, como não é fácil distinguir um tipo de qualidade óssea de outra por esse método, mensuração de HU por CT e TCFC pode proporcionar avaliações mais objetivas da qualidade óssea (Lee et al., 2007), sendo que estudos como o de Aranyarachkul et al. (2005) encontraram significativa coincidência dos valores de HU obtidos de CT e TCFC com a

classificação de Lekholm e Zarb (1985). Já Tortorelli Júnior (2007) relatou que a TC e a densitometria óssea são considerados “padrão ouro” para avaliar o tecido ósseo, tanto quantitativamente quanto qualitativamente; portanto, no presente estudo, utilizou-se a TC Multislice como “padrão ouro” para comparação da avaliação objetiva da densidade tomográfica e da análise subjetiva realizadas nas imagens de TCFC. Quando comparados os valores de densidade obtidos por TCFC com os obtidos por TCMS, foi relatado que esses tendem a ser mais elevados na TCFC, embora a determinação dos valores de HU para cada método varie significativamente conforme descrito por Aranyarachkul et al. (2005).

Ao contrário da TCMS, na qual o tamanho do *voxel* é determinado pela colimação do feixe de raios X e pelo avanço da mesa do *gantry*, resultando em *voxels* anisotrópicos, na TCFC o tamanho do *voxel* é determinado pelo tamanho de cada *pixel* no receptor de imagem, gerando *voxels* isotrópicos, que resultam em imagens com nitidez superior (Scarfe et al., 2006; Soares et al., 2007). Diferente da TCMS, que pode fornecer informações sobre a DMO, a TCFC não é considerada confiável para avaliação da DMO, uma vez que os valores de pixel ou voxel obtidos das imagens de TCFC não são valores absolutos (Naitoh et al., 2010; Nomura et al., 2010) corroborando com Yoo e Yin (2006) e Hua et al. (2009), os quais relataram que devido à dispersão dos raios X e aos artefatos, valores de HU para TCFC não é um método válido para avaliação da qualidade óssea e contradizendo Marquezan et al. (2012a), que avaliaram a DMO mensurada em HU pela TCFC e descreveram que a DMO pode ser avaliada pela TCFC e também achados de Lai et al. (2010), que relataram que a TCFC é útil para analisar quantitativamente a DMO.

Entretanto, vários métodos tem sido propostos para avaliar a DMO na TCFC (Aranyarachkul et al., 2005; Hua et al., 2009; Naitoh et al., 2010), sendo que Naitoh et al. (2009) sugeriram que os valores de *voxels* da TCFC podem ser usados para estimar a DMO. A

qualidade da imagem da TCFC pode ser afetada por vários fatores, incluindo o FOV, resolução do voxel, morfologia do objeto e presença ou ausência de implantes metálicos na boca (Hsu et al., 2011); no entanto, foi utilizado o mesmo objeto e tamanho de FOV de acordo com o preconizado para a mandíbula em cada um dos dois tomógrafos utilizados nessa pesquisa.

Lagravere et al. (2008) afirmaram que há uma relação linear entre a densidade verdadeira e os valores de HU obtidos na TCFC, o que contradiz os achados de Isoda et al., 2012, os quais relataram que entre as várias desvantagens da TCFC, inclui-se os valores de densidade sem uma correlação linear para densidade óssea. Portanto, segundo esses autores, um método de avaliação objetiva da qualidade óssea ainda não foi estabelecido para TCFC, o que corrobora com os resultados desta pesquisa. Porém, segundo Katsumata et al., 2009, ainda é difícil o detector *flat panel* da TCFC produzir mensurações de valor de densidade precisos. Esses autores observaram ainda que diferentes tamanhos de FOV produziram diferentes densidades, o que pode levar a variações da densidade de um aparelho para outro de TCFC, embora nesse estudo tenha sido avaliado apenas um equipamento de TCFC.

Além da classificação subjetiva da qualidade óssea radiográfica proposta por Lekholm e Zarb (1985) usada para avaliação da qualidade óssea em locais de implantes, outros métodos de avaliação foram propostos, entre eles pode-se citar a análise qualitativa de Linkow em 1970 e a quantitativa estabelecida por Norton e Gamble (2001), os quais relacionaram valores de HU da TC a cada uma das quatro densidades subjetivas de Lekholm e Zarb (1985), já Aranyarachkul et al. (2005) relacionaram valores de HU da QTCFC e QCT e foi verificado que os valores de densidade encontrado na QTCFC e na QCT eram próximos; portanto, assim como Norton e Gamble (2001), os autores encontraram uma ampla gama de valores de HU para cada uma das quatro classe de classificação subjetiva.

Outro método bastante conhecido e adotado nessa pesquisa é a avaliação qualitativa e quantitativa proposta por Misch em 1990 e 1999, respectivamente, sendo a avaliação quantitativa de Misch semelhante à de Norton e Gamble (2001). É importante ressaltar que a classificação da densidade óssea de Misch (1990) é ligeiramente diferente daquela apresentada por Lekholm e Zarb (1985) para os tipos ósseos, pois Lekholm e Zarb (1985) avaliaram somente o osso na região anterior da maxila e da mandíbula; já a escala de densidade óssea de Misch (1990, 1999) avaliou também as regiões dos molares em ambos os maxilares.

Dependendo da localização e do tempo pelo qual uma área permaneceu edêntula, sua densidade será variável, porém existem áreas onde os tipos ósseos são mais comumente encontrados (Caúla et al., 2000; Misch, 2008b), havendo uma forte correlação entre as diferentes regiões da boca e as diferentes densidades ósseas (Norton e Gamble, 2001); entretanto, Santos (2010) corroborando os resultados dessa pesquisa, encontrou diferentes densidades em uma mesma área específica; porém, o reconhecimento das densidades ósseas e áreas anatômicas de inserção dos implantes podem influenciar no sucesso dos implantes (Motta, 2002).

Maior taxa de sucesso dos implantes é encontrada quando esses são inseridos em pacientes com boa qualidade e quantidade óssea (Becker et al., 1997) e, apesar da densidade óptica ser operador dependente, podendo apresentar divergências entre observadores, quando realizado por profissionais treinados, resulta em um excelente meio de diagnóstico, auxiliando nos planejamentos e nas indicações para tratamentos (Tortorelli Júnior, 2007), sendo que no presente estudo a avaliação subjetiva da TCFC pôde ser correlacionada com a da TCMS, não sendo observada diferença estatisticamente significativa entre a densidade óssea subjetiva avaliada nos dois equipamentos, sendo esses resultados semelhante aos encontrados por

Loubele et al. (2007). Assim como Norton e Gamble (2001) e Aranyarachkul et al. (2005), nesse trabalho foram realizadas as análises subjetivas para posteriormente serem feitas as análises objetivas, sendo que essa análise subjetiva pode ser realizada tanto em TCMS e TCFC quanto em exames convencionais, como descrito por Motta (2002), o qual realizou a avaliação subjetiva em radiografias panorâmicas.

Outro fator importante a ser considerado é que a densidade do osso influencia a quantidade de osso em contato com a superfície do implante (Caúla et al., 2000; Misch, 2008a), o que pode interferir com a estabilidade inicial do implante (Homolka et al., 2002; Marquezan, 2012b). Todavia, avaliações ósseas subjetivas obtidas a partir de TCMS ou TCFC, como realizadas nessa pesquisa, em combinação com os valores de resistência ao torque durante a inserção de implantes fornecem informações importantes sobre a estabilidade inicial do implante e, portanto a qualidade óssea é uma condição que requer avaliação antes da cirurgia de implante (Lee et al., 2007; Song et al., 2009).

A redução na dose de radiação nos tomógrafos de feixe cônico foi descrita por vários autores (Hatcher et al., 2003; Ludlow et al., 2006; Scarfe et al., 2006) como uma das principais vantagens desses tomógrafos em relação ao multislice, além da sua maior disponibilidade na Odontologia por se tratar de um tomógrafo específico para a região maxilofacial (Scarfe et al., 2006) e, portanto, o seu uso deve ser encorajado.

7 CONCLUSÃO

Diante das condições experimentais utilizadas nessa pesquisa e dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- A avaliação da densidade óssea mandibular por TCFC, quando realizada subjetivamente relacionou-se com a TCMS, o que não ocorreu em uma avaliação objetiva.
- A avaliação subjetiva pode ser considerada útil para avaliação antes da cirurgia de implantes.

8 REFERÊNCIAS *

Abrahams JJ, Kalyanpur A. Dental implants and Dental CT software programs, Semin, Ultrasound CT MR. 1995 Dec;16(6):468-86.

Andersson JE, Svart K. CT-canning in the preoperative planning of osseointegrated implants in the maxilla. Int J Oral Maxillofac Surg. 1988 Feb;17(1):33-5.

Aranyarachkul P, Caruso J, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Dus I, Yamada JM, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 2. Quantitative cone-beam computerized tomography. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005 May-Jun;20(3):416-24.

Batista FC, Batista Júnior EL, Fronza BR. O uso da tomografia computadorizada na implantodontia. BCI. 1999 Jan-Mar;6(1):65-70.

Becker W, Becker BE, Israelson H, Lucchini JP, Handelsman M, Ammons W, Rosenberg E, Rose L, Tucker LM, Lekholm U. One-step surgical placement of branemark implantes: a prospective multicenter clinical study. Int J Oral Maxillofac Implants. 1997 Jul-Aug;12(4):454-62.

Bergkvist G, Koh KJ, Sahlholm S, Klintström E, Lindh C. Bone density at implant sites and its relationship to assessment of bone quality and treatment outcome. Int J Oral Maxillofac Implants. 2010 Mar-Apr;25(2):321-8.

* Baseado em:

International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [homepage

na Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [disponibilidade em 2010 dez; citado em 03 dez.] Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html
 Brasil. Ministério da Saúde – protocolo clínico e diretrizes terapêuticas: osteoporose. [disponibilidade em 2012 ago; citado em 07 ago.] Disponível em : http://dtr2001.saude.gov.br/sas/dsra/protocolos/do_o28_01.pdf

Brunader R, Shelton DK. Radiologic bone assessment in the evaluation of osteoporosis. *Am Fam Physician*. 2002 Apr 1;65(7):1357-64.

Caúla AL, Machado FO, Barboza EP. Densidade Óssea no Planejamento em Implantodontia. *BCI – Revista Brasileira de Cirurgia e Implantodontia*. 2000 Abr-Jun;7(25):49-53.

Coelho E, Gallon S, Fedeli Júnior A. Estudo comparativo entre técnicas radiográficas para mensuração óssea mandibular em implantodontia. *BCI*. 1997 Apr-Jun;4(2):47-52.

Comandulli F, Dinato JC, Dutra V, Susin C. Correlação entre a radiografia panorâmica e tomografia computadorizada na avaliação das alturas ósseas no planejamento em impantodontia. *Cienc Odontol Bras*. 2005 Apr-Jun;8(2):54-9.

Correia A, Piloto P, Campos JCR, Vaz M. Finite element analysis of the mechanical behavior of a partially edentulous mandible as a function of cancellous bone density. *Rev Odonto Cienc*. 2009 Jan;24(1):22-7.

Corten FG, van 't Hof MA, Buijs WC, Hoppenbrouwers P, Kalk W, Corstens FH. Measurement of mandibular bone density ex vivo and in vivo by dual-energy X-ray absorptiometry. *Arch Oral Biol*. 1993 Mar;38(3):215-9.

Guedes AML, Faria MDB, Montebelo Filho A. Imagem multiplanar dos maxilares para o planejamento de implantes osteointegrados. *RBO*. 2000 May-Jun;57(3):192-4.

Guesdes FR. Precisão de Medidas Lineares em Imagens Tomográficas. [dissertação]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba (SP): UNICAMP - Univ Estadual de Campinas; 2005.

Hatcher DC, Dial C, Mayorga C. Cone beam CT for pre-surgical assessment of implant sites. *J Calif Dent Assoc.* 2003 Nov;31(11):825-33.

Homolka P, Beer A, Birkfellner W, Nowotny R, Gahleitner A, Tschabitscher M, Bergmann H. Bone mineral density measurement with dental quantitative CT prior to dental implant placement in cadaver mandibles: pilot study. *Radiology.* 2002 Jul;224(1):247-52.

Horner K, Devlin H, Alsop CW, Hodgkinson IM, Adams JE. Mandibular bone mineral density as a predictor of skeletal osteoporosis. *Br J Radiol.* 1996 Nov;69(827):1019-25.

Hsu JT, Chang HW, Huang HL, Yu JH, Li YF, Tu MG. Bone density changes around teeth during orthodontic treatment. *Clin Oral Investig.* 2011 Aug;15(4):511-9.

Hua Y, Nackaerts O, Duyck J, Maes F, Jacobs R. Bone quality assessment based on cone beam computed tomography imaging. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Aug;20(8):767-71. Epub 2009 May 27.

Iplikçioğlu H, Akça K, Çehreli MC. The use of computerized tomography for diagnosis and treatment planning in implant dentistry. *J Oral Implantol.* 2002;28(1):29-36.

Isoda K, Ayukawa Y, Tsukiyama Y, Sogo M, Matsushita Y, Koyano K. Relationship between the bone density estimated by cone-beam computed tomography and the primary stability of dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Jul;23(7):832-6. Epub 2011 May 5.

Jacobs R, Adriansens A, Naert I, Quirynen M, Hermans R, van Steenberghe. Predictability of reformatted computed tomography for pre-operative planning of endosseous implants. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999 Jan;28(1):37-41..

Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Arijji E, Langlais RP. Relationship between density variability and imaging volume size in cone-beam computerized tomographic scanning of the maxillofacial region: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Mar;107(3):420-5. Epub 2008 Aug 20.

Kazakia GJ, Majumdar S. New imaging technologies in the diagnosis of osteoporosis. *Rev Endocr Metab Disord.* 2006 Jun;7(1-2):67-74.

Kraut RA. A case for routine computed tomography imaging of the dental alveolus before implant placement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001 Jan;59(1):64-7.

Kuroda S, Mukohyama H, Kondo H, Aoki K, Ohya K, Ohyama T, Kasugai S. Bone mineral density of the mandible in ovariectomized rats: analyses using dual energy X-ray absorptiometry and peripheral quantitative computed tomography. *Oral Dis.* 2003 Jan;9(1):24-8.

Lagravère MO, Fang Y, Carey J, Toogood RW, Packota GV, Major PW. Density conversion factor determined using a cone-beam computed tomography unit NewTom QR-DVT 9000. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006 Nov;35(6):407-9.

Lagravère MO, Carey J, Ben-Zvi M, Packota GV, Major PW. Effect of object location on the density measurement and Hounsfield conversion in a NewTom 3G cone beam computed tomography unit. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Sep;37(6):305-8.

Lai RF, Zou H, Kong WD, Lin W. Applied anatomic site study of palatal anchorage implants using cone beam computed tomography. *Int J Oral Sci.* 2010 Jun;2(2):98-104.

Lee S, Gantes B, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites: 3. Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007 Mar-Apr;22(2):208-12.

Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparations. In: Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T. Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence; 1985. p. 199-209.

Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, van Steenberghe D. A comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam CT, spiral tomography, and multi-slice spiral CT. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007 May-Jun;22(3):446-54.

Ludlow JB, Laster WS, See M, Bailey LJ, Hershey HG. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007 Apr;103(4):534-42. Epub 2006 Aug 4.

Mahl CRW, Licks R, Fontanella VRC. Comparação dos índices morfométricos obtidos na radiografia odontológica panorâmica na identificação de indivíduos com osteoporose/osteopenia. *Radiol Bras*. 2008 Mai-Jun;41(3):183-7.

Marcantonio C, Padula FM, Freitas C, Panella J, Varoli OJ, Cann CE. Bone mineral density in the maxilla as determined by quantitative computerized tomography (QCT). *RPG Rev Pós Grad*. 1999 Abr-Jun;6(2):103-10.

Marquezan M, Osório A, Sant'Anna E, Souza MM, Maia L. Does bone mineral density influence the primary stability of dental implants? A systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Jul;23(7):767-74. Epub 2011 Jun 2.

Marquezan M, Lau TC, Mattos CT, da Cunha AC, Nojima LI, Sant'anna EF, de Souza MM, de Souza Araújo MT. Bone mineral density. *Angle Orthod*. 2012 Jan;82(1):62-6. Epub 2011 Jul 20.

Misch CE. Densidade óssea: fator determinante para o plano de tratamento. In: _____ *Implantes dentais contemporâneos*. 3^a ed. São Paulo: Santos, 2008. p. 130-46.

Misch CE. Densidade óssea: efeito sobre a abordagem cirúrgica e a cicatrização. In: _____ Implantes dentais contemporâneos. 3^a ed. São Paulo: Santos, 2008. p. 645-67.

Molen AD. Considerations in the use of cone-beam computed tomography for buccal bone measurements. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010 Apr;137(4 Suppl):S130-5.

Motta SHG. Avaliação clínica de sobrevida de três sistemas de implantes em diferentes densidades ósseas. [dissertação]. São Paulo (SP): Unicastelo; 2002.

Miyauchi FM. Densidade óssea alveolar em mulheres com periodontite na pré e pós-menopausa [dissertação]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba (SP): UNICAMP - Univ Estadual de Campinas; 2004.

Nackaerts O, Jacobs R, Devlin H, Pavitt S, Bleyen E, Yan B, Borghs H, Lindh C, Karayianni K, van der Stelt P, Marjanovic E, Adams JE, Horner K. Osteoporosis detection using intraoral densitometry. Dentomaxillofac Radiol. 2008 Jul;37(5):282-7.

Naitoh M, Hirukawa A, Katsumata A, Arijii E. Evaluation of voxel values in mandibular cancellous bone: relationship between cone-beam computed tomography and multislice helical computed tomography. Clin Oral Implants Res. 2009 May;20(5):503-6. Epub 2009 Feb 25.

Naitoh M, Hirukawa A, Katsumata A, Arijii E. Prospective study to estimate mandibular cancellous bone density using large-volume cone-beam computed tomography. Clin Oral Implants Res. 2010 Dec;21(12):1309-13.

Nomura Y, Watanabe H, Honda E, Kurabayashi T. Reliability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. Clin Oral Implants Res. 2010 May;21(5):558-62.

Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. Clin Oral Implants Res. 2001 Feb;12(1):79-84.

Patullo IMF, Youssef JA, Pasqualucci CA. Estudo da densitometria óssea mandibular frente à supressão de estrogênio. JBA. 2002 Out-Dez;2(8):300-5.

Santiago RC, Vitral RWF. Métodos de avaliação da densidade mineral óssea e seu emprego na odontologia. Pesq Bras Odontoped Clin Integr. 2006 Set-Dez;6(3):289-94.

Santos AA. A qualidade óssea da mandíbula no edentulismo avaliadas por tomografia computadorizada. [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade do Vale do Paraíba; 2010.

Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. JCDA. 2006 Feb;72(1):75-80.

Shimura M, Babbush CA, Majima H, Yanagisawa S, Sairenji E. Presurgical evaluation for dental implants using a reformatting program of computed tomography: Maxilla/Mandible Shape Pattern Analysis (MSPA). Int J Oral Maxillofac Implants. 1990 Feb;5(2):175-81.

Soares MG, Tanaka JLO, David SMN, David AF, Moraes MEL, Dedicifilho E. Tomografia convencional, computadorizada e computadorizada volumétrica com tecnologia cone beam. Espelho Clínico. 2007; 9:7-12.

Song YD, Jun SH, Kwon JJ. Correlation between bone quality evaluated by cone-beam computerized tomography and implant primary stability. Int J Oral Maxillofac Implants. 2009 Jan-Feb;24(1):59-64.

Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. Dentomaxillofac Radiol. 2008 Jan;37(1):10-7.

Tal H, Moses O. A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planning of implant surgery. Dentomaxillofac Radiol. 1991 Feb;20(1):40-2.

Tortorelli-Júnior J. Avaliação comparativa entre a densidade óptica da mandíbula e o T-score do fêmur e da coluna vertebral, obtido por meio de densitometria óssea, em pacientes candidatas a implantes dentários. [tese]. São Paulo (SP): UNIFESP - Univ Fed de São Paulo; 2007.

von Wowern N. General and oral aspects of osteoporosis: a review. Clin Oral Investig. Clin Oral Investig. 2001 Jun;5(2):71-82.

von Wowern N, Westergaard J, Kollerup G. Bone mineral content and bone metabolism in young adults with severe periodontitis. J Clin Periodontol. 2001; J Clin Periodontol. 2001 Jun;28(6):583-8.

Yang J, Cavalcanti MGP, Ruprecht A, Vannier MW. 2-D and 3-D reconstruction of spiral computed tomography in localization of the inferior alveolar canal for dental implants. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1999 Mar;87(3):369-74.

Ylikontiola L, Moberg K, Huuonen S, Soikkonen K, Oikarinen K. Comparison of three radiographic methods used to locate the mandibular canal in the buccolingual direction before bilateral sagittal split. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002 Jun;93(6):736-42.

Yoo S, Yin FF. Dosimetric feasibility of cone-beam CT-based treatment planning compared to CT-based treatment planning. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2006 Dec 1;66(5):1553-61. Epub 2006 Oct 23.

ANEXO A – Certificado do comitê de ética em pesquisa

| Andamento do projeto - CAAE - 0145.0.189.000-11 | | | | |
|--|----------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Título do Projeto de Pesquisa COMPARAÇÃO DA DENSIDADE ÓSSEA MANDIBULAR POR DIFERENTES MEIOS DE AQUISIÇÃO DE IMAGEM | | | | |
| Situação | Data Inicial no CEP | Data Final no CEP | Data Inicial na CONEP | Data Final na CONEP |
| Aprovado no CEP | 09/11/2011 17:05:30 | 24/11/2011 09:27:47 | | |
| Descrição | Data | Documento | Nº do Doc | Origem |
| 2 - Recebimento de Protocolo pelo CEP (Check-List) | 09/11/2011 17:05:30 | Folha de Rosto | 0145.0.189.000-11 | CEP |
| 1 - Envio da Folha de Rosto pela Internet | 09/11/2011 11:55:30 | Folha de Rosto | FR478499 | Pesquisador |
| 3 - Protocolo Aprovado no CEP | 24/11/2011 09:27:47 | Folha de Rosto | 0145/2011 | CEP |

Milagres RMC. Mandibular bone density assessment by computed tomography: multislice and cone beam [doctorate thesis]. São José dos Campos: School of Dentistry of São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2012.

ABSTRACT

Ten macerated.edentulous human mandibles were selected. The mandibles were submitted to multislice computed tomography (MSCT) and cone beam computed tomography (CBCT). Objective and subjective assessments were performed to compare the optical density (OD) obtained by two tomographs. Additionally, the bone mineral density (g / cm²) of the mandibles was evaluated by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA). The region corresponding to the incisors, canines, premolars and molars (left and right) in each mandible was selected and a tomographic guide was created. The mandibles were placed in an acrylic box, which was filled with water to attenuate the X-ray beam and simulate the presence of soft tissue. The mandibles were placed in tomographs reproducing the anatomical position normally used to obtain images of patients. After image reconstruction, the subjective assessment of predetermined areas was performed to classify the bone according to the bone density index (D1, D2, D3 and D4) proposed by Misch (1990). Then, the bone density was also evaluated with the software of tomographs. For objective assessment, in both tomographs, it was selected the area of bone marrow without involvement of cortical bone, immediately above of the mandibular canal (premolar and molar areas) and near the superior cortical (incisor and canine areas). The OD data obtained with objective and subjective assessments were statistically analyzed (Student's t-test and Mann-Whitney test, respectively; $p < 0.05$). It was observed that (i) the DEXA values can not be used for mandibles, since there is not a T-score determined for this region; (ii) the objective assessment performed by the "shape region" tool of CBCT software was not correlated with HU values determined by MSCT software; (iii) there is a correlation between subjective assessments of CBCT and TMCT images, indicating that this method can be appropriated for preoperative evaluation in implant surgery.

Keywords: X-ray computed tomography; Cone beam computed tomography; X-ray absorptiometry; Bone density.