JÉSSICA RABELO MINA ZAMBRANA

**Análise da qualidade óssea em sítios de implantes a partir de dados cirúrgicos
e parâmetros de estrutura óssea trabecular obtidos em imagens
de tomografia computadorizada de feixe cônico**

São Paulo
2020

JÉSSICA RABELO MINA ZAMBRANA

**Análise da qualidade óssea em sítios de implantes a partir de dados cirúrgicos
e parâmetros de estrutura óssea trabecular obtidos em imagens
de tomografia computadorizada de feixe cônico**

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Diagnóstico Bucal, Radiologia Odontológica e Imaginologia), para obter o título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Costa

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Zambrana, Jéssica Rabelo Mina.

Análise da qualidade óssea em sítios de implantes a partir de dados cirúrgicos e parâmetros de estrutura óssea trabecular obtidos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico / Jéssica Rabelo Mina Zambrana ; orientador Claudio Costa. -- São Paulo, 2020.

95 p. : fig., tab., graf. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Diagnóstico Bucal, Radiologia Odontológica e Imaginologia -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida.

1. Qualidade óssea. 2. Dimensão fractal. 3. Intensidade de pixel. 4. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 5. Torque de inserção. 6. Frequência de ressonância. 7. Implantes dentários. I. Costa, Claudio. II. Título.

Zambrana JRM. Análise da qualidade óssea em sítios de implantes a partir de dados cirúrgicos e parâmetros de estrutura óssea trabecular obtidos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: 05/06/2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jorge de Sá Barbosa

Instituição: UNIMES

Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a).Daniela Miranda Richarte de Andrade Salgado

Instituição: FO-USP

Julgamento: Aprovada

Prof. Dr. Sergio Lucio Pereira de Castro Lopes

Instituição: UNESP- SJC

Julgamento: Aprovada

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que acreditaram em mim, que me apoiaram e que me encorajaram a trilhar nessa jornada.

Minha família, meu grande alicerce e minha base de vida, sem vocês nada seria.

Meu pai, meu guia, meu grande exemplo de ser humano; me ensinou a ser uma pessoa grata e humilde acima de tudo; me mostrou como podemos alcançar tudo que almejamos com força de vontade e garra; tenho orgulho de ser sua filha e ter me mostrado todas as possibilidades que podemos ter;

Minha mãe, por sempre me apoiar em todas minhas escolhas e acreditar no meu potencial.

Meus irmãos, Nataly e André, meus companheiros de vida, de alma; sem vocês não teria conseguido chegar até aqui, todo o apoio e todo o reconhecimento que vocês tem por mim me encorajaram e me mostraram que eu consigo;

Meu namorado e companheiro de vida, agradeço por acreditar em mim e me apoiar nas minhas decisões mais importantes da vida; agradeço pelo carinho, amor e compreensão em dias difíceis e estressantes.

Aos meus sobrinhos, Alice e Lucas, que são meus filhos de coração; são meu combustível para conseguir finalizar, pelo carinho e amor de sempre.

Às minhas amigas de infância, que sempre me apoiam, incentivam e acreditam no meu potencial (mesmo achando minhas escolhas uma loucura), obrigada pela compreensão e carinho.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores de Radiologia da Universidade de São Paulo meus sinceros agradecimentos por todo conhecimento compartilhado.

Em especial ao meu orientador e amigo, Prof. Claudio Costa, agradeço todo carinho e orientação por todos os anos que nos conhecemos. Ganho o melhor presente no final deste curso, um grande amigo.

Agradeço aos meus colegas de pós-graduação do programa de Diagnóstico Bucal da Universidade de São Paulo por todo o apoio e companheirismo nesta jornada.

Aos funcionários da Universidade de São Paulo, agradeço o empenho nestes anos de vivência.

Agradeço especialmente à Maria Aparecida (Cidinha), secretária do Departamento de Radiologia, da Universidade de São Paulo, a vida põe nas nossas vidas anjos que auxiliam a enfrentar nossos obstáculos com mais suavidade e você sem dúvida alguma é um desses anjos Cidinha, agradeço com todo meu coração por todo amor que têm por nós.

Agradeço de coração o empenho da bibliotecária Glauci em ajudar na formatação e rapidez para o curto prazo que tinha.

Aos meus amigos da pós- graduação que tive o prazer de conhecer e tê-los como amigos, Rodrigo, Edu, Henrique, Shalo,.

À minha irmã Nataly que me ajudou em toda a parte estatística e, em todo o processo do trabalho.

Ao meu amigo e colega da pós- graduação, Rodrigo que contribuiu grandemente para o conteúdo de todo o trabalho.

Às minhas irmãzinhas que a pós-graduação me deu, Dani e Aninha, foram essenciais nesses últimos meses, sempre aptas à me ajudar e me apoiar, certeza que a amizade perdurará para a vida.

Agradeço a bibliotecária Glauci Fidélis pela revisão da formatação da tese.

Agradeço a Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo pela estrutura e apoio durante a minha formação, promovendo tanto meu crescimento profissional quanto pessoal.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

"Os sete pecados capitais responsáveis pelas injustiças sociais são: riqueza sem trabalho; prazeres sem escrúpulos; conhecimento sem sabedoria; comércio sem moral; política sem idealismo; religião sem sacrifício e ciência sem humanismo."

Mahatma Gandhi

RESUMO

Zambrana JRM. Análise da qualidade óssea em sítios de implantes a partir de dados cirúrgicos e parâmetros de estrutura óssea trabecular obtidos em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2020. Versão Corrigida.

A análise da qualidade óssea é um fator imprescindível para o sucesso do tratamento de implantes. Este estudo propôs uma avaliação do tecido ósseo em imagens de Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico (TCFC) após cirurgias de implantes, correlacionando com análises das Dimensões Fractais (DF), Intensidade de pixel (IP) e análises de estabilidade primária de implantes - Frequência de Ressonância (AFR) e Torque de Inserção (TI) e, verificou possível associação com o Índice de Qualidade Óssea subjetivo (IQO). Foram analisadas 846 regiões de interesse, com média de idade de $58,27 \pm 10,5$ anos, cujas imagens e prontuários pertenciam ao banco de dados do Laboratório para Análise e Processamento de Imagens (LAPI-FOUSP). Os dados cirúrgicos (AFR e TI) foram obtidos no ato da instalação dos implantes, os dados quantitativos (DF, IP) obtidos das imagens tomográficas após a instalação dos implantes e, os dados qualitativos (IQO) foram analisados por dois observadores experientes na área. Foram realizados os testes estatísticos de Correlação de Pearson, Teste de Kolmogorov-Smirnov, Levene, ANOVA, Regressão Linear Múltipla e Qui-Quadrado, com nível de significância de 95% ($p < 0,05$). Os resultados mostraram correlações significantes entre TI e AFR_MD e VL respectivamente ($r=0.267$ e $r=0.284$); TI e IP cervical ($r=0.259$); TI e IP médio ($r=0.268$); TI e DF cervical ($r=0.233$); AFR e IP médio ($r=0.229$); AFR e IP apical ($r=0.263$); IP cervical e IP Médio ($r=0.596$); IP médio e IP apical ($r=0.309$); IP médio e DF médio ($r=-0.142$); IP apical e DF cervical ($r=0.329$). O teste ANOVA identificou diferença significativa ($p < 0,05$) para as médias das variáveis IP Médio, DF Médio e AFR entre as arcadas superior e inferior. Na análise de Regressão Linear múltipla, destacou-se que as variáveis DF Médio e DF cervical são úteis para prever o torque de inserção. A análise de IQO subjetiva apresentou concordância razoável entre os observadores. O estudo concluiu que diante dos fatos apresentados a análise da qualidade óssea pode ser categorizada

detalhadamente de acordo com as regiões coronais, médias e apicais, uma vez que cada região apresenta trabeculado ósseo e cortical diferentes. Os parâmetros de análise de estrutura óssea como DF e IP podem ser considerados métodos não invasivos pré-operatórios eficazes para o planejamento de implantes por meio de imagens tomográficas.

Palavras-chave: Qualidade Óssea. Dimensão Fractal. Intensidade de Pixel. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Torque de Inserção. Frequência de Ressonância. Implantes Dentários

ABSTRACT

Zambrana JRM. Bone quality analysis at implant sites through surgical data and trabecular bone structure parameters obtained on Cone Beam Computed Tomography images [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2020. Versão Corrigida.

Bone quality analysis is an essential factor for the success of implant treatment. This study proposed a bone tissue evaluation on Cone Beam Computed Tomography (CBCT) images after implant surgery, correlating with analyzes of Fractal Dimension (FD), Pixel Intensity (PI), analysis of primary implant stability - Resonance Frequency (RF), Insertion Torque (IT) and verifying a possible association with the subjective Bone Quality Index (BQI). 94 regions of interest of 46 patients were analyzed, with a mean age of 58.27 ± 10.5 years, whose images and medical records belonged to the database of the Laboratory for Image Analysis and Processing (LAPI-FOUSP). The surgical data (RF and IT) was obtained during the implant installation, the quantitative data (FD, PI) was obtained from tomographic images acquired after implant installation, and the qualitative data (BQI) was analyzed by two experienced observers in the area. Pearson's Correlation, Kolmogorov-Smirnov, Levene, ANOVA, Multiple Linear Regression and Chi-Square for related samples tests were performed with a significance level of 95% ($p < 0.05$). The results showed significant correlation between IT and RF ($r = 0.267$ and $r = 0.284$); IT and cervical PI ($r = 0.259$); IT and middle PI ($r = 0.268$); IT and cervical FD ($r = 0.233$); RF and middle PI ($r = 0.229$); RF and apical PI ($r = 0.263$); Cervical PI and middle PI ($r = 0.596$); middle PI and apical PI ($r = 0.309$); middle PI and middle FD ($r = -0.142$); Apical PI and cervical FD ($r = 0.329$). The ANOVA test identified significant difference ($p < 0.05$) on the means of the variables: Middle PI, Middle FD and RF between the upper and lower arches. The multiple linear regression highlighted that the variables middle FD and cervical FD are useful to predict the insertion torque. The subjective BQI analysis showed reasonable agreement between the observers. This study concluded that, given the presented facts, the analysis of bone quality can be categorized in detail according to coronal, middle and apical regions, since each region presents different bone and cortical trabeculae. Bone structure analysis parameters such as FD and PI can be

considered effective preoperative non-invasive methods for implant planning through tomographic images.

Keywords: Bone quality. Fractal dimension. Pixel Intensity. Cone Beam Tomography. Insertion Torque. Resonance Frequency. Dental Implants

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	Classificação de densidade óssea segundo Misch	29
Figura 2.2 -	Classificação de qualidade óssea para regiões anteriores dos maxilares Segundo Lekholm e Zarb.....	30
Figura 2.3 -	Região de interesse do osso alveolar em imagem radiográfica digitalizada	35
Figura 2.4 -	Esquema da metodologia proposta por White e Rudolph	37
Figura 4.1 -	ORTHOPHOS XG 3D	46
Figura 4.2 -	Torquímetro.....	47
Figura 4.3 -	Osstell®	47
Figura 4.4 -	SmartPeg®.....	48
Figura 4.5 -	Utilização do Osstell.....	48
Figura 4.6 -	Interface do Software On Demand Dental	49
Figura 4.7 -	Cortes longitudinais com os ROIs pré-determinados	50
Figura 4.8 -	Processo que cada ROI passou para o cálculo da DF.....	51
Figura 4.9 -	Painel para seleção dos parâmetros para calcular a DF no plugin FracLac	52
Figura 4.10 -	Exemplo do resultado da análise histograma.....	53
Figura 4.11 -	Classificação de qualidade óssea revisada	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 - Distribuição e frequência de gênero entre os participantes	57
Gráfico 5.2 - Frequência de ROI entre as arcadas Superior (1) e Inferior (2)	58
Gráfico 5.3 - Correlações Significantes de variáveis	67
Gráfico 5.4 - Histograma da variável dependente Torque	72
Gráfico 5.5 - Normal de Regressão Resíduos	73
Gráfico 5.6 - Gráfico de dispersão	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Estatística Descritiva entre as variáveis.....	59
Tabela 5.2 – Teste de normalidade.....	60
Tabela 5.3 – Homogeneidade das variâncias.....	60
Tabela 5.4 – Teste de ANOVA entre variáveis: Arcadas Superior - Inferior.....	61
Tabela 5.5 – Correlação de Pearson.....	63
Tabela 5.6 – Regressão Linear Múltipla.....	69
Tabela 5.7 – Tabela de ANOVA para Regressão.....	70
Tabela 5.8 – Coeficientes da Regressão.....	71
Tabela 5.9 – Estatísticas de resíduos da Regressão Linear Múltipla.....	71
Tabela 5.10 – Análise de Qui-Quadrado entre as variáveis e IQO.....	75
Tabela 5.11 – Coeficiente de concordância Kappa.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFR	Análise de Frequência de Ressonância
Bits	Dígito Binário
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
cm	Centímetro
DF	Dimensão Fractal
DMO	Densidade mineral óssea
DICOM	Digital Imaging and Communication in Medicine
FOV	Field of view- Campo de Visão
Hz	Hertz
HU	Hounsfield Units – Unidades de Hounsfield
IP	Intensidade de pixel
IQO	Índice de Qualidade Óssea
ISQ	Quociente de estabilidade primária
kVp	Quilovoltagem
mA	Miliamperagem
micro-CT	Microtomografia
mm	Milímetro
N/cm	Newton por Centímetro
Pixel	Picture elements – elemento de imagem
ROI	Region of interest- Região de Interesse
s	Segundos
TI	Torque de Inserção
TCH	Tomografia Computadorizada Helicoidal
TCM	Tomografia Computadorizada Multislice
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
Voxel	volume elements- Volume da imagem
VTC	Valor de Tons de Cinza

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1	Planejamento a partir da TCFC.....	27
2.2	Densidade mineral óssea e Qualidade óssea	29
2.3	Estabilidade óssea e longevidade de implantes	32
2.4	Análise da dimensão Fractal e Qualidade óssea.....	34
3	PROPOSIÇÃO	43
4	MATERIAL E MÉTODOS	45
4.1	Seleção da amostra.....	45
4.2	Aquisição de imagem.....	45
4.3	Dados Cirúrgicos.....	46
4.4	Avaliação de imagem tomográfica.....	49
4.5	Análise da dimensão fractal do osso alveolar.....	50
4.6	Intensidade de pixel (valores de tons de cinza).....	52
4.7	Avaliação da Qualidade Óssea Subjetiva	53
4.8	Análise estatística.....	54
5	RESULTADOS	57
6	DISCUSSÃO	79
7	CONCLUSÃO	83
	REFERÊNCIAS.....	85
	ANEXOS	91

1 INTRODUÇÃO

Mesmo com o constante aprimoramento da saúde bucal nas últimas décadas, a perda dental continua sendo um importante problema de saúde pública.

O osso alveolar é um órgão capaz de mudar em relação à alguns fatores, incluindo hormônios, vitaminas e influências mecânicas. A reabilitação da função oral utilizando implantes dentários é clinicamente efetiva e altamente previsível (1).

O sucesso e longevidade de implantes dentais dependem de aspectos como a superfície do implante, estabilidade óssea primária, configuração da rosca, design do implante e tipo ósseo pré estabelecido.

Sabe-se que o processo de osseointegração ocorre a partir da ausência de micro movimentos durante a fase de reparação óssea, portanto a avaliação da densidade óssea no futuro sítio de implantes tornou-se imprescindível.

A qualidade óssea compreende tanto estrutura externa (osso cortical) quanto estrutura interna (osso trabecular) e, é dependente de acordo com sua posição no arco seja na maxila ou mandíbula; portanto a escolha de um plano de tratamento ideal depende do tipo ósseo de cada região visando sobretudo a longevidade do tratamento de implantes.

A percepção da qualidade óssea do sítio de implante no momento da osteotomia é subjetiva e baseia-se na avaliação, geralmente realizada por inspeção visual e tátil, no momento da cirurgia de implantes, além de sobretudo a experiencia do cirurgião e também a classificação do tipo ósseo, segundo Misch (1988)(2) e Lekholm & Zarb (1985) (2).

Atualmente, a avaliação da qualidade óssea é verificada no momento cirúrgico, com o auxílio do torque de inserção e análise de frequência de ressonância como métodos preditivos da estabilidade óssea primária, contudo são métodos trans-cirúrgicos, que por sua vez, não auxilia no planejamento pré-operatório.

Um método matemático denominado análise da dimensão fractal (DF), mencionado por Mandelbrot (1977)(3), foi sugerido para analisar a arquitetura do osso trabecular, pois consiste de um método de avaliação de estruturas complexas. Também é utilizada em diversas áreas como engenharia, geofísica assim como na medicina, para avaliar contornos celulares, ramificação pulmonar, dentre outros (4).

Na odontologia, a DF tem sido utilizada para avaliar os padrões estruturais e a textura a partir de radiografias, por sua capacidade de modelar estruturas naturalmente complexas (5).

Em tratamento de implantes, a análise da DF tem sido utilizada para avaliar as características relacionadas à superfície de implantes dentários e análise de padrões ósseos trabeculares a partir de radiografias (6).

Com o auxílio da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) é possível prever e planejar o plano de tratamento; a partir de um software de planejamento é possível realizar mensurações do volume ósseo, a correta inclinação e posição do futuro implante, entretanto, a avaliação da qualidade óssea e densidade ainda é pouco explorada.

Sabe-se que é necessário um método de avaliação pré-cirúrgico objetivo e confiável para se obter uma previsão do processo de osseointegração do sítio ósseo pré-implantar (7).

O planejamento reabilitador ideal visa a avaliação dos sítios de implantes diante de aspectos como a quantidade de volume ósseo, posicionamento e inclinação dos implantes, assim como seu diâmetro e comprimento; a qualidade do volume ósseo, grau de mineralização de tecido ósseo trabecular e as estruturas nobres adjacentes aos futuros implantes.

Diante dos fatos apresentados, ainda não há resultados na literatura que apresentem métodos objetivos de avaliação da obtenção da qualidade óssea em exames de imagem pré-operatórios que visam o sucesso do tratamento reabilitador. Assim, podemos indagar, se os exames de imagem, em conjunto com as ferramentas disponibilizadas por software poderiam predizer o tipo ósseo, auxiliando de uma forma mais objetiva.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Planejamento a partir da Tomografia Computadorizada de Feixe cônico

Os fatores chave para o sucesso do tratamento de implantes são dependentes entre pacientes e procedimentos clínicos, como saúde geral, biocompatibilidade do material do implante, natureza microscópica e macroscópica do sítio do implante, procedimento cirúrgico e a qualidade e quantidade óssea local (4).

Cada tipo ósseo propõe um plano de tratamento para se obter o sucesso do tratamento; tanto a maxila quanto a mandíbula possuem funções biomecânicas diferentes, portanto apresentam diferenças macroscópicas e microscópicas entre si.

Sabe-se que exames por imagem são primordiais e são utilizados para o planejamento de implantes, para isso são necessários métodos quantitativos e qualitativos para a avaliação do sítio ósseo remanescente. Vários autores buscam avaliar a qualidade e quantidade ósseas sob diferentes aspectos metodológicos (8).

A TCFC é o exame por imagem mais utilizado para o tratamento de implantes na atualidade devido à sua fácil aplicabilidade, custo e à menor exposição à radiação comparado à Tomografia computadorizada Helicoidal (TCH) e, por estar cada vez mais presente na Odontologia fornecendo exames em alta resolução (9).

Para o planejamento de implantes torna-se necessário avaliar estruturas anatômicas adjacentes no complexo maxilomandibular, como a proximidade da crista alveolar e o canal da mandíbula e, sobretudo evitar possíveis injúrias, como o comprometimento do nervo alveolar inferior; a perfuração da cortical lingual, dentre outras intercorrências; assim como na maxila, atenção às estruturas anatômicas pertinentes como canal nasopalatino e a contiguidade com o seio maxilar, e por fim uma criteriosa avaliação da densidade e a qualidade do osso (10).

No entanto, até o momento, o foco tem sido principalmente a precisão da medição da quantidade óssea (largura e altura dos ossos alveolares), visualização de acidentes anatômicos e cirurgia virtual guiada (11, 12).

Sabe-se que estimar unidades Hounsfield (UH) em TCFC pode não ser apropriado devido à aspectos inerentes à técnica como a radiação dispersa, ruído

de imagem e os diferentes tipos de artefatos, uma vez que os valores dos tons de cinzas (VTC) não tem escalas conhecidas, comparado à escala de HU (13).

Por outro lado, alguns autores descrevem que as imagens da TCFC são altamente confiáveis e precisas para avaliar a microestrutura óssea trabecular em planejamentos para implantes dentais. Uma vez que, a alta resolução espacial da TCFC permite a avaliação da estrutura óssea cortical e trabecular, que por sua vez pode ser avaliada pela qualidade óssea ao invés da densidade óssea para prever o sucesso do implante (14).

Vários autores têm relatado o uso de valores de intensidade de pixel ou voxel provenientes da atenuação de raios-X da TCFC como uma medida para avaliar a densidade óssea radiográfica (9),(15), todavia sabe-se que o espalhamento e os artefatos de imagem podem influenciar nas avaliações de densidade (12, 16, 17).

Em 2017, Van Dessel et al. (18) avaliaram se a TCFC poderia ser utilizada para avaliação da qualidade óssea alveolar e se é clinicamente confiável em comparação com suas alternativas clínicas, a tomografia computadorizada multislice (TCM) e o padrão-ouro (micro-TC). Utilizaram seis ossos mandibulares dentados e foram digitalizadas com sete equipamentos de TCFC usando dois protocolos (padrão e de alta resolução). As imagens TCM e TCFC foram automaticamente alinhadas espacialmente na micro-TC. Um volume de interesse foi delineado manualmente na imagem de micro-CT e sobreposto nos outros dispositivos de digitalização. As estruturas ósseas alveolares foram extraídas automaticamente usando o algoritmo de limiar adaptativo. Com base nas imagens binárias resultantes, uma quantificação morfométrica automática em 3D foi realizada em um programa de análise de TC. Os erros de confiabilidade e medição foram calculados para cada modalidade em comparação com o micro-CT (padrão-ouro). Os resultados superestimaram em todos os aparelhos comparados ao micro-CT. No entanto, o padrão estrutural do osso alveolar permaneceu semelhante ao do micro-CT para 5 aparelhos tomográficos. Por outro lado, 2 aparelhos de TCFC e o TCM utilizando resolução padrão e alta exibiram uma quantidade óssea superestimada e um padrão estrutural aberrante em comparação com outros aparelhos. Concluíram que a maioria dos aparelhos de TCFC pode ser capaz de avaliar quantitativamente a qualidade do osso alveolar, com um nível de precisão e confiabilidade que se aproxima da micro-TC. Portanto, pode ser utilizado como ferramenta clínica quando houver necessidade a reabilitação de implantes em mandíbula.

2.2 Densidade mineral óssea e Qualidade óssea

Entre as características ósseas, a densidade mineral óssea (DMO) e a microestrutura trabecular são as mais fortes preditoras da resistência óssea, e estão relacionadas à fatores como geometria do osso e qualidade óssea (19).

A DMO envolve quantidade de osso cortical e qualidade do osso trabecular a partir da estrutura de um tecido ósseo (19).

O osso cortical e trabecular são constantemente modificados por modelação e remodelação. A modelação ocorre em locais independentes de formação e reabsorção, e resulta na mudança da forma ou tamanho do osso. A remodelação é um processo de reabsorção e formação no mesmo local, onde há substituição de um osso previamente existente, e afeta principalmente a renovação interna do osso, incluindo a região de dentes perdidos ou o osso próximo ao implante (20).

Em 1985, Lekholm e Zarb (2) listaram quatro qualidades ósseas encontradas nas regiões do osso maxilar. A tipo 1 era composta de osso cortical homogêneo; tipo 2 apresentava uma espessa camada de osso compacto ao redor de um núcleo de osso trabecular denso; tipo 3 exibía uma fina camada de osso cortical ao redor de um osso trabecular denso de resistência favorável e a tipo 4 mostrava uma fina camada de osso cortical ao redor de um núcleo de osso trabecular de baixa densidade (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Classificação de qualidade óssea para regiões anteriores dos maxilares Segundo Lekholm e Zarb (2)

Fonte: Misch (2)

Misch (2), propôs quatro grupos de densidade óssea sem considerar as regiões que ocupavam nos maxilares, com base nas características macroscópicas durante a fase cirúrgica dos ossos cortical e trabecular; como D1: osso cortical denso; D2: osso cortical denso, espesso e poroso na margem e trabecular grosso no seu interior; D3: margem cortical porosa mais fina e um osso trabecular fino no seu interior e D4: osso cortical muito fino quase inexistente na crista óssea e osso trabecular fino de baixa resistência (Figura 2.2).

Figura 2.2 - Classificação de densidade óssea segundo Misch (2)

Fonte: Misch (2)

Em 2004, Lindh et al. (21) enfatizaram que a densidade óssea e qualidade óssea não são sinônimos. A qualidade óssea engloba não somente o conteúdo mineral, mas diferentes fatores como o tamanho do osso, da arquitetura e orientação 3D da trabécula e propriedades da matriz.

Recentemente a quantidade e qualidade óssea têm sido sugeridas como um dos principais fatores que influenciam no sucesso do tratamento de implantes (22), (23).

A chance de falha de um implante dental em um osso de má qualidade é a maior preocupação, deve-se ter cuidado quando o sítio ósseo é de baixa densidade (D4) e também osso de alta densidade (D1) para evitar o aquecimento do tecido ósseo durante a perfuração (24).

A densidade óssea pode ser determinada pelo senso tátil durante a cirurgia, pela localização geral, ou pela avaliação radiográfica. O osso D1 quase nunca é observado na maxila e raramente é observado na maior parte das mandíbulas; o osso D2 é mais comumente observado nas regiões anteriores de mandíbulas; o

osso D3 é encontrado nas regiões anteriores de maxila e regiões posteriores de mandíbula; o osso D4 é frequentemente encontrado na região posterior da maxila (20, 25).

Normalmente a densidade óssea é avaliada durante a fase cirúrgica com o auxílio do torque de inserção (TI) e da análise de frequência de ressonância (AFR). Entretanto são métodos eficazes porém ocorre durante a fase cirúrgica, sendo obsoleto no planejamento prévio (21).

Uma revisão sistemática recente e vários ensaios clínicos (26) afirmaram que a colocação de implantes dentários em áreas ósseas de qualidades inferiores e/ ou sem volume ósseo adequado de acordo com a classificação Lekholm & Zarb pode aumentar significativamente as taxas de falha. No entanto, outros pesquisadores relataram falta de precisão no atual sistema de classificação. Isso ocorre porque os tipos de osso 1 e 4 podem ser distinguíveis um do outro, mas os tipos de osso 2 e 3 podem ser indistinguíveis (25).

Desta forma, é de extrema importância padronizar um sistema de classificação consistente para as características do tecido ósseo, bem como a descrição de um método de avaliação pré-operatória objetiva do tecido ósseo e para isso obter melhor precisão de diagnóstico e prognóstico (27).

Em 2018, Al-Ekrish et al. (25) propuseram uma classificação revisada de Lekholm e Zarb (2) levando em consideração todas as combinações possíveis de ossos compactos e trabeculares fornecendo diretrizes para maior reprodutibilidade da classificação. Sugeriram três novas classes que foram adicionadas à classificação anterior. As novas classes foram designadas como subclasses dos ossos tipo 2 e 3, como Tipo 2b: Camada espessa de osso compacto que envolve um núcleo de osso trabecular de densidade média; Tipo 2c: camada espessa de osso compacto ao redor de um núcleo de osso trabecular de baixa densidade; e Tipo 3b: fina camada de osso compacto circundando um núcleo de osso trabecular de média densidade. Três diretrizes de interpretação foram recomendadas para aumentar a reprodutibilidade da classificação revisada. Três examinadores experientes foram treinados usando a classificação revisada e receberam imagens seccionais de tomografia computadorizada (TC) de maxilares desdentados para classificação. Cada examinador classificou as imagens duas vezes com intervalo de pelo menos 1 semana. Concluíram que devido à alta reprodutibilidade da classificação revisada proposta por Lekholm e Zarb (2), obtida no estudo, sugere eficácia na distinção entre

as várias combinações de osso compacto e trabecular.

As imagens tridimensionais da TCFC têm sido raramente utilizadas para avaliar a qualidade óssea, alguns autores relatam da importância das microestruturas ósseas trabeculares para estimar parâmetros de qualidade óssea e, assim podem prever o sucesso de um implante dentário. Isso ocorre porque determina não apenas a resistência óssea, mas também a contiguidade junto ao implante, a cicatrização óssea e a estabilidade primária do implante. No entanto, a aplicação clínica da TCFC na avaliação microestrutural ainda é pouco utilizada devido às limitações e ausência de um sistema validado que ofereça esses parâmetros objetivos para o tecido ósseo trabecular (11, 12, 28).

2.3 Estabilidade óssea e longevidade de implantes

A estabilidade óssea é definida como ausência de mobilidade clínica sob uma carga específica e, depende do contato da superfície do implante e o tecido ósseo adjacente pode ser alcançada ao término da instalação do implante (29).

A estabilidade inicial, no momento da instalação do implante é influenciada tanto pela espessura do osso cortical quanto pela resistência do osso trabecular (30).

Alguns fatores podem influenciar a estabilidade óssea primária, principalmente a qualidade e quantidade óssea, além da região na arcada dentária, técnica cirúrgica, habilidade do cirurgião, além das características do implante, geometria, diâmetro, comprimento e tratamento da superfície (30).

Uma revisão sistemática indicou uma correlação positiva entre a densidade mineral óssea e a estabilidade óssea primária de implantes (31).

Kang et al. (32) investigaram as relações entre a estabilidade óssea primária medida pela frequência de resposta ao impacto e pelos parâmetros estruturais trabeculares utilizando TCFC e, excluindo a espessura óssea cortical.

Mediram a resposta ao impacto de um implante dental colocado no osso suíno apenas por osso trabecular usando um sensor indutivo. A frequência de pico do espectro de resposta ao impacto foi determinada como um critério de estabilidade do implante. Os parâmetros microestruturais 3D foram calculados a partir de

imagens das amostras ósseas obtidas usando micro-TC e TCFC. Os resultados mostraram correlações positivas significativas com os parâmetros estruturais do osso trabecular ($p < 0,01$) enquanto que o critério de estabilidade do implante demonstrou correlações negativas significativas com outros parâmetros microestruturais utilizando micro-CT e TCFC ($p < 0,01$). Encontraram correlação significativa entre a estabilidade óssea primária e os parâmetros da estrutura óssea (incluindo volume ósseo, superfície óssea, espessura trabecular, espaçamento trabecular, dimensão fractal, índice de modelo de estrutura e alguns outros parâmetros derivados) medidos em micro-TC e imagens de TCFC.

Há métodos quantitativos para avaliação da qualidade óssea local e consequentemente prever a estabilidade óssea primária e secundária, são eles: torque de inserção e análise de frequência de ressonância respectivamente (33, 34).

O torque de inserção é alcançado no momento da instalação do implante com o auxílio de aparelhos manuais ou elétricos e reflete a quantidade de força exercida na área durante o travamento do implante na loja cirúrgica, é expresso em Newton por centímetro (N/cm), e está diretamente relacionado ao íntimo contato entre o implante, o osso e as condições de ambos (35).

Sendo este um dos métodos mais utilizados por ser prático e fácil de obter no momento da instalação do implante, não existe um parâmetro que determine um valor que possa estabelecer um prognóstico favorável ou não para osseointegração. Implantes com torque de inserção mais altos estão relacionados com sucesso no processo de osseointegração; em contrapartida, os implantes com baixo torque de inserção estão relacionados com falhas de processo de osseointegração (36).

A análise da frequência de ressonância (AFR) é realizada por meio de um aparelho que analisa a frequência da oscilação do implante dentro do osso chamado Osstell[®], mede a rigidez do conjunto osso e implante e a sua capacidade de resistir às forças de flexão por meio da AFR (37).

O Osstell[®] tem sido bastante utilizado para a avaliação da estabilidade dos implantes (36).

Quanto mais rígido for o conjunto osso e implante, maior será a frequência de oscilação do transdutor. Este aparelho pode ser utilizado tanto para verificar a estabilidade primária quanto a estabilidade secundária, bem como a longevidade do tratamento (29).

O aparelho utiliza um sistema sem fio para análise da frequência de ressonância, em que um transdutor (Smartpeg[®], Integration Diagnostics AB, Suécia) é fixado ao implante ou pilar e com o auxílio de um montador específico, sendo utilizado um torque de 4 a 5 N/cm suficientes para o travamento. Possui um imã interno, que é excitado por ondas eletromagnéticas quando da aproximação de uma sonda que excita este conjunto sem tocá-lo e registra a quantidade de vibração. Esta vibração é convertida pelo aparelho da frequência em Hertz (Hz) para uma unidade de medida denominada quociente de estabilidade do implante (ISQ- Implant Stability Quotient), que varia de 1 a 100. Existe um SmartPeg para cada tipo e marca comercial de implante (24).

No entanto, alguns autores descrevem que a técnica é divergente com os outros métodos, uma vez que houve discrepâncias entre a AFR e outras medidas de estabilidade, como torque de inserção, torque de remoção, densidade mineral óssea e contato histológico osso-implante (32).

2.4 Análise da dimensão Fractal e Qualidade óssea

A Análise fractal ou Dimensão fractal (DF) é um método matemático objetivo e quantitativo utilizado para avaliar estruturas complexas como a arquitetura interna do complexo de estruturas como o tecido ósseo trabecular. É expressa por números que variam entre 1 a 2, para imagens bidimensionais e 2 a 3 para imagens tridimensionais, sendo que valores maiores indicam estruturas mais complexas. Muitos autores utilizam a ferramenta para prever a qualidade óssea no tratamento de implantes dentais, até como ferramenta para diagnóstico de distúrbios degenerativos da articulação temporomandibular, baixa qualidade óssea relacionada com Osteoporose e em pacientes com tratamentos à base de bisfosfonatos (38);(5) (39-41).

Wilding et al .(42) a fim de avaliarem mudanças em osso trabecular de sítios implantares sugeriram a realização da análise fractal para avaliação das alterações trabeculares ao longo dos anos, analisaram radiografias panorâmicas de 18 participantes ao longo de 8 anos onde constataram que, dimensões fractais de

radiografias são relacionadas com as alterações de densidades de contraste do osso trabecular, cujas orientações de textura refletem as orientações trabeculares; a dimensão fractal pode ser um valioso indicador de alterações de idade para osteoporose; o osso alveolar é alterado na presença de implantes, principalmente na região cervical do implante; as alterações ao redor dos implantes acontecem independentemente para o mesmo paciente.

Há estudos prévios sobre o uso da análise fractal para avaliar qualidade óssea (4).

A DF surge como importante ferramenta de detecção de alterações minerais do osso alveolar através de imagens radiográficas. Se uma região de interesse (ROI) em uma imagem radiográfica digitalizada ou digital é observada como matriz de pixel e intensidade de imagem, e $I(x,y)$ as alturas dos pixels acima do plano base, então o ROI pode ser visualizado como uma superfície irregular, como mostrado na Figura 2.3 neste exemplo, obtido do artigo publicado por Southard et al. (43) o pequeno ROI pode ser exemplificado como um conjunto de linhas radiográficas paralelas ou perfis de um pixel em espessura. O grau de irregularidade da superfície (ou de perfis) podem ser quantificados pela DF, e as mudanças das DF de uma sequência de radiografias de um mesmo ROI podem refletir alterações ósseas minerais.

Figura 2.3 - Região de interesse do osso alveolar em imagem radiográfica digitalizada (A) e seu correspondente valor de intensidade, $I(x,y)$, plot (B). Unidade de intensidade são milímetros-equivalente do espessímetro de alumínio, e unidades espaciais dimensionais de x e y são em milímetros

Fonte: Southard et al. (43)

Torres et al. (33) avaliaram a DF em imagens das regiões da mandíbula obtidas pela TCFC de 36 pacientes com osteonecrose associada a bifosfonatos dos maxilares e estudaram a região de interesse mais adequada (ROI) para estudo adicional sobre a detecção de alterações ósseas associadas à bisfosfonatos. Concluíram que os pacientes com osteonecrose associada a bifosfonatos apresentaram valores de DF maiores do que os controles em regiões próximas ao processo alveolar. Os resultados sugerem que DF é uma ferramenta promissora para a detecção de alterações ósseas associadas a Osteonecrose associada bifosfonatos.

Ferreira et al. (44) revisaram sistematicamente a relação entre a dimensão fractal (DF) na mandíbula e a densidade mineral óssea esquelética (DMO), focando as diferentes metodologias e resultados da literatura existente. Após a seleção dos artigos, foi realizada uma análise hierárquica de agrupamento para verificar a dissimilaridade dos estudos. As variáveis foram agrupadas e avaliadas quanto à confiabilidade da distribuição: tipo de estudo, método de cálculo da DF, relação entre DF e baixa DMO, imagem digital e tipo de radiografia. As frequências relativas das categorias de variáveis foram calculadas e comparadas. Apenas 15 estudos foram selecionados e três grupos foram obtidos. A maioria dos artigos estava no terceiro agrupamento e consistia principalmente em estudos clínicos que usavam o método de contagem de caixas para calcular a DF em radiografias panorâmicas. Foi encontrada associação significativa para a relação variável entre DF e baixa DMO. A maioria dos estudos clínicos foram realizados em osso trabecular, mas três estudos encontraram diferenças na DF entre indivíduos com cortical mandibular normal e indivíduos com porosidade cortical. Concluíram que o tipo de estudo, o método para calcular a DF, a relação entre DF e baixa DMO e a modalidade de imagem devem ser melhor padronizados para minimizar as controvérsias encontradas nos estudos publicados.

Sarkar e Chaudhuri (45) propuseram uma abordagem eficiente de contagem diferencial de caixas para estimar a DF. Em comparação com outros quatro métodos, foi demonstrado pelos autores que, o método é eficiente e preciso, já que é recomendado para análise de imagens em escala de cinza. Haja visto que pode também ser facilmente estendida a uma imagem tridimensional.

White e Rudolph (46) , com o objetivo de identificar alterações ósseas de osso alveolar em maxila e mandíbula de pacientes com osteoporose e compará-las com o

grupo controle realizou análise de radiografias periapicais de 11 pacientes com osteoporose e as comparou com radiografias periapicais de 12 pacientes – grupo controle. Por meio de programa desenvolvido proposto em 1990 por Geraets et al. (47), que consiste em uma sequência de alterações de imagem com a finalidade de analisar imagens binarizadas das trabéculas ósseas das regiões de interesse previamente selecionadas. Concluíram que houve alterações no padrão trabecular ósseo de pacientes com osteoporose comparados ao grupo controle e, confirmaram a importância dos cirurgiões-dentistas no rastreo e condução ao tratamento para osteoporose a fim de evitar maiores danos aos pacientes como fraturas (Figura 2.4).

Figura 2.4 - Esquema da metodologia proposta por White e Rudolph (46) A. Região de interesse do osso trabecular de radiografia anterior de maxila digitalizada; B. Resultado da aplicação do filtro Gaussian blur; C. Resultado da subtração da imagem filtrada pela original e adição de 128 pixels; D. Binarização da imagem resultante do passo anterior; E. Esqueletonização da imagem binarizada; F. Sobreposição da imagem inicial com a final para visualização das trabéculas ósseas

Fonte: White et al. (46)

Hua et al. (48) avaliaram a densidade óssea de mandíbulas onde 5 sofreram lesões ósseas, 12 foram descalcificadas para simular osteoporose e 2 foram controle; as imagens de TCFC foram utilizadas para análises da dimensão fractal da região e análise morfométrica. O exame padrão-ouro para a densidade mineral óssea (DMO) foi aferida pela densitometria óssea. Foram observadas correlações

significantes entre DF e DMO (0.71 a 0.75 $p < 0,05$); área óssea e DMO (0.69 a 0.85 $p < 0,05$) também significante; em contraste para a análise de densidade, não foram encontradas correlações entre DMO. Concluíram que a análise de dimensão fractal e mensuração óssea tem potencial para avaliar a qualidade óssea em TCFC, enquanto a mensuração de densidade mineral óssea não parece ser válida.

Lee et al. (4) realizaram estudo clínico em Implantodontia a fim de avaliar possível relação com os valores de quociente de estabilidade primária (AFR) e dimensões fractais (DF), 22 participantes receberam 52 implantes cujos valores de estabilidade primária foram obtidos no ato da instalação por meio de valores de frequência de ressonância. Foram realizadas radiografias panorâmicas um mês antes e logo após as cirurgias de implantes, os valores de dimensões fractais foram obtidos e relacionados com os valores de estabilidade primária onde puderam concluir que há correlação linear entre os valores de dimensões fractais, concluindo que pode ser um importante método de avaliação pré- operatória da estabilidade primária de implantes.

Veltri et al. (49) avaliaram a correlação entre a arquitetura óssea a partir da DF com torque de inserção do implante e a frequência de ressonância. Dezesesseis côndilos femorais de coelhos adultos foram submetidos a radiografias e, em seguida, receberam um implante em cada. O torque de inserção final e a frequência de ressonância foram registrados para cada implante. A dimensão fractal da área óssea correspondente à osteotomia foi calculada usando um algoritmo de contagem de caixas. Obtiveram como resultados: uma correlação linear entre as dimensões fractais e os valores do torque de inserção ($r = 0,704$; $P = 0,007$). Não houve correlação entre a dimensão fractal e a frequência de ressonância.

Gonzalez-Martin et al. (50) avaliaram as alterações da qualidade óssea em torno da porção apical dos implantes imediatos, submetidas a um torque de inserção mais alto, utilizando uma técnica de perfuração subdimensionada. Três pacientes realizaram cirurgia de implantes, os quais foram colocados em cavidades de extração recente na maxila anterior. A estabilidade adequada foi assegurada em todos os implantes por um subdimensionamento de 28,5% da porção apical da osteotomia. A análise da dimensão fractal foi verificada na porção óssea peri-implantar mais apical de 1,15 mm utilizando exames de TCFC no ato e após 6 meses. Como resultados obtiveram sucesso com os três implantes após um período de acompanhamento de 18 meses. A dimensão fractal média no ápice do implante

exibiu um aumento de 3% 6 meses após a colocação. Concluíram que dentro das limitações de um estudo exploratório, uma perfuração subdimensionada resultando em alto torque de inserção parece não induzir alterações adversas na qualidade óssea radiográfica após 6 meses de acompanhamento. Recomenda-se avaliar as variáveis da perfuração do sub-dimensionamento e seu efeito na remodelação óssea peri-implantar em estudos populacionais maiores.

Corpas et al. (11) realizaram um estudo a partir de oitenta implantes colocados em porcos utilizando radiografias digitais intra-orais (IO), TCFC e imagens histológicas. Foram encontradas correlações significativas entre a profundidade do defeito ósseo nas IO e cortes histológicos, bem como nas imagens de TCFC e cortes histológicos. As imagens de TCFC e IO desviaram-se, respectivamente, 1,20 e 1,17 mm da histologia em relação aos defeitos ósseos. Não foram detectadas correlações significativas entre a análise fractal e TCFC, radiografia intra-oral e histologia. Para avaliação da densidade óssea, foram encontradas correlações significativas, porém mais fracas para radiografia intra-oral versus histologia. Concluíram que a DF não pareceu corresponder à análise histológica fractal.

Zeytinoglu et al. (51) examinaram as alterações ósseas periimplantares sob parâmetros da dimensão fractal (DF) a partir de radiografias panorâmicas 6 e 12 meses após a instalação da prótese. 76 pacientes realizaram 3 radiografias panorâmicas logo após carga protética, 6 meses e 12 meses após a carga protética. As regiões de interesse(ROI) foram individualizadas como: mesial, distal e apical para cada implante nas três imagens panorâmicas. Os resultados obtidos foram: valores médios de DF no início do estudo foram 1,202; 1,222 e 1,199 para as áreas apical, mesial e distal respectivamente. Os valores de DF foram 1,121; 1,113 e 1,128 no sexto mês respectivamente. As diferenças entre os valores calculados no início e no sexto mês foram estatisticamente significantes para todos os aspectos, indicando uma diminuição significativa na DF 6 meses após a prótese. Os valores de DF calculados no 12º mês foram 1,121; 1,110 e 1,121 para apical, mesial e distal, respectivamente, e, portanto não apresentaram diferenças significativas em relação aos valores correspondentes obtidos no 6º mês ($p > 0,05$). Concluíram que os valores de DF do osso trabecular ao redor dos implantes, 6 meses após a carga protética, são significativamente inferiores aos valores iniciais. No entanto, nenhuma diminuição ou aumento significativo foi observado aos 12 meses, o que revelou

resultados comparáveis com osso alveolar peri-implantar aos 6 meses. Relataram que a relevância clínica do osso trabecular ao redor de implantes dentários exibe valores de dimensão fractal mais baixos 6 meses após a carga protética e exibe microestrutura óssea estável aos 12 meses de acompanhamento.

Gumussoy et al. (52) avaliaram a análise fractal como uma ferramenta para determinar quantitativamente as alterações ósseas trabeculares mandibulares em pacientes com insuficiência renal crônica (IRC). A partir de radiografias panorâmicas de 25 pacientes (14 mulheres e 11 homens) com insuficiência renal crônica e 26 indivíduos saudáveis como um grupo controle. Os valores da dimensão fractal (DF) dos pacientes e indivíduos saudáveis foram comparados. Além disso, parâmetros bioquímicos médios [hormônio da paratireóide (PTH), cálcio (Ca), fósforo (P), produto dos níveis de Ca e P (CaxP), fosfatase alcalina (ALP), vitamina D] dos pacientes com IRC, conforme medido nos três meses anteriores às radiografias panorâmicas, foram comparados com os valores de DF. De acordo com os resultados, os valores de DF dos pacientes com IRC foram estatisticamente inferiores ao grupo controle ($p, 0,05$). Além disso, não houve correlação significativa entre os valores de DF e os parâmetros bioquímicos dos pacientes, e não houve correlação entre idade, sexo e DF. Esse achado sugere que a análise de DF pode ser uma ferramenta promissora, simples e econômica para avaliar a estrutura óssea trabecular.

Suer et al. (5) investigaram as correlações entre os valores da DF obtidos em radiografias panorâmicas e os valores de torque de inserção e frequência de ressonância de implantes mandibulares. Trinta pacientes que receberam um total de 55 implantes da mesma marca, diâmetro e comprimento nas regiões molares e pré-molares foram incluídos no estudo. Os mesmos procedimentos cirúrgicos foram aplicados a cada paciente e os valores de torque de inserção e frequência de ressonância foram registrados para cada implante no momento da colocação. As dimensões fractais radiográficas do osso alveolar na área receptora do implante foram calculadas a partir de radiografias panorâmicas pré-operatórias, utilizando um algoritmo de contagem de caixas. Correlações lineares foram observadas entre a dimensão fractal e a frequência de ressonância, entre a dimensão fractal e o torque de inserção e entre a frequência de ressonância e o torque de inserção. Com os resultados obtidos concluíram que a DF a partir de radiografias panorâmicas pode

ajudar a prever a qualidade óssea e, portanto, a estabilidade primária dos implantes dentários pré-operatória.

Pauwels et al. (14) avaliaram a relação entre os parâmetros da estrutura óssea pré-implantar a partir da TCFC e a estabilidade óssea primária. Utilizaram 21 hemimandíbulas, onde foram colocados um implante em cada, após isso foram obtidas as medidas de torque de inserção e quociente de estabilidade do implante (AFR). As imagens de TCFC foram analisadas a partir de parâmetros de estrutura óssea como superfície óssea, volume ósseo, dimensão fractal, conectividade, espessura de cortical, espaçamento trabecular e análise esquelética. As regiões de interesse (ROI) foram individualizadas nas proximidades ao local do implante. Para o TI, a maior correlação geral foi encontrada na região apical, indicando que a integração da ponta do implante na estrutura óssea circundante pode ser um fator determinante para essa métrica de estabilidade. Para o AFR, por outro lado, a maior correlação geral foi encontrada na região coronal, indicando a importância do grau de corticalização nessa região para essa métrica. Não foi encontrada correlação significativa entre as medidas de espessura cortical, torque de inserção e AFR.

Magat et al. (53) realizaram um estudo comparando DF, fração da área óssea (FAO) e valores da escala de cinza (VEC) entre radiografias panorâmicas e TCFC e se existe relação entre os parâmetros à qualidade óssea. A partir de 30 hemimandíbulas desdentadas, utilizando 90 ROI verificaram que a técnica panorâmica e TCFC não apresentaram correlação entre DF, FAO e VEC. Concluíram então que para a avaliação da estrutura trabecular, o uso de radiografias panorâmicas são primordiais e suficientes.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar as possíveis correlações entre parâmetros qualitativos e quantitativos da estrutura óssea trabecular a partir da TCFC com ferramentas preditoras para o sucesso do implante.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção da amostra

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade de São Paulo, o qual recebeu o número 2.441.504, em 15/12/2017 (Anexo A).

A amostra foi constituída de 846 regiões obtidas da Tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e prontuários clínicos de banco de dados de 46 pacientes que realizaram tratamento de implantes e obtiveram exames por imagem depois das cirurgias, o banco de dados é pertencente ao LAPI- FOUSP (Anexo B). Foram excluídos os prontuários com histórico de terapia de reposição hormonal ou de cálcio e implantes em regiões de enxerto ósseo.

Foram avaliadas imagens de implantes após o ato cirúrgico, sem carga protética em diversas regiões da cavidade oral e diversos tipos de ossos; os implantes de formato cônico foram padronizados de 3,75 mm de diâmetro e 11,5 mm de comprimento em indivíduos na faixa etária de 28-77 anos de ambos os gêneros, com média de 58,27 ($\pm 10,5$) anos.

4.2 Aquisição de imagem

As imagens foram adquiridas no aparelho tomográfico Orthophos XG 3D (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Alemanha), seguindo o protocolo de aquisição de 85 kVp, 7 mA, tempo de exposição 5,1 s, tamanho do voxel 0,16mm, 16 bits e FOV 8cm X 8cm (Figura 4.1).

Figura 4.1 - ORTHOPHOS XG 3D

Fonte: <https://www.dentsplysirona.com/>

4.3 Dados Cirúrgicos

O grau de estabilidade primária, por meio do torque de inserção e a análise de frequência de ressonância foram extraídos do banco de dados a partir dos instrumentos torquímetro e Osstell®.

A aferição do torque de inserção foi realizada no ato cirúrgico, mensurada com o torquímetro da mesma marca padrão manual calibrado (Figura 4.3), de forma que após a estabilização final do implante o valor de torque considerado foi aquele visualizado na haste do torquímetro.

Figura 4.2 - Torquímetro

Fonte: A autora

Após a instalação do implante, também foi avaliado o grau de estabilidade primária, medido por meio da análise de frequência de ressonância pelo Osstell® (Integration Diagnostics Ltd., Göteborg, Suécia) (Figura 4.3) e Smartpeg® (Integration Diagnostics Ltd., Göteborg, Suécia) (Figura 4.4). O Smartpeg® é selecionado de acordo com a lista de referência Smartpeg® e apertado manualmente sobre o implante; as medições foram realizadas em duas direções méso-distal e vestibulo-lingual (Figura 4.5).

Figura 4.3 - Osstell®

Fonte: www.osstell.com (2019)

Figura 4.4 – SmartPeg®

Fonte: www.osstell.com

Figura 4.5 - Utilização do Osstell para as medições méso-distal e vestibulo-lingual

Fonte: www.osstell.com

4.4 Avaliação de imagem tomográfica

As imagens das tomografias computadorizadas de feixe cônico foram convertidas em extensão DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) e foram avaliadas pelo programa On Demand Dental® (INFINITT, CORÉIA DO SUL).

As imagens foram individualizadas de forma longitudinal ao longo do eixo do implante pelos cortes coronais e sagitais, e posteriormente foram exportadas em formato TIFF para as seguintes etapas (Figura 4.6).

A partir da ferramenta de região de interesse (ROI) sob a medida de 24X29 pixels, criados especificamente para este estudo, foram delimitadas as áreas pretendidas do tecido ósseo cortical e trabecular nos terços cervicais, médios e apicais, para as faces vestibular, lingual, mesial e distal (Figura 4.7).

Figura 4.6 - Interface do Software On Demand Dental

Fonte: A autora

Figura 4.7 - Cortes longitudinais com os ROIs pré-determinados nas vistas coronal e sagital, são ao todo 9 regiões (1- cérvico- lingual; 2-médio- lingual; 3- apical; 4- médio- vestibular; 5- cérvico- vestibular; 6- cérvico-mesial; 7- médio-mesial; 8- médio-distal e 9- cérvico distal) realizados no software IMAGEJ®

Fonte: A autora

4.5 Análise da dimensão fractal do osso alveolar

A partir dos ROIs selecionados anteriormente, excluindo estruturas anatômicas como canal mandibular e seio maxilar, a análise do padrão trabecular ósseo alveolar pós-cirúrgico foi realizada com o auxílio do software IMAGEJ® (National Institute of Health, USA) utilizando o plugin FracLac (Figura 4.9) para os passos de análise morfológica propostos por Karperien (54) de acordo com o exemplo a seguir:

Abertura do arquivo ROI a ser analisado (Figura 4.8)

- 1) Conversão em 8 bits
- 2) Binarização da imagem
- 3) Delineamento da imagem

4) Plugin> Fractal Analysis> FracLac

Cada ROI, após ter passado por binarização e delineamento (Figura 4.8), teve o valor de DF calculado por meio do software Image J e do plug-in FracLac (Karperien (54), através do método box-counting diferencial. O tamanho máximo da caixa foi 45% do tamanho da ROI, o tamanho mínimo da caixa foi dois e, a série de caixa foi linear, como descrito pelos autores Baksi e Fidler (55).

Figura 4.8 - Processo que cada ROI passou para o cálculo da DF: (A) Original, (B) Binarização e (C) Delineamento

Fonte: A autora

Figura 4.9 - Painel para seleção dos parâmetros para calcular a DF no plugin FracLac

Fonte: A autora

4.6 Intensidade de pixel (valores de tons de cinza)

Ainda com o software IMAGE J® (National Institute of Health, USA) a análise de intensidade de pixel ou valores de tons de cinza foi realizado a partir da ferramenta histograma para cada ROI e foram obtidos dados da média, desvio padrão e contagem da quantidade de pixels obtidos, de acordo com o exemplo a seguir:

Figura 4.10 - Exemplo do resultado da análise histograma

Fonte: A autora

4.7 Avaliação da Qualidade Óssea Subjetiva

A partir dos cortes transaxiais pré-determinados das regiões de maxila e mandíbula, 2 observadores com no mínimo 10 anos de experiência em radiologia e implantodontia, avaliaram o IQO, de forma subjetiva, de acordo com a escala de qualidade óssea modificada por Al-Ekrish et al. (25), a partir das classificações macroscópicas entre as proporções de osso cortical e osso trabecular:

Tipo 1: Osso compacto totalmente homogêneo;

Tipo 2a: Camada espessa de osso compacto que envolve um núcleo de osso trabecular denso;

Tipo 2b: Camada espessa de osso compacto que envolve um núcleo de osso trabecular de média densidade;

Tipo 2c: Camada espessa de osso compacto ao redor um núcleo de osso trabecular de baixa densidade;

Tipo 3a: fina camada de osso compacto ao redor de um núcleo de osso trabecular denso;

Tipo 3b: fina camada de osso compacto ao redor de um núcleo de osso trabecular de média densidade;

Tipo 4: fina camada de osso compacto ao redor um núcleo de osso trabecular de baixa densidade (Figura 4.11).

A partir dos cortes transaxiais individualizados foram avaliados em apresentação PowerPoint (Microsoft®) onde cada região foi categorizada em scores de 1 a 7; além disso o diagrama dos subtipos de qualidade óssea também foi prescrito em todos os slides.

Figura 4.11 – Classificação de qualidade óssea revisada segundo Al-Ekrish et al. (25)

Fonte: Al-Ekrish et al. (2018, p. 343)

4.8 Análise estatística

Os dados foram planilhados em Excel (Microsoft®) e todos os testes estatísticos foram realizados com auxílio do software SPSS Advanced Statistics ® (IBM, USA).

Os dados quantitativos obtidos das Análises da dimensão fractal (DF), Intensidade de pixel (IP), Torque de inserção (TI) e Análise de Frequência de Ressonância (AFR) foram avaliados quanto à normalidade e homogeneidade das amostras pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e Levene, então realizados testes de ANOVA, Correlação de Spearman e Regressão Linear Múltipla entre os grupos.

As variáveis qualitativas de Índice de Qualidade Óssea (IQO) categorizadas em scores 1 a 7 e agrupadas para regiões anteriores e posteriores; assim foram analisadas quanto à reprodutibilidade e concordância, análise inter-observador de acordo com os coeficientes de concordância Kappa; bem como análise de associação Qui-Quadrado.

Os dados analisados foram submetidos a análise estatística com nível de significância de 95% ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS

Foram avaliados 94 imagens de TCFC, em 846 regiões de interesse (ROI) de 46 participantes, com idades entre 28 a 77 anos, com média de $58,27 \pm 10,5$ anos, de ambos os gêneros, sendo suas frequências distribuídas de acordo com o gráfico 5.1.

Gráfico 5.1- Distribuição e frequência de gênero entre os participantes

Fonte: A autora

As regiões de interesse analisadas selecionadas variaram entre arcadas superior e inferior, de acordo com o gráfico 5.2.

Gráfico 5.2 - Frequência de ROI entre as arcadas Superior (1) e Inferior (2)

Fonte: A autora

A partir da distribuição de gênero e frequência de ROI entre as arcadas, conforme demonstrado nos gráficos 5.1 e 5.2, pode-se inferir que a amostra é maior no gênero feminino e na arcada inferior.

Tabela 5.1 –Estatística Descritiva entre as variáveis Idade, Torque, AFR, IP e DF

	N	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio
Idade	94	28	77	58,27	10,730
Torque	94	20,00	80,00	45,9043	14,27387
AFR_MD	94	20,00	82,00	59,7021	13,30036
AFR_VL	94	14,00	82,00	58,5319	12,80348
IP_Cervical	308	97,0	169.691,0	102.402,263	23.842,5042
IP_Médio	336	62.046,0	167.095,0	103.841,887	19.413,9636
IP_Apical	83	78.491,0	147.112,0	102.951,506	12.655,4887
DF_Cervical	307	,64	1,93	1,2502	,15648
DF_Médio	335	,38	1,71	1,2535	,15960
DF_Apical	84	,79	2,19	1,2777	,18411
N válido (de lista)	68				

Fonte: A autora

A maioria dos grupos evidenciou aderência à curva normal das variáveis, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov como visto na tabela 5.2 e quanto à homogeneidade de acordo com a tabela de Levene 5.3, observamos que a maioria das amostras não apresentaram homogeneidade das variâncias.

Tabela 5.2 - Teste de normalidade

Testes de Normalidade						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
AFR_MD	,121	68	,015	,911	68	,000
AFR_VL	,144	68	,001	,892	68	,000
IP_Cervical	,067	68	,200*	,989	68	,795
IP_Médio	,064	68	,200*	,987	68	,708
IP_Apical	,095	68	,200*	,975	68	,192
DF_Cervical	,069	68	,200*	,978	68	,273
DF_Médio	,130	68	,006	,885	68	,000
DF_Apical	,104	68	,066	,904	68	,000
Torque	,183	68	,000	,940	68	,003
*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.						
a. Correlação de Significância de Lilliefors						

Fonte: A autora

Tabela 5.3 – Homogeneidade das variâncias

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Torque	Com base em média	3,166	18	63	,000
AFR_MD	Com base em média	,859	18	63	,627
AFR_VL	Com base em média	3,211	18	63	,000
IP_Cervical	Com base em média	1,670	15	46	,092
IP_Médio	Com base em média	1,782	16	58	,056
IP_Apical	Com base em média	2,538	18	53	,004
DF_Cervical	Com base em média	1,010	15	46	,462
DF_Médio	Com base em média	3,915	16	58	,000
DF_Apical	Com base em média	14,359	18	54	,000

Fonte: A autora

Tabela 5.4- Teste de ANOVA entre variáveis: Arcada Superior e Arcada Inferior

ANOVA						
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Torque	Entre Grupos	637,180	1	637,180	3,202	,077
	Nos grupos	18110,131	91	199,012		
	Total	18747,312	92			
AFR_MD	Entre Grupos	,134	1	,134	,001	,978
	Nos grupos	16344,339	91	179,608		
	Total	16344,473	92			
AFR_VL	Entre Grupos	772,486	1	772,486	4,882	,030
	Nos grupos	14400,439	91	158,247		
	Total	15172,925	92			
IP_Cervical	Entre Grupos	156241025,896	1	156241025,896	,386	,536
	Nos grupos	29551065300,450	73	404809113,705		
	Total	29707306326,347	74			
IP_Médio	Entre Grupos	4886015362,819	1	4886015362,819	16,080	,000
	Nos grupos	26131739934,079	86	303857441,094		
	Total	31017755296,898	87			
IP_Apical	Entre Grupos	29936943,137	1	29936943,137	,183	,670
	Nos grupos	13055448251,607	80	163193103,145		

	Total	13085385194,744	81			
DF_Cervical	Entre Grupos	,002	1	,002	,056	,813
	Nos grupos	2,533	73	,035		
	Total	2,535	74			
DF_Médio	Entre Grupos	,158	1	,158	5,036	,027
	Nos grupos	2,694	86	,031		
	Total	2,852	87			
DF_Apical	Entre Grupos	,037	1	,037	1,075	,303
	Nos grupos	2,776	81	,034		
	Total	2,813	82			

Fonte: A autora

O Teste de ANOVA foi realizado para analisar as variâncias nos grupos de dados cirúrgicos (Torque e AFR_MD e AFR_VL) e dados de parâmetros de estrutura óssea (IP Cervical, IP médio, IP apical, DF cervical, DF médio e DF Apical) em relação às arcadas superior e inferior; diante disso observamos diferença estatística apenas nas variáveis IP_Médio, DF_Médio e AFR_VL em relação às arcadas; ao passo que as outras variáveis não tiveram diferenças estatísticas em relação às arcadas superior e inferior.

Tabela 5.5- Correlação de Pearson

Correlações										
		Torque	AFR_MD	AFR_VL	IP_Cervical	IP_Médio	IP_Apical	DF_Cervical	DF_Médio	DF_Apical
Torque		1	,267**	,281**	,259*	,268*	,140	,233*	,138	,080
	Sig.		,009	,006	,024	,011	,206	,043	,197	,470
AFR_MD		,267**	1	,753**	,050	,110	,263*	,176	,010	,029
	Sig.	,009		,000	,667	,303	,016	,128	,926	,796
AFR_VL		,281**	,753**	1	,130	,229*	,202	,222	-,099	-,019
	Sig.	,006	,000		,263	,031	,067	,054	,354	,867
IP_Cervical		,259*	,050	,130	1	,596**	-,016	-,041	-,076	-,057
	Sig.	,024	,667	,263		,000	,895	,478	,193	,646
IP_Médio		,268*	,110	,229*	,596**	1	,309**	,021	-,142**	-,002
	Sig.	,011	,303	,031	,000		,005	,724	,009	,984
IP_Apical		,140	,263*	,202	-,016	,309**	1	,329**	-,094	-,058
	Sig.	,206	,016	,067	,895	,005		,006	,407	,603
DF_Cervical		,233*	,176	,222	-,041	,021	,329**	1	-,088	,117
	Sig.	,043	,128	,054	,478	,724	,006		,134	,343
DF_Médio		,138	,010	-,099	-,076	-,142**	-,094	-,088	1	,039
	Sig.	,197	,926	,354	,193	,009	,407	,134		,732
DF_Apical		,080	,029	-,019	-,057	-,002	-,058	,117	,039	1
	Sig.)	,470	,796	,867	,646	,984	,603	,343	,732	
**. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).										
*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).										

As correlações de TI foram encontradas entre as variáveis: IP Médio, IP cervical e DF cervical.

Foi observado também a intercorrelação entre os dados cirúrgicos: TI e AFR_MD e AFR_VL.

As correlações de IP médio foram encontradas entre as variáveis: AFR_VL, IP cervical, IP apical e DF médio; esta última nota-se correlação inversa, em contrapartida diante disso, pode-se aferir que não há relevância nesse dado uma vez que há baixíssima correlação.

Em relação à dados cirúrgicos e análise de estrutura óssea, em particular a análise de frequência de ressonância (AFR) obtida pelas variáveis de AFR foram encontradas correlações: AFR_VL e IP médio; AFR_MD e IP apical.

Para as variáveis de parâmetros de estrutura óssea não mencionadas anteriormente também notou-se correlação entre as variáveis: IP apical e DF cervical.

Gráfico 5.3 – Correlações Significantes de variáveis representadas pela tabela 5.5

Fonte: A autora

A partir dos gráficos de dispersão observados no Gráfico 5.3, pode-se inferir que há uma correlações fracas entre as variáveis: IP cervical e Torque ($r=0,26$; $p<0,05$); IP médio e Torque ($r=0,27$; $p<0,05$); AFR_VL e Torque ($r=0,28$; $p<0,01$); AFR_MD e Torque ($r=0,27$; $p<0,01$); DF cervical e Torque ($r=0,28$; $p<0,05$); IP_apical e AFR_MD ($r=0,26$; $p<0,01$); IP_médio e IP Apical ($r=0,31$; $p<0,01$); IP Médio e AFR VL nos sítios de implantes ($r=0,23$; $p<0,05$).

Enquanto que há correlação negativa e nula entre as variáveis IP Médio e DF Médio nos sítios de implantes ($r=0,14$; $p<0,01$).

Tabela 5.6 – Regressão Linear Múltipla

Resumo do modelo ^e									
Modelo	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa	Estatísticas de mudança					Durbin-Watson
				Mudança de R quadrado	Mudança F	df1	df2	Sig. Mudança F	
1	,067	,055	13,88501	,067	5,325	1	74	,024	
2	,077	,052	13,90412	,010	,797	1	73	,375	
3	,132	,096	13,57469	,055	4,586	1	72	,036	
4	,188	,142	13,22911	,055	4,811	1	71	,032	2,007
a. Preditores: (Constante), IP_Cervical									
b. Preditores: (Constante), IP_Cervical, IP_Médio									
c. Preditores: (Constante), IP_Cervical, IP_Médio, DF_Cervical									
d. Preditores: (Constante), IP_Cervical, IP_Médio, DF_Cervical, DF_Médio									
e. Variável Dependente: Torque									

Fonte: A autora

Tabela 5.7 – Tabela de ANOVA para Regressão

ANOVA^a						
Modelo		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.
1	Regressão	1026,702	1	1026,702	5,325	,024 ^b
	Resíduo	14266,719	74	192,794		
	Total	15293,421	75			
2	Regressão	1180,723	2	590,361	3,054	,053 ^c
	Resíduo	14112,698	73	193,325		
	Total	15293,421	75			
3	Regressão	2025,823	3	675,274	3,665	,016 ^d
	Resíduo	13267,598	72	184,272		
	Total	15293,421	75			
4	Regressão	2867,755	4	716,939	4,097	,005 ^e
	Resíduo	12425,666	71	175,009		
	Total	15293,421	75			
a. Variável Dependente: Torque						
b. Preditores: (Constante), IP_Cervical						
c. Preditores: (Constante), IP_Cervical, IP_Médio						
d. Preditores: (Constante), IP_Cervical, IP_Médio, DF_Cervical						
e. Preditores: (Constante), IP_Cervical, IP_Médio, DF_Cervical, DF_Médio						

Fonte: A autora

Tabela 5.8 – Coeficientes da Regressão Linear Múltipla

Coeficientes^a											
Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.	Correlações			Estatísticas de colinearidade	
		B	Erro Erro	Beta			Ordem zero	Parcial	Parte	Tolerância	VIF
1	(Constante)	24,102	9,701		2,484	,015					
	IP_Cervical	,000	,000	,259	2,308	,024	,259	,259	,259	1,000	1,000
2	(Constante)	21,037	10,303		2,042	,045					
	IP_Cervical	,000	,000	,144	,842	,402	,259	,098	,095	,432	2,314
	IP_Médio	,000	,000	,153	,893	,375	,261	,104	,100	,432	2,314
3	(Constante)	-1,843	14,674		-,126	,900					
	IP_Cervical	,000	,000	,201	1,191	,238	,259	,139	,131	,421	2,374
	IP_Médio	,000	,000	,095	,561	,577	,261	,066	,062	,421	2,375
	DF_Cervical	18,414	8,599	,239	2,142	,036	,233	,245	,235	,971	1,030
4	(Constante)	-30,194	19,277		-1,566	,122					
	IP_Cervical	,000	,000	,200	1,215	,228	,259	,143	,130	,421	2,374
	IP_Médio	,000	,000	,132	,798	,428	,261	,094	,085	,417	2,400
	DF_Cervical	21,155	8,472	,274	2,497	,015	,233	,284	,267	,950	1,052
	DF_Médio	17,522	7,989	,240	2,193	,032	,155	,252	,235	,952	1,050
a. Variável Dependente: Torque											

Fonte: A autora

Tabela 5.9 – Estatísticas de resíduos da Regressão Linear Múltipla

Estatísticas de resíduos^a					
	Mínimo	Máximo	Média	Erro Desvio	N
Valor previsto	33,8977	63,9304	46,1842	6,18359	76
Resíduo	-26,31233	30,75554	,00000	12,87150	76
Erro Valor previsto	-1,987	2,870	,000	1,000	76
Erro Resíduo	-1,989	2,325	,000	,973	76
a. Variável Dependente: Torque					

Fonte: A autora

Gráfico 5.4 – Histograma da variável dependente Torque

Fonte: A autora

Gráfico 5.5 - Gráfico de dispersão

Fonte: A autora

Gráfico 5.6 – Normal de Regressão Resíduos

Gráfico P-P Normal de Regressão Resíduos padronizados

Fonte: A autora

Foi realizado a regressão linear múltipla para verificar se as variáveis DF_Cervical, DF_Médio, IP_Cervical e IP_Médio são capazes de prever o Torque de inserção dos implantes. Para isso foram criados 4 modelos, como descrito na tabela 5.6.

Concluiu-se que as variáveis são úteis para prever o torque, uma vez que o valor de significância de p para $F < 0,05$, como demonstrado na tabela 5.6.

A análise resultou em um modelo estatisticamente significativo [$F(4, 71) = 4,097$, $p < 0,05$; $R^2 = 0,142$], conforme previsto no modelo 4.

Todavia isso representa que as variáveis apresentam cerca de 14% de variabilidade do torque de inserção, portanto seja necessário inserir outras variáveis para aumentar essa porcentagem, de acordo com a tabela 5.6

O DF_Cervical ($\beta = 0,274$, $t = 2,497$, $p < 0,05$) e o DF_Médio ($\beta = 0,240$, $t = 2,193$, $p < 0,05$) foram as únicas variáveis que teve significância estatística, portanto podem ser considerados os previsores do Torque, como é visto na tabela 5.8.

A equação que descreve esta relação é $\text{Torque} = -30,194 + 21,155 \cdot (\text{DF_Cervical}) + 17,522 \cdot (\text{DF_Médio})$, de acordo com a tabela 5.8.

A partir da tabela 5.9, nota-se a ausência de outliers, conforme o pré-requisito da Regressão Linear Múltipla.

A partir do gráfico 5.12 e 5.13 notam-se que os resíduos têm distribuição normal, conforme o pré-requisito da Regressão linear.

A partir do gráfico de dispersão 5.14 nota-se a normalidade dos resíduos, conforme o pré-requisito entre a normalidade das variáveis.

Tabela 5.10- Análise de Qui-Quadrado entre as variáveis e IQO

	IQO			
		Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)
DF cervical	Qui-quadrado de Pearson	1482,000 ^a	1480	,480
	Razão de verossimilhança	432,765	1480	1,000
	Associação Linear por Linear	,065	1	,799
DF Médio	Qui-quadrado de Pearson	1869,000 ^a	1848	,361
	Razão de verossimilhança	511,686	1848	1,000
	Associação Linear por Linear	,998	1	,318
DF apical	Qui-quadrado de Pearson	1764,000 ^a	1743	,357
	Razão de verossimilhança	489,030	1743	1,000
	Associação Linear por Linear	,880	1	,348
IP cervical	Qui-quadrado de Pearson	1520,000 ^a	1500	,354
	Razão de verossimilhança	435,538	1500	1,000
	Associação Linear por Linear	1,428	1	,232
IP médio	Qui-quadrado de Pearson	1869,000 ^a	1848	,361
	Razão de verossimilhança	511,686	1848	1,000
	Associação Linear por Linear	23,373	1	,000
a. 1958 células (100,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,01.				
IP apical	Qui-quadrado de Pearson	1743,000 ^a	1722	,357

AFR MD	Razão de verossimilhança	483,922	1722	1,000
	Associação Linear por Linear	8,457	1	,004
	Qui-quadrado de Pearson	771,419 ^a	777	,550
	Razão de verossimilhança	353,721	777	1,000
	Associação Linear por Linear	,059	1	,809
a. 836 células (100,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,01.				
AFR VL	Qui-quadrado de Pearson	669,888 ^a	756	,989
	Razão de verossimilhança	354,124	756	1,000
	Associação Linear por Linear	3,125	1	,077
a. 814 células (100,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,01.				

Fonte: A autora

Observa-se que não houve associação entre os scores de IQO e as variáveis: DF cervical, DF médio, DF apical, IP cervical, IP médio, IP apical, AFR_MD e AFR_VL; isso deve-se ao fato de que essas últimas são quantitativas e o IQO em scores qualitativo.

Tabela 5.11– Coeficiente de concordância Kappa entre IQO Avaliador 1 x Avaliador 2

Medidas Simétricas					
		Valor	Erro Padrão Assintótico ^a	T Aproximado ^b	Significância Aproximada
Medida de concordância	Kappa	,292	,051	9,104	,000
N de Casos Válidos		94			
a. Não considerando a hipótese nula.					
b. Uso de erro padrão assintótico considerando a hipótese nula.					

Fonte: A autora

A partir da análise de concordância Kappa, observou-se baixa reprodutibilidade (concordância razoável), entre os avaliadores nas medidas de IQO nas regiões de implantes, uma vez que denota-se uma visão subjetiva de acordo com a experiência de cada um.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou parâmetros relacionados à estrutura óssea trabecular inerentes à qualidade óssea a partir de imagens de TCFC pós implantes dentais recém instalados e suas possíveis correlações com dados cirúrgicos, para prever a utilização da TCFC por outros métodos exploratórios.

Sabe-se que a TCFC é o exame de eleição para o planejamento de implantes, porém suas ferramentas são poucas exploradas visto que obtém-se somente mensurações de sítios ósseos; portanto subutilizada para um diagnóstico preciso pré-operatório.

Acredita-se que com o aprimoramento das resoluções espaciais das imagens de TCFC pode-se obter a qualidade óssea a partir do padrão estrutural do osso alveolar já que há comprovação de ser semelhante ao padrão-ouro como a micro-CT (18).

Alguns autores avaliaram a estrutura óssea sob diferentes circunstâncias, como alterações ósseas decorrentes de osteonecrose, do uso de bisfosfonatos e rastreamento de osteoporose (44) e também como no presente estudo em áreas reabilitadas por implantes dentais.

Mesmo sabendo das limitações decorrentes do estudo devido aos valores de tons de cinzas ou intensidade de pixel (IP) em TCFC, houve correlação entre as regiões apicais e médias com as variáveis de estrutura óssea trabecular a partir das dimensões fractais (DF) nas regiões cervicais e média respectivamente; assim como no estudo de Hua et al.(48). Acredita-se que esse dado pode não ser confiável, uma vez que os valores de tons de cinzas não são estáveis e variam de acordo com o equipamento.

Muitos estudos (4, 5, 42, 44, 49, 51-53) utilizaram a radiografia panorâmica para a análise do padrão estrutural trabecular; em contrapartida esse presente estudo utilizou imagens de TCFC, assim como alguns autores (11, 14, 18, 25, 32, 33, 44, 48, 50, 53), para as avaliações das regiões selecionadas, uma vez que sua resolução espacial é confiável e precisa, além de não ter sobreposições de estruturas anatômicas.

Acredita-se que a TCFC pode não ser confiável para medidas de densidade óssea, em contrapartida pode ter potencial em relação à análise da estrutura

óssea trabecular. A partir dessa perspectiva, acredita-se ser necessário desenvolver novos métodos de análise dedicados para avaliação da qualidade óssea usando a TCFC.

O índice de qualidade óssea subjetiva foi analisado no presente estudo, denota-se que é inerente à experiência do cirurgião e, contudo requer inicialmente treinamento e padronização entre os diferentes tipos ósseos e imagens tomográficas adquiridas em cada equipamento, conforme confirmado pelos autores (23).

A análise da qualidade óssea foi interpretada de acordo com os autores Al-Ekrish et al. (24), uma vez que ainda não há uma padronização para categorizar cada tipo ósseo; não obtivemos alta reprodutibilidade entre os observadores, pois estes não foram treinados para este fim, de forma proposital, a fim de simular à realidade atual.

A análise da qualidade óssea subjetiva no presente estudo não corroborou com a alta reprodutibilidade de acordo com o estudo dos autores Al-Ekrish et al. (24) tendo em vista que os autores realizaram treinamento específico para as regiões analisadas na primeira e segunda leitura, ao contrário do presente estudo, uma vez que foi optado por não ter o treinamento específico para assim configurar o dia-a-dia clínico.

Acredita-se que seja necessário um método objetivo de avaliação pré operatória a partir de um sistema consistente de imagens tomográficas entre diferentes equipamentos de TCFC que, consiga categorizar os diferentes tipos ósseos a partir da intensidade de pixel e coeficiente de atenuação dos raios-X.

O Torque de inserção (TI) e a Análise de frequência de ressonância (AFR) já são parâmetros consagrados que podem determinar o sucesso do tratamento reabilitador, porém são dados cirúrgicos, ou seja, somente são acessados no momento cirúrgico.

Apesar de alguns autores ressaltarem que o TI e a AFR podem divergir, no presente estudo encontramos correlações significativas; uma vez que são dados cirúrgicos já esperados (30). Ao contrário do estudo de Pauwels et al. (14), houve correlação entre as variáveis de TI e AFR_MD e AFR_VL, uma vez que as regiões analisadas foram agrupadas a fim de representar toda a região ao redor do implante.

A estabilidade óssea primária foi correlacionada com parâmetros de estrutura óssea, como valores de DF, que pode ser um importante método de avaliação pré

operatória para implantes assim como encontrado nos estudos dos demais autores (32).

A análise da dimensão fractal muito utilizada para descrever a complexidade da estrutura óssea trabecular não é um método recente como visto nos trabalhos desde 1994, porém por ter diversos métodos de obtenção torna-se necessário avaliar e ponderar qual método de escolha, uma vez que as etapas são manuais e podem ocorrer erros durante as etapas sequenciais (42).

A análise da dimensão fractal foi amplamente utilizada a partir de radiografias panorâmicas e periapicais; todavia com o exame padrão ouro, como a TCFC há poucos relatos na literatura.

O presente estudo utilizou como método de análise fractal aquele que continha menos passos e semi-automático, para assim minimizar os possíveis erros manuais (43,51,52).

Há poucos estudos na literatura acerca da análise da dimensão fractal em imagens tomográficas, pois alguns autores defendem o uso das radiografias panorâmicas como suficientes para este fim; no entanto sabe-se que a utilização da TCFC na prática clínica para implantodontia é mandatória.

A DF apresentou alterações quando há aumento ou diminuição de densidade óssea em cada região (31), assim como o presente estudo as variáveis IP e DF correlacionaram com o TI, também encontramos correlações entre a DF (cervical) e TI; e DF (cervical e médio) com a IP (médio e apical). Além disso a partir do Teste de Regressão Linear foi verificado que a DF cervical e DF médio são previsoras do torque de inserção.

Contudo, deve-se levar em consideração à região cervical onde há presença de espessura óssea cortical, uma vez que atua diretamente na estabilidade óssea primária. Pode-se inferir que os dados podem predizer a qualidade óssea no local, assim como confirmar com a resistência do osso de acordo com o torque de inserção (5,40,47).

Por outro lado, assim como no estudo de Veltri (47), não houve correlação entre a Dimensão Fractal e Análise de Frequência de ressonância (AFR), isto se deve ao fato desta variável abranger toda o sítio ósseo circundado pelo implante, ao passo que a DF foi analisada em pequenas áreas de acordo com o ROI em cada região.

Diante dos fatos apresentados, pode-se inferir que é necessário padronizar uma ferramenta objetiva para prever a qualidade óssea a partir de parâmetros da estrutura óssea trabecular e cortical a partir de exames de TCFC, uma vez que apresenta alta acurácia e confiabilidade.

7 CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados pode-se concluir algumas hipóteses propostas:

- Os dados cirúrgicos: TI e AFR_MD; TI e AFR_VL; AFR_MD e AFR_VL foram correlacionados entre si, o que torna as amostras consistentes;
- Os dados cirúrgicos e os dados da estrutura óssea trabecular tiveram correlação entre: TI e IP cervical; TI e IP médio; TI e DF cervical; AFR e IP médio; AFR e IP apical; IP cervical e IP Médio; IP médio e IP apical; IP médio e DF médio; IP apical e DF cervical.
- DF cervical e DF média são previsoras do torque de inserção.
- O IQO apresentou baixa reprodutibilidade devido à interpretação subjetiva de cada avaliador.

Os valores de IP e DF são indicadores de métodos para avaliação óssea que refletem favoráveis variáveis cirúrgicas, como o TI e AFR.

Diante dos fatos apresentados a análise da qualidade óssea pode ser categorizada detalhadamente de acordo com as regiões coronais, médias e apicais, uma vez que cada região apresenta trabeculado ósseo e cortical diferentes.

Mais estudos são necessários para a validação em diferentes condições clínicas, aparelhos de TCFC e protocolos de aquisição.

REFERÊNCIAS¹

1. Alkhader M, Hudieb M, Khader Y. Predictability of bone density at posterior mandibular implant sites using cone-beam computed tomography intensity values. *Eur J Dent.* 2017;11(3):311-6.
2. Misch CE. *Contemporary Implant Dentistry*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
3. Mandelbrot BB. *The fractal geometry of nature*. Benoit B. Mandelbrot. W. H. Freeman and co., San Francisco, 1982. No. of pages: 460. Price: £22.75 (hardback) - Kirkby - 1983 - *Earth Surface Processes and Landforms* - Wiley Online Library. 1977.
4. Lee DH, Ku Y, Rhyu IC, Hong JU, Lee CW, Heo MS, et al. A clinical study of alveolar bone quality using the fractal dimension and the implant stability quotient. *J Periodontal Implant Sci.* 2010;40(1):19-24.
5. Suer BT, Yaman Z, Buyuksarac B. Correlation of Fractal Dimension Values with Implant Insertion Torque and Resonance Frequency Values at Implant Recipient Sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31(1):55-62.
6. Dohan Ehrenfest DM. Fractal patterns applied to implant surface: definitions and perspectives. *J Oral Implantol.* 2011;37(5):506-9.
7. Holahan CM, Wiens JL, Weaver A, Assad D, Koka S. Relationship between systemic bone mineral density and local bone quality as effectors of dental implant survival. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2011;13(1):29-33.
8. 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;21(12):1309-13.
9. Silva IM, Freitas DQ, Ambrosano GM, Boscolo FN, Almeida SM. Bone density: comparative evaluation of Hounsfield units in multislice and cone-beam computed tomography. *Braz Oral Res.* 2012;26(6):550-6.
10. Gupta J, Ali SP. Cone beam computed tomography in oral implants. *Natl J Maxillofac Surg.* 2013;4(1):2-6.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

11. Corpas Ldos S, Jacobs R, Quirynen M, Huang Y, Naert I, Duyck J. Peri-implant bone tissue assessment by comparing the outcome of intra-oral radiograph and cone beam computed tomography analyses to the histological standard. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(5):492-9.
12. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, van der Stelt P, Aartman IH, Nambiar P. Influence of object location in different FOVs on trabecular bone microstructure measurements of human mandible: a cone beam CT study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43(2):20130329.
13. Patrick S, Birur NP, Gurushanth K, Raghavan AS, Gurudath S. Comparison of gray values of cone-beam computed tomography with hounsfield units of multislice computed tomography: An in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2017;28(1):66-70.
14. Pauwels R, Sessirisombat S, Panmekiate S. Mandibular Bone Structure Analysis Using Cone Beam Computed Tomography vs Primary Implant Stability: An Ex Vivo Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(6):1257-65.
15. Razi T, Niknami M, Alavi Ghazani F. Relationship between Hounsfield Unit in CT Scan and Gray Scale in CBCT. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2014;8(2):107-10.
16. Cann CE. Quantitative CT for determination of bone mineral density: a review. <http://dxdoiorg/101148/radiology16623275985>. 1988.
17. Draenert F, Coppenrath E, Herzog P, Müller S, Mueller-Lisse U. Beam hardening artefacts occur in dental implant scans with the NewTom® cone beam CT but not with the dental 4-row multidetector CT. <http://dxdoiorg/101259/dmfr/32579161>. 2014.
18. Van Dessel J, Nicolielo LF, Huang Y, Coudyzer W, Salmon B, Lambrichts I, et al. Accuracy and reliability of different cone beam computed tomography (CBCT) devices for structural analysis of alveolar bone in comparison with multislice CT and micro-CT. *Eur J Oral Implantol.* 2017;10(1):95-105.
19. Muller R. Bone microarchitecture assessment: current and future trends. *Osteoporos Int.* 2003;14 Suppl 5:S89-95; discussion S-9.
20. Misch CE, Perel ML, Wang HL, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, et al. Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dent.* 2008;17(1):5-15.

21. Lindh C, Obrant K, Petersson A. Maxillary bone mineral density and its relationship to the bone mineral density of the lumbar spine and hip. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98(1):102-9.
22. Pauwels R, Faruangaeng T, Charoenkarn T, Ngonphloy N, Panmekiate S. Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(8):20150078.
23. Goiato MC, dos Santos DM, Santiago JF, Jr., Moreno A, Pellizzer EP. Longevity of dental implants in type IV bone: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014;43(9):1108-16.
24. Alsaadi G, Quirynen M, Michiels K, Jacobs R, van Steenberghe D. A biomechanical assessment of the relation between the oral implant stability at insertion and subjective bone quality assessment. *J Clin Periodontol.* 2007;34(4):359-66.
25. Al-Ekrish AA, Widmann G, Alfadda SA. Revised, Computed Tomography-Based Lekholm and Zarb Jawbone Quality Classification. *Int J Prosthodont.* 2018;31(4):342-5.
26. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Bone Quality and Quantity and Dental Implant Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *Int J Prosthodont.* 2017;30(3):219-37.
27. Ribeiro-Rotta RF, Lindh C, Pereira AC, Rohlin M. Ambiguity in bone tissue characteristics as presented in studies on dental implant planning and placement: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(8):789-801.
28. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, van der Stelt P, Aartman IH, Wismeijer D. Accuracy of trabecular bone microstructural measurement at planned dental implant sites using cone-beam CT datasets. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(8):941-5.
29. Herrero-Climent M, Albertini M, Rios-Santos JV, Lázaro-Calvo P, Fernández-Palacín A, Bullon P. Resonance frequency analysis-reliability in third generation instruments: Osstell mentor®. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 172012. p. e801-6.
30. Hong J, Lim YJ, Park SO. Quantitative biomechanical analysis of the influence of the cortical bone and implant length on primary stability. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(10):1193-7.

31. Marquezan M, Osorio 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;23(7):767-74.
32. Kang SR, Bok SC, Choi SC, Lee SS, Heo MS, Huh KH, et al. The relationship between dental implant stability and trabecular bone structure using cone-beam computed tomography. *J Periodontal Implant Sci.* 2016;46(2):116-27.
33. Fuster-Torres MA, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Oltra D. Relationships between bone density values from cone beam computed tomography, maximum insertion torque, and resonance frequency analysis at implant placement: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(5):1051-6.
34. Oh JS, Kim SG. Clinical study of the relationship between implant stability measurements using Periotest and Osstell mentor and bone quality assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;113(3):e35-40.
35. Walker LR, Morris GA, Novotny PJ. Implant insertional torque values predict outcomes. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(5):1344-9.
36. Hsu JT, Huang HL, Tsai MT, Wu AY, Tu MG, Fuh LJ. Effects of the 3D bone-to-implant contact and bone stiffness on the initial stability of a dental implant: micro-CT and resonance frequency analyses. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42(2):276-80.
37. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. Determination of primary stability: a comparison of the surgeon's perception and objective measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(3):558-61.
38. Mostafa RA, Arnout EA, Abo El-Fotouh MM. Feasibility of cone beam computed tomography radiomorphometric analysis and fractal dimension in assessment of postmenopausal osteoporosis in correlation with dual X-ray absorptiometry. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(7):20160212.
39. Oliveira-Santos N, Michels M, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Influence of phosphor plate-based radiographic image specifications on fractal analysis of alveolar bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2019;128(4):418-23.
40. Gumussoy I, Duman SB. Alternative cone-beam CT method for the analysis of mandibular condylar bone in patients with degenerative joint disease. *Oral Radiol.* 2019.

41. Demiralp KO, Kursun-Cakmak ES, Bayrak S, Akbulut N, Atakan C, Orhan K. Trabecular structure designation using fractal analysis technique on panoramic radiographs of patients with bisphosphonate intake: a preliminary study. *Oral Radiol.* 2018;35(1):23-8.
42. Wilding RJ, Slabbert JC, Kathree H, Owen CP, Crombie K, Delport P. The use of fractal analysis to reveal remodelling in human alveolar bone following the placement of dental implants. *Arch Oral Biol.* 1995;40(1):61-72.
43. Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA. Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(5):569-76.
44. Ferreira Leite A, Tadeu de Souza Figueiredo P, Caracas H, Sindeaux R, Tereza Bittencourt Guimarães A, Lazarte L, et al. Systematic review with hierarchical clustering analysis for the fractal dimension in assessment of skeletal bone mineral density using dental radiographs. *Oral Radiology.* 2014;31(1):1-13.
45. Chaudhuri NSaBB. An efficient differential box-counting approach to compute fractal dimension of image - *IEEE Journals & Magazine: IEEE*; of Publication: Jan 1994 [Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/259692>].
46. White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(5):628-35.
47. Geraets WG, Van der Stelt PF, Netelenbos CJ, Elders PJ. A new method for automatic recognition of the radiographic trabecular pattern. *J Bone Miner Res.* 1990;5(3):227-33.
48. 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;20(8):767-71.
49. Veltri M, Ferrari M, Balleri P. Correlation of radiographic fractal analysis with implant insertion torque in a rabbit trabecular bone model. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(1):108-14.
50. Gonzalez-Martin O, Lee EA, Veltri M. CBCT fractal dimension changes at the apex of immediate implants placed using undersized drilling. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(8):954-7.

51. Zeytinoglu M, Ilhan B, Dundar N, Boyacioglu H. Fractal analysis for the assessment of trabecular peri-implant alveolar bone using panoramic radiographs. Clin Oral Investig. 2015;19(2):519-24.
52. Gumussoy I, Miloglu O, Cankaya E, Bayrakdar IS. Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal failure. Dentomaxillofac Radiol. 2016;45(5):20150389.
53. Magat G, Ozcan Sener S. Evaluation of trabecular pattern of mandible using fractal dimension, bone area fraction, and gray scale value: comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography. Oral Radiol. 2019;35(1):35-42.
54. Audrey Karperien CSU. "FracLac for ImageJ". 2020.[Available from: <https://imagej.nih.gov/ij/plugins/fractal/FLHelp/Introduction.htm>]
55. Baksi BG, Fidler A. Image resolution and exposure time of digital radiographs affects fractal dimension of periapical bone. Clin Oral Investig. 2012;16(5):1507-10.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Correlação do quociente de estabilidade primária e torque de inserção com a intensidade de pixel e índice de qualidade óssea de tomografias computadorizadas de feixe cônico

Pesquisador: JESSICA RABELO MINA ZAMBRANA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 77883717.9.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.441.504

Apresentação do Projeto:

A reabilitação oral foi gradativamente se aperfeiçoando na odontologia, e com isso o tratamento de implantes está cada vez mais intrínseco no dia-a-dia dos cirurgiões- dentistas. A avaliação óssea pré-operatória tornou-se imprescindível para o sucesso da estabilidade óssea e por fim a osseointegração. Fatores como quantidade e qualidade óssea são características preponderantes para o planejamento cirúrgico e por fim o sucesso do tratamento. A baixa densidade mineral óssea juntamente com a baixa quantidade óssea são situações críticas para a reabilitação oral de implantes. Sabe-se que exames radiográficos são prioridades para o planejamento de implantes, para isso são necessários métodos de avaliação da densidade mineral óssea.

Com a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico é possível realizar mensurações de altura e espessura o que fornece a quantidade óssea e, podem ser exploradas por meio dos softwares de análise de imagem. A densidade mineral óssea é composta por osso cortical e tecido ósseo trabecular; durante o planejamento do implante é importante saber qual o tipo ósseo em cada sítio de futuro implante. A qualidade óssea pode ser avaliada durante a fase cirúrgica com o auxílio do torque de inserção e da análise de frequência de ressonância. A estabilidade primária de implantes é definida como ausência de mobilidade sob uma carga específica e, depende do contato da superfície do implante e tecido ósseo. A

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

USP - FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.441.504

qualidade óssea é dividida em quatro grupos de acordo com a proporção e estrutura de osso compacto e trabecular óssea, é classificada em quatro grupos: grupos de 1-4 ou de tipo I a IV (Índice de Qualidade de osso-IQO), como Tipo I: osso cortical homogêneo;

Tipo II: osso cortical espesso com cavidades no osso trabecular; Tipo III: osso cortical fino com osso trabecular denso de boa resistência e Tipo IV: osso cortical muito fino com baixa densidade óssea e osso trabecular de baixa resistência.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo será avaliar a intensidade pixel (IP) de 160 sítios de implantes e correlacionar com o índice de qualidade óssea (IQO), o quociente de estabilidade primária (ISQ) e torque de inserção dos implantes com o auxílio de software de manipulação de imagem tomográfica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Mínimos Benefícios: O aprimoramento do uso do software de manipulação em implantodontia para avaliação da qualidade óssea subjetiva para prever o planejamento do tratamento de implantes. Possíveis correlações de coeficientes de estabilidade óssea, torque de inserção e a qualidade óssea; Possível correlação entre análise fractal e qualidade óssea.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto avaliará a partir do diagnóstico por imagem a qualidade óssea, quantidade óssea e, a correta posição e inclinação do implante. Com o auxílio da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) é possível prever e planejar o plano de tratamento; a partir de um software de planejamento é possível realizar mensurações do volume ósseo quantitativamente, contudo a avaliação objetiva da qualidade óssea é pouco explorada. Sabe-se que a densidade do osso disponível em um sítio desdentado é um fator determinante no plano de tratamento pois pode-se alterar o projeto do implante, abordagem cirúrgica, tempo de cicatrização e a carga inicial. Entre os métodos de avaliação da estabilidade de implantes mais utilizados com aplicabilidade clínica são: exames por imagem, torque de inserção (avaliação de estabilidade primária) e análise de frequência de ressonância (avaliação de estabilidade primária e secundária) A qualidade óssea compreende tanto estrutura externa (osso cortical) quanto estrutura interna (osso trabecular) e, é dependente de acordo com sua posição no arco seja na maxila ou mandíbula; portanto a escolha de um plano de tratamento ideal depende do tipo ósseo de cada região visando sobretudo a longevidade do tratamento de implantes.

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

**USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO**

Continuação do Parecer: 2.441.504

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados: Projeto detalhado, carta de Autorização do LAPI, Folha de rosto.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em "riscos" colocou que não haverá "benefícios" diretos.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_989434.pdf	09/11/2017 16:53:38		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetodoutoradojessica.pdf	09/11/2017 16:52:24	JESSICA RABELO MINA ZAMBRANA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	28/09/2017 11:33:27	JESSICA RABELO MINA ZAMBRANA	Aceito
Outros	carta.jpg	22/09/2017 13:47:44	JESSICA RABELO MINA ZAMBRANA	Aceito
Folha de Rosto	jessicaplataforma.pdf	22/09/2017 13:43:39	JESSICA RABELO MINA ZAMBRANA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.441.504

SAO PAULO, 15 de Dezembro de 2017

Assinado por:
Décio dos Santos Pinto Junior
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

ANEXO B- Carta de Autorização LAPI

Fundada em 1900
"Em constante busca da excelência"

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
Departamento de Estomatologia
Disciplina de Radiologia

Carta de Autorização

O LAPI – Laboratório para Análise e Processamento de Imagens da Disciplina de Radiologia do Departamento de Estomatologia da FOU SP autoriza a utilização do banco de dados para o projeto: **"Correlação do quociente de estabilidade primária e torque de inserção com a intensidade de pixel e índice de qualidade óssea de tomografias computadorizadas de feixe cônico"** que será realizado pelos pesquisadores Claudio Costa, Jéssica Rabelo Mina Zambrana, Rodrigo Alves Ribeiro. O objetivo deste projeto será avaliar a intensidade pixel (IP) de 160 sítios de implantes e correlacionar com o índice de qualidade óssea (IQO), o quociente de estabilidade primária (ISQ) e torque de inserção dos implantes com o auxílio de software de manipulação de imagem tomográfica. A pesquisa será realizada após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da FOU SP.

São Paulo, 12 de Setembro de 2017

Responsável pela Disciplina de Radiologia
Profa. Titular Marlene Fenyo Pereira

Pesquisador
Jéssica Rabelo Mina Zambrana