

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

MAYARA BARBOSA VIANDELLI MUNDIM

**DIAGNÓSTICO AUXILIADO POR COMPUTADOR NO PLANEJAMENTO DO
TRATAMENTO COM IMPLANTES OSSEOINTEGRADOS**

Goiânia

2014

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Mayara Barbosa Viandelli Mundim				
E-mail:	mayara.viandelli@gmail.com				
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? ☒ Sim ☐ Não					
Vínculo empregatício do autor	Não possui				
Agência de fomento:	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	Sigla:	CNPq		
País:	Brasil	UF:	GO	CNPJ:	33.654.831/0001-36
Título:	DIAGNÓSTICO AUXILIADO POR COMPUTADOR NO PLANEJAMENTO DO TRATAMENTO COM IMPLANTES OSSEOINTEGRADOS				
Palavras-chave:	Implante dentário, estabilidade do implante, visão computacional, análise de textura				
Título em outra língua:	Computer-aided diagnosis in the treatment planning of dental implants				
Palavras-chave em outra língua:	Dental implant, implant stability, computer-aided diagnosis, texture analysis				
Área de concentração:	Clínica odontológica				
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	08/02/2013				
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-graduação em Odontologia				
Orientador (a):	Rejane Faria Ribeiro-Rotta				
E-mail:	rejanefrr@gmail.com				
Co-orientador (a):*	-----				
E-mail:	-----				

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Data: ____ / ____ / ____

Assinatura do (a) autor (a)

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

MAYARA BARBOSA VIANDELLI MUNDIM

**DIAGNÓSTICO AUXILIADO POR COMPUTADOR NO PLANEJAMENTO DO
TRATAMENTO COM IMPLANTES OSSEOINTEGRADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Clínica Odontológica.

Linha de Pesquisa: Estudo das manifestações clínicas e tratamento das lesões do sistema estomatognático

Orientador: Prof^a Dr^a Rejane Faria Ribeiro-Rotta

GOIÂNIA

2014

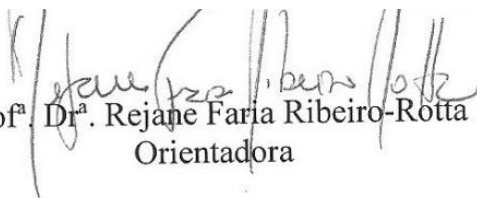
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
GPT/BC/UFG**

M965d	Mundim, Mayara Barbosa Viandelli. Diagnóstico auxiliado por computador no planejamento do tratamento com implantes osseointegrados [manuscrito] / Mayara Barbosa Viandelli Mundim. - 2014. xv, 59 f. : il., figs, tabs. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rejane Faria Ribeiro-Rotta Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Odontologia, 2014. Bibliografia. Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas. Apêndices. 1. Implantes dentários 2. Implantes dentários – Estabilidade 3. Radiografias periapicais – Análise de textura I. Título. CDU: 616.314-089.843
-------	---

Mayara Barbosa Viandelli Mundim

Diagnóstico auxiliado por computador no planejamento do tratamento com implantes osseointegrados.

Dissertação defendida e aprovada em 08/ 02/ 2013, pela Banca Examinadora constituída por:



Prof.^ª Dr.^ª Rejane Faria Ribeiro-Rotta
Orientadora



Prof. Dr. Cláudio Rodrigues Leles
Membro da Comissão Examinadora



Prof. Dr. Ronaldo Martins da Costa
Membro da Comissão Examinadora



Prof.^ª Dr.^ª Fernanda Paula Yamamoto Silva
Membro da Comissão Examinadora

Dedico este trabalho aos meus pais e minha irmã, pelo exemplo de amor e dedicação à Odontologia, pelo eterno orgulho de nossa caminhada, pelo apoio, compreensão e, em especial, por todo carinho ao longo deste percurso.

AGRADECIMENTOS

Como não começar pelo meu maior apoio, durante toda a caminhada? DEUS, nos momentos mais difíceis me fizeste compreender que a paciência e perseverança são essenciais para vencermos os obstáculos. Obrigada pela minha vida.

À minha querida orientadora, professora Rejane Faria Ribeiro-Rotta, pela atenção de orientadora desde a graduação, pelos conselhos de amiga e pelo carinho de mãe. Sem a senhora, certamente este sonho não seria possível.

À “minha” Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, todo o meu orgulho e carinho a cada um de seus docentes, técnico-administrativos e discentes que me acompanharam nesta jornada de sete anos. Meu agradecimento especial à equipe de Diagnóstico Bucal, professores Carla, Fernanda, Jorge, Luciano, Nádia e Maria, e aos funcionários do Centro Goiano de Doenças da Boca, Claudinha, Celma, Kammal, Luenny e Suzi, obrigada por me propiciarem tanto aprendizado e confiarem no meu trabalho!

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Goiás, a todos os docentes e servidores pelos ensinamentos da prática docente e científica e mais ainda pelo carinho do acolhimento e pelos exemplos e ainda ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

À Universidade de Malmö, em especial à professora Christina Lindh e Ulf Person, que me propiciaram uma experiência não apenas de aprendizado em Odontologia, mas de uma nova cultura, um novo estilo de vida e uma nova concepção de educação.

Ao Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, em especial aos professores Ronaldo Martins e Rogério Salvini, pela parceria neste projeto.

Aos meus familiares (tios, tias, primas, primos, avó), que prontamente me acolheram em Goiânia e não hesitaram em estender suas mãos quando busquei apoio.

Aos meus colegas, que se tornaram irmãos durante a caminhada, Guilherme Henrique, Marco Aurélio, Juliana Gomes, Jéssica Valeriano, Gabriela Ribeiro, Marília Moraes, Thiago Oliveira, Felipe Cavalcanti, Danilo Rocha, Túlio Nogueira e Gabriella Tavares, meu eterno carinho e amor por vocês. As palavras seriam poucas para agradecer todos os momentos que passamos juntos.

Aos meus colegas de pós-graduação, Alexandre, Ana Paula Mundim, Andreia, Ana Paula Brito, Geovanna, Helen, Heloísa, Hianne, Ítalo, Mariana Silveira, Mariana Nakatani, Monique, Tiago, obrigada por estarem ao meu lado nas novas descobertas de como aprender e como ensinar.

E por último, mas não menos importante, à minha querida professora Lesilane, que me acompanhou desde os primeiros momentos no jardim de infância, na alfabetização, na graduação e até poucos minutos antes de nos deixar. Tia Lesilane, sempre fez tanta questão de demonstrar seu orgulho por mim e talvez eu não tenha tido tempo de expressar toda a minha admiração pela senhora. Tenho certeza que de onde a senhora estiver, está radiante com mais esta vitória.

RESUMO

Objetivo: A análise de textura, como um método de diagnóstico auxiliado por computador, tem sido usada para avaliar as características do tecido ósseo em diferentes especialidades da medicina, mas raramente utilizada em odontologia para avaliação da maxila e mandíbula. O objetivo deste estudo foi investigar a viabilidade do uso da análise de textura em imagens de radiografias periapicais como uma ferramenta para o planejamento do tratamento com implantes dentários. **Métodos:** Imagens de radiografias periapicais de 127 sítios ósseos da maxila e mandíbula (48 pacientes) foram avaliadas antes da inserção do implante, utilizando uma classificação subjetiva de densidade óssea (tipos I, II, III, IV) baseada em radiografias periapicais, panorâmica e percepção tátil do cirurgião. Torque de inserção e frequência de ressonância foram registrados como medidas de estabilidade primária transoperatórias. Radiografias periapicais pré e pós-implante (6 meses de acompanhamento) foram digitalizadas e sobrepostas com base em marcos anatômicos de referência, para o delineamento das regiões de interesse (ROIs). Quatro ROIs foram delimitadas na radiografia pré-implante de cada sítio: áreas mesial e distal periimplantares (0,85 mm de altura x largura do implante), área peri-apical (0,85 mm de largura x altura do implante), e uma área central do sítio (largura x altura do implante). Imagens de cada ROI foram analisadas pelo software Matlab® e sete atributos de textura foram extraídos: a média dos níveis de cinza, o desvio padrão dos níveis de cinza, coeficiente de variação, a entropia, contraste, correlação e segundo momento angular. As imagens foram agrupadas de acordo com a classificação óssea subjetiva e ANOVA e Kruskal-Wallis foram usados para testar as diferenças entre os grupos para cada atributo de textura. Coeficientes de correlação e concordância foram calculados para testar a concordância entre as medidas das ROIs peri-implantar e ROI total (peri-implante + central). Associação entre medidas de estabilidade primária e atributos textura foi testada por regressão linear múltipla. **Resultados:** As diferenças entre os grupos de tipo ósseo foram encontradas com nível de cinza médio ($p = 0,035$), o desvio padrão ($p = 0,024$), o coeficiente de variação ($p < 0,001$) e entropia ($p < 0,001$). A ROI apical mostrou diferença estatística significativa das demais ROIs para todos os atributos, exceto correlação. Coeficientes de correlação de concordância foram todos quase perfeitos ($\rho > 0,93$), exceto para segundo momento angular ($\rho = 0,62$). A análise de regressão mostrou que os atributos de textura foram significativamente associados com as medidas de estabilidade de implantes obtidas por meio do torque e frequência de ressonância.

Conclusão: Os resultados sugerem que a análise da textura de radiografias periapicais é um potencial método não invasivo para a avaliação quantitativa de tecido ósseo da maxila e mandíbula e na predição de estabilidade do implante, com potencial aplicação clínica.

Palavras Chaves: Implante dentário, estabilidade do implante, visão computacional, análise de textura

ABSTRACT

Objective: Texture analysis, as a computer-aided diagnostic method, has been used to assess bone tissue characteristics in different specialties of medicine, but rarely used in dentistry for assessment of the maxilla and mandible. The aim of this study was to investigate feasibility of the use of texture analysis of periapical radiograph images as a tool for dental implant treatment planning. **Methods:** Periapical radiograph images from 127 bone sites (48 patients) were assessed before implant insertion using a subjective classification of bone density (types I, II, III, IV). Peak insertion torque and resonance frequency were recorded as measures of primary implant stability. Pre- and post-implant (6-month follow-up) radiographs were digitized and superimposed based on anatomical reference landmarks. Four squared regions of interest (ROIs) were delimited in the pre-implant radiograph of each implant site: mesial and distal peri-implant areas (0.85 mm x implant height), apical peri-implant area (0.85 mm x implant width), and a central area (implant height x width). Each ROI image were analysed by Matlab® software and seven texture attributes were extracted from them: mean gray level, standard deviation of gray levels, coefficient of variation, entropy, contrast, correlation and angular second moment. Images were grouped according to bone type subjective classification and one way ANOVA and Kruskal-Wallis test were used to test differences among groups for each texture attribute. Concordance correlation coefficients were calculated to test the agreement between measurements of the peri-implant ROIs and overall ROI (peri-implant + central area). Association between primary stability measures and texture attributes was tested by multiple linear regression. **Results:** Differences among bone type groups were found for mean gray level ($p=0.035$), standard deviation ($p=0.024$), coefficient of variation ($p<0.001$) and entropy ($p<0.001$). The apical ROI showed statistical significant difference from the other regions for all attributes, except correlation. Concordance correlation coefficients were all almost perfect ($p>0.93$), except for angular second moment ($p=0.62$). Regression analysis showed that texture attributes were significantly associated with the implant stability measures.

Conclusion: Results suggest that texture analysis of periapical radiographs may be a reliable noninvasive quantitative method for assessment of jaw bone tissue and prediction of implant stability with potential clinical application.

Keywords: Dental implant, implant stability, computer-aided diagnosis, texture analysis

FIGURAS E TABELAS

Figura 1: Representação esquemática dos principais métodos de diagnóstico auxiliado por computador (CAD), aplicados na área da saúde.....	14
Figura 2: Equipamento Ostell™ utilizado na aferição da medida de frequência de ressonância e Motor e catraca para instalação e travamento de implantes dentários cujo display apresenta a da medida de torque de inserção.....	20
Figura 3: Ilustração dos quatro tipos ósseos, segundo a classificação de Lekholm e Zarb (1985), fornecida a cada cirurgião como cartão de calibração para a classificação dos sítios ósseos.....	20
Figura 4: Imagem da tela do software Adobe Photoshop CS6 com a sobreposição das radiografias periapicais pré e pós-implante.....	22
Figura 5: A: Representação esquemática das dimensões das ROIs selecionadas nos sítios edêntulos da maxila e mandíbula. B: Radiografia periapical pré-implante. C: Radiografia periapical após instalação do implante. D: Sobreposição das radiografias periapicais pré e pós-implante, com a delimitação das ROIs, utilizando a imagem do implante instalado como referencia. ROIs central ("c"), peri-implantares mesial ("m"), distal ("d") e apical ("a"). E: Radiografia periapical pré-implante com delimitação das ROIs.....	23
Figura 6: Imagens em formato PNG, recortadas das regiões de interesse delimitadas, da esquerda para a direita região c, m, d, a.....	23
Figura 7: Fórmulas para cálculo dos atributos de textura das imagens. cv = coeficiente de variação; dp = desvio-padrão; md=média dos níveis de cinza; ent= entropia; sma= segundo momento angular; con= contraste; cor= correlação; Σ = somatório; i = total de linhas da matriz; j = total de colunas da matriz; p (i , j , d ,q)= valor da célula de linha i, coluna j distância d e ângulo q.....	25

Table 1. Definitions and formulae of texture analysis attributes.....	39
Table 2. Mean (and standard deviation) of parametric texture attributes of overall ROI, according to bone type classification (n=127).....	40
Table 3. Mean (and standard deviation) of non-parametric texture attributes of overall ROI, according to bone type classification (n=127).....	40
Table 4. Association between primary stability measures and texture analysis attributes(multiple linear regression parameters).....	41

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

CGDB	Centro Goiano de Doenças da Boca
Cont	Contraste
Cor	Correlação
Cv	Coeficiente de Variação
DICOM	Digital Imaging and Communication in Medicine
Dp	Desvio Padrão dos Níveis de Cinza
Ent	Entropia
FO/UFG	Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás
ISQ	Quociente de Estabilidade do Implante (Implant Stability Quotient)
Kv	Quilovoltagem
mA	Miliamperagem
Md	Média dos Níveis de Cinza
MicroTC	Microtomografia Computadorizada
PNG	Portable Network Graphics
ROI	Região de Interesse (Region of Interest)
SMA	Segundo Momento Angular
TC	Tomografia Computadorizada

SUMÁRIO

RESUMO	06
ABSTRACT	07
FIGURAS E TABELAS	08
SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	10
1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo geral	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. METODOLOGIA	17
3.1. Amostra	17
3.2. Medidas de estabilidade do implante e classificação óssea subjetiva	19
3.3. Análise de textura.....	19
3.3.1. Seleção das regiões de interesse.....	21
3.3.2. Estabelecimento do vetor de características	24
3.4. Análise dos dados	26
4. RESULTADOS – PUBLICAÇÃO.....	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	52

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A utilização de ferramentas da Ciência da Computação tem se mostrado um caminho promissor para auxílio nas etapas de diagnóstico e planejamento nas ciências da saúde (BAHL *et al.*, 2012; GARNAVI *et al.*, 2012; GINSBURG *et al.*, 2012; PADMA e SUKANESH, 2012; PRIYA *et al.*, 2012; YANG *et al.*, 2012), sendo a área de interpretação de imagens uma das mais beneficiadas com estas ferramentas. O diagnóstico auxiliado por computador (“computer-aided diagnosis” - CAD) pode ser definido como um diagnóstico feito por um profissional que utiliza o resultado automatizado de análise quantitativa de imagens radiográficas como uma “segunda opinião” para melhorar a precisão do diagnóstico e auxiliar na tomada de decisões clínicas (GIGER, 2004). O CAD baseia-se em duas áreas do conhecimento computacional, a inteligência artificial e a visão computacional, sendo esta última, frequentemente utilizada em diferentes especialidades da saúde (AZEVEDO-MARQUES, 2001; BARRETTO *et al.*, 2012; CHANG *et al.*, 2012; LESPESSAILLES *et al.*, 2006).

A visão computacional pode ser definida como um conjunto de métodos e técnicas através dos quais sistemas computacionais podem ser capazes de interpretar imagens baseado na extração automática de características ou atributos de imagem que podem ou não ser visíveis para o olho humano: densidade, contraste, ampliação, nitidez, uniformidade, intensidade de rugosidade, etc (NASCIMENTO, 2003). A interpretação de uma imagem pode ser definida em termos computacionais como a transformação de um conjunto de dados digitais representando uma imagem (um sinal mono-, bi-, tri- ou tetradimensional) em uma estrutura de dados descrevendo a semântica deste conjunto de dados em um contexto qualquer (exs. tipos ósseos, aspectos de

benignidade ou malignidade de uma imagem tecidual) (AZEVEDO-MARQUES, 2001).

A análise de textura é um método de visão computacional usada para descrever as variações espaciais na intensidade dos níveis de cinza, o que significa variações locais em valores de pixel que podem ser regularmente ou aleatoriamente repetidas ao longo da imagem (BAIRAGI *et al.*, 2012; DUVAUFERRIER *et al.*, 2012). Em outras palavras, as texturas podem ser definidas como um conjunto de determinados padrões que podem ocorrer na natureza, apresentando um formato repetitivo ou não. Esses padrões são observados abundantemente no dia-a-dia, onde uma simples parede de tijolos pode ser um exemplo interessante de texturas repetitivas, com o posicionamento de cada tijolo sobreposto um ao outro, juntamente com suas camadas de cimento formando um padrão (HARALICK *et al.*, 1973)

As diferentes técnicas de análise de textura são distribuídas em quatro grupos principais: análise estrutural, estatística, anisotrópica e fractal (LESPESSAILLES *et al.*, 2006). O método descrito por Haralick é considerado um dos métodos mais eficazes para a análise de textura, e encontra-se dentro do grupo estatístico (Figura 1). Haralick caracteriza a textura como um conceito bidimensional, em que uma dimensão contém propriedades primitivas de níveis de cinza (pixels) e a outra dimensão, corresponde às relações espaciais entre estes níveis (NASCIMENTO, 2003). Com base neste método, quatorze atributos de textura podem ser analisados (HARALICK *et al.*, 1973).

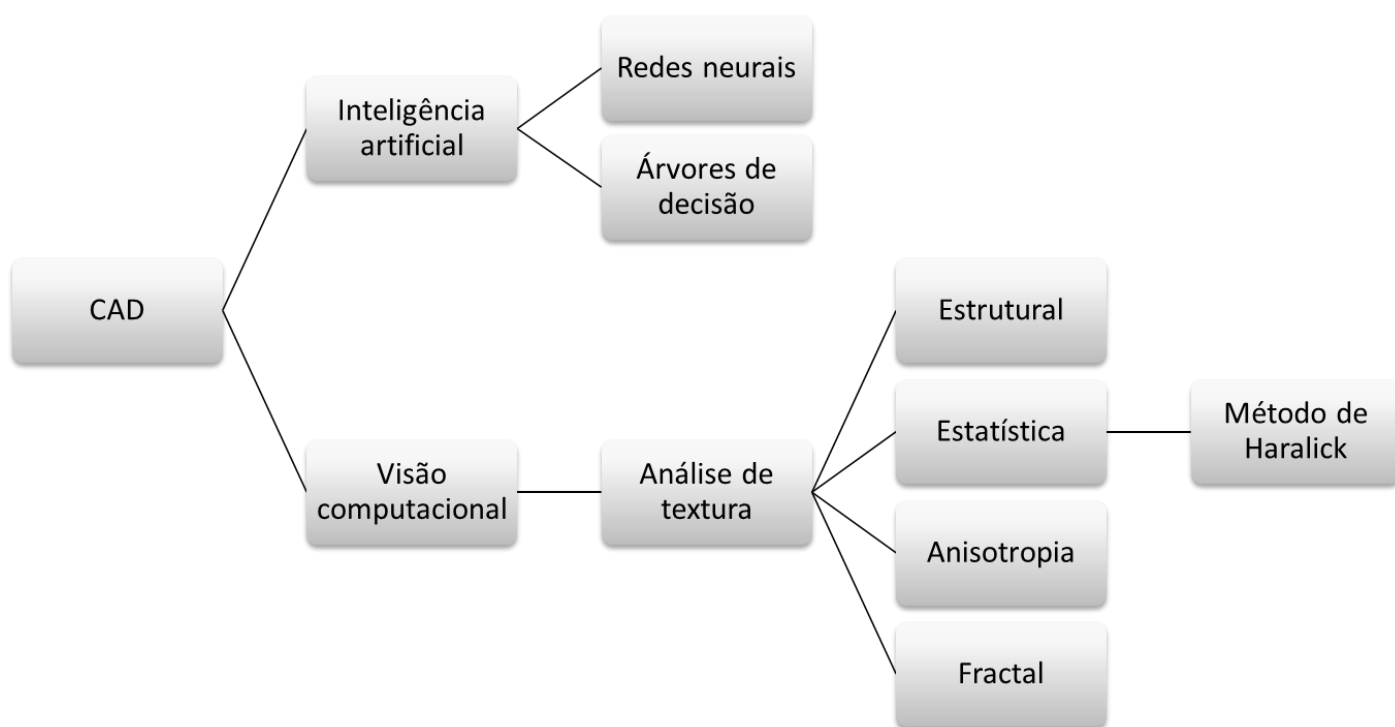


Figura 1: Representação esquemática dos principais métodos de diagnóstico auxiliado por computador

A idéia do reconhecimento de texturas, assim como outras atividades da área de análise de imagens, consiste em extrair da imagem algumas características que permitam realizar posteriormente um discernimento, uma tomada de decisão ou uma classificação. Esse método tem sido bastante empregado na avaliação do tecido ósseo em pacientes com osteoporose (APOSTOL *et al.*, 2006; CHAPPARD *et al.*, 2005; LE CORROLLER *et al.*, 2012; MARCHAND-LIBOUBAN *et al.*, 2012; MARQUES *et al.*, 2012; RANJANOMENNAHARY *et al.*, 2011), porém, ainda não há estudos que relatem sua utilização na análise de sítios ósseos implantáveis da maxila e mandíbula.

Métodos pré e trans-operatórios tem sido utilizados para aferição de medidas relacionadas às características ósseas dos sítios ósseos implantáveis (CHAPPARD, 2010; CHAPPARD *et al.*, 2008; CHAPPARD *et al.*, 2011). A

estabilidade do implante é uma característica que tem sido frequentemente associada com o sucesso deste tratamento (USTUN *et al.*, 2008; SENNERBY E ROSS, 1998; RODRIGO *et al.*, 2010). Estabilidade primária do implante é a ausência de mobilidade do mesmo após sua inserção até o fim do processo de osseointegração. O torque de inserção e frequência de ressonância são alguns dos métodos utilizados na mensuração da estabilidade primária (CHAI *et al.*, 2012; FUSTER-TORRES *et al.*, 2011). Apesar de serem bastante difundidos na prática clínica, trata-se de métodos subjetivos e/ou invasivos e é evidente a busca por aqueles que possam contribuir de forma mais objetiva para a tomada de decisão baseada em evidência, pelo cirurgião-dentista na prática diária (SALEM *et al.*, 2012; MARQUEZAN *et al.*, 2012)

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Investigar a aplicação do método de análise de textura em imagens radiográficas periapicais para o planejamento do tratamento com implantes osseointegrados em sítios da maxila e mandíbula.

2.2. Objetivos específicos

- Desenvolver um protocolo para extração de atributos de textura em radiografias periapicais de sítios implantáveis
- Comparar as medidas dos atributos de textura com a classificação óssea subjetiva
- Analisar a possível associação entre os atributos de análise de textura e medidas de estabilidade primária dos implantes

3. METODOLOGIA

Este subprojeto originou-se do estudo intitulado: “AVALIAÇÃO CLÍNICA, RADIOGRÁFICA, HISTOMORFOMÉTRICA E MOLECULAR DE SÍTIOS PARA IMPLANTES DA MAXILA E MANDÍBULA”, o qual foi submetido e aprovado por pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (Parecer n.114/2007) e pelo Comitê Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) (Pareceres n.418/2008 e 860/2009) (Anexo 1). Todos os indivíduos que concordaram em participar da investigação assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 2).

3.1. Amostra

A amostra deste estudo transversal foi constituída por radiografias periapicais adquiridas de 127 sítios ósseos edêntulos, das regiões anteriores e posteriores da maxila e mandíbula, provenientes de 48 indivíduos com indicação de reabilitação por meio de implantes dentários.

Os indivíduos foram selecionados de acordo com critérios clínicos, laboratoriais (hemograma, coagulograma e glicemia em jejum) e radiográficos, tendo sido excluídos da amostra aqueles que apresentaram história de tabagismo, diabetes ou qualquer outra doença sistêmica que pudesse influenciar os processos de cicatrização e osseointegração, aqueles cujos sítios edêntulos não demonstrassem altura e espessura óssea suficientes para a inserção de um implante de pelo menos 3,75 x 10,0mm ou aqueles que não concordaram em assinar o TCLE. Após anamnese e exames físicos extra e intrabuciais, os indivíduos que atenderam aos critérios de inclusão clínico-laboratoriais foram submetidos a exames radiográficos convencionais.

Radiografias panorâmica e periapicais dos sítios edêntulos foram realizados sem ônus para os pacientes no Setor de Diagnóstico por Imagem - Centro Goiano de Doenças da Boca da Faculdade de Odontologia (CGDB-FO-UFG), obedecendo a critérios de padronização científica previamente determinados.

As radiografias panorâmicas foram obtidas com o aparelho X Mind Tomo Ceph Unit (Soredex, Helsinque, Finlândia) operando com 70 kV a 73kV/ 5 a 8 mAs. Após a exposição, os filmes T-Mat 15 x 30 cm (Kodak, São Paulo, Brasil) foram processados automaticamente (A/T20000 XR, Air Techniques, MD, USA) com ciclos de 5,5 minutos e temperatura dos químicos de 30 °C.

As radiografias periapicais foram realizadas com a técnica da bisettriz, utilizando-se posicionador para filme radiográfico e o aparelho de raios X Heliodent Dentotime (Siemens, Bensheim, Alemanha) e os seguintes parâmetros técnicos: 70 kVp, 10 mA, filtro de 2,0 mm de alumínio, colimador retangular 3 x 4 cm, distância foco-filme de 21 cm, tempo de exposição variando entre 0,25 s e 0,4 s. Como receptor das imagens foi utilizado o filme E-speed dental (Kodak Ektaspeed, Eastman Kodak Co., Rochester, NI), processado automaticamente (Peri-pro, Air Maintenance Techniques, EUA) com ciclo de 6 minutos a 27 °C.

Esse conjunto de radiografias convencionais foi digitalizado com o auxílio de uma câmera fotográfica digital Sony Cyber-Shot DSC-W210 com resolução de 12.1 megapixels e um zoom óptico de 2X. As imagens foram adquiridas com distância lente-filme de 50 centímetros e arquivadas no formato JPEG (2832 x 2128 pixels). Durante a captura das imagens foi utilizado um negatoscópio com duas luzes fluorescentes. Máscaras de papel cartão preto

emolduraram as radiografias periapicais e panorâmicas para restringir a luminosidade excessiva do negatoscópio e propiciar imagem de qualidade. A câmera digital foi mantida em posição estática perpendicular ao negatoscópio, tanto no sentido vertical quanto horizontal, com o auxílio de uma estativa. As imagens foram transferidas para um computador de mesa com auxílio de um cabo USB.

3.2. Medidas de estabilidade do implante e classificação óssea subjetiva

As cirurgias foram realizadas após medições necessárias para seleção do implante, de acordo com normas de biossegurança. Na etapa cirúrgica foram ainda coletadas duas medidas de estabilidade do implante: o torque final de inserção e a frequência de ressonância inicial (Figura 2). O torque era disponibilizado no visor do motor de instalação do implante ou obtido por meio de uma catraca, no momento em que se obtinha o travamento do implante no tecido ósseo, sendo sua unidade de medida dada em Newtons (N). A frequência de ressonância de cada implante instalado foi obtida utilizando-se do aparelho OsstellTMmentor (Osstell AB - Integration Diagnosis, Gotemburgo, Suécia) de acordo com as recomendações do fabricante. Após o rosqueamento do dispositivo magnético smartpegTM no implante, estes foram excitados por um impulso magnético gerado pelo aparelho e transmitido pela sonda de transmissão, a qual foi posicionada o mais próximo possível do smartpegTM. Os valores de cada medição, exibidos no visor do aparelho em unidades ISQ (implant stability quotient), foram registrados (BARBOSA, 2009; OLIVEIRA, 2010).

A classificação óssea subjetiva, de acordo com os critérios de Lekholm e Zarb (1985) (tipos ósseos I, II, III e IV) foi realizada em dois passos, por três

cirurgiões devidamente calibrados. Na primeira etapa, uma interpretação de imagem radiográfica foi realizada com base em imagens periapicais e panorâmica, sob condições de luminosidade favoráveis e com o uso de desenhos esquemáticos como referência (Figura 3) (BARBOSA, 2009). Posteriormente, durante a cirurgia, a classificação óssea final foi estabelecida com base na interpretação radiográfica prévia associada à percepção tátil do cirurgião, durante a primeira perfuração para instalação de implantes.



Figura 2: Equipamento Ostell™ utilizado na aferição da medida de frequência de ressonância e Motor e catraca para instalação e travamento de implantes dentários cujo display apresenta a da medida de torque de inserção.

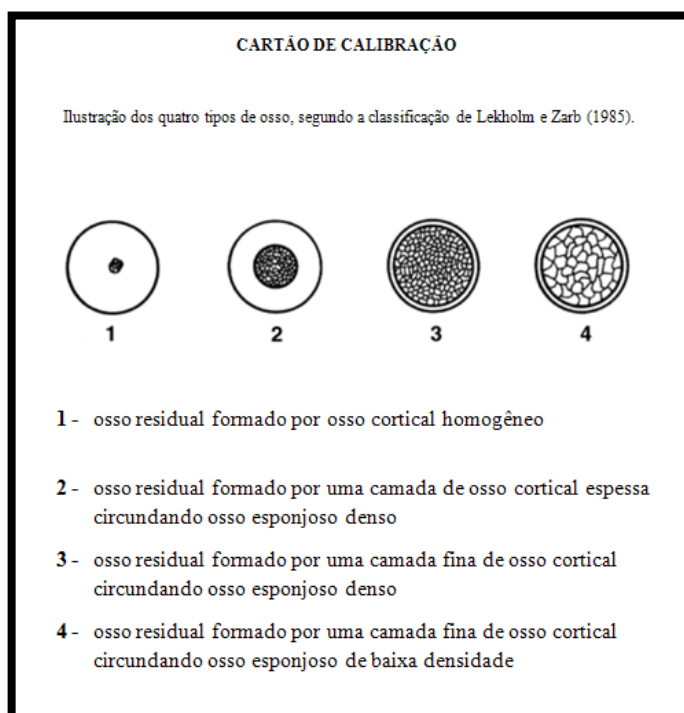


Figura 3: Ilustração dos quatro tipos ósseos, segundo a classificação de Lekholm e Zarb

3.3. Análise de textura

A análise de textura foi realizada nas imagens radiográficas periapicais digitalizadas, por meio da seleção de regiões de interesse (ROIs) e a submissão das imagens dessas ROIs ao software Matlab R2012b para Linux (MathWorks Inc., Natick, MA, EUA) para a extração de atributos de imagem de textura (formação do vetor de característica).

3.3.1. Seleção das regiões de interesse (ROIs)

A seleção das ROIs nas radiografias periapicais iniciais digitalizadas foi realizada utilizando-se da ferramenta de sobreposição de imagens, disponibilizada no Adobe Photoshop CS6 (Adobe, California, EUA). Para a sobreposição, todas as imagens radiográficas obtidas como o filme no seu eixo horizontal (região posterior de maxila/mandíbula) foram redimensionadas com a proporção em pixel de 1563 x 1185 e proporção em centímetros de 55,14 x 41,80. As imagens obtidas com o filme no seu eixo vertical (região anterior de maxila/mandíbula) foram redimensionadas para as seguintes proporções: 1185 x 1563 em pixel e 41,80 x 55,14 centímetros. Para todas as imagens foi utilizada uma resolução de 28,346 pixels por centímetro (72 pixels por polegada) e zoom de visualização de 33, 33 % (Figura 4).

As radiografias periapicais pós-implante foram utilizadas como referência para a demarcação mais precisa das ROIs em relação ao sítio dos implantes, considerando que para as radiografias iniciais não foram utilizados marcadores metálicos clínico-radiográficos, por terem sido estas obtidas numa etapa de triagem dos pacientes da amostra. As radiografias periapicais iniciais e pós-implante, de um mesmo sítio ósseo, foram sobrepostas e utilizando-se de um filtro de transparência com opacidade de 60% (Figura 4).

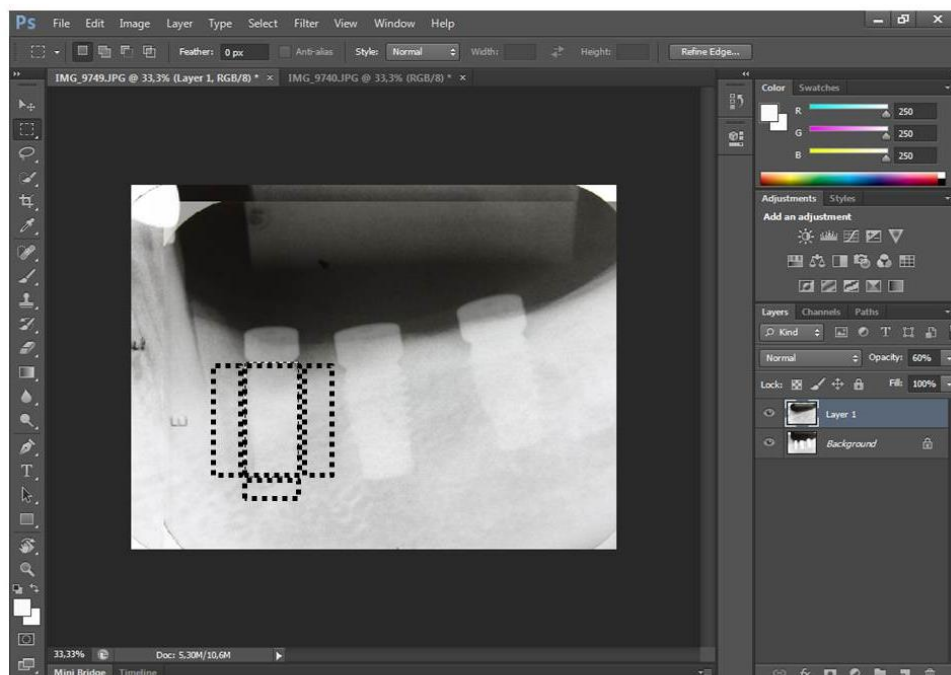


Figura 4: Imagem da tela do software Adobe Photoshop CS6 com a sobreposição das radiografias periapicais pré e pós-implante.

Quatro ROIs foram selecionadas na radiografia pré-implante de cada sítio implantável: uma que corresponde à região onde o implante foi inserido, ou seja, região óssea removida para a colocação do implante ("c"), região periférica mesial do implante ("m"), região periférica distal ao implante ("d") e região apical periférica do implante ("a") (Figura 5). Para as imagens da região central "c" foram considerados largura e comprimento variável conforme as dimensões do implante instalado. Para as imagens das regiões periimplantares laterais "m" e "d", considerou-se como largura fixa em torno de 15% (0,85 mm) da plataforma dos implantes instalados (3,75 a 5,0mm) e comprimento variável, de acordo com o tamanho do implante instalado. Para as imagens da região periimplantar apical "a" considerou-se a altura fixa de 0,85 mm e a largura dependente do tamanho da plataforma do implante. Após a delimitação destas regiões, cada ROI foi recortada e salva como imagem PNG (Portable Network Graphics) (Figura 6) e submetidas ao software Matlab R2012b para Linux

(MathWorks Inc., Natick, MA, EUA) para a extração de atributos de imagem de textura.

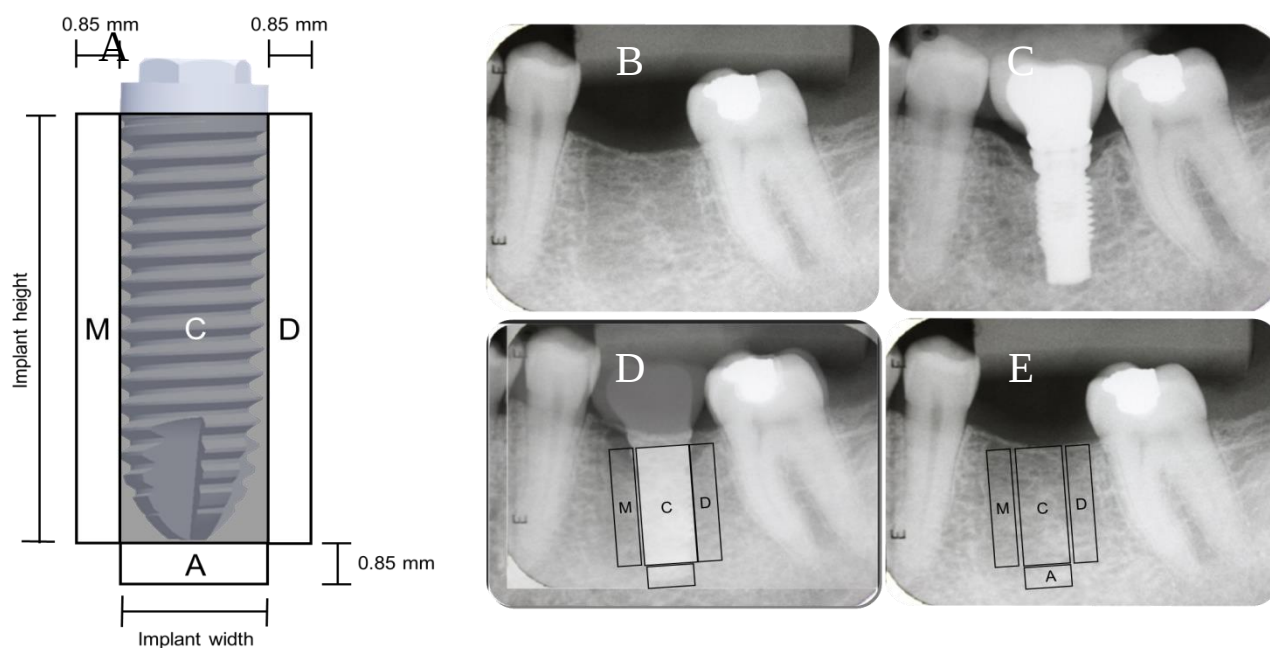


Figura 5: **A:** Representação esquemática das dimensões das ROIs selecionadas nos sítios edêntulos da maxila e mandíbula. **B:** Radiografia periapical pré-implante. **C:** Radiografia periapical após instalação do implante. **D:** Sobreposição das radiografias periapicais pré e pós-implante, com a delimitação das ROIs, utilizando a imagem do implante instalado como referencia. ROIs central ("c"), peri-implantares mesial ("m"), distal ("d") e apical ("a"). **E:** Radiografia periapical pré-implante com delimitação das ROIs.

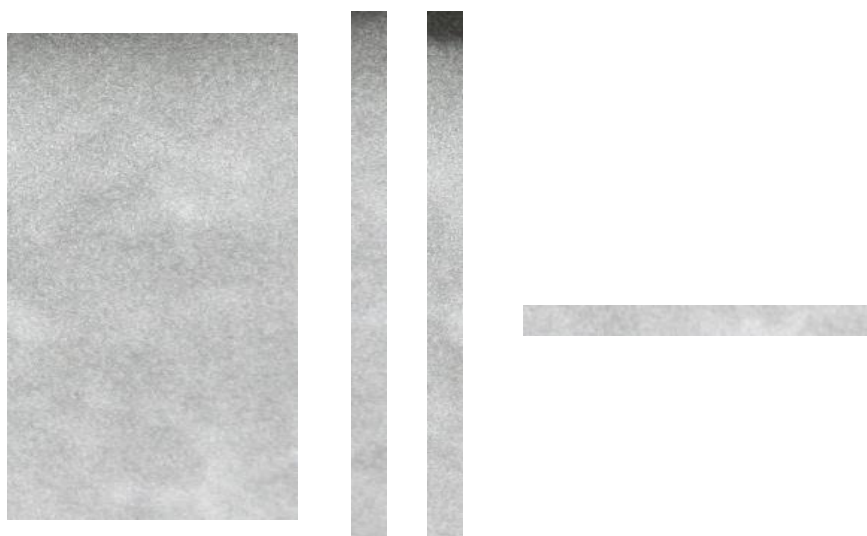


Figura 6: Imagens em formato PNG, recortadas das regiões de interesse delimitadas, da esquerda para a direita região c, m, d, a.

3.3.2. Estabelecimento do vetor de características

Diferentemente das grandezas escalares, que ficam totalmente bem definidas com seu valor associado a uma unidade de medida (ex. tempo, massa, comprimento, etc), a grandeza vetorial precisa, além de seu valor associado a uma unidade, de sua direção e sentido para ficar totalmente determinada. Um vetor é um segmento de reta orientado, utilizado para definir uma grandeza vetorial e, portanto, deve possuir valor numérico com unidade de medida, direção e sentido (RESNICK *et al.*, 2006).

Os atributos de textura de uma imagem podem ser obtidos a partir de cálculos efetuados sobre os valores do seu histograma de segunda ordem. O histograma de segunda ordem, também chamado de matriz de dependência espacial de nível de cinza ou matriz de co-ocorrência, é uma representação da distribuição de probabilidade de ocorrência de um par de valores semelhantes de nível de cinza, separados por uma distância “d”, na orientação “x”. Em outras palavras, indica a frequência de ocorrência de um particular par de nível de cinza, medido à partir de uma distância “d” e de um ângulo “x”.

Para cada imagem dos diferentes tipos ósseos foi criado um vetor a partir de características padrões extraídas das referidas imagens. Dentre as características que compõem o vetor encontram-se 14 atributos descritos inicialmente por Haralick (1973) dos quais 7 foram selecionados para este estudo: a média dos níveis de cinza; desvio padrão dos níveis de cinza; coeficiente de variação; contraste; correlação; entropia e segundo momento angular.

A **média dos níveis de cinza (md)** representa o valor médio dos níveis de cinza dos pixels nos setores estabelecidos; o **desvio padrão dos níveis de cinza (dp)** é o desvio dos níveis de cinza dos pixels em torno da média nos setores estabelecidos; o **coeficiente de variação (cv)** retrata a variação dos níveis de cinza dos pixels nos setores. Essas características independem da posição espacial dos pixels na ROI, são características estáticas da imagem.

O **contraste (con)** mede a presença de transição abrupta de níveis de cinza, isto é, as bordas (baixos valores indicam a ausência de bordas na área de interesse e neste caso, a matriz de co-ocorrência de níveis de cinza apresenta valores concentrados em torno de sua diagonal principal); a **correlação** mede a dependência linear entre os níveis de cinza de pares de pixels (valores próximos a 1 implicam numa forte relação entre os níveis de cinza dos pixels); a **entropia** mede a desordem em uma imagem, ou seja, quando a imagem apresenta textura uniforme, os valores da entropia tendem a ser muito baixos e a entropia alcança seu valor máximo quando os pixels na área de interesse apresentam níveis de cinza com valores aleatórios e o **segundo momento angular** que avalia a uniformidade textural, que é a repetição de pares de níveis de cinza (quando a área de interesse apresenta textura uniforme - valores de níveis de cinza próximos - o valor tende para 1). Para os cálculos destas características são usadas fórmulas descritas por Haralick, em 1973, conforme observado na Figura 7.

$$\begin{aligned}
 cv &= \frac{dp}{md} & ent &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} \cdot \log \left(\frac{i \cdot j}{p(i, j, d, \theta)} \right) & sma &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\frac{p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} \right)^2 \\
 con &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(i - j)^2 \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} & cor &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{i \cdot j \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} - \mu_i \cdot \mu_j}{\sigma_i \cdot \sigma_j}
 \end{aligned}$$

Figura 7: Fórmulas para cálculo dos atributos de textura das imagens. cv = coeficiente de variação; dp = desvio-padrão; md=média dos níveis de cinza; ent= entropia; sma= segundo momento angular; con= contraste; cor= correlação; Σ = somatório; i = total de linhas da matriz; j = total de colunas da matriz; p (i , j , d ,q)= valor da célula de linha i, coluna j distância d e ângulo q.

3.4. Análise dos dados

A média e o desvio padrão foram calculados para todos os atributos de textura para a ROI total ("c" + "m" + "d" + "a") e para os subgrupos de classificações de tipo de osso. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para analisar a normalidade da distribuição dos dados. Teste de Anova One-way e Kruskal-Wallis foram utilizados para comparação entre grupos para testar diferenças entre grupos de tipo de osso. A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$.

Os coeficientes de correlação e concordância entre a ROI periimplantar e a ROI total foram calculados para cada atributo de textura para medir o grau em que os pares de observações encontram-se sobre a linha de 45° através da origem. Ele contém uma medição de precisão (ρ) e exatidão (C_b), onde ρ é o coeficiente de correlação de Pearson, que mede a distância que cada observação se desvia da linha que melhor se ajusta (medida de precisão), e C_b é um fator de correção de polarização, que mede a distância que a linha de melhor ajustamento se desvia da linha de 45° através da origem (medida de precisão).

A regressão linear múltipla foi realizada para avaliar a associação entre medidas de estabilidade primária (torque de inserção, frequência de ressonância) e atributos de análise de textura. A análise dos dados foi realizada utilizando o software MedCalc 12.3.0 (MedCalc Software, Oostende, Bélgica).

RESULTADOS - PUBLICAÇÃO

Artigo – Contribution of texture analysis performed in jawbone radiographs for dental implant planning

Autores: Mayara Barbosa Viandelli MUNDIM, Danilo Rocha DIAS, Ronaldo Martins da COSTA, Cláudio Rodrigues LELES, Rejane Faria RIBEIRO-ROTTA

Submetido para publicação no Clinical Oral Implants Research

Qualis: A2 Odontologia

Contribution of texture analysis performed in jawbone radiographs for dental implant planning

Running Title: Texture analysis for dental implant planning

Article category: Original research

Mayara Barbosa Viandelli Mundim¹, Danilo Rocha Dias¹, Ronaldo Martins Costa³, Cláudio Rodrigues Leles², Rejane Faria Ribeiro-Rotta¹

¹ Department of Oral Medicine, School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiania, Brazil

² Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiania, Brazil

³ Institute of Informatics, Federal University of Goiás, Goiania, Brazil

Corresponding author:

Dr. Rejane Faria Ribeiro-Rotta

+55 6299719187 +55 6232096067

rejanefrr@gmail.com

Department of Oral Medicine, School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiania, Brazil

Rua C-235 n.1323 apt.1501, Nova Suiça, Goiania 74280-130 Brazil

ABSTRACT

Objective: To investigate the feasibility of using texture analysis of periapical radiograph images as a tool for dental implant treatment planning. **Methods:** Periapical radiograph images of 127 bone sites were obtained before and after implant placement. From the superimposition of the pre- and post-implant images, four regions of interest (ROI) were delineated on the pre-implant images for each implant site: mesial, distal and apical peri-implant areas and a central area. Each ROI was analysed using Matlab® software and seven texture attributes were extracted: mean grey level (MGL), standard deviation of grey levels (SDGL), coefficient of variation (CV), entropy (*En*), contrast, correlation (*Cor*) and angular second moment (ASM). Images were grouped by bone types - Lekholm & Zarb classification. Peak insertion torque (PIT) and resonance frequency analysis (RFA) were recorded during implant placement. Differences among groups were tested for each texture attribute. Agreement between measurements of the peri-implant ROIs and overall ROI (peri-implant + central area) was tested, as well as the association between primary stability measures (PIT and RFA) and texture attributes. **Results:** Differences among bone type groups were found for MGL ($p=0.035$), SDGL ($p=0.024$), CV ($p<0.001$) and *En* ($p<0.001$). The apical ROI showed a significant difference from the other regions for all attributes, except *Cor*. Concordance correlation coefficients were all almost perfect ($p>0.93$), except for ASM ($p=0.62$). Texture attributes were significantly associated with the implant stability measures. **Conclusion:** Texture analysis of periapical radiographs may be a reliable non-invasive quantitative method for the assessment of jawbone and prediction of implant stability, with potential clinical applications.

Keywords: Dental implants, implant stability, computer-assited diagnosis, texture analysis

INTRODUCTION

Computer technology is a promising way to aid the health sciences (Bahl et al. 2012; Padma & Sukanesh 2012), especially in the imaging diagnosis field and medical imaging interpretation process, which have received the greatest contribution from this tool (Giger 2004). Computer-aided Diagnosis (CAD) can be defined as a diagnosis made by a professional who uses the automated result of quantitative analysis of images as a "second opinion" to improve diagnostic accuracy and aid in clinical decisions (Giger 2004). Among different areas of knowledge in CAD, the computer vision is the most commonly used in different specialties of health. It automatically extracts features or attributes from the images, visible or not to the human eye: density, contrast, magnification, sharpness, uniformity, density, roughness, intensity, etc (Haralick et al. 1973; Lespessailles et al. 2006; Barreto et al. 2012).

Within the computer vision, the texture analysis is able to describe the spatial variations in intensity of grey levels, which means local variations in pixel values that are regularly or randomly repeated along the image. The various techniques for texture analysis are distributed in four main groups: structural analysis, statistics, fractal and anisotropy (Lespessailles et al. 2006). Haralick and coworkers (1973) characterised texture as a two-dimensional concept, where one dimension contains primitive properties of grey levels (pixels) and the other corresponds to spatial relationships among them, and suggested one of the most efficient methods for texture analysis, the Haralick's method, which is in the statistical group. Based on this method, fourteen texture attributes can be analysed. Texture analysis is widely used for bone tissue evaluation in patients with osteoporosis (Apostol et al. 2006; Chappard et al. 2005; Le Corroller et al. 2012), but is rarely used in dentistry to assess jawbone sites.

Jawbone characteristics may influence the success of implant treatment. Pre- and trans-operative methods have been used to measure bone characteristics for dental implant planning (Chappard et al. 2008; Chappard 2010), including the subjective classification suggested by Lekholm & Zarb (1985). These different methods provide morphometric aspects of bone, such as cortical thickness and trabecular density, which are related to mechanical anchorage of the implant during its placement. This implant stability at placement, called primary implant stability, has frequently been associated with successful implant treatment outcome (Ustun et al. 2008). Measurements of some bone morphological characteristics in a

quantitative/objective way could contribute to predict primary implant stability and osseointegration success, particularly prior to invasive procedures. The aim of this study was to investigate the ability of texture analysis performed in periapical radiographs of jawbone sites to identify the different bone types and predict primary implant stability.

MATERIAL AND METHODS

Sample

Periapical radiographic images were obtained from forty eight subjects with an indication of dental implant treatment, selected according to clinical criteria, laboratory tests and radiographic images. One hundred and twenty-seven pre- and post-implant periapical images composed the sample of this study.

Periapical radiographs were performed using Heliodent Dentotime (Siemens, Bensheim, Germany) with the following parameters: 70 kVp, 10 mA, aluminium filter of 2.0 mm, rectangular collimator 3 x 4 cm, focus-film distance of 21 cm, exposure time ranging between 0.25 - 0.4 s. E-speed dental film (Kodak Ektaspeed, Eastman Kodak Co., Rochester, NY) were used and processed automatically (Peri-Pro, Air Maintenance Techniques, USA) with a cycle of 6 minutes at 27°C.

The conventional radiographs were digitalised using a Sony Cyber-Shot DSC-W210 digital camera with 12.1 megapixel resolution and 2X optical zoom. Images were obtained with standardised criteria of lens-film distance and lightness, and saved in JPEG format.

Subjective bone classification and implant stability measurements

The subjective bone classification, according to Lekholm and Zarb (1985) criteria (bone types 1, 2, 3 and 4), was carried out in two steps, by three surgeons that had been properly calibrated. At first, a radiographic imaging interpretation was performed based on periapical and panoramic images, under favourable light conditions, using a schematic bone type drawing (Lekholm & Zarb 1985) as a reference. During surgery, the final bone classification was established based on previous radiographic interpretation associated with the surgeon's tactile perception of bone resistance at first drilling for implant installation.

Implants were installed using the two stage protocol (Branemark et al. 1969; Smith 1985). Trans-operative implant stability measurements were collected: peak-insertion torque (PIT) and implant stability quotient (ISQ). PIT was recorded by the surgical micromotor display

(BLM 600 Plus, Driller, Sao Paulo, SP, Brazil), at 1300 rpm for the initial drill hole. These values ranged from 15 to 55 Ncm. When final anchorage required a torque higher than 55 Ncm, this was achieved by a manual wrench (Neodent, Curitiba, Brazil).

Resonance frequency analysis (RFA) was performed immediately after implant insertion using a wireless device, the Osstell™ mentor (Osstell AB - Integration Diagnosis, Gothenburg, Sweden). The resonance frequency was measured by positioning the device's probe perpendicular to a transducer attached to the implant (Smartpeg, Integration Diagnostics AB, Goteburg, Sweden). The device automatically converts the signal into a quotient – the ISQ. The higher the ISQ (1 to 100), the more stable the implant is.

Texture analysis

The periapical digitalised radiographic images were transferred to a desktop computer and region of interest (ROI) selections were done by superimposing pre- and post-implant installation periapical images of the same site, using the Adobe Photoshop CS6 software (Adobe, California, USA). Four squared ROI were selected in each implant site: ("c") region, which corresponds to the central bone specimen removed during the implant placement; ("m"), the mesial peripheral region of the implant; ("d"), the distal peripheral region of the implant; and ("a"), the apical peripheral region of the implant (Figure 1). Each ROI was cut and saved as a PNG image (Portable Network Graphics) and submitted to Matlab R2012b software for Linux (MathWorks Inc., Natick, MA, USA) for image texture attribute extraction.

Seven statistical parameters or image texture attributes derived from a co-occurrence matrix, based on Haralick's method (Haralick et al. 1973), were obtained: mean and standard deviation of grey levels, coefficient of variation, contrast, correlation, entropy and angular second moment (Table 1). A mean vector of each of the seven image texture attributes was calculated for each ROI. This measurement corresponds to the arithmetic mean of the attribute values calculated by the software for each pixel within the ROI. ROIs were grouped according to bone types 1, 2, 3 and 4 and a new mean vector was calculated for each attribute in order to characterise those bone types.

Data analysis

Mean and standard deviation were calculated for all seven texture attributes for the overall ROI ("c" + "m" + "d" + "a") and for the subgroups of bone type classifications (1, 2, 3, 4). One-way

ANOVA and the Kruskal-Wallis test were used for group comparison to test differences between bone type groups. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

The concordance correlation coefficients, ρ_c , between the peri-implant and overall ROI, were calculated for each texture attribute to measure the degree to which pairs of observations fall on the 45° line through the origin. It contains a measurement of precision ρ and accuracy C_b , where ρ is the Pearson correlation coefficient, which measures how far each observation deviates from the best-fit line (measure of precision), and C_b is a bias correction factor that measures how far the best-fit line deviates from the 45° line through the origin (measure of accuracy).

Multiple linear regression was performed for the association between primary stability measures (PIT and ISQ) and texture analysis attributes.

Data analysis was performed using the MedCalc 12.3.0 software (MedCalc Software, Acacijslaan 22, B-8400 Ostend, Belgium).

RESULTS

The demographic profile of the 48 patients (127 bone implant sites) consisted of 30 females (62.5%), with a mean age of 43.02 years (SD= 10.27). The implant sites were distributed in maxilla (39.4%) and mandible (60.6%). The distribution of bone type classifications is described in Table 2. Most of the implant sites were classified as bone types 2 and 3 (70.1%).

The 508 ROIs marked in 127 periapical radiographs were evaluated for texture analysis and five of the seven extracted attributes presented normal and two non-normal distributions (Kolmogorov-Smirnov test). The one-way ANOVA (Table 2) revealed a statistically significant difference between the attributes mean grey level, standard deviation and entropy ($p < 0.05$). The Kruskal-Wallis test was performed with coefficient of variation and correlation. Coefficient of variation presented a statistically significant difference ($p < 0.001$) (Table 3).

It was observed that bone type 1 presented a greater number of grey levels with less variation between them and greater textural homogeneity. Bone type 4 showed a smaller number of grey levels, with greater variation among them and also greater heterogeneity. Bone types 2 and 3 revealed intermediate characteristics for the three attributes. Nevertheless, a wider shade of grey was observed in type 3 when compared to type 2 (Table 2).

In the evaluation of each ROI individually, the apical ROI (“a”) showed a statistically significant difference for all of the attributes except for correlation.

Concordance correlation coefficient between overall and peri-implant ROI ranged from substantial to almost perfect concordance ($p=0.93-0.99$), except for angular second moment, which presented poor concordance ($p=0.62$).

Regression analysis showed that five texture attributes (mean grey level, standard deviation, coefficient of variation, correlation and entropy) were significantly associated with implant stability measures (Table 4).

DISCUSSION

The main contribution of this study to dental implant planning was to identify that periapical image texture analysis can differentiate the four bone types, according to a worldwide known subjective classification (Lekholm & Zarb 1985; Ribeiro-Rotta et al. 2010). Furthermore, the texture attributes are associated with implant stability.

The consistency of the main findings of this study can be observed if a parallel analysis is done, considering Lekholm and Zarb’s description of the four bone types (Lekholm & Zarb 1985) and the results of the four texture attributes (mean grey level, standard deviation, entropy and coefficient of variation) that significantly differentiated these bone types (Tables 2, 3).

Bone type I, which is mainly cortical (Lekholm & Zarb 1985) and has a more radiopaque x-ray image, should have a lower grey scale (entropy) with a slight variation of its pixel values from the mean (standard deviation). This bone type presented a high mean grey level with little variation in pixels values, which determines the small values of the ratio between the attributes standard deviation and the mean grey levels (coefficient of variation = $cv = \frac{sd}{me}$).

Furthermore, bone types 2, 3 and 4, which gradually increase the predominance of wider medullar spaces and radiographic radiolucency, also gradually increase their grey scale (entropy) and the variation of pixel values relative to the mean (standard deviation). Therefore, these bone types will show a gradually lower mean grey level and larger variation of their pixels values, thereby determining a higher coefficient of variation from bone type 2 to 4.

Among the seven texture attributes extracted, entropy was the one that more significantly distinguished bone types ($P < 0.001$), which is in line with studies evaluating other anatomical regions, such as the femur of patients with osteoporosis (Ranjanomennahary et al. 2011).

Primary implant stability, which indicates stability at implant placement, has been highlighted as a key to implant success outcome and has been related to bone quality (Sennerby & Roos 1998; Friberg et al. 1991; Orenstein et al. 2000). Such information may be used in the planning phase to predict the optimum healing period and point at which an implant may be suitable for loading (Meredith 1988).

Subjective bone classification, peak insertion torque and resonance frequency analysis are among the most commonly used methods to predict or measure primary implant stability. Peak insertion torque cannot be used to predict bone quality prior to implant placement or for measurement after an implant has been installed. On the other hand, resonance frequency analysis, even being a non-invasive technique and allowing longitudinal implant stability measurements, cannot be performed before implant placement (Meredith 1998; Ribeiro-Rotta et al. 2011; Ribeiro-Rotta et al. 2007). In this study, besides differentiating bone types, periapical image texture attributes showed an association with peak insertion torque and resonance frequency analysis measurements. Therefore, as a non-invasive test that uses routine radiographs for implant planning, with accessibility and economic viability, it can be considered a promising and potential tool to be included in clinical routine.

Regarding the ROI selection for texture measurements, the fact that the results showed no difference between selecting specific peri-implant regions compared to the overall ROI might represent a positive factor for texture analysis as a tool for dental implant planning. This becomes even more important in consecutive multiple implants, when the examiner would probably have more of a chance of making an error in subjective bone classification of each site individually. In this case, only the trans-operative tactile perception could provide information regarding implant selection, its prognosis and loading time.

We could not find a reasonable explanation for the divergent results found in the attributes extracted from apical ROI compared to others. A possible hypothesis could be that the apical region of the implant is located beyond the alveolar process and in a two-dimensional

radiographic image, it could be overlapped by other structures and/or anatomical variations, generating significant pixels changes and consequent alterations in the texture attributes.

Some authors (Lespessailles et al. 2007) have shown a difference in texture analysis values when comparing direct digital images and scanned images. Further studies, using direct digital images (Lespessailles et al. 2007) and comparison with morphometric referential methods (Chappard et al. 2005), can provide a better understanding with regard to periapical image texture analysis as a tool for evaluating jawbone characteristics.

In summary, the results of this study can be divided into three prominent findings in terms of the use of texture analysis of periapical radiographs for implant treatment planning: a) most of the texture attributes allow differentiation between the four bone types (1, 2, 3 and 4); b) although the attributes in the apical ROI had shown divergent values from the other ROIs, the ROI selection for attribute extraction suffered no influence from segmented selection or overall area selection; and c) there was an association between five image texture attributes and the implant stability measures tested.

Texture analysis of periapical radiographs can be considered a potential method to assess jawbone tissue for dental implant planning.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was approved by the Ethical Committee at Federal University of Goias, Brazil (114/2007) and informed consent was obtained from all volunteers. Conflicts of interest: No conflicts of interest declared. This research was carried out without funding.

REFERENCES

- Apostol, L., Boudousq, V., Basset, O., Odet, C., Yot, S., Tabary, J., Dinten, J. M., Boiler, E., Kotzki, P. O. & Peyrin, F. (2006) Relevance of 2d radiographic texture analysis for the assessment of 3d bone micro-architecture. *Medical physics* **33**: 3546-3556.
- Bahl, G., Cruite, I., Wolfson, T., Gamst, A. C., Collins, J. M., Chavez, A. D., Barakat, F., Hassanein, T. & Sirlin, C. B. (2012) Noninvasive classification of hepatic fibrosis based on texture parameters from double contrast-enhanced magnetic resonance images. *Journal of magnetic resonance imaging : JMIR* **36**: 1154-1161.
- Barretto, M. C., Kulkarni, D. A. & Udupi, G. R. (2012) A texture analysis method for detection of clustered microcalcifications on digital mammograms. *International journal of bioinformatics research and applications* **8**: 366-381.

Branemark, P. I., Adell, R., Breine, U., Hansson, B. O., Lindstrom, J. & Ohlsson, A. (1969) Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* **3**: 81-100.

Chappard, D. (2010) [bone microarchitecture]. *Bulletin de l'Academie nationale de medecine* **194**: 1469-1480; discussion 1480-1461.

Chappard, D., Basle, M. F., Legrand, E. & Audran, M. (2008) Trabecular bone microarchitecture: A review. *Morphologie : bulletin de l'Association des anatomistes* **92**: 162-170.

Chappard, D., Guggenbuhl, P., Legrand, E., Basle, M. F. & Audran, M. (2005) Texture analysis of x-ray radiographs is correlated with bone histomorphometry. *Journal of bone and mineral metabolism* **23**: 24-29.

Friberg, B., Jemt, T. & Lekholm, U. (1991) Early failures in 4,641 consecutively placed branemark dental implants: A study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* **6**: 142-146.

Giger, M. L. (2004) Computerized analysis of images in the detection and diagnosis of breast cancer. *Semin Ultrasound CT MR* **25**: 411-418.

Haralick, R. M., Shanmugam, K. & Dinstein, I. (1973) Textural features for image classification. *IEEE transactions on information technology in biomedicine : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* **3**: 610-621.

Le Corroller, T., Pithioux, M., Chaari, F., Rosa, B., Parratte, S., Maurel, B., Argenson, J. N., Champsaur, P. & Chabrand, P. (2012) Bone texture analysis is correlated with three-dimensional microarchitecture and mechanical properties of trabecular bone in osteoporotic femurs. *Journal of bone and mineral metabolism*.

Lekholm, U. & Zarb, G. A. (1985) Patient selection and preparation. *Tissue integrated prostheses: Osseointegration in clinical dentistry*, 199-209. Chicago: Quintessence Publ Co.

Lespessailles, E., Chappard, C., Bonnet, N. & Benhamou, C. L. (2006) Imaging techniques for evaluating bone microarchitecture. *Joint, bone, spine : revue du rhumatisme* **73**: 254-261.

Lespessailles, E., Gadois, C., Lemineur, G., Do-Huu, J. P. & Benhamou, L. (2007) Bone texture analysis on direct digital radiographic images: Precision study and relationship with bone mineral density at the os calcis. *Calcif Tissue Int* **80**: 97-102.

Meredith, N. (1998) Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont* **11**: 491-501.

Orenstein, I. H., Tarnow, D. P., Morris, H. F. & Ochi, S. (2000) Three-year post-placement survival of implants mobile at placement. *Ann Periodontol* **5**: 32-41.

Padma, A. & Sukanesh, R. (2012) Combined texture feature analysis of segmentation and classification of benign and malignant tumour ct slices. *Journal of medical engineering & technology*.

Ranjanomennahary, P., Ghalila, S. S., Malouche, D., Marchadier, A., Rachidi, M., Benhamou, C. & Chappard, C. (2011) Comparison of radiograph-based texture analysis and bone mineral density with three-dimensional microarchitecture of trabecular bone. *Medical physics* **38**: 420-428.

Ribeiro-Rotta, R. F., Lindh, C., Pereira, A. C. & Rohlin, M. (2011) Ambiguity in bone tissue characteristics as presented in studies on dental implant planning and placement: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* **22**: 789-801.

Ribeiro-Rotta, R. F., Lindh, C. & Rohlin, M. (2007) Efficacy of clinical methods to assess jawbone tissue prior to and during endosseous dental implant placement: A systematic literature review. *Int J Oral Maxillofac Implants* **22**: 289-300.

Ribeiro-Rotta, R. F., Pereira, A. C., Oliveira, G. H., Freire, M. C., Leles, C. R. & Lindh, C. (2010) An exploratory survey of diagnostic methods for bone quality assessment used by brazilian dental implant specialists. *J Oral Rehabil* **37**: 698-703.

Sennerby, L. & Roos, J. (1998) Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants: A review of the literature. *Int J Prosthodont* **11**: 408-420.

Smith, G. C. (1985) Surgical principles of the branemark osseointegration implant system. *Aust Prosthodont Soc Bull* **15**: 37-40.

Ustun, Y., Erdogan, O., Kurkcu, M., Akova, T. & Damlar, I. (2008) Effects of low-intensity pulsed ultrasound on dental implant osseointegration: A preliminary report. *Eur J Dent* **2**: 254-262.

TABLES

Table 1. Definitions and formulae of texture analysis attributes

Attribute	Definition	Formulae
Mean grey level	Measure of the arithmetic mean of pixels values in the ROI	$me = \frac{\sum pv}{N(pv)}$
Standard deviation	Measure of variation or dispersion that exists in the pixels values mean	$sd = \frac{\sqrt{\sum (pv1 - pv)^2}}{N(pv) - 1}$
Coefficient of variation	Measure of the ratio between standard deviation and the mean grey level	$cv = \frac{sd}{me}$
Contrast	Measure of the amount of local variations present in an image	$cn = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(i - j)^2 \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j}$
Correlation	Measure of grey-tone linear dependencies in the image	$cor = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{i \cdot j \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} - \mu_i \cdot \mu_j}{\sigma_i \cdot \sigma_j}$
Entropy	Measure of randomness of grey-tone in the image	$ent = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} \cdot \log \left(\frac{i \cdot j}{p(i, j, d, \theta)} \right)$
Angular second moment	Measure of homogeneity of the image	$asm = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\frac{p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} \right)^2$

Table 2. Mean (and standard deviation) of parametric texture attributes of overall ROI, according to bone type classification (n=127).

Bone type	n (%)	Mean grey level	Standard		Entropy	Contrast (x10 ³)	ASM (x10 ⁻⁵)
			deviation				
1	11 (8.7)	178.8 (37.0)	15.0 (6.1)		5.40 (0.4)	25.6 (11.8)	13.0 (2.9)
2	42 (33.1)	140.2 (40.2)	13,8 (4.9)		5.40 (0.5)	29.2 (13.0)	13.7 (3.0)
3	47 (37.0)	137.4 (46.7)	16,1 (6.1)		5.64 (0.5)	31.9 (13.5)	13.6 (3.1)
4	27 (21.3)	134.0 (49.8)	18.0 (5.0)		5.92 (0.4)	25.4 (10.0)	15.2 (4.2)
<i>P</i> -value	-	0.035	0.024		< 0.001	0.143	0.125
One-way ANOVA test							

Table 3. Mean (and standard deviation) of non-parametric texture attributes of overall ROI, according to bone type classification (n=127).

Bone type	n (%)	Coefficient of variation ($\times 10^{-2}$)	Correlation ($\times 10^{-5}$)
1	11 (8.7)	8.5 (2.8)	31.0 (57.0)
2	42 (33.1)	11.1 (5.7)	18.7 (52.6)
3	47 (37.0)	14.2 (8.6)	0.08 (111.6)
4	27 (21.3)	17.2 (11.0)	4.01 (74.8)
<i>P</i> -value	-	< 0.001	0.652
Kruskal-Wallis test			

Table 4. Association between primary stability measures and texture analysis attributes
(multiple linear regression parameters)

Texture attributes	Standardised regression coefficient (p-value)	
	Peak insertion torque	Resonance frequency
Entropy	-0.66 (0.001)	-0.92 (<0.001)
Standard deviation	0.47 (0.022)	0.59 (0.005)
Mean grey level	0.24 (0.006)	Ns
Correlation	-0.23 (<0.001)	-0.18 (0.036)
Variation coefficient	Ns	-0.24 (0.009)

FIGURE LEGEND

Figure 1 – **ROI dimensions:** **A)** Central region ("c") was established according to the different dimensions of the implants installed. To the peri-implant regions "m" and "d", a fixed width of 0.85 mm and a variable height, depending on the implant length, were considered. To the images of peri-implant apical region "a", a fixed height of 0.85 mm and a variable width, depending on the implant diameter, were considered. **ROI selection process in the digitalised periapical images:** **B)** Pre-implant periapical radiograph. **C)** Post-implant periapical radiograph. **D)** Pre and post-implant periapical radiographs superimposed with ROI delimitation. **E)** Pre-implant periapical radiograph with ROI delimitation to proceed to texture analysis.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, os resultados desse estudo podem ser divididos em 3 achados de destaque, em termos da utilização da análise de textura de radiografias periapicais para o planejamento do tratamento com implantes: a) a maioria dos atributos de textura permitem uma diferenciação entre os quatro tipos ósseos (I, II, III e IV); b) embora os valores dos atributos na região apical se mostrassem divergentes das demais ROIS, a seleção da ROI para extração dos atributos não sofreu influência se a seleção for segmentada ou incluir tanto a área óssea onde o implante será inserido quanto a perimplantar; c) houve uma associação entre três atributos de textura para cada uma das duas medidas de estabilidade do implante testadas.

Considerando a descrição anatômica dos quatro tipos ósseos, aquilo que se espera da imagem radiográfica dos referidos sítios e os resultados dos quatro atributos que de forma significativa diferenciaram os tipos ósseos, pode-se observar uma coerência nos achados, apresentados nas Tabelas 2, 3 do artigo. O osso tipo I, predominantemente cortical, cuja imagem geralmente mais radiopaca, deveria apresentar uma menor escala de cinzas (entropia), com uma pequena variação dos seus valores de pixel em relação à média (desvio padrão), uma média elevada com pouca variação dos valores de seus pixels (média dos níveis de cinza), o que determinaria pequenos valores da razão entre o atributo de desvio padrão e a média dos níveis de cinza (coeficiente de variação). Por outro lado, os ossos tipo II, III e IV, de forma gradativa e crescente apresentam predomínio dos espaços medulares, imagem radiográfica que gradativamente também aumenta a radiolucidez e sua escala

de cinzas (entropia) e a variação dos valores de pixel em relação à média (desvio padrão), apresentando uma média de níveis de cinza menor e com maior variação dos seus pixels, determinando assim um coeficiente de variação mais elevado.

Até onde investigamos, este foi o primeiro estudo utilizando o método de Haralick para avaliação do tecido ósseo da maxila e mandíbula com a finalidade de planejamento em implantodontia. Os resultados mostraram que o método foi efetivo para o objetivo mencionado e que novos estudos devem ser desenvolvidos para ratificar a sua inclusão na rotina clínica e como potencial método quantitativo não invasivo para medir a estabilidade do implante.

Muito mais do que foi apresentado nessa dissertação foi investigado, mas considerando as limitações de amostra, deficiência de literatura e a primeira experiência numa linha de pesquisa que está se iniciando, optamos por não incluir e ficam as perguntas para as pesquisas futuras:

- Para viabilizar a utilização do método na análise de imagens seccionais (tomografias) haveria mesmo a necessidade do desenvolvimentos de novos atributos de análise de textura? A utilização de outras análises (estrutural, fractal, anisotropia) seriam mais indicadas?
- Esperava-se a possível associação entre os atributos da análise de textura e os parâmetros microtomográficas (considerado método de referencia para análise da microestrutura óssea), como tem se revelado estudos em osteoporose. Porque não encontramos associação?

- A utilização de outras ferramentas CAD, como a inteligência artificial (árvores de decisão) poderão contribuir na busca de métodos não invasivos para a análise do tecido ósseo no planejamento de implantes dentários?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOSTOL, L. et al. Relevance of 2D radiographic texture analysis for the assessment of 3D bone micro-architecture. *Medical physics*, v. 33, n. 9, p. 3546-56, Sep 2006.

AZEVEDO-MARQUES, P. M. Diagnóstico auxiliado por computador na radiologia. *Radiol Bras*, v. 34, n. 5, p. 285-293, 2001.

BAHL, G. et al. Noninvasive classification of hepatic fibrosis based on texture parameters from double contrast-enhanced magnetic resonance images. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*, v. 36, n. 5, p. 1154-61, Nov 2012.

BAIRAGI, V. K.; SAPKAL, A. M.; TAPASWI, A. Texture-Based Medical Image Compression. *Journal of digital imaging : the official journal of the Society for Computer Applications in Radiology*, May 2 2012

BARBOSA, G.K. Avaliação clínico-radiográfica de características ósseas no tratamento com implantes dentários: correlação entre métodos pré e transcirúrgicos. *Dissertação mestrado FO/UFG*. 2009.

BARRETTO, M. C.; KULKARNI, D. A.; UDUPI, G. R. A texture analysis method for detection of clustered microcalcifications on digital mammograms. *International journal of bioinformatics research and applications*, v. 8, n. 5, p. 366-81, 2012.

CHAI, J. et al. Correlation between dental implant insertion torque and mandibular alveolar bone density in osteopenic and osteoporotic subjects. *Int J Oral Maxillofac Implants*, v. 27, n. 4, p. 888-93, Jul 2012.

CHANG, C. W.; HO, C. C.; CHEN, J. H. ADHD classification by a texture analysis of anatomical brain MRI data. *Frontiers in systems neuroscience*, v. 6, p. 66, 2012.

CHAPPARD, D. [Bone microarchitecture]. Bulletin de l'Academie nationale de medecine, v. 194, n. 8, p. 1469-80; discussion 1480-1, Nov 2010

CHAPPARD, D. et al. Trabecular bone microarchitecture: a review. Morphologie : bulletin de l'Association des anatomistes, v. 92, n. 299, p. 162-70, Dec 2008.

_____. New laboratory tools in the assessment of bone quality. Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA, v. 22, n. 8, p. 2225-40, Aug 2011.

CHAPPARD, D. et al. Texture analysis of X-ray radiographs is correlated with bone histomorphometry. Journal of bone and mineral metabolism, v. 23, n. 1, p. 24-9, 2005.

DUVAUFERRIER, R. et al. Texture analysis software: integration with a radiological workstation. Studies in health technology and informatics, v. 180, p. 1030-4, 2012.

FUSTER-TORRES, M. A.; 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, v. 26, n. 5, p. 1051-6, Sep-Oct 2011.

GARNAVI, R.; ALDEEN, M.; BAILEY, J. Computer-aided Diagnosis of Melanoma Using Border and Wavelet-based Texture Analysis. IEEE transactions on information technology in biomedicine : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Aug 8 2012.

GIGER, M. L. Computerized analysis of images in the detection and diagnosis of breast cancer. *Semin Ultrasound CT MR*, v. 25, n. 5, p. 411-8, Oct 2004.

GINSBURG, S. B. et al. Automated Texture-based Quantification of Centrilobular Nodularity and Centrilobular Emphysema in Chest CT Images. *Academic radiology*, v. 19, n. 10, p. 1241-51, Oct 2012.

HARALICK, R. M.; SHANMUGAM, K.; DINSTEN, I. Textural features for image classification. *IEEE transactions on information technology in biomedicine : a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, v. 3, n. 6, p. 610-621, 1973.

LE CORROLLER, T. et al. Bone texture analysis is correlated with three-dimensional microarchitecture and mechanical properties of trabecular bone in osteoporotic femurs. *Journal of bone and mineral metabolism*, Aug 11 2012.

LEKHOLM, U.; ZARB, G. A. Patient selection and preparation. In: (Ed.). *Tissue integrated prostheses: Osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence Publ Co., 1985. p.199-209.

LESPESSAILLES, E. et al. Imaging techniques for evaluating bone microarchitecture. *Joint, bone, spine : revue du rhumatisme*, v. 73, n. 3, p. 254-61, May 2006.

MARCHAND-LIBOUBAN, H. et al. Texture analysis of computed tomographic images in osteoporotic patients with sinus lift bone graft reconstruction. *Clinical oral investigations*, Aug 11 2012.

MARQUES, J. et al. Diagnosis of osteoarthritis and prognosis of tibial cartilage loss by quantification of tibia trabecular bone from MRI. *Magnetic resonance in medicine : official journal of the Society of Magnetic Resonance in Medicine / Society of Magnetic Resonance in Medicine*, Aug 31 2012.

MARQUEZAN, M. et al. Does bone mineral density influence the primary stability of dental implants? A systematic review. Clin Oral Implants Res, v. 23, n. 7, p. 767-74, Jul 2012.

NASCIMENTO, J. P. R. Análise e classificação de imagens baseadas em características de textura utilizando matrizes de co-ocorrência. Tese de mestrado INF/UFPR. 2003.

OLIVEIRA, R. C. G. Microarquitetura de sítios ósseos para implantes dentários: correlação clínico-radiográfica. Tese de doutorado FM/UFG. 2010.

PADMA, A.; SUKANESH, R. Combined texture feature analysis of segmentation and classification of benign and malignant tumour CT slices. Journal of medical engineering & technology, Oct 24 2012.

PRIYA, E.; SRINIVASAN, S.; RAMAKRISHNAN, S. Differentiation of digital tb images using texture analysis and rbf classifier. Biomedical sciences instrumentation, v. 48, p. 516-23, 2012.

RANJANOMENNAHARY, P. et al. Comparison of radiograph-based texture analysis and bone mineral density with three-dimensional microarchitecture of trabecular bone. Medical physics, v. 38, n. 1, p. 420-8, Jan 2011.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; MERRILL, E. J. Fundamentos de Física, vol. 1 Mecânica, 7a ed., LTC (2006).

RODRIGO, D. et al. Diagnosis of implant stability and its impact on implant survival: a prospective case series study. Clin Oral Implants Res, v. 21, n. 3, p. 255-61, Mar 2010.

SALEM, N. A.; TALEB, A. L.; ABOUSHELIB, M. N. Biomechanical and Histomorphometric Evaluation of Osseointegration of Fusion-Sputtered Zirconia Implants. J Prosthodont, Oct 25 2012.

SENNERBY, L.; ROOS, J. Surgical determinants of clinical success of osseointegrated oral implants: a review of the literature. *Int J Prosthodont*, v. 11, n. 5, p. 408-20, Sep-Oct 1998.

USTUN, Y. et al. Effects of low-intensity pulsed ultrasound on dental implant osseointegration: a preliminary report. *Eur J Dent*, v. 2, n. 4, p. 254-62, Oct 2008.

YANG, X. et al. Ultrasound GLCM texture analysis of radiation-induced parotid-gland injury in head-and-neck cancer radiotherapy: an in vivo study of late toxicity. *Medical physics*, v. 39, n. 9, p. 5732-9, Sep 2012.

ANEXOS

Anexo 1- Pareceres do Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo 2- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Anexo 1 – Pareceres do Comitê de Ética em Pesquisa



MINISTÉRIO DA SAÚDE
Conselho Nacional de Saúde
Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

PARECER Nº 860/2009

Registro CONEP: 14734 (Este nº deve ser citado nas correspondências referentes a este projeto)

Registro no CEP: 114/2007

Processo nº 25000.050148/2008-81

Projeto de Pesquisa: *"Avaliação clínica, radiográfica, histomorfométrica e molecular de sítios para implantes da maxila e mandíbula"*.

Pesquisador Responsável: Rejane Faria Ribeiro-Rotta

Instituição: Faculdade de Odontologia – Universidade Federal de Goiás

CEP de origem: Universidade Federal de Goiás - UFG

Área Temática Especial: Cooperação estrangeira

Patrocinador: FAPEG, CNPq e PROAP.

Sumário geral do protocolo

Os implantes dentários têm revolucionado o campo da reabilitação bucomaxilofacial, visto que restauram de forma conservadora e eficiente a fonética, a mastigação, a estética e a auto-estima do indivíduo. Excelentes resultados têm sido associados a implantes instalados em osso de boa qualidade e quantidade. Diferentes classificações têm sido propostas para descrever essas características, sendo que a mais amplamente utilizada é a proposta por Lekholm e Zarb (1985), que é baseada em radiografias convencionais pré-operatórias e a percepção subjetiva do cirurgião durante o preparo do sítio.

Considerando a freqüente associação da qualidade e quantidade óssea aos índices de sucesso e insucesso no tratamento com implantes dentários, a escassez de estudos com evidência de eficácia diagnóstica dos métodos que avaliam o tecido ósseo da maxila/mandíbula previamente ou durante o tratamento com implantes e a necessidade de critérios clínicos objetivos para otimizar seu resultado, este estudo tem como objetivo geral correlacionar aspectos clínicos, radiográficos, histomorfométricos e moleculares de sítios ósseos da maxila e mandíbula durante planejamento e inserção de implantes dentários.

A amostra desse estudo transversal será composta por servidores da Universidade Federal de Goiás (UFG) com indicação de reabilitação com implantes dentários individuais e múltiplos na maxila e/ou mandíbula (200 amostras no total). Os tipos ósseos dos diferentes sítios serão classificados e correlacionados de acordo com critérios clínicos [sensibilidade tátil do cirurgião/implantodontista durante a inserção do implante; medidas de torque de inserção; análise de freqüência de ressonância (FR) para medidas diretas da estabilidade do implante], radiográficos [radiografias convencionais, densidade óssea obtida por meio de unidades Hounsfield (UH) por tomografia computadorizada (TC)], histomorfométricos e moleculares. Estes dois últimos critérios serão analisados em espécimes obtidos por micro biópsias ósseas realizadas durante o preparo dos sítios implantáveis, que serão submetidos à microTC, procedimento que será executado na Universidade de Malmö, Suécia, para análise tridimensional da sua micro-arquitetura; após o processamento dos espécimes pela técnica de rotina hematoxilina/eosina, a análise histomorfométrica será realizada por contagem em um *grid* retangular com linhas horizontais e verticais. Uma técnica de imunoistoquímica será realizada para a identificação e quantificação de fatores reguladores da reabsorção óssea, o que inclui ativadores (RANK/RANKL) e inibidor (OPG). Testes estatísticos específicos serão utilizados para correlacionar os aspectos clínicos, radiográficos, histomorfométricos e moleculares dos diferentes sítios implantáveis.

Cont. Parecer CONEP 860/2009.

Espera-se com esse estudo contribuir para um repensar da rotina clínica em implantodontia por meio da análise da acurácia diagnóstica de diferentes métodos de acesso à "qualidade óssea" e, em especial, na definição dessa característica óssea e seu impacto no planejamento e resultado do tratamento com implantes dentários. Além disso, este estudo permitirá o estreitamento de laços científicos com grupo de pesquisadores de referência internacional, bem como treinamento em tecnologia de ponta ainda pouco disponível no Brasil.

Apresentação do protocolo

A Folha de Rosto encontra-se devidamente preenchida e assinada.

O *currículo vitae* dos pesquisadores responsáveis e dos participantes (Aline Carvalho Batista, Cláudio Rodrigues Leles, Christina Lindh, Elismauro Francisco de Mendonça, Geovane Miranda Ferreira, Maria Alves Garcia Santos Silva, Rubens Carneiro dos Santos Filho, Gláucia Kelly Silva Barbosa, Rubelisa Cândido de Oliveira) os qualificam para a realização do estudo, demonstrando experiência com a área proposta.

O orçamento está descrito com detalhes e adequado ao estudo.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está em linguagem acessível e adequado à proposta do estudo, cumprindo todas as normas da Resolução CNS 196/96.

Considerações sobre a análise das recomendações ao Parecer CONEP nº 418/2008, relativo ao projeto de pesquisa em questão:

1. Na Folha de Rosto solicita-se preencher os campos referentes ao patrocinador e ao Comitê de Ética em Pesquisa - CEP.

Resposta: Foi apresentada nova Folha de Rosto, devidamente preenchida.

Análise: Recomendação atendida.

2. O cronograma de execução proposto é viável. Contudo, solicita-se que seja atualizado, uma vez que o estudo continua em análise no sistema CONEP/CEP até a presente data.

Resposta: Foi informado que a seleção de pacientes ocorreu efetivamente em Julho/2008, após emissão de parecer CONEP de aprovado com recomendação, devido a um equívoco do CEP UFG, que entendeu que "as recomendações não seriam impedimento para o início do projeto, considerado o teor das mesmas".

Análise: Dado as falhas do CEP durante a tramitação do presente estudo, ainda que o estudo já tenha iniciado, a CONEP entende que a recomendação foi atendida.

3. No item "Viabilidade para execução da pesquisa", página 30 do protocolo, consta que os pesquisadores contam com a "doação de implantes por parte da Empresa que possui programa de apoio à pesquisa". Solicita-se informar a lista das empresas que doarão os implantes.

Resposta: Foi esclarecido que a doação de implantes será feita pela empresa NEODENT, que possui programa de apoio à pesquisa.

Análise: Recomendação atendida.

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 196/96, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Situação: Protocolo aprovado.

Brasília, 07 de dezembro de 2009.


Gyselle Saddi Tannous
Coordenadora da CONEP/CNS/MS

PROTOCOLO: 114/2007

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

I – Identificação:

- Título do projeto: Avaliação clínica, radiográfica, histomorfométrica e molecular de sítios para implantes de maxila e mandíbula
- Pesquisador responsável: Rejane Faria Ribeiro-Rotta
- Coordenador responsável: Rejane Faria Ribeiro-Rotta
- Instituição onde será realizada: Universidade Federal de Goiás
- Grande área de conhecimento (CNPq): Ciências da Saúde
- Sub-área de conhecimento: Clínica Odontológica
- Odontologia
- Radiologia Odontológica
- Data de apresentação ao COEP: 15/10/2007

II – Folha de rosto COEP/UEG: de acordo

III – Folha de rosto CONEP: de acordo. A pesquisadora corrigiu o quadro 5, áreas temáticas especiais, o quadro 9, sujeitos da pesquisa, o quadro 10, grupos especiais e o quadro 35, projeto multicêntrico. Preencheu o quadro 8.

IV – Descrição da pesquisa

1 – Resumo do projeto de pesquisa: considerando a freqüente associação de qualidade e quantidade óssea aos índices de sucesso e insucesso no tratamento com implantes dentários, a escassez de estudos com evidência de eficácia diagnóstica dos métodos que avaliam o tecido ósseo da maxila / mandíbula, previamente, ou durante o tratamento com implantes, e a necessidade de critérios clínicos objetivos para otimizar seu resultado, este estudo visa contribuir para um repensar da rotina clínica em implantodontia por meio da análise da acurácia diagnóstica de diferentes métodos de acesso à qualidade óssea e, em especial, na definição desta característica óssea e seu impacto no planejamento e resultado do tratamento com implantes dentários.

2 – Objetivos:

Geral:

Correlacionar aspectos clínicos, radiográficos, histomorfométricos e moleculares de sítios ósseos da maxila e da mandíbula, durante o planejamento e a inserção de implantes dentários.

Específicos:

- a) investigar se a classificação subjetiva da qualidade óssea descrita por Lekholm e Zarb, baseada em radiografias convencionais, se correlaciona com aquela obtida a partir da percepção tátil do cirurgião durante a instalação do implante em cada sítio;
- b) avaliar medidas de torque de inserção no momento da instalação dos implantes e correlacionar essas medidas com a classificação clínica dos sítios implantados;

V – Curriculum Lattes de todos os envolvidos na pesquisa: de acordo

VI – Termo de compromisso dos pesquisadores em cumprirem os termos da Resolução CNS 196/96 e complementares: a pesquisadora responsável assina a folha de rosto da CONEP. O Termo de Compromisso foi refeito e incluído no protocolo, conforme solicitado no primeiro parecer consubstanciado, e contém as assinaturas dos demais participantes. O documento da pesquisadora Christina Lindh foi traduzido, conforme solicitado.

VII - Extrato do cadastro do projeto de pesquisa no sistema SAPP: de acordo.

VIII – Certidão da ata de aprovação do projeto de pesquisa pelo Conselho Diretor: de acordo.

IX - Forma de obtenção do termo de consentimento: a seleção da amostra será realizada com o apoio da Pró Reitoria de Assuntos Comunitários da UFG. A pesquisadora informou que o termo de consentimento será obtido pelos próprios pesquisadores.

X – Estrutura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: os procedimentos do tratamento estão bem explicados. A reformulação requerida no parecer anterior foi atendida.

XI - Comentários do relator frente à Resolução CNS 196/96 e complementares: o protocolo é adequado e relevante para a saúde da equipe odontológica e pacientes, e está bem fundamentado quanto à metodologia e a obtenção de resultados.

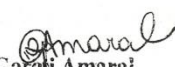
XII - Parecer do COEP: Aprovado. Todas as pendências foram atendidas.

XIII – Data da reunião: 03/03/2008



Assinatura do relator

Assinatura do coordenador/COEP



Rita Goreti Amaral
Coordenadora do CEP/PRPPG/UFG

Anexo 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), de uma pesquisa que será realizada na Faculdade de Odontologia da UFG. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte da pesquisa, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado de forma alguma. Em caso de dúvida, você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás pelo telefone 0-XX-62-3521-1075 ou 3521-1076.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Avaliação clínica, radiográfica, histomorfométrica e molecular de sítios para implantes da maxila e mandíbula.

Pesquisadora Responsável: Profa. Dra. Rejane Faria Ribeiro-Rotta

Telefone para contato: (062) 3209-6067

Pesquisadores participantes e telefones de contato: Aline Carvalho Batista (062 – 32096058), Cláudio Rodrigues Leles (62-32096052), Christina Lindh, Elismauro Francisco de Mendonça (062 – 32096058), Geovane Miranda Ferreira, Maria Alves Garcia Santos Silva (62-32096067), Rubens Carneiro dos Santos Filho, Gláucia Kelly Silva Barbosa, Rubelisa Cândido de Oliveira.

Esta pesquisa tem como finalidade avaliar a correlação entre aspectos clínicos, radiográficos, histomorfométricos e moleculares de sítios ósseos da maxila e mandíbula durante planejamento e inserção de implantes dentários, tendo como público-alvo funcionários servidores da UFG que apresentam áreas edêntulas individuais e múltiplas na maxila e/ou mandíbula.

Uma área desdentada pode ser tratada por meio da reabilitação por próteses convencionais do tipo removíveis, as chamadas "pontes de grampo" ou próteses fixas, conhecidas popularmente como "pontes fixas". Esses são métodos mais tradicionais e acessíveis, entretanto apresentam menor

durabilidade e menor capacidade de resistir a função mastigatória se comparadas aos implantes dentários de titânio.

O seu benefício direto, pela participação no estudo, será a confecção e instalação de próteses dentárias sobre implantes de titânio, seguindo todos os requisitos necessários para o sucesso do tratamento. Os implantes serão realizados após avaliação clínica detalhada bem como de seus exames complementares. O procedimento cirúrgico será realizado em duas etapas. Na primeira, implantes serão instalados no interior do osso da região em que há a ausência dentária na maxila e/ou mandíbula. Na segunda fase, serão colocados cicatrizadores e ocorrerá após um período de três meses para implantes realizados na mandíbula ou seis meses para a maxila. A prótese será confeccionada trinta dias após esta segunda fase cirúrgica. Dados para a pesquisa serão coletados em todas as etapas do tratamento e incluem: exames de sangue, radiográficos, biópsia durante o preparo do sítio do implante, testes com sensores para avaliar a estabilidade do implante. No procedimento de biópsia, o pequeno fragmento ósseo que será removido para dar lugar ao implante será guardado em condições e recipiente apropriados para estudos por imagem e microscópicos, o que incluirá o seu envio para instituição internacional (Universidade de Malmö, Suécia) participante do projeto, cuja pesquisadora responsável está ciente e disposta a resguardar a não utilização das informações em prejuízo dos participantes da amostra ou seja, assegurar a confidencialidade e a privacidade dos dados coletados.

Você tem a garantia que receberá respostas a qualquer pergunta e esclarecimento de qualquer dúvida quanto aos assuntos relacionados à pesquisa. Os pesquisadores supracitados também assumem o compromisso de fornecer informações atualizadas obtidas durante a realização do estudo, o qual foi elaborado de acordo com as diretrizes e normas regulamentadas de pesquisa envolvendo seres humanos e atende à Resolução nº. 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério de Saúde – Brasília – DF.

Os riscos e complicações pós-operatórias mais comuns são inchaços, manchas arroxeadas e sensações anormais temporárias ou permanentes de formigamento, queimadura ou picada. Se as recomendações operatórias forem seguidas, dor e infecção são raras. Durante as etapas de realização do

tratamento, caso seja observado qualquer risco ou dano à saúde do sujeito participante da pesquisa, conseqüente ao tratamento por meio de implantes dentários, ou o surgimento de um método mais eficaz para reabilitação desses pacientes, o tratamento será suspenso seguido da continuidade por meio do oferecimento do novo método de tratamento mais adequado.

Os exames e procedimentos realizados nesta pesquisa serão exclusivos para fins científicos. Será garantido o sigilo, que assegura sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa, bem como a confidencialidade, a qual se refere à responsabilidade sobre as suas informações pessoais e aquelas coletadas em exames. Além disso, fica resguardado o direito de retirar o consentimento em qualquer período da pesquisa sem que haja qualquer tipo de penalidade ao participante, nem interrupção do tratamento iniciado. Todos os exames e informações coletadas serão arquivados e mantidos sob a responsabilidade da pesquisadora responsável no Centro Goiano de Doenças da Boca da FO-UFG.

Profa. Dra. Rejane Faria Ribeiro-Rotta
Pesquisadora responsável

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Por este instrumento particular declaro, para os devidos efeitos éticos e legais, que eu (nome)

_____, natural de _____,
profissão _____, RG _____, CPF _____,
_____, residente a _____

_____, na cidade de _____ (Estado) _____, concordo com absoluta consciência em participar da pesquisa intitulada: *Avaliação clínica, radiográfica e histomorfométrica de sítios para implantes da maxila e mandíbula*, que objetiva correlacionar aspectos clínicos, radiográficos, histomorfométricos e moleculares de sítios ósseos da maxila e mandíbula durante planejamento e inserção de implantes dentários. Para isto, passarei por exames complementares necessários ao planejamento para implantes, cirurgia para instalação de implante de titânio, reabilitação protética e sessões de retorno e acompanhamento freqüentes.

Portanto, permito o uso dos meus exames e dados oriundos dos procedimentos realizados neste estudo de acordo com os termos abaixo:

- a) Esclareço que recebi todas as informações sobre a minha participação nesse experimento, inclusive a não penalização e sem prejuízo ao meu cuidado em caso de recusa ou desistência em qualquer fase do tratamento.
- b) Estou ciente que o uso do material biológico e dos dados e informações coletados serão, única e exclusivamente, para os fins previstos no protocolo. Sendo assim, autorizo a divulgação e publicação dos dados e resultados obtidos durante a pesquisa, bem como o uso e publicação das imagens, desde que respeitados os preceitos éticos que regem a divulgação científica, garantidos meu sigilo e minha privacidade.
- c) A equipe executora colocou-se a disposição para esclarecer qualquer dúvida sobre a metodologia e os procedimentos a qualquer momento da pesquisa.
- d) Estou ciente que todas estas normas estão de acordo com o Código de Ética Profissional Odontológico e com a Resolução CNS 196/96 que trata da pesquisa envolvendo seres humanos.

Local e data: Goiânia, ____/____/____.

Nome e assinatura do sujeito responsável:

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

Testemunhas:

Nome:

Assinatura:

Nome:

Assinatura:
