

UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

Colegiado de Ciência da Computação

Curso de Bacharelado em Ciência da Computação

**Verificação da metodologia de Batistussi para avaliação
da densidade óssea através de radiografias
panorâmicas dentárias digitais.**

Guilherme Coelho

CASCABEL

2012

GUILHERME COELHO

**VERIFICAÇÃO DA METODOLOGIA DE BATISTUSSI PARA
AVALIAÇÃO DA DENSIDADE ÓSSEA ATRAVÉS DE RADIOGRAFIAS
PANORÂMICAS DENTÁRIAS DIGITAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Bacharel em Ciência
da Computação, do Centro de Ciências Exatas
e Tecnológicas da Universidade Estadual do
Oeste do Paraná - Campus de Cascavel

Orientador: Prof. Dr. Adair Santa Catarina

CASCADEL

2012

GUILHERME COELHO

**VERIFICAÇÃO DA METODOLOGIA DE BATISTUSSI PARA
AVALIAÇÃO DA DENSIDADE ÓSSEA ATRAVÉS DE RADIOGRAFIAS
PANORÂMICAS DENTÁRIAS DIGITAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de *Bacharel em Ciência da Computação*, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, aprovada pela Comissão formada pelos professores:

Prof. Dr. Adair Santa Catarina (Orientador)
Colegiado de Ciência da Computação, UNIOESTE

Prof.^a Dr.^a Adriane Yaeko Togashi (Coorientadora)
Colegiado de Odontologia, UNIOESTE

Prof. MSc. André Luiz Brun
Colegiado de Ciência da Computação, UNIOESTE

Cascavel, 18 de Outubro de 2012.

AGRADECIMENTOS

Durante toda essa longa e difícil etapa de minha vida, pude contar com o apoio indispensável de meus familiares, especialmente meus pais que além de tudo, me auxiliaram financeiramente para o que foi necessário. Ao professor orientador Adair Santa Catarina, o meu agradecimento por sempre atender ao que foi preciso durante o curso. Também agradeço a coorientadora professora Adriane Yaeko Togashi pelo acompanhamento e contribuição deste trabalho, e ao professor Clodis Boscardioli por orientar as atividades de monitoria exercidas durante os últimos dois anos da graduação. A todos, muito obrigado!

Lista de Figuras

1.1	Áreas de amostragem. Os retângulos azuis representam amostras coletadas do corpo mandibular e os vermelhos amostras do ramo mandibular	2
2.1	Ciclo de processamento sofrido pela amostra para contagem dos pixels trabeculares	9
3.1	Exemplo de amostra com ruídos em diferentes etapas do processo.....	11
3.2	Imagem de Radiografia Convencional Digitalizada após o processo UMV	11
4.1	Modelo de Prototipagem	15
4.2	Diagrama Entidade Relacionamento do banco de dados.....	17
4.3	Tela inicial do sistema	18
4.4	Tela de exibição dos pacientes cadastrados.....	19
4.5	Tela para cadastro de paciente.....	20
4.6	Controle de radiografias do sistema	20
4.7	Cadastro de Radiografia	21
4.8	Cadastro de Clínica Radiológica	22
4.9	Tela de geração de relatório.....	23

Lista de Tabelas

Tabela 3.1: P-valores para ANOVA ao nível de 5% de significância.....	12
Tabela 3.2: a) Parâmetros extraídos por Batistussi de radiografias digitais, b) Parâmetros extraídos a partir do novo conjunto de radiografias digitais	13
Tabela 4.1: Requisitos coletados	15
Tabela A.1: Informações dos pacientes	26
Tabela A.2: Dados coletados para o processo de segmentação.....	29
Tabela A.3: Dados das amostras que sofreram autoescala.....	30
Tabela A.4: Dados de média das amostras das sub-regiões, utilizadas para Uniformização de Média e Variância das amostras	31
Tabela A.5: Dados da contagem de pixels trabeculares de pessoas do Grupo 1	32
Tabela A.6: Dados da contagem de pixels trabeculares de pessoas do Grupo 2.....	33

Lista de Abreviaturas e Siglas

DXA	<i>Dual Energy X-ray Absorptiometry</i>
UMV	Uniformização de Média e Variância
JPG	Joint Photographic Experts Group
BMP	Bitmap
LIS	Limite Inferior para Segmentação
LSS	Limite Superior para Segmentação
MUI	Média para Uniformização da Imagem
VUI	Variância para Uniformização da Imagem
MUA	Média para Uniformização da Amostra
VUA	Variância para Uniformização da Amostra
NCCS	Nível de Cinza para Critério de Similaridade
LIIN	Limite Inferior do Intervalo de Normalidade
DER	Diagrama Entidade Relacionamento
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial

Sumário

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vi
Lista de Abreviaturas e Siglas	vii
Sumário.....	viii
Resumo	x
1. Introdução.....	1
1.1. Justificativa.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologia.....	4
1.4. Organização do Trabalho.....	4
2. Metodologia proposta por Batistussi	6
2.1. Amostragem.....	6
2.2. Tipos de Radiografias	7
2.3. O Tratamento das Imagens	7
2.4. Coleta e Processamento das amostras	8
2.4.1. Segmentação.....	8
2.4.2. Reamostragem com Autoescala.....	8
2.4.3. Processo de UMV e Contagem de Pixels Trabeculares.....	8
3. Avaliação da Metodologia	10
3.1. Descarte de Radiografias Convencionais	10
3.2. Resultados da Avaliação	11
4. Desenvolvimento do Software.....	14

4.1. Desenvolvimento Ágil de Software - Prototipação	14
4.2. Análise de requisitos	15
4.3. Processo de desenvolvimento do software	16
4.4. Diagrama Entidade Relacionamento (DER).....	16
4.5. O Software e suas Interfaces	17
5. Conclusões.....	24
Apêndice A: Dados coletados.....	26
Referências Bibliográficas.....	35

Resumo

A metodologia desenvolvida por Batistussi (2011) para estimar a densidade óssea de pacientes, através da análise de imagens radiográficas dentárias panorâmicas, foi avaliada com um número reduzido de radiografias convencionais e digitais. Todas as amostras coletadas foram classificadas como normais e, portanto, não foi possível assegurar a capacidade discriminatória da metodologia proposta. Para verificar a metodologia obteve-se um novo conjunto de radiografias, principalmente de pacientes com idade superior a 54 anos. As radiografias convencionais apresentaram ruídos que influenciam na análise das amostras e, por isso, foram descartadas. As novas radiografias digitais obtidas sofreram um pré-processamento aplicado pela clínica radiológica, o que tornou necessária a recalibragem dos parâmetros para avaliação da densidade óssea. Com os novos parâmetros, as amostras foram classificadas como normais ou anormais, confirmando a capacidade discriminatória da metodologia. Porém, caso sejam utilizadas radiografias de outras clínicas ou radiografias pré-processadas haverá necessidade de novo ajuste nos parâmetros. Para criar um software funcional e disponível para uso, por profissionais da odontologia, foram implementados novos requisitos visando a organização e o armazenamento dos dados gerenciados pelo software. No desenvolvimento do software utilizou-se a metodologia ágil prototipação, que se mostrou adequada para este caso de uso. O software foi desenvolvido utilizando softwares gratuitos: Microsoft Visual C# 2010 Express, banco de dados PostgreSQL e o driver Npgsql para conexão entre a aplicação e o banco de dados. Com um profissional da odontologia foi realizada a validação dos requisitos implementados e, dessa forma, concluiu-se o desenvolvimento do software para avaliação da densidade óssea de pacientes através da análise de imagens de radiografias dentárias panorâmicas digitais. O software encontra-se pronto para uso auxiliando na avaliação da densidade óssea, controlando, organizando e armazenando as informações geradas nas análises realizadas.

Palavras-chave: osteoporose, densidade óssea, implantes, radiografia panorâmica digital

Capítulo 1

Introdução

Para que um processo de implante dentário ou instalação de prótese dentária tenha sucesso, um fator preponderante é a densidade óssea. Uma baixa densidade óssea, causada pela osteoporose, pode comprometer o tratamento [1].

A osteoporose é descrita como

[...] uma desordem esquelética sistêmica caracterizada pelo comprometimento na resistência óssea, que predispõe a um maior risco de fraturas. A resistência óssea reflete a integração de dois aspectos principais, quais sejam, a densidade mineral e qualidade óssea [2].

O exame que apresenta o diagnóstico mais preciso e confiável para detecção da osteoporose é o DXA (*Dual Energy X-ray Absorptiometry*). Porém esse exame não é de fácil acesso à maioria da população, devido ao seu alto custo [3]. Existe no mercado um software proprietário chamado Jaw-X [4], cujo funcionamento consiste basicamente em analisar uma radiografia digitalizada com algoritmos de processamentos de imagens. Ao final do processo a ferramenta emite um diagnóstico com base na densidade trabecular da mandíbula inferior, assim apresentando suscetibilidade ou a confirmação da osteoporose.

Com o propósito de oferecer um programa de diagnóstico gratuito, que possa auxiliar profissionais da odontologia, Batistussi [3] desenvolveu, em seu trabalho de conclusão de curso, um software capaz de fazer análise da densidade óssea através de amostras coletadas de radiografias panorâmicas convencionais e digitais. Foram coletadas amostras da região do corpo da mandíbula e ramo mandibular (Figura 1.1). A estas amostras foram aplicadas técnicas estatísticas e de processamento de imagens visando classificar a densidade óssea como normal ou anormal, alertando o profissional odontológico para uma verificação mais detalhada sobre a situação em casos anormais.

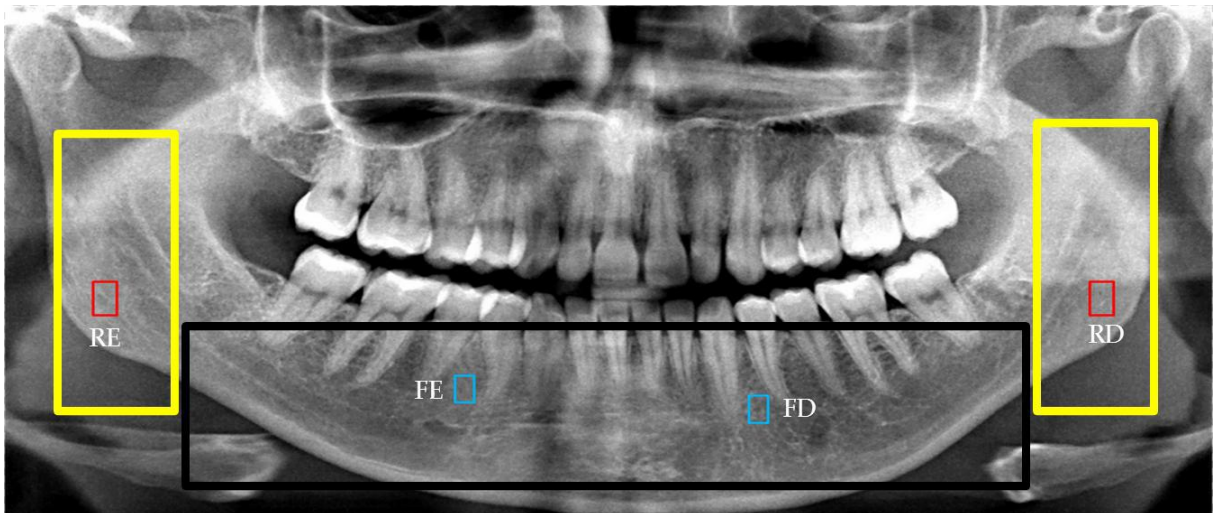


Figura 1.1: Áreas de amostragem. Os retângulos azuis representam amostras coletadas do corpo mandibular e os vermelhos amostras do ramo mandibular [3]

Batistussi [3] aplicou seu software em dois grupos de pacientes classificados como grupo 1 e 2. O primeiro grupo, dos pacientes mais jovens (19 a 34 anos), foi utilizado para extração de parâmetros relativos à densidade óssea classificada como normal, visto que pacientes com esta faixa-etária apresentam densidade normal. O grupo 2, dos pacientes com maior idade (acima de 34 anos), foi utilizado para verificar se a metodologia era capaz de apontar casos suspeitos de osteoporose.

Para emitir uma avaliação da densidade óssea como normal ou anormal, o software utilizou parâmetros extraídos das pré-análises das radiografias dos pacientes do grupo 1, que definiram intervalos de confiança para a classificação da amostra. Os parâmetros utilizados pelo software foram: limite inferior para segmentação, limite superior para segmentação, média e variância para uniformização da imagem, média e variância para uniformização da amostra, nível de cinza para critério de similaridade dos vizinhos e limite inferior do intervalo de normalidade. No capítulo 2 são descritos os passos para a obtenção dos mesmos.

Porém, a quantidade limitada de radiografias utilizadas, especialmente no grupo 2, resultou em análises que só indicaram densidades ósseas classificadas como normais. Assim, devido ao baixo número de radiografias analisadas, não se garantiu um comportamento seguro para avaliação de anormalidades de densidade óssea.

1.1 Justificativa

Considerando o baixo número de radiografias utilizadas por Batistussi, realizou-se uma verificação do método desenvolvido, analisando se os parâmetros de classificação da

densidade óssea encontrados pelo autor são confiáveis. Para tal verificação utilizou-se um número maior de radiografias digitais, especialmente de pacientes com mais de 54 anos. Pessoas com idade superior aos 54 anos possuem uma diminuição natural da massa óssea, principalmente as mulheres por estarem no período de pós-menopausa [5]. Assim, justifica-se o interesse especial em realizar experimentos com radiografias desta classe de pacientes.

Após realizada a análise/adaptação dos parâmetros que indicam normalidade da densidade óssea, radiografias de pacientes com idade superior a 54 anos foram avaliadas dentro dos parâmetros estabelecidos, no intuito de averiguar a capacidade do software/metodologia em apontar casos suspeitos de osteoporose, cujos pacientes deveriam ser encaminhados para realização do exame DXA.

A verificação da metodologia visou torná-la confiável, a ponto de ser implementada num software que permita a categorização automática de pacientes em densidade óssea normal ou anormal. Dessa forma, os profissionais da odontologia poderão utilizar o software para melhor atender seus pacientes.

1.2 Objetivos

Este estudo teve como objetivo principal verificar a metodologia desenvolvida por Batistussi para avaliação da densidade óssea através da análise de radiografias dentárias panorâmicas digitais.

Depois de realizada a verificação da metodologia, como objetivo secundário, implementou-se a mesma em software, que estará disponível aos profissionais da odontologia para uso em seus consultórios. Este software conta com funcionalidades que facilitam a utilização do mesmo por profissionais da área. Implementou-se um controle entre radiografias e pacientes, mantendo informações cadastrais do paciente, bem como um histórico da avaliação das densidades realizadas através do sistema.

Para isso fizeram-se necessários os seguintes passos:

1. Coleta de um novo lote de radiografias panorâmicas dentárias digitais;
2. Coleta de amostras seguindo a metodologia de Batistussi [3], confrontando os novos parâmetros obtidos com os anteriormente apresentados;
3. Análise de requisitos para implementar o software de gerenciamento de radiografias/pacientes;

4. Desenvolvimento do software utilizando a metodologia de desenvolvimento ágil por prototipação, visando atender os requisitos elencados anteriormente;
5. Avaliação do software através de sua utilização por profissionais/acadêmicos de odontologia.

1.3 Metodologia

A pesquisa foi realizada de forma experimental. Munido de um maior número de radiografias panorâmicas digitais coletaram-se amostras através do software, utilizando a metodologia proposta por Batistussi [3]. Destas amostras extraíram-se e tabularam-se, em planilhas, os valores de média e variância para posterior análise estatística. Utilizaram-se esses índices como base para extração de novos parâmetros que foram comparados com aqueles obtidos por Batistussi.

Como etapa última neste trabalho realizou-se a análise de requisitos, juntamente a coorientadora prof^a Dr^a Adriane Y. Togashi, para implementar um software funcional utilizando a metodologia de desenvolvimento ágil por prototipação, de acordo com as necessidades do usuário e facilitando o manuseio da ferramenta por profissionais da odontologia.

1.4 Organização do Trabalho

Toda organização do trabalho e uma breve descrição de cada capítulo estão descritos abaixo:

1. *Capítulo 1 - Introdução:* uma apresentação rápida transmite ao leitor a abrangência, justificativa, objetivos e a metodologia do trabalho.
2. *Capítulo 2 - Metodologia proposta por Batistussi:* este capítulo explica a metodologia desenvolvida, ou seja, os tratamentos e métodos utilizados no processo de avaliação da densidade óssea.
3. *Capítulo 3 - Avaliação da Metodologia:* a abordagem adotada, materiais utilizados e os resultados obtidos na avaliação são descritos neste capítulo.
4. *Capítulo 4 - Desenvolvimento do Software:* utilizando uma metodologia ágil de desenvolvimento, foram implementadas funcionalidades levantadas juntamente a um profissional da odontologia. O funcionamento, detalhes da implementação e as tecnologias utilizadas no software são descritos neste capítulo.

5. *Capítulo 5 - Conclusões:* as formas com que foram solucionados os problemas, os resultados obtidos ao final de todo trabalho e a avaliação do profissional da odontologia são apresentados.

Capítulo 2

Metodologia proposta por Batistussi

Batistussi [3] propôs uma metodologia para avaliação da densidade óssea de pacientes adultos clinicamente saudáveis. Radiografias panorâmicas dentárias convencionais e digitais foram utilizadas para estimar a densidade óssea a partir de amostras coletadas e analisadas através de um software desenvolvido para este fim.

O software desenvolvido, com a metodologia proposta, quantifica o número de pixels trabeculares na imagem e classifica a densidade óssea como normal ou anormal. Pixels são rotulados como trabeculares quando apresentam níveis de brilho igual ou superior a um limite pré-estabelecido no sistema; assim, quanto maior o número de pixels trabeculares na imagem, maior a densidade do osso avaliado.

2.1 Amostragem

Foram coletadas amostras de regiões do corpo da mandíbula e ramo mandibular, como visto na figura 1.1. Em cada sub-região coletou-se uma amostra da direita e outra da esquerda. Essa simetria, mantida durante a coleta das amostras nas sub-regiões, visava confirmar a hipótese de que a densidade óssea entre regiões simétricas são iguais. As amostras coletadas possuíam dimensões 30 x 50 pixels.

No estudo do estado da arte constatou-se que a idade dos pacientes é um fator que pode alterar a densidade óssea. Assim, os pacientes foram divididos em três grandes grupos, seguindo as faixas etárias;

- a) 20 - 34: Grupo de pessoas consideradas saudáveis (alta densidade óssea)
- b) 35 - 44: Sujeitos à redução da massa óssea;
- c) Mais de 44: Mais suscetíveis à redução da massa óssea.

Com intuito de estabelecer parâmetros para a normalidade da densidade óssea,

considerou-se o grupo com maior massa óssea, ou seja, o grupo de pessoas entre 20 e 34 anos, como grupo de referência. Os parâmetros para o software foram obtidos através da análise de radiografias de pacientes deste grupo, considerados adultos com massa óssea normal.

2.2 Tipos de Radiografias

Foram coletadas radiografias do tipo panorâmicas dentárias convencionais e digitais. A intenção era obter parâmetros sobre os dois tipos, a fim de realizar a avaliação de densidade óssea. Porém observou-se que cada tipo de radiografia possui comportamento distinto e, assim, parâmetros foram obtidos para cada um deles: convencionais e digitais.

2.3 O Tratamento das Imagens

Durante o processo de produção de radiografias, vários fatores influenciam na qualidade final da mesma, como a movimentação do paciente que ocasiona perda de definição radiográfica [6].

Como consequência das variações ocorridas no processo de aquisição, notou-se que radiografias muito claras (alto nível de brilho) ou muito escuras (baixo nível de brilho) ocultavam informações ósseas que seriam de fundamental importância para análise e poderiam comprometer no diagnóstico final emitido pelo software. Com isso houve a necessidade de padronização de níveis de brilho e contraste das radiografias.

Para padronização utilizou-se o método de Uniformização de Média e Variância (UMV). O processo consistiu na escolha de uma radiografia de referência dentre o grupo de radiografias a serem analisadas, onde essa deveria apresentar boa qualidade, ou seja, uma radiografia que apresentasse níveis de brilho e contraste equilibrados sendo possível uma boa visualização das trabéculas ósseas [7].

Escolhida a imagem de referência foi aplicado o processo de autoescala com percentil de 1% e coletados seus valores de média e variância. Fazendo uso do software desenvolvido por Batistussi, as demais radiografias passaram pela UMV (Uniformização de Média e Variância) de acordo com os valores obtidos na imagem de referência. Dessa forma todas as demais radiografias foram levadas ao mesmo patamar de qualidade, ou seja, os níveis de brilho e contraste das imagens foram padronizados para posterior análise.

2.4 Coleta e Processamento das amostras

2.4.1 Segmentação

Com as radiografias já uniformizadas e a intenção de facilitar a coleta de amostras, por parte do usuário, evitando coleta de amostras em regiões muito escuras ou muito claras, foi aplicado o processo de segmentação da imagem, preservando regiões onde se encontram os tecidos de interesse para análise. A segmentação visa retirar da imagem tecidos moles, como bochechas e gengiva, e tecidos duros, como os dentes, pois não são de interesse nas análises efetuadas.

Para se determinar o intervalo de cinzas, de forma a preservar os tecidos de interesse, foram coletadas amostras das regiões direita e esquerda tanto do corpo mandibular (frontal) quanto para ramo da mandíbula (laterais) e, dessas, calculados os valores de média. A partir destes valores calculou-se a média e o desvio padrão das médias em cada sub-região mandibular (ramo e corpo). O intervalo de segmentação foi calculado pela equação 2.1, definida por Batistussi [3].

$$I = [\mu - 2*\delta, \mu + 2*\delta] \quad (2.1),$$

onde:

μ : Média de cinza geral das amostras da macro-região

δ : Desvio-Padrão do conjunto de médias de cinza da macro-região

2.4.2 Reamostragem com Autoescala

Novas amostras foram coletadas e separadas em dois grupos, amostras do ramo da mandíbula (direita e esquerda) e corpo mandibular (direita e esquerda). Aplicou-se o processo de autoescala em todas as amostras; para cada sub-região foram coletadas e tabuladas as médias dos tons de cinza de cada amostra e calculado um valor médio para as médias dos tons de cinza que representou cada sub-região.

2.4.3 Processo de UTM e Contagem de Pixels Trabeculares

Obtidas as médias e os desvios-padrão em cada uma das sub-regiões, aplicou-se o processo de uniformização de média e variância das amostras. Essa uniformização foi necessária para garantir que todas as amostras fossem igualadas à média e variância das sub-regiões, evitando que variações de tons de cinza interferissem no processo de contagem de pixels trabeculares.

Os pixels das amostras com valores iguais ou superiores aos da média geral e que possuem três ou mais vizinhos com tons de cinza nas mesmas condições, foram considerados pixels trabeculares. Os demais pixels assumem o valor 0 (cor preto), ou seja, não são rotulados como trabécula e portanto também não entram na contabilização de pixels trabeculares.

Foi realizada a contagem de pixels trabeculares das amostras separadas em dois grupos (amostras do ramo mandibular e corpo da mandíbula). Novamente foram calculadas as médias e os desvios-padrão para cada grupo e, com a equação 2.1, foram calculados os limites inferiores para contagem de pixels trabeculares. Amostras com contagem superior ao limite inferior correspondente, ramo ou corpo da mandíbula, são consideradas densidade óssea normal. A figura 2.1 mostra o ciclo de processamento sofrido pela amostra, desde a coleta até o resultado final, com os pixels trabeculares segmentados e contabilizados.

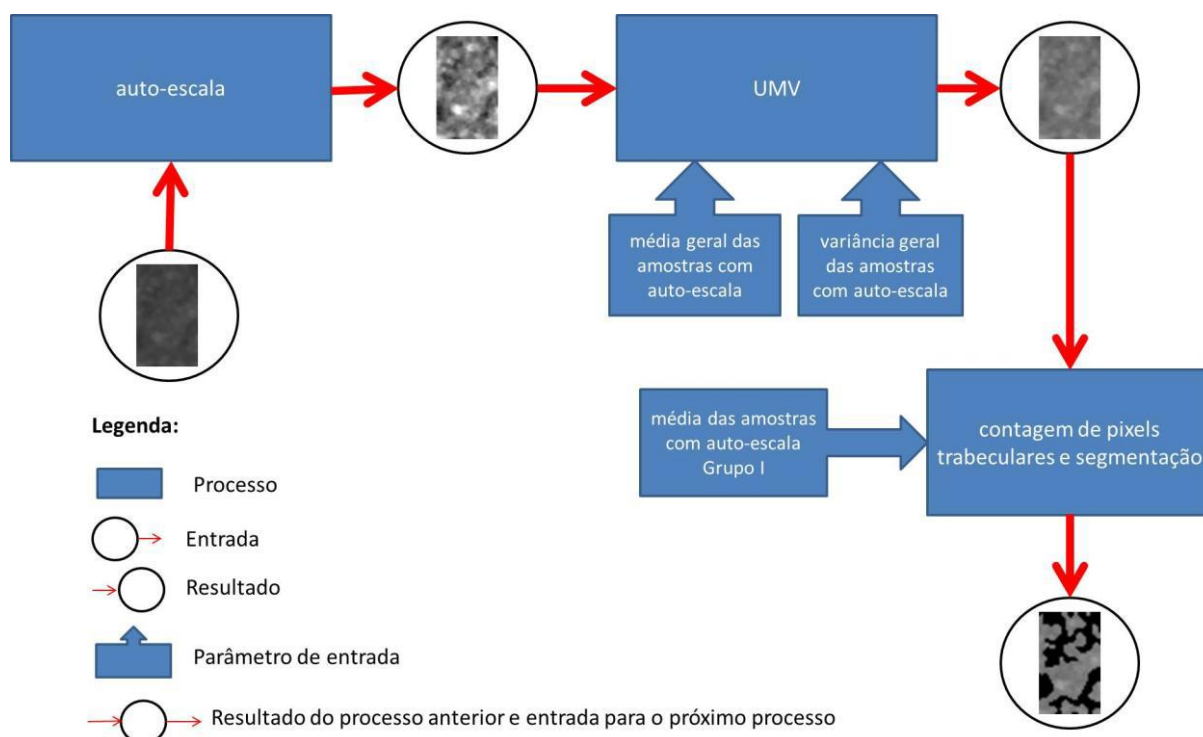


Figura 2.1: Ciclo de processamento sofrido pela amostra para contagem dos pixels trabeculares [3]

Capítulo 3

Avaliação da Metodologia

Com a finalidade de verificar a metodologia proposta por Batistussi e garantir um diagnóstico da densidade óssea confiável, obteve-se um maior número de radiografias. Estas foram processadas, segundo a metodologia proposta, e delas foram extraídos os parâmetros que foram confrontados com aqueles anteriormente encontrados pelo autor.

Nesta etapa da avaliação foram analisadas radiografias de pacientes com idade igual ou superior a 54 anos e do sexo feminino. Esse grupo apresenta tendência à redução da densidade óssea devido à menopausa [5].

Para avaliação da metodologia utilizaram-se radiografias digitais de pacientes com idade maior de 18 anos, totalizando 115 radiografias provenientes da Clínica de Radiologia Oral Diagnose, onde 45 radiografias eram do sexo masculino e 70 do sexo feminino. Nos ajustes dos parâmetros do sistema foram utilizadas radiografias de pacientes com idade entre 18 e 34 anos, pertencentes a pacientes saudáveis (grupo 1) e com alta densidade óssea, contabilizando 36 das novas radiografias, sendo 21 do sexo feminino e 15 do sexo masculino.

As radiografias digitais foram obtidas em formato JPG, em escala de cinza com profundidade de 8 bits.

Como o software desenvolvido suporta apenas imagens no formato BMP (Bitmap), foi necessário a conversão de imagens do formato JPG. Para realizar a pesquisa utilizou-se também o Microsoft Office Excel 2007 para tabulação dos dados e o Minitab v13.20 para análise estatística.

3.1 Descarte de Radiografias Convencionais

Da mesma forma que Batistussi, que utilizou radiografias panorâmicas convencionais e digitais, percebeu-se que as radiografias convencionais digitalizadas apresentavam ruídos

como "faixas" horizontais e verticais que não caracterizam uma trabécula óssea, conforme observado na figura 3.1.



Figura 3.1: Exemplo de amostra com ruídos em diferentes etapas do processo

Também foi constatado que as radiografias convencionais não apresentavam qualidade suficiente para representar os pixels trabeculares, pois possuíam tons de cinza escuros (baixo brilho) e com perda de detalhes nas imagens, conforme exibido na figura 3.2.

Mesmo após o processo de autoescala e UMV, que visa melhorar a qualidade da imagem, nem sempre se obteve êxito. Ruídos decorrentes da digitalização não foram eliminados da imagem, o que interferiu no processo de análise do sistema. Diante do exposto, optou-se por utilizar apenas radiografias digitais para verificação da metodologia.

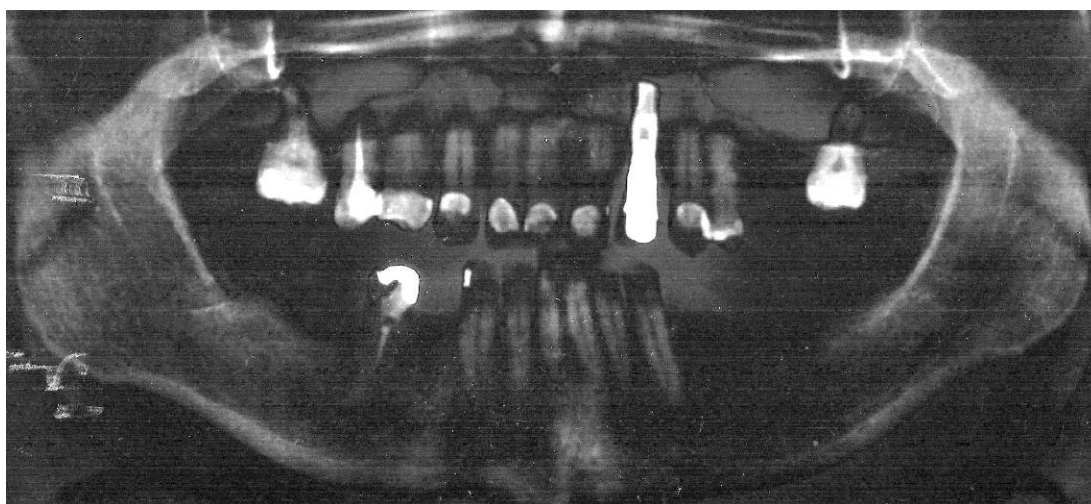


Figura 3.2: Imagem de Radiografia Convencional Digitalizada após o processo UMV

3.2 Resultados da Avaliação

Realizou-se a ANOVA comparando a contagem de pixels trabeculares das amostras coletas à esquerda e direita, tanto para a região do corpo como do ramo mandibular. Esta análise

confirmou a hipótese estatística de que a contagem de pixels trabeculares em regiões simétricas são iguais, ao nível de 5% de significância. Dessa maneira, pode-se extrair parâmetros médios para cada sub-região em análise. Os p-valores para a ANOVA são apresentados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - P-valores para ANOVA ao nível de 5% de significância

REGIÃO	P-VALOR
Corpo	0,163
Ramo	0,590

Os dados utilizados nesta análise encontram-se nos anexos, tabela A.5.

Observou-se que as novas radiografias, provenientes da mesma clínica radiológica, sofreram pré-processamento, o que não ocorreu no conjunto de radiografias analisadas por Batistussi. Assim, optou-se por recalibrar os parâmetros empregados pelo sistema, com o intuito de verificar se estes eram iguais àqueles encontrados por Batistussi. Essa igualdade não se confirmou, pois os novos parâmetros apresentaram valores distintos, o que influencia no processo de análise das amostras.

Amostras foram coletadas e processadas utilizando-se os novos parâmetros. Dentre estas amostras o software foi capaz de indicar casos de anormalidade na densidade óssea. A tabela A.5, do Apêndice, apresenta as contagens de pixels trabeculares das amostras coletadas e, em células destacadas, as amostras que apresentaram contagem abaixo do limite de normalidade, ou seja, consideradas anormais, confirmando a capacidade discriminatória da metodologia desenvolvida por Batistussi que, em função de seu conjunto teste de radiografias, encontrou apenas casos de densidade óssea avaliadas como normal.

Concluiu-se que a metodologia desenvolvida por Batistussi é capaz de avaliar amostras apontando casos de normalidade e de anormalidade na densidade óssea. Entretanto, os parâmetros utilizados na metodologia devem ser ajustados em função da procedência (clínica radiológica) das radiografias, ou de pré-processamentos realizados sobre as mesmas.

A tabela 3.1 apresenta os parâmetros obtidos por Batistussi e os novos parâmetros extraídos. Observamos que o limite inferior para segmentação do corpo da mandíbula foi similar nos dois conjuntos. Porém, notou-se diferenças entre os valores de segmentação para o ramo mandibular. Os parâmetros de limite inferior do intervalo de normalidade também são

distintos. Essas diferenças são decorrentes do tratamento de imagens aplicado pela clínica radiológica.

Tabela 3.2 - a) Parâmetros extraídos por Batistussi de radiografias digitais, b) Parâmetros extraídos a partir do novo conjunto de radiografias digitais

Sub-região	LIS	LSS	MUI	VUI	MUA	VUA	NCCS	LIIN
Corpo	40	123	96,33	3558,1225	115	144	114	700
Ramo	81	160	96,33	3558,1225	123	100	125	601

a)

Sub-região	LIS	LSS	MUI	VUI	MUA	VUA	NCCS	LIIN
Corpo	39	135	96,33	3558,1225	123	206	123	635
Ramo	41	185	96,33	3558,1225	121	225	123	547

b)

Legenda:

LIS: Limite Inferior para Segmentação

LSS: Limite Superior para Segmentação

MUI: Média para Uniformização da Imagem

VUI: Variância para Uniformização da Imagem

MUA: Média para Uniformização da Amostra

VUA: Variância para Uniformização da Amostra

NCCS: Nível de Cinza para Critério de Similaridade

LIIN: Limite Inferior do Intervalo de Normalidade.

Capítulo 4

Desenvolvimento do Software

O software foi implementado utilizando a metodologia de desenvolvimento ágil de software - prototipação, com intuito de atender requisitos de uso na clínica de odontologia. Além de incrementar o software implementado por Batistussi com novas funcionalidades, a fim de atender às necessidades dos profissionais da área.

4.1 Desenvolvimento Ágil de Software - Prototipação

A prototipação é um processo de desenvolvimento de software que se utiliza de um protótipo para representar uma versão inicial do software a ser desenvolvido. Esta abordagem possibilita demonstrar, experimentar e conhecer melhor o contexto do problema para, então, ser desenvolvida uma solução. A utilização de um protótipo pode ocorrer de diferentes formas como: levantamento de requisitos e sua validação; no projeto de software, auxiliando na projeção de interfaces para o usuário; na realização de testes e no desenvolvimento de software, onde um protótipo funcional é implementado de forma iterativa com o cliente e, ao final das iterações, se obtém um produto final [8].

A utilização do processo de prototipagem, segundo Pressman (2010), auxilia o engenheiro de software e o cliente a entenderem melhor o que deve ser construído quando os requisitos estão confusos. É realizado um encontro entre cliente e o engenheiro de software para definir objetivos gerais do software. A cada iteração é realizado um planejamento rápido e modelagem (na forma de um projeto rápido) do protótipo. O projeto rápido seria o desenvolvimento de um protótipo que será implantado e avaliado pelo cliente, e este poderá indicar melhorias (feedback), e a partir do momento que o protótipo satisfaz as necessidades do cliente, ou seja, um determinado requisito é satisfeito, a iteração é concluída e uma nova iteração é iniciada caso exista [9]. Esse ciclo de desenvolvimento pode ser visto na figura 4.1.

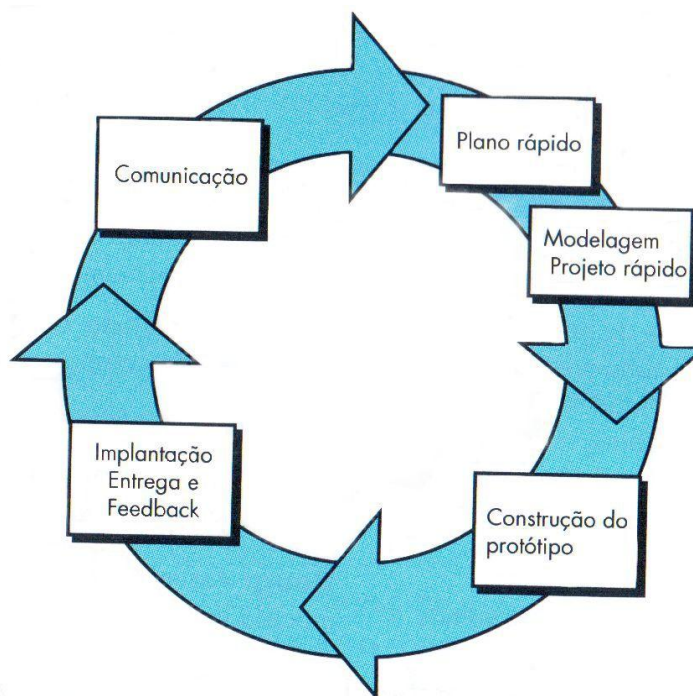


Figura 4.1: Modelo de Prototipagem [9]

4.2 Análise de requisitos

Com o auxílio de um profissional da área da odontologia, no caso a professora coorientadora, definiu-se os requisitos do software. Os requisitos estão descritos na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Requisitos coletados

Requisitos	Descrição
Cadastro de Paciente	Guardar informações do paciente, como: nome, idade, sexo, data de nascimento, número telefônico, se é fumante, se ingere bebida alcoólica, período pós-menopausa (sexo feminino), se realizou reposição hormonal, dieta rica em cálcio, vitamina D e se pratica exercício físico.
Armazenar em banco a contagem dos pixels trabeculares e a situação (normal/anormal) das amostras coletadas	Mantém um histórico das densidades óssea das radiografias dos pacientes.
Localizar a região na radiografia, que uma amostra foi coletada.	Indica a região que uma amostra foi coletada na radiografia do paciente.
Geração de Relatório	Deverá ser gerado um relatório ao profissional contendo: a) os valores da primeira, penúltima e última amostra coletadas; b) Situação das amostras (normal/anormal); c) cálculo das diferenças das densidades entre a primeira e última, e primeira e penúltima amostras coletadas; d) e por fim, os limites de normalidade de cada região.

4.3 Processo de desenvolvimento do software

Com o objetivo de implementar novas funcionalidades ao sistema, utilizou-se o desenvolvimento ágil de software prototipação.

Realizado o levantamento de requisitos, iniciou-se o processo de planejamento (plano rápido) e modelagem do problema a ser solucionado. Neste momento decidiu-se de que forma tratou-se a solução e quais as ferramentas seriam usadas no desenvolvimento. Como o objetivo foi desenvolver um software gratuito, um critério adotado foi escolher tecnologias gratuitas, como linguagem C# utilizando o ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual C# 2010 Express [11], banco de dados PostgreSQL v9.1 [12] e o driver Npgsql v2.0.11.94 [13] para conexão entre o sistema e o banco de dados.

Concluído essa etapa, iniciou-se a construção do protótipo visando satisfazer as necessidades solicitadas, visto que ao final desse processo, com a validação realizada pelo cliente, o produto desenvolvido seria o produto final.

Realizou-se um feedback rápido durante o desenvolvimento, com o objetivo de confirmar se o produto que se desenvolvia era o esperado e estava de acordo com os requisitos elencados. Isso se confirmou, e então deu-se continuidade à implementação do protótipo.

Com o protótipo desenvolvido, os requisitos foram validados juntamente com o profissional da odontologia. Com o feedback do profissional realizaram-se pequenos ajustes e, assim, concluiu-se o ciclo de desenvolvimento do protótipo, obtendo-se o produto final.

4.4 Diagrama Entidade Relacionamento (DER)

O DER é o diagrama de documentação do banco de dados relacional. Ele mostra, de maneira gráfica, a estrutura lógica do banco de dados [10].

As entidades podem ser quaisquer elementos que possuam atributos que serão utilizados na base de dados, por exemplo, uma amostra, radiografia, paciente ou mesmo uma clínica. Estas foram as entidades modeladas em nosso trabalho.

A relação existente no banco modelado permite armazenar vários pacientes; cada paciente poderá conter várias radiografias, cada radiografia conterá 4 amostras (corpo esquerdo e direito, ramo esquerdo e direito) e pertencerá a uma única clínica de origem.

A figura 4.2 mostra o DER com seus respectivos atributos utilizados para armazenamento dos dados da aplicação.

4.5 O Software e suas Interfaces

A figura 4.3 ilustra a tela inicial do sistema. Nela o usuário visualiza a radiografia de um paciente, para o qual serão coletadas 4 amostras de tamanho 30x50 pixels: duas do ramo e duas do corpo mandibular, em posições escolhidas pelo usuário. Estas amostras serão processadas para avaliação da densidade óssea em cada uma delas.

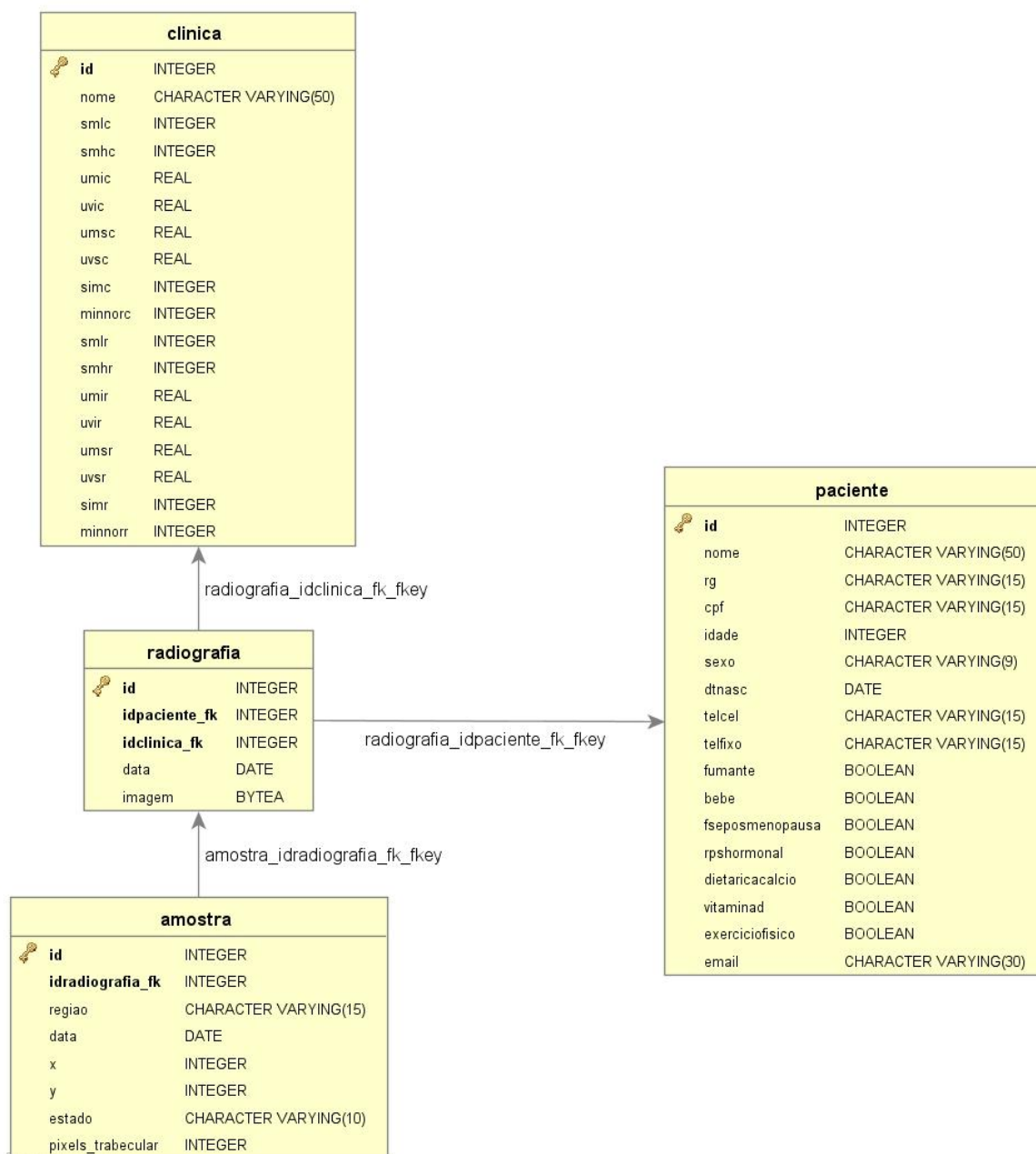


Figura 4.2: Diagrama Entidade Relacionamento do banco de dados.

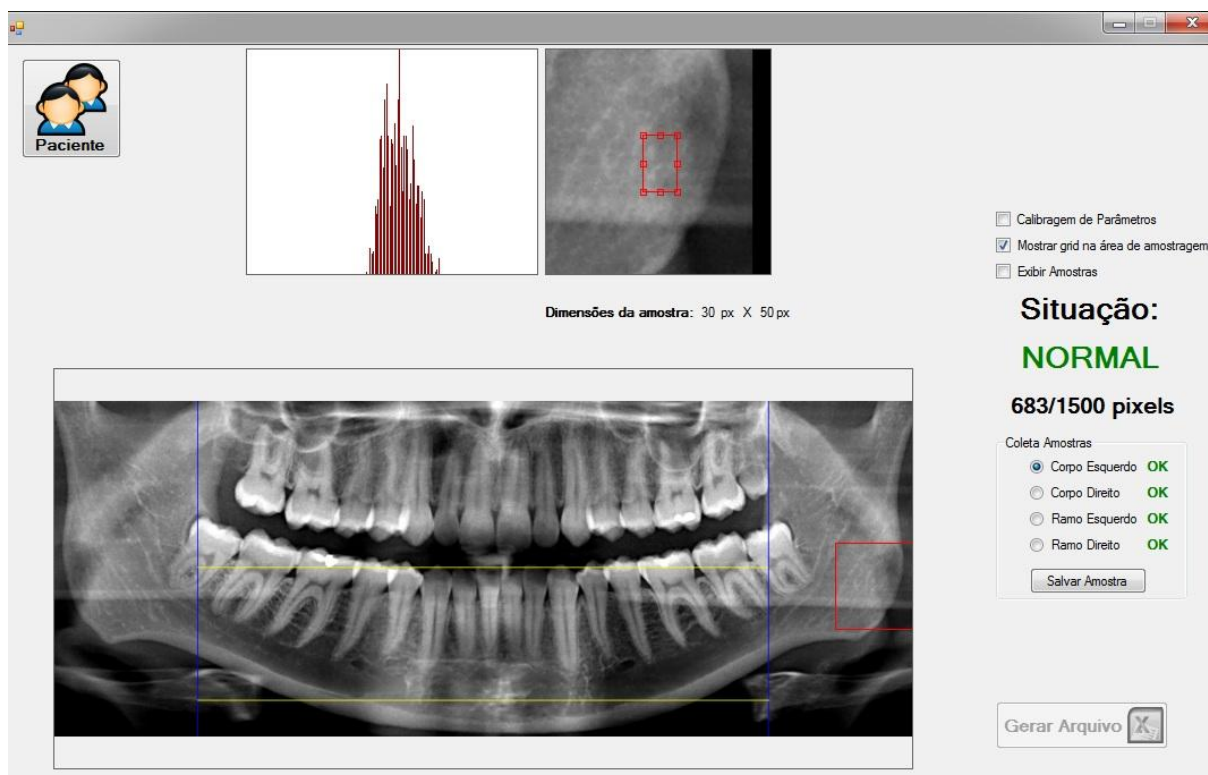


Figura 4.3: Tela inicial do sistema.

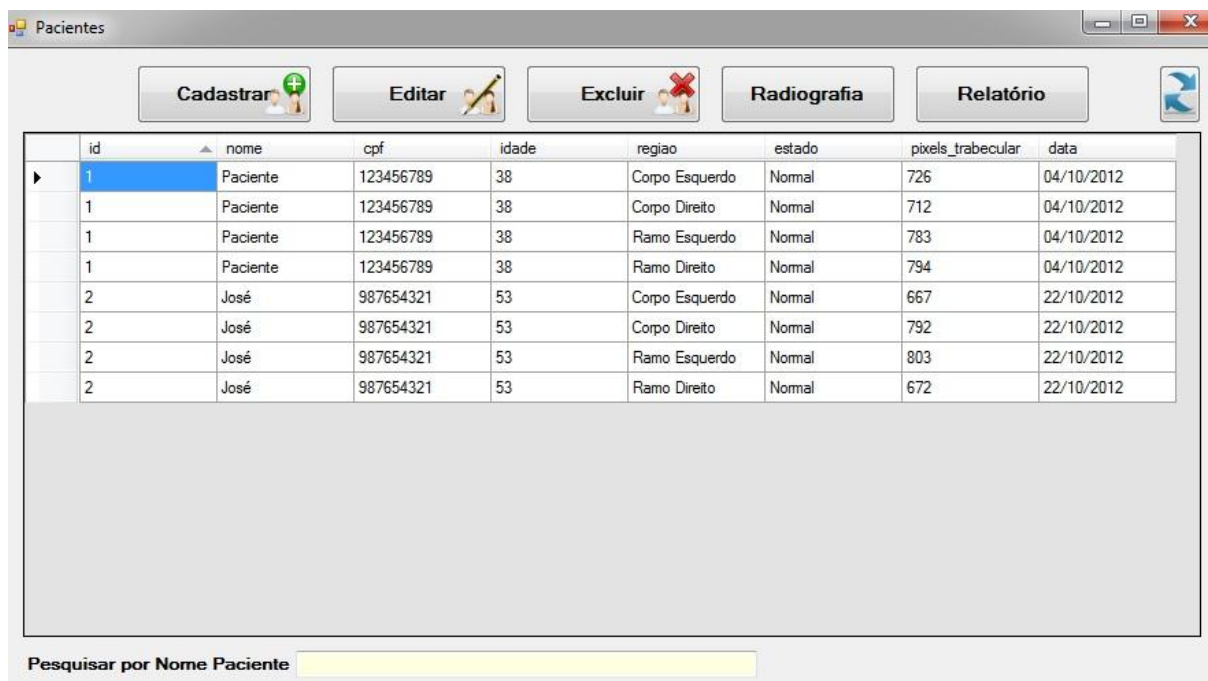
O software tem uma sequência para coleta das amostras, que ajusta automaticamente os parâmetros do sistema para cada sub-região (corpo e ramo) da radiografia. Caso o usuário necessite coletar uma nova amostra, ignorando a sequência sugerida pelo software, são oferecidas 4 opções: corpo esquerdo e direito, ramo esquerdo e direito; assim o usuário pode escolher a região que deseja amostrar e os parâmetros do software são ajustados de acordo com a escolha realizada. Assim, permite-se que a operação do software seja flexível.

Após coletar amostras das 4 diferentes regiões da radiografias, o botão “Salvar Amostra” é habilitado. Ao clicar neste botão as coordenadas onde foram coletadas as amostras, o resultado da avaliação da densidade óssea (normal/suspeito) e a contagem trabecular são gravadas no banco. Sempre que a radiografia for escolhida pelo usuário, este terá a opção de visualizar a localização onde as amostras foram coletadas.

Quando habilitada a opção "Calibragem de Parâmetros" a média e o desvio padrão dos tons de cinza das amostras, podem ser tabuladas através do botão "Gerar Arquivo" que passa a ser visível na tela principal do sistema, facilitando o processo de calibragem dos parâmetros do sistema, quando necessário.

Caso o usuário necessite realizar algum gerenciamento relacionado aos pacientes como cadastrar, editar, excluir, visualizar, cadastrar ou excluir radiografias, cadastrar clínica

radiológica ou gerar relatório, o usuário deverá clicar no botão “Paciente”.



id	nome	cpf	idade	regiao	estado	pixels_trabecular	data
1	Paciente	123456789	38	Corpo Esquerdo	Normal	726	04/10/2012
1	Paciente	123456789	38	Corpo Direito	Normal	712	04/10/2012
1	Paciente	123456789	38	Ramo Esquerdo	Normal	783	04/10/2012
1	Paciente	123456789	38	Ramo Direito	Normal	794	04/10/2012
2	José	987654321	53	Corpo Esquerdo	Normal	667	22/10/2012
2	José	987654321	53	Corpo Direito	Normal	792	22/10/2012
2	José	987654321	53	Ramo Esquerdo	Normal	803	22/10/2012
2	José	987654321	53	Ramo Direito	Normal	672	22/10/2012

Pesquisar por Nome Paciente

Figura 4.4: Tela de exibição dos pacientes cadastrados.

A figura 4.4 mostra a tela de exibição dos pacientes cadastrados no sistema. Para cada paciente listado são relacionados o nome, CPF, idade, região de coleta de amostra, avaliação da densidade óssea da amostra, contagem de pixels trabeculares e data de realização da radiografia, caso exista radiografia cadastrada para este paciente.

Nesta tela o usuário pode cadastrar, editar, excluir um paciente, visualizar as radiografias cadastradas ou gerar relatório das análises das densidades ósseas para o paciente escolhido. Também é possível pesquisar um determinado paciente pelo nome.

O sistema oferece a opção de cadastro de pacientes, contendo campos de identificação, meios de contato e algumas informações relacionadas às condutas dos pacientes que podem influenciar nas alterações da densidade óssea. A figura 4.5 mostra a tela desenvolvida para cadastro de pacientes.

Cadastro de Paciente

Identificação

Nome _____ CPF _____

Data de Nascimento: segunda-feira, 8 de outubro de 2012 Idade: _____ Sexo: _____ RG: _____

Informações

Dieta Rica em Calcio Realiza Exercício Físico Ingere Bebida Alcoólica Reposição Hormonal

Vitamina D Fumante Período Pós Menopausa

Contato

Telefone Celular _____ Telefone Fixo _____ Email _____

Salvar Cancelar

Figura 4.5: Tela para cadastro de paciente.

Após preenchimento dos campos é possível salvar ou cancelar o cadastro. Para corrigir ou atualizar informações cadastradas, uma tela de edição, semelhante a de cadastro, é exibida com os dados registrados anteriormente.

Ao selecionar um paciente na tela de exibição de pacientes (figura 4.4) e clicar o botão “Radiografia”, são listadas as radiografias cadastradas para o referido paciente, conforme a figura 4.6.

Radiografia

Novo Abrir Excluir

	id	nome	data
▶	35	ORAL DIAGNOSE	04/10/2012
	37	ORAL DIAGNOSE	09/10/2012

Figura 4.6: Controle de radiografias do sistema.

Na tela radiografia é possível cadastrar, abrir ou excluir uma determinada radiografia. Ao

clicar em “Abrir” o sistema busca, no banco de dados, a radiografia cadastrada e a exibe na tela principal do sistema (figura 4.3). Assim, é possível visualizar e manipular a radiografia de acordo com funções mencionadas anteriormente.

O botão “Excluir” elimina do banco de dados, a radiografia e todas as informações referentes à mesma, como as amostras e os resultados de suas análises.

Caso haja necessidade de cadastrar uma nova radiografia, deve-se clicar o botão “Novo”. Uma nova tela se abrirá (figura 4.7) e os dados deverão ser fornecidos ao sistema: nome da clínica e data de realização da radiografia. A escolha de uma clínica radiológica é obrigatória, pois para cada clínica o sistema realiza uma associação dos parâmetros para efetuar corretamente a análise das amostras.

A imagem mostra uma janela de software com o título "Cadastrando Nova Radiografia". O conteúdo principal é um formulário com o título "Cadastro de Radiografia" e a seção "Informações". O formulário contém um campo de texto vazio, um botão "Abrir Imagem...", um menu suspenso para "Clínica Radiológica" com um ícone de "+" à direita, e um campo de data para "Data de Realização" com o valor "segunda-feira, 8 de outubro de 2012" e um ícone de calendário. Na base do formulário, há dois botões: "Salvar" com um ícone de disquete e "Cancelar" com um ícone de uma caneta vermelha riscando um círculo.

Figura 4.7: Cadastro de Radiografia.

Para cadastrar uma nova clínica radiológica deve-se clicar o botão “+” à direita da opção “Clínica Radiológica”, abrindo a tela apresentada na figura 4.8.

Cadastrando Clínica Radiológica

Clínica Radiológica

Identificação

Nome

Parâmetros

Corpo Mandibular	Ramo Mandibular
LIS <input type="text"/>	LIS <input type="text"/>
LSS <input type="text"/>	LSS <input type="text"/>
MUI <input type="text"/>	MUI <input type="text"/>
VUI <input type="text"/>	VUI <input type="text"/>
MUA <input type="text"/>	MUA <input type="text"/>
VUA <input type="text"/>	VUA <input type="text"/>
NCCS <input type="text"/>	NCCS <input type="text"/>
LIIN <input type="text"/>	LIIN <input type="text"/>



Salvar  Cancelar 

Figura 4.8: Cadastro de Clínica Radiológica.

Junto ao nome da clínica radiológica, os parâmetros utilizados pelo software devem ser introduzidos. Estes são os parâmetros utilizados durante os processamentos realizados pelo sistema quando da análise das amostras radiográficas.

O botão “Relatório” presente na tela de exibição dos pacientes (figura 4.4), abre uma janela contendo as informações pessoais e de contato do paciente, bem como uma relação contendo a contagem trabecular e a situação de cada amostra analisada. Essa relação é exibida para a primeira, penúltima e última coleta de amostras, fornecendo um histórico de exames realizados pelo paciente. Os limites de normalidade para a contagem trabecular também são exibidos, fornecendo a referência para comparação com a contagem trabecular efetuada sobre as amostras do paciente. A figura 4.9 mostra a tela para geração de relatório.

Geração de Relatório Data/Horário: 08/10/2012 20:37:36

RELATÓRIO

Identificação do Paciente

Nome **CPF** **RG**
Data de Nascimento **Idade** **Sexo**

Contato

Telefone Celular **Telefone Fixo** **Email**

Análise das Amostras

Primeira Coleta	Penúltima Coleta	Última Coleta
Corpo Esquerdo: - -	Corpo Esquerdo: - -	Corpo Esquerdo: - -
Corpo Direito: - -	Corpo Direito: - -	Corpo Direito: - -
Ramo Esquerdo: - -	Ramo Esquerdo: - -	Ramo Esquerdo: - -
Ramo Direito: - -	Ramo Direito: - -	Ramo Direito: - -
Limite de Normalidade	Limite de Normalidade	Limite de Normalidade
Corpo: - Ramo: -	Corpo: - Ramo: -	Corpo: - Ramo: -

Diferenças entre Análises das Amostras

Primeira e Penúltima Coleta	Primeira e Última Coleta
Corpo Esquerdo: -	Corpo Esquerdo: -
Corpo Direito: -	Corpo Direito: -
Ramo Esquerdo: -	Ramo Esquerdo: -
Ramo Direito: -	Ramo Direito: -

Figura 4.9: Tela de geração de relatório.

Capítulo 5

Conclusões

Batistussi desenvolveu e aplicou uma metodologia de avaliação de densidade óssea utilizando radiografias panorâmicas convencionais e digitais. Porém, devido a quantidade limitada de radiografias utilizadas no processo de validação, não foi possível assegurar a confiabilidade da metodologia proposta. Conhecido este problema, realizou-se uma verificação do método empregado, avaliando os parâmetros de classificação da densidade óssea encontrados por Batistussi.

Para tanto, obteve-se um maior número de radiografias (digitais e convencionais) para serem avaliadas segundo a metodologia proposta. As radiografias convencionais não apresentavam qualidade suficiente para a aplicação e foram descartadas. Utilizando-se apenas radiografias digitais, constatou-se a eficiência da metodologia em classificar a densidade óssea e apontar tanto casos de normalidade quanto de anormalidade na contagem de pixels trabeculares.

Contudo, observou-se que a mudança da clínica radiológica ou a realização de tratamento digital das imagens adquiridas, torna necessária a recalibragem dos parâmetros utilizados pelo sistema.

O software desenvolvido por Batistussi não possuía qualquer controle para armazenamento das informações dos pacientes, das radiografias ou das análises realizadas nas amostras. Assim, adicionou-se ao software funcionalidades de controle e armazenamento das informações, com intuito de facilitar seu uso.

No desenvolvimento, utilizou-se a metodologia ágil prototipação. Devido ao curto prazo existente para implementar as funcionalidades, a metodologia ágil proporcionou simplicidade e organização na realização das tarefas, visto que o processo resumiu-se em levantar requisitos, planejar e modelar o problema, desenvolver e obter um feedback junto ao cliente. Ao final do processo, obteve-se o produto final.

Concluída a implementação realizou-se uma reunião com o cliente para validar as funcionalidades do sistema, obtendo um parecer favorável.

Este software proporcionará aos profissionais da odontologia meios para avaliar a densidade óssea de seus pacientes através de radiografias digitais, direcionando aqueles com densidades consideradas suspeitas para os profissionais médicos que farão o diagnóstico preciso através do exame DXA. O software também contribui para a gestão de pacientes, pois permite o controle, organização e armazenamento das informações pessoais, radiografias e análises realizadas.

Com a finalidade de proteger o software desenvolvido, que implementa a metodologia proposta por Batistussi, solicitou-se à Universidade o registro do software junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). O processo tramita nas devidas instâncias.

Apêndice A

Dados coletados

Os dados foram coletados de amostras extraídas de um conjunto de radiografias panorâmicas digitais. O identificador de cada radiografia (ID) o sexo e a idade dos pacientes é apresentado na tabela A.1. Os demais dados, extraídos das amostras coletadas nas radiografias, são apresentados nas tabelas posteriores.

Pessoas com idade entre 18 e 34 anos foram classificadas como sendo do grupo 1; pacientes com idade superiores a 34 anos, pertencem ao grupo 2.

Tabela A.1: Informações dos pacientes

ID	Sexo	Idade (anos)
1	F	26
2	F	21
3	F	22
4	F	22
5	F	23
6	F	24
7	F	25
8	F	26
9	F	26
10	F	27
11	F	27
12	F	28
13	F	29
14	F	30
15	F	31
16	F	32
17	F	33
18	F	33
19	F	33
20	F	34
21	F	34

22	F	36
23	F	38
24	F	40
25	F	40
26	F	43
27	F	46
28	F	46
29	F	46
30	F	47
31	F	48
32	F	49
33	F	49
34	F	51
35	F	51
36	F	52
37	F	53
38	F	53
39	M	21
40	M	21
41	M	21
42	M	22
43	M	24
44	M	24
45	M	26
46	M	26
47	M	26
48	M	27
49	M	28
50	M	30
51	M	31
52	M	31
53	M	31
54	M	36
55	M	38
56	M	38
57	M	40
58	M	41
59	M	42
60	M	44
61	M	44
62	M	44
63	M	48

64	F	51
65	F	55
66	F	55
67	F	55
68	F	56
69	F	56
70	F	56
71	F	57
72	F	57
73	F	58
74	F	58
75	F	58
76	F	59
77	F	59
78	F	61
79	F	61
80	F	62
81	F	64
82	F	64
83	F	65
84	F	65
85	F	65
86	F	66
87	F	67
88	F	67
89	F	68
90	F	74
91	F	76
92	F	78
93	F	79
94	F	81
95	F	86
96	M	55
97	M	55
98	M	57
99	M	57
100	M	57
101	M	58
102	M	58
103	M	58
104	M	63
105	M	65

106	M	66
107	M	67
108	M	69
109	M	69
110	M	70
111	M	70
112	M	71
113	M	81
114	M	64
115	M	65

Tabela A.2: Dados coletados para o processo de segmentação

ID	CorpoEsq	CorpoDir	RamoEsq	RamoDir		Corpo	Ramo
1	80,272	114,502	32,953	46,017	Média	87,044	113,140
2	97,821	103,405	103,498	107,174	Desvio	23,7781	35,6908
3	113,236	86,761	141,762	58,781	LI	39,4874	41,7586
4	56,67	71,715	91,102	64,79	LS	134,6	184,522
5	108,8	77,234	101,909	100,533			
6	83,749	97,461	120,793	134,428			
7	76,424	55,173	114,255	134,562			
8	67,706	78,354	89,311	104,335			
9	77,416	137,611	128,836	120,14			
10	84,75	91,993	121,967	114,722			
11	58,635	50,059	154,165	99,435			
12	60,446	140,899	187,189	107,268			
13	88,977	107,528	56,697	58,799			
14	75,739	73,461	150,973	126,817			
15	107,147	126,008	57,387	104,981			
16	107,046	112,345	38,699	46,2			
17	54,471	107,542	65,207	69,089			
18	43,321	114,908	127,407	173,316			
19	84,077	121,219	59,446	52,085			
20	71,873	64,105	110,987	89,76			
21	86,476	113,062	99,391	100,586			
39	83,825	76,615	140,885	96,917			
40	127,097	87,42	109,016	93,084			
41	80,429	98,989	104,175	145,179			
42	95,133	59,55	120,51	89,371			
43	37,165	78,206	151,718	125,745			
44	69,185	75,962	149,735	120,56			
45	65,271	74,267	96,047	158,702			
46	67,845	60,937	140,819	135,445			

47	60,271	73,867	147,741	141,201
48	135,291	117,029	141,495	114,375
49	59,884	120,513	145,302	115,763
50	112,601	106,231	171,419	135,512
51	78,897	106,88	153,124	128,192
52	64,697	94,723	179,58	153,559
53	68,997	98,968	140,797	132,379

Tabela A.3: Dados das amostras que sofreram autoescala

ID	CorpoEsq	CorpoDir	RamoEsq	RamoDir	Corpo	Ramo
1	137,396	124,736	112,493	107,446	Média	123,004 121,648
2	155,438	120,533	130,68	124,486	Desvio	14,369 15,0209
3	123,021	130,701	117,609	141,602		
4	126,463	126,665	118,087	111,059		
5	148,568	106,781	124,977	76,857		
6	119,795	116,873	128,095	140,233		
7	122,897	117,146	117,427	113,703		
8	108,229	119,116	127,763	118,741		
9	122,039	165,97	136,675	139,107		
10	125,197	77,293	119,839	115,005		
11	121,899	106,377	118,927	103,503		
12	117,599	135,953	141,819	123,331		
13	127,193	129,914	96,353	98,753		
14	131,097	114,378	107,833	91,205		
15	138,206	126,919	135,473	121,593		
16	124,781	121,511	91,727	129,705		
17	92,274	133,834	114,742	105,611		
18	131,895	148,549	130,047	125,434		
19	114,617	127,489	149,447	122,871		
20	128,849	118,77	140,08	135,665		
21	126,315	125,892	111,119	137,302		
39	122,132	112,845	117,147	115,5		
40	135,56	134,575	128,318	110,644		
41	116,179	131,778	119,473	125,724		
42	137,837	107,558	107,211	140,262		
43	91,684	146,385	127,619	119,327		
44	122,225	108,655	108,23	126,447		
45	128,855	117,68	103,86	119,773		
46	125,08	102,51	146,561	134,681		
47	118,133	114,225	103,273	138,795		
48	125,942	121,359	131,245	142,359		
49	122,832	114,138	129,953	133,275		

50	88,501	140,239	113,676	135,697
51	126,719	130,099	97,562	120,728
52	121,11	119,916	104,183	150,988
53	106,208	126,159	136,015	115,731

Tabela A.4: Dados de média das amostras das sub-regiões, utilizadas para Uniformização de Média e Variância das amostras

ID	CorpoEsq	CorpoDir	RamoEsq	RamoDir		Corpo	Ramo
1	122,553	122,543	122,451	122,607	Média	122,501	122,504
2	122,559	122,519	122,600	122,554			
3	122,503	122,480	122,522	122,454			
4	122,456	122,440	122,479	122,432			
5	122,469	122,481	122,520	122,515			
6	122,513	122,391	122,511	122,451			
7	122,501	122,529	122,488	122,529			
8	122,393	122,513	122,451	122,539			
9	122,549	122,451	122,471	122,577			
10	122,587	122,433	122,460	122,537			
11	122,387	122,702	122,537	122,475			
12	122,515	122,547	122,403	122,691			
13	122,450	122,537	122,519	122,429			
14	122,390	122,557	122,499	122,519			
15	122,418	122,549	122,581	122,510			
16	122,522	122,489	122,496	122,476			
17	122,499	122,559	122,549	122,388			
18	122,497	122,579	122,521	122,532			
19	122,428	122,513	122,459	122,480			
20	122,483	122,533	122,490	122,533			
21	122,534	122,559	122,515	122,493			
39	122,561	122,453	122,542	122,475			
40	122,576	122,522	122,472	122,470			
41	122,584	122,457	122,447	122,385			
42	122,451	122,505	122,501	122,495			
43	122,415	122,472	122,369	122,590			
44	122,625	122,513	122,559	122,502			
45	122,551	122,519	122,465	122,551			
46	122,515	122,632	122,489	122,669			
47	122,509	122,531	122,502	122,526			
48	122,353	122,494	122,519	122,539			
49	122,493	122,383	122,535	122,529			
50	122,424	122,483	122,482	122,489			
51	122,519	122,446	122,522	122,443			

52	122,446	122,524	122,549	122,455
53	122,540	122,477	122,486	122,505

Tabela A.5: Dados da contagem de pixels trabeculares de pessoas do Grupo 1

ID	CorpoEsq	CorpoDir	RamoEsq	RamoDir		Corpo	Ramo
1	820	670	790	801	Média	783,944	715,25
2	837	788	876	813	Desvio	74,2768	83,9433
3	787	723	686	698	LN	635,391	547,363
4	857	685	647	756			
5	782	758	853	906			
6	780	778	783	686			
7	588	695	724	619			
8	703	669	775	706			
9	689	893	688	710			
10	800	760	662	716			
11	710	866	574	609			
12	807	813	758	758			
13	792	843	728	714			
14	875	758	673	760			
15	930	857	523	613			
16	899	748	632	810			
17	741	868	675	743			
18	857	860	739	537			
19	923	737	789	914			
20	781	850	759	684			
21	908	709	601	804			
39	720	783	702	742			
40	783	769	664	637			
41	779	817	655	770			
42	815	779	685	805			
43	709	844	797	773			
44	831	604	843	659			
45	802	885	685	756			
46	807	667	675	661			
47	811	668	808	741			
48	795	772	625	562			
49	884	824	791	610			
50	694	758	749	738			
51	757	714	720	663			
52	762	704	682	782			
53	848	865	539	687			

Legenda	
Densidade Anormal:	
LN:Limite de Normalidade	

Tabela A.6: Dados da contagem de pixels trabeculares de pessoas do Grupo 2

ID	CorpoEsq	CorpoDir	RamoEsq	RamoDir
22	750	915	614	550
23	726	771	760	731
24	776	768	757	862
25	805	891	683	796
26	869	822	733	737
27	851	790	695	730
28	902	828	676	699
29	782	677	733	846
30	801	777	716	582
31	727	800	744	669
32	666	872	766	793
33	696	753	596	608
34	687	715	617	693
35	741	726	633	603
36	743	917	582	755
37	828	807	706	670
38	867	871	674	720
54	774	686	612	774
55	709	743	769	659
56	896	813	727	745
57	804	726	576	737
58	800	768	629	750
59	824	742	780	619
60	725	751	798	754
61	810	742	841	787
62	830	708	743	851
63	760	800	553	645
64	737	954	687	858
65	816	807	582	829
66	747	895	775	792
67	716	723	495	614
68	705	751	782	651
69	650	735	701	636
70	605	728	730	754
71	762	681	755	812
72	820	664	672	575
73	681	825	859	708
74	837	729	856	606
75	781	894	687	543
76	773	714	764	726

Legenda

Densidade Anormal:



77	713	750	726	793
78	812	712	630	581
79	734	731	690	853
80	896	788	790	845
81	779	747	549	790
82	805	652	649	702
83	834	929	744	895
84	939	798	817	798
85	766	795	674	811
86	824	688	719	639
87	730	802	737	733
88	810	829	616	781
89	806	681	703	763
90	796	777	744	635
91	739	865	659	578
92	839	748	668	635
93	825	774	640	749
94	720	788	759	715
95	902	830	656	630
96	826	822	708	620
97	710	760	462	724
98	828	787	646	756
99	857	787	725	685
100	769	933	724	777
101	654	594	582	663
102	910	647	587	769
103	690	662	639	626
104	700	615	698	723
105	718	835	859	692
106	846	713	610	622
107	646	866	641	706
108	728	751	651	751
109	666	730	781	647
110	675	740	734	672
111	823	817	647	775
112	775	898	773	784
113	806	745	642	590
114	720	848	561	738
115	846	857	584	697

Referências Bibliográficas

- [1] LUIZE, D. S. et al. A Influência da Osteoporose na Implantodontia. *Arquivos em Odontologia*. Belo Horizonte.v.41. n. 2. pag. 139-154. abr./jun. 2005.
- [2] LEITE, A. F. et al. Radiografia Panorâmica –Instrumento Auxiliar no Diagnóstico da Osteoporose. *Revista brasileira de reumatologia*. Vol. 48, Número 4, 226-233, jul-ago. 2008.
- [3] BATISTUSSI, L. R. P. *Avaliação de Densidade Óssea por Meio da Análise de Imagens de Raios-X Odontológicos*. Monografia (Monografia de Graduação) – Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR, Novembro 2011.
- [4] Jaw-x - *Osteoporosis screening from dental X-rays*. Disponível em: <<http://www.jaw-x.com>>. Acesso em: 26 de mar. 2012.
- [5] OLIVEIRA, L. S. A. F.; NEVES, F. S.; TORRES, M. G. G.; REBELLO, I. M. C.; CAMPOS, P. S. F. Características radiográficas dos portadores de osteoporose e o papel do cirurgião-dentista no diagnóstico. *Rev. ciênc. méd. biol = J. med. biol. sci*;8(1):85-90, jan.-abr. 2009.
- [6] FREITAS, A.; ROSA, J. E.; SOUZA, I. F. *Radiologia Odontológica*. Artes Médicas, São Paulo, 5ª Ed. 2000.
- [7] LANGLAND, O. E.; LANGLAIS, R. P. *Princípios do Diagnóstico por Imagens em Odontologia*. São Paulo: Santos, 2002.
- [8] SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*. 8. ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2007.
- [9] PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software*. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.
- [10] SILBERSCHATZ, A., KORTH, H. F., SUDARSHAN, S. *Sistema de banco de dados*, cap. 6: Projeto de Banco de Dados e o Modelo E-R, pág.142-142, Elsevier, Rio de Janeiro, 5. ed., 2006.
- [11] Microsoft Visual C# 2010 Express. 2012. Consultado na Internet: <http://www.microsoft.com/visualstudio/ptb/downloads#d-2010-express>, em: 27/08/2012.
- [12] PostgreSQL. 2012. Consultado na Internet: <http://www.enterprisedb.com/products-services-training/pgdownload#windows>, em: 03/08/2012.
- [13] Npgsql. 2012. Consultado na Internet: http://pgfoundry.org/frs/?group_id=1000140, em: 25/08/2012.