CELSO OLIVETE JÚNIOR

**NOVOS MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA IDADE ÓSSEA BASEADOS NO
PROCESSAMENTO DE IMAGENS RADIOGRÁFICAS DA MÃO**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Processamento de Sinais e Instrumentação – Análise e Processamento de Imagens Médicas.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Luís Linhari Rodrigues

São Carlos

2009

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Bacharel CELSO OLIVETE JÚNIOR

Tese defendida e julgada em 21/12/2009 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. EVANDRO LUÍS LINHARI RODRIGUES (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovado.

Prof. Associado ADILSON GONZAGA
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO

Profª. Titular ANNIE FRANCE FRERE SLAETS
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovado.

Profª. Drª. HELOISA BETTIOL
(Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP) aprovado

Prof. Dr. FRANCISCO HAITER NETO
(Universidade Estadual de Campinas) Aprovado

Prof. Titular GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

AGRADECIMENTOS

Em especial ao **professor Dr. Evandro Luís Linhari Rodrigues**, pelos conhecimentos transmitidos, sugestões e conselhos sempre oportunos durante os sete anos de orientação.

Ao professor Francisco Haiter Neto, da Faculdade de Odontologia da Unicamp, pela contribuição na construção do banco de imagens radiográficas.

À professora Heloisa Bettiol, da USP – departamento de Medicina, pelas sugestões dadas durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos demais professores do departamento de Engenharia Elétrica da USP – São Carlos, que, de alguma forma, tiveram participação no decorrer deste estudo.

À Escola de Engenharia de São Carlos por me ter proporcionado as facilidades necessárias para a execução desta tese.

À Fapesp e Capes pelo incentivo financeiro da pesquisa.

Aos meus pais Celso e Cidnéa.

À Deus.

Celso Olivete Júnior

17/11/2009

OLIVETE, J. C. **Novos métodos para estimativa da idade óssea baseados no processamento de imagens radiográficas da mão.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica, Área de Processamento de Sinais e Instrumentação – Análise e Processamento de Imagens Médicas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

RESUMO

A estimação da idade óssea (ou maturidade óssea) através da análise de radiografias da mão esquerda é um procedimento muito utilizado na área da radiologia pediátrica. Os métodos de estimativa da idade óssea utilizados atualmente apresentam alto grau de complexidade para a estimação, normalmente realizados por um radiologista, acarretando em um grande consumo de tempo e obtendo resultados com elevada carga de interpretação pessoal. O objetivo deste estudo é propor novas metodologias que operem de forma simplificada e automática, e que ofereçam informações isentas da subjetividade da análise humana para o acompanhamento do crescimento ósseo. São apresentadas novos métodos para estimar a idade óssea. Um deles baseia-se em medidas de áreas dos centros de ossificação. Outros analisam o crescimento e estimam a idade através da presença do número de ouro entre dimensões do metacarpo e falanges. Algumas estimam a idade óssea a partir de medidas de relação dimensional. Por fim, é apresentada uma metodologia que analisa o crescimento ósseo a partir das definições de relações propostas por “*Le Corbusier*”. A amostra constitui-se de 631 imagens radiográficas da mão de pacientes com idade entre 6 e 16 anos. Os resultados foram analisados utilizando o teste *T de Student*. Para ambos os sexos foram encontradas altas correlações com os valores do laudo obtido com os três métodos clássicos. Os resultados mostram que as metodologias podem ser usadas como auxílio do diagnóstico médico.

Palavras-chave: Idade óssea, Radiografia da mão, número de ouro, falanges, metacarpos.

OLIVETE, J. C. **New methods to bone age estimation based on hand radiographic image processing.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica, Área de Processamento de Sinais e Instrumentação – Análise e Processamento de Imagens Médicas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ABSTRACT

Bone age (or skeletal maturity) assessment using a radiograph of the left hand is a common procedure in pediatric radiology. The methods most widely used for bone age determination presents high complexity degree for estimation, usually performed by radiologist and this task is extremely complex and time-consuming producing results with high charge of personal interpretation. The aim of the present study is to suggest news methods that work in an automatic and simplified mode, producing results exempt of the subjective human analyze for the bone growth accompaniment. We propose news manners of the bone age estimation. The first one is based on the area measure of interest ossification centers. Others checks the growth through the golden proportion among some ossification centers measurements of the phalanges and metacarpals bones. Some bone ages estimated from measurements of aspect ratio. Finally, we present a methodology that analyzes bone growth from the definitions of relationships proposed by "Le Corbusier". There were used 631 hand X-rays from children's among six and sixteen years old. The results were analyzed using the Student's t-test (5%). For both sexes, a high relationship between the average of the reports and the estimated ages with methodologies, was found. There was no significant statistical difference between the average of the reports and skeletal ages estimated by methodologies. These results showed that the methodologies can be used as an aid to medical diagnosis.

Keywords: Bone age, Hand radiograph, Gold number, Phalanx's, Metacarpals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Anatomia da mão e punho.....	35
Figura 2.2: Radiografia carpal.....	35
Figura 2.3: Posicionamento correto da mão	36
Figura 2.4: Centros de ossificação utilizados pelo método de G&P	37
Figura 2.5: Estágios de desenvolvimento do centro de ossificação da falange distal.	38
Figura 2.6: Centros de ossificação utilizados pelo método de E&R. (1): largura da epífise distal do rádio, (2) e (3): comprimento e largura do capitato, (4) e (5): comprimento e largura do hamato, (6), (7) e (8): comprimento do metacárpico II, III e IV, (9) e (10): comprimento da falange proximal II e III.	39
Figura 2.7: Centros de ossificação utilizados pela simplificação ER5 - (6), (7) e (8): comprimento dos metacarpais II, III e IV, (9) e (10): comprimento da falange proximal II e III.	41
Figura 2.8: Os três centros de ossificação utilizados no método E&R3 - (6) e (8): comprimento dos metacarpais II e IV, (10): comprimento da falange proximal III.	42
Figura 2.9: Segmento áureo.	48
Figura 2.10: A estrutura do Parthenon e o número de ouro.....	50
Figura 2.11: A espiral logarítmica presente em conchas do mar, caramujos e na formação das galáxias.	50
Figura 2.12: A proporção áurea observada nas flores, insetos e pássaros	50
Figura 2.13: Presença do número de ouro no corpo humano segundo <i>Leonardo da Vinci</i>	51
Figura 2.14: Proporcionalidades no corpo humano.	52
Figura 2.15: Proporção divina nos dentes.	53
Figura 3.1: Distribuição dos indivíduos da amostra de acordo com o sexo.	55
Figura 3.2: Distribuição das imagens de acordo com a idade óssea	56
Figura 3.3: Correlação das idades estimadas por TW, GP e ER versus idade	

cronológica no conjunto de imagens do sexo masculino.	56
Figura 3.4: Correlação das idades estimadas por TW, GP e ER versus idade cronológica no conjunto de imagens do sexo feminino.	57
Figura 3.5: Correlação entre média dos laudos e idade cronológica no conjunto de imagens do sexo masculino.	57
Figura 3.6: Correlação entre média dos laudos e idade cronológica no conjunto de imagens do sexo feminino.	58
Figura 3.7: Representação da ação da curva do modelo de contornos ativos	64
Figura 3.8: Processo de atuação do modelo de <i>Snakes</i> na segmentação de centros de ossificação.	64
Figura 3.9: Área média em pixels encontrada para os metacarpos II e IV e falanges proximais II, III e IV - sexo masculino e sexo feminino.	66
Figura 3.10: (a) Proporção N_Ouro_1 e (b) Proporção N_Ouro_2.	69
Figura 3.11: Proporção N_Ouro_3.....	70
Figura 3.12: (a) relação dimensional R_1 e (b) relação dimensional R_2.	73
Figura 3.13: (a) relação dimensional R_3 e (b) relação dimensional R_4.	74
Figura 3.14: (a) relação dimensional R_5 e (b) relação dimensional R_6.	74
Figura 3.15: Proporcionalidades apresentadas por “ <i>Le Corbusier</i> ”.	76
Figura 4.1: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando metodologia de Área Óssea nos grupos de indivíduos do sexo masculino.	81
Figura 4.2: Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada pelo método área óssea (Y) – grupos de imagens do sexo masculino.	81
Figura 4.3: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_1 nos grupos de imagens do sexo masculino.	86
Figura 4.4: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_2 nos grupos de imagens do sexo masculino.	86
Figura 4.5: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_3 nos grupos de imagens do sexo masculino.....	87

Figura 4.6: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos de indivíduos do sexo masculino.....	89
Figura 4.7: Diagramas de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada por N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 (Y) – grupo de imagens do sexo masculino.	90
Figura 4.8: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_1 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.....	95
Figura 4.9: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_2 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.....	97
Figura 4.10: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_3 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.....	99
Figura 4.11: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_4 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.....	100
Figura 4.12: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_5 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.....	102
Figura 4.13: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_6 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.....	104

Figura 4.14: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de <i>Modulor_1</i> nos grupos de imagens do sexo masculino.	108
Figura C.1: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando metodologia de área óssea nos grupos de indivíduos do sexo feminino.	142
Figura C.2: Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada pelo método área óssea (Y) – grupos de imagens do sexo feminino.	143
Figura E.1: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de <i>N_Ouro_1</i> nos grupos de imagens do sexo feminino.	152
Figura E.2: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de <i>N_Ouro_2</i> nos grupos de imagens do sexo feminino.	152
Figura E.3: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de <i>N_Ouro_3</i> nos grupos de imagens do sexo feminino.	153
Figura E.4: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando <i>N_Ouro_1</i> , <i>N_Ouro_2</i> e <i>N_Ouro_3</i> nos grupos de indivíduos do sexo feminino.	155
Figura E.5: Diagramas de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada por <i>N_Ouro_1</i> , <i>N_Ouro_2</i> e <i>N_Ouro_3</i> (Y) – grupo de imagens do sexo feminino.	156
Figura F. 1: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por <i>R_1</i> (Y) nos grupos de imagens do sexo feminino.	160
Figura F. 2: Diagramas de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada pelas metodologias Relação Dimensional (Y) nos grupos de imagens do sexo feminino.	161
Figura G.1: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de <i>Modulor_1</i> nos grupos de imagens do sexo feminino.	163

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Valores dos coeficientes de correlação obtidos pelos métodos em relação à idade cronológica	58
Tabela 3.2: Áreas médias obtidas para cada centro de ossificação de acordo com a idade óssea.	67
Tabela 3.3: Proporcionalidades analisadas.	68
Tabela 3.4: Comprimento para cada centro de ossificação de acordo com a idade óssea.....	71
Tabela 3.5. Relações dimensionais do estudo.	73
Tabela 3.6: Valores dimensionais para as relações R_1 a R_6. Sexo masculino	75
Tabela 4.1: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos versus metodologia de área óssea - sexo masculino.....	80
Tabela 4.2: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_1 e N_Ouro_2 nos grupos do sexo masculino.	83
Tabela 4.3: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_3.....	84
Tabela 4.4: Média, desvio-padrão e resultado do teste <i>T de Student</i> para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 para os grupos de imagens do sexo masculino.....	85
Tabela 4.5: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos do sexo masculino.	88
Tabela 4.6: Valores do teste <i>T de Student</i> obtidos para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos de imagens do sexo masculino.	91
Tabela 4.7: Comprimentos utilizados por R_1, idade estimada e média dos laudos médicos nos grupos 1 e 2, sexo masculino.....	93
Tabela 4.8: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média	94

dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_1 nos grupos do sexo masculino.....	
Tabela 4.9: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_2 nos grupos do sexo masculino.....	96
Tabela 4.10: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_3 nos grupos do sexo masculino.....	98
Tabela 4.11: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_4 nos grupos do sexo masculino.....	100
Tabela 4.12: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_5 nos grupos do sexo masculino.....	101
Tabela 4.13: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_6 nos grupos do sexo masculino.....	103
Tabela 4.14: Valores do teste <i>T de Student</i> obtidos com as metodologias Relação Dimensional nos grupos de imagens do sexo masculino.....	104
Tabela 4.15: Acompanhamento do crescimento ósseo com as proporcionalidades propostas por <i>Le Corbusier</i> nos grupos do sexo masculino	106
Tabela 4.16: Média, desvio-padrão e resultado do teste <i>T de Student</i> para a proporcionalidade Modulo_1 para os grupos de imagens do sexo masculino	107
Tabela B. 1: Valores dimensionais para as relações R_1 a R_6. Sexo feminino	139
Tabela C.1: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média	

dos laudos versus metodologia de área óssea - sexo feminino.	141
Tabela D.1: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_2 nos grupos do sexo masculino.....	145
Tabela E.1: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_1 e N_Ouro_2 nos grupos do sexo feminino.	149
Tabela E.2: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_3 nos grupos do sexo feminino.	150
Tabela E.3: Média, desvio-padrão e resultado do teste <i>T de Student</i> para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 para os grupos de imagens do sexo feminino.	151
Tabela E.4: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos do sexo feminino.....	154
Tabela E.5: Valores do teste <i>T</i> obtidos para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos de imagens do sexo feminino.....	157
Tabela F.1: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_1 nos grupos do sexo masculino.....	159
Tabela F.2: Valores do teste <i>T</i> obtidos com as metodologias Relação Dimensional nos grupos de imagens do sexo masculino.	162

SUMÁRIO

1.	Introdução	21
1.1.	<i>Considerações iniciais.....</i>	21
1.2.	<i>Objetivos.....</i>	26
1.3.	<i>Relevância da pesquisa.....</i>	27
1.4.	<i>Principais trabalhos</i>	27
1.5.	<i>Organização do trabalho.....</i>	31
2.	Revisão da literatura	33
2.1.	<i>Idade óssea.....</i>	33
2.1.1	<i>Anatomia da mão e punho</i>	34
2.1.2.	<i>Métodos clássicos de avaliação da idade óssea.....</i>	36
2.1.3.	<i>Ferramenta computacional - Anacarp</i>	40
2.1.4.	<i>Emprego das radiografias de mão e punho na estimação da idade óssea.....</i>	42
2.2.	<i>Proporção áurea</i>	47
2.2.1.	<i>Histórico da proporção áurea.....</i>	47
2.2.2.	<i>Emprego da proporção áurea no corpo humano.....</i>	51
3.	Materiais e Métodos	55
3.1.	<i>Conjunto de imagens utilizada no estudo</i>	55
3.2.	<i>Métodos</i>	59
3.2.1.	<i>Aquisição, classificação e armazenamento das imagens</i>	59
3.2.2.	<i>Avaliação das imagens radiográficas da mão.....</i>	60
3.2.2.1.	<i>Metodologia Área Óssea.....</i>	61
3.2.2.2.	<i>Metodologia Número de Ouro.....</i>	67
3.2.2.3.	<i>Metodologia Relação Dimensional.....</i>	72
3.2.2.4.	<i>Metodologia da Proporcionalidade “Le Modulor”.....</i>	76

3.2.3. <i>Análise estatística</i>	78
4. Resultados e discussões	79
4.1. <i>Metodologia Área Óssea</i>	79
4.2. <i>Metodologia Número de Ouro</i>	82
4.3. <i>Metodologia Relação Dimensional</i>	92
4.4. <i>Metodologia da Proporcionalidade “Le Modulor”</i>	105
5. Conclusões	109
6. Continuidade da pesquisa	113
Referências bibliográficas	115
APÊNDICE A – Portal de informações da idade óssea.	133
APÊNDICE B – Valores dimensionais para as relações R_1 a R_6 – Sexo feminino.....	139
APÊNDICE C – Resultados da metodologia área óssea. Sexo feminino.....	141
APÊNDICE D – Aplicação de N_Ouro_2 em todos os grupos do Sexo masculino	145
APÊNDICE E – Resultados da metodologia Número de Ouro. Sexo feminino.....	149
APÊNDICE F – Resultados da metodologia Relação Dimensional. Sexo feminino.....	159
APÊNDICE G – Resultados da metodologia Proporcionalidade “ <i>Le Modulor</i> ”. Sexo feminino.	163

1. Introdução

1.1. Considerações iniciais

O ser humano é uma espécie biológica dinâmica que sob ação de processos metabólicos sucessivos evolui, segundo os fatores individuais e ambientais, devido aos mecanismos de crescimento e desenvolvimento (Al-Taani, Ricketts, & Cairns, 1996; Berst et al, 2001). Segundo Ghyka (1977) e Brodie (1946), o crescimento não é um mero processo de aumento de tamanho. Envolve, também, uma sucessão desconcertante de mudanças regionais nas proporções e requer incontáveis ajustes localizados para alcançar a devida função e estabilidade entre todas as partes. O que se observa é que o corpo humano tem em sua formação e crescimento sequências e regras próprias, as quais vêm sendo observadas e estudadas sob vários aspectos (Bosquiero, Wada, Daruge, Francesquini, & Francesquini, 2001; Baker & Woods, 2001).

O desenvolvimento humano está sujeito à influência de fatores que podem provocar modificações em seu crescimento e maturação, dentre eles, fatores genéticos, raciais, climáticos, sociais, econômicos, nutricionais, ambientais, hormonais e sexuais e, por isso, sofrem variações, não coincidindo na maioria das vezes com a idade cronológica (Bosquiero, 2001; Chang, Hsieh, Jong, & Tiu, 2003; Chen, Xu, Jiang, Zhang, & Lin, 2008).

Em consequência do grande número de fatores que podem alterar o desenvolvimento e crescimento do indivíduo, o uso de métodos baseados em diferentes populações pode resultar em diferentes padrões de referência, conforme observado nos trabalhos de Haiter-Neto e Tavano (1997), Haiter-Neto, Kurita, e Casanova (2006), Haiter-Neto, Almeida e Leite (2000), Tavano, Freitas, Lopes e Haiter-Neto (1994), Malina e Little (1981) e Taffarel, Wangenheim e Silva (2003).

Durante as fases de crescimento, alguns ossos do corpo sofrem significantes alterações de forma, tamanho e/ou áreas de calcificação, que podem ser observadas radiograficamente, sendo essas alterações mais precisas e confiáveis na estimativa da maturidade óssea do que a própria idade cronológica. Várias partes do corpo podem ser empregadas na determinação da idade óssea, como, por exemplo: pé, cotovelo, joelho (Tanner, Whitehouse, & Healy, 1962; Tanner, Whitehouse, Marshall, Healy, & Goldstein, 1975; Thodberg, 2009), vértebras cervicais, quadril e crânio, no entanto, a região do punho e mão é a mais comumente utilizada, pois se trata de um local de fácil acesso e também por não conter órgãos vitais, podendo ser submetida a doses de radiação com uma maior frequência (Kimura, 1977; Tavano, 2001 e Keats & Fletcher, 2003). A mão esquerda geralmente é a utilizada como padrão para ser exposta, visto que não existem diferenças significantes no processo de estimativa da idade óssea entre o lado direito e o esquerdo nas radiografias carpais. A idade óssea tem grande importância em áreas, como, por exemplo, pediatria (Johnson, Dorst, Kuhn, Roche, & Davila, 1973; Marcondes, 1980; Jang, 2005;), ortodontia (Moraes, 1995; Krailassiri, Anuwongnukroh, & Dechkunakorn, 2002; Haiter-Neto et al, 2006) e análise forense (Schmidt, 2004).

Segundo Ontell, Ivanovic, Ablin e Barlow (1996), na pediatria, a estimativa da idade óssea é utilizada para observar variações entre a idade cronológica e a idade óssea que, porventura, podem gerar desordens no crescimento.

Em ortodontia, a idade óssea é um fator de grande importância no planejamento dos tratamentos, porque estabelece a melhor época do seu início, aproveitando o próprio crescimento do paciente para as correções dos problemas transversos, verticais e, principalmente, dos ântero-posteriores e correção das alterações ósseas e neuromusculares, procurando a normalização do sistema mastigatório e a harmonia facial (Peloschek et al, 2009; Moscatiello, Lederman, Moscatiello, & Moscatiello, 2008).

Segundo Gonçalves e Antunes (1999) e Schmidt (2004), na área forense, a determinação da idade é aplicada nos esclarecimentos periciais, auxiliando na

identificação de cadáveres, esqueletos e nos casos onde não existam os documentos necessários para a comprovação da idade do indivíduo.

Os métodos mais difundidos e utilizados no processo de estimação da maturidade óssea são: Greulich & Pyle (GP) que faz uma avaliação inspeccional dos ossos da mão através de um Atlas (Greulich & Pyle, 1959); o método de Tanner & Whitehouse (TW) que analisa 20 ossos da mão e punho atribuindo um escore específico para cada osso e sexo, e através da soma desses escores obtém-se a idade óssea (Tanner & Whitehouse, 1959); e o método Eklof & Ringertz (ER), o qual se baseia em medidas de 10 centros de ossificação, formados por ossos do punho e mão (Eklof & Ringertz, 1967). Uma descrição mais detalhada destes métodos e dos processos de estimação da idade óssea pode ser obtida no portal de informações de idade óssea - www.carpal.eesc.usp.br.

O processo de estimação da idade óssea através, dos métodos de GP e TW, muitas vezes, pode sofrer variações inter e intra-examinadores visto se tratarem de dados qualitativos oferecidos pelas radiografias, afetando a confiabilidade destes métodos, sobretudo em situações limítrofes de determinados centros de ossificação, em que a definição precisa da idade influenciará decisivamente na abordagem terapêutica (Griscom & Thorne, 2001; Jang, Hwang, Yang, Shin, & Kim, 2004; Lee, Vaidya, Song, Lee, & Suh, 2007).

Já, o método de ER, por basear-se em medidas de comprimento e/ou largura de determinados centros de ossificação, nos possibilita o uso de técnicas computacionais para realizar a rotina de estimação. De posse de procedimentos computacionais, é possível isolar com precisão os ossos da mão e punho e, com o auxílio das tabelas de medidas propostas por ER, estima-se a idade óssea sem subjetividade humana. Implementações do método de ER são apresentadas nos trabalhos de Haiter-Neto e Tavano (1997), Olivete e Rodrigues (2005c, 2006, 2009a), Miler, Levick e Kay (1986) e Pietka et al(2001).

Nos estudos realizados durante o mestrado, desenvolveu-se uma ferramenta computacional para determinação da idade óssea, denominada *Anacarp*, que se baseava no método de ER (Olivete e Rodrigues, 2005c, 2006,

2009a). O método foi implementado inicialmente utilizando os 10 centros de ossificação e operava de forma manual. A partir de investigações, foi possível realizar duas simplificações do método ER – denominadas ER5 e ER3 – onde a partir da análise de 5 e 3 centros de ossificação, respectivamente, é possível estimar a idade óssea com resultados equivalentes ao método original (Olivete & Rodrigues, 2009b, 2009c). Uma outra facilidade dessa ferramenta é o fato de que os marcadores necessários para selecionar os centros de ossificação são inseridos automaticamente, agilizando o processo de estimação. A ferramenta *Anacarp* está disponível no portal de informações da idade óssea - www.carpal.eesc.usp.br/anacarp.

Partindo-se dessas premissas, apresentam-se nesta pesquisa, novas metodologias que utilizam procedimentos computacionais para extrair informações de imagens da mão para realizar o processo de estimação da idade óssea. Baseiam-se em medidas de área (Olivete & Rodrigues, 2007, 2008c), na proporção áurea (Olivete & Rodrigues, 2007, 2008c) e em relações dimensionais de determinados centros de ossificação (Olivete & Rodrigues, 2008a, 2008b, 2008d). Essas metodologias complementam os métodos convencionais (GP, TW e ER) e evitam a ocorrência de dificuldades surgidas por fatores subjetivos, como na avaliação inter-examinadores, possível de ocorrer nas análises quantitativas.

A ideia de propor a metodologia baseada em área surgiu devido aos métodos de estimativa utilizar-se de medidas de comprimento e/ou largura, padrões ou Atlas. Através disso buscou-se verificar se medidas de área de determinados centros traziam informações relevantes no processo de estimação. O grande problema encontrado no desenvolvimento desta metodologia está diretamente relacionado com a extração de características dos centros de ossificação (Olivete, Nascimento, & Rodrigues, 2005a, 2005b). Vale ressaltar que grande parte dos métodos computacionais existentes para atuar nessa fase (extração de características) possui algumas restrições quando aplicados em imagens de diferentes características de contexto, como altos

níveis de ruídos e contraste, não apresentando resultados satisfatórios (Nopola, Jarvi, & Svedstrom, 2000; Kapur, Sahoo, & Wong, 1985).

Um modelo que, mesmo nestas situações, apresenta uma melhor continuidade do contorno é a segmentação por contornos ativos *Snakes* (Oliveira, 2000). O Modelo de Contorno Ativo é uma vigorosa técnica de análise de imagens, pois oferece um único e poderoso método que mistura geometria, física e teoria de aproximação. Este modelo é caracterizado por tentar ajustar uma curva sobre a borda de um objeto da imagem. As *Snakes* (Kass, Witkin, & Terzopoulos, 1988; Ngoi & Jia, 1999; Pimentel, 2006) possuem a capacidade de se deformar até se adequar ao objeto de interesse. Devido a essas características, este modelo foi implementado e utilizado como base na obtenção dos parâmetros necessários para a estimativa da idade óssea.

Já, as metodologias baseadas em número de ouro foram propostas devido esta proporção estar presente na matemática, filosofia, arte e em algumas partes do corpo (Peck & Peck, 1970; Ostwald, 2001 e Meisner, 2007). Neste raciocínio pode-se citar o matemático Pitágoras de Samos que observou que certas proporções ligadas a padrões de beleza, harmonia e estética poderiam ser descritas matematicamente e que, quando relacionadas ao corpo e crescimento humano, são chamadas de formas homotéticas (Gil, 1999 e Gil & Medici-Filho, 2002). Então, relacionou essas proporções com a geometria harmônica, tendo como base a divisão desigual de uma reta. Euclides de Alexandria também teve grande importância para história da matemática. Explicou a proporção áurea a partir da divisão de um segmento de reta em média e extrema razão da seguinte forma: “ao se dividir uma reta de maneira assimétrica em duas porções desiguais, mantém-se uma proporção tal que o segmento maior está para o menor assim como a soma de ambos está para o segmento maior” (Torres, 1970; Baker & Woods, 2001; Gil & Medici-Filho, 2002; Moraes, 1995 e Ferraz, 2004).

Essa proporção é gerada a partir da proporcionalidade que se expressa pelo número incomensurável 1,618033 ... (sendo geralmente utilizado 1,6180) denominado de número áureo, podendo ser encontrado em estruturas que estão

em harmonia e equilíbrio funcional, como, por exemplo: a razão entre a altura de uma pessoa e a distância do umbigo aos pés, entre outras (Lopes-Filho & Silva, 2007; Ferraz, 2004 e Gil, 1999).

Tendo conhecimento que essa proporção está presente em partes do corpo humano, buscou-se analisar se através dela era possível realizar um acompanhamento do crescimento humano, verificando se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica. Essas metodologias baseiam-se na proporção áurea entre o comprimento dos ossos das falanges e metacarpos (Olivete & Rodrigues, 2007, 2008a, 2008b) e nas relações de medidas do corpo humano propostas pelo francês Le Corbusier (Ostwald, 1945/2000).

Por fim, realizou-se um estudo em todos os ossos da mão, buscando relações dimensionais que fossem capazes de representar o crescimento ósseo. Foram encontradas 8 relações para cada sexo e para cada uma delas foram geradas tabelas que abrangem a faixa etária de 6 a 16 anos. Essas metodologias podem ser operadas utilizando medidas de *pixels* ou milímetros.

1.2. Objetivos

Visando dinamizar o processo de estimação da idade óssea a partir da plataforma *Anacarp* e seguindo a especificidade do método de ER, propõem-se nesse estudo, novas metodologias para acompanhamento do crescimento e estimação da idade óssea a partir da análise simplificada dos centros de ossificação presentes nas imagens radiográficas da mão. São apresentadas duas metodologias de acompanhamento do crescimento ósseo. São elas: número de ouro – verifica se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica a partir da presença da proporcionalidade **1.6180** em dimensões de comprimento dos ossos da mão – e, a proporcionalidade “*Le Modulor*” – que realiza essa verificação através da presença da proporção **1.0000** entre medidas de comprimento do metacarpo e falanges.

Para realizar a estimação da idade óssea são apresentadas três abordagens: área óssea, proporção divina e relação dimensional. As duas

primeiras dependem dos parâmetros da imagem, como, por exemplo, a resolução de digitalização, tornando-se limitável em situações onde esses parâmetros não são conhecidos. Já, a metodologia relação dimensional, é uma metodologia totalmente independente de parâmetros.

1.3. Relevância da pesquisa

Sabe-se que a idade cronológica individual não está necessariamente bem correlacionada com a idade óssea. Do ponto de vista ósseo, alguns indivíduos podem ser atrasados ou avançados em relação à sua idade cronológica (Masoud et al, 2009; Mahmoodi, Sharif, Chester, Owen, & Lee, 1997; Beunen & Cameron, 1980). O desenvolvimento humano é muito mais bem representado por estágios de maturação óssea do que por idade cronológica (Kosowicz, 1962; Graeme & Deqiong, 2005). Isto pode ser acompanhado usando-se os métodos clássicos de estimação da idade óssea. Para isto, são apresentados brevemente os métodos clássicos de estimação da idade óssea. Posteriormente apresentam-se as limitações que impulsionaram o desenvolvimento dessa pesquisa (Nascimento, Frere, Marques, & Rodrigues, 2003; Lin, Zhang, & Yang, 2004). A partir daí, são mostradas as metodologias desenvolvidas que realizam o processo de estimação da idade óssea de forma automática e simplificada, trazendo resultados que coincidem com o valor médio dos laudos médicos.

São apresentadas também metodologias inéditas que servem para determinar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica, servindo como diagnóstico prévio para o processo de estimação da idade óssea.

1.4. Principais trabalhos

Artigos publicados de acordo com o ano

Congressos nacionais

- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Simplificações do método de Eklof & Ringertz para automatizar o processo de estimação da maturidade óssea*. V Workshop de Visão Computacional, 2009, São Paulo-SP.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Utilização na proporção divina no processo de estimação da maturidade óssea*. V Workshop de Visão Computacional, 2009, São Paulo-SP.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Plataforma ANACARP: novas metodologias para o acompanhamento do crescimento ósseo*. XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, Campos do Jordão, 2008.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Acompanhamento do crescimento ósseo: predição baseada na presença do número de ouro*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, p. 1475-1478, 2008, Salvador-BA.

- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Estimação da maturidade óssea baseada na análise de características extraídas através de Snakes*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, p. 1479-1482, 2008, Salvador-BA.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Estimação da maturidade óssea utilizando dimensões dos centros de ossificação extraídas por snakes modelos de contornos ativos*. IV Workshop de Visão Computacional, 2008, Bauru-SP.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Metodologias para estimação da idade óssea utilizando a proporção divina com o auxílio da plataforma ANACARP*. IV Workshop de Visão Computacional, 2008, Bauru-SP.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Acompanhamento do crescimento humano através da sequência de Fibonacci*. III Simpósio de Instrumentação e imagens médicas, 2007, São Carlos.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Estimador da idade óssea via análise Carpal/Anacarp - Software para estimação da idade óssea baseado no método de Eklof & Ringertz*. VI Workshop de Informática Médica (WIM' 2006), Vila Velha - ES, 2006.

Congressos internacionais

- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Idade Óssea: Uma Nova Metodologia de Estimação*. IV Latin American Congress

on Biomedical Engineering, 2007, Margarita Island. IFMBE Proceedings. Berlin : Elsevier B.V., 2007. v. 18. p. 338-341.

- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Estimativa da Idade Óssea Validação do método E&R3*. IV Latin American Congress on Biomedical Engineering, 2007, Margarita Island. IFMBE Proceedings. Berlin : Elsevier B.V., 2007. v. 18. p. 391-394.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Bone age estimation a methodology to automatize the process to assist medical diagnosis*. XIX SIBGRAPI - Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, 2006, Manaus.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *The influence of the "heel effect" on the segmentation of hand radiographics images*. IADIS International Conference Applied Computing, 2005, Algarve, 2005.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Preprocessing methodology applied to the correction of hand radiographic images*. 10th Congress of the International Colour Association, 2005, Granada. AIC Colour 05,. p. 1693-1696, 2005.

Revistas nacionais

- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Maturidade Óssea: Estimação por simplificações do método de Eklof e Ringertz*, Revista Radiologia Brasileira (aceito para publicação em outubro/2009).

- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *Software Automático para determinação da idade óssea baseado no método de Eklof & Ringertz*. Revista Brasileira de Física Médica, v. 2, p. 15-19, 2009.
- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *O efeito da correção do “Efeito Heel” em imagens radiográficas da mão*. Revista Brasileira de Física Médica, v. 1, n. 1, p. 38-51, 2005.

Revistas internacionais

- OLIVETE JUNIOR, Celso; RODRIGUES, E. L. L.. *ER5 and ER3 - bone age assessment by simplifications of Eklof and Ringertz method*, Journal of Dental Science, v. 24, n. 4, 2009.

1.5. Organização do trabalho

O capítulo 2 deste trabalho apresenta os conceitos de análise carpal, anatomia da mão, métodos clássicos de estimação da idade óssea e os conceitos a respeito da proporção áurea.

No capítulo 3, são apresentadas todas as informações referentes ao banco de imagens utilizado. São descritas as metodologias de estimativa da idade óssea baseada em proporção áurea e em medidas de área dos centros de ossificação.

No capítulo 4, são apresentados os resultados e discussões alcançados com as metodologias a partir dos grupos de indivíduos do sexo masculino.

No capítulo 5, são apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros.

Por fim, nos Apêndices, são apresentados os resultados alcançados com as metodologias para os grupos de indivíduos do sexo feminino.

2. Revisão da literatura

Para um melhor entendimento, a revisão da literatura foi dividida em duas partes, objetivando facilitar a compreensão e a leitura. Na primeira parte, são abordados os aspectos relativos à idade óssea, anatomia da mão e punho e uma revisão a respeito dos métodos mais utilizados para a estimativa da idade óssea, através de imagens radiográficas da mão. Posteriormente, em ordem cronológica, é apresentada uma revisão a respeito dos métodos para estimação da idade óssea. Na segunda parte, são apresentadas as definições relativas à proporção áurea.

2.1. Idade óssea

O grau de maturação alcançado por um indivíduo pode ser avaliado por vários indicadores, sendo o principal deles a idade de maturação óssea e que pode ser obtido por meio da avaliação do avanço do desenvolvimento de vários ossos do corpo (Tanner et al, 1975). A técnica mais simples e utilizada para estimação da idade óssea baseia-se na análise dos ossos da mão e punho, por possuírem um grande número de ossos e epífises em desenvolvimento (Roche, Davila, Pasternack, & Walton, 1970; Van & Van, 1978; Van, Lequin, & Thodberg, 2009).

A idade óssea pode estar atrasada ou adiantada em relação à idade cronológica. As principais causas que geram o atraso são: causa familiar, atraso constitucional do crescimento e da puberdade, hipotireoidismo e hipopituitarismo, desnutrição prolongada, doenças crônicas de modo geral, hipogonadismo, uso crônico de corticóide exógeno ou hiperprodução endógena. Algumas situações que aceleram o crescimento ósseo são: avanço de causa familiar, puberdade precoce central e periférica, síndrome adrenogenital,

obesidade simples, adrenarca precoce, síndrome de McCune-Albright e hipertireoidismo (Marcondes, 1980; Berst et al, 2001; Jang et al, 2004; Sannomiya & Calles, 2005).

A seguir, são detalhados os conceitos sobre a mão e punho e, na sequência, os métodos clássicos para estimação da idade óssea baseados na análise dos ossos da mão e carpo.

2.1.1. Anatomia da mão e punho

De acordo com Dotto (2006) e Taffarel, Wangenheim e Silva (2003) o punho é formado por dois ossos: epífises distais do rádio (R) e da ulna (U). A mão é composta por vinte e sete ossos (excluindo-se os sesamoides) divididos em: carpo, metacarpo e falanges (Figura 2.1). Uma imagem carpal de uma pessoa com idade óssea de 10 anos pode ser vista na Figura 2.2.

Carpo: é formado por oito ossos cuboides distribuídos em duas fileiras. A fileira superior (proximal) é composta, de lateral para medial, pelos ossos: escafoide (E), semilunar (SL), piramidal (P) e pisiforme (Psi). A fileira inferior (distal) engloba, de lateral para medial, os ossos: trapézio (T), trapezoide (TE), capitato (grande osso - GE) e hamato (ganchoso - G).

Metacarpo: composto por cinco ossos longos, cada um com uma epífise (distal) e uma diáfise, com exceção do metacarpo do primeiro dedo, que possui duas epífises. Esses ossos são numerados de um a cinco (M1, M2, M3, M4, M5), a partir do primeiro dedo. Próximo à parte interna e distal de M1, encontra-se o osso sesamoide adutor (S).

Dedos: cada um deles é formado por três falanges (proximal, média e distal), com exceção do primeiro dedo, que possui duas falanges (proximal e distal). Todas as falanges possuem epífises proximais. Da mesma forma que os ossos do carpo, as falanges são numeradas, de um a cinco, a partir do primeiro dedo. **Falanges proximais:** FP1, FP2, FP3, FP4, FP5; **Falanges médias:** FM2, FM3, FM4, FM5; **Falanges distais:** FD1, FD2, FD3, FD4, FD5.

Figura 2.1: Anatomia da mão e punho

Fonte: Dotto(2006)

Figura 2.2: Radiografia carpal

Fonte: Olivete e Rodrigues (2009e)

2.1.2. Métodos clássicos de avaliação da idade óssea

Em grandes partes das análises, a idade óssea é determinada pela comparação dos centros de ossificação com padrões cronológicos de crianças normais. Segundo Niemeijer (2002), Niemeijer, Ginneken, Maas, Beek e Viergever (2003) e Marques (2007), a mão esquerda ficou convencionada como padrão para a avaliação da idade óssea, pois a maioria da população é destra e a mão esquerda é menos sujeita a lesões e agressões. Importante lembrar que a mão deve estar alinhada com o punho para evitar erros de interpretações. O ideal é que, além disso, o dedo polegar faça um ângulo de 30° com o dedo indicador, conforme ilustrado na Figura 2.3.

Figura 2.3: Posicionamento correto da mão

Fonte: Marques (2007).

A idade óssea é obtida analisando-se o aparecimento de núcleos de ossificação do rádio/ulna, metacarpos/falanges e carpo (Hunter, 1966). Algumas vezes, os ossos do carpo podem apresentar alterações no aparecimento de seus núcleos. Neste caso, priorizam-se os ossos do rádio/ulna e

metacarpais/falanges na avaliação da maturidade óssea (Pietka, McNitt-Gray, Kuo, & Huang, 1991; Pietka, Kaabi, Kuo, & Huang, 1993).

Atualmente existem vários métodos para a estimação da idade óssea, sendo os de Greulich & Pyle (GP), Tanner & Whitehouse (TW) e Eklof & Ringertz (ER) os mais difundidos e utilizados no Brasil (Haider-Neto et al, 2006). A seguir, é apresentada uma breve descrição de cada um deles.

2.1.2.1. Método de GP

Este método baseia-se na comparação da radiografia carpal do paciente com as radiografias contidas em um Atlas, “Atlas of Skeletal Maturation of the Hand”, (Greulich & Pyle, 1959). Este Atlas é baseado em uma parte de dados coletados durante os estudos e apresenta diferentes padrões para cada sexo e para cada faixa etária.

Figura 2.4: Centros de ossificação utilizados pelo método de G&P
Fonte: Greulich e Pyle (1959).

A idade óssea é obtida através de uma inspeção visual de 28 centros de ossificação (ver Figura 2.4) com os padrões apresentados no Atlas, levando em consideração o sexo.

Segundo os autores, Greulich e Pyle (1959), os centros utilizados pelo método de GP deverão ser comparados com todos os padrões dispostos no Atlas, até que se encontre um que mais se assemelhe à radiografia analisada. Estes padrões são formados por informações extraídas de radiografias carpais, obedecendo aos intervalos de idade. Na maioria dos casos analisados, nem sempre a fase em que a radiografia está coincide exatamente com algum padrão do Atlas. Quando isso ocorre, seleciona-se aquele que mais se aproxima da radiografia em análise.

2.1.2.2. Método de TW

O método de TW foi criado em 1959 por Tanner e Whitehouse (1959) e baseia-se em escores. São avaliados individualmente 20 centros de ossificação entre os ossos da mão e do punho. A Figura 2.5 ilustra, respectivamente, os estágios do centro de ossificação para a falange distal.

Figura 2.5: Estágios de desenvolvimento do centro de ossificação da falange distal.

Fonte: Tanner et al (1962, 1975)

Como pode ser visto na Figura 2.5, foram escolhidos apenas os padrões dos centros de ossificação para a falange distal, a fim de exemplificar algumas fases de crescimento, excluindo-se os restantes, que poderão ser encontrados

na bibliografia citada. Este método baseia-se na atribuição de escores para cada um dos 20 ossos, e seguem a seguinte ordem: rádio, ulna, metacarpais I, II e V, falanges proximais I, II e V, falanges médias III e V, falanges distais I, III e V, capitato, hamato, piramidal, semilunar, escafoide, trapézio e trapezoide. Após a avaliação e obtenção dos escores para cada centro de ossificação, somam-se estes valores e o resultado final compara-se com os escores indicados em tabelas, que mostra as idades cronológica e esquelética equivalentes à radiografia carpal, apresentada pelo paciente (Tanner & Whitehouse, 1959; Tavano, 2001; Malina & Little, 1981; Miler et al, 1986).

2.1.2.3. Método de ER

A estimativa da idade óssea é obtida através da análise de medidas de comprimento e/ou largura dos centros de ossificação, formados pelas regiões ilustradas na Figura 2.6 (Eklof & Ringertz, 1967).

Figura 2.6: Centros de ossificação utilizados pelo método de E&R. (1): largura da epífise distal do rádio, (2) e (3): comprimento e largura do capitato, (4) e (5): comprimento e largura do hamato, (6), (7) e (8): comprimento do metacárpico II, III e IV, (9) e (10): comprimento da falange proximal II e III.

Fonte: Olivete e Rodrigues (2007).

Uma série de 1013 crianças foi estudada pelos autores escoceses, (Eklof & Ringertz, 1967) para estabelecer as variações normais. Usando cálculos estatísticos, eles apresentaram 2 tabelas, uma para cada sexo, em que cada um dos 10 centros de ossificação tem um padrão mínimo e um máximo de medida. Estes parâmetros são apresentados para todas as idades, de 1 até 15 anos, com intervalos de 3 meses entre eles, representando um total de 56 parâmetros, para cada centro de ossificação (Olivete, 2005c).

2.1.3. Ferramenta computacional - *Anacarp*

Durante o mestrado, desenvolveu-se uma ferramenta computacional para determinação da idade óssea, denominada *Anacarp*, que se baseia no método de ER (Olivete e Rodrigues, 2006, 2007, 2008a, 2008d, 2009a, 2009b, 2009c, 2009e). A ferramenta pode ser acessada no endereço www.carpal.eesc.usp.br/anacarp.

Na versão inicial dessa ferramenta, o processo de estimação era operado de forma manual, devido a fatores relacionados com o processo de obtenção das medidas dos 10 centros de ossificação, onde, na região do carpo (ver Figura 2.6 – região ampliada) ocorre a sobreposição dos ossos quando o crescimento ósseo está cessando. Este problema dificulta a delimitação automática e a obtenção precisa das medidas dos centros de ossificação, o que, porventura, pode produzir resultados pouco confiáveis. Visando automatizar este processo, foram propostas duas simplificações para o método ER, onde a estimação é realizada excluindo a análise dos ossos do carpo. Essas simplificações foram incorporadas na ferramenta e são descritas a seguir.

2.1.3.1 A simplificação ER5

Nesta simplificação, a estimação da idade óssea é realizada baseando-se na análise de apenas 5 centros de ossificação (ver Figura 2.7), compostos por duas falanges proximais e três ossos metacarpais, descartando os ossos do carpo e punho.

Figura 2.7: Centros de ossificação utilizados pela simplificação ER5 - (6), (7) e (8): comprimento dos metacarpais II, III e IV, (9) e (10): comprimento da falange proximal II e III.

Fonte: Olivete e Rodrigues (2007)

Posteriormente, realizou-se um estudo estatístico objetivando uma nova simplificação para o método E&R, sendo assim elaborado o método E&R3.

2.1.3.2 A simplificação ER3

Buscou-se verificar o limite mínimo do número de centros ósseos que apresentassem resultados estatisticamente significantes, ou seja, próximos ao valor da média dos laudos médicos. Foram feitas todas as combinações possíveis entre os 5 ossos (tomados 2 a 2, 3 a 3 e média dos 5 ossos) utilizados no ER5, comparando-as com a média dos laudos médicos. O valor obtido

através da combinação (metacarpais II e IV e falange proximal III – ver Figura 2.8) foi a que obteve uma excelente aproximação em relação ao valor médio dos laudos médicos, gerando a simplificação ER3. Os resultados para ambas as simplificações podem ser obtidos nos trabalhos de Olivete e Rodrigues (2005, 2006, 2007, 2008a e 2009d).

Figura 2.8: Os três centros de ossificação utilizados no método E&R3 - (6) e (8): comprimento dos metacarpais II e IV, (10): comprimento da falange proximal III.

Fonte: Olivete e Rodrigues (2007)

2.1.4. Emprego das radiografias de mão e punho na estimativa da idade óssea

As análises de radiografias carpais têm sido muito utilizadas para estimar a idade óssea de uma pessoa, obtendo o quanto seu crescimento evoluiu em relação à sua maturidade óssea. A idade óssea tem grande importância em várias áreas, como, por exemplo, pediatria, ortodontia e análise forense, gerando inúmeras pesquisas. Iniciou-se com o trabalho de Pryor (1907), quando descreveu a sequência cronológica de aparição dos ossos do carpo e suas variações e, então, observou que existia um padrão de calcificação mais

precoce no sexo feminino durante todo o período de crescimento. Novamente, no ano de 1925, analisando uma amostra de 145 jovens, concluiu que a união das epífises com as diáfises ocorreu entre 3 e 4 anos antes no sexo feminino. Observou também que a sequência de ossificação dos ossos do carpo ocorreu igualmente entre os sexos.

No ano de 1959, surge o primeiro método para determinação da idade óssea – o método de GP (Greulich & Pyle, 1959) – que é formado por um Atlas composto de 60 radiografias de jovens norte-americanos do nascimento até os 20 anos de idade. No mesmo ano, também, é apresentado o método de TW (Tanner & Whitehouse, 1959). Por fim, em 1967, surge o método de ER (Eklof & Ringertz, 1967).

Utilizando-se do método de GP, Hunter (1966), apresentou um estudo que correlacionou o crescimento facial com a altura corpórea e a maturidade óssea durante o período da adolescência. Observou que o início e a duração do período de crescimento puberal teve uma grande variação em relação à idade cronológica em ambos os sexos. Também foi notado que existia uma relação entre o crescimento facial máximo e altura corpórea. O crescimento mandibular exibiu o mais consistente relacionamento com o crescimento em altura durante a adolescência.

Tavano (1976) analisou a estimativa da idade óssea por meio da comparação entre os métodos de GP (Greulich & Pyle, 1959), TW (Tanner & Whitehouse, 1959) e ER (Eklof & Ringertz, 1967). Foram obtidas radiografias de mão e punho de 590 jovens brasileiros, 295 do sexo masculino e 295 do sexo feminino. Constatou uma grande relação entre a idade óssea determinada pelos índices citados e as idades cronológicas. Verificou que, com método de GP, os jovens analisados tiveram um desenvolvimento ósseo precoce, e os adolescentes apresentaram um desenvolvimento esquelético atrasado em ambos os sexos. Para o índice de TW, no sexo masculino, ocorreu precocidade no desenvolvimento ósseo nas menores idades e atraso nas maiores, e o inverso para o sexo feminino. Utilizando o método ER, existiu atraso no

desenvolvimento ósseo nas idades menores, e precocidade para os adolescentes. Entre os três índices avaliados, o de ER, revelou a maior correlação com a idade cronológica (0,98 para o sexo masculino e 0,97 para o feminino).

Moore, Moyer e Dubois (1990) avaliaram a importância da radiografia de mão e punho como indicador de crescimento facial em 47 jovens do sexo feminino. Obtiveram, anualmente, telerradiografias em norma lateral, radiografias de mão e punho e medidas da estatura corporal. Utilizaram 4 medidas lineares para avaliação do crescimento facial e o Atlas de TW (Tanner & Whitehouse, 1959), para a avaliação da maturidade esquelética. Encontraram uma boa relação entre a maturação esquelética e o aumento em estatura, em ambos os sexos, mas o crescimento facial não teve uma boa relação com a maturação esquelética e o aumento em estatura.

Em 1997, durante seus estudos de doutorado, Haiter desenvolveu uma ferramenta computacional para realizar a estimativa da idade óssea baseando-se no método de Eklof & Ringertz (Haiter-Neto & Tavano, 1997). Para analisar a eficiência, selecionou 190 pacientes, 95 de cada sexo, divididos em 19 faixas etárias, e cada uma delas continha 5 pacientes de cada sexo. A idade esquelética foi calculada por três métodos diferentes, os manuais: GP, TW e ER, computacional. As idades ósseas obtidas com o método computacional obtiveram correlações altas tanto para o sexo masculino (0,93) quanto para o sexo feminino (0,94) com a idade cronológica para crianças até 13 anos.

Haiter et al. (2000) analisaram a fidelidade, confiabilidade e praticidade de dois métodos de avaliação da idade óssea, Greulich & Pyle (1959) e Eklof & Ringertz (1967). Avaliaram 244 crianças, sendo 114 do gênero masculino e 130 do gênero feminino. Após análise dos resultados, verificaram que existe grande variabilidade nos valores das idades ósseas calculadas. Com relação à praticidade, destacaram que o método de Eklof & Ringertz, quando realizado por meio do computador, é mais fácil e rápido que o método de Greulich & Pyle. Com relação à fidelidade, constataram que ambos os métodos podem

apresentar variações. Quanto à confiabilidade, encontraram alta correlação positiva entre os dois métodos utilizados.

Flores-Mir, Nebbe, e Major (2004) realizaram uma revisão sistemática da literatura para verificar o valor da avaliação de radiografias de mão e punho na estimativa da maturação esquelética, na época e velocidade do crescimento facial. O estudo foi conduzido a partir de uma pesquisa bibliográfica realizada na Internet, em várias bases de dados conhecidas, em que foram encontrados 16 artigos que deveriam preencher os seguintes critérios: uso de radiografias de mão e punho para determinar a maturação esquelética, crescimento facial avaliado por telerradiografias obtidas em norma lateral e estudos transversais ou longitudinais. Os resultados confirmaram que a velocidade de crescimento facial vertical e horizontal está bem relacionada à maturação esquelética, determinada por radiografias de mão e punho. Entretanto, o crescimento da maxila e mandíbula, independentemente, também foi relacionado com a maturação esquelética, mas com uma intensidade menos aparente. A aplicação das radiografias de mão e punho para estimar o crescimento facial deveria utilizar tanto a determinação dos estágios ósseos como eventos de ossificação.

Pode-se citar também o trabalho de Schmidt (2004) que realizou um estudo demonstrando a importância da idade óssea na função pericial onde, a partir da determinação da idade, é possível classificar o indivíduo como capaz, incapaz e relativamente incapaz. Neste trabalho, procurou-se estudar os vários métodos para se estimar a idade, entre eles: os estudos das características anatômicas macroscópicas do indivíduo (desde a fase embrionária até a fase adulta), dos centros de ossificação, dos ossos longos, dos ossos carpais, do crescimento do crânio, face e dos dentes. Concluiu-se que até os 21 anos em indivíduos do gênero feminino e 18 anos em indivíduos do gênero masculino, os melhores métodos para a estimativa da idade são: o estudo dos centros de ossificação (região carpal) e estudo dos dentes.

Olivete (2005), em sua dissertação de trabalho, desenvolveu uma ferramenta computacional para a estimação da idade óssea, utilizando o método de ER – denominada *Anacarp*. A base de imagens selecionada contou com 353

imagens de radiografias da mão, 200 do sexo masculino e 153 do sexo feminino. Os laudos médicos foram gerados a partir do método de GP e TW. Neste estudo, foram propostas 2 simplificações – ER5 e ER3 – onde os ossos do carpo foram excluídos da análise carpal. Os resultados obtidos com a metodologia foram comparados com os laudos médicos e tiveram correlações de 0.96 para o sexo masculino e 0.98 para o feminino.

Encontra-se também, na literatura, o trabalho de Haiter et al (2006) que mostra uma comparação entre os três métodos de estimativa da idade óssea (GP, TW e ER) aplicados à uma base de imagens de 360 pacientes (obtidas pela Universidade de Fortaleza – Brasil). Os resultados foram semelhantes em todos os métodos, provando que qualquer um deles pode ser utilizado para avaliar o crescimento ósseo de acordo com a idade cronológica para a base de imagens utilizada.

No ano de 2007, Olivete e Rodrigues desenvolveram uma versão da ferramenta *Anacarp* para funcionamento através da internet (www.carpal.eesc.usp.br/anacarp). Nesta versão, é possível operar o método de ER completo e as duas simplificações propostas no trabalho anterior (Olivete, 2005).

Em 2007, 2008 e 2009, Olivete e Rodrigues, desenvolveram um portal de informações voltado a pesquisas de estimação do crescimento ósseo (disponível no APÊNDICE A – Portal de informações da idade óssea). Neste portal, foi disponibilizado um grande conjunto de informações (imagens radiográficas, artigos, notícias,...) para a comunidade científica que realiza pesquisa na área de estimativa da idade óssea e também para profissionais (médicos, dentistas, etc.) que necessitam desse tipo de informação no auxílio ao diagnóstico voltado para o crescimento humano. Servindo também como fonte de informações para cursos que contenham em suas ementas assuntos correlacionados ao acompanhamento do crescimento humano. Encontra-se também, neste portal, que está disponível em www.carpal.eesc.usp.br, a ferramenta *Anacarp* (Olivete, 2005, 2006, 2007, 2009a, 2009b, 2009c).

Olivete e Rodrigues (2009b) realizaram um estudo da aplicabilidade do *Anacarp* quando aplicado no conjunto de imagens do portal. Foram analisados 685 imagens radiográficas, sendo 357 do sexo masculino e 328 do sexo feminino, para a estimação da idade óssea com as simplificações ER5 – análise de 5 centros de ossificação; ER3 - análise de 3 centros de ossificação. Os resultados obtidos com as simplificações alcançaram elevada concordância com a média dos laudos médicos obtidos com os três métodos clássicos – GP, TW e ER. A análise de concordância das simplificações propostas foi realizada utilizando-se o teste *T de Student pareado* com faixa de significância de 5%, e não ocorreram diferenças estatisticamente significantes ($p < 0.05$). A partir dos resultados, os autores concluíram que é possível estimar a idade óssea, utilizando simplificações do método de Eklof & Ringertz de forma rápida e automatizada.

2.2. Proporção áurea

2.2.1. Histórico da proporção áurea

Na Grécia antiga, Pitágoras, considerado o fundador da geometria teórica, observou que padrões de beleza e harmonia estética poderiam ser descritos por proporções matemáticas. Por volta de 365 a.C.-300 a.C., Euclides de Alexandria, outro grande nome na história da geometria, descreveu a teoria que denominou “média e extrema razão”, na qual, ao se dividir uma reta de forma assimétrica, em média e extrema razão, mantém-se uma proporção tal que o segmento maior está para o menor, assim como a soma de ambos está para o maior (Figura 2.9). Essa proporcionalidade é expressa pelo número 1,6180333... (geralmente utilizado 1,6180) (Torres, 1970; Levin, 1978; Gil, 1999; Ferraz, 2004).

Figura 2.9: Segmento áureo

Fonte: Ferraz (2004)

Analisando a Figura 2.9, pode-se notar que o segmento representado por **A** equivale a 1.6180; o **B** equivale a 1 e **C** equivale a 0.6180. A divisão do maior segmento pelo menor (**B/C** e **A/C**) equivale ao número de ouro (1.6180). Essa razão passou a ser conhecida também pelos gregos como “secção áurea”. Por sua vez, os renascentistas e estudiosos da época a conheciam como “proporção divina”, pois acreditavam em sua relação com muitos aspectos da beleza. Outros termos utilizados para essa razão são “secção divina”, “número de ouro”, “segmento áureo”, “proporção áurea”, etc. (Meisner, 2007).

De acordo com Torres (1970), a proporção áurea, que serviu no passado como guia para artistas, arquitetos e construtores, pode ser encontrada no crescimento das estruturas que estão em harmonia e equilíbrio funcional, sejam as plantas, os animais ou os homens. O organismo cresce mantendo sua forma, e a proporção áurea se manifesta quando esse crescimento é harmonioso. Em seu artigo, o autor descreve a proporção áurea nos seres humanos, considerando o corpo todo, a face, a dentição decídua e a permanente. No corpo humano e na face, considerou algumas proporções, entre elas: a) o umbigo divide a altura total do corpo em proporção áurea; b) os ossos da mão estão em proporção áurea (carpo, metacarpos e falanges); c) distância subnasal-comissura labial em proporção com a distância comissura-gnátio.

Em 1977, Ghyka(1977) também relatou, a partir da análise de centenas de esqueletos humanos, que o corpo humano apresenta várias medidas em proporção áurea. Segundo o autor, estruturas que possuem essa proporção têm aparência bela e harmônica, e que ao se dividir o corpo humano na altura do umbigo e a parte maior é dividida pela menor, encontra-se proporção áurea.

Essa relação se estabelece aos 13 anos de idade, sendo que ao nascimento, o umbigo divide o corpo humano em duas partes iguais.

De acordo com Gil (1999), acredita-se que as estruturas que se encontram em proporção áurea sejam mais estáveis, esteticamente agradáveis, e funcionalmente eficientes, seguindo leis biológicas. A primeira delas é conhecida como "lei de conservação de energia", interpretada como sendo a máxima performance com o mínimo esforço. A segunda se refere à "lei de conservação dos tecidos", ou seja, mínima quantidade de material empregada para executar determinada tarefa. A terceira lei é uma combinação das duas anteriores, o que promove profunda eficiência. Aqueles mais eficientes são favorecidos na seleção natural. Além disso, a proporção áurea parece ter alguma maravilhosa e única propriedade que por alguma razão atrai a atenção e é gravada pelo sistema límbico, como: bonito, harmônico e equilibrado.

Ferraz (2004) afirmou que a matemática é uma das ferramentas mais importantes do homem, pois, por meio dela, buscamos compreender o mundo e a nós mesmos. Nossa estrutura psicológica requer um conceito de ordenação e de harmonia, e obtemos este conceito por meio da matemática, mais especificamente por sistemas de proporções matemáticas.

Embora a proporção áurea tenha sempre existido no universo da Física e da Matemática, não se sabe exatamente quando foi primeiramente descoberta e aplicada pelo ser humano.

Segundo Meisner (2007), os egípcios usaram o número áureo na construção das Grandes Pirâmides. Na Grécia antiga, Phidias (500 a.C. - 432 a.C.), matemático e escultor, estudou e aplicou a proporção áurea no desenho de suas esculturas, inclusive no Parthenon (Figura 2.10). Em sua homenagem o número áureo é denominado Phi, e simbolizado pela letra grega Φ .

Figura 2.10: A estrutura do Parthenon e o número de ouro

Fonte: Meisner (2007)

Meisner (2007), Lopes-Filho e Silva (2007) mostraram que a proporção áurea está presente em todos os lugares: na arte, na arquitetura, na música, etc. Na natureza, elas puderam ser identificadas, por exemplo, na organização e distribuição de pétalas de flores e suas sementes, nas folhas de plantas, na formação e no crescimento dos seres vivos e dos inanimados, desde o inseto até a galáxia (Figura 2.11 e Figura 2.12).

Figura 2.11: A espiral logarítmica presente em conchas do mar, caramujos e na formação das galáxias.

Fonte: Meisner (2007)

Figura 2.12: A proporção áurea observada nas flores, insetos e pássaros

Fonte: knott et al (2007)

2.2.2. Emprego da proporção áurea no corpo humano

No Renascimento, os ensinamentos de Da Vinci passam a ganhar grande importância. Os dados antropométricos apresentados por ele, foram desenhados por Leonardo da Vinci em seu célebre trabalho “L’Uomo di Vitruvio” (O Homem de Vitruvius). Uma de suas teorias foi colocar um homem com os braços e mãos bem estendidos. A medida obtida entre uma mão até a outra era equivalente à medida de sua altura. Com isso, Da Vinci demonstrou a proporcionalidade entre as partes do corpo humano (Figura 2.13) (Lopes-Filho & Silva, 2007).

Figura 2.13: Presença do número de ouro no corpo humano segundo Leonardo da Vinci

Fonte: Lopes Filho e Silva (2007)

Le Modulor

Desenvolvido pelo arquiteto francês Le Corbusier (Ostwald, 1945/2000), é a relação de medidas baseadas na divisibilidade do corpo humano em proporção. A partir da altura máxima de ocupação de espaço pelo corpo humano (deste até o chão às pontas dos dedos com o braço levantado), e da metade dessa altura (até o plexo solar – localizado atrás do estômago) criou duas séries de valores em relação áurea. Essas séries foram obtidas a partir da divisão

harmônica desses comprimentos, que constituem uma gama de medidas humanas.

A princípio, *Le Corbusier* partiu da estatura média do homem da Europa (175 centímetros) para determinar os valores numéricos dos vários comprimentos. Os valores inferiores assim encontrados foram para a série vermelha. Os valores exatos pela divisão harmônica foram depois arredondados tendo-se assim obtidos os chamados valores de aplicação. (ver Figura 2.14).

Figura 2.14: Proporcionalidades no corpo humano

Fonte: Ostwald (2000)

Ricketts (1972) realizou estudo com o objetivo de descrever uma forma para o crescimento mandibular utilizando, para tanto, quarenta radiografias cefalométricas frontais e laterais de indivíduos com idade inicial de oito anos. Metade da amostra era do sexo feminino e a outra metade era do sexo

masculino. Vinte indivíduos possuíam oclusão normal, os demais apresentavam má-oclusão Classe II. Um estudo computadorizado de 362 medidas cefalométricas foi realizado durante cinco anos, para acompanhar o crescimento mandibular. Foi observado que a mandíbula se desenvolve com crescimento arquial, o qual descreve uma espiral logarítmica, que representa uma forma aplicada do número áureo.

Lewin (1978) estudou a proporção áurea entre os dentes e concluiu que a largura do incisivo central superior estava em proporção com o incisivo lateral superior e este com o canino superior e assim por diante.

Em 1993, Preston realizou uma pesquisa na qual foi avaliada a presença da proporção áurea nos seis dentes anteriores superiores, através de imagens fotográficas de 58 pessoas. Comparando-se a largura do mésio-distal aparente do incisivo central superior com a do incisivo lateral superior e a do canino foi observado que não foi encontrada a proporção de forma significativa.

Oliveira (2008) realizou um estudo objetivando verificar se a razão entre o tamanho do mésio-distal e incisivos centrais estavam em proporção áurea (ver Figura 2.15). A amostra constou de 91 medições em dentaduras permanentes. O autor concluiu que existia a proporção na maior parte das amostras, e que os casos que se afastavam desse padrão mereceriam maior cuidado no planejamento para que a finalização do caso ortodôntico não fosse comprometida.

Figura 2.15: Proporção divina nos dentes

Fonte: Oliveira (2008).

Também no ano de 2008, Bertollo, Silva, Oliveira, Bergoli, e Oliveira investigaram se essa proporção manifestava-se nas faces de pessoas selecionadas por avaliadores, utilizando, para tal, o critério de beleza. A amostra inicial foi composta por 104 pessoas, previamente selecionadas e separadas em grupos: M (masculino) e F (feminino), sendo realizados, de cada participante, dois registros fotográficos (A e B). A partir do registro fotográfico A, obtiveram-se fotografias (frontal e lateral) que foram submetidas ao exame por um grupo de avaliadores. De posse dos valores atribuídos, foram identificados os sujeitos que comporiam a amostra final, assim constituída: subgrupos M1 e F1 (10 pessoas com valor numérico maior) e M2 e F2 (10 pessoas com valor numérico menor), totalizando uma amostra final de 80 fotografias (frontais e laterais) a partir do registro fotográfico B. Prosseguiu-se com a análise facial propriamente dita. Os dados obtidos foram comparados com a proporção divina, observando-a em apenas duas entre as proporções avaliadas, concluindo que a proporção divina não estava associada à percepção da beleza no contexto da pesquisa.

3. Materiais e Métodos

3.1. Conjunto de imagens utilizado no estudo

Para a realização desta pesquisa foram selecionadas 631 imagens radiográficas da mão obtidas junto à Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP. Todos os pacientes não apresentam anomalias (303 do sexo masculino e 328 do sexo feminino) e foram divididos de acordo com a faixa etária - 6 e 16 anos (72 e 203 meses, respectivamente) - formando 11 grupos de acordo com a idade óssea e o sexo. A classificação foi realizada baseando-se nos laudos obtidos com os métodos de GP, TW e ER, e com o auxílio da ferramenta *Anacarp* (Olivete & Rodrigues, 2009c). Essas imagens estão disponíveis no Portal de Informações da Idade Óssea (APÊNDICE A) – www.carpal.eesc.usp.br – e, na Figura 3.1, é ilustrada a distribuição geral das imagens de acordo com o sexo.

Figura 3.1: Distribuição dos indivíduos da amostra de acordo com o sexo.

As análises deste estudo foram conduzidas baseando-se em um valor médio dos laudos, obtidos através de um valor médio obtido com os três métodos clássicos (GP, TW e ER). Na Figura 3.2, é apresentada a distribuição do conjunto de imagens considerando os 11 grupos etários de acordo com esse valor médio e para sexo.

Figura 3.2: Distribuição das imagens de acordo com a idade óssea.

O comportamento das idades ósseas estimadas pelos três métodos (TW, GP e ER), de acordo com as idades cronológicas, pode ser observado nos gráficos de correlação (Figura 3.3 sexo masculino; Figura 3.4 sexo feminino).

Figura 3.3: Correlação das idades estimadas por TW, GP e ER versus idade cronológica no conjunto de imagens do sexo masculino.

Figura 3.4: Correlação das idades estimadas por TW, GP e ER versus idade cronológica no conjunto de imagens do sexo feminino.

Nos gráficos da Figura 3.5 (sexo masculino) e Figura 3.6 (sexo feminino) estão representadas as correlações entre a média dos laudos médicos e as idades cronológicas.

Figura 3.5: Correlação entre média dos laudos e idade cronológica no conjunto de imagens do sexo masculino.

Figura 3.6: Correlação entre média dos laudos e idade cronológica no conjunto de imagens do sexo feminino.

Para uma melhor análise destes comportamentos apresentados nas figuras acima (Figura 3.3 à Figura 3.6) foi gerada uma tabela (ver Tabela 3.1) mostrando os respectivos coeficientes de correlação para as imagens do sexo masculino e feminino.

Tabela 3.1: Valores dos coeficientes de correlação obtidos pelos métodos em relação à idade cronológica.

	<i>Correlação com a Idade Cronológica</i>							
	<i>Sexo Feminino</i>				<i>Sexo Masculino</i>			
	TW	GP	ER	ML*	TW	GP	ER	ML*
<i>Coefficiente (r)</i>	0.9685	0.9753	0.9651	0.9779	0.9032	0.9150	0.9054	0.9152
ML* - obtido através da média entre os laudos de TW, GP e ER								

A partir dos valores da Tabela 3.1 verifica-se que os resultados obtidos por todos os métodos de estimativa apresentaram um elevado coeficiente de correlação (próximo de 1.0) entre as idades cronológicas e as idades ósseas estimadas.

Estabelecido o conjunto de imagens do estudo, a seguir, são apresentados os métodos desenvolvidos para atuar no processo de estimação da idade óssea.

3.2. Métodos

Para a implementação da plataforma de estimação da idade óssea – *Anacarp* - foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado da Borland – Builder C++ (www.borland.com).

Parte das análises foram feitas utilizando o software MIPAV – Medical Image Processing, Analysis and Visualization, versão 3.1.3 (2007) pertencente ao CIT – Center for Information Technology – U.S. National Institutes of Health (disponível em www.mipav.cit.nih.gov).

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando os programas Microsoft Excel for Windows, versão 2003 (Microsoft Corporation) e BioEstat 5.0, do Instituto Mamirauá (Ayres, 2005).

3.2.1. Aquisição, classificação e armazenamento das imagens

As radiografias de mão foram obtidas com um aparelho de raio X PANOURA, calibrado para operar com 10mA e 60 kVp e com tempo de exposição de 0.3 segundos. Utilizou-se filme radiográfico de 18 x 24 cm, modelo T-MAT G/RA-1, Kodak e o ecran intensificador Lanex. Foram realizadas as radiografias de mão e punho da mão esquerda, em posição espalmada, centrada sobre o filme. Todos esses equipamentos pertencem ao Departamento de Odontologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp (Haite et al., 2006).

Digitalização das imagens: foi realizada por meio do scanner *HPScanjet 4C/T* (Hewlett-Packard) e seu respectivo software (*DeskScan II*) para captura de imagem, com resolução fixa de 300 DPI e escala de 100%, no modo *Sharp Black and White Photo*. As imagens capturadas foram arquivadas no formato *BMP*.

Classificação das imagens: após a digitalização, as imagens foram separadas de acordo com a idade cronológica do indivíduo e através do laudo médico obtido através dos laudos de ER, GP e TW. Os laudos foram feitos pelo Prof. Dr. Francisco Haiter Neto, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP. Em alguns casos, as imagens não apresentavam o laudo médico pelo método de ER, sendo, portanto, utilizada a ferramenta *Anacarp* para determinar a idade óssea.

Armazenamento das imagens: Após a obtenção dos laudos e classificação por grupos de faixa etária (em relação ao valor médio dos laudos médicos), as imagens foram inseridas em um banco de dados disponível a partir do Portal de Informações da Idade Óssea (Apêndice A). Neste Portal, é possível realizar buscas de imagens baseando-se no sexo e faixa etária.

3.2.2. Avaliação das imagens radiográficas da mão

A partir da obtenção das imagens radiográficas, foram estudadas e desenvolvidos novos métodos para acompanhamento do crescimento ósseo e estimação da idade óssea baseadas em informações presentes nos centros de ossificação da mão, excluindo os do carpo e punho, devido a problemas já relatados anteriormente. São elas:

- **Metodologia Área Óssea:** realiza a estimação da idade óssea utilizando informações de dimensões (área) de determinados centros de ossificação;
- **Metodologia Número de Ouro:** determina se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica por meio da presença da proporção áurea entre as falanges e metacarpais. Posteriormente, de posse de informações desses ossos, estima-se a idade óssea;

- **Metodologia *Relação Dimensional*:** estima a idade óssea baseando-se em relações dimensionais dos metacarpais e falanges;
- **Metodologia da *Proporcionalidade “Le Modulator”*:** analisa a relação entre medidas de comprimento dos metacarpais e falanges e determina se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica.

Todos os resultados foram confrontados com o valor médio dos laudos médicos (obtidos a partir de GP, TW e ER). Algumas dessas metodologias foram incorporadas no Portal de Informações (Olivete, 2007). Nos itens a seguir, são detalhadas todas as metodologias.

3.2.2.1. Metodologia Área Óssea

Esta metodologia baseia-se na análise da dimensão de área de alguns centros de ossificação para determinar a idade óssea. Como fase inicial, necessitou desenvolver um método que fosse capaz de isolar com precisão os ossos da mão, separando-os do tecido e do fundo da imagem. Essa etapa é conhecida por segmentação (Arkadiusz, Pieztko, & Brent, 2006; Trucco, 1998).

Uma definição mais precisa para o termo segmentação pode ser encontrada nos trabalhos de Otsu (1979), Balan (2003), Olivete, Nascimento e Rodrigues, (2005a e 2005b), Ballerini e Bocchi (2003) e Blake e Isard (1998) *“Segmentação: é um processo essencial para análise e identificação de características marcantes em uma imagem. Seu objetivo é identificar os objetos que compõem uma cena, sendo, na maioria dos casos, o grande responsável pelo sucesso ou fracasso dos resultados obtidos da análise. Esta etapa consiste em extrair objetos para utilizá-los em processos posteriores, como classificação, reconhecimento, dentre outros”*.

Algumas das ocorrências que dificultam a tarefa de segmentar uma imagem de forma eficiente são (McInerney & Terzopoulos, 1996; Lin et al., 2004; Machado, Galvão, Vanderlei, & Santos, 2002; Jain & Flynn, 1996; Gonzalez & Woods, 1993; Giraldi, 2006):

- Existência de ruído na imagem: o nível de ruído em uma imagem pode ser devido a vários fatores: deficiência dos dispositivos de aquisição de imagens, interferências eletromagnéticas, entre outros;
- Baixo contraste na imagem: em algumas situações os objetos presentes na imagem não apresentam uma boa separação nos tons de cinza ou mesmo cores;
- Falta de uma iluminação adequada: pode levar ao aparecimento de áreas de sombra, que podem induzir a segmentação de um único objeto em dois pedaços (área clara e área escura);
- Problemas relacionados ao aparelho de raio-X.

O método que mais se adapta a essas necessidades é o modelo de contornos ativos *Snakes*. A seguir, são apresentados os conceitos deste método de segmentação (Giraldi, 2006; Davatzikos & Prince, 1995; Chenyang, Anthony, & Jerry, 2000; Mackiewicz, 2006).

O modelo de contornos ativos *Snakes*

O modelo de contornos ativos, em sua formulação original proposta por Kass, Witkin e Terzopoulos (Kass et al., 1988), foi o método proposto para resolver o problema de localização de bordas de objetos em imagem. A partir da sua formulação, foi possível resolver vários problemas de visão computacional e análise de imagens (Marques, Olabarriaga, Dietrich, & Schmitz, 2001).

Este modelo leva em consideração a propriedade da descontinuidade e tem o objetivo de identificar bordas de objetos que compõem uma imagem, sendo em geral aplicado conjuntamente com técnicas de filtragem e suavização

usadas na detecção de pontos de bordas. Estes métodos se iniciam em uma configuração mais ou menos arbitrária, com um contorno inicial, que evolui até contornar o objeto de interesse. É devido ao seu comportamento dinâmico que se tem a definição de “modelos deformáveis”. (Rodrigo, Fernández & Arribas, 2003; Silva, Almeida, Pereira, & Barbeiro, 2004)

A segmentação utilizando contornos ativos é caracterizada por tentar ajustar uma curva, nesse caso será uma *Spline*, sobre uma imagem. A movimentação da Spline ocorre de forma a tentar minimizar a energia funcional (Giraldi, 2006; Ballerini & Bocchi, 2006) que é dada pela combinação das energias da curva e da imagem, tratando-se de um modelo baseado em conceitos físicos. Devido ao fato da Spline se mover constantemente buscando encontrar a borda e se ajustar aos níveis mínimos de energia, a técnica é também conhecida como *Snakes* (Sonka, Hlavac, & Boyle, 1998)..

Algumas vantagens com a utilização de *Snakes* para a segmentação de imagens, segundo a visão de Pichumani (1997):

- São fáceis de manipular, pelo fato das forças externas se comportarem de uma forma intuitiva;
- São menos sensíveis ao ruído;
- Podem ser utilizadas para seguir dinamicamente objetos em dimensões temporais, assim como em espaciais. Aplicação em rastreamento de objetos.

Segundo Williams e Shah (1992) e Xu e Prince (1997, 1998), os modelos de contornos ativos podem ser de dois tipos: modelos paramétricos, como as *Snakes* e modelos geométricos ou implícitos, como os *Level Set Methods* (Métodos de Ajuste de Nível) e os *Fast Marching Methods* (Métodos de Marcha Rápida). Os modelos paramétricos são constituídos de curvas elásticas que agem sobre a imagem até encontrar a borda do objeto de interesse, sendo o processo realizado de maneira dinâmica. Nesta composição, atuam basicamente duas forças: a força elástica e a da imagem ou de restrição. Devido

a estas forças é que a *Snake* pode se transformar no molde do objeto e também ser atraída para as bordas do objeto de interesse.

A Figura 3.7 ilustra a composição e ação desse modelo para a detecção de objetos de uma cena. Um melhor detalhamento sobre as Snakes pode ser encontrado no trabalho de Kass et al. (1988).

Figura 3.7: Representação da ação da curva do modelo de contornos ativos

Fonte: Silva et al. (2004)

Utilizou-se o modelo *Snakes* para atuar no processo de extração das informações presentes nos centros de ossificação formados pelos metacarvais II, III e IV e pelas falanges proximais II e III. Esses ossos foram escolhidos por fazerem parte do método clássico de ER e por já terem sido estudados durante o mestrado (Olivete, 2005). Um exemplo de atuação desse modelo é representado pela Figura 3.8.

Figura 3.8: Processo de atuação do modelo de Snakes na segmentação de centros de ossificação.

Observando a Figura 3.8, nota-se que o modelo de contornos ativos *Snakes* conseguiu contrair até o limite da região de interesse, delimitada pela borda do osso das falanges médias e proximais, isolando com precisão estes ossos, sem perder *pixels* pertencentes aos ossos. Com esse processo, é possível isolar todas as regiões de interesse necessárias para a estimativa da idade óssea de uma maneira rápida, precisa e eficaz. A seguir, são apresentadas as tabelas utilizadas no processo de estimação da idade óssea.

Estimação da idade óssea: Construção da tabela de medidas

Após a segmentação das imagens, foram obtidas todas as medidas de área dos centros de ossificação selecionados para estimar a idade óssea. Utilizaram-se os centros de ossificação já estudados na simplificação ER5 e formados pelos ossos: metacarpo II, III e IV e pelas falanges proximais II e III. Uma descrição mais detalhada desses centros de ossificação e dos passos necessários para a utilização da metodologia de *Snakes*, pode ser obtida no trabalho de Olivete e Rodrigues (2007, 2008c). Posteriormente, foram gerados gráficos (para todos os ossos e ambos os sexos) com a finalidade de analisar o comportamento da área encontrada para cada osso em função da faixa etária. O gráfico da Figura 3.9 mostra o comportamento destas medidas baseando-se nas imagens do sexo masculino feminino.

Figura 3.9: Área média em pixels encontrada para os metacarpos II e IV e falanges proximais II, III e IV - sexo masculino e sexo feminino.

Analisando os gráficos da Figura 3.9, claramente observa-se a existência de uma relação bem comportada entre idade óssea e a área dos centros de ossificação em todas as faixas etárias. Após, construiu-se uma base de informações representativas, que ilustram o comportamento do crescimento ósseo a partir de medidas de área da população analisada. Na Tabela 3.2, são apresentadas as medidas de área para cada centro de ossificação e a idade óssea (em meses) correspondente para as imagens do sexo masculino e feminino.

Tabela 3.2: Áreas médias obtidas para cada centro de ossificação

<i>Idade óssea (meses)</i>	Sexo masculino					Sexo feminino				
	Metacarpo		Falange proximal			Metacarpo		Falange proximal		
	II	IV	II	III	IV	II	IV	II	III	IV
72	929	661	567	663	574	1076	786	675	791	665
75	981	699	599	699	604	1089	789	684	800	674
78	1034	737	632	736	633	1101	791	692	809	684
81	1086	775	664	772	663	1113	794	701	817	693
84	1139	812	697	809	692	1125	797	710	826	702
87	1154	824	704	820	701	1144	807	718	834	708
90	1169	835	712	831	709	1164	817	727	842	714
93	1184	847	719	842	718	1183	826	736	850	720
96	1199	858	727	853	726	1203	836	745	857	726
99	1212	865	733	856	728	1231	860	767	879	748
102	1226	872	740	860	730	1260	884	789	901	770
105	1239	879	746	864	732	1289	908	811	923	792
108	1252	886	752	868	734	1318	931	833	945	815
111	1281	905	770	887	751	1348	945	848	960	825
114	1310	924	788	905	768	1378	959	862	975	836
117	1339	943	806	924	785	1408	973	876	990	847
120	1368	963	823	942	802	1438	987	891	1005	857
123	1404	990	846	966	822	1459	1000	901	1025	871
126	1440	1017	868	990	841	1479	1013	912	1045	885
129	1476	1045	890	1015	861	1499	1026	922	1066	899
132	1513	1072	913	1039	880	1520	1039	933	1086	912
135	1566	1105	940	1072	911	1558	1060	954	1104	931
138	1620	1139	966	1105	943	1596	1081	975	1122	949
141	1674	1172	993	1138	974	1634	1102	996	1140	967
144	1728	1205	1020	1171	1005	1671	1123	1017	1158	986
147	1758	1218	1044	1194	1021	1687	1135	1032	1169	996
150	1788	1231	1067	1218	1038	1703	1147	1047	1181	1007
153	1818	1245	1090	1241	1054	1719	1159	1061	1192	1018
156	1847	1258	1114	1264	1070	1734	1170	1076	1203	1029
159	1881	1282	1139	1294	1099	1759	1191	1084	1213	1036
162	1915	1307	1165	1324	1128	1784	1212	1091	1224	1042
165	1949	1331	1190	1355	1157	1809	1232	1099	1234	1049
168	1983	1356	1216	1385	1186	1834	1253	1107	1244	1055
171	1992	1371	1217	1391	1187	1842	1258	1107	1245	1057
174	2001	1386	1218	1397	1187	1851	1263	1108	1245	1059
177	2011	1401	1219	1402	1187	1859	1267	1109	1246	1061
180	2020	1417	1220	1408	1188	1868	1272	1110	1247	1063
183	2024	1420	1221	1409	1188	1872	1273	1112	1247	1063
186	2028	1423	1222	1409	1188	1875	1273	1115	1248	1064
189	2031	1427	1222	1410	1188	1879	1274	1117	1248	1064
192	2035	1430	1223	1410	1188	1883	1274	1120	1249	1064
195	2035	1430	1223	1410	1188	1883	1274	1120	1249	1064
198	2035	1430	1223	1410	1188	1883	1274	1120	1249	1064
201	2035	1430	1223	1410	1188	1883	1274	1120	1249	1064
204	2035	1430	1223	1410	1188	1883	1274	1120	1249	1064
Valores em milímetros										

3.2.2.2. Metodologia *Número de Ouro*

A metodologia desenvolvida visa analisar o crescimento ósseo do paciente tomando por base a análise da presença da proporção áurea nos ossos da mão, mais especificamente os pertencentes às falanges e metacarpos do terceiro dedo (dedo médio). Esses ossos foram selecionados por fazerem parte dos centros de ossificação utilizados pelo método de ER e já estudados nos trabalhos realizados por Olivete e Rodrigues (2006, 2009a, 2009b, 2009c) Essa proporcionalidade também foi buscada nos demais dedos da mão, porém não foi encontrada.

Para a análise dessa proporção áurea (1.6180) foi utilizada a plataforma *Anacarp* (Olivete & Rodrigues, 2008d). Foram criados procedimentos computacionais que realizam o isolamento e a obtenção das medidas desses ossos. Nesse estudo, foram analisadas quatro relações objetivando verificar se o crescimento ósseo estava de acordo com a idade cronológica através do número áureo, denominadas: N_Ouro_1, N_Ouro_2, N_Ouro_3. Na Tabela 3.3, são apresentados os detalhes das relações.

Tabela 3.3: Proporcionalidades analisadas

Nome	Proporção	Descrição
N_Ouro_1	$\left(\frac{D1}{D2}\right) = 1.6180$	Comprimento da falange proximal III dividido pelo comprimento da falange média III.
N_Ouro_2	$\left(\frac{D1 + D2}{D2 + D3}\right) = 1.6180$	Comprimento do metacarpo III somado com o comprimento da falange proximal III dividido pelo comprimento da falange proximal III somado com o comprimento da falange distal III.
N_Ouro_3	$\left(\frac{D1 + D2}{D2 + D3}\right) = 1.6180$	Comprimento da falange proximal III somado com o comprimento da falange média III dividida pelo comprimento da falange média III somado com o comprimento da falange distal III.

A verificação do crescimento ósseo foi feita considerando o intervalo **1.5580 a 16680** (nível de significância de 5%). Uma desordem no crescimento ósseo, ou seja, idade óssea maior ou menor que idade cronológica, é indicada quando estas proporcionalidades não são encontradas.

A seguir, são detalhadas cada uma das proporcionalidades analisadas para a análise do crescimento ósseo.

- a) N_Ouro_1: O crescimento ósseo estará de acordo com a idade cronológica quando existir a proporção áurea entre o comprimento da falange proximal III e o comprimento da falange média III (ilustrada na Figura 3.10a)
- b) N_Ouro_2: Acompanhamento do crescimento ósseo baseando-se na proporção áurea entre o comprimento das falanges (proximal III e distal III) e o comprimento do metacarpo III (Figura 3.10b)

Figura 3.10: (a) Proporção N_Ouro_1 e (b) Proporção N_Ouro_2.

- c) N_Ouro_3: Nessa metodologia, é analisado se o crescimento do paciente está de acordo com a idade cronológica levando em consideração a presença da proporção áurea entre a soma das falanges proximal e média e a soma das falanges média e distal. Esta razão é ilustrada pela Figura 3.11.

Figura 3.11: Proporção N_Ouro_3.

Estimação da idade óssea: Construção da tabela de medidas

Após analisar se o crescimento ósseo do indivíduo coincidia com a idade cronológica por meio da verificação da presença do número **1.6180** (proporção áurea), foi construída uma tabela de medidas (abrangendo ambos os sexos e a faixa etária de 72 a 204 meses) para realizar a estimativa da idade óssea.

Na Tabela 3.4, estão representadas as idades ósseas para cada centro ósseo utilizado pelas metodologias (N_Ouro_1, N_Ouro_2, N_Ouro_3). A idade óssea final do indivíduo é obtida através da média aritmética de todas as idades encontradas para os ossos.

Tabela 3.4: Comprimento para cada centro de ossificação.

IO (meses)	Metacarpo III	Falange proximal III	Falange média III	Falange distal III
72	121.34	84.68	53.39	36.21
75	121.34	84.68	53.39	36.21
78	121.34	84.68	53.39	36.21
81	125.12	87.14	54.98	37.21
84	128.91	89.61	56.57	38.21
87	132.69	92.07	58.15	39.21
90	136.48	94.53	59.74	40.21
93	137.30	94.98	60.02	40.38
96	138.13	95.42	60.30	40.55
99	138.95	95.86	60.58	40.73
102	139.78	96.30	60.87	40.90
105	140.62	96.87	61.24	41.10
108	141.46	97.44	61.60	41.31
111	142.30	98.01	61.97	41.51
114	143.14	98.58	62.34	41.72
117	144.75	99.49	63.06	41.96
120	146.36	100.40	63.77	42.20
123	147.98	101.31	64.49	42.44
126	149.59	102.22	65.20	42.68
129	151.48	103.43	65.98	43.23
132	153.37	104.65	66.75	43.77
135	155.26	105.86	67.53	44.31
138	157.15	107.08	68.31	44.86
141	160.62	109.22	69.44	45.69
144	164.09	111.36	70.58	46.52
147	167.56	113.50	71.72	47.35
150	171.03	115.64	72.86	48.18
153	171.97	116.83	73.64	48.78
156	172.91	118.03	74.41	49.37
159	173.85	119.22	75.19	49.97
162	174.79	120.41	75.97	50.57
165	176.78	121.98	77.26	50.95
168	178.78	123.54	78.55	51.33
171	180.77	125.11	79.84	51.71
174	182.76	126.67	81.13	52.10
177	184.81	127.15	81.64	52.35
180	186.87	127.62	82.15	52.60
183	188.92	128.09	82.67	52.84
186	190.97	128.57	83.18	53.09
189	191.32	128.70	84.20	53.17
192	191.66	128.83	85.22	53.24
195	191.66	128.83	85.22	53.24
198	191.66	128.83	85.22	53.24
201	191.66	128.83	85.22	53.24
204	191.66	128.83	85.22	53.24

Comprimento: medidas em pixels

3.2.2.3. Metodologia *Relação Dimensional*

Dentre os métodos de estimação descritos anteriormente (GP, TW e ER), destaca-se o de ER, por basear-se em medidas de dimensão (comprimento) de alguns centros de ossificação no processo de estimação da idade óssea, podendo ser implementado a partir de procedimentos computacionais (Olivete & Rodrigues, 2008d) . Porém, para estimar a idade óssea, deve-se saber a resolução em que foi digitalizada a imagem. As metodologias baseadas em área óssea e no número de ouro, apresentadas nesse estudo, também apresentam essa limitação. Para que o processo de estimação se tornasse isento de parâmetros, estudaram-se maneiras de se determinar a idade óssea, baseando em medidas de proporções dimensionais entre os ossos da mão.

Inicialmente foram obtidos todos os valores (comprimento) referentes a todos os ossos da mão. Posteriormente, essas informações foram submetidas a dois mineradores de dados - *StARMiner* (*Statistical Association Rules*): uma metodologia de mineração de dados criada por um grupo de pesquisadores do ICMC-USP, e ao *Weka* (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*), desenvolvido pela Universidade Waikato da Nova Zelândia. Por fim, utilizou-se classificadores neurais para selecionar os ossos que mais se aproximavam do valor do laudo gerado através dos três métodos clássicos, conforme detalhado no trabalho de Raymundo (2009).

Após este procedimento foram selecionados os seguintes ossos: metacarpo II, metacarpo IV, falange proximal II, falange proximal III e falange distal II, falange distal III, respectivamente. Posteriormente, geraram-se relações objetivando uma concordância com a média dos laudos médicos (obtidos a partir de GP, TW e ER).

Após essa análise, foram obtidas seis relações dimensionais denominadas: R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6. Na Tabela 3.5 são apresentadas cada uma das relações juntamente com sua descrição.

Analisando as equações apresentadas na Tabela 3.5, nota-se que os comprimentos de alguns ossos foram elevados ao quadrado e ao cubo, objetivando amplificar as diferenças entre os valores dos centros de ossificação

em cada fase do desenvolvimento ósseo. Da Figura 3.12 a Figura 3.14, estão representadas as relações dimensionais.

Tabela 3.5. Relações dimensionais do estudo.

Nome	Proporção	Descrição
R_1	$\left[\frac{\left(\frac{D1^3 + D2^3}{D3} \right)}{1000} \right]$	(Comprimento do metacarpo II ($D1$) elevado ao cubo somado com o comprimento do metacarpo IV ($D2$) elevado ao cubo dividido pelo comprimento da falange proximal III ($D3$)) dividido por 1000.
R_2	$\left[\frac{\left(\frac{D1^2 + D2^3}{D3} \right)}{100} \right]$	(Comprimento do metacarpo II ($D1$) elevado ao quadrado somado com o comprimento do metacarpo IV ($D2$) elevado ao cubo dividido pelo comprimento da falange proximal III ($D3$)) dividido por 100.
R_3	$\left[\frac{\left(\frac{D1^3 + D2^3}{D3} \right)}{D4} \right]$	(Comprimento da falange proximal II ($D1$) elevado ao cubo mais o comprimento da falange proximal III ($D2$) elevado ao cubo dividido pelo comprimento do metacarpo II ($D3$)) dividido pelo comprimento da falange distal I ($D4$))
R_4	$[D1 + D2 + D3 + D4 + D5]$	A soma dos comprimentos de todas as falanges distais.
R_5	$\left[\frac{D1^2}{(D2 + D3)} \right]$	Comprimento metacarpo II ($D1$) elevado ao quadrado dividido pela soma do comprimento da falange distal I ($D2$) mais o comprimento da falange distal III ($D3$)
R_6	$\left[\frac{D1^2}{\sqrt{D2}} \right]$	Comprimento do metacarpo II ($D1$) elevado ao quadrado dividido pela raiz quadrada do comprimento da falange proximal III

Figura 3.12: (a) relação dimensional R_1 e (b) relação dimensional R_2.

Figura 3.13: (a) relação dimensional R_3 e (b) relação dimensional R_4.

Figura 3.14: (a) relação dimensional R_5 e (b) relação dimensional R_6.

Foram construídas tabelas de medidas, para ambos os sexos e abrangendo a faixa etária de 72 a 204 meses, que representam a idade óssea para cada relação dimensional. Na Tabela 3.6, são apresentados esses valores para os indivíduos do sexo masculino e, no APÊNDICE B - Tabela B.1, as do sexo feminino. Inicialmente obtém-se o comprimento para cada um dos ossos utilizados na relação e, em seguida, através das equações apresentadas na Tabela 3.5, encontra-se um valor relacional e, a partir de uma busca na tabela de dimensões, estima-se a idade óssea.

Estimação da idade óssea: Construção da tabela de medida

Tabela 3.6: Valores dimensionais para as relações R_1 a R_6. Sexo masculino.

<i>Idade óssea (meses)</i>	<i>R_1</i>	<i>R_2</i>	<i>R_3</i>	<i>R_4</i>	<i>R_5</i>	<i>R_6</i>
72	38	147	75	184	193	338
75	38	147	75	184	193	338
78	38	147	75	184	193	338
81	40	157	78	189	200	353
84	43	167	82	194	207	369
87	45	177	85	199	213	385
90	48	187	88	204	220	401
93	48	190	88	205	221	404
96	49	192	88	206	222	406
99	49	194	88	207	223	408
102	50	197	88	208	223	410
105	51	201	89	209	225	415
108	51	204	90	210	227	419
111	52	208	91	211	230	424
114	53	212	92	211	232	428
117	54	217	92	213	235	436
120	56	221	93	216	239	444
123	57	226	93	218	242	452
126	58	230	94	220	245	461
129	60	235	95	223	249	470
132	61	241	96	225	253	479
135	63	246	97	228	256	488
138	64	252	99	230	260	498
141	67	264	99	234	266	514
144	70	276	100	239	271	531
147	73	288	101	243	277	548
150	77	301	102	247	283	565
153	77	304	105	250	284	569
156	78	307	107	253	286	574
159	79	310	110	255	287	578
162	80	314	112	258	289	583
165	81	319	115	260	294	593
168	83	325	117	262	298	603
171	85	331	119	264	303	614
174	86	336	119	266	307	624
177	89	347	120	267	311	633
180	91	358	120	269	315	642
183	93	369	121	270	319	652
186	95	380	121	272	323	661
189	96	383	121	272	324	664
192	97	385	121	273	325	667
195	99	392	121	274	328	673
198	100	397	121	275	331	678
201	102	402	121	276	333	683
204	103	407	122	277	335	688

R_1 a R_6: valores em pixels para cada relação

3.2.2.4. Metodologia da *Proporcionalidade “Le Modulor”*

Baseando-se nas relações de divisibilidade do corpo humano apresentadas nos estudos do francês *Le Corbusier* (Ostwald, 1945/2000), buscou-se analisar se existia uma relação proporcional e, a partir dessa informação, indicar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica do indivíduo. Em seu estudo, o autor afirma a existência de duas proporcionalidades na mão. São elas: 1 – comprimento da falange distal III somado com o comprimento da falange média III dividido pelo comprimento da falange proximal III e 2 – comprimento da falange distal III somado com o comprimento da falange média III somado com o comprimento da falange proximal III dividido pelo comprimento do metacarpo III. Neste estudo, essas proporcionalidades foram denominadas de *Modulor_1* e *Modulor_2* (representadas na Figura 3.15) e, objetivam verificar se o crescimento ósseo coincide com a idade cronológica a partir da proporcionalidade **1.0000**.

Figura 3.15: Proporcionalidades apresentadas por “*Le Corbusier*”.

Fonte: Ostwald (2000).

Estabelecidas as metodologias para análise do crescimento e para estimação da idade óssea, a seguir, é apresentada a análise estatística utilizada para analisar os resultados obtidos em cada uma das metodologias de acordo com os valores das médias dos laudos médicos.

3.2.3. Análise estatística

Após a obtenção dos resultados das idades ósseas, utilizando a plataforma *Anacarp*, os mesmos foram tabulados e analisados estatisticamente utilizando o programa Microsoft Excel e o software BioEstat 5.0 (Ayres, 2005).

Inicialmente, estimaram-se as idades ósseas, considerando cada metodologia, para os indivíduos de acordo com os grupos e para ambos os sexos. Posteriormente, realizou-se um estudo comparativo entre as idades estimadas versus a média dos laudos médicos. Avaliou-se para cada metodologia, o valor médio, o desvio-padrão e o intervalo de confiança.

Os resultados obtidos entre essas metodologias foram mensurados a partir de uma confrontação com os valores médios dos laudos, através de gráficos de diagramas de dispersão (que representam a correlação entre idades estimadas e o valor médio dos laudos) e coeficientes de determinação (R^2). Posteriormente, geraram-se fatores de correção (equações de regressão linear). Considerou-se o nível de significância de 5%.

No capítulo a seguir, são apresentados os resultados obtidos com os processos de acompanhamento do crescimento ósseo e de estimação da idade óssea.

4. Resultados e discussões

Para uma melhor compreensão, os resultados obtidos serão apresentados e discutidos neste único Capítulo.

As metodologias para acompanhamento do crescimento ósseo e estimação da idade óssea foram aplicadas em todos os grupos de indivíduos e para ambos os sexos. Realizou-se um estudo comparativo com os resultados gerados a partir da média dos laudos médicos. Avaliou-se para cada grupo e para cada sexo, o valor médio, o desvio-padrão e o intervalo de confiança obtido com as médias dos laudos e com as idades estimadas. Posteriormente, analisou-se a correlação e, por fim, foi feita a análise de regressão linear (através de gráficos de dispersão, equação de regressão e coeficiente de determinação – R^2 , que representa a porcentagem das idades estimadas cobertos pela reta de regressão). Neste Capítulo, são apresentadas e discutidas apenas as análises dos resultados para os grupos de imagens do sexo masculino. As do sexo feminino foram incluídas nos Apêndices C a G.

4.1. Metodologia Área Óssea

Este item mostra os resultados da estimação óssea baseada na metodologia de dimensão (área óssea) dos centros de ossificação. Após a estimação dos valores para todas as imagens dos grupos, foi feita uma confrontação com os laudos gerados a partir da média dos laudos médicos. Na Tabela 4.1, são apresentados os dados referentes à média, desvio-padrão e intervalo de confiança (5% de significância) para as imagens do sexo masculino.

Tabela 4.1: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos versus metodologia de área óssea - sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos					Laudo área óssea				
		Média	DP	IC (LI - LS)			Média	DP	IC (LI - LS)		
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	-	79.51	75.53	4.57	73.29	-	77.76
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	-	90.62	89.17	2.97	87.42	-	90.92
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	-	101.16	98.88	4.67	97.18	-	100.58
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	-	112.83	108.59	0.36	108.46	-	108.73
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	-	128.26	124.11	0.50	123.94	-	124.29
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	-	136.94	134.68	0.33	134.58	-	134.79
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	-	148.74	146.78	0.46	146.62	-	146.93
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	-	161.19	159.52	0.36	159.40	-	159.65
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	-	170.75	167.18	0.22	167.10	-	167.26
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	-	185.43	185.24	0.23	185.11	-	185.37
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	-	194.78	190.21	0.16	190.13	-	190.29
Valor médio		136.18	3.07	135.06	-	137.29	134.54	1.35	133.93	-	135.14
DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior											

Os dados apresentados na Tabela 4.1 mostram que para todos os grupos as idades estimadas pela metodologia baseada em área óssea e as médias dos laudos são semelhantes entre si. Isso pode ser constatado observando o valor médio obtido para *DP* (3.07 na média dos laudos e, 1.35, no laudo área óssea) onde essa variação foi de 1.72 meses. Já, para o valor médio das idades ocorreu uma subestimativa de 1.64 meses em relação à média dos laudos.

Os intervalos de confiança, que expressam o relacionamento entre as idades estimadas pela metodologia e a média dos laudos médicos, foram gerados com base na significância estatística de 5%. Como se pode observar, os valores não apresentaram variações muito significantes (intervalos de confiança apresentaram tamanho reduzido) para todos os grupos.

Para ilustrar esses comportamentos, gerou-se um gráfico (Figura 4.1) que demonstra a correlação entre as médias dos laudos médicos (obtidos por GP, TW e ER) e as idades estimadas pela metodologia de área óssea, com distinção entre os grupos (faixa etária).

Figura 4.1: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando metodologia de Área Óssea nos grupos de indivíduos do sexo masculino.

A partir do gráfico de correlação (Figura 4.1), nota-se que as idades estimadas apresentaram valores semelhantes e que se aproximaram das médias dos laudos médicos. Notam-se pequenas diferenças (subestimativa) apenas nos grupos 4, 9 e 11. Mesmo obtendo resultados com alta correlação (0.9994) faz-se necessário realizar a análise de regressão linear, onde com o auxílio da equação da reta, torna-se possível obter resultados que coincidam em 100% com os valores das médias dos laudos médicos. A Figura 4.2 traz o diagrama de dispersão e a reta ajustada pela equação de regressão entre as idades estimadas pela metodologia de área óssea (horizontal) e as médias dos laudos (vertical) para o sexo masculino. Pode-se observar também o coeficiente R^2 , que representa o coeficiente de determinação e a equação de regressão.

Figura 4.2: Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada pelo método área óssea (Y) – grupos de imagens do sexo masculino.

O coeficiente de determinação (R^2 : 0.9867), presente na Figura 4.2, indica que mais de 98% das idades ósseas estimadas estão cobertos pela reta de regressão (coincidem com a média dos laudos médicos), ou seja, ao estimarmos a idade óssea utilizando a metodologia de área teremos uma concordância com os valores das médias dos laudos médicos de mais de 98% para sexo masculino.

A equação de regressão linear deve ser utilizada como fator de correção, fazendo com que os laudos estimados a partir da metodologia de área óssea apresentem valores que coincidam 100% com o valor ideal (média dos laudos médicos).

Objetivando comparar os valores obtidos no processo de estimação da idade óssea utilizando a metodologia *Área Óssea* com os valores médios obtidos através dos três métodos clássicos, foi utilizado o teste de significância *T de Student* ao nível de significância de 5% considerando todos os grupos de imagens. O valor obtido foi de 0.0048 (menor que 0.0500), indicando que a metodologia pode ser utilizada com confiança no processo de estimação da idade óssea.

No Apêndice C, é apresentada essa análise para os grupos de imagens do sexo feminino.

4.2. Metodologia *Número de Ouro*

Inicialmente, serão apresentados os resultados de cada uma das formas de se acompanhar o crescimento ósseo baseando-se na proporção divina. Em seguida, são apresentados os resultados alcançados nos processos de estimação da idade óssea.

4.2.1. Acompanhamento do crescimento ósseo com o *Número de Ouro*

Inicialmente buscou-se analisar se os valores obtidos com as proporcionalidades (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3) poderiam representar o crescimento ósseo. Para isso, obtiveram-se esses valores para cada indivíduo (separados por grupos e sexos) e comparou-se com o número de ouro (**1.6180**), considerando um nível de significância de 5%.

Tabela 4.2: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_1 e N_Ouro_2 nos grupos do sexo masculino.

N_Ouro_1				N_Ouro_2			

casos. O mesmo comportamento pode ser notado quando observado os valores obtidos com N_Ouro_2.

A Tabela 4.3 traz os valores dimensionais de partes dos indivíduos pertencentes aos grupos 1 e 2 em busca da proporcionalidade N_Ouro_3. Analisando-a, nota-se que os valores obtidos foram estatisticamente significantes ao número de ouro, tendo apenas dois valores fora da faixa de significância (grupo 1) e apenas um caso no grupo 2.

Tabela 4.3: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_3

		N_Ouro_3			
		D1	D2	D3	$(D1+D2) / (D2+D3)$
[grupo 1]		74.35	45.62	28.94	1.6091
		91.80	58.02	35.52	1.6016
		92.19	58.17	32.21	1.6635
		97.00	61.42	36.35	1.6204
		90.12	54.12	34.69	1.6240
		89.68	57.58	33.96	1.6087
		86.46	53.24	38.12	1.5291
		94.05	59.35	39.01	1.5596
[grupo 2]		101.60	63.04	39.04	1.6130
		71.09	67.91	23.62	1.6186
		89.44	55.13	38.00	1.6523
		75.86	46.89	34.69	1.6045
		89.35	54.01	40.04	1.6243
		107.01	66.02	44.17	1.5702
		98.05	61.00	41.43	1.6528
		102.17	63.04	42.05	1.5721
		98.00	60.00	39.04	1.6954
		97.09	60.21	42.11	1.6374
		<i>D1: Comprimento (pixel) da falange proximal III</i>			
		<i>D2: Comprimento da falange média III</i>			
		<i>D3: Comprimento da falange distal III</i>			
		<i>Os valores em destaque são significantemente diferentes a 5% do número de ouro</i>			

A mesma análise foi aplicada para todos os indivíduos dos demais grupos e sexos, considerando cada uma das proporcionalidades analisadas no estudo,

porém devido à quantidade de informações torna-se inviável apresentá-las por completo. Na Tabela D.1 do Apêndice D, pode ser vista uma análise completa obtida a partir de N_Ouro_2 para os grupos de imagens do sexo masculino.

A fim de verificar se as proporcionalidades (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3) selecionadas para analisar o crescimento ósseo poderiam representar o número áureo (1.6180), aplicou-se, para os grupos e sexos, o teste *T de Student*, adotando-se 5% de significância.

Na Tabela 4.4 estão dispostos os resultados referentes à análise do crescimento ósseo para os grupos do sexo masculino. Apresentam-se valores dos testes *T de Student*, bem como os valores da média e desvios-padrão obtidos para cada grupo, considerando as três proporcionalidades (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3).

Tabela 4.4: Média, desvio-padrão e resultado do teste T de Student para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 para os grupos de imagens do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	N_Ouro_1			N_Ouro_2			N_Ouro_3		
		Média	DP	p	Média	DP	p	Média	DP	p
1	72 - 83	1.6009	0.0353	0.05	1.6390	0.0291	0.04	1.6020	0.0411	0.05
2	84 - 95	1.5917	0.0671	0.00	1.6026	0.0587	0.03	1.6276	0.0413	0.05
3	96 - 107	1.5934	0.0590	0.01	1.6332	0.0486	0.03	1.6479	0.0564	0.00
4	108 - 119	1.5773	0.0200	0.00	1.6328	0.0353	0.02	1.6444	0.0467	0.00
5	120 - 131	1.5852	0.0500	0.01	1.6387	0.0541	0.01	1.6259	0.0256	0.02
6	132 - 143	1.5844	0.0400	0.00	1.6393	0.0578	0.01	1.6287	0.0389	0.04
7	144 - 155	1.5915	0.0664	0.01	1.6271	0.0313	0.05	1.6295	0.0273	0.01
8	156 - 167	1.5830	0.0450	0.00	1.6304	0.0412	0.03	1.6271	0.0315	0.04
9	168 - 179	1.5927	0.0600	0.03	1.6319	0.0412	0.05	1.6278	0.0315	0.05
10	180 - 191	1.5851	0.0200	0.03	1.6304	0.0276	0.05	1.6360	0.0379	0.04
11	192 - 203	1.5919	0.0400	0.04	1.6525	0.0637	0.04	1.6353	0.0261	0.02

DP: Desvio-padrão; p: T de Student (5%)

Os dados apresentados, na Tabela 4.4 mostram que, para todos os grupos, as proporcionalidades obtidas com N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 são estatisticamente significantes ao nível de 5%. A partir da Figura 4.3 até a Figura 4.5, podem ser observadas a distribuição dos valores encontrados a partir

de N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 (sexo masculino) em relação ao intervalo áureo adotado, que varia entre **1.5880** a **1.6680** (5% de significância).

Figura 4.3: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_1 nos grupos de imagens do sexo masculino.

Figura 4.4: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_2 nos grupos de imagens do sexo masculino.

Figura 4.5: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_3 nos grupos de imagens do sexo masculino.

Observando as distribuições das proporcionalidades apresentados nos gráficos da Figura 4.3 à Figura 4.5 nota-se que N_Ouro_3 foi a que obteve um melhor comportamento em relação ao intervalo áureo (**1.5880** a **1.6680**). De posse dos resultados apresentados pelas proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 constata-se que é possível analisar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica baseando-se na proporção áurea. A análise para os grupos do sexo feminino pode ser observada no Apêndice E.

4.2.2. Estimação da idade óssea com o *Número de Ouro*

Primeiramente, estimou-se a idade óssea para cada imagem de todos os grupos e ambos os sexos utilizando a tabela de estimação apresentada no Capítulo 4. Posteriormente, realizou-se um estudo comparativo entre as idades ósseas estimadas com os valores da média dos laudos médicos. Avaliou-se para cada proporcionalidade (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3), o valor médio, o desvio-padrão e o intervalo de confiança. Na Tabela 4.5, são apresentados esses resultados para os grupos de indivíduos do sexo masculino.

Tabela 4.5: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos				N_Ouro_1			
		Média	DP	IC (LI - LS)		Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	- 79.51	79.13	5.77	75.13	- 83.12
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	- 90.62	89.22	4.60	88.00	- 90.45
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	- 101.16	102.32	5.91	100.44	- 104.19
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	- 112.83	112.50	5.26	110.55	- 114.45
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	- 128.26	127.19	3.94	126.01	- 128.36
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	- 136.94	138.80	3.96	137.64	- 139.96
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	- 148.74	149.83	4.77	148.25	- 151.41
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	- 161.19	163.31	4.91	161.77	- 164.85
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	- 170.75	171.62	6.48	169.26	- 173.98
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	- 185.43	186.26	3.81	184.39	- 188.13
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	- 194.78	200.50	4.93	197.71	- 203.29
Valor médio		136.18	3.07	135.06	- 137.29	138.24	4.94	136.29	- 140.20

Grupo	Faixa etária (meses)	N_Ouro_2				N_Ouro_3			
		Média	DP	IC (LI - LS)		Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	76.88	4.52	73.74	- 80.01	80.25	5.26	76.61	- 83.89
2	84 - 95	93.28	19.77	88.00	- 98.55	87.56	4.88	86.25	- 88.86
3	96 - 107	99.32	6.15	97.36	- 101.27	100.58	5.48	98.84	- 102.32
4	108 - 119	112.50	5.13	110.60	- 114.40	112.07	4.34	110.47	- 113.68
5	120 - 131	126.07	4.96	124.59	- 127.55	127.81	9.22	125.06	- 130.57
6	132 - 143	134.87	4.87	133.44	- 136.29	137.53	3.73	136.44	- 138.62
7	144 - 155	150.26	4.79	148.67	- 151.84	158.66	14.80	153.75	- 163.56
8	156 - 167	160.31	7.50	157.95	- 162.66	162.62	4.92	161.07	- 164.16
9	168 - 179	171.72	3.37	170.50	- 172.95	172.55	8.12	169.60	- 175.51
10	180 - 191	182.81	3.87	180.92	- 184.71	185.63	6.56	182.41	- 188.84
11	192 - 203	184.00	11.25	177.64	- 190.36	188.75	13.26	181.25	- 196.25
Valor médio		135.64	6.93	133.04	- 138.24	137.64	7.32	134.70	- 140.57

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Na Tabela 4.5 observa-se que, para todos os grupos, as idades estimadas por N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 e os valores das médias dos laudos médicos são semelhantes entre si. Isso pode ser constatado notando o valor médio obtido para DP, onde, no pior caso, a variação total foi de 4.25 meses (3.07 na média dos laudos e, 7.32, no laudo N_Ouro_3) produzindo uma superestimação da idade óssea no grupo 7 e, uma subestimação, no grupo 11.

Os intervalos de confiança, que expressam o relacionamento entre as idades estimadas e a média dos laudos médicos, foram gerados com base na significância estatística de 5%. Como se pode observar, os valores não apresentaram variações muito significantes (intervalos de confiança apresentaram tamanho reduzido) para todos os grupos.

Objetivando ilustrar esses comportamentos, gerou-se um gráfico (Figura 4.6) que demonstra a correlação entre as médias dos laudos médicos (obtidos por GP, TW e ER) e as idades estimadas por N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3, com distinção entre os grupos (faixa etária).

Figura 4.6: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos de indivíduos do sexo masculino.

A partir do gráfico de correlação (Figura 4.6), nota-se que as idades estimadas apresentaram valores semelhantes e que se aproximaram das médias dos laudos médicos. Isso é explicado a partir dos valores de *correlação* apresentados no gráfico. Os maiores picos que podem ser notados referem-se à proporcionalidade N_Ouro_3, gerando uma pequena superestimativa no grupo 7 e, uma subestimativa no grupo 11. Mesmo obtendo resultados com alta

correlação (0.9759) faz-se necessário realizar a análise de regressão linear, onde com o auxílio da equação da reta, torna-se possível obter resultados que coincidam em 100% com os valores das médias dos laudos médicos. A Figura 4.7 traz os diagramas de dispersão e a retas ajustadas pela equação de regressão entre as idades estimadas para as proporcionalidades - N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 - ilustradas na horizontal e as médias dos laudos médicos (vertical) para os grupos de indivíduos do sexo masculino. Pode-se observar também o coeficiente R^2 , que representa o coeficiente de determinação e a equação de regressão.

Figura 4.7: Diagramas de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada por N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 (Y) – grupo de imagens do sexo masculino.

Os coeficientes de determinação (R^2), presentes nos gráficos da Figura 4.7, indicam que mais de 95% das idades ósseas estimadas com N_Ouro_1 e N_Ouro_2 estão cobertos pela reta de regressão (coincidem com a média dos

laudos médicos), ou seja, ao estimarmos a idade óssea utilizando a metodologia de área, teremos uma concordância com os valores das médias dos laudos médicos de mais de 95% para sexo masculino. Quando utilizada N_Ouro_3, pode-se dizer que este valor chegará a aproximadamente 92%.

As equações de regressão linear, apresentadas nos gráficos da Figura 4.7, devem ser utilizadas como fator de correção, fazendo com que os laudos estimados a partir de cada proporcionalidade apresentem valores que coincidam 100% com o valor ideal (média dos laudos médicos).

4.2.3. Idades ósseas estimadas com as metodologias *Número de Ouro* versus média dos laudos médicos

Pretendendo comparar os valores obtidos no processo de estimação da idade óssea a partir dos métodos baseados na proporção áurea (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3) com os valores médios dos laudos médicos, foi utilizado o teste de significância *T de Student* ao nível de significância de 5%. Na Tabela 4.6, são apresentados os valores obtidos a partir do teste, considerando todos os grupos de imagens do sexo masculino.

Tabela 4.6: Valores do teste *T* obtidos para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos de imagens do sexo masculino.

<i>T de Student</i>		
<i>N_Ouro_1</i>	<i>N_Ouro_2</i>	<i>N_Ouro_3</i>
0.0473	0.0524	0.0405

Observando os dados da Tabela 4.6, nota-se que os resultados alcançados de posse das proporcionalidades foram estatisticamente significantes (valores para *T de Student* menores ou iguais a 0.05), podendo assim serem utilizados com confiança no processo de estimação da idade óssea, obtendo resultados com elevada significância com os valores médios dos laudos médicos.

Esta mesma análise foi realizada para os grupos de imagens do sexo feminino, podendo ser observada no Apêndice E.

4.3. Metodologia *Relação Dimensional*

Este item mostra os resultados da estimação óssea obtidos com as metodologias baseadas em relações dimensionais R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 e R_6 (abordadas no Capítulo 3). A análise foi realizada considerando os grupos de indivíduos e separada por sexo. Os resultados foram confrontados com os valores da média dos laudos médicos.

Inicialmente, obtém-se o comprimento para cada um dos ossos utilizados nas relações. Em seguida, através das equações dimensionais apresentadas no Capítulo 3, encontra-se o valor relacional e, a partir de uma busca na tabela de estimação (também apresentada no Capítulo 3), estima-se o valor da idade óssea. A seguir, são apresentados os resultados obtidos com cada uma das relações nos grupos do sexo masculino. No Apêndice F, são apresentadas as análises para os grupos de imagens do sexo feminino.

Resultados relação R_1

A relação dimensional é obtida através de medidas de comprimento do metacarpo II e IV e da falange proximal III. Na Eq.1 são encontrados esses parâmetros juntamente com um detalhamento para a relação.

$$\left[\left(\frac{D1^3 + D2^3}{D3} \right) \right] \quad \begin{array}{l} \text{(Comprimento do metacarpo II (D1) elevado ao cubo somado com o comprimento do} \\ \text{metacarpo IV (D2) elevado ao cubo dividido pelo comprimento da falange proximal} \\ \text{III (D3)) dividido por 1000.} \end{array} \quad \text{Eq.1}$$

Na Tabela 4.7 são encontrados estes parâmetros (D1, D2 e D3) juntamente com a idade óssea estimada e o valor da média dos laudos médicos, obtidos com R_1 em parte dos indivíduos dos grupos 1 e 2 do sexo masculino.

Tabela 4.7: Comprimentos utilizados por R_1, idade estimada e média dos laudos médicos nos grupos 1 e 2, sexo masculino.

	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>R_1</i>	<i>IO</i>	<i>MLM</i>	<i>DIF</i>
[grupo 1]	1944372.11	1254965.12	88.94	35.97	72.00	72.84	0.84
	1994475.19	679918.28	64.52	41.45	81.00	74.04	6.96
	2445873.81	1671231.68	97.00	42.45	81.00	77.64	3.36
	2271684.98	1222272.99	90.12	38.77	78.00	81.60	3.60
	2386856.39	1554309.73	89.68	43.95	84.00	81.60	2.40
	2606873.45	1556688.16	89.41	46.57	87.00	81.60	5.40
	2065480.10	1373971.05	94.05	36.57	72.00	81.96	9.96
[grupo 2]	2193010.29	925176.22	66.47	46.91	87.00	84.24	2.76
	2847123.80	1774329.24	100.39	46.03	87.00	84.60	2.40
	2478176.37	1720357.75	92.30	45.49	87.00	84.84	2.16
	2548587.36	1934728.34	107.01	41.90	81.00	84.84	3.84
	2746894.72	1892403.41	102.05	45.46	87.00	84.84	2.16
	3004759.09	1806984.80	102.17	47.10	87.00	85.20	1.80
	2847123.80	1527131.59	98.00	44.63	84.00	85.44	1.44
	2632122.80	1444103.86	97.09	41.99	81.00	85.56	4.56
	2720915.43	1678727.85	95.17	46.23	87.00	85.68	1.32
<i>D1: Comprimento (pixel) do metacarpo III elevado ao cubo</i>							
<i>D2: Comprimento (pixel) do metacarpo IV elevado ao cubo</i>							
<i>D3: Comprimento (pixel) da falange proximal III</i>							
<i>R_1: ((D1/D2)/D3)/1000</i>							
<i>IO: idade óssea estimada em meses</i>							
<i>MLM: média dos laudos médicos em meses</i>							
<i>DIF: diferença entre IO e MLM</i>							

Nos dados da Tabela 4.7, notam-se pequenas diferenças (coluna *DIF*) entre idade estimada e o valor médio dos laudos médicos, ocorrendo uma subestimação (de aproximadamente 10 meses – valor em destaque no grupo 1) e uma superestimação (aproximadamente 7 meses – grupo 1).

O mesmo procedimento foi realizado para o restante dos indivíduos dos grupos 1 e 2 e para os demais grupos. Objetivando mostrar os resultados com o processo de estimação com R_1, gerou-se uma confrontação com os laudos gerados a partir da média dos laudos médicos. Na Tabela 4.8, são apresentados

os dados referentes à média, desvio-padrão e intervalo de confiança (5% de significância) para os grupos de imagens do sexo masculino.

Tabela 4.8: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_1 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos				R_1			
		Média	DP	IC (LI - LS)		Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	- 79.51	78.38	5.88	74.30	- 82.45
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	- 90.62	93.28	5.25	89.74	- 96.81
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	- 101.16	101.05	6.62	98.95	- 103.16
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	- 112.83	113.68	4.11	112.16	- 115.20
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	- 128.26	126.70	5.47	125.06	- 128.33
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	- 136.94	138.60	4.64	137.24	- 139.96
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	- 148.74	148.89	5.05	147.21	- 150.56
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	- 161.19	162.15	4.04	159.00	- 165.31
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	- 170.75	172.14	8.19	169.16	- 175.12
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	- 185.43	185.81	6.52	182.62	- 189.01
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	- 194.78	191.75	0.87	191.26	- 192.24
Valor médio		136.18	3.07	135.06	- 137.29	137.49	5.15	135.15	- 139.83

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Os dados da Tabela 4.8 mostram que para todos os grupos as idades estimadas pela metodologia baseada na relação dimensional R_1 e as médias dos laudos são semelhantes entre si. Isso pode ser constatado observando o valor médio obtido para *DP* (3.07 na média dos laudos e 5.15 no laudo área óssea – representados por *Valor médio* na Tabela 4.8) onde essa variação foi de 2.08 meses. Já, observando o valor médio das idades, essa diferença foi de 0.9 meses, gerando assim uma superestimativa em relação à média dos laudos.

Os intervalos de confiança, que expressam o relacionamento entre as idades estimadas pela metodologia e a média dos laudos médicos, foram gerados com base na significância estatística de 5%. Como se pode observar, os valores não apresentaram variações muito significantes (intervalos de confiança apresentaram tamanho reduzido) para todos os grupos. Esse comportamento é ilustrado no gráfico de dispersão presente na Figura 4.8,

ilustrando a correlação entre as médias dos laudos médicos (obtidos por GP, TW e ER) e as idades estimadas por R_1, com distinção entre os grupos.

Figura 4.8: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_1 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.

A partir do gráfico de correlação (Figura 4.8), nota-se que as idades estimadas apresentaram valores semelhantes e que se aproximaram das médias dos laudos médicos. Mesmo obtendo resultados com alta correlação (0.9692), faz-se necessário realizar a análise de regressão linear, e com o auxílio da equação da reta, torna-se possível obter resultados que coincidam em 100% com os valores das médias dos laudos médicos. A Figura 4.8 traz também o diagrama de dispersão e a reta ajustada pela equação de regressão entre as idades estimadas por R_1 (horizontal) e as médias dos laudos (vertical) para o sexo masculino. Pode-se observar também o coeficiente R^2 , que representa o coeficiente de determinação e a equação de regressão. Esse valor indica que mais de 94% das idades ósseas estimadas estão cobertos pela reta de regressão (coincidem com a média dos laudos médicos) e, que ao estimar a idade óssea de um indivíduo do sexo masculino e utilizando R_1 têm-se uma concordância superior a 94% com os valores das médias dos laudos médicos.

A equação de regressão linear deve ser utilizada como fator de correção, fazendo com que os laudos estimados a partir da metodologia de área óssea

apresentem valores que coincidam 100% com o valor ideal (média dos laudos médicos).

Resultados relação R_2

A fórmula relacional utilizada por R_2 está expressa na Eq.2. A partir dessa equação e da tabela de medidas apresentada no Capítulo 3 (Tabela 3.6) estimaram-se as idades para todos os indivíduos dos grupos separados por sexo. Na Tabela 4.9 são apresentados os dados referentes à média, desvio-padrão e intervalo de confiança (5% de significância) para os grupos de imagens do sexo masculino.

$$\left[\frac{\left(\frac{D1^2 + D2^3}{D3} \right)}{100} \right] \quad \text{(Comprimento do metacarpo II (D1) elevado ao quadrado somado com o comprimento do metacarpo IV (D2) elevado ao cubo dividido pelo comprimento da falange proximal III (D3)) dividido por 100.}$$

Eq.2

Tabela 4.9: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_2 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos					R_2				
		Média	DP	IC (LI - LS)			Média	DP	IC (LI - LS)		
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	-	79.51	80.25	5.26	76.61	-	83.89
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	-	90.62	87.56	4.88	86.25	-	88.86
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	-	101.16	100.58	5.48	98.84	-	102.32
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	-	112.83	112.07	4.34	110.47	-	113.68
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	-	128.26	127.81	9.22	125.06	-	130.57
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	-	136.94	137.53	3.73	136.44	-	138.62
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	-	148.74	158.66	14.80	153.75	-	163.56
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	-	161.19	162.62	4.92	161.07	-	164.16
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	-	170.75	172.55	8.12	169.60	-	175.51
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	-	185.43	185.63	6.56	182.41	-	188.84
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	-	194.78	188.75	13.26	181.25	-	196.25
Valor médio		136.18	3.07	135.06	-	137.29	137.64	7.32	134.70	-	140.57

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Analisando a Tabela 4.9 notam-se valores semelhantes entre a metodologia R_2 e os valores médios dos laudos, havendo uma variação de

apenas 4.25 meses acima do valor médio do laudo (representado pelos valores de *DP*). A semelhança entre esses valores também pode ser constatado pelos valores de *IC*, onde, nota-se que os valores não apresentaram variações muito significantes em todos os grupos. Esses comportamentos estão representados no gráfico de dispersão (Figura 4.9).

Figura 4.9: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_2 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.

Observa-se a partir do gráfico de correlação (Figura 4.9), uma correlação entre média dos laudos e idades estimadas de aproximadamente 98% (0.9716) e, a partir da análise de regressão linear, presente na Figura 4.9, com o auxílio da equação da reta, torna-se possível obter resultados que coincidam em 100% com os valores das médias dos laudos médicos.

Resultados relação R_3

Na Eq.3 está expressa a fórmula para estimação da idade óssea a partir da metodologia R_3 e, na Figura 4.10 estão dispostos os resultados referentes à média, desvio-padrão e intervalo de confiança (5% de significância) para os grupos de imagens do sexo masculino.

$$\left[\frac{\left(\frac{D1^3 + D2^3}{D3} \right)}{D4} \right] \quad \text{(Comprimento da falange proximal II (D1) elevado ao cubo mais o comprimento da falange proximal III (D2) elevado ao cubo dividido pelo comprimento do metacarpo II (D3)) dividido pelo comprimento da falange distal I (D4)}$$

Eq.3

Tabela 4.10: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_3 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos					R_3				
		Média	DP	IC (LI - LS)			Média	DP	IC (LI - LS)		
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	-	79.51	73.50	2.78	71.58	-	75.42
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	-	90.62	88.83	8.73	83.84	-	93.83
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	-	101.16	89.84	7.67	87.40	-	92.28
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	-	112.83	102.32	4.92	100.50	-	104.14
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	-	128.26	116.72	6.80	114.69	-	118.75
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	-	136.94	128.13	5.99	126.38	-	129.88
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	-	148.74	143.74	8.21	141.02	-	146.46
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	-	161.19	156.69	8.44	154.04	-	159.34
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	-	170.75	169.03	3.95	167.60	-	170.47
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	-	185.43	177.75	5.42	175.09	-	180.41
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	-	194.78	168.00	6.42	160.41	-	175.59
Valor médio		136.18	3.07	135.06	-	137.29	128.60	6.30	125.69	-	131.51

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

A partir da Tabela 4.10 observa-se grande semelhança entre as idades estimadas com a metodologia R_3 e os valores médios dos laudos, com variação de 3.23 meses acima do valor médio do laudo (valores expressos por DP). No gráfico da Figura 4.10 pode ser observada as correlações entre idade estimada e média dos laudos para cada grupo do sexo masculino.

Figura 4.10: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_3 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.

A partir do gráfico da Figura 4.10, pode ser observada uma relação de aproximadamente 95% (0.9448) entre as idades estimadas por R_3 e os valores das médias dos laudos médicos. Esse relacionamento é representado através da equação de regressão e pelo coeficiente de determinação (no gráfico de diagrama de dispersão).

Resultados relação R_4

De posse da Eq.4 é possível estimar a idade óssea a partir de relações dimensionais obtidas com as falanges distais. Para mostrar os resultados alcançados com essa metodologia, gerou-se uma tabela (Tabela 4.11) com dados referentes à média, desvio-padrão e intervalo de confiança (5% de significância) para os grupos de imagens do sexo masculino. Notam-se valores semelhantes entre R_4 e a média dos laudos, sendo justificado, pela pequena diferença entre os valores médios dos *DP* e através dos intervalos de confiança, onde que para todos os grupos observam-se variações não significantes.

$$[D1 + D2 + D3 + D4 + D5] \quad \text{A soma dos comprimentos de todas as falanges distais.} \quad \text{Eq.4}$$

Tabela 4.11: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_4 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos				R_4			
		Média	DP	IC (LI - LS)		Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	- 79.51	78.38	5.66	74.46	- 82.29
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	- 90.62	91.17	6.71	89.38	- 92.96
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	- 101.16	99.71	7.72	97.26	- 102.16
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	- 112.83	114.64	4.27	113.06	- 116.22
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	- 128.26	127.40	6.33	125.50	- 129.29
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	- 136.94	137.47	5.29	135.92	- 139.01
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	- 148.74	149.40	6.46	147.26	- 151.54
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	- 161.19	162.23	6.09	160.32	- 164.14
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	- 170.75	171.72	6.14	169.49	- 173.96
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	- 185.43	186.19	8.01	182.26	- 190.11
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	- 194.78	194.75	9.78	189.22	- 200.28
Valor médio		136.18	3.07	135.06	- 137.29	137.55	6.59	134.92	- 140.18

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Figura 4.11: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_4 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.

Na Figura 4.11, são apresentados os gráficos de correlação e o diagrama de dispersão. Nota-se que a metodologia R_4 obteve uma elevada correlação (0.9862) com a média dos laudos médicos. E partir do diagrama de dispersão,

pode-se dizer que ao estimar a idade óssea através de R_4, obtêm-se um relacionamento com o valor médio dos laudos de aproximadamente 98% (representado por R²) e, chegando a 100% de concordância, quando utilizada a equação de regressão linear.

Resultados relação R_5

A Eq.5 traz a fórmula relacional utilizada para estimar a idade óssea a partir de R_5.

$$\left[\frac{D1^2}{(D2 + D3)} \right] \quad \text{Comprimento metacarpo II (D1) elevado ao quadrado dividido pela soma do comprimento da falange distal I (D2) mais o comprimento da falange distal III (D3)} \quad \text{Eq.5}$$

Tabela 4.12: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_5 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos				R_5			
		Média	DP	IC (LI - LS)		Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	- 79.51	77.25	5.01	73.78	- 80.72
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	- 90.62	97.61	7.12	95.71	- 99.51
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	- 101.16	103.42	5.96	101.53	- 105.32
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	- 112.83	114.32	6.17	112.04	- 116.61
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	- 128.26	121.47	4.08	120.25	- 122.68
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	- 136.94	137.00	3.75	135.90	- 138.10
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	- 148.74	152.74	4.81	151.15	- 154.34
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	- 161.19	159.38	5.71	157.59	- 161.18
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	- 170.75	171.93	6.28	169.65	- 174.22
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	- 185.43	185.06	3.28	183.46	- 186.67
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	- 194.78	171.00	4.40	168.51	- 173.49
Valor médio		136.18	3.07	135.06	- 137.29	135.56	5.14	133.60	- 137.53

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Na Tabela 4.12 são mostrados os resultados alcançados com R_5. Notam-se valores semelhantes entre idades estimadas e a média dos laudos, onde a diferença entre os valores de DP foi de 2.07 meses acima do valor

médio. Os intervalos de confiança, que expressam o relacionamento entre as idades estimadas por R_5 e a média dos laudos médicos, foram gerados com base na significância estatística de 5%. Analisando esses intervalos, notam-se pequenas variações (IC apresentaram tamanho reduzido) para todos os grupos. Esse comportamento é ilustrado no gráfico de dispersão (Figura 4.12), representando a correlação entre as médias dos laudos médicos e as idades estimadas por R_5 para cada um dos grupos.

Figura 4.12: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_6 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.

Observa-se a partir do gráfico de correlação (Figura 4.12), uma correlação entre média dos laudos e idades estimadas de aproximadamente 90% (0.8971) e, a partir da análise de regressão linear, com o auxílio da equação da reta, torna-se possível obter resultados que coincidam em 100% com os valores das médias dos laudos médicos.

Resultados relação R_6

Os resultados alcançados com a metodologia R_6 (apresentada na Eq.6) são apresentados na Tabela 4.13.

$$\left[\frac{D1^2}{\sqrt{D2}} \right]$$

Comprimento do metacarpo II ($D1$) elevado ao quadrado dividido pela raiz quadrada do comprimento da falange proximal III

Eq.6

Tabela 4.13: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_6 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos					R_6				
		Média	DP	IC (LI - LS)			Média	DP	IC (LI - LS)		
1	72 - 83	76.86	5.41	74.21	-	79.51	79.50	5.78	75.49	-	83.51
2	84 - 95	89.71	5.71	88.80	-	90.62	89.56	4.34	88.40	-	90.71
3	96 - 107	99.95	3.33	98.73	-	101.16	101.84	4.83	100.31	-	103.38
4	108 - 119	111.74	2.91	110.64	-	112.83	111.21	4.61	109.51	-	112.92
5	120 - 131	127.08	3.41	125.90	-	128.26	127.19	4.82	125.75	-	128.63
6	132 - 143	136.25	2.15	135.57	-	136.94	137.53	3.73	136.44	-	138.62
7	144 - 155	147.90	2.43	147.06	-	148.74	147.69	4.78	146.10	-	149.27
8	156 - 167	160.27	2.73	159.35	-	161.19	160.69	7.18	158.44	-	162.95
9	168 - 179	170.06	1.82	169.38	-	170.75	173.17	5.72	171.09	-	175.25
10	180 - 191	184.26	2.07	183.09	-	185.43	187.69	8.41	183.57	-	191.81
11	192 - 203	193.86	1.81	192.94	-	194.78	200.25	4.07	197.95	-	202.55
Valor médio		136.18	3.07	135.06	-	137.29	137.85	5.30	135.73	-	139.96

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Na Tabela 4.13, observa-se que os valores estimados foram semelhantes aos valores médio dos laudos médicos. Esse relacionamento é representado através da correlação de *Pearson*, presente no gráfico de correlação (Figura 4.13). Esse valor indica uma associação significativa e positiva dos valores de R_6 com a média dos laudos.

Posteriormente, através da análise de regressão linear, gerou-se o diagrama de dispersão e a reta ajustada pela equação de regressão entre as idades estimadas por R_6 (horizontal) e as médias dos laudos (vertical). Pode-se observar também o coeficiente R^2 , que representa o coeficiente de determinação e a equação de regressão. Esse valor indica que aproximadamente 99% das idades ósseas estimadas estão cobertos pela reta de regressão (coincidem com a média dos laudos médicos) e, que ao estimar a idade óssea de um indivíduo do sexo masculino e utilizando R_6 têm-se uma concordância superior a 98% com os valores das médias dos laudos médicos e,

chegando a 100% de concordância com a utilização da equação de regressão linear.

Figura 4.13: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_6 (Y) nos grupos de imagens do sexo masculino.

4.3.1. Idades ósseas estimadas com as metodologias *Relação Dimensional* versus média dos laudos médicos

Na , estão expressos os resultados alcançados no processo de comparação entre idades estimadas pelas metodologias (R_1 a R_6) e a média dos laudos médicos por meio do teste de significância *T de Student*, considerando o nível de significância de 5% para os grupos de imagens do sexo masculino.

Tabela 4.14: Valores do teste *T* obtidos com as metodologias *Relação Dimensional* nos grupos de imagens do sexo masculino.

<i>T de Student</i> - metodologias <i>Relação Dimensional</i> versus média dos laudos médicos					
<i>R_1</i>	<i>R_2</i>	<i>R_3</i>	<i>R_4</i>	<i>R_5</i>	<i>R_6</i>
0.0349	0.0509	0.0437	0.0161	0.0172	0.0371

Analisando estes resultados, nota-se que todas metodologias apresentaram resultados estatisticamente significantes (valores para *T de Student* menores que 0.05), quando comparados com os valores médios dos laudos médicos e, portanto, podem ser utilizadas com confiança no processo de estimação da idade óssea.

4.4. Metodologia da *Proporcionalidade “Le Modulor”*

4.4.1. Acompanhamento do crescimento ósseo

Esta metodologia foi desenvolvida para analisar se os valores obtidos através das proporcionalidades *Modulor_1* e *Modulor_2* poderiam representar o crescimento ósseo. Para isso, obtiveram-se esses valores para cada indivíduo (separados por grupos e sexos) e comparou-se com o número (1.000), considerando um nível de significância de 5%.

Na Tabela 4.15, pode-se observar valores dimensionais de partes dos indivíduos pertencentes aos grupos 1 e 2 em busca das proporcionalidades *Modulor_1* e *Modulor_2*. Observando esses valores, constata-se que somente a proporcionalidade *Modulor_1* teve um comportamento proporcional, mantendo o valor 1.0000 (ao nível de significância de 5%) em quase todos os indivíduos, tendo apenas dois erros – um para cada grupo.

De posse da análise dos demais grupos também foi observado que a proporcionalidade *Modulor_2* não obteve comportamento representativo (1.000) e, portanto, não é uma proporcionalidade representativa para analisar o crescimento ósseo.

Tabela 4.15: Acompanhamento do crescimento ósseo com as proporcionalidades propostas por Le Corbusier nos grupos do sexo masculino.

Modulor_1					Modulor_2				
	D1	D2	D3	(D1+D2)/D3		D1	D2	D3	D4 (D1+D2)/D3
[grupo 1]	45.62	35.46	82.09	0.99	[grupo 1]	45.62	35.46	82.09	101.57 1.61
	57.12	37.30	92.82	1.02		57.12	37.30	92.82	125.58 1.49
	58.00	35.72	94.20	0.99		58.00	35.72	94.20	96.47 1.95
	61.42	42.99	97.00	1.08		61.42	42.99	97.00	136.45 1.48
	54.12	40.01	90.12	1.04		54.12	40.01	90.12	123.01 1.50
	55.48	39.99	91.95	1.04		55.48	39.99	91.95	129.09 1.45
	53.72	38.73	89.76	1.03		53.72	38.73	89.76	129.09 1.41
[grupo 2]	54.01	40.04	89.35	1.05	[grupo 2]	63.04	48.72	101.60	143.03 1.49
	66.02	44.17	107.01	1.03		43.82	30.56	71.09	95.31 1.53
	61.00	41.43	98.05	1.04		55.13	38.00	89.44	134.53 1.36
	63.04	42.05	102.17	1.03		46.89	34.69	75.86	113.42 1.39
	60.00	39.04	98.00	1.01		54.01	40.04	89.35	134.73 1.36
	58.02	38.21	92.04	1.05		66.02	44.17	107.01	147.99 1.47
	58.85	42.37	97.18	1.04		61.00	41.43	98.05	147.11 1.36
	55.00	32.00	91.36	0.95		63.04	42.05	102.17	137.04 1.51
	62.07	43.05	102.11	1.03		60.00	39.04	98.00	140.02 1.41
D1: Comprimento (pixel) da falange média III					D1: Comprimento (pixel) da falange média III				
D2: Comprimento da falange distal III					D2: Comprimento da falange distal III				
D3: Comprimento da falange proximal III					D3: Comprimento da falange proximal III				
Os valores em destaque são significativamente diferentes a 5% do número de ouro					D4: Comprimento do metacarpo III				
					Os valores em destaque são significativamente diferentes a 5% do número de ouro				

A mesma análise foi aplicada para todos os indivíduos dos demais grupos e sexos, considerando apenas a proporcionalidade *Modulor_1*, porém, devido à quantidade de informações, torna-se inviável apresentá-las por completo.

Objetivando verificar se era possível analisar o crescimento ósseo a partir da proporcionalidade *Modulor_1* (1.0000), aplicou-se, para os grupos e sexos, o teste *T de Student*, adotando-se 5% de significância. Na Tabela 4.16, estão dispostos os resultados referentes à análise do crescimento ósseo para os grupos do sexo masculino. Apresentam-se valores dos testes *T de Student*, bem como os valores da média e desvios-padrão obtidos para cada grupo, considerando *Modulor_1*.

Tabela 4.16: Média, desvio-padrão e resultado do teste *T* de *Student* para a proporcionalidade *Modulor_1* para os grupos de imagens do sexo masculino.

<i>Grupo</i>	<i>Faixa etária (meses)</i>	<i>Modulor_1</i>		
		<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>p</i>
1	72 - 83	1.0294	0.0411	0.0120
2	84 - 95	1.0150	0.0413	0.0026
3	96 - 107	1.0170	0.0564	0.0007
4	108 - 119	1.0184	0.0467	0.0002
5	120 - 131	1.0258	0.0256	0.0000
6	132 - 143	1.0196	0.0389	0.0000
7	144 - 155	1.0346	0.0273	0.0000
8	156 - 167	1.0241	0.0315	0.0003
9	168 - 179	1.0211	0.0315	0.0021
10	180 - 191	1.0204	0.0379	0.0187
11	192 - 203	1.0284	0.0261	0.0008
Valor médio		1.0231	0.0368	0.00
<i>DP: Desvio-padrão; p: T de Student (5%)</i>				

Os dados apresentados, na Tabela 4.16, mostram que, para todos os grupos, as proporcionalidades obtidas com *Modulor_1* são estatisticamente significantes ao nível de 5%. Na Figura 4.14, podem ser observadas as distribuições dos valores encontrados a partir de *Modulor_1* (sexo masculino) em relação ao intervalo adotado, que varia entre **0.9500** a **1.0500** (5% de significância). No Apêndice G é apresentada essa análise para o grupo de imagens do sexo feminino.

Figura 4.14: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de *Modulor_1* nos grupos de imagens do sexo masculino.

Observando as distribuições das proporcionalidades apresentadas no gráfico da Figura 4.14, nota-se que quase a totalidade dos valores oscilou dentro do intervalo (0.9500 a 1.0500). Com isso, constata-se que é possível analisar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica baseando-se na proporção 1.0000. A análise para os grupos do sexo feminino pode ser observada no Apêndice G.

5. Conclusões

Após analisar em indivíduos em crescimento a possível relação entre as novas metodologias para acompanhamento e estimação da idade óssea e o valor médio dos laudos médicos (obtidos com GP, TW e ER), pode-se concluir que:

■ Metodologia Área Óssea

- Tanto para o sexo masculino quanto para o feminino, ocorreu um alto índice de correlação entre os valores estimados (99% em ambos os casos) quando comparados com GP, TW e ER (Greulich & Pyle, 1959; Tanner & Whitehouse, 1959; Eklof & Ringertz, 1967). Não houve diferenças estatisticamente significativa em todos os grupos (*t de Student* igual a 0.048 no sexo masculino e 0.0382, no feminino).
- Através dos intervalos de confiança pode-se constatar que os laudos estimados, com medidas de área e com o auxílio da tabela de estimação, não apresentaram grandes variações em relação à média dos laudos, sendo explicado através da pequena amplitude de valores expressos pelos desvios-padrão.
- Foram estabelecidos fatores de correção para a metodologia de área óssea, por meio da equação da reta de regressão, fazendo com que as idades estimadas a partir da metodologia área óssea coincidam em 100% com os valores médios dos laudos.

■ Metodologia Número de Ouro

- Tanto para os grupos de indivíduos do sexo masculino quanto feminino foi possível analisar se o crescimento ósseo estava de acordo com a idade cronológica a partir do número de ouro, considerando as metodologias N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 e com um intervalo de significância de 5%.
- Em ambos os sexos, houve um alto índice de correlação (valores acima de 0.95) entre as idades estimadas, não havendo diferença estatisticamente significativa (5% de significância) entre os métodos N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 com os valores da média dos laudos médicos.
- **Metodologia *Relação Dimensional***
 - A partir da análise de medidas de comprimento de todos os ossos da mão, foram desenvolvidas oito metodologias baseadas em relação dimensionais entre os metacarpais e falanges, com nível de correlação chegando a aproximadamente 1.00 no melhor caso (R_6).
 - Através dos diagramas de dispersão pode-se notar que a metodologia R_6 também obteve o melhor coeficiente de determinação (R^2), mostrando uma associatividade de aproximadamente 0.99 entre os laudos estimados com a média dos laudos médicos.
 - Conclui-se que é possível estimar com confiança a idade óssea de posse dessas metodologias baseadas em medidas de relação dimensional. Dessa forma o processo de estimação torna-se isento da limitação apresentada pelo método de ER (Eklof & Ringertz, 1967) – resolução (*dotch per inch*) em que foi digitalizada a

imagem – um parâmetro necessário para obtenção do comprimento dos ossos.

■ **Metodologia da Proporcionalidade “Le Modulor”**

- De posse dos estudos do arquiteto *Le Corbusier* (Ostwald, 1945/2000), que desenvolveu a relação de medidas *Le Modulor*, foi possível obter uma relação para verificar se o crescimento ósseo estava de acordo com a idade cronológica a partir de uma relação entre os ossos das falanges distal, média e proximal do terceiro dedo – denominada *Modulor_1*.
- Os resultados obtidos com essa relação, para todos os grupos e ambos os sexos, foram estatisticamente significativos ao nível de 5%.
- Conclui-se que o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica, ao se obter o valor de proporcionalidade 1.000 entre o comprimento da falange distal III somado com o comprimento da falange média III, dividido pelo comprimento da falange proximal III.

A partir dos resultados conclui-se que as metodologias *Área Óssea* e *Relação Dimensional R_6* são as mais recomendadas para atuar no processo de estimação da idade óssea. Já para verificar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica deve ser utilizada a metodologia *Número de Ouro N_Ouro_1*.

6. Continuidade da pesquisa

- Examinar a presença da proporção divina nos demais ossos da mão e carpo a partir de medidas de área e perímetro.
- Investigar se os comportamentos obtidos nos processos de estimação da idade óssea se repetem em outro conjunto de imagens.
- Analisar a aplicação destas metodologias em banco de imagens de pacientes que apresentam patologias, como, por exemplo, deficiências hormonais que comprometam o crescimento físico.
- Analisar o comportamento de medidas (comprimento, área, perímetro,...) ósseas presentes na mão com o intuito de verificar uma relação com o sexo do indivíduo.
- Aprimorar a plataforma *Anacarp*, incorporando todas as metodologias apresentadas neste estudo. Bem como utilizá-la em outras bases de imagens juntamente com o auxílio de um especialista, medindo sua eficiência.

Referências bibliográficas

Distribuição das referências bibliográficas por ano

[total, ano]

Al-Taani, A. T., Ricketts, I. W., & Cairns, A. Y. (1996). Classification of Hand Bones for Bone Age Assessment. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 29(2), 157-169.

Ayres M. (2005). *BioEstat*. Version 5.0. Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPQ, Belém, Pará, Brasil, Recuperado em fevereiro de 2009 de, www.mamiraua.org.br.

Arkadiusz, G., Piezka, E., & Brent, J. L. (2006). Segmentation of Regions of Interest and Post-Segmentation Edge Location Improvement in Computer-Aided Bone Age Assessment, *Pattern Anal Applic*, Doi: 10.1007/s10044-006-0056-4.

Baker, B.W., & Woods, M.G. (2001). The Role of Divine Proportion in the Esthetic Improvement of Patients Undergoing Combined Orthodontic/Orthognath Surgic Treatment. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 16(2), 108-120.

Balan, A. G. R. (2003). *Técnicas de Segmentação de Imagens Aéreas para Contagem de População de Aves*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – São Paulo.

Ballerini, L., & Bocchi, L. (2003). Multiple Genetic Snakes for Bone Segmentation. In *Evo Workshops 2003, LNCS 2611* (p. 346-356). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Berst, M.J., Dolan, L., Bogdanowicz, M.M., Stevens, M.A., Chow, S., & Brandser, E. (2001). Effect of Knowledge of Chronologic Age on the Variability of Pediatric Bone Age Determined Using the Greulich and Pyle Standards. *Am. J. Roentgenol*, 176, 507-510

Bertollo, R. M., Silva, D. L., Oliveira, L., Bergoli, R. D., & Oliveira M.G.O. (2008). Avaliação da Harmonia Facial em Relação às Proporções Divinas de Fibonacci. *Revista Portuguesa de Estomatologia e Cirurgia Maxilofacial*, 49, 213-219.

Beunen, G., & Cameron, N. (1980). The Reproducibility of TW2 Skeletal Age Assessments by a Self-Taught Assessor. *Annals of Human Biology*, 7, 155-162.

Blake, A., & Isard, M. (1998). Active Contours: The Application of Techniques from Graphics. *Vision, Control Theory and Statistics to Visual Tracking of Shapes in Motion*. New York: Springer-Verlag.

Bosquiero, M. R., Wada, R. S., Daruge, E., Francesquini JR, L., & Francesquini, M. A. (2001). Determination of Skeletal Maturity and Estimate of the Age Through Carpal Radiographics, *Rev Cons Reg Odontol Pernambuco*, 4(1), 59-66.

Brodie, A. G. (1946). Facial Patterns: a Theme on Variation. *Angle Orthod*, 16(3), 75-87.

Chang, C.H., Hsieh, C.W., Jong, T.L., & Tiu, C-M. (2003). A Fully Automatic Computerized Bone Age Assessment Procedure Based on Phalange Ossification Analysis. In *IPPR Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 463-468.

Chen, L.L., Xu, T.M., Jiang, J.H., Zhang, X.Z., & Lin, J.X. (2008). Quantitative Cervical Vertebral Maturation Assessment in Adolescents with Normal Occlusion: A Mixed Longitudinal Study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134(6), 720.e1-720.e7

Chenyang, X., Anthony, Y., & Jerry, L. P. (2000). On the Relationship between Parametric and Geometric Active Contours, In *Proc. of 34th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers*, 483-489.

Davatzikos, C. A., & Prince, J. L. (1995). An Active Contour Model for Mapping the Cortex, *IEEE Trans. Med. Imag.*, 14, 65-80.

Dotto, P.P. (2006). *Verificação da Proporção Áurea em Medidas Cefalométricas Laterais de Indivíduos com Síndrome de Down*. Tese de Doutorado, Instituto de Odontologia, Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos – São Paulo.

Eklof, O., & Ringertz H.A. (1967). A Method for Assessment of Skeletal Maturity. *Ann Radiol*, 10,330-6.

Ferraz, H. (2004). Sistema de Proporções Matemáticas. *Revista Eletrônica de Ciências*, 26(2), 10-12. Recuperado em julho de 2007, de http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_26/proporcao.html.

Flores-Mir, C., Nebbe, B., & Major, P. W. (2004). Use of skeletal maturation based on hand wrist radiographic analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. *Angle Orthod*, Appleton, 74(1), 118-124.

Ghyka, M. (1977). The Geometry of Life. In *The geometry of art and life*, New York: Dover, 6, 87-110.

Gil, C. T. L. A. (1999). *Estudo da Proporção Áurea na Arquitetura do Crânio de Indivíduos com Oclusão Normal, a Partir de Telerradiografias Laterais, Frontais e Axiais*. Tese de Doutorado, Instituto de Odontologia, Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos – São Paulo.

Gil, C. T. L. A., & Medici-Filho, E. (2002). Estudo da Proporção Áurea na Arquitetura Craniofacial de Indivíduos Adultos com Oclusão Normal, a Partir de Telerradiografias Axiais, Frontais e Laterais. *Revista Ortodontia*, 9, 69-85.

Giraldi, G. A. (2006). *Dual T-Snakes*. Tese de Doutorado, Instituto de Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Gonzalez RC, & Woods RE. *Digital Image Processing Techniques*, Addison Wesley, New York, 1993.

Gonçalves, A.C.S., & Antunes, J.L.F.(1999). Estimativa da Idade em Crianças Baseada nos Estágios de Mineralização dos Dentes Permanentes, com Finalidade Odontolegal. *Odontologia e Sociedade*, 1(2), 55-62.

Graeme, J., & Deqiong, M. (2005). Skeletal Age Deviation Assessed by the Tanner–Whitehouse 2 Method is Associated with Bone Mass and Fracture Risk in Children, *J. Bone*, 36, 352-357.

Greulich, W.W, & Pyle, S.I. (1959). Radiograph Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2nd ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.

Griscom, N., & Thorne, B. (2001). Effect of Knowledge of Actual Age on Bone Age Determination. *Am. J. Roentgenol*, 177, 715-719.

Haite-Neto, F., & Tavano, O. (1997). Análise Comparativa da Estimativa da Idade Óssea pelo Índice de Eklof & Ringertz com a Idade Cronológica pelos Métodos Manual e Computadorizado. *Ortodontia*, 30, 31-38.

Haider-Neto, F., Almeida, S. M. de, & Leite, C. C (2000). Comparative Study of the Greulich & Pyle and Tanner & Whitehouse. In *Pesqui Odontol Bras*, 14(4), 378-384.

Haider-Neto, F., Kurita, L. M., & Casanova, M. S. (2006). Skeletal age assessment: A comparison of 3 methods, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 435, 15-20.

Hunter, C. J. (1966). The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod*, Appleton, 36, 44-54.

Jang, S.H., Hwang, J.M., Yang, S., Shin, J.H., & Kim, W.H. (2004). Automatic bone age estimation using analysis of epiphyseal region. *Asia pacific pediatric endocrine society, the 3rd biennial scientific meeting*, 69-72.

Jang, S.H. (2005). *Automatic bone age assessment system using radiographic image processing and pattern analysis technique*. PhD Thesis, Hanyang University.

Jain, A. K., & Flynn, P. (1996). Image Segmentation using Clustering, In *Advances in Image Understanding*, IEEE Computer Society Press, 6(2), 65-83.

Johnson, G.F., Dorst, J.P., Kuhn, J.P., Roche, A.F., & Davila, G.H. (1973). Reliability of Skeletal Age Assessments. *Am. J. Roentgenol.*, 118, 320-327.

Kapur, J.N., Sahoo, P.K., & Wong, A.K.C. (1985). A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram. In *Comput. Vision Graphics Image Process*, 29, 273-285.

Kass, M., Witkin, A., & Terzopoulos, D. (1988). Snakes: Active Contour Models. In *International Journal of Computer Vision*, 1(4), 321-331.

Keats, T.E., & Fletcher, B.D. The Bones: Normal and Variants. In *Kuhn JP, Slovis TL, Haller JO, editors. Caffey's pediatric diagnostic imaging*, Philadelphia: Mosby, 2035-2053.

Kimura, K. (1977). Skeletal Maturity of the Hand and Wrist in Japanese Children by the TW2 Method. *Annals of Human Biology*, 4, 353-356.

Knott, R., Quinney, D.A. & Maths, P. (2007). *The Life and Numbers of Fibonacci*. Recuperado em agosto de 2007, de <http://plus.maths.org/issue3/fibonacci>.

Kosowicz, J. (1962). The Carpal Sign in Gonadal Dysgenesis. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 22, 949-952.

Krailassiri, S., Anuwongnukroh, N., & Dechkunakorn, S. (2002). Relationships Between Dental Calcification Stages and Skeletal Maturity Indicators in Thai Individuals. In *Angle Orthodontist*, 72(2), 155-166.

Lee, S.T., Vaidya, S.V., Song, H.R., Lee, S.H., & Suh, S.W. (2007). Bone Age Delay Patterns in Legg-Calvé-Perthes Disease: an Analysis Using the Tanner and Whitehouse 3 method. *J Pediatr Orthop*, 27(2), 198-203.

Levin, E. (1978). Dental esthetics and the golden proportion. *J Prosthet Dent*, 40(3), 244-52.

Lin, P., Zhang, F., & Yang, Y. (2004). Carpal-Bone Feature Extraction Analysis in Skeletal Age Assessment Based on Deformable Model, *Journal of Computer Science & Technology*, 4(3), 152-156.

Lopes-Filho, J. A., & Silva, S. S. (2007). *Antropometria: Sobre o Homem como Parte Integrante dos Fatores Ambientais. Sua Funcionalidade, Alcance e Uso*.

Recuperado em agosto de 2007, de <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp204.asp>.

Machado, C. C. M., Galvão, L. R., Vanderlei, T. A. & Santos W. Y. R. (2002). Uma Ferramenta de Extração de Bordas Utilizando T-Snakes. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica*, 2(4), 1-11.

Mackiewicz, B. (2006). *Active Contour Models ("Snakes")*. Recuperado em fevereiro de 2006, de <http://www.cs.sfu.ca/people/Faculty/Atkins/papers/blairthesis/main/node28.html>.

Mahmoodi, S., Sharif, B., Chester, G., Owen, J. & Lee, R. (1997). Automated Vision System for Skeletal Age Assessment Using Knowledge-based Techniques. In: *IEE International Conference on Image Processing and Its Applications*, 1997, Wales UK.

Malina, R.M., & Little, B.B. (1981). Comparison of TW1 and TW2 Skeletal Age Differences in American Black and White and in Mexican children 6–13 years of age. *Annals of Human Biology*, 8, 543-548.

Marcondes, E. (1980). Idade Óssea em Pediatria. *Pediatr*, 2, 297-311

Marques, A. M. S., Olabarriaga, S. D., Dietrich, C. A., Schmitz, C. A. A. (2001). On Determining a Signature for Skeletal Maturity. In *Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, 246–251.

Marques, M.R.M.F. (2007). *Estudo Comparativo da Idade Óssea em Radiografias Carpais e Maturação das Vértabras Cervicais em Telerradiografias em Norma Lateral*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Odontologia, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Marília, Marília – São Paulo.

Masoud, M.I., Masoud, I., Kent, R.L., Jr., Gowharji, N., Hassan. A.H., & Cohen, L.E. (2009) Relationship between blood-spot insulin-like growth factor 1 levels and hand-wrist assessment of skeletal maturity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 136(1), 59-64.

McInerney, T., & Terzopoulos, D. (1996). Deformable Models in Medical Image Analysis: a Survey, *Med. Imag. Anal.*, 1(2), 91–108.

Meisner, G. (2007). *The “Phinest” Source to the Golden Section, Golden Mean, Divine Proportion, Fibonacci Series and Phi. Explore its Application to art, Design, Life, Beauty, Mathematics, Geometry, Stock Markets, Theology, Cosmology and More.* Recuperado em agosto de 2007, de <http://www.goldennumber.net>.

Miler, G. R., Levick, R. K., & Kay, R. (1986). Assessment of Bone Age: A Comparison of the Greulich and Pyle, and the Tanner and Whitehouse Methods. *Clinical Radiology*, 37(2), 119-121.

Moore, R.N., Moyer, B.A., & Dubois, L.M. (1990). Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentof Orthop*, 98(1), 33-40.

Moraes, M. E. L. (1995). *Verificação da Assimetria Bilateral de Desenvolvimento por Meio de Radiografias de Mão e Punho, Baseada na Avaliação da Idade Óssea.* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José dos Campos – São Paulo.

Moscatiello, V.A.M., Lederman, H., Moscatiello, R.A., & Moscatiello, R.M. (2008). Maturação das vértebras cervicais e sua correlação com a idade óssea da mão e punho como indicadores no tratamento ortodôntico. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, 13(4), 92-100.

Nascimento, M.Z, Frere, A.F., Marques, M.A., & Rodrigues, S.C.M. (2003). Subtraction of images for automatic determination of center of the radiation field. In *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE*, 1(21), 937 - 940.

Ngoi, K. P., & Jia, J.C. (1999). An Active Contour Model for Color Region Extraction in Natural Scenes. In *Image Vision Computing*, 17, 955-966.

Niemeijer, M. (2002). *Automating Skeletal Age Assessment*. Master's Thesis, Image Sciences Institute, University Utrecht, Netherlands.

Niemeijer, M., Ginneken, V. B., Maas, C. A., Beek, F. J. A., & Viergever, M. A. (2003). Assessing the Skeletal Age From a Hand Radiograph: Automating the Tanner-Whitehouse Method. *SPIE Medical Imaging*, 5032, 1197-1205.

Nopola, T., Jarvi, A., & Svedstrom, E. (2000). Segmentation Bones from Wrist-Hand Radiographs. *Turku Centre for Computer Science, TUCS Technical Report*, 371, 2000.

Oliveira, M. C. F. (2000). *Segmentação de Imagens por Contornos Ativos Snakes*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – São Paulo.

Oliveira, V.L.R. (2008). Estudo da Proporção Áurea entre Incisivos Centrais. *Sotau, Revista Virtual Odontol*, 2(5), 2-6.

Olivete, J. C., Nascimento, M. Z., & RODRIGUES, E. L. L. (2005a). Preprocessing Methodology Applied to the Correction of Hand Radiographic Images. In *Proceedings book of AIC Colour 05 – 10th Congress of the International Colour Association*, 1693-1696, Granada, Spain.

Olivete, J. C., Nascimento, M. Z., & RODRIGUES, E. L. L. (2005b). O Efeito da Correção do “Efeito Heel” em Imagens Radiográficas da Mão. *Revista Brasileira de Física Médica*, 1(1), 38-51.

Olivete, J. C. (2005c). *Estimativa da Idade Óssea Através da Análise Carpal Baseada na Simplificação do Método de Eklof & Ringertz*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos – São Paulo.

Olivete, J. C., & Rodrigues, E. L. L. (2006). Estimador da Idade Óssea via Análise Carpal/Anacarp – Software para Estimação da Idade Óssea Baseado no Método de Eklof & Ringertz, In: *VI Workshop de Informática Médica, Sociedade Brasileira de Computação* (pp. 10-14). Velha – ES.

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2007). Idade Óssea: Uma Nova Metodologia de Estimação. In *IFMBE Proceedings*, 18, 338-314, doi: 10.1007/978-3-540-74471-9_78. Recuperado em 01 de novembro de 2009, de www.springerlink.com.

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2008a). Plataforma ANACARP: novas metodologias para o acompanhamento do crescimento ósseo. In *XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, Campos do Jordão, 2008.

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2008b). Acompanhamento do crescimento ósseo: predição baseada na presença do número de ouro. In *21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*, 1475-1478, Salvador-BA.

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2008c). Estimação da maturidade óssea baseada na análise de características extraídas através de Snakes. In *21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica*, 1479-1482, Salvador-BA.

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2008d). Metodologias para estimação da idade óssea utilizando a proporção divina com o auxílio da plataforma ANACARP. In *IV Workshop de Visão Computacional*, Bauru-SP.

Olivete, J. C., & Rodrigues, E. L. L. (2009a). Software Automático para Determinação da Idade Óssea Baseado no Método de Eklof & Ringertz. *Revista Brasileira de Física Médica*, 2(1), 15-19.

Olivete, J. C., & Rodrigues, E. L. L. (2009b). Maturidade Óssea: Estimação por Simplificações do Método de Eklof e Ringertz. *Revista Radiologia Brasileira*, aceito para publicação em outubro de 2009.

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2009c). ER5 and ER3 - Bone Age Assessment by Simplifications of Eklof and Ringertz Method. *Journal of Dental Science*, 24(4).

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2009d). Utilização na proporção divina no processo de estimação da maturidade óssea. In *V Workshop de Visão Computacional*, Mackenzie, São Paulo-SP.

Olivete, J.C., & Rodrigues, E. L. L. (2009e). *Portal de Informações da Idade Óssea* (2009). Recuperado em outubro de 2009, de www.carpal.eesc.usp.br

Ontell, F.K, Ivanovic, M., Ablin, D.S., & Barlow, A. (1996). TW Bone Age in Children of Diverse Ethnicity. *Am. J. Roentgenol*, 167, 1395-1398.

Ostwald, M. (2001). Book Review: *The Modulor and Modulor 2* by Le Corbusier (Charles Edouard Jeanneret), *Nexus Network Journal*, 3(1), 145-148, Doi 10.1007/s00004-000-0015-0.

Otsu N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. In *IEEE Transactions on Systems Man, and Cybernetics*, 9(1), 62-66, Doi: 10.1109/TSMC.1979.4310076.

Peck, H., & PECK, S. (1970). A Concept of Facial Esthetic. *Angle Orthod*, 40(4), 284-318.

Peloschek, P., Nemec, S., Widhalm, P., Donner, R., Birngruber, E., & Thodberg, H.H. (2009). Computational Radiology in Skeletal Radiography. *Eur J Radiol*, Doi:10.1016/j.ejrad.2009.05.053

Pichumani, R. (1997). *Construction of A Three-Dimensional Geometric Model for Segmentation and Visualization of Cervical Spine Images*. Ph.D thesis, Medical Informatics of Stanford University.

Pietka, E., McNitt-Gray, M. F., Kuo, M. L., & Huang, H. K. (1991). Computer-Assisted Phalangeal Analysis in Skeletal Age Assessment. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 10(4), 616-620.

Pietka, E., Kaabi, L., Kuo, M. L., & Huang, H. K. (1993). Feature Extraction in Carpal-Bone Analysis. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, (12)1, 44-49.

Pietka, E., Gertych, A., Pospiech, S., Cao, F., Huang, H. K., & Gilsanz, V. (2001). Computer-Assisted Bone Age Assessment: Image Preprocessing and Epiphyseal/Metaphyseal ROI Extraction. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 20(8), 715-729.

Pimentel, B (2006). *Segmentação de Imagens Médicas utilizando modelos de Active Contour*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais. Recuperado em janeiro de 2006, de <http://www.verlab.dcc.ufmg.br/projetos/brunosp/modsnake.htm>>

Preston, J. D. (1993). The golden proportion revised. *J Esthet Dent*, 5:247-51, 1993.

Pryor, J.W. (1907). The hereditary nature of variation in the ossification of bones. *Anat. Rec*, 1, 84-88.

Raymundo, E.M. (2009). *Metodologia de estimação de idade óssea baseada em características métricas utilizando mineradores de dados e classificador neural*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos – São Paulo.

Ricketts, R.M. (1972). A principle of arcial growth of the mandible. *Angle Orthod*, 42(4), 368-86.

Roche, A. F., Davila, G. H., Pasternack, B. A., & Walton, M. J. (1970). Some Factors Influencing the Replicability of Assessments of Skeletal Maturity (Greulich-Pyle), *Am. J. Roentgenol*, 109, 299-306.

Rodrigo, L. G., Fernádes, M. M., & Arribas, J.I. (2003). A Fully Automatic Algorithm for Contourn Detection of Bones in Hand Radiographs using Active Contours. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'03)*, 3, 421-424.

Rosenfeld, R.G., & Cohen, P. (2002). Disorders of Growth Hormone/Insulin-Like Growth Factor Secretion and Action. In *Sperling M, Pediatric endocrinology*, 2, 250-254.

Sannomiya, E.K., & Calles A. (2005). Comparação da Idade Óssea com a Cronológica em Indivíduos Portadores da Síndrome de Down pelo Índice de

Eklof & Ringertz, por meio de Radiografias de Mão e Punho. *Cienc Odontol Bras*, 8(2), 39-44.

Schmidt, C.M. (2004). *Estimativa da Idade e sua Importância Forense*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Odontologia, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

Silva, F. A., Almeida, L. L., Pereira, J. R., & Barbeiro, T. L. S. (2004). *Contornos Ativos – Snakes*, Monografia, Departamento de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – São Paulo.

Sonka, M., Hlavac, V., & Boyle, R. (1998). *Image Processing, Analysis and Machine Vision*. Chapman & Hall Computing, London.

Taffarel, B., Wangenheim, A. V., & Silva, P. C. A. (2003). Processamento de Imagens para Análise e Estimativa de Problemas de Crescimento Ósseo em Crianças. *III Workshop de Informática aplicada à Saúde - CBComp 2003*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Tanner, J.M., & Whitehouse, R.H. (1959). *Standards for Skeletal Maturity*. Part I. International Children's Centre, Paris.

Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., & Healy, M.J.R. (1962). *A New System for Estimating Skeletal Maturity from the Hand and Wrist, with Standards Derived from a Study of 2,600 Healthy British Children*. Part II: The Scoring System. International Children's Centre, Paris.

Tanner, J.M., Whitehouse, R.H., Marshall, W.A., Healy, M.R.J., & Goldstein, H. (1975). *Assessment of Skeletal Maturity and Prediction of Adult Height*. Academic Press, New York.

Tavano, O. (1976). *Estudo das principais tabelas de avaliação da idade biológica através do desenvolvimento ósseo visando sua aplicação em brasileiros leucodermas da região de Bauru*. Tese de Doutorado, Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, Bauru – São Paulo.

Tavano, O., Freitas, J.A.S., Lopes, E.S., & Haiter-Neto, F. (1994). Estudo Comparativo de dois Métodos de Determinação da Idade Óssea: Schmid & Moll e Eklöf & Ringertz. *Pediatr Mod*, 30(1), 77-85.

Tavano, O. (2001). *Radiografias Carpal e Cefalométrica como Estimadores da Idade Óssea e do Crescimento e Desenvolvimento*, Bauru – Brasil.

Thodberg, H. H. (2009). An Automated Method for Determination of Bone Age. *J. Clin. Endocrinol. Metab*, 94(7), 2239-2244.

Torres, R. (1970). Crescimiento Armonioso y la Divina Proporción. *Divulgação Cultural Odontológica*, 162, 3-13.

Trucco, E. (1998). *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*. Prentice Hall: New Jersey, 1998.

Van V.M.E., & Van I.A. (1978) Mixed Longitudinal Data on Skeletal Age from a Group of Dutch Children Living in Utrecht and Surroundings. *Annals of Human Biology*, 5, 359–380

Van, R.R., Lequin, M.H., & Thodberg, H.H. (2009). Automatic Determination of Greulich and Pyle Bone Age in Healthy Dutch Children. *Pediatr Radiol*, 39(6), 591-7.

Xu, C., & Prince, J. L. (1997). Gradient Vector Flow: A New External Force for Snakes. In *IEEE Proc. Conf. on Comp. Vis. Patt. Recog.*, 66-71.

Xu, C., & Prince, J. L. (1998). Snakes, Shapes, and Gradient Vector Flow. In *IEEE Transactions on Image Processing*, 7(3), 359-369.

Williams, D., & Shah, M. (1992). A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation. *CVGIP: Image Understanding*, 55(1), 14-26.

APÊNDICE A – Portal de informações da idade óssea

Banco de dados on-line para auxílio à pesquisa em estimativa da idade óssea¹

C.J. Olivete, E. L. L. Rodrigues

USP / Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Engenharia Elétrica, São Carlos,
São Paulo, Brasil

{olivete, evandro}@sel.eesc.usp.br

www.carpal.eesc.usp.br

Abstract

This paper presents all process used in implantation and development of Web databases. This database to expose about bone age estimation. Database is formed by 700 imagens with research scientific purpose. Were offers bibliograpy references and correlated subject links. The database building, ready for use of the area research and expert class, to offering standard subject return area research. Through of the availability information, waiting to contribute for the incrementation works collaboration and to share of the Web appeal.

1. Introdução

A incorporação de técnicas computacionais para análise de imagens médicas vem proporcionando um grande avanço na medicina. Estruturas de difícil visualização podem ser realçadas, e características como dimensão e volume podem ser medidas com relativa facilidade, servindo como uma segunda opinião na análise de um especialista. A utilização de técnicas computacionais na determinação da idade óssea através de uma imagem digitalizada de uma radiografia da mão e punho vem crescendo significativamente. A avaliação da idade óssea [12] é um procedimento freqüentemente utilizado em pacientes pediátricos que apresentam desordens no crescimento, e mais recentemente, na área odontológica nos procedimentos ortodônticos [2]. A forma mais antiga de avaliação, classicamente é feita através de comparações do desenvolvimento de ossos de determinadas regiões da radiografia carpal do paciente, com um modelo de referência. Existem dois métodos ainda bastante utilizados neste tipo de procedimento, Greulich & Pyle [2] e Tanner & Whitehouse [3]. Ambos necessitam de uma comparação visual entre a radiografia do paciente e modelos padrão fornecidos por Atlas. Outro método freqüentemente utilizado é o de Eklof & Ringertz [13] que se baseia na análise do comprimento e largura de 10 centros de ossificação. Mesmo esse tipo de análise baseado em dimensões, ainda é subjetivo, variando de acordo com a experiência dos radiologistas e consome um generoso tempo para a

avaliação de todos os ossos, ou todas as regiões de interesse, dependendo do método. Com o auxílio computacional, as estruturas ósseas de interesse podem ser realçadas, e medidas dimensionais podem ser obtidas facilitando assim sua análise [5,6,7,8,9,10,11].

Para os pesquisadores da área há consenso sobre a necessidade de um banco de dados que concentre e disponibilize via Web informações como imagens para testes, imagens referenciais com laudos médicos para validação de procedimentos, algoritmos para processamento de imagens radiográficas, referências bibliográficas, links sobre assuntos correlacionados, etc...

Para tanto, o objetivo do banco de dados via Web é concentrar e disponibilizar informações para a comunidade científica que realiza pesquisa na área de estimativa da idade óssea e também para profissionais (médicos, dentistas, etc...) que utilizam esse tipo de informação no auxílio ao diagnóstico voltado para o crescimento humano. Também poderá servir como fonte de informações para cursos que contenham em suas ementas assuntos correlacionados ao acompanhamento do crescimento humano.

2. Metodologia

2.1. Obtenção das imagens carpais e assuntos correlatos

As informações, que vêm sendo reunidas há alguns anos, são oriundas de centros de pesquisa como por exemplo a Faculdade de Odontologia de Bauru-USP [12]; da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-Unicamp [12,13]; da PUC-RS, e com contatos mais recentes com docentes da FMRP-USP. Todas as imagens e outras informações podem ser vistas através do site disponível em www.carpal.eesc.usp.br.

2.2. Visão geral do sistema Web

O sistema Web consiste principalmente no gerenciamento de um banco de dados para imagens radiográficas utilizadas na estimativa da idade óssea, da EESC-USP de São Carlos. Permite diversos tipos consultas referentes às imagens vislumbrando que essas informações sejam utilizadas pelo meio acadêmico, por pesquisadores e por profissionais que atuem em áreas que se apóiam nessas informações para tomadas de decisão e atualização de conhecimento.

¹ - Artigo apresentado no XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS' 2008). Campos do Jordão, 2008.

O sistema completo foi constituído por linguagens e subsistemas de uso livre e gratuito, onde pode ser acessado através de qualquer browser usado para acesso à WWW (World Wide Web). A Figura 1 mostra a página inicial do sistema Web e, a Figura 2, a tela inicial da plataforma Anacarp.

Durante o desenvolvimento, foi utilizada a ferramenta de apoio para o desenvolvimento do conteúdo do sistema, Drupal [14], que é um Sistema de Gerenciamento de Conteúdo (Content Management System) rápido e com muitos recursos. O servidor Web utilizado foi o Apache [15], que é o mais bem sucedido servidor Web de uso livre, além da utilização do MySQL [16], que é um sistema de gerenciamento de banco de

dados, o qual utiliza como interface a linguagem SQL (Structured Query Language - Linguagem de Consulta Estruturada). Somada a essas ferramentas, utilizou-se a linguagem PHP [17] que é uma linguagem de programação interpretada, também de uso livre e muito utilizada para gerar conteúdo dinâmico na Web. Como é uma linguagem de fácil aprendizagem e de utilização adequada para scripts dinâmicos simples, contribuiu de forma importante para a construção do sistema.

A seguir são analisados e discutidos os aspectos que foram propostos e implementados, e como forma de organizar melhor a apresentação os mesmos são apresentados em Requisitos Funcionais e Não Funcionais.

Figura 1. Página inicial do sistema Web, disponível em www.carpal.eesc.usp.br

Figura 2. Página inicial da plataforma Anacarp, disponível em www.carpal.eesc.usp.br

2.3. Requisitos funcionais do sistema Web

2.3.1. Lançamentos diversos

O sistema fornece informações de acesso geral (sem controle de login/senha) sobre o grupo de pesquisa da EESC-USP, Departamento de Engenharia Elétrica, sobre as áreas de pesquisas, sobre os interesses da pesquisa, informações sobre imagens carpais, métodos de estimativa da idade óssea e materiais para download, como por exemplo dissertações e teses sobre o tema, artigos e outros

materiais correlatos (conforme ilustrado no canto esquerdo da Figura 1).

O sistema permite que qualquer usuário entre em contato com o responsável do sistema através de formulário para envio de crítica, comentário ou sugestão, e também para solicitar um login/senha de acesso ao sistema. Os seguintes atributos devem ser considerados: nome, email, instituição de origem, assunto e mensagem contendo a finalidade da utilização do banco de dados.

O sistema permite a inclusão, alteração e remoção de usuários do sistema, com os seguintes atributos:

login do usuário, senha, nome, tipo de acesso (restrito ou completo).

O sistema permite a inclusão, alteração, localização, remoção e gerenciamento de imagens do banco de dados, com os seguintes atributos: código da imagem, nome do paciente (codificado), sexo, data da avaliação, idade cronológica, laudos médicos (buscar-se-á sempre que seja de mais de um especialista), métodos de estimativa, imagem e observações (ver Figura 3).

Vale ressaltar que: a manipulação (inserção, alteração e remoção) só poderá ser realizada pelo usuário com acesso completo (administrador). Para aqueles de acesso restrito só será possível a operação de inclusão de imagens e dados em uma área temporária para possível inserção na área principal depois de análise feita pelo gerenciador do sistema.

Informações sobre o paciente			
Nome	<input type="text"/>		
Data de Nasc.	<input type="text"/>	Data da Avaliação	<input type="text"/>
Idade Cronológica	<input type="text"/>		
Sexo	☐ Masculino ☐ Feminino		
Imagem	<input type="text"/> <input type="button" value="Browse..."/>		

Laudo médico			
Tanner and Whitehouse	<input type="text" value="0"/> anos	<input type="text" value="0"/> meses	
Greulich and Pyle	<input type="text" value="0"/> anos	<input type="text" value="0"/> meses	
Eklof and Ringertz	<input type="text" value="0"/> anos	<input type="text" value="0"/> meses	

Observações sobre o paciente

sem observações!!

Figura 3. Página disponibilizada para a inserção de imagens.

2.3.2. Consultas de imagens

O sistema permite a localização das imagens através de busca feita com diversos filtros, como por exemplo, por sexo, faixa etária (idade cronológica), tipo de método usado na estimativa da idade óssea, etc... A Figura 4 mostra essa funcionalidade.

Após realizar a busca, são apresentadas todas as imagens encontradas de acordo com a filtragem (conforme ilustrado na Figura 5), em seguida, o sistema permite a ampliação da imagem, trazendo juntamente todas as suas informações (laudo médico, idade cronológica, método de estimativa, etc...) de acordo com a busca realizada. A Figura 6 mostra a ampliação de uma imagem selecionada.

Escolha uma das opções para filtrar o resultado de sua busca:

Sexo	Idade
☐ Masculino	☐ 6 - 10
☐ Feminino	☐ 11 - 14
☒ Ambos	☐ 15 - 18
	☒ Todas Idades

Figura 4. Página disponibilizada para a localização de imagens.

Figura 5. Página disponibilizada para visualizar as imagens obtidas de acordo com a filtragem da busca.

Figura 6. Página disponibilizada para visualizar, de forma ampliada, a imagem localizada.

O sistema permite o download de imagens no tamanho, formato e características originais (no formato BMP) e suas informações (laudo médico, idade cronológica, método de estimativa, etc...) de acordo com a busca realizada.

O sistema permite ao gerenciador do site, visualizar um histórico de acessos e envio de informações no sistema Web.

2.4. Requisitos não funcionais do sistema Web

2.4.1. Confiabilidade

O sistema possui login/senha de acesso e identificação para diferentes tipos de usuários: administrador do sistema e usuários restritos que têm acesso limitado ao sistema.

O sistema verifica em cada formulário (cadastros, consultas, listagens, etc...) se o usuário está conectado. Em caso negativo direciona-o para a página de login. Isso tem como função principal gerar o arquivo de log para cada usuário.

O sistema apresenta no cabeçalho de cada formulário (cadastros, consultas, listagens, etc...) uma mensagem contendo o login do usuário – “Ex: Olá Usuário, você está logado no Sistema Web” a fim de realizar um melhor gerenciamento das informações enviadas/requisitadas.

O sistema fornece facilidades para a realização de backups dos dados (incluindo as imagens).

2.4.2. Eficiência

O sistema responde a consultas em menos de 3 segundos (estimação inicial, considerando que quando o acesso for de rede externa, esse tempo será dependente do tráfego da mesma).

O sistema responde ao download solicitado dentro de no máximo 5 segundos após sua requisição (estimação inicial, com a mesma consideração do item anterior).

2.4.3. Portabilidade

O sistema deve ser executado em computadores com boa capacidade de processamento, que disponibilize boa quantidade de memória para armazenamento e processamento de dados, com acesso à Internet e independente de sistema operacional.

O sistema trabalha com armazenamento dos dados em base de dados MySQL, banco de dados de acesso livre.

3. Resultados

O sistema Web continua em constante atualização e, as funcionalidades desenvolvidas até o momento são:

- banco de informações disponível via Web com interface leve e sugestiva, contendo além das imagens com seus laudos médicos, um conjunto de procedimentos dirigidos ao processamento de imagens radiográficas utilizadas para a estimação da idade óssea.

- disponibilidade para a comunidade científica e acadêmica de um local de referência sobre o tema. Com isso, disponibiliza-se hoje de forma organizada e concentrada, informações úteis para suporte aos profissionais que atuam na área de acompanhamento do crescimento humano, além de procedimentos e metodologias para processamento de imagens médicas. Acessando o site, www.carpal.eesc.usp.br, é possível obter informações de forma mais detalhada.

4. Conclusões

As funcionalidades desenvolvidas até o momento estão de acordo com o previsto no cronograma de atividades. Atualmente vem sendo desenvolvido um trabalho bastante importante e muito trabalhoso, e em breve estará disponível no portal, que é o levantamento de medidas dimensionais como área, comprimento, largura, perímetro, etc..., dos centros de ossificação de toda a base de dados. Com essas informações permite-se que outras pesquisas sejam desenvolvidas utilizando-se das mesmas.

Estão sendo gerados templates dimensionais para a plataforma MIPAV (Medical Image Processing, Analysis, and Visualization) [18] que é um aplicativo

desenvolvido em Java e disponibilizado para a comunidade científica. Esse aplicativo, por ser de propósito genérico, oferece análise quantitativa e visualização de imagens médicas de diversas modalidades e também possibilita o uso de “plugins” desenvolvidos para aplicações específicas.

Com essas e outras iniciativas buscar-se-á manter o portal de informações sempre atualizado. Todos os trabalhos que se utilizarem de informações do portal, sejam elas advindas da base de dados ou mesmo de informações textuais, deverão citá-lo, o que servirá também como forma de divulgação do mesmo.

5. Referências

[1] TAVANO, O. (2001). Radiografias Carpal e Cefalométrica como Estimadores da Idade Óssea e do Crescimento e Desenvolvimento, Bauru – Brasil.

[2] GREULICH, W. W.; PYLE, S. I. (1992). Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2.ed., Ed. University Press.

[3] TANNER, J. M.; WHITEHOUSE, R. W.; HEALVY (1969). A New System for Estimating Skeletal Maturity from Hand and Wrist, with Standarts Derived From a Study Of 2600 Healthy British Children, Departament of Growth and Development Institute of Child Health, University of London; and Departament of Statistics, Rothamsted Experimental Station, Harpenden.

[4] EKLOF, O.; RINGERTZ, H. (1967). A method for assessment of skeletal maturity. *Annals Radiology*. vol. 10, pp 330-336.

[5] OLIVETE, C. J. ; RODRIGUES, E. L. L. . O Efeito da Correção do Efeito Heel em Imagens Radiográficas da Mão. *Revista Brasileira de Física Médica*, v. 1, n. 1, p. 38-51, 2005.

[6] OLIVETE, C. J.; RODRIGUES, E. L. L. ; QUEIROZ, Alini da Cruz . Metodologia para estimativa da idade óssea através da análise carpal simplificada. In: X Congresso Brasileiro de Física Médica, 2005, Salvador, 2005

[7] OLIVETE, C. J.; RODRIGUES, E. L. L. . Contornos ativos snakes para extração de características de imagens carpais. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2006, São Pedro-SP. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2006. p. 129-132.

[8] OLIVETE, C. J.; RODRIGUES, E. L. L. . Anacarp: uma Ferramenta para estimativa da idade óssea voltada ao diagnóstico médico. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2006, São Pedro-SP. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2006. p. 644-647

[9] OLIVETE, C. J.; RODRIGUES, E. L. L. . Software automático para determinação da idade ossea baseado na simplificação do Método de Eklof & Ringertz. *Revista Brasileira de Física Médica*, Aprovado para Publicação, 2006.

[10] QUEIROZ, A. C. ; RODRIGUES, E. L. L. . Redução da dimensionalidade de dados para a estimação da idade óssea utilizando redes neurais artificiais como classificador. In: X CBIS, 2006, Florianópolis. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2006. p. 495-496.

[11] RODRIGUES, E. L. L.; OLIVETE, C. J., Estimador da Idade Óssea via Análise Carpal/Anacarp - Software para Estimação da Idade Óssea Baseado no Método de Eklof & Ringertz. In: VI Workshop on Medical Informatics (WIM'2005), 2006, Vila Velha - ES, 2006.

[12] CALDAS, M. P. Avaliação da Maturação esquelética na população brasileira por meio da análise das vértebras

cervicais. 2007. 0 f. Dissertação (Mestrado em Radiologia Odontológica) - Universidade Estadual de Campinas, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Orientador*: Francisco Haiter Neto.

[13] HAITER N., F.; ALMEIDA, S. M.; LEITE, C. C. (2000). Comparative Study of the Greulich & Pyle and Tanner & Whitehouse Methods for Estimating Skeletal Age, *Revista Odontológica Brasileira*, v. 14, n. 4, p. 378-384.

[14] Drupal - <<http://drupal.org/>>. Acesso em 22.07.2008.

[15] Apache - <<http://www.apache.org/>>. Acesso em 22.07.2008.

[16] MySQL - <<http://dev.mysql.com/>>. Acesso em 22.07.2008.

[17] PHP - <<http://www.php.net/>>. Acesso em 22.07.2008.

[18] MIPAV - < <http://mipav.cit.nih.gov/>>. Acesso em 22.07.2008.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro referente ao processo No. 2007/04081-4.

APÊNDICE B – Valores dimensionais para as relações R_1 a R_6 – sexo feminino

Tabela B. 1: Valores dimensionais para as relações R_1 a R_6. Sexo feminino.

<i>Idade óssea (meses)</i>	<i>R_1</i>	<i>R_2</i>	<i>R_3</i>	<i>R_4</i>	<i>R_5</i>	<i>R_6</i>
72	40	149	78	216	174	359
75	41	154	80	218	177	368
78	43	159	82	219	180	378
81	44	164	84	221	182	387
84	46	169	86	225	185	396
87	47	175	88	227	188	407
90	49	181	89	229	191	416
93	51	186	91	230	193	427
96	52	192	93	233	196	436
99	54	198	95	235	201	447
102	55	203	97	236	207	457
105	57	209	98	239	210	466
108	59	215	99	243	214	477
111	60	222	100	246	217	487
114	62	228	101	248	221	499
117	64	234	103	250	225	508
120	66	240	104	252	228	520
123	67	247	106	254	231	530
126	69	253	108	256	235	540
129	71	260	109	258	239	552
132	73	267	110	262	241	562
135	75	274	111	265	245	574
138	77	281	112	267	249	584
141	79	288	113	269	255	597
144	81	294	115	272	258	607
147	83	301	117	274	263	617
150	85	309	118	276	268	630
153	87	315	120	278	272	640
156	89	323	121	281	275	653
159	91	330	122	283	279	664
162	93	338	123	285	283	676
165	95	345	125	286	288	687
168	98	353	128	287	293	699
171	100	361	131	287	299	711
174	102	369	133	288	306	722
177	104	377	133	289	311	735
180	107	385	136	290	316	746
183	109	393	136	291	321	761
186	112	400	137	293	327	776
189	114	404	138	295	332	788
192	115	408	137	298	331	791
195	118	414	138	300	337	805
198	120	419	139	302	341	815
201	122	425	139	304	345	825
204	124	430	139	307	349	835

R_1 a R_6: valores em pixels para cada relação

APÊNDICE C – Resultados da metodologia área óssea. Sexo feminino.

Este item mostra os resultados da estimação óssea baseada na metodologia de dimensão (área óssea) dos centros de ossificação. Após a estimação dos valores para todas as imagens dos grupos, foi feita uma confrontação com os laudos gerados a partir da média dos laudos médicos. Na Tabela C.1, são apresentados os dados referentes à média, desvio-padrão e intervalo de confiança (5% de significância) para as imagens do sexo feminino.

Tabela C.1: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos versus metodologia de área óssea - sexo feminino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos					Laudo área óssea			
		Média	DP	IC (LI - LS)			Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	81.75	4.75	79.42	-	84.08	80.53	3.17	78.98	- 82.08
2	84 - 95	93.89	3.23	92.90	-	94.88	91.16	2.56	90.38	- 91.94
3	96 - 107	103.40	2.50	102.49	-	104.31	102.32	2.83	101.29	- 103.35
4	108 - 119	113.98	1.90	113.26	-	114.70	115.67	1.44	115.13	- 116.21
5	120 - 131	132.60	2.30	131.80	-	133.40	126.87	1.02	126.52	- 127.22
6	132 - 143	139.40	2.76	138.52	-	140.28	141.29	0.99	140.98	- 141.60
7	144 - 155	151.00	1.76	150.39	-	151.61	153.65	0.36	153.53	- 153.77
8	156 - 167	162.10	2.32	161.32	-	162.88	159.99	0.22	159.92	- 160.06
9	168 - 179	172.67	1.45	172.12	-	173.22	180.00	0.86	179.68	- 180.32
10	180 - 191	186.10	2.17	184.87	-	187.33	192.34	0.44	192.09	- 192.59
11	192 - 203	193.98	1.77	193.08	-	194.88	201.87	0.30	201.72	- 202.02
Valor médio		139.17	2.45	138.20	-	140.14	140.52	1.29	140.02	- 141.02

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Os dados apresentados na Tabela C.1 mostram que para todos os grupos as idades estimadas pela metodologia baseada em área óssea e as médias dos laudos são semelhantes entre si. Isso pode ser constatado observando o valor médio obtido para *DP* (2.45 na média dos laudos e, 1.29, no laudo área óssea) onde essa variação foi de 1.16 meses. Já, para o valor médio das idades ocorreu uma superestimativa de 1.35 meses em relação à média dos laudos.

Os intervalos de confiança, que expressam o relacionamento entre as idades estimadas pela metodologia e a média dos laudos médicos, foram gerados com base na significância estatística de 5%. Como se pode observar, os valores não apresentaram variações muito significantes (intervalos de confiança apresentaram tamanho reduzido) para todos os grupos.

Para ilustrar esses comportamentos, gerou-se um gráfico (Figura C.1) que demonstra a correlação entre as médias dos laudos médicos (obtidos por GP, TW e ER) e as idades estimadas pela metodologia de área óssea, com distinção entre os grupos (faixa etária).

Figura C.1: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando metodologia de área óssea nos grupos de indivíduos do sexo feminino.

A partir do gráfico de correlação (Figura C.1), nota-se que as idades estimadas apresentaram valores semelhantes e que se aproximaram das médias dos laudos médicos. Notam-se pequenas diferenças (subestimativa) apenas no grupo 5 e, superestimativas, nos grupos 9 a 11.

Mesmo obtendo resultados com alta correlação (0.9971) faz-se necessário realizar a análise de regressão linear, onde com o auxílio da equação da reta, torna-se possível obter resultados que coincidam em 100% com os valores das médias dos laudos médicos. A Figura C.2 traz o diagrama de dispersão e a reta ajustada pela equação de regressão entre as idades

estimadas pela metodologia de área óssea (eixo X) e as médias dos laudos (eixo Y) para cada sexo. Pode-se observar também o coeficiente R^2 , que representa o coeficiente de determinação e a equação de regressão.

Figura C.2: Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada pelo método área óssea (Y) – grupos de imagens do sexo feminino.

O coeficiente de determinação (R^2 - 0.9867), presente na Figura C.2, indica que mais de 98% das idades ósseas estimadas estão cobertos pela reta de regressão (coincidem com a média dos laudos médicos), ou seja, ao estimarmos a idade óssea utilizando a metodologia de área teremos uma concordância com os valores das médias dos laudos médicos de mais de 98% para sexo feminino.

A equação de regressão linear deve ser utilizada como fator de correção, fazendo com que os laudos estimados a partir da metodologia de área óssea apresentem valores que coincidam 100% com o valor ideal (média dos laudos médicos).

Objetivando comparar os valores obtidos no processo de estimação da idade óssea a partir a metodologia área óssea com os valores médios dos laudos médicos, foi utilizado o teste de significância *T de Student* ao nível de

significância de 5% considerando todos os grupos de imagens do sexo feminino. O valor obtido foi de 0.0382 (menor que 0.0500), indicando que a metodologia pode ser utilizada com confiança no processo de estimação da idade óssea.

APÊNDICE D – Aplicação de N_Ouro_2 em todos os grupos do sexo masculino

Tabela D.1: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_2 nos grupos do sexo masculino

	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>(D1+D2) / (D2+D3)</i>					
[grupo 1]	101.57	74.35	35.46	1.6020		132.46	96.14	37.06	1.6162
	125.58	91.80	41.93	1.6255		154.81	100.98	42.19	1.6866
	96.47	92.19	25.84	1.5984		142.03	96.32	46.03	1.5743
	136.45	97.00	42.99	1.6676		140.11	89.35	37.00	1.6161
	123.01	90.12	40.01	1.6378		139.02	92.01	43.02	1.6109
	129.09	89.68	42.99	1.6490		149.56	104.47	43.73	1.6141
	129.09	86.46	44.03	1.6520		139.28	94.05	41.04	1.6272
	129.45	94.05	39.01	1.6798		103.32	74.41	34.69	1.5290
						136.24	100.01	49.05	1.4850
						136.12	96.14	36.20	1.6550
[grupo 2]						144.04	98.18	43.02	1.6154
						149.08	94.07	41.10	1.6988
						152.33	102.25	42.02	1.6646
	143.03	101.60	48.72	1.6274		136.00	95.02	40.45	1.6053
	95.31	71.09	30.56	1.6370		157.15	107.04	44.17	1.6471
	134.53	89.44	38.00	1.5574		145.22	105.74	47.01	1.5430
	113.42	75.86	34.69	1.5121		158.44	103.58	43.41	1.6826
	134.73	89.35	40.04	1.5319		134.29	98.03	41.04	1.5705
	147.99	107.01	44.17	1.5867		138.22	95.05	43.05	1.5891
	147.11	98.05	41.43	1.6577		151.03	105.47	45.09	1.6037
	137.04	102.17	42.05	1.5587		138.04	99.24	39.04	1.6160
	140.02	98.00	39.04	1.6369		155.08	104.00	52.35	1.5570
	127.00	97.09	42.11	1.5099		115.16	77.36	32.07	1.6593
	138.01	95.17	40.01	1.6250		156.53	102.31	35.52	1.7779
	117.19	103.79	35.20	1.4900		152.21	103.02	37.47	1.7167
	148.08	100.60	42.02	1.6437					
	107.89	99.09	29.70	1.5071					
	135.21	92.42	38.00	1.6453		128.15	91.00	37.12	1.6105
	142.12	103.05	40.04	1.6134		132.02	87.99	40.01	1.6188
	121.00	83.06	40.01	1.5581		129.01	89.08	37.00	1.6297
	144.18	104.00	40.04	1.6230		131.07	89.06	40.19	1.6032
	115.16	81.26	36.91	1.5622		145.51	95.34	39.80	1.6822
	136.36	92.04	38.21	1.6536		149.32	109.02	45.00	1.5773
	138.81	97.18	42.37	1.5911		156.02	103.17	45.09	1.6483
	137.24	91.36	41.01	1.6270		138.31	95.64	37.20	1.6611
	136.71	102.11	43.05	1.5452		149.00	104.00	45.18	1.5960
119.06	89.26	38.21	1.5342		107.81	74.32	31.33	1.6239	
139.61	101.99	43.29	1.5630		149.76	102.99	42.19	1.6409	
135.53	100.13	38.06	1.6053		127.38	89.14	41.60	1.6561	

[grupo 4]	143.09	93.04	34.22	1.7555	[grupo 5]	165.74	109.37	45.00	1.6821
	136.92	95.08	38.21	1.6406		115.75	78.37	33.13	1.6410
	151.48	100.98	48.01	1.5944		138.69	93.54	40.01	1.6389
	114.09	79.93	33.60	1.6090		153.45	105.00	49.16	1.5765
	136.56	98.33	53.00	1.5522		144.66	96.88	43.02	1.6265
	146.49	96.41	46.00	1.6056		147.96	106.00	43.11	1.6032
	146.81	94.75	40.10	1.6913					
	132.37	95.14	37.65	1.6134		183.40	120.00	48.04	1.7055
	160.10	107.01	40.01	1.7168		124.58	83.06	39.89	1.5888
	107.83	73.44	27.37	1.6982		150.15	99.01	37.20	1.7292
	143.03	104.11	44.03	1.5683		117.25	77.36	33.60	1.6539
	139.43	96.41	43.73	1.5829		155.20	102.96	41.99	1.6810
	150.32	110.64	43.29	1.5954		117.22	82.85	35.99	1.5835
	158.39	106.00	44.00	1.6626		147.17	105.68	48.01	1.5451
	148.08	103.70	39.12	1.6629		118.76	79.28	35.70	1.6224
	153.87	112.53	45.18	1.5892		171.08	110.76	49.25	1.6614
	151.39	109.37	46.27	1.5754		147.64	106.48	48.25	1.5424
	160.01	105.30	42.05	1.7006		115.66	76.71	35.58	1.6131
	142.26	101.99	42.99	1.5847		113.18	78.96	28.91	1.6813
	110.96	78.90	38.56	1.6164		152.01	107.86	40.10	1.6563
	113.33	70.31	29.68	1.7367		156.82	109.07	46.03	1.6143
[grupo 4]	138.81	94.34	42.05	1.6095		167.19	107.10	46.68	1.6836
	140.05	98.09	45.00	1.6643		149.20	106.00	46.27	1.5760
	149.47	99.01	41.10	1.6734		142.41	103.08	43.11	1.5793
	138.04	92.01	42.19	1.6142		151.03	107.30	45.53	1.5903
	154.99	112.03	45.00	1.6005		153.99	106.56	41.01	1.6655
	146.49	102.02	42.99	1.6137		118.76	79.81	35.17	1.6270
	157.06	112.20	49.16	1.5686		150.00	106.12	44.03	1.6058
	146.99	96.41	40.10	1.6830		167.07	111.08	45.03	1.6817
	107.07	76.65	37.56	1.6086		160.66	108.99	45.18	1.6491
	148.05	103.23	46.27	1.5808		164.00	117.19	46.09	1.6221
	106.27	73.44	32.83	1.5910		156.56	106.12	46.00	1.6267
	144.04	97.09	40.01	1.6588		156.02	106.00	45.27	1.6322
	154.02	101.01	40.60	1.7009		173.00	113.74	49.10	1.6608
	150.09	101.01	43.11	1.6423		138.04	93.99	41.19	1.6165
	156.05	109.07	42.11	1.6537		159.54	109.16	44.17	1.6524
	115.66	83.59	33.63	1.5997		159.06	116.04	44.41	1.6146
	151.15	99.01	42.11	1.6728		159.39	113.36	44.00	1.6333
	147.34	101.13	42.28	1.6326		174.04	114.74	48.16	1.6727
	148.17	105.56	39.83	1.6451		165.18	115.01	49.81	1.5999
	165.44	111.35	43.17	1.6913		128.15	85.16	35.29	1.6710
	167.07	115.07	56.07	1.6486		163.14	117.52	50.14	1.5740
	159.01	115.51	45.35	1.6065		152.54	106.21	41.78	1.6484
	159.12	109.02	43.05	1.6633		175.04	108.37	47.39	1.7195
	116.84	82.12	39.33	1.6382		127.18	80.55	32.89	1.7311
	106.33	71.16	32.19	1.6174		119.17	86.90	34.69	1.5948
	150.38	109.37	42.76	1.6075		151.12	104.03	40.31	1.6678
	139.13	96.02	40.19	1.6264		160.51	99.01	37.12	1.8065
						162.11	109.22	47.01	1.6367

[grupo 6]	158.00	116.99	49.99	1.5469	[grupo 7]	161.01	110.43	51.05	1.5809
						187.68	122.13	56.13	1.6379
						174.95	116.01	50.99	1.6422
	125.20	84.42	37.50	1.6193		175.72	124.13	52.35	1.5990
	151.03	95.99	42.02	1.6899		160.01	114.42	48.25	1.5871
	161.99	106.56	44.00	1.6837		172.06	114.01	51.02	1.6334
	178.17	119.26	52.09	1.6358		154.31	104.00	44.17	1.6433
	153.25	112.06	46.68	1.5713		173.42	116.01	50.14	1.6420
	172.18	110.17	48.04	1.6846		173.00	117.14	52.29	1.6124
	117.99	78.99	35.70	1.6176		174.01	119.00	48.96	1.6445
	160.16	110.88	43.05	1.6608		169.28	116.52	48.04	1.6368
	150.12	104.17	42.11	1.6384		180.53	119.00	49.49	1.6778
	128.98	91.42	40.69	1.5683		183.13	118.02	51.94	1.6719
	150.44	107.36	48.25	1.5567		121.12	85.95	37.88	1.5722
	166.09	112.12	43.94	1.6828		174.57	116.84	48.66	1.6607
	156.70	106.00	49.99	1.5841		166.71	104.38	52.97	1.6228
	173.03	116.84	48.51	1.6530		178.11	119.32	50.34	1.6530
	117.19	86.28	42.22	1.4834		171.11	115.01	47.04	1.6657
	173.00	109.28	46.00	1.7178		189.01	133.02	55.01	1.6126
	126.56	86.72	33.66	1.6716		187.18	125.49	55.01	1.6322
	163.11	110.23	48.10	1.6264		178.55	113.62	53.15	1.6519
	164.62	113.00	55.04	1.5521		182.10	118.61	53.92	1.6429
	154.93	105.12	46.27	1.6178		161.01	106.00	50.31	1.6082
	168.01	108.04	39.30	1.7735		160.01	108.04	45.00	1.6515
	154.05	100.60	42.02	1.6855		176.07	125.08	52.15	1.5993
	171.50	116.72	49.05	1.6387		162.43	107.01	49.64	1.6201
	156.05	109.05	42.02	1.6549		181.06	122.07	52.62	1.6353
	164.00	105.06	46.68	1.6731		181.48	123.90	53.00	1.6263
	159.01	109.16	48.01	1.6062		180.59	122.39	49.99	1.6576
	172.29	125.02	52.23	1.5773		167.21	121.00	52.09	1.5651
	157.62	118.41	49.16	1.5472		183.01	128.06	54.04	1.6083
	161.43	103.38	45.00	1.6847		161.01	103.79	48.90	1.6343
	119.73	83.59	33.60	1.6349		177.99	124.31	53.09	1.6041
	145.04	100.01	48.16	1.5538		183.28	125.99	48.99	1.6675
	168.66	107.10	48.99	1.6667		123.48	86.72	40.81	1.5483
	179.00	122.01	47.01	1.6809					
	159.01	110.23	43.17	1.6551	[grupo 8]	169.58	112.38	48.66	1.6508
	175.01	114.74	39.01	1.7846		164.03	109.10	42.11	1.7063
	164.11	111.02	46.00	1.6522		179.32	121.48	51.23	1.6417
	166.59	114.04	44.11	1.6745		162.19	109.02	46.00	1.6495
	164.08	119.82	46.03	1.6118		178.02	119.11	52.00	1.6365
	164.23	112.00	49.10	1.6146		190.36	125.58	53.00	1.6692
	179.11	122.01	52.00	1.6305		178.14	119.20	52.15	1.6353
	160.45	110.88	47.16	1.6169		139.07	90.65	38.36	1.6807
	165.00	121.48	44.11	1.6300		179.14	126.32	47.04	1.6621
	166.24	110.17	42.11	1.7152		181.45	118.05	52.94	1.6515
	169.99	114.36	50.23	1.6277		167.10	118.05	52.09	1.5760
	116.66	82.82	30.50	1.6603		178.32	129.09	56.01	1.5607
						156.61	100.78	40.81	1.7179

[grupo 9]	172.29	123.19	55.07	1.5576	[grupo 10]	187.06	126.26	53.00	1.6478
	176.01	125.29	49.49	1.6239		182.16	131.01	51.02	1.6204
	169.07	122.48	49.99	1.5905		180.09	129.06	55.07	1.6200
	185.76	128.00	55.07	1.6139		181.62	125.14	49.05	1.6611
	169.31	122.48	54.01	1.5533		185.05	122.13	57.31	1.6119
	186.05	129.86	54.04	1.6179		167.95	123.04	48.75	1.6250
	191.93	130.01	58.41	1.6087		200.02	139.16	52.00	1.6743
	198.10	142.59	52.23	1.6487					
	146.66	96.70	43.76	1.6326		188.53	120.00	55.21	1.6609
	183.87	126.88	49.99	1.6569		205.63	140.02	62.13	1.6500
	182.21	129.54	48.04	1.6556		203.30	127.26	64.72	1.6218
	170.99	127.26	54.01	1.6454		194.73	135.06	55.04	1.6349
	161.10	118.14	47.01	1.5909		192.14	127.32	56.69	1.6360
	149.41	100.01	42.76	1.6471		189.06	132.17	51.02	1.6535
	179.47	122.01	55.72	1.5963		194.20	129.86	54.01	1.6625
	179.03	116.28	57.99	1.5945		144.63	102.70	45.47	1.5692
	176.10	124.05	55.22	1.5744		190.01	135.30	59.08	1.5736
	188.92	119.68	50.02	1.7185		188.09	127.09	53.00	1.6501
	185.82	126.44	50.99	1.6599		187.18	122.48	57.31	1.6223
	188.12	126.05	56.99	1.6164		198.63	135.62	56.07	1.6437
	189.04	140.02	48.16	1.6486		199.64	132.37	58.02	1.6438
[grupo 9]	203.03	133.05	56.55	1.6726	[grupo 11]	192.61	129.18	59.35	1.6068
	179.70	121.48	55.01	1.6065		203.12	130.01	61.98	1.6352
	182.16	135.30	49.99	1.6133		184.02	130.63	52.00	1.6229
	153.22	110.37	45.65	1.5894					
	146.13	100.04	43.55	1.6144		133.05	112.80	39.83	1.6600
	180.59	123.78	50.99	1.6415		187.09	129.45	55.07	1.6155
	188.03	130.19	56.22	1.6071		169.58	123.31	48.10	1.6087
	181.39	127.38	54.15	1.6009		190.10	128.09	55.04	1.6375
	188.00	125.61	47.39	1.7128		205.01	126.08	51.47	1.7648
	125.11	92.39	35.96	1.5945		194.65	135.09	60.00	1.5902
	165.97	121.00	49.02	1.5879		176.22	122.01	48.01	1.6541
	180.38	136.83	59.00	1.5199		210.86	128.00	51.08	1.7922
	179.35	126.02	53.00	1.6058		194.20	133.05	55.33	1.6371
	200.20	138.43	56.31	1.6389		199.22	137.01	54.01	1.6602
	192.05	131.04	58.14	1.6078		186.14	127.06	55.57	1.6150
	184.10	122.98	47.01	1.7065		193.49	136.06	58.41	1.5947
	179.03	127.00	57.08	1.5625					
	165.68	112.44	47.04	1.6439		<i>D1: Comprimento (pixel) do metacarpo III</i>			
	190.84	120.15	49.10	1.6374		<i>D2: Comprimento da falange proximal III</i>			
	174.83	126.02	49.16	1.6173		<i>D3: Comprimento da falange distal III</i>			
	198.07	139.69	54.04	1.6435		<i>Os valores em destaque são significativamente diferentes a 5% do número de ouro</i>			
	213.10	137.04	61.30	1.6654					
	193.73	134.08	51.02	1.6709					
	186.67	134.23	55.57	1.6400					
	163.14	119.11	47.16	1.5976					
	180.62	124.25	51.79	1.6318					
	205.28	128.06	54.12	1.7297					

APÊNDICE E – Resultados da metodologia *Número de Ouro. Sexo feminino.*

Inicialmente, serão apresentados os resultados de cada uma das formas de se verificar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica baseando-se na proporção divina. Em seguida, são apresentados os resultados alcançados nos processos de estimação da idade óssea para os grupos de imagens do sexo feminino.

Acompanhamento do crescimento ósseo

Tabela E.1: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_1 e N_Ouro_2 nos grupos do sexo feminino.

N_Ouro_1			N_Ouro_2					
	D1	D2	D1/D2		D1	D2	D3	(D1+D2) / (D2+D3)
[grupo 1]	91.95	56.04	1.6407	[grupo 1]	125.88	91.95	35.11	1.6144
	100.39	62.72	1.6008		135.47	100.39	34.40	1.6498
	83.74	53.15	1.5756		125.20	83.74	36.67	1.6352
	93.78	56.25	1.6672		137.57	93.78	34.93	1.6974
	105.32	67.71	1.5556		156.26	105.32	44.79	1.6425
	95.34	61.00	1.5629		137.75	95.34	36.02	1.6743
	97.09	59.00	1.6456		117.99	97.09	38.00	1.6000
	101.93	64.61	1.5777		141.67	101.93	38.59	1.6336
	98.36	61.45	1.6007		140.67	101.22	38.68	1.6290
	104.23	65.61	1.5887		133.61	91.21	39.69	1.6176
[grupo 2]	108.37	67.74	1.5998	[grupo 2]	143.77	95.91	35.67	1.7216
	95.34	60.68	1.5713		141.67	97.23	42.76	1.6066
	90.00	56.99	1.5793		136.03	101.01	41.01	1.5690
	103.11	60.41	1.7067		152.07	102.11	38.59	1.7065
	113.71	70.84	1.6053		136.45	102.43	38.42	1.5960
	103.17	64.69	1.5947		159.39	100.07	42.73	1.7170
	100.01	59.00	1.6952		143.00	105.21	44.35	1.5596
	88.55	63.13	1.4027		150.00	108.37	42.90	1.6080
	98.47	60.50	1.6276					
	102.02	65.02	1.5690					
A: Comprimento (pixel) da falange proximal III			D1: Comprimento (pixel) do metacarpo III					
B: Comprimento (pixel) da falange média III			D2: Comprimento da falange proximal III					
Os valores em destaque são significativamente diferentes a 5% do número de ouro			D3: Comprimento da falange distal III					
			Os valores em destaque são significativamente diferentes a 5% do número de ouro					

Primeiramente buscou-se analisar se os valores obtidos com as proporcionalidades (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3) poderiam representar o crescimento ósseo. Para isso, obtiveram-se esses valores para cada indivíduo (separados por grupos) e comparou-se com o número de ouro (1.6180), considerando um nível de significância de 5%.

Na Tabela E.1 pode-se observar valores dimensionais de partes dos indivíduos pertencentes aos grupos 1 e 2 em busca das proporcionalidades N_Ouro_1 e N_Ouro_2. Analisando-a, constata-se que, tanto para N_Ouro_1 quanto para N_Ouro_2, dois indivíduos ficaram fora do nível de significância de 5% (valor em destaque na Tabela E.1– grupo 1). Já para o grupo 2 – N_Ouro_1 ocorreram 3 casos e, com N_Ouro_2, 4 indivíduos ficaram fora da faixa da significância.

Tabela E.2: Acompanhamento do crescimento ósseo com N_Ouro_3 nos grupos do sexo feminino.

		N_Ouro_3			
		D1	D2	D3	$(D1+D2) / (D2+D3)$
[grupo 1]		91.95	56.04	35.11	1.6236
		100.39	62.72	34.40	1.6795
		83.74	53.15	36.67	1.6240
		93.78	56.25	34.93	1.6454
		105.32	67.71	44.79	1.6381
		95.34	61.00	36.02	1.6114
		97.09	59.00	38.00	1.6091
		101.93	64.61	38.59	1.6137
[grupo 2]		101.22	66.70	38.68	1.5934
		91.21	54.33	39.69	1.6481
		95.91	57.31	35.67	1.6478
		97.23	63.54	42.76	1.6125
		101.01	65.20	41.01	1.6649
		102.11	63.69	38.59	1.6210
		102.43	67.18	38.42	1.6063
		100.07	66.97	42.73	1.6227
		105.21	70.57	44.35	1.6295
		108.37	67.74	42.90	1.5917

D1: Comprimento (pixel) da falange proximal III
D2: Comprimento da falange média III
D3: Comprimento da falange distal III
Os valores em destaque são significativamente diferentes a 5% do número de ouro

Na Tabela E.2 pode-se observar valores dimensionais de partes dos indivíduos pertencentes aos grupos 1 e 2 em busca da proporcionalidade N_Ouro_3. Analisando-a, nota-se que somente os valores obtidos a partir de N_Ouro_3 foram estatisticamente significantes ao número de ouro, tendo apenas um valor fora da faixa de significância (grupo 1) e, apenas nenhum caso no grupo 2.

A mesma análise foi aplicada para todos os indivíduos dos demais grupos e sexos, considerando cada uma das proporcionalidades analisadas no estudo, porém, devido à quantidade de informações torna-se inviável apresentá-las por completo. A fim de verificar se as proporcionalidades (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3) selecionadas para analisar o crescimento ósseo poderiam representar o número áureo (1.6180), aplicou-se, para os grupos e sexos, o teste *T de Student*, adotando-se 5% de significância.

Tabela E.3: Média, desvio-padrão e resultado do teste T de *Student* para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 para os grupos de imagens do sexo feminino.

Grupo	Faixa etária (meses)	N_Ouro_1			N_Ouro_2			N_Ouro_3		
		Média	DP	p	Média	DP	p	Média	DP	p
1	72 - 83	1.6060	0.0528	0.01	1.6272	0.0481	0.02	1.6156	0.0286	0.04
2	84 - 95	1.5974	0.0674	0.04	1.6367	0.0508	0.02	1.6176	0.0251	0.05
3	96 - 107	1.6034	0.0400	0.00	1.6425	0.0574	0.01	1.6385	0.0599	0.03
4	108 - 119	1.6100	0.0400	0.03	1.6420	0.0512	0.00	1.6564	0.0549	0.00
5	120 - 131	1.5890	0.0750	0.02	1.6487	0.0405	0.00	1.6412	0.0607	0.02
6	132 - 143	1.5922	0.0578	0.01	1.6309	0.0453	0.05	1.6334	0.0374	0.02
7	144 - 155	1.6046	0.0520	0.04	1.6446	0.0390	0.00	1.6335	0.0637	0.01
8	156 - 167	1.5900	0.0609	0.00	1.6371	0.0448	0.00	1.6279	0.0381	0.05
9	168 - 179	1.5850	0.0624	0.00	1.6450	0.0463	0.00	1.6300	0.0355	0.04
10	180 - 191	1.5985	0.0630	0.02	1.6527	0.0495	0.00	1.6324	0.0560	0.04
11	192 - 203	1.5969	0.0563	0.05	1.6389	0.0497	0.00	1.6291	0.0519	0.01

DP: Desvio-padrão; p: T de Student (5%)

Na Tabela E.3 estão dispostos os resultados referentes à análise do crescimento ósseo para os grupos do sexo feminino. Apresentam-se valores dos testes *T de Student*, bem como os valores da média e desvios-padrão obtidos para cada grupo, considerando as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3.

Os dados apresentados na Tabela E.3 mostram que, para todos os grupos, as proporcionalidades obtidas com N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 são estatisticamente significantes ao nível de 5%. A partir da Figura E.1 até a Figura E.3, podem ser observadas a distribuição dos valores encontrados a partir de N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 (sexo feminino) em relação ao intervalo áureo adotado, que varia entre 1.5880 a 1.6680 (5% de significância).

Figura E.1: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_1 nos grupos de imagens do sexo feminino.

Figura E.2: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_2 nos grupos de imagens do sexo feminino.

Figura E.3: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de N_Ouro_3 nos grupos de imagens do sexo feminino.

Observando as distribuições das proporcionalidades apresentados nos gráficos da Figura E.1 a Figura E.3 nota-se que N_Ouro_3 foi a que obteve um melhor comportamento em relação ao intervalo áureo (1.5880 a 1.6680). De posse dos resultados apresentados pelas proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 constata-se que é possível analisar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica baseando-se na proporção áurea.

Estimação da idade óssea

Inicialmente estimou-se a idade óssea para cada imagem de todos os grupos utilizando a tabela de estimação apresentada no Capítulo 4. Posteriormente, realizou-se um estudo comparativo entre as idades ósseas estimadas com os valores da média dos laudos médicos. Avaliou-se para cada proporcionalidade (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3), o valor médio, o desvio-padrão e o intervalo de confiança. Na Figura E.4, são apresentados esses resultados para os grupos de indivíduos do sexo feminino.

Tabela E.4: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos do sexo feminino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos				N_Ouro_1			
		Média	DP	IC (LI - LS)		Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	81.75	4.75	79.42	- 84.08	78.38	5.88	76.97	- 79.78
2	84 - 95	90.00	3.23	92.90	- 94.88	93.54	13.23	92.32	- 94.75
3	96 - 107	100.62	2.50	102.49	- 104.31	101.05	6.62	100.33	- 101.78
4	108 - 119	113.46	1.90	113.26	- 114.70	113.68	4.11	113.15	- 114.20
5	120 - 131	126.22	2.30	131.80	- 133.40	126.71	5.54	126.14	- 127.29
6	132 - 143	136.25	2.76	138.52	- 140.28	138.20	4.93	137.70	- 138.70
7	144 - 155	148.72	1.76	150.39	- 151.61	148.54	4.95	147.98	- 149.11
8	156 - 167	161.74	2.32	161.32	- 162.88	162.00	10.09	160.91	- 163.09
9	168 - 179	172.63	1.45	172.12	- 173.22	171.72	8.40	170.67	- 172.78
10	180 - 191	184.20	2.17	184.87	- 187.33	184.69	6.93	183.52	- 185.86
11	192 - 203	198.26	1.77	193.08	- 194.88	191.77	0.83	191.61	- 191.92
Valor médio		137.62	2.45	138.20	- 140.14	137.30	6.50	136.48	- 138.11

Grupo	Faixa etária (meses)	N_Ouro_2				N_Ouro_3			
		Média	DP	IC (LI - LS)		Média	DP	IC (LI - LS)	
1	72 - 83	75.75	4.17	74.76	- 76.74	80.25	5.26	79.00	- 81.50
2	84 - 95	86.44	6.38	85.86	- 87.03	90.00	9.89	89.09	- 90.91
3	96 - 107	97.11	9.08	96.11	- 98.10	100.58	5.48	99.98	- 101.18
4	108 - 119	112.93	4.71	112.33	- 113.53	112.07	4.34	111.52	- 112.62
5	120 - 131	126.29	5.04	125.76	- 126.81	126.48	10.47	125.39	- 127.57
6	132 - 143	134.73	5.57	134.17	- 135.29	136.98	7.47	136.23	- 137.73
7	144 - 155	148.97	6.75	148.20	- 149.74	158.14	14.99	156.43	- 159.85
8	156 - 167	160.77	10.27	159.66	- 161.88	162.46	4.84	161.94	- 162.98
9	168 - 179	185.38	10.12	184.11	- 186.65	172.24	8.12	171.22	- 173.26
10	180 - 191	190.13	5.24	189.24	- 191.01	185.25	6.88	184.09	- 186.41
11	192 - 203	180.00	15.87	177.03	- 182.97	188.31	12.80	185.91	- 190.70
Valor médio		136.23	7.56	135.20	- 137.25	137.52	8.23	136.44	- 138.61

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

Os dados apresentados na Figura E.4 mostram que, para todos os grupos, as idades estimadas por N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 e os valores das médias dos laudos médicos são semelhantes entre si. Isso pode ser constatado observando o valor médio obtido para *DP*, onde no pior caso, a variação total foi de 3.58 meses (3.74 na média dos laudos e, 7.32, no laudo N_Ouro_3) produzindo uma superestimação da idade óssea no grupo 7 e, uma

subestimação, no grupo 11. Esse comportamento pode é mostrado no gráfico da Figura E.4.

Os intervalos de confiança, que expressam o relacionamento entre as idades estimadas e a média dos laudos médicos, foram gerados com base na significância estatística de 5%. Como se pode observar, os valores não apresentaram variações muito significantes (intervalos de confiança apresentaram tamanho reduzido) para todos os grupos.

Objetivando ilustrar esses comportamentos, gerou-se um gráfico (Figura E.4) que demonstra a correlação entre as médias dos laudos médicos (obtidos por GP, TW e ER) e as idades estimadas por N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3, com distinção entre os grupos (faixa etária).

Figura E.4: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas utilizando N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos de indivíduos do sexo feminino.

A partir do gráfico de correlação (Figura E.4), nota-se que as idades estimadas apresentaram valores semelhantes e que se aproximaram das médias dos laudos médicos. Isso é explicado a partir dos valores de *correlação* apresentados no gráfico. Os maiores picos que podem ser notados referem-se à

proporcionalidade N_Ouro_3, gerando uma pequena superestimativa no grupo 7 e, uma subestimativa, no grupo 11 e, para N_Ouro_2, nos grupos 9 (superestimativa) e grupo 11 (subestimativa).

Mesmo obtendo resultados com alta correlação (0.9746) faz-se necessário realizar a análise de regressão linear, onde com o auxílio da equação da reta, torna-se possível obter resultados que coincidam em 100% com os valores das médias dos laudos médicos. A Figura E.5 traz os diagramas de dispersão e a retas ajustadas pela equação de regressão entre as idades estimadas para as proporcionalidades - N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 - ilustradas no eixo X e, as médias dos laudos médicos (eixo Y) para os grupos de indivíduos do sexo feminino. Pode-se observar também o coeficiente R^2 , que representa o coeficiente de determinação e a equação de regressão.

Figura E.5: Diagramas de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade óssea estimada por N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 (Y) – grupo de imagens do sexo feminino.

Os coeficientes de determinação (R^2), presentes nos gráficos da Figura E.5, indicam que, mais de 94% das idades ósseas estimadas com N_Ouro_1 estão cobertas pela reta de regressão (coincidem com a média dos laudos médicos), ou seja, ao estimarmos a idade óssea utilizando a metodologia de área teremos uma concordância com os valores das médias dos laudos médicos de mais de 94% para sexo feminino. Quando utilizada N_Ouro_2, pode-se dizer que este valor será maior que 93% e, para N_Ouro_3, maior que 92%.

As equações de regressão linear, apresentadas nos gráficos da Figura E.5, devem ser utilizadas como fator de correção, fazendo com que os laudos estimados a partir de cada proporcionalidade apresentem valores que coincidam 100% com o valor ideal (média dos laudos médicos).

Para comparar os valores obtidos no processo de estimação da idade óssea a partir dos métodos baseados na proporção áurea (N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3) com os valores médios dos laudos médicos, foi utilizado o teste de significância *T de Student* ao nível de significância de 5%. Na Tabela E.5. são apresentados os valores obtidos a partir do teste considerando todos os grupos de imagens do sexo feminino.

Tabela E.5: Valores do teste *T* obtidos para as proporcionalidades N_Ouro_1, N_Ouro_2 e N_Ouro_3 nos grupos de imagens do sexo feminino.

<i>T de Student</i>		
<i>N_Ouro_1</i>	<i>N_Ouro_2</i>	<i>N_Ouro_3</i>
0.0478	0.0442	0.0385

Analisando os dados da Tabela E.5, notam-se que os resultados alcançados de posse das proporcionalidades foram estatisticamente significantes (valores para *T de Student* menores ou iguais a 5%), podendo assim serem utilizados com confiança no processo de estimação da idade óssea, obtendo resultados com elevada significância com os valores médios dos laudos médicos.

APÊNDICE F – Resultados da metodologia *Relação Dimensional*. Sexo feminino.

Este item apresenta os resultados da estimação óssea obtidos com as metodologias baseadas em relações dimensionais R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 e R_6 (abordadas no Capítulo 3) para os grupos de imagens do sexo feminino.

Resultados relação R_1

Tabela F.1: Média, desvio-padrão e intervalo de confiança para a média dos laudos médicos e as idades estimadas utilizando R_1 nos grupos do sexo masculino.

Grupo	Faixa etária (meses)	Média dos laudos					R_1				
		Média	DP	IC (LI - LS)			Média	DP	IC (LI - LS)		
1	72 - 83	81.75	4.75	79.42	-	84.08	89.00	4.32	86.65	-	91.35
2	84 - 95	93.89	3.23	92.90	-	94.88	90.12	3.21	89.04	-	91.20
3	96 - 107	103.40	2.50	102.49	-	104.31	99.94	5.43	98.06	-	101.82
4	108 - 119	113.98	1.90	113.26	-	114.70	114.66	5.01	113.00	-	116.32
5	120 - 131	132.60	2.30	131.80	-	133.40	123.10	4.12	121.60	-	124.60
6	132 - 143	139.40	2.76	138.52	-	140.28	131.93	3.94	130.44	-	133.41
7	144 - 155	151.00	1.76	150.39	-	151.61	146.57	3.38	145.32	-	147.82
8	156 - 167	162.10	2.32	161.32	-	162.88	155.45	4.53	153.91	-	157.00
9	168 - 179	172.67	1.45	172.12	-	173.22	160.89	4.70	159.15	-	162.63
10	180 - 191	186.10	2.17	184.87	-	187.33	183.78	5.06	182.30	-	185.26
11	192 - 203	193.98	1.77	193.08	-	194.88	191.64	3.22	189.96	-	193.33
Valor médio		139.17	2.45	138.20	-	140.14	135.19	4.27	133.58	-	136.79

DP: Desvio-padrão; IC: intervalo de confiança (95%); LI: limite inferior; LS: limite superior

A Tabela F.1 traz os resultados alcançados com R_1, podendo ser observados os valores referentes à média, desvio-padrão e o intervalo de confiança.

Nota-se que para todos os grupos houve semelhança entre as idades estimadas e as médias dos laudos, sendo medido através das pequenas variações alcançadas com os valores dos intervalos de confiança (gerados com base na significância estatística de 5%).

Na Figura F. 1 é apresentada a correlação entre os laudos estimados e a média dos laudos. Nota-se uma alta correlação (0.9527). No gráfico de dispersão é mostrada a associatividade entre esses valores, representando que aproximadamente 92% (coeficiente de determinação R^2 : 0.9177) dos laudos estimados se assemelham com o valor da média dos laudos, estando cobertos pela reta de regressão linear.

Figura F. 1: Correlação entre as médias dos laudos e as idades estimadas e Diagrama de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada por R_1 (Y) nos grupos de imagens do sexo feminino.

Os resultados alcançados pelas demais metodologias estão sumarizados nos gráficos de diagramas de dispersão e, apresentados juntamente na Figura F. 2.

Figura F. 2: Diagramas de dispersão e reta ajustada pela equação de regressão entre média dos laudos (X) e idade estimada pelas metodologias *Relação Dimensional* (Y) nos grupos de imagens do sexo feminino.

Na Figura F. 2 nota-se que as metodologias, quando aplicadas nos grupos do sexo feminino, também apresentaram os resultados com elevada associatividade com o valor obtido a partir dos três métodos clássicos, repetindo os comportamentos alcançados nos grupos do sexo masculino. A seguir, é apresentado os resultados do teste *T de Student*, mostrando a significância dos

valores estimados quando comparados com os valores dos laudos médicos para cada uma das relações dimensionais.

Idades ósseas estimadas com as metodologias *Relação Dimensional* versus média dos laudos médicos

Tabela F.2: Valores do teste T obtidos com as metodologias *Relação Dimensional* nos grupos de imagens do sexo feminino.

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
0.0411	0.0338	0.0502	0.0248	0.0264	0.0500

De posse da Tabela F.2, nota-se que as metodologias obtiveram resultados significativos e podem ser utilizadas com confiança no processo de estimação da idade óssea.

APÊNDICE G – Resultados da metodologia *Proporcionalidade “Le Modulator”*. Sexo feminino.

Obtiveram-se os valores proporcionais para a metodologia *Modulor_1* e *Modulor_2* para todos os indivíduos do sexo feminino e, posteriormente, comparou-se com o número (1.000), considerando um nível de significância de 5%.

Os comportamentos obtidos foram os mesmos alcançados no sexo masculino, com os valores dimensionais obtidos com *Modulor_2* não seguindo uma tendência proporcional ao número 1.000 e, portanto, não sendo possível representar o crescimento ósseo. Já, *Modulor_1*, teve um comportamento proporcional, mantendo o valor 1.000 (ao nível de significância de 5%) na grande totalidade dos indivíduos. Isso foi comprovado a partir do teste *T de Student*, com valores ficando abaixo de 0.05 (5% de significância) em todos os grupos.

Na Figura G.1 são mostradas as distribuições dos valores encontrados a partir de *Modulor_1* em relação ao intervalo adotado, que varia entre 0.950 a 1.050 (5% de significância).

Figura G.1: Distribuição dos valores de proporcionalidades encontrados a partir de *Modulor_1* nos grupos de imagens do sexo feminino.

Nas distribuições das proporcionalidades apresentadas no gráfico da Figura G.1 nota-se que quase a totalidade dos valores oscilou dentro do intervalo (0.9500 a 1.0500), comprovando que é possível analisar se o crescimento ósseo está de acordo com a idade cronológica baseando-se na proporção 1.000.