

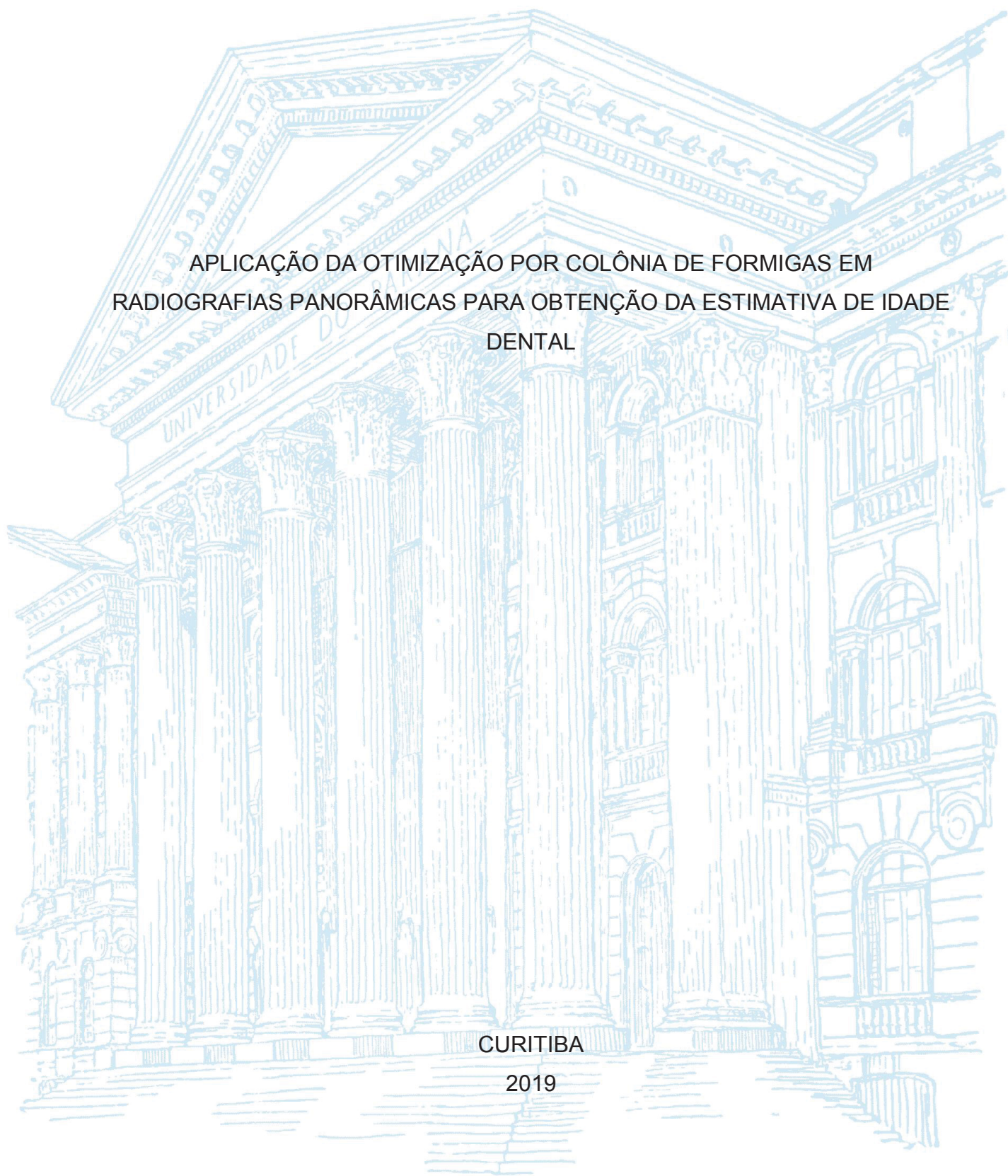
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ELIANE DE FÁTIMA COIMBRA

APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS EM
RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS PARA OBTENÇÃO DA ESTIMATIVA DE IDADE
DENTAL

CURITIBA

2019



ELIANE DE FÁTIMA COIMBRA

APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS EM
RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS PARA OBTENÇÃO DA ESTIMATIVA DE IDADE
DENTAL

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência Gestão e Tecnologia da Informação, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de /Mestre em Ciência Gestão e Tecnologia da Informação.

Orientador: Prof. Dr. José Simão de Paula Pinto

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Kuretzki

Coorientador(a): Prof (a). Dr(a). Ângela Fernades

CURITIBA

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS
SOCIAIS APLICADAS – SIBI/UFPR COM DADOS FORNECIDOS PELO(A)
AUTOR(A) Bibliotecário: Eduardo Silveira – CRB 9/1921

Coimbra, Eliane de Fátima

Aplicação da otimização por colônia de formigas em radiografias panorâmicas para obtenção da estimativa de idade dental / Eliane de Fatima Coimbra. - 2019.

143 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
Programa de Pós- Graduação em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação, do Setor de Ciências Sociais Aplicadas.

Orientador: José Simão de Paula Pinto.

Coorientador: Carlos Henrique Kuretzki.

Coorientadora: Ângela Fernandes

Defesa: Curitiba, 2019.

1. Dentes - radiografia. 2. Formiga. 3. Modelos lineares.
I. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas.
Programa de Pós- Graduação em Ciência, Gestão e Tecnologia da
Informação. II. Pinto, José Simão de Paula. III. Kuretzki, Carlos Henrique.
IV. Fernandes, Ângela. V. Título.

CDD 617.607572



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GESTÃO DA
INFORMAÇÃO - 40001016058P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GESTÃO DA INFORMAÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ELIANE DE FATIMA COIMBRA** intitulada: **APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS PARA OBTENÇÃO DA ESTIMATIVA DE IDADE DENTAL**, sob orientação do Prof. Dr. JOSÉ SIMÃO DE PAULA PINTO, que após após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 30 de Agosto de 2019.

JOSÉ SIMÃO DE PAULA PINTO
Presidente da Banca Examinadora

JOAO DA SILVA DIAS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

DENISE FUKUMI TSUNODA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

ANGELA FERNANDES
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

CARLOS HENRIQUE KURETZKI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE POSITIVO)

A minha irmã **Liliane (in memoriam)** pela inspiração e amor que dedicou a educação.

AGRADECIMENTOS

A **Deus** por ser a força que me impulsiona todos os dias.

Ao meu **pai Darcy** e a minha **mãe Eugênia (in memorian)** por me guiarem nos primeiros passos do conhecimento.

A minha **tia Maria de Oliveira Massuqueto** pelo apoio nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. José Simão de Paula Pinto** pela dedicação, incentivo, profissionalismo, paciência e parceria durante a realização da pesquisa.

Ao meu coorientador **Prof. Dr. Carlos Henrique Kuretzki** pela contribuição a minha pesquisa.

A minha coorientadora **Profa. Dra. Ângela Fernandes** pelo conhecimento em Odontologia Legal ou Forense e sugestões que muito contribuíram para minha pesquisa.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação**, na pessoa da **Profa. Dra. Maria do Carmo Duarte Freitas**.

A **Profa. Dra. Denise Fukumi Tsunoda** pela contribuição em minha pesquisa.

Ao **Prof. Dr. Ademir Franco** pela ajuda em Odontologia Legal ou Forense.

A amiga e colega **Luciana Ordine Araújo** pela amizade, companheirismo e auxílio em todas as horas durante todo o período do mestrado.

A minha amiga **Sther Garcia Ferreira Orestes** pela ajuda com as radiografias e com o levantamento de dados da pesquisa.

A **equipe do Serviço de Radiologia Odontológica** da Universidade Federal do Paraná, pelo auxílio durante a pesquisa.

Agradeço a todos...

“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que faz com aquilo que você sabe.” (Aldous Huxley)

RESUMO

A Otimização por Colônia de Formigas (ACO) é técnica pode ser aplicada na solução de diversos tipos de problemas, inclusive no processamento e detecção de contornos de imagens. Por isso, este estudo tem por objetivo avaliar a aplicação da Otimização por Colônia de Formigas em radiografias panorâmicas para obtenção da estimativa de idade dental que na Odontologia Legal/Forense é uma forma de identificação humana reconstrutiva. A amostra constitui-se de 228 radiografias panorâmicas digitalizadas de pacientes que compõem o acervo do Laboratório de Imaginologia do curso de Odontologia da UFPR (Universidade Federal do Paraná), no período de janeiro de 2015 a agosto de 2018. Destas foram utilizados dados referentes ao sexo, data de nascimento, data de realização das radiografias e a idade cronológica em anos e meses. Também foram observados e classificados os estágios da mineralização dos dentes terceiros molares superiores e inferiores conforme os 8 estágios de Dermijian de A a H tanto nas radiografias panorâmicas originais quanto nas imagens decorrentes da aplicação da ACO. Após a aplicação da ACO a proporção de panorâmicas que tiveram bordas detectadas foi de 93,4%. Quanto ao desempenho da ACO na detecção de bordas foram obtidos elevados percentuais de acurácia 92,5%, sensibilidade de 95,8%, precisão de 96,2% e recall de 95,8%. Já na classificação dos contornos nos terceiros molares tanto por ACO como nas panorâmicas originais pelo método de Dermijian houve a predominância dos estágios G (raiz distal) e H (fechamento do ápice) indicando que a amostra é composta de indivíduos jovens e adultos, cuja idade cronológica média foi de 18,4 a 24,3 anos e para o feminino e de 18,4 anos a 24,1 anos para o sexo masculino. Na obtenção da estimativa da idade foram ajustados a estes dados modelos lineares generalizados com distribuição gama para ambos os sexos, sendo mostrados 20 valores ajustados e seus respectivos valores observados tanto para o sexo feminino quanto masculino em que as maiores diferenças entre a idade cronológica e sua estimativa (idade dental) foi de aproximadamente 1 a 3 anos para ambos os sexos considerada aceitável uma vez que em indivíduos adultos essa diferença pode ser bem maior.

Palavras-chave: Algoritmo. Processamento de imagens. Detecção de bordas. Odontologia Legal/Forense. Identificação humana reconstrutiva. Modelo Linear Generalizado gama.

ABSTRACT

Ant Colony Optimization (ACO) is a technique that can be applied to solve many types of problems, including image processing and contour detection. Therefore, this study aims to evaluate the application of Ant Colony Optimization in panoramic radiographs to obtain the dental age estimate that in Forensic / Legal Dentistry is a form of reconstructive human identification. The sample consists of 228 digitalized panoramic radiographs of patients that compose the collection of the Imaging Laboratory of the UFPR Dentistry Course (Federal University of Paraná), from January 2015 to August 2018. From these, data regarding gender, date of birth, date of radiographs and chronological age in years and months were used. The mineralization stages of the upper and lower third molars teeth were also observed and classified according to Dermijian's 8 stages from A to H in both the original panoramic radiographs and the images resulting from the application of ACO. After ACO application, the proportion of panoramic that had detected edges was 93,4%. Regarding the performance of ACO in edge detection, high percentages of accuracy 92,5%, sensitivity of 95,8%, precision of 96,2% and recall of 95,8% were obtained. In the classification of the contours in the third molars both by ACO and the original panoramic by the Dermijian method there was a predominance of stages G (distal root) and H (apex closure) indicating that the sample is composed of young and adult individuals, whose age mean chronological age ranged from 18,4 to 24,3 years and for females and from 18,4 years to 24,1 years for males. To obtain the age estimate, generalized linear models with gamma distribution for both sexes were adjusted to this data, showing 20 adjusted values and their respective values observed for both females and males where the greatest differences between chronological age and their the estimate (dental age) was approximately 1 to 3 years for both sexes considered acceptable since in adult individuals this difference may be much larger.

Key-words: Algorithm. Image processing. Edge detection. Legal/Forensic Dentistry. Reconstructive human identification. Gamma Generalized Linear Model.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TRILHAS DE FORMIGAS ATÉ O ALIMENTO.....	37
FIGURA 2 - GRAFO DO CAMINHO PERCORRIDO POR UMA FORMIGA ARTIFICIAL.....	39
FIGURA 3 - MATRIZ DE INTENSIDADE EM CADA PIXEL M1 X M2.....	47
FIGURA 4 - ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DOS DENTES MOLARES DE DERMIJIAN.....	57
FIGURA 5 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA.....	59
FIGURA 6 - APARELHO DE RAIOS-X PANORÂMICO.....	59
FIGURA 7 - EXEMPLO DE GRÁFICO NORMAL DE PROBABILIDADE COM ENVELOPE SIMULADO.....	64
FIGURA 8 - JANELA ABERTA DO IMAGEJ.....	68
FIGURA 9 - PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM.....	71
FIGURA 10 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO ALGORITMO PARA METAHEURÍSTICA ACO.....	75
FIGURA 11 - ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DE DERMJIAN.....	79
FIGURA 12 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM 750 x 500 PIXELS.....	83
FIGURA 13 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA EM ESCALA DE CINZA.....	84
FIGURA 14 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM FILTRO SOBEL.....	85
FIGURA 15 - ITERAÇÃO Nº1 DA RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM ACO.....	88
FIGURA 16 - ITERAÇÃO Nº 8 RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM ACO.....	88
FIGURA 17 - IMPLANTAÇÃO DO ALGORITMO DE ACO COM BORDAS DESFOCADAS.....	92
FIGURA 18 - INDIVÍDUO 1 - A) RADIOGRAFIA ORIGINAL - B) HISTOGRAMA - C) SOBEL - D) ACO.....	93
FIGURA 19 - INDIVÍDUO 2 - A) RADIOGRAFIA ORIGINAL - B) HISTOGRAMA - C) SOBEL - D) ACO.....	94
FIGURA 20 - INDIVÍDUO 3 - A) RADIOGRAFIA ORIGINAL - B) HISTOGRAMA - C) SOBEL - D) ACO.....	95
FIGURA 21 - ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DE DERMJIAN.....	96
FIGURA 22 - DISTRIBUIÇÃO GERAL DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO SEGUNDO DERMJIAN.....	98

FIGURA 23 - ASSOCIAÇÃO ENTRE OS ESTÁGIOS DE DERMIJIAN E OS TERCEIROS MOLARES EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS COM APLICAÇÃO DA ACO	99
FIGURA 24 - CURVA ROC DA CLASSIFICAÇÃO DOS TERCEIROS PELA ACO 100	
FIGURA 25 - DISTRIBUIÇÃO GERAL DOS ESTÁGIOS DE DERMIJIAN NOS TERCEIROS MOLARES	105
FIGURA 26 - ASSOCIAÇÃO ENTRE OS TERCEIROS MOLARES E OS ESTÁGIOS DE DERMIJIAN PANORÂMICAS ORIGINAIS	106
FIGURA 27 - DISTRIBUIÇÃO DA VARIÁVEL IDADE CRONOLÓGICA	114
FIGURA 28 - GRÁFICO NORMAL DE PROBABILIDADE - SEXO FEMININO.....	119
FIGURA 29 - GRÁFICO NORMAL DE PROBABILIDADE - SEXO MASCULINO ...	120
FIGURA 30 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS - ACO SEXO FEMININO	122
FIGURA 31 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS - PANORÂMICA ORIGINAL SEXO FEMININO.....	122
FIGURA 32 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS - ACO SEXO MASCULINO	124
FIGURA 33 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS - PANORÂMICA ORIGINAL SEXO MASCULINO	124

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - PESQUISA DE TERMOS DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS	28
QUADRO 2 - ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS....	41
QUADRO 3 - CRONOLOGIA DA MINERALIZAÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES NO BRASIL	56
QUADRO 4 - PLANILHA DE DADOS DOS PACIENTES DA AMOSTRA	69
QUADRO 5 - PARÂMETROS DO ALGORITMO DE ACO	74
QUADRO 6 - VALORES INICIAIS DOS PARÂMETROS DO ALGORITMO DE ACO	86
QUADRO 7 - VALORES FINAIS DOS PARÂMETROS DO ALGORITMO DE ACO.	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA POR ANO	66
TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA CONFORME IDADE.....	67
TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO IDADE, SEXO E ANO DA PANORÂMICA	82
TABELA 4 - TEMPO DE PROCESSAMENTO DA ACO NA PANORÂMICA - ITERAÇÃO 1 A 4	87
TABELA 5 - TEMPO DE PROCESSAMENTO DA ACO NA PANORÂMICA - ITERAÇÃO 5 A 8	87
TABELA 6 - PROPORÇÃO DE RADIOGRAFIAS COM BORDAS DETECTADAS ...	90
TABELA 7 - DETECÇÃO DE BORDAS DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS	91
TABELA 8 - MEDIDAS DE DESEMPENHO DO ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS	91
TABELA 9 - FREQUÊNCIA E PERCENTUAL DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES DECORRENTES DA ACO POR DERMIJIAN	97
TABELA 10 - MEDIDAS DE DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO DAS BORDAS COM APLICAÇÃO DA ACO PELO MÉTODO DE DERMIJIAN	101
TABELA 11 - ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA INTRA OBSERVADOR.....	103
TABELA 12 - FREQUÊNCIA E PERCENTUAL DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS PELO MÉTODO DE DERMIJIAN	104
TABELA 13 - MEDIDAS DE DESEMPENHO DO MÉTODO DERMIJIAN	107
TABELA 14 - DISTRIBUIÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES PELO SEXO.....	108
TABELA 15 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA IDADE NO GERAL.....	109
TABELA 16 - IDADE MÉDIA POR SEXO NOS TERCEIROS MOLARES CONFORME ESTÁGIOS DE DERMIJIAN EM RADIOGRAFIAS COM APLICAÇÃO DA ACO	110
TABELA 17 - IDADE MÉDIA POR SEXO NOS TERCEIROS MOLARES CONFORME ESTÁGIOS DE DERMIJIAN EM RADIOGRAFIAS ORIGINAIS.....	112

TABELA 18 - ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO GAMA PARA SEXO FEMININO.....	115
TABELA 19 - ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO GAMA PARA SEXO MASCULINO.....	117
TABELA 20 - IDADE CRONOLÓGICA, IDADE DENTAL, DIFERENÇA EM ANOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL PARA SEXO FEMININO	121
TABELA 21 - IDADE CRONOLÓGICA, IDADE DENTAL, DIFERENÇA EM ANOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL PARA SEXO MASCULINO.....	123

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 - INFORMAÇÃO HEURISTICA	47
EQUAÇÃO 2 - VARIAÇÃO DA INTENSIDADE ENTRE PIXELS	47
EQUAÇÃO 3 - VARIAÇÃO DE INTENSIDADE MÁXIMA.....	48
EQUAÇÃO 4 - PROBABILIDADE DE TRANSIÇÃO.....	49
EQUAÇÃO 5 - ATUALIZAÇÃO DO FEROMÔNIO	49
EQUAÇÃO 6 - THRESHOLD	51
EQUAÇÃO 7 - FUNÇÃO DENSIDADE GAMA.....	62
EQUAÇÃO 8 - DISTRIBUIÇÃO GAMA	62
EQUAÇÃO 9 - FUNÇÃO DE LIGAÇÃO	63
EQUAÇÃO 10 - AMPLITUDE DO GRADIENTE ORTOGONAL.....	72
EQUAÇÃO 11 - SENSIBILIDADE	77
EQUAÇÃO 12 - ESPECIFICIDADE	77
EQUAÇÃO 13 - ACURÁCIA.....	77
EQUAÇÃO 14 - PRECISÃO.....	77
EQUAÇÃO 15 - RECALL	77
EQUAÇÃO 16 - MODELO AJUSTADO GAMA - ACO - SEXO FEMININO.....	116
EQUAÇÃO 17 - MODELO AJUSTADO GAMA - PANORÂMICA ORIGINAL - SEXO FEMININO	116
EQUAÇÃO 18 - MODELO AJUSTADO GAMA - ACO - SEXO MASCULINO.....	118
EQUAÇÃO 19 - MODELO AJUSTADO GAMA - PANORÂMICA ORIGINAL - SEXO MASCULINO.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ACO	- Ant Colony Optimization
ACS	- Ant Colony System
AGFAD	- Study Group on Forensic Age Diagnostics
ADN ou DNA	- Ácido Desoxirribonucleico (Deoxyribonucleic Acid)
DVI	- Disaster Victim Identification
IML	- Instituto Médico Legal
INTERPOL	- International Criminal Police Organization
LABIM	- Laboratório de Ensino e Pesquisa de Imaginologia
MLG	- Modelo Linear Generalizado
NCBI	- National Center for Biotechnology Information
PAQ	- Problema da Alocação Quadrática
PCV	- Problema do Caxeiro Viajante
ROC	- Receiver Operating Characteristic Curve
UFPR	- Universidade Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

r	-	posição da formiga
θ	-	direção do deslocamento da formiga
τ_0	-	feromônio inicial
q_0	-	grau de exploração da formigas
M_1	-	comprimento da imagem
M_2	-	largura da imagem
N	-	número de formigas
L	-	etapa de construção
φ	-	decaimento do feromônio
α	-	quantidade de feromônio
α	-	nível de significância
ρ	-	evaporação do feromônio
$\eta_{i,j}$	-	informação heurística
η	-	preditor linear
$I_{(i,j)}$	-	Intensidade do pixel
V_c	-	variação na intensidade no pixel
V_{max}	-	variação na intensidade máxima
(i, j)	-	pixel anexo
(i_0, j_0)	-	pixel atual
P	-	probabilidade de transição
T	-	limiar Threshold
Σ	-	somatório
Y_i	-	variável resposta
X_i	-	variável preditora
μ	-	valor esperado
μ	-	média
$g()$	-	função de ligação
λ	-	parâmetro função gama
$\Gamma(.)$	-	função gama
$I(.)$	-	função indicadora

e	-	exponencial
Var	-	variância
β	-	vetor de parâmetros do modelo gama
β	-	informação heurística
∇f	-	amplitude gradiente ortogonal
G_x	-	gradiente direção horizontal
G_y	-	gradiente direção vertical
(l)	-	quadrado atual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	JUSTIFICATIVA	26
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	29
1.3	OBJETIVOS	30
1.3.1	Objetivo geral	30
1.3.2	Objetivos específicos.....	30
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	30
2	REFERENCIAL TEÓRICO	32
2.1	INFORMAÇÃO, GESTÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	32
2.2	COMPUTAÇÃO NATURAL	34
2.2.1	Inteligência de enxames.....	35
2.3	OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS	36
2.3.1	Principais algoritmos de Otimização por Colônia de Formigas	40
2.3.2	Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas de imagem ..	42
2.3.2.1	Etapas da Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas....	45
2.3.2.1.1	Inicialização do processo	46
2.3.2.1.2	Processo de construção	48
2.3.2.1.3	Atualização do processo	50
2.3.2.1.4	Decisão do processo	50
2.3.2.1.5	Visualização do processo	51
2.4	ODONTOLOGIA LEGAL OU FORENSE.....	52
2.5	ESTIMATIVA DA IDADE PELOS TERCEIROS MOLARES	54
2.6	ESTIMATIVA DA IDADE PELO MÉTODO DE DERMIJIAN.....	56
2.7	RADIOGRAFIA PANORÂMICA.....	58
2.8	MODELO LINEAR GENERALIZADO	61
2.8.1	Modelo Linear Generalizado	61
2.8.2	Modelo linear para distribuição gama	62
2.8.3	Função de ligação	63
2.8.4	Gráfico normal de probabilidade com envelope simulado	64
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	65
3.1	APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	65
3.2	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	65

3.3	COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA	65
3.3.1	Amostra	65
3.3.2	Treinamento do observador	67
3.3.3	Radiografias panorâmicas digitalizadas	67
3.3.4	Cegamento	68
3.4	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	68
3.5	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	69
3.6	COLETA DE DADOS	69
3.7	SOFTWARES UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO DE IMAGENS E DADOS	70
3.8	TIPO DE ESTUDO	70
3.9	OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS NA DETECÇÃO DE BORDAS	71
3.9.1	Pré-processamento da imagem	71
3.9.2	Ajuste dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas	73
3.9.3	Etapas da Otimização por Colônia de Formigas	74
3.9.4	Avaliação do desempenho da Otimização por Colônia de Formigas	76
3.9.4.1	Medidas de desempenho da Otimização por Colônia de Formigas	76
3.10	MÉTODO DE DERMIJIAN PARA ESTIMATIVA DA IDADE	78
3.10.1	Mineralização dos terceiros molares	78
3.10.2	Classificação dos estágios de Dermijian	78
3.11	MÉTODOS ESTATÍSTICOS	80
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	82
4.2	PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM	83
4.3	OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS	85
4.3.1	Ajuste dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas	86
4.3.1.1	Parâmetros iniciais do algoritmo	86
4.3.1.2	Pré-teste do processamento com ACO	87
4.3.1.3	Parâmetros finais do algoritmo	89
4.3.2	Desempenho do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas	90

4.4	CLASSIFICAÇÃO DAS BORDAS DOS TERCEIROS MOLARES DECORRENTES DA APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS EM ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO PELO MÉTODO DE DERMIJIAN	96
4.4.1	Associação entre os contornos dos terceiros molares detectados por ACO e os estágios da mineralização de Dermijian	99
4.4.2	Desempenho ao classificar os terceiros molares com ACO por Dermijian	100
4.5	CLASSIFICAÇÃO DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO NOS TERCEIROS MOLARES EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS CONFORME MÉTODO DE DERMIJIAN	102
4.5.1	Treinamento para classificação das radiografias panorâmicas	102
4.5.2	Classificação das radiografias panorâmicas em estágios de Dermijian	102
4.5.3	Associação entre os contornos dos terceiros molares e os estágios da mineralização de Dermijian em radiografias panorâmicas originais	106
4.5.4	Desempenho ao classificar os terceiros molares pelo método de Dermijian	107
4.6	ESTIMATIVA DA IDADE PELOS TERCEIROS MOLARES POR DERMIJIAN	108
4.6.1	Análise descritiva da idade cronológica.....	109
4.6.2	Distribuição da idade cronológica.....	114
4.6.3	Ajuste do Modelo Linear Generalizado para distribuição gama	115
4.6.4	Qualidade do ajuste do modelo linear generalizado para distribuição gama	119
4.6.5	Estimativa da idade pelo método de Dermijian	121
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	128
	REFERÊNCIAS	129
	APÊNDICE 1 - PARECER COMITÊ DE ÉTICA EM SAÚDE	140

1 INTRODUÇÃO

A gestão da informação executa o gerenciamento informacional que de acordo com Tarapanoff (2006) consiste em monitorar a criação, aquisição, organização, armazenagem, recuperação, acesso, distribuição, compreensão e uso da informação que constituem-se como o ciclo vital da informação. A autora, ainda afirma que o ciclo informacional se inicia-se quando detecta-se a necessidade de informação.

O conceito de “informação”, é vasto, do mesmo modo que muitas são as fontes de informação (SOUZA, 2007).

A informação é composta por dados dotados de conteúdo, relevância e objetivo que, para serem compreendidos, recebem a interpretação e análise humana, que formam a base de sua produção (PORÉM; SANTOS; BELLUZZO, 2012).

Já para Davenport e Prusak (2003), a informação também deve possuir valor, qualidade, propriedade e segurança para que atenda às necessidades de quem dela usufruir. E McGee e Prusak (1994) entendem que ela possui diferentes enfoques e desempenha diversos papéis, dependendo da área em que está inserida.

Ao ser processada é convertida em conhecimento, mediante a utilização de processos, técnicas e equipamentos que caracterizam-se como tecnologia da informação (RAMOS, 2008).

A tecnologia da informação, demanda recursos: humanos (usuários e especialistas), hardware, software, dados e redes para realizar procedimentos de entrada, processamento, produção, armazenamento e controle que transformam dados em produtos de informação (OLIVEIRA, 2003).

A informação, a gestão da informação e a tecnologia da informação compreendem a Ciência da Informação que é considerada como uma ciência multidisciplinar por mover-se paralelamente com outras ciências, partilhando alguns conceitos e cedendo outros, na construção de conhecimentos. Entre as ciências está a da Computação que é uma área engloba ciência e tecnologia (DUARTE, 2009).

Dentro da computação, há uma divisão denominada de computação natural, cuja a principal proposição é de que fenômenos naturais podem ser modelados e

explicados computacionalmente, criando sistemas artificiais empregados para solucionar problemas científicos de diferentes áreas (XAVIER, 2015; XAVIER; DE CASTRO, 2013).

A computação natural configura-se como a ligação entre a natureza nos seus reinos animal, vegetal e mineral e o ambiente digital para que possam ser criados e desenvolvidos modelos e algoritmos inspirados na natureza (DE CASTRO, 2007).

Existem diversos tipos de algoritmos que simulam fenômenos e formas naturais como colônia de formigas, enxames de abelhas, cardumes de peixes, algoritmos genéticos, transformada de florestas e muitos outros (BRABAZON; O'NEILL; MCGARRAGHY, 2015).

No caso da Otimização por Colônia de Formigas (ACO) baseia-se no comportamento social deste tipo de inseto que explora ambientes em busca de alimento, quando encontram, comunicam as demais por uma substância química denominada de feromônio. Portanto, as formigas juntamente com o feromônio são considerados os principais componentes do algoritmo (DORIGO; STÜTZLE, 2004).

Para os autores, a ideia geral da Otimização por Colônia de Formigas é definir uma colônia que irá percorrer um determinado caminho, em que cada formiga é um indivíduo que libera o feromônio que está associado a uma variável de estado e a diferentes estados de problemas.

A Otimização por Colônia de Formigas pode ser aplicada em várias áreas do conhecimento como: Astronomia, Engenharia, Medicina e Odontologia (BECCENERI, 2013). Na Medicina, possibilita a resolução de problemas como a otimização de rotas na visita a pacientes enquanto que na Odontologia pode compor um mix de produtos de higiene bucal.

A Odontologia, como a Medicina, pode ser praticada de três formas: preventiva, curativa e legal. A preventiva se concentra na prevenção de doenças maxilomandibulares; enquanto que a curativa visa o diagnóstico, prognóstico e tratamento de doenças complexo bucomaxilofacial; já a Odontologia Legal/Forense dedica-se à resolução de questões periciais, judiciais, bem como na identificação de indivíduos (SILVA, 1997).

A Odontologia Legal ou Forense visa a identificação positiva de vítimas de desastres em massa, sendo fundamental na identificação de cadáveres dilacerados e/ou carbonizados, de vítimas de morte acidental ou de crimes como homicídio,

suicídio, entre outros e identificação médico-legal de restos de cadáveres e esqueletos por comparação ou reconstrução (ALMEIDA; PARANHOS; SILVA, 2010). Segundo De Araújo et al. (2010) a Odontologia Legal ou Forense promove investigações de fenômenos físicos, químicos, biológicos e psíquicos, em seres humanos vivos e mortos, ossadas, fragmentos de ossadas e até em um único dente, restringindo-se à realização de perícias em partes da cabeça.

A identificação é um método técnico-científico em que se determina a identidade de uma pessoa. Os métodos para identificação humana podem ser não dentários e dentários; sendo que este último utiliza os dentes (FIGUEIREDO, 2008).

Os dentes e aspectos dentais representam uma das mais valiosas características de individualidade do ser humano, além de serem estruturas muito resistentes a agentes químicos, calor e putrefação. Para Panchbhai (2011), os dentes são considerados os órgãos de maior durabilidade do corpo humano, sendo capazes de não só sobreviver à morte, como também permanecer relativamente sem alterações por milhares de anos. Os dentes permitem estabelecer o biótipo de um indivíduo como a determinação do sexo, além das estimativas da estatura e da idade.

A determinação da idade pelos dentes, fornece uma idade mais próxima da idade cronológica. Então, quanto mais jovem for o indivíduo, menor será a discrepância da idade dental em relação à sua idade cronológica (SILVA, 1997). Como os dentes apresentam minúsculos detalhes que tornam cada indivíduo único, quando registrados em imagens radiográficas estas propiciam a visão dessas particularidades pelos especialistas (ALMEIDA; PARANHOS; SILVA, 2010). Então, o uso de imagens da arcada dentária permite que seja realizada a estimativa do sexo, estatura e idade de um indivíduo.

A radiografia odontológica é um dos recursos que auxilia na identificação de um indivíduo, pois mostra detalhes relevantes da sua anatomia dentária como: a forma dos dentes, existência de cáries, doença periodontal, obturações, alvéolos, dentes inclusos ou não aparentes, fraturas, lesões, patologias, além da detecção de anomalias dentárias congênitas ou adquiridas (BARBOZA, 2011). As radiografias odontológicas se dividem em:

- a) **radiografia intrabucal:** são radiografias pequenas, cujos filmes são introduzidos no interior da cavidade oral;

b) **radiografia extrabucal:** são radiografias de tamanho maior, cujos filmes são posicionados fora da cavidade oral.

Entre as radiografias extrabucais encontra-se a panorâmica, que possibilita uma visão ampla do complexo dento-bucomaxilofacial do indivíduo num único filme.

A identificação humana por meio de radiografias odontológicas pode ser realizada por comparação de radiografias Ante Mortem (AM) e Post Mortem (PM) e por identificação reconstitutiva, que consiste em traçar o perfil dentário atual Post-mortem do indivíduo. Este perfil pode fornecer informações sobre a causa da morte, sexo, estatura, idade, raça, afinidade populacional, status socioeconômico, profissão, hábitos alimentares, vícios e certas doenças dentárias ou sistêmicas.

A determinação da idade de um indivíduo está vinculada ao fato de que com o passar do tempo, surgem no ser humano uma série de alterações morfológicas e bioquímicas (FIGUEIREDO, 2008). Assim, a estimativa da idade é bastante útil, pois ajuda na reconstrução do perfil pessoal do indivíduo, principalmente nos casos em que os corpos se encontram irreconhecíveis ou em avançado estado de deterioração.

Para estimar a idade e traçar o perfil do indivíduo pode-se utilizar radiografias panorâmicas, conforme descrevem Dighe e Revati (2012), onde inicialmente elas são pré-processadas com a finalidade de excluir as indesejadas que podem estar sem qualidade, não permitindo que sejam detectadas as bordas dos dentes.

As panorâmicas contêm imagens que nada mais são do que a representação óptica de um objeto iluminado por uma fonte de radiação. Já o processamento de imagens é um tipo de processamento de sinal no qual a entrada é uma imagem e a saída pode ser uma característica dessa imagem (BABU, 2016).

O sistema de processamento de imagens é constituído de diversas etapas como: formação e aquisição, digitalização, pré-processamento, segmentação, pós-processamento, extração de atributos, classificação e reconhecimento. Ele tem por finalidade aprimorar o aspecto visual e estrutural de imagens, fornecendo subsídios para que o analista (humano) possa fazer a sua interpretação, permitindo que sejam extraídas características dessas imagens. Também têm a função de melhorar a qualidade delas (ALBUQUERQUE FILHO; ALBUQUERQUE NETO, 2008).

No processamento de imagens, Pereira; Vendramin e Pohl (2000), indicam que a etapa que apresenta-se como um dos desafios é a segmentação, pois erros

nesta etapa podem influenciar de forma negativa no processamento da imagem como um todo. Na segmentação a imagem é subdividida em partes, procurando por regiões de interesse para análises posteriores. Os procedimentos para realização da segmentação são: a similaridade entre os pixels (binarização ou *thresholding*) e a descontinuidade entre eles (detecção de bordas).

A detecção de borda é uma etapa que transforma a imagem de entrada em uma imagem binária que indica a presença ou a ausência de uma borda. (JEVTIĆ; LI, 2013).

Na detecção de contornos, são mapeadas as áreas com escala de cinza (principalmente as mais brilhantes); as áreas com escala de cinza médio, e uma área de fundo com escala de cinza escuro, que nas panorâmicas mostram o limiar que dá o melhor resultado na localização dos contornos do dente.

Uma forma de otimizar o processo de detecção de bordas em radiografias panorâmicas, é utilizar a Computação Natural no segmento da Inteligência Coletiva por meio da aplicação da Otimização por Colônia de Formigas (ACO), que configura-se como mais uma opção para realização dessa tarefa.

Rai; Dutta (2014) apontam que algoritmos inspirados em enxames naturais como a Otimização por Colônia de Formigas (ACO) representam um grupo especial de algoritmos de busca no domínio da detecção de bordas em imagens.

1.1 JUSTIFICATIVA

No dia 31/10/2016 ocorreu um acidente na rodovia PR-323, no município de Cafezal do Sul, noroeste do Paraná, que deixou um saldo trágico de 20 mortos, dos quais 19 morreram carbonizados (JUSTI; CORDEIRO, 2016). Portanto, quando ocorrem tragédias como essa em que não é possível fazer o reconhecimento visual ou por impressões digitais (papilas dérmicas) das vítimas fatais devido às condições em que se encontram os cadáveres, é que se recorre a exames mais específicos. Entre eles, o exame da arcada dentária e de DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) ou ADN (Ácido Desoxirribonucleico) conforme o protocolo de Identificação de Vítimas de Desastre (*Disaster Victim Identification - DVI*) ou *DVI Guide*, recomendado pela INTERPOL. Estes exames nada mais são do que a extração de dados oriundos de características físicas e biológicas de cada indivíduo para proceder sua identificação.

Neste acidente, houve a necessidade de se utilizar métodos específicos para que todas as 20 vítimas fossem legalmente identificadas. Portanto, a identificação humana no Post-mortem (PM) é uma necessidade da sociedade, por razões sociais, civis, jurídicas, econômicas e de saúde. Sendo assim, a importância de se identificar indivíduos pode ser observada:

- a) **no contexto social:** a falta de identificação, segundo Eckert (1992), demanda atrasos em investigações e processos criminais, representando do ponto de vista sentimental, muito sofrimento as famílias que perderam seus entes queridos;
- b) **no contexto civil:** a identificação como relata Carneiro (2018) permite resolver questões burocráticas, entre elas, pagamento de pensão e seguro de vida;
- c) **no contexto jurídico:** todo indivíduo vivo ou morto tem direito a identificação legal. Em caso de morte, conforme indicam Definis-Gojanović e Sutlović (2007), a identificação permite que os restos mortais sejam entregues a família;
- d) **no contexto econômico:** para Falguera e Marana (2008), a identificação implica na resolução de assuntos econômicos e financeiros da pessoa, como herança e divisão de bens;
- e) **no contexto da saúde do servidor:** todo cadáver que se encontra recolhido no Instituto Médico Legal (IML), com o passar do tempo representa um problema de saúde pública para os servidores, devido a decomposição é possível a disseminação de doenças pelo contato com agentes microbiológicos (PAULA, 2016);
- f) **no contexto criminal:** a identificação de vítimas é um importante mecanismo em investigações criminais (DE FREITAS, 2013).

Quando um cadáver não é legalmente identificado como declaram Melo e Pinheiro (2010), o município tem por obrigação dar-lhe um destino que pode ser: realizando o sepultamento ou promovendo a doação para estudo e pesquisa em universidades.

A relevância deste estudo, está na obtenção da estimativa da idade que é utilizada na Odontologia Legal ou Forense como uma das formas de identificação humana reconstrutiva, visando a descoberta de informação de indivíduos com a aplicação da Otimização por Colônia de Formigas.

Desse modo, o emprego de algoritmos bioinspirados em processamento de imagens como o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas vem sendo utilizado para melhorar os resultados na detecção de bordas de imagens, pois trata-se de um sistema de inteligência coletivo sofisticado que possui uma alta robustez e uma excelente distribuição computacional (BURLE; SOARES; REGIS, 2017). Ao ser implementado com a utilização de programas computacionais como softwares livres, não acarreta custos para o usuário, sendo passível de utilização em Institutos Médico Legal ou em Institutos de Identificação.

O Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas vem sendo empregado no diagnóstico por imagem médicas (AGUIAR, 2017). Portanto, também pode ser aplicado em radiografias panorâmicas possibilitando a localização de contornos em dentes e ou de estruturas dentárias, podendo auxiliar na estimativa da idade dental.

Por último e tão igualmente importante para a realização deste trabalho foi considerado o resultado da pesquisa quantitativa pelos termos em inglês “*ant colony optimization*”, “*ant colony optimization in image detection*”, “*ant colony optimization in image medical detection*” e “*ant colony optimization in image dental detection*” nas bases científicas: *Science Direct*, *Web Science*, Scopus (Elsevier), NCBI e *WILEY Online Library*, realizada no período de julho de 2018 a janeiro de 2019, referente a publicações de janeiro de 2015 a dezembro de 2018, conforme o QUADRO 1.

QUADRO 1 - PESQUISA DE TERMOS DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS

continua

Bases de dados	Ano	Termos de busca			
		Ant colony optimization	Ant colony optimization in image detection	Ant colony optimization in image medical detection	Ant colony optimization in image dental detection
Science Direct	2015	394	3	1	-
	2016	318	2	1	-
	2017	331	4	1	-
	2018	350	3	2	-
Web Science	2015	325	2	1	-
	2016	299	4	2	-
	2017	323	5	3	-
	2018	308	5	3	-
SCOPUS (Elsevier)	2015	338	5	1	-
	2016	321	5	-	-
	2017	341	4	3	-
	2018	357	5	3	-

QUADRO 1 - PESQUISA DE TERMOS DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS

conclusão

Bases de dados	Ano	Termos de busca			
		Ant colony optmization	Ant colony optimization in image detection	Ant colony optimization in image medical detection	Ant colony optimization in image dental detection
NCBI	2015	198	1	1	-
	2016	209	3	2	-
	2017	181	4	-	-
	2018	256	3	-	-
WILEY Online Library	2015	159	1	1	-
	2016	179	3	2	-
	2017	190	2	1	-
	2018	291	2	-	-

Fonte: O autor (2019).

No QUADRO 1, a pesquisa nas bases de dados Science Direct, Web Science, Scopus (Elsevier), NCBI e WILEY Online Library, indica a existência de várias publicações com os termos “ant colony optmization”. A busca mostra que para os termos “ant colony optimization in image detection” e “ant colony optimization in image medical detection” que há poucas publicações. Quanto a procura pelos termos “ant colony optimization in image dental detection”, não revelou nenhum outro trabalho similar em que se houvesse utilizado a detecção de imagens com a finalidade de estimar a idade dental humana, nestas bases de dados pesquisadas.

A Otimização por Colônia de Formigas se apresenta como uma vantagem prática do processamento, reconhecimento, segmentação e detecção de bordas em imagens tornando-se uma alternativa na identificação vítimas de acidentes em massa (MARTINEZ; PACIOS; SILVA, 2015).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A Odontologia Legal ou Forense como forma de identificação humana reconstrutiva seja na determinação do sexo, estimativa da idade e da altura e indicação da etnia, apresenta como vantagem os dentes que são órgãos extremamente resistentes à ação do tempo (BARBOZA, 2011).

No caso da estimativa da idade dental, há a necessidade de se utilizar técnicas cada vez mais apuradas para aproximar a idade dental da idade

cronológica, portanto a abordagem por Otimização de Colônia de Formigas que se trata de um algoritmo de busca aleatória que pode ser empregada em estudos científicos com a utilização de imagens. Então, tem-se a seguinte questão de pesquisa: Como da aplicação da Otimização por Colônia de Formigas em radiografias panorâmicas pode-se obter a estimativa da idade dental?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a aplicação da Otimização por Colônia de Formigas em radiografias panorâmicas digitalizadas que se encontram arquivadas no LABIM do curso de Odontologia da UFPR, no período de janeiro 2015 a agosto de 2018 para obtenção da estimativa de idade dental.

1.3.2 Objetivos específicos

- Classificar os contornos dos terceiros molares decorrentes da aplicação da Otimização por Colônia de Formigas nas radiografias panorâmicas digitalizadas em estágios da mineralização de Dermijian.
- Comparar os estágios da mineralização dos terceiros molares de Dermijian observados na detecção de bordas pela Otimização por Colônia de Formigas com os visualizados diretamente em radiografias panorâmicas digitalizadas originais.
- Aplicar o método de Dermijian em radiografias panorâmicas digitalizadas originais e nas imagens resultantes da aplicação da Otimização por Colônia de Formigas e estimar a idade dental.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Na estruturação deste trabalho, o Capítulo 2, na Seção 2.1 podem ser encontrados os conceitos de Informação, Gestão e Tecnologia da Informação; na Seção 2.2 a Computação Natural em que são descritos a inteligência de enxames; na Seção 2.3 a Otimização por Colônia de Formigas, conceitos e definições, os

quais compõem a base para a formulação do problema de pesquisa; na Seção 2.4 a Odontologia Legal ou Forense em que aborda-se a identificação humana; na Seção 2.5 é conceitualizada a Estimativa da idade pelos terceiros molares e na Seção 2.6 a Estimativa da idade pelo método de Dermijian; a Seção 2.7 refere-se a Radiografia panorâmica e na Seção 2.8 encontra-se a definição de Modelo Linear Generalizado.

O Capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa, em que na Seção 3.1 tem-se o Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFPR; Seção 3.2 a Pesquisa com termos da Otimização por Colônia de Formigas; na Seção 3.3 discorre-se acerca da composição da amostra; na Seção 3.4 os softwares utilizados na implementação da Otimização por Colônia de Formigas e métodos estatísticos; na Seção 3.5 o Critério de inclusão; na Seção 3.6 o Critério de exclusão; na Seção 3.7 tem-se os aspectos da Coleta de dados; na Seção 3.8 explora-se o Tipo de estudo; na Seção 3.9 a Otimização por Colônia de Formigas; na Seção 3.10 o método de Dermijian e na Seção 3.11 os Métodos estatísticos adotados.

No Capítulo 4 encontram-se os resultados obtidos e a discussão dos mesmos. Assim, na Seção 4.1 tem-se a caracterização da amostra; na Seção 4.2 é mostrado o pré-processamento da radiografia panorâmica; na Seção 4.3 a Otimização por Colônia de Formigas, inclusive com os resultados do desempenho do algoritmo; na Seção 4.4 a classificação das bordas dos terceiros molares em estágios da mineralização pelo método de Dermijian posteriormente a aplicação da Otimização por Colônia de Formigas; na Seção 4.5 é apresentada a classificação dos estágios da mineralização nos terceiros molares pelo método de Dermijian em radiografias panorâmicas e na Seção 4.6 a Estimativa da idade pelos terceiros molares pelo método de Dermijian.

No Capítulo 5 são apresentadas as considerações da pesquisa e na Seção 5.1 as sugestões de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os conceitos relacionados a esse projeto de pesquisa referem-se à informação, gestão da informação, tecnologia da informação, computação natural, Algoritmo da Colônia de Formigas (ACO) para detecção de bordas em imagens e na Odontologia Legal ou Forense com enfoque na identificação humana reconstrutiva por meio de radiografias panorâmicas digitais para estimativa da idade dental de humanos.

2.1 INFORMAÇÃO, GESTÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Os dados quando providos de significância e finalidade ao receberem a análise de pessoas segundo Davenport e Prusak (2003) transformam-se em informação. Para que isto aconteça Turban; Raine e Potter (2005, p. 76) indicam que os dados “devem ser exatos, completos, oportunos, consistentes, acessíveis, relevantes e concisos”. Portanto, a leitura e interpretação de dados é que produzem informação.

Desse modo, McGee e Prusak (1994) entendem que a informação não está limitada ao fato de coletar dados, mas também de organizá-los e ordená-los para que tenham utilidade. Sendo assim, Foina (2013) destaca que a informação deve estar disponível para uso quando houver necessidade e que deve ser precisa. Ele indica ainda que a toda informação estão associados três aspectos:

- g) um valor real que é definido pelo usuário;
- h) um conceito que deve ser claro, sucinto, de compreensão de todos os envolvidos;
- i) uma referência ou padrão de comportamento dos interessados.

Sendo assim, a compreensão da informação impacta na forma como ela é utilizada e valorizada (MCGEE; PRUSAK, 1994). Enquanto que Oliveira (2003) e Silva A. (2009) concordam que a eficiência no uso da informação está relacionada ao custo para obtê-la e o valor advindo do seu emprego. E para verificar um melhor modo de utilizar a informação é que adota-se o gerenciamento da informação.

Nesse sentido, Tarapanoff (2006) define a gestão da informação como uma forma de administrar a informação, isto é, são uma série de processos em se decide

o que e como fazer para que a informação seja de qualidade e obtida no tempo certo, possibilitando sua conversão em conhecimento.

Enquanto isso, Davenport e Prusak (2003) apontam a existência de tarefas no gerenciamento da informação como: formular o problema, identificar as necessidades de informação, localizar e capturar informações adequadas, analisá-las e interpretá-las, manipulá-las e personalizá-las, difundi-las, armazená-las e ordená-las e por fim usá-las. Assim, essas atividades mostram a dimensão da gestão da informação que conforme Valentim et al. (2008) objetiva conseguir um diagnóstico informacional e mapear os fluxos formais de informação nos mais variados tipos de serviços.

Logo, Tarapanoff (2006) ressalta que cabe à gestão da informação analisar os conteúdos informacionais em ambientes internos e externos das organizações, baseando-se claramente na tecnologia de informação.

Dessa forma, a tecnologia de informação segundo Foina (2013) reúne métodos e ferramentas, mecanizadas ou não que colaboram com a geração, monitoramento e utilização de informações. É para atingir metas que a tecnologia da informação fornece equipamentos (computadores), bancos de dados, sistemas de comunicação, dados e imagens, processamento de dados e imagens, entre outros recursos que serão usados conforme a carência dos usuários.

De acordo com Oliveira (2003), a tecnologia da informação pode ser interpretada como o elemento que age como estimulador na transmissão e recepção das informações. Para Turban; Rainer e Potter (2005) ela integra recursos atuais e futuros que serão o alicerce para quando houver necessidade de informação.

Assim, a tecnologia da informação como indica Oliveira (2003), está sujeita aos recursos humanos, de hardware, de software, de dados e de rede. Entre esses recursos Moraes; Terence e Escrivão Filho (2004) destacam o de hardware em que estão inclusos todos os tipos de equipamentos e de software que é composto pelo aglomerado de instruções denominados de programas em que ambos serão usados no processamento de informações.

Dentro dos recursos de software, encontra-se a computação que é uma área do saber associada a capacidade de processamento de informações de maneira rápida e automática que proporciona infinitas soluções e descobertas (GOEDERT; PAULA FILHO; BLANCO, 2017). E dentro da computação, De Castro (2007), evidencia a existência de uma subárea nomeada de computação natural que

examina as inúmeras interrelações presumíveis entre a computação e a natureza, produzindo universos digitais que contribuem na solução de problemas de diversas áreas.

2.2 COMPUTAÇÃO NATURAL

A computação natural como descrevem Kari e Rozenberg (2008) é um método que agrupa a computação clássica às ciências naturais, possibilitando um olhar minucioso sobre a natureza na perspectiva do processamento de informações. No mesmo sentido, De Castro (2007), salienta que ao aproximar essas duas ciências é possível criar ferramentas computacionais tendo como estímulo a natureza, para resolução de problemas que afligem o mundo real.

E De Castro (2007) afirma que a computação natural está dividida em três áreas de pesquisa:

- a) computação inspirada pela natureza cuja a ideia primordial é desenvolver ferramentas computacionais (algoritmos), estimulados pela natureza para elucidação de problemas substanciais;
- b) a simulação e equiparação a natureza por meio da computação, isto é, criar artificialmente padrões, formas, comportamentos e organismos presentes nos reinos animal, vegetal e mineral e que podem ser usados para imitar vários fenômenos naturais e que poderão auxiliar na compreensão da natureza e na percepção a respeito de modelos computacionais; e
- c) computação com materiais naturais que equivale ao uso de novos materiais naturais para pode computar, servindo como um protótipo inovador na substituição e complementação dos atuais computadores baseados em silício.

Dessa forma, a computação natural é vista como uma ciência multidisciplinar e interdisciplinar, pois passeia por domínios como: computação, engenharia, biologia, física, química, estatística, matemática entre outras e mais notadamente na sociologia e entomologia. E ao estar infundida em diversas áreas, destaca-se a importância de se conhecer e entender seus conceitos quando da sua utilização, para que não sejam interpretados equivocadamente (DE CASTRO, 2007).

Assim, este autor, destaca como principais elementos conceituais: fenômenos naturais, modelos e metáforas (alguma coisa que pode ser observada com auxílio de um instrumento), agentes distribuídos (materiais que compõem os elementos), interatividade (indivíduos interagem entre si e com o ambiente de formas variadas), adaptabilidade (capacidade de ajustar forma e comportamento ao ambiente), realimentação (maneira de equilibrar o meio ambiente); auto-organização (modo dos indivíduos se organizarem), complexidade e emergência e por último determinismo e caos.

E uma forma de empregar todos esses conceitos da computação natural, é construindo algoritmos que para Cormen; Leiserson e Rivest (2001) constituem uma sequência de instruções (etapas computacionais) que transformam a entrada em saída. E de acordo com Fister et al. (2013) podem ser aplicados na elucidação de uma variedade de conflitos, incluindo otimização, classificação, previsão, agrupamento, design e indução do modelo.

Nesse sentido, Brabazon; O'Neill e McGarraghy (2015), alegam que existem vários tipos de famílias de algoritmos naturalmente influenciados por fenômenos naturais, entre eles encontram-se: computação evolutiva, computação social, neurocomputação, imunocomputação, computação e desenvolvimento gramatical, algoritmos fisicamente inspirados, algoritmos quânticos inspirados, algoritmos inspirados em plantas e algoritmos quimicamente inspirados.

Uma das famílias de algoritmos que utiliza técnicas da computação natural que tem sido amplamente utilizada é computação social, representada pela inteligência de enxames ou inteligência coletiva (SERAPIÃO, 2009).

2.2.1 Inteligência de enxames

A inteligência de enxames segundo Brabazon; O'Neill e McGarraghy (2015), são grupos de algoritmos em que os indivíduos aprendem com sua própria experiência e com a experiência dos outros, para resolver tarefas complexas que estão além da capacidade de qualquer um dos indivíduos do grupo, portanto, a tarefa é dividida entre muitos indivíduos.

Quanto aos modelos que assemelham-se à enxames, estão segmentados em dois grupos: aqueles inspirados no comportamento bando de aves e cardumes

de peixes, e aqueles embasados no comportamento de insetos sociais, como abelhas, cupins, vespas e formigas (DE CASTRO, 2007).

Na classe de insetos sociais artificiais, seus membros são agentes simples e autônomos que formam sistemas fechados e auto-organizados, mas que coletivamente possuem um alto nível de inteligência que é uma combinação de aprendizado, adaptação e evolução (HU, 2012; LI; CLERC, 2019).

Em vista disso, na inteligência de enxames, conforme retratam Sumathi e Paneerselvam (2010), os N integrantes do grupo social são coordenados para que possam atingir um objetivo específico por meio do seu comportamento e das interações entre o grupo todo.

No caso das formigas como insetos coletivos, possuem comportamentos sociais que há muito tempo atraem a atenção dos seres humanos. Tendo na colônia uma estrutura organizada e hierárquica, de êxito na busca pela sobrevivência (SERAPIÃO, 2009).

A colônia de formigas, segundo Serapião (2009) é composta por agentes de capacidades individuais limitadas, que percebem e realizam mudanças em seu ambiente de maneira local. Contudo, a capacidade de comunicação entre seus congêneres confere ao sistema um comportamento coletivo inteligente, mesmo que não exista uma função centralizada regendo o comportamento dos integrantes.

Colônias de formigas, são sistemas distribuídos que, apesar da simplicidade de seus indivíduos, apresentam uma organização social altamente estruturada. E, como resultado dessa organização, podem realizar tarefas complexas que, em alguns casos, excedem em muito as capacidades individuais de uma única formiga (DORIGO; STÜTZLE, 2004).

2.3 OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS

Tomando por base o comportamento das formigas em 1991, Marco Dorigo, desenvolveu um algoritmo natural, bio-inspirado na metaheurística de uma colônia de formigas (XAVIER; DE CASTRO, 2013; DIWEKAR; GEBRESLASSIE, 2015). As formigas, segundo Thukaram e Saritha (2013) são seres inteligentes que em grupo são capazes de encontrar com êxito e coletar alimentos para sua colônia.

A Otimização por Colônia de Formigas, é uma metaheurística que consiste de um processo iterativo em que recursos computacionais são distribuídos entre

uma colônia de formigas que colaboram na busca de boas soluções para diversos tipos de problemas (GUPTA C.; GUPTA S., 2013).

Para Da Silva (2012) uma metaheurística é composta de:

- a) métodos construtivos usados com a função de criar soluções completas para resolver dificuldades; e
- b) algoritmos de busca local que são empregados para aprimorar as soluções avistadas.

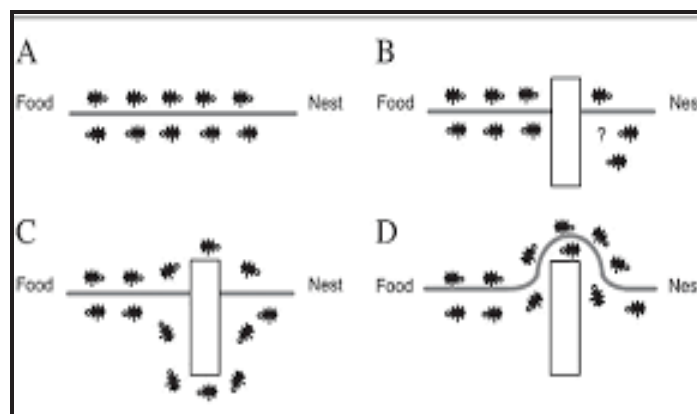
Já para Singh e Vidyarthi (2013), uma metaheurística é uma sequência de tarefas inspiradas no fenômeno natural em que as formigas depositam uma substância química intitulada feromônio no solo para sinalizar aos demais membros da colônia um trajeto que será usado na busca por alimentos.

Para Blum (2005), a Otimização por Colônia de Formigas, fundamenta-se no comportamento de forrageamento das formigas que consiste em encontrar caminhos mais curtos entre as fontes de alimento e o ninho, sendo que esse modo de proceder visa a sobrevivência da colônia.

Dessa forma, os percursos mais curtos são tidos como os mais favoráveis, devido a evaporação dos feromonas que ocorre mais rapidamente (BATERINA; OPPUS, 2010).

Portanto, ao encontrar um caminho mais curto, as formigas depositam um pouco de feromônio no chão, possibilitando que uma próxima formiga que tenha saído da colônia, localize e identifique essa trilha, resolvendo segui-la, como observa-se na FIGURA 1.

FIGURA 1 - TRILHAS DE FORMIGAS ATÉ O ALIMENTO



FONTE: Flórez; Gómez; Bautista (2013).

Ao depositar feromônio no solo, Dorigo e Stützle (2004) entendem que há um aumento na probabilidade de que outras formigas sigam pelo mesmo caminho, ou seja, ocorre uma forma de comunicação indireta mediada por modificações do meio ambiente, denominada de estimergia.

Na Otimização por Colônia de Formigas a ideia por trás da estimergia artificial é usar de comunicação indireta para gerir as atividades e estimular os indivíduos conforme seu desempenho (DORIGO; BONABEAU; THERAULAZ, 2000).

Como resultado, Yaseen e Al-Slamy (2008), notam que a conduta coletiva que corresponde a um ciclo positivo, cuja probabilidade com que uma formiga seleciona um caminho cresce com o número de formigas que anteriormente escolheram o mesmo caminho.

Nesse sentido, na Otimização por Colônia de Formigas (ACO), cada indivíduo é um agente simples, autônomo e assíncrono, denominado de formiga artificial que integra um sistema multagente e que juntas colaboram na obtenção da solução para um dilema de otimização (DIWEKAR; GEBRESLASSIE, 2015).

Singh e Vidyarthi (2013) relatam que entre as regras básicas de comunicação contidas na Otimização por Colônia de Formigas estão:

- a) o caminho percorrido por uma formiga está associado a uma aspirante a solução para um determinado problema;
- b) quando uma formiga trilha um caminho, a quantidade de feromônio depositado nesse caminho é proporcional à qualidade de uma pretensa solução correspondente para o problema alvo;
- c) se uma formiga tiver que escolher entre dois ou mais caminhos, a opção com uma maior quantidade de feromônio tem maior probabilidade de ser escolhido pela formiga.

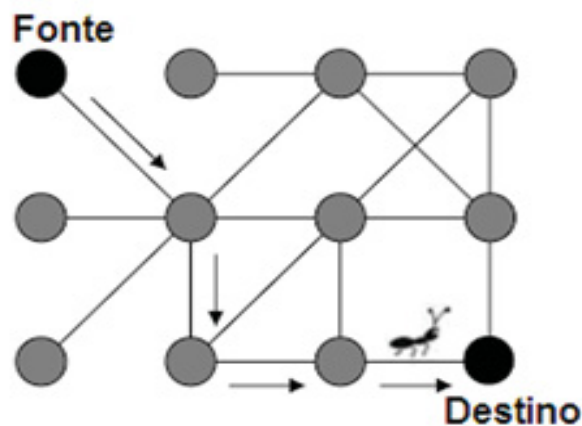
Enquanto isso, Dawson e Stewart (2014) consideram que a Otimização por Colônia de Formigas consiste de dois princípios: construção de soluções e atualização do feromônio como segue:

- a) na primeira fase, as formigas individualmente constroem soluções iterativas para um determinado problema utilizando informações heurísticas (conhecimento específico para construir ou melhorar soluções) e comunicam-se indiretamente com outras formigas por meio do feromônio;

b) na segunda etapa, cada formiga deixa uma quantidade de feromônio proporcionalmente à qualidade da solução construída.

Dessa forma, o caminho percorrido por uma formiga artificial em função do feromônio depositado na busca por alimentos, é representado por um grafo e cada vértice simboliza um local, então uma formiga quando colocada em um dos vértices, segue por uma aresta do grafo até chegar ao destino (SERAPIÃO, 2009). Conforme a FIGURA 2.

FIGURA 2 - GRAFO DO CAMINHO PERCORRIDO POR UMA FORMIGA ARTIFICIAL



FONTE: Souza (2015).

A solução ideal coincide com o caminho mais curto, percorrido pelas formigas que movem-se aleatoriamente entre pontos vizinhos a partir de uma posição inicial até que o ponto destino seja alcançado (REZAEI, 2008).

Sendo assim, Yaseen e Al-Slamy (2008), referem-se a Otimização por Colônia de Formigas como um processo iterativo. Em cada iteração, um staff de formigas artificiais é considerado, pois cada uma delas implementa uma solução caminhando de vértice a vértice no grafo, tendo como restrição, não percorrer o vértice que já tenha sido visitado anteriormente.

Na ACO, as formigas percorrem um espaço gráfico, composto de nós e arestas. Esse deslocamento das formigas é determinado por um cálculo probabilístico denominado de probabilidade de transição (BATERINA; OPPUS, 2010).

A Otimização por Colônia de Formigas, trata-se de uma técnica probabilística para resolução de problemas computacionais que podem ser

sintetizados a encontrar caminhos melhores por meio de gráficos (RAFSANJANI; VARZANEH, 2015).

Então, Dorigo e Stützle (2004) reconhecem que a Otimização por Colônia de Formigas, pode ser aplicada para encontrar um plano de custo mínimo para entregar produtos aos clientes, realizar uma sequência ótima de trabalhos em uma linha de produção, alocar tripulações de aviões para voos, entre outros.

Em problemas relevantes como problema de atribuição quadrática, armazenamento em cluster de dados, recuperação, segmentação e detecção de bordas em imagem, ACO tem sido utilizada com êxito (RAFSANJANI; VARZANEH, 2015).

O termo Otimização por Colônia de Formigas é genérico, várias são as abordagens (algoritmos) existentes com essa metaheurística (GUPTA C.; GUPTA S., 2013; SERAPIÃO, 2009).

2.3.1 Principais algoritmos de Otimização por Colônia de Formigas

O primeiro algoritmo concebido da Otimização por Colônia de Formigas é o *Ant System* (AS) ou Sistema Ant (SA) que foi proposto por Dorigo em 1991 (CO-LORNI; DORIGO; MANIEZZO, 1992). Ele foi aplicado ao Problema do Vendedor Ambulante (HOOS; STÜTZLE, 2000).

Segundo Martens et al. (2007) o *Ant System* é o algoritmo mais comum em que as formigas iterativamente criam soluções e adicionam feromônio as carreiras equivalentes a essas soluções. Já a seleção das trilhas é um procedimento estocástico baseado em dois parâmetros, os valores do feromônio e da heurística.

As primeiras três primeiras variantes do AS foram: *AS-Density*, *AS-Quantity* e *AS-Cycle*. As diferenças entre elas, encontram-se no modo como as trilhas de feromônio eram atualizadas. A versão *AS-Cycle* apresenta-se como a mais eficiente e a maior parte dos algoritmos de Otimização por Colônia de Formigas recentes descende dela (SERAPIÃO, 2009).

O *Ant System* (AS) evoluiu para o *Elitist Ant System* (EAS), sendo que um dos procedimentos, é implementar uma solução melhor em que cada formiga tenha a chance de depositar mais feromônio no caminho (NEGULESCU et al., 2008). Então, no QUADRO 2, encontram-se alguns tipos de Algoritmos de Otimização por Colônia de Formigas.

QUADRO 2 - ALGORITMOS DE OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS

Algoritmo	Autor	Ano
Ant System (AS)	Dorigo et al.	1991
Elitist Ant System (EAS)	Dorigo et al.	1992
Ant-Q	Gambardella e Dorigo	1995
Ant Colony System (AS)	Dorigo e Gambardella	1996
MAX-MIN Ant System (MMAS)	Hoos e Stutzle	1996

FONTE: Adaptado Yaseen; Al-Slamy (2008).

A próxima versão do Algoritmo na Otimização por Colônia de Formigas é o algoritmo *Ant-Q* que é uma extensão do *Ant System* e tem como princípio a porção de feromônio depositada é diretamente proporcional à qualidade da solução encontrada (NEGULESCU et al., 2008).

Enquanto isso, Gambardella e Dorigo, propuseram em 1996, o *Ant Colony System (ACS)* que é uma versão simplificada do *Ant-Q*, mas que preserva o mesmo grau de desempenho. Ele é mensurado pela complexidade do algoritmo e pelos resultados da compilação (MANIEZZO; GAMBARDELLA; LUIGI, 2001).

O *Ant Colony System* conforme Dorigo e Gambardella (1997) é amplamente empregado no Problema do Caixeiro Viajante (PCV), tarefa de roteirização, cuja ideia central é ter conjunto de formigas que paralelamente busquem por soluções satisfatórias para o PCV. Sendo que a cooperação entre esses agentes ocorre por meio de estigmergia permeada pelo feromônio.

Após o *Ant Colony System*, Hoos e Stützle (2000) inventaram o Algoritmo *MAX-MIN Ant System (MMAS)* que é uma Otimização por Colônia de Formigas em que a classificação é um rank pautada no *Ant System (AS)*. Assim, a parcela de feromônio depositado é moderada, de modo que as soluções ótimas acumulam mais feromônio em relação as soluções menos ótimas.

Negulescu et al. (2008) indicam que o Algoritmo MMAS apresenta, o melhor desempenho para o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) e Problema de Alocação Quadrática (PAQ) que são dilemas de busca local.

Enquanto isso, Thorsen (2011) destaca que os algoritmos mais bem sucedidos são: o *Ant Colony System (ACS)* e o *MAX-MIN Ant System (MMAS)*, ambos são muito utilizados na detecção de bordas de imagens.

Os algoritmos *MAX-MIN Ant System* e o *Ant Colony System*, provenientes da Otimização por Colônia de Formigas quando usados na detecção de contornos

em imagens têm a capacidade de extrair informações importantes de objetos existentes na imagem (SINGH, JEETU; VIDYARTHI, 2013).

2.3.2 Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas de imagem

Segundo Aguiar (2017), os objetos inclusos em uma imagem comumente apresentam contornos ou bordas. Assim, uma borda é o limite ou a divisa entre duas regiões na imagem razoavelmente uniformes e com valores de luminosidade relativamente distintos. Então, o limiar entre duas regiões pode ser estipulado com base apenas na descontinuidade dos níveis de cinza de um pixel para outro.

Dessa forma, a detecção de bordas é uma técnica aplicada no processamento e análise de imagens e visão de máquina. Assim sendo, procedimentos convencionais como operadores (filtros Prewitt, Sobel, Gaussian, Canny e Roberts) e com Otimização por Colônia de Formigas são opções que podem ser adotadas, porém a abordagem convencional apresenta como desvantagens (BATERINA; OPPUS, 2010):

- a) ser computacionalmente cara, uma vez que todo conjunto de operações é realizado em cada pixel;
- b) o tempo de computação aumenta rapidamente conforme o tamanho da imagem.

Nesse sentido, as ferramentas convencionais de detecção de bordas de imagem geralmente executam uma operação de filtragem linear denominada de pré-processamento de suavização para remover o ruído na imagem. Já o algoritmo alicerçado na Otimização por Colônia de Formigas (ACO) tem a potencialidade de superar limitações dos métodos convencionais (GUPTA et al., 2013).

Desse modo, Burle; Soares e Regis (2017) afirmam que o algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, além de detectar as bordas na imagem também vem sendo utilizado para melhorar resultados na sua exibição, pois é um sistema de inteligência aprimorado que detém uma alta robustez, uma excelente distribuição computacional e é compatível com outras tecnologias.

Em vista disso, a aplicação de heurísticas como a Otimização por Colônia de Formigas na detecção de contornos em imagens, segundo Ramos e Almeida (2000) demonstra ser muito propícia, uma vez que podem ser percebida como um problema

de agrupamento e combinatória, um tipo de mapa topográfico percorrido pela colônia de formigas.

Contudo, sucessivas vezes imagens podem estar alteradas e com ruído, adquirido na aquisição e transmissão das mesmas, como indicam (TIAN; YU; MA, 2010), então a ACO é capaz de encarar o problema de destruição de imagem, assegurando uma redução efetiva no ruído corruptor.

Então, Tarar e Kamra (2015) indicam que ao detectar a borda em uma imagem, torna-se possível identificar pontos sempre que houverem descontinuidades (problemas de iluminação, orientação de superfície, tamanho do objeto, fundo e condições materiais) ou mudanças bruscas de intensidade. Possibilitando recuperar dados sobre a forma, estrutura e diferentes características importantes da imagem.

A detecção de bordas em uma imagem é um passo muito importante para a compreensão da mesma. Na verdade, tarefas de processamento de alto nível como segmentação e reconhecimento de imagem, dependem diretamente da qualidade das bordas detectadas. E as bordas representam recursos de contorno importantes na imagem correspondente, pois referem-se ao processo de detecção de pontos no qual o brilho da imagem muda bruscamente, podendo ser observada mais formalmente as descontinuidades (RAI; DUTTA, 2014).

Por isso, na detecção de borda de imagem com Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas (ACO), utiliza-se uma quantidade de formigas que deslocam-se em um plano de imagem 2D, criando uma matriz de feromônio (FIGURA 3), que reproduz a informação de borda que encontra-se presente em cada pixel (célula) da imagem (SINGH; VIDYARTHI, 2013).

Já a matriz de feromônios é criada quando a diferença entre duas arestas adjacentes é maior que uma certa quantidade. Assim, as formigas são lideradas pelas mudanças nos valores de intensidade dos pixels das arestas (DORRANI; MAHMOODI, 2016).

Tarar e Kamra (2015), afirmam que as formigas ao se deslocarem pela imagem executam individualmente uma pequena ação que acrescenta componentes de resposta parcial a solução total.

Logo, na construção da matriz de feromônios, as entradas representam a borda localizada em cada pixel das arestas da imagem. Então, à medida em que a

colônia de formigas avança pela imagem, vai movendo-se para os pixels adjacentes de acordo com os recursos locais da imagem (TIAN et al., 2012).

Ao relacionar o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas com os pixels construtivos da borda da imagem, o primeiro passo é fazer o seu reconhecimento, pois os pixels da borda, na comparação com os pixels vizinhos, são intensamente mais cintilantes (REZAAE; TAVAKOLI, 2015).

E Jevtić e Li (2013) indicam que em imagens digitais, os pixels definem o espaço discreto no qual as formigas artificiais se movem e a borda pixels representam o alimento. Enquanto isso, Rezaee; Tavakoli (2015) mencionam que o movimento de um pixel para os pixels vizinhos envolve oito rotas diferentes, mas interligadas entre si, com a finalidade de atingir os pixels construtivos na borda ou nos cantos.

Desse modo, Burle; Soares e Regis (2017), entendem que o método de reconhecimento de imagens utilizando a ACO possui duas fases principais:

- a) a primeira parte envolve a criação da matriz de feromônio;
- b) a segunda envolve a análise dessa matriz, ou seja, a situação de uma formiga individual expressa pela sua posição (r) e a sua orientação para onde ela se desloca (θ).

Portanto, no estágio inicial do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, todos os valores da matriz de feromônio são definidos para um instante τ_0 (geralmente pequeno, mas não zero). Além disso, um parâmetro de exploração constante $q0$ com valor entre 0 e 1 é dado. Em cada etapa de composição, cada formiga move-se do pixel atual para o seu pixel vizinho baseada em um número aleatório uniformemente distribuído [0,1] (GULLIPALLI, 2015).

E o montante de formigas, segundo Patankar; Nawgaje e Kanphade (2014) é definido com base no tamanho da imagem de medidas $M1 \times M2$. Em que $M1$ corresponde ao comprimento da imagem e $M2$ é a largura da imagem.

Os parâmetros que constituem o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, de acordo com Baterina e Oppus (2010) são: o total de formigas (K), feromônio inicial (τ_0), número de iterações (N), número de etapas de construção (L), parâmetro para controlar o grau de exploração das formigas ($q0$), decaimento do feromônio (φ), taxa de evaporação do feromônio (ρ), peso do feromônio (α) e peso

da informação heurística (β). Todos estes parâmetros são implementados no Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas durante as etapas do processo.

2.3.2.1 Etapas da Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas

Na Otimização por Colônia de Formigas, o algoritmo utilizado, inicia-se a partir do processo de inicialização para construir a matriz de feromônio, no processo de construção tem-se a formiga se deslocando de um pixel (nó) para um (pixel) nó vizinho conforme uma probabilidade de transição. Na sequência, na etapa de atualização ocorre a atualização do feromônio e por último na fase de decisão é que determina a borda da imagem (KAUR, 2014).

O Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas em imagens apresenta sequencialmente as etapas (GUPTA C.; GUPTA S., 2013):

- a) inicializar a colônia de formigas sendo colocada aleatoriamente no espaço de busca;
- b) inicializar a trilha de feromônio;
- c) avaliar a aptidão de cada formiga na colônia;
- d) determinar a melhor solução ideal entre todas as formigas na colônia;
- e) atualizar o rastro de feromônio;
- f) determinar a direção de pesquisa para pesquisa adicional;
- g) construir nova solução usando a melhor solução obtida.

Enquanto Thorsen (2011) descreve os passos contidos na abordagem baseada em ACO para detecção de bordas de imagem, como sendo:

- a) a primeira fase, é a fase de inicialização;
- b) a segunda, é a fase de construção, em que ocorre todo o movimento das formigas (como a formiga se desloca pela imagem). Durante esta fase, o feromônio é constantemente atualizado;
- c) por último, na fase de decisão, a solução é obtida a partir dos valores dos elementos na matriz final de feromônio.

Ainda, Dawson e Stewart (2014), descrevem que o algoritmo é executado para um número definido de iterações após o qual um mapa de borda é gerado a partir do feromônio matriz. Nesta fase, é importante observar que o número de iterações é influenciado pelo número de formigas. Se permitirmos que mais formigas

explorem o gráfico simultaneamente então podemos reduzir o número total de iterações necessárias.

Tarar e Kamra (2015) mencionam que ao utilizar a ACO na detecção de bordas em imagens, deve-se executar os seguintes procedimentos: capturar a imagem em tons de cinza, proceder a suavização para detectar ruído duplo nas imagens, realizar a diferenciação (multiplicar a qualidade das arestas) nas imagens, aplicar o limiar para encontrar pixels de borda, localizar as bordas, avaliar a borda com o algoritmo e por fim obter a imagem após a borda ser revelada.

Diante disso, Rai (2014) afirma que diferentes extensões do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas são empregues na detecção de bordas em imagens e são implementados basicamente por cinco etapas: fase de inicialização, construção, atualização, decisão e visualização do processo.

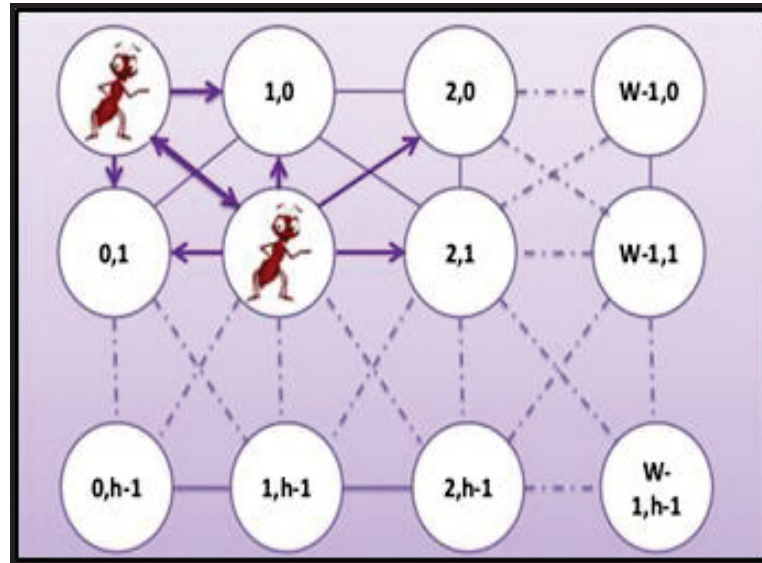
2.3.2.1.1 Inicialização do processo

No processo de inicialização do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas primeiramente realizam-se procedimentos de inicialização essenciais, como a configuração dos parâmetros citados no item 2.3.2 e a atribuição dos valores iniciais do feromônio τ_0 (BATERINA; OPPUS, 2010).

Nesta etapa, cada uma das (K) formigas artificiais que está em uma posição move-se aleatoriamente em cada pixel em uma imagem bidimensional de tamanho é $M1 \times M2$. A medida $M1$ é o comprimento e $M2$ é a largura da imagem (AGARWAL, 2012; RAI; DUTTA, 2014).

O movimento das formigas, segundo Thorsen (2011), é orientado pela variação local dos valores de intensidade de pixel da imagem, já cada pixel é visto como um nó que está conectado a todos os pixels adjacentes em uma vizinhança de 8 conectividades. Com isso, é obtida uma matriz de valor de intensidade em que cada um dos seus elementos possui um valor com base no nível de intensidade da escala de cinza relacionado ao pixel da imagem correspondente a FIGURA 3.

FIGURA 3 - MATRIZ DE INTENSIDADE EM CADA PIXEL M1 X M2



FONTE: Maruf (2014).

A informação heurística, um dos principais aspectos na fase de construção, pode ser obtida ainda na etapa de inicialização, dependem apenas dos valores da intensidade de pixel da imagem. Ela é uma normalização da matriz de variação de intensidade dos pixels que é fixada para cada etapa da construção e pode ser calculada pela EQUAÇÃO 1 (BATERINA; OPPUS, 2010).

$$\eta_{i,j} = \frac{V_c(I_{i,j})}{V_{\max}}, \quad (1)$$

Em que:

- $I_{i,j}$ é o valor da intensidade do pixel em (i,j) ;
- $V_c(I_{i,j})$ é a variação na intensidade entre o pixel (i,j) e um grupo de pixels locais c que é dada pela EQUAÇÃO 2.

$$V_c(I_{i,j}) = |I_{i-1,j-1} - I_{i+1,j+1}| + |I_{i-1,j} - I_{i+1,j}| + |I_{i-1,j+1} - I_{i+1,j-1}| + |I_{i,j-1} - I_{i,j+1}| \quad (2)$$

- V_{max} é a variação de intensidade máxima em toda a imagem e serve como uma normalização é obtida pela EQUAÇÃO 3.

$$V_{max} = \sum_{i=1}^{M1} \sum_{j=1}^{M2} V_c(I_{i,j}) \quad (3)$$

Além disso, o pixel (i, j) é marcado como um quadrado cinza e seu valor depende da variação dos valores de intensidade em c

Também neste ciclo, todos os valores iniciais da matriz de feromônio são definidos por uma constante (τ_0) bem próxima de 0 (GUPTA C.; GUPTA S., 2013; GULLIPALLI, 2015; DORRANI; MAHMOODI, 2016). Na continuação, a matriz de feromônio é criada e cada elemento dela recebe um pequeno valor diferente de zero (τ_0), indicando um nível inicial de feromônio.

Na da detecção de bordas utilizando o Algoritmo da Otimização por Colônia de Formigas existem duas incumbências fundamentais no procedimento. A determinação da informação heurística $\eta_{i,j}$ que pode ser determinada pela localização do pixel e a atualização do feromônio observadas na fase de construção.

2.3.2.1.2 Processo de construção

Nesta fase, Thorsen (2011) descreve que em cada iteração, as K formigas deslocam-se pela imagem de um pixel próximo para outro com um número fixo de passos de movimento até que executem as L etapas de construção (uma etapa de construção consiste em um único movimento de um pixel para outro). E uma formiga locomove-se do pixel atual (i_0, j_0) para um dos pixels vizinhos não visitados anteriormente para um pixel anexo (i, j) (BATERINA; OPPUS, 2010; SINGH; VIDYARTHI, 2013; DORRANI; MAHMOODI, 2016).

Assim, as formigas probabilisticamente escolhem um de seus oito pixels adjacentes (vizinhança) usando a regra de probabilidade de transição de acordo com a EQUAÇÃO 4 (PATANKAR; NAWGAJE; KANPHADE, 2014a).

$$P_{(i_0, j_0)}^n = \frac{(\tau_{i,j}^{(n-1)})^\alpha (\eta_{i,j})^\beta}{\sum_{(i,j) \in \Omega_{(i_0, j_0)}} (\tau_{i,j}^{(n-1)})^\alpha (\eta_{i,j})^\beta} \quad (4)$$

Em que:

- $\tau_{i,j}^{(n-1)}$ é a quantidade de informação do feromônio para o pixel (i,j) , ou seja, na borda;
- $\Omega_{(i_0, j_0)}$ é o pixel vizinho mais próximo (i_0, j_0) ;
- $\eta_{i,j}$ corresponde a heurística de informação da borda (i,j) ;
- α um parâmetro para controlar a influência de $\tau_{(i,j)}$;
- β um parâmetro para controlar a influência de $\tau_{(i,j)}$.

Dessa forma, toda vez que uma formiga percorre um pixel, no mesmo instante acontece uma atualização local do feromônio. Assim, a quantidade de feromônio no pixel (i,j) no n^{th} iteração $\tau_{i,j}^n$ (BATERINA.; OPPUS, 2010). A atualização do feromônio é obtida pela EQUAÇÃO 5.

$$\tau_{i,j}^{(n)} = (1 - \varphi) \cdot \tau_{i,j}^{(n-1)} + \varphi \cdot \tau_{i,j}^{(0)} \quad (5)$$

Em que o parâmetro $\varphi \in (0,1)$ é o coeficiente de decaimento do feromônio. O valor de $\varphi_{(i,j)}$ é da localização do pixel (i,j) em relação ao pixel inicial (i_0, j_0) . Ele não é diretamente afetado por nenhum dos passos intermediários do movimento. Já $\tau_{i,j}^{(0)}$ é o valor inicial do feromônio, portanto, as atualizações de feromonas locais são intercaladas com o processo de construção da solução e os valores de feromonas mudam dentro da iteração (BATERINA; OPPUS, 2010).

Então, durante a atualização do feromônio, é ampliada a busca pelas formigas subsequentes. Isso reduz o nível de feromônio em bordas atravessadas, e as formigas são encorajadas a escolher outros pixels, conseqüentemente a explorar outros caminhos, fornecendo uma melhor cobertura da imagem. Esta tarefa fornece

uma oportunidade para as formigas subsequentes produzirem as soluções necessárias (GUPTA C.; GUPTA, S., 2013).

Ainda Thorsen (2011) descreve que durante o movimento das formigas, existem duas questões cruciais a serem consideradas, como segue:

- a) a primeira, está relacionada a de antemão abordada, a normalização da variação de intensidade do pixel;
- b) a segunda, diz respeito a faixa permissividade de seu movimento, ou seja, o movimento de formigas é restrito pela condição de que não é permitido visitar qualquer pixel mais de uma vez dentro da mesma rodada. Isso impede que as formigas se movimentem entre o mesmo conjunto de pixels.

Assim, este autor, informa que as formigas são direcionadas para regiões na imagem desconhecida para elas, resultando em uma cobertura da imagem como um todo.

Para Singh; Vidyarthi (2013) ao rastrear os pixels visitados recentemente, cada formiga tem uma memória (baseada em round). Então, na próxima rodada, a memória das formigas é apagada. Assim, após todas as formigas terminam o processo de construção é que a detecção de bordas encaminha-se para a etapa de atualização do processo.

2.3.2.1.3 Atualização do processo

O processo de atualização, consiste na atualização do feromônio que é executado duas vezes, sendo que a primeira atualização é realizada após o movimento de cada formiga e a segunda atualização é realizada após o movimento de todas as formigas, concluindo os passos do movimento de construção (PATANKAR; NAWGAJE; KANPHADE, 2014a).

2.3.2.1.4 Decisão do processo

A decisão do processo ocorre com a obtenção de um novo limiar denominado Threshold (T), em que a matriz de feromônio é usada para a classificar cada pixel como uma borda ou uma não borda (classificação binária). Nesta fase,

aplica-se primeiramente um limiar $T^{(0)}$ no feromônio final T que é igual à quantidade média da matriz de feromônios. Esta tarefa é realizada com base na técnica de Otsu para obtenção de $T^{(0)}$ que é apresentada na EQUAÇÃO 6 (SINGH; VIDYARTHI, 2013).

$$T^{(0)} = \frac{\sum_{i=1:M1} \tau_{i,j}^{(N)} \sum_{j=1:M2} \tau_{i,j}^{(N)}}{M1.M2} \quad (6)$$

Assim:

- $T^{(0)}$ é o limiar denominado Threshold;
- $\frac{\sum_{i=1:M1} \tau_{i,j}^{(N)} \sum_{j=1:M2} \tau_{i,j}^{(N)}}{M1.M2}$ é a quantidade média da matriz de feromônio.

Assim, os pixels que foram separados em dois grupos pela matriz de feromônios, podem ser classificados de acordo com o valor em menor que $T^{(0)}$ ou maior que $T^{(0)}$.

Então, a média das duas categorias (especificadas anteriormente) é calculada como (DORRANI; MAHMOODI, 2016). Para Thorsen (2011) a solução do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas na detecção de contornos em imagem é baseada nos valores da matriz final de feromônio.

2.3.2.1.5 Visualização do processo

Nesta fase do processo, diferentes valores do parâmetro φ (coeficiente de decaimento do feromônio) são aplicados ao algoritmo. Portanto, quanto menor for o valor do parâmetro φ mais arestas o algoritmo detecta na imagem. À medida que continua-se diminuindo o valor do parâmetro φ , os contornos da imagem tornam-se mais claros (visíveis) (GUPTA C.; GUPTA, S., 2013). Então, após este processo ser realizado as bordas da imagem são detectadas (SINGH; VIDYARTHI (2013). E no

âmbito da Odontologia Legal ou Forense permite a visualização do contorno dos dentes e das estruturas dos arcos dentários.

2.4 ODONTOLOGIA LEGAL OU FORENSE

A Odontologia Legal é uma divisão da Medicina Legal que tem por incumbência executar análises, fazer perícias e avaliações de eventos relacionados com a área de competência do odontologista como: realizar perícias criminais, investigar os mecanismos e aspectos da morte do indivíduo (tanatologia forense) e proceder a identificação humana, além de auxiliar na solução de crimes (ALMEIDA; PARANHOS; SILVA, 2010).

Logo, o campo de atuação da Odontologia Legal está vinculado aos esferas: civil, criminal e trabalhista, como também a processos éticos e administrativos (MEDEIROS, 2003). Assim, para Vanrell (2009, p.4), a Odontologia Legal é uma área do conhecimento que possibilita à Justiça usufruir das competências da Odontologia e de suas especialidades.

Já Almeida; Paranhos e Silva (2010) concordam que a Odontologia Legal ou Forense está conectada às demais ciências forenses: Antropologia, Toxicologia, Criminologia, Entomologia, Patologia e Psiquiatria de modo a esclarecer ocorrências de caráter legal.

Nessa perspectiva, a Odontologia Forense caracteriza-se como um ramo da Odontologia, em que se realiza o manuseio de exames de provas dentárias com intuito de avaliar e ou apresentar achados dentais de interesse da Justiça (RATHOD et al., 2017).

Menon et al. (2011) entendem que os serviços odontológicos forenses são relevantes tanto em ocorrências de investigações de morte, como na avaliação de vítimas de abuso sexual, de violências domésticas por meio da análise de marcas de mordidas e nos casos em que o corpo não é visivelmente identificável.

Portanto, a identificação humana é, sem dúvida, a mais conhecida aplicação da Odontologia no campo forense. Entre as principais vantagens do método odontológico estão a sua clareza, acurácia e baixo custo, características quase sempre presentes nos protocolos de identificação. Demonstrando que o trabalho da Odontologia Legal é profundo, científico e seguro (CARVALHO et al., 2009).

Dessa maneira, entre as atribuições da Odontologia Legal ou Forense segundo Hinchliffe (2009), está desde a identificação comparativa por meio de prontuários dentários e ou radiografias Ante Mortem (AM) e Post Mortem (PM), como a identificação reconstrutiva que traça o biótipo do indivíduo com base em estimativas da idade, sexo, estatura e raça.

Krishan; Kanchan e Garg (2015) entendem que a identificação humana com base nas características individuais presentes nos dentes de diferentes indivíduos depende de:

- a) da forma, tamanho, características dos dentes e espaçamento entre eles;
- b) do modo como os dentes encontram-se dispostos na arcada dental;
- c) da alteração dentária, restaurações e anomalias dentárias, etc.

A primeira e a segunda alternativas são o resultado da miscigenação racial genética que alteram o equilíbrio natural entre o tamanho, a forma dos dentes e dos ossos. A terceira opção consiste na modificação química e estrutural dos dentes resultante dos processos patológicos ou a tentativa de curar doenças (RATHOD et al., 2017).

Assim, Figueira Junior e Moura (2014) referem-se a identificação pelos dentes como uma fonte de informações primordiais em virtude das particularidades dos dentes presentes, como também pelas ausências encontradas, dada a verdadeira improbabilidade de existirem dois indivíduos com as mesmas características dentárias idênticas.

Conforme Reis et al. (2018), os dentes tem grande importância nos procedimentos de identificação humana devido ao seu elevado grau de resistência a fatores físicos e químicos externos, incluindo aquecimento.

Os dentes têm a vantagem de serem preservados ao longo do tempo, pois outros tecidos, inclusive os ossos, segmentam-se. Ao contrário dos ossos, os dentes podem ser examinados diretamente em indivíduos vivos (MITTAL et al., 2016).

Vanrell (2009) observa que mesmo em condições que não há nenhuma informação sobre o indivíduo, é possível obtê-las por meio do exame dental nos restos mortais encontrados, pois os dentes podem fornecer dados do cadáver como: causa da morte, profissão, hábitos alimentares, vícios, espécie, etnia, sexo, altura, particularidades e idade. Portanto, no meio odontolegal, os dentes humanos constituem na atualidade um elemento fundamental na estimativa da idade (FIGUEIREDO, 2008).

Ao estabelecer a identidade de uma pessoa, a idade é um dos fatores essenciais. O cálculo da idade tornou-se cada vez mais importante, não só para a identificação do falecido, mas também para indivíduos vivos idades para vários fins legais e médicos (MITTAL et al., 2016).

Na estimativa da idade de uma pessoa viva utiliza-se de técnicas com base na correlação entre a idade cronológica e as estruturas dentárias. Algumas destas técnicas estimam a idade em dentes extraídos, porém este método é muito invasivo para indivíduos vivos; enquanto que outras técnicas usam radiografias e os estágios de mineralização dos dentes, incluindo os terceiros molares (PRAHLOW, 2010).

Uma vez concluída a mineralização da maior parte dos dentes permanentes, apenas o grupo dos terceiros molares visualizados em radiografias, podem contribuir para estimativa de idade em jovens adultos (AZEVEDO, 2013).

2.5 ESTIMATIVA DA IDADE PELOS TERCEIROS MOLARES

A estimativa de idade usando os dentes segundo Hinchliffe (2009) inclui a análise do desenvolvimento dentário, a erupção e a degradação. Assim na estimativa da idade pelo exame dos dentes busca-se coletar dados que informem, em qual fase da dentição se encontra o indivíduo para na sequência estimar a sua idade (SILVA, 1997).

O método de estimativa da idade ideal é uma busca constante dos cirurgiões-dentistas forenses, e entre essas técnicas está a cronologia do desenvolvimento do terceiro molar que pressupõe se um indivíduo é um adolescente ou um adulto (SILVA, 1997).

Desse modo, Azevedo (2013) acentua que um bom recurso para conhecer o estágio de maturação de um indivíduo é avaliar o desenvolvimento dos seus dentes terceiros molares, uma vez que estes dentes apresentam uma vantagem única sobre todos os demais: o seu desenvolvimento permanece por um período longo até uma idade mais avançada. Já Vanrell (2009) afirma que a partir do sexagésimo quinto dia de gestação, quando surgem os folículos dentários até o despontar dos terceiros molares, dos 16 aos 25 anos de idade, é possível obter uma estimativa bastante precisa da idade cronológica.

Sisman et al. (2007) acreditam que devido a este fato, estimar a idade pelos terceiros molares, quando associado com os outros indicadores de maturidade esquelética, é um meio confiável.

Para Batista (2009), embora a estimativa da idade cronológica utilizando o desenvolvimento de terceiros molares seja relativamente inexata devido à grande variação entre os indivíduos, uma avaliação razoável se obteve da idade adulta por meio deste método. Assim, a mineralização e desenvolvimento de terceiros molares é uma das poucas ferramentas de estimativa de idade quando o desenvolvimento dentário está próximo de sua conclusão. Além disso, os longos períodos de desenvolvimento de coroas e raízes de terceiros molares tornam seu uso radiográfico favorável e prático em uma faixa etária de 18 a 23 anos (KHOSRENIJAD et al., 2017).

Conforme Olze et al. (2010), apesar dos terceiros molares constituírem-se como um dos principais critérios para a estimar a idade cronológica, o tempo para o término da mineralização é afetado pela etnia do indivíduo.

O irrompimento do terceiro molar tende a acontecer por volta de 17 a 19 anos de idade. Este dente pode apresentar variações como: desenvolver-se completamente, conter malformações, estar impactado ou ainda completamente ausente. Sendo assim, a radiografia odontológica fornece o registro exato da situação (PRIYADARSHINI; PURANIK; UMA, 2015).

Galić et al. (2015) citam que a avaliação dos estágios de mineralização dos terceiros molares pode ser feita por:

- a) aplicação de métodos que estimam os estágios de desenvolvimento;
- b) pela medição de ápices de raízes dentárias com desenvolvimento incompleto; e
- c) usando o crescimento dos dentes para comparação com o atlas índice de desenvolvimento.

A erupção e a avaliação radiográfica da mineralização de terceiros molares conforme Hassan e Hamila (2007) estão entre os principais critérios para a estimativa de idade dentária que quando correlacionada com o desenvolvimento deste dente tem sido frequentemente são usados para vários propósitos.

Os métodos de estimativa de idade usando o terceiro molar provaram ter um papel muito significativo no campo forense. O uso de radiografias para estimativa de idade é característico de técnicas que envolvem a observação dos estágios de

mineralização dentários. Tais determinações também são baseadas no grau de formação das estruturas da raiz e coroa, no estágio de erupção (MITTAL et al., 2016; AVON, 2004), como mostra a QUADRO 3.

QUADRO 3 - CRONOLOGIA DA MINERALIZAÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES NO BRASIL

Dente	Etapas da mineralização							
	Primeira evidência de mineralização	1/3 da coroa	2/3 da coroa	Coroa completa	Início da formação radicular	1/3 da raiz	2/3 da raiz	Término apical
Terceiro Molar	De 7,5 a 11 anos	De 8 a 11,5 anos	De 8,5 a 13 anos	De 11,5 a 14,5 anos	De 13,5 a 16,5 anos	De 15 a 17 anos	De 16 a 19,5 anos	De 18 a 20,5 anos

FONTE: Vanrell (2009).

Ainda que a precisão da estimativa de idade diminua após o desenvolvimento dentário estar completo, a avaliação radiográfica da mineralização do terceiro molar torna-se um método particularmente importante que permite que a estimativa da idade forense seja obtida (ZENG; WU; CUI, 2010).

Logo, no âmbito forense, Figueiredo (2008) destaca que é preferível embasar a estimativa da idade na evolução da maturação e mineralização dos terceiros molares que é um fenômeno consistente. Todavia, para quantificar esse grau de maturação existem vários métodos, entre eles o método gráfico derivado do método original de Dermijian e o método numérico de Kullman.

Vários são os métodos em que a mineralização dentária é aplicada, os mais usuais são: o método de Hunt e Gleiser, Gustafson and Koch, Demirjian., Willems, Cameriere, Moorres, Liliequist e Lundberg, Nolla, Haavikko, Harris e Nortje, Kohler, Kullman, e o método de Mincer. Dentre todos esses métodos, o proposto por Demirjian é o mais utilizado.

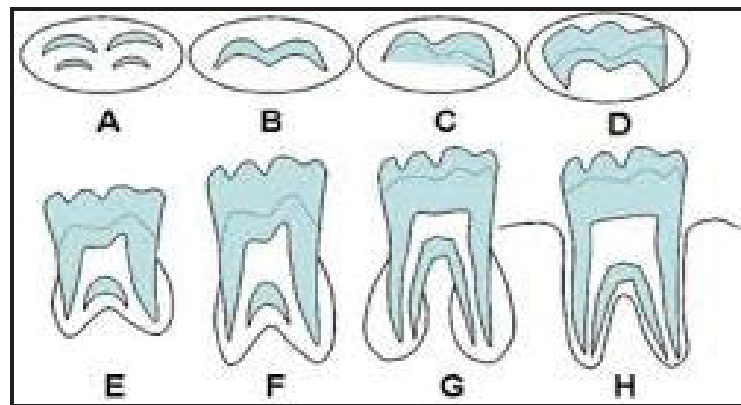
2.6 ESTIMATIVA DA IDADE PELO MÉTODO DE DERMIJIAN

O método de estimativa de idade proposto por Dermijian e seus colaboradores é uma técnica em que são considerados oito estágios bem definidos de calcificação dentária, nomeados de A até H. Nos estágios estão inclusos desde o

início da calcificação da coroa (estágio A), até ao encerramento da raiz pela formação completa denominado de apex (estágio H) (CUNHA; WASTERLAIN, 2019).

Logo, os estágios da mineralização elaborados por Demirjian, Goldstein e Tanner são compostos por formas de dentes identificáveis. Eles abrangem desde o começo da calcificação até a forma madura final. Estas fases tem a característica de serem facilmente reconhecíveis de modo que um dente sempre apresente os mesmos estágios em cada indivíduo (PRIYADARSHINI; PURANIK; UMA, 2015). Os estágios da mineralização são mostrados na FIGURA 4.

FIGURA 4 - ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DOS DENTES MOLARES DE DERMIJIAN



FONTE: Araújo et al. (2010).

Segundo Costa et al. (2014) as oito etapas de mineralização propostas por Demirjian para estimar a idade dental pelo grau de maturação dos terceiros molares são:

1. **A:** Calcificação de certos pontos oclusais sem fusão.
2. **B:** Fusão dos pontos oclusais mineralização.
3. **C:** Fim da formação do esmalte e início da deposição da dentina.
4. **D:** Formação do coroa para a junção esmalte-cimento.
5. **E:** A longitude da raiz é mais curta que a latitude da coroa.
6. **F:** A longitude da raiz é igual ou maior que a da coroa.
7. **G:** O crescimento da raiz terminou; o orifício apical permanece aberto.
8. **H:** Fechamento do orifício apical.

Para Martins (2015) a técnica de Demirjian apresenta uma avaliação concreta, simples e de elevada acurácia. Enquanto Olze et al. (2006) afirmam que

os estágios de Demirjian são definidos por mudanças na forma e não dependem de medidas de comprimento dos dentes.

As oito etapas projetadas por Demirjian para representar o primeiro e segundo molares também são usadas para aferir o desenvolvimento do ápice radicular dos terceiros molares (KASPER et al., 2009).

Desse modo, o método Dermijian ao ser empregado para descrever as fases do desenvolvimento dentário, obteve aceitação mundial e tornou-se o método mais comumente adotado para estimar a idade dentária (ESAN; YENGOPAL; SCHEPARTZ, 2017).

Segundo Willems et al.(2001), a vantagem da técnica de Demirjian é ser um sistema de pontuação baseado em o uso de estágios de desenvolvimento de dentes, a idade prevista é relativamente precisa, uma vez que não é baseada na erupção processo de dentes.

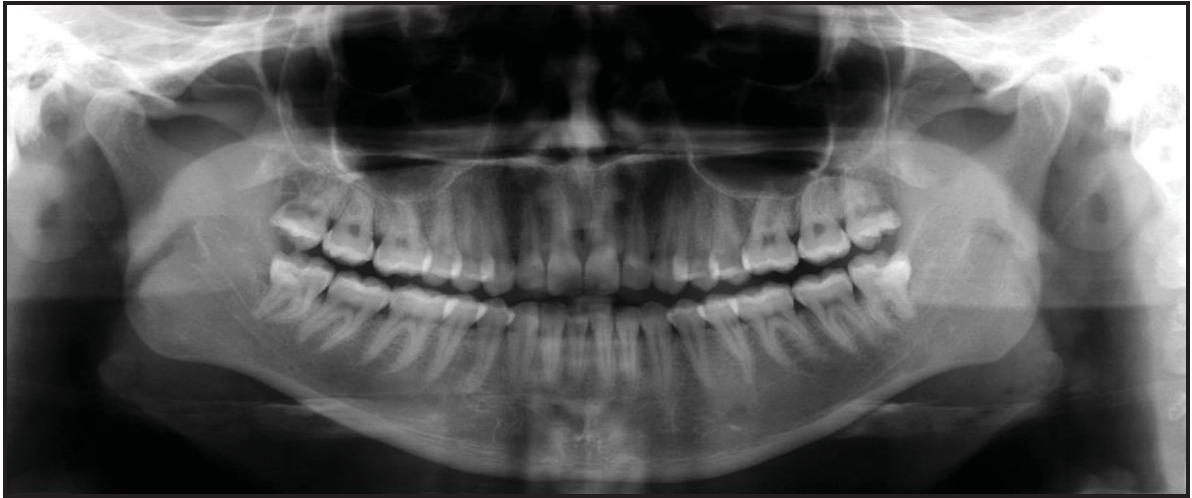
Do mesmo modo, estimativa da idade dentária com base nos estágios da maturação e mineralização dentária pelo método de Dermijian é ser uma técnica extensivamente aplicada a radiografias, inclusive a panorâmica, permitido uma boa averiguação e reprodutibilidade da metodologia (PRIYADARSHINI; PURANIK; UMA, 2015).

2.7 RADIOGRAFIA PANORÂMICA

A radiografia odontológica é um registro de imagens das estruturas anatômicas de um indivíduo em um filme, utilizando raios-X (CHIAM, 2014). Whaites (2009) refere-se à radiografia como sendo um procedimento que complementa o diagnóstico clínico e cita a existência de dois tipos de radiografias: intra-orais e extra-orais. Entre as radiografias extra-orais encontra-se a radiografia panorâmica, também conhecida como ortopantomografia que consiste em realizar uma projeção bidimensional do complexo dento-bucomaxilofacial em uma única imagem (ALTUG et al., 2011).

A radiografia panorâmica é um exame complementar que é amplamente solicitado pelos cirurgiões-dentistas, pois propicia uma visão ampla do complexo dento-bucomaxilofacial (CHOI, 2011). A panorâmica pode ser observa-se na FIGURA 5.

FIGURA 5 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA



FONTE: LABIM UFPR (2015).

A panorâmica, de acordo com Barbieri et al. (2016) auxilia no diagnóstico e tratamento de doenças envolvendo os dentes e as estruturas faciais, como também nos procedimentos forenses de identificação e estimativa de idade. E, Whaites (2009) menciona que o procedimento para obtenção da panorâmica é descomplicado e apresenta baixa intensidade de radiação, um o aparelho de Raio-X Panorâmico é mostrado na FIGURA 6.

FIGURA 6 - APARELHO DE RAIO-X PANORÂMICO



FONTE: O autor (2019).

Assim, a radiografia panorâmica é um método não invasivo usado para identificar anomalias que estão embutidas nos tecidos moles e nos dentes e que não são encontrados pelo exame físico ou são completamente discerníveis durante o exame físico (HEMASATHYA; BALAGOPAL, 2013).

Diante disso, a radiografia panorâmica possui algumas vantagens como: técnica de execução simplificada e rápida, com elevada reprodutibilidade, permite um maior alinhamento vertical das estruturas da face do que as radiografias intra-orais (FIGUEIREDO, 2008). E, Sabarudin e Tiau (2013) declaram que ela necessita de pequeno espaço para armazenamento, sendo ínfima a contaminação do meio ambiente. Ainda, Panchbhai (2011) ratifica que os achados na panorâmica são importantes fontes de informação.

Em contrapartida, a desvantagem da panorâmica é que a imagem não apresenta tantos detalhes como as radiografias periapicais (ALTUG et al., 2011). Segundo Hassan (2010), nesta técnica a imagem pode sofrer ampliação, sobreposição, duplicação, distorção e imagens fantasma.

Assim Yasar; Apaydin e Yilmaz (2012) indicam que em imagens panorâmicas podem ser feitas aferições de objetos lineares e angulares por intermédio de programas de análise de imagens. Pois a radiografia panorâmica tem características únicas, sendo adequada para muitas investigações, e considerada como uma alternativa adequada aos métodos convencionais (SAKHDARI et al., 2012). Em vista disso, a radiografia panorâmica é a forma preferida para avaliar os estágios de mineralização dental pelos terceiros molares, pois permite uma visualização ampla de todo o complexo dento bucomaxilofacial. Este tipo de radiografia, possibilita a utilização destes métodos in vivo, ao contrário das modalidades invasivas que requerem instrumentos caros (DEITOS et al., 2014).

Entretanto, Watanabe; Faria e Camargo (2017) alegam que ao analisar-se a etapa do desenvolvimento dentário nos terceiros molares pela radiografia panorâmica, deve-se observar a presença, posição e estágio desses dentes para auxiliar a Odontologia Legal ou Forense na determinação da idade dental pelos mais diferentes métodos, inclusive o de Dermijian.

Neste sentido, na estimação da idade dentária diversas técnicas estatísticas podem ser usadas, entre elas, modelos de regressão (OLIVEIRA, 2010).

2.8 MODELO LINEAR GENERALIZADO

2.8.1 Modelo Linear Generalizado

O Modelo Linear Generalizado (MLG) é uma extensão do modelo de regressão linear clássico que é aplicado quando a variável resposta não possui um caráter linear. Ela pertence à família das distribuições exponenciais, como normal, binomial, binomial negativa, gama, Poisson, normal inversa, multinomial, beta, logarítmica, entre outras (GUISAN, 2002).

Assim, Nelder e Wedderburn em 1972, propuseram a teoria estatística dos MLGs ou Modelos Lineares Generalizados (PAULA, 2013). A ideia básica é:

- a) expandir a distribuição da variável resposta, permitindo que a mesma pertença à família exponencial de distribuições; e
- b) flexibilizar a relação funcional entre a média da variável resposta e o preditor linear η .

Segundo Nelder et al. (2014), o MGL é baseado em um relacionamento assumido entre a média da variável resposta Y_j e a combinação linear das variáveis explicativas.

O MGL envolve três componentes: um componente aleatório que é representado por um conjunto de variáveis aleatórias independentes obtidas de uma mesma distribuição e que faz parte da família de distribuições exponenciais; um componente sistemático que são as variáveis explanatórias e uma função que relaciona o componente aleatório ao componente sistemático vinculando a média ao preditor linear (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2010).

Nos MLGs, há um processo iterativo para a estimação dos parâmetros, sendo que as variáveis preditoras $X_j (j = 1, \dots, p)$ são combinadas para produzir um preditor linear η que está relacionado com o valor esperado $\mu = E(Y)$ da variável de resposta Y através de uma função de ligação $g()$ (GUISAN, 2002).

Paula (2013) afirma que inúmeros trabalhos relacionados com Modelos Lineares Generalizados foram publicados entre eles: modelos para a análise de dados binários com ênfase para os modelos logísticos lineares; modelos para a análise de dados de contagem, com destaque para modelos com resposta de

Poisson e modelos com resposta binomial negativa; modelos de quase-verossimilhança e equações de estimação generalizadas; e modelos com resposta gama e resposta normal inversa para a análise de dados assimétricos positivos.

2.8.2 Modelo linear para distribuição gama

De acordo com Cordeiro e Demétrio (2010), o modelo gama é utilizado na análise de dados contínuos não-negativos que apresentem uma variância crescente e com coeficiente de variação dos dados constante. Também é aplicado na estimação de componentes de variância de modelos com efeitos aleatórios, com uma distribuição aproximada de medições físicas e tempos de sobrevivência.

Segundo Bossio e Cuervo (2015), se y é uma variável aleatória com distribuição gama, então a função de densidade conforme EQUAÇÃO 7, é dada por:

$$f(y|\alpha, \lambda) = \frac{\lambda^\alpha y^{\alpha-1} e^{-\lambda y}}{\Gamma(\alpha)} I_{(0, \infty)}(y), \quad (7)$$

onde, $\alpha, \lambda > 0$, $\Gamma(\cdot)$, denota-se a função gama, e $I(\cdot)$ é um indicador de função. Sob esta parametrização, a média e a variância de Y são dadas por $E(Y) = \alpha/\lambda$ e $Var(Y) = \frac{\alpha}{\lambda^2} = \mu^2/\alpha$. Em que a função de distribuição gama é escrita como na EQUAÇÃO 8.

$$f(y|\mu, \alpha) = \frac{1}{y\Gamma(\alpha)} \left(\frac{\alpha y}{\mu}\right)^\alpha e^{-\alpha y/\mu} I_{(0, \infty)}(y) \quad (8)$$

onde, $\mu, \lambda > 0$, $\Gamma(\cdot)$, denota-se a função gama, e $I(\cdot)$ é um indicador de função. A notação $Y \sim G(\mu, \alpha)$ usada para designar que Y tem uma distribuição gama com $E(Y) = \mu$, tendo α como parâmetro.

Assim, se $Y_i \sim G_i(\mu_i, \alpha)$, com $i = 1, \dots, n$, nos modelos de regressão gama com parâmetro de forma constante, a média, é definida pela EQUAÇÃO 9 (BOSSIO; CUERVO, 2015).

$$g(\mu_i) = \eta_i = x_i' \beta \quad (9)$$

onde, g é a função de ligação, $\beta = (\beta_0, \dots, \beta_p)'$, é o vetor de média de parâmetros do modelo de regressão, x_i é o i -ésimo valor da variável explicativa, e η_i é o preditor linear.

2.8.3 Função de ligação

No Modelo Linear Generalizado para distribuição gama as funções de ligações mais usadas são identidade $\mu_i = \eta_i$, e a logarítmica ($\log \mu_i = \eta_i$). Contudo, a ligação logarítmica tem o atrativo especial de possibilitar o planejamento de experimentos como são bem conhecidos em modelos de regressão linear (PAULA, 2013).

Por isso, Cordeiro e Demétrio (2010) relatam que a escolha da função de ligação compatível com a distribuição usada para modelar os dados, é o resultado de um exame minucioso dos mesmos e facilita a interpretação do modelo. Para os autores, a função de ligação logarítmica torna os efeitos aditivos contribuindo para os preditores lineares.

No caso do MLG para Distribuição gama, a função de ligação é compatível e deve limitar as médias dos dados ao intervalo $(0, \infty)$. Assim, admitindo-se uma combinação satisfatória da distribuição da variável resposta e da função de ligação, objetiva-se determinar quantos termos são necessários na estrutura linear para uma descrição razoável dos dados (PAULA, 2013).

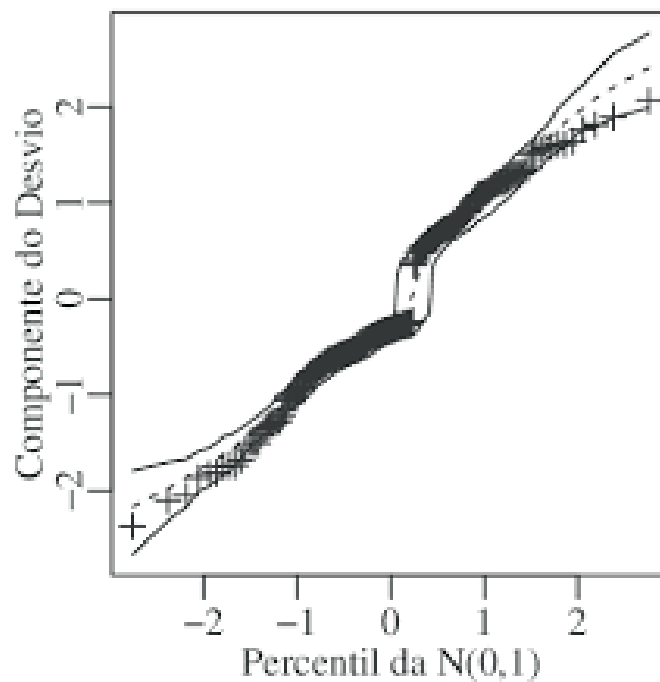
Na prática, após a definição da função de ligação, acontece o ajuste do modelo a um conjunto de observações, porém, pode ser que o resultado obtido com o ajuste, seja insatisfatório. Isso decorre em função de algum desvio sistemático entre as observações e os valores ajustados. Uma forma de verificar a qualidade desse ajuste é a técnica gráfica, que visa detectar pontos suspeitos de serem aberrantes e pontos influentes. Entre esses gráficos encontra-se o gráfico normal de probabilidade (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2010).

2.8.4 Gráfico normal de probabilidade com envelope simulado

O gráfico de probabilidade normal com envelope simulado para diagnóstico da qualidade do ajuste em modelos de regressão, é uma das técnicas mais utilizadas, cuja a função é verificar se o modelo ajusta-se adequadamente aos dados. Esse gráfico pode também ser um informativo sobre a existência de pontos discrepantes ou mesmo sobre a falta de homogeneidade de variâncias (PAULA, 2013).

Cordeiro e Demétrio (2010) afirmam que o gráfico normal de probabilidades da FIGURA 7, destaca-se por dois aspectos: identificação da distribuição originária dos dados e identificação de valores que se sobressaem no conjunto.

FIGURA 7 - EXEMPLO DE GRÁFICO NORMAL DE PROBABILIDADE COM ENVELOPE SIMULADO



FONTE: Guisan (2002).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No Capítulo 3 encontram-se os procedimentos metodológicos adotados para realização do trabalho. Eles comportam desde a forma como foi aplicada a Otimização por Colônia de Formigas até os métodos estatísticos adotados.

3.1 APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná (UFPR), registrado sob CAAE 884225188.0000.0102 e Parecer 2.685.062 (Apêndice 1).

3.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Na realização deste estudo, bem como na busca por conhecimento sobre a Otimização por Colônia de Formigas, fez-se inicialmente um levantamento de artigos científicos, dissertações e teses nesta área, como também trabalhos relacionados a casos práticos, com a finalidade observar os resultados e expectativas de desenvolvedores e pesquisadores.

A busca pelos materiais foi realizada nas bases científicas: *Science Direct*, *Web Science*, Scopus (Elsevier), NCBI e *WILEY Online Library* no período de julho de 2018 a janeiro de 2019, referente a publicações de janeiro de 2015 a dezembro de 2018. Na pesquisa utilizou-se os termos na língua inglesa: “*ant colony optimization*”, “*ant colony optimization in image detection*”, “*ant colony optimization in image medical detection*” e “*ant colony optimization in image dental detection*” que é mostrada no Capítulo 1, na Seção 1.1 e no QUADRO 1.

3.3 COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA

3.3.1 Amostra

Nesta pesquisa utilizou-se uma amostra do tipo não probabilística que não faz uso de formas aleatórias de seleção e de caráter intencional que se seleciona um grupo da população com base em informações disponíveis e adota algum critério

de julgamento. É composta por 238 radiografias panorâmicas digitalizadas de um total de 1679, obtidas a partir do banco de imagens do LABIM – Laboratório de Ensino e Pesquisa de Imaginologia do Curso de Odontologia da UFPR.

A amostra é constituída de radiografias panorâmicas de pacientes atendidos no LABIM, no período de janeiro de 2015 a agosto de 2018, cuja faixa etária é de 18 a 24 anos.

Assim como, Oliveira (2010), na determinação de uma quantidade amostral significativa, foi adotado o procedimento do *Study Group on Forensic Age Diagnostics* (AGFAD) ou Grupo de Estudo sobre Diagnóstico de Idade Forense para estimativas de idade de adolescentes e adultos jovens pelo exame radiográfico em que o tamanho da amostra para estimativa da idade pela análise da mineralização dos terceiros molares deve ser de no mínimo 20 radiografias panorâmicas para cada grupo etário investigado. Neste estudo, como são 7 grupos, a amostra mínima deve ser de pelo menos 140 panorâmicas. Entretanto, na faixa etária de 24 anos, foram analisadas 10 radiografias panorâmicas, pela falta de pacientes no montante de radiografias panorâmicas verificadas com os quatro terceiros molares, mesmo assim optou-se por não retirar esta faixa etária da amostra que juntamente com os grupos das demais faixas etárias servirá para tirada de conclusão. Então, a distribuição da amostra por ano da radiografia panorâmica encontra-se na TABELA 1.

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA POR ANO

Ano	Nº de radiografias panorâmicas
2015	69
2016	52
2017	53
2018	54
Total	228

FONTE: O autor (2019).

Vê-se na TABELA 1 que de um total de 228 radiografias panorâmicas, 121 foram selecionadas nos anos 2015 e 2016. Sendo que a maior quantidade é de 69 que são procedentes do acervo do LABIM de 2015. Nos demais anos, as quantidades são muito próximas, respectivamente, 52 em 2016, 53 em 2017 e 54 panorâmicas em 2018.

No levantamento amostral por faixa etária do paciente ao realizar o exame radiográfico, seguiu-se a recomendação do *Study Group on Forensic Age Diagnostics* (AGFAD) com a distribuição sendo mostrada a TABELA 2.

TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA CONFORME IDADE

Idade (anos)	Nº de radiografias panorâmicas
18	44
19	44
20	29
21	46
22	31
23	24
Total	228

FONTE: O autor (2019).

Pode-se observar na TABELA 2 que exceto a faixa etária de 24 anos que contém 10 pacientes, todas as demais seguem o procedimento adotado pelo *Study Group on Forensic Age Diagnostics* (AGFAD), tendo no mínimo 20 radiografias. Enquanto isso, as faixas etárias de 18 ,19 e 21 anos foram as que apresentaram mais panorâmicas.

3.3.2 Treinamento do observador

Do total de 238 radiografias panorâmicas, 10 (amostragem intencional) foram utilizadas no treinamento do examinador na classificação dos estágios da maturação dos terceiros molares pelo Método de Dermijian, com intuito de verificar a concordância intraexaminador na atribuição dos estágios de Dermijian, na sequência foram usadas na definição dos valores iniciais dos parâmetros do algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas. Enquanto que as 228 foram usadas na coleta de dados do estudo.

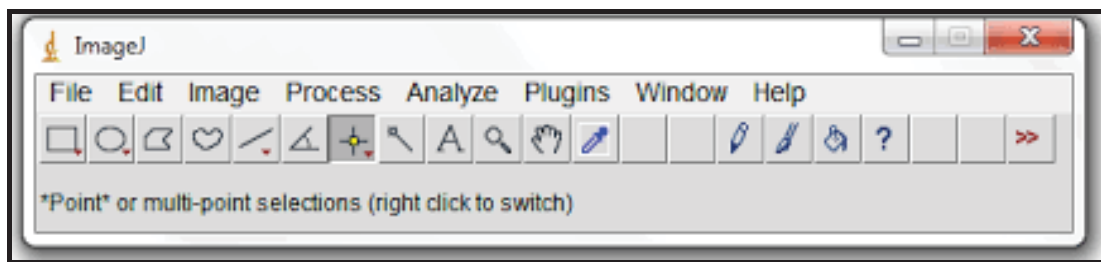
3.3.3 Radiografias panorâmicas digitalizadas

As radiografias panorâmicas de acordo com Souza (2014) foram o digitalizadas utilizando-se um escaner da marca HP (*Hewlett-Packard Company, Palo Alto, CA, EUA*) modelo Scanjet G4050 e o programa Digitalização HP.

Procurou-se manter os níveis padrão de brilho e contraste indicados pelo programa, de modo que fosse reproduzida uma imagem em tamanho original ou 100%.

As imagens foram armazenadas no formato JPEG e abertas no editor de imagens *ImageJ* versão 1.49i (*U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA*), conforme a FIGURA 8.

FIGURA 8 - JANELA ABERTA DO IMAGEJ



FONTE: O autor (2019).

3.3.4 Cegamento

Com a finalidade de preservar o anonimato dos pacientes Souza (2014) e Oliveira (2010) mascararam todas as radiografias panorâmicas com intenção de evitar que os examinadores apresentassem vieses de interpretação. Assim, com o mesmo propósito, durante a realização da captura da imagem digital, foi criado um diretório, onde foram armazenadas as 228 panorâmicas que tiveram sua identificação substituída pelas letras iniciais do nome completo e convertidas em números correspondentes as letras do alfabeto.

3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Em relação a amostra, foram selecionadas radiografias panorâmicas que atendem aos seguintes critérios:

- a) radiografias panorâmicas digitalizadas de pacientes que encontram-se na faixa etária de 18 a 24 anos;
- b) radiografias panorâmicas que apresentavam dos terceiros molares superiores (dentes 18 e 28) e inferiores (dentes 38 e 48);
- c) radiografias panorâmicas em que as imagens dos dentes e estruturas dentais estavam visíveis.

3.5 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Não fizeram parte da amostra, as seguintes radiografias que não atenderam aos critérios da pesquisa:

- a) radiografias panorâmicas digitalizadas de indivíduos que se encontravam fora da faixa etária de 18 a 24 anos;
- b) radiografias panorâmicas com ausência dos terceiros molares superiores (dentes 18 e 28) e inferiores (dentes 38 e 48);
- c) radiografias panorâmicas de pacientes que apresentavam lesões ósseas ou anormalidades;
- d) radiografias panorâmicas de pacientes que possuíam aparelho ortodôntico, contenção, piercings e qualquer outro elemento metálico.

Quanto a resolução das radiografias panorâmicas, foram excluídas:

- a) radiografias panorâmicas muito escuras, demasiadamente claras e com imagem borrada;
- b) radiografias panorâmicas em que os dentes não estavam totalmente visíveis.

3.6 COLETA DE DADOS

Além das radiografias, foi criada uma planilha em Excel onde foram registrados, o sexo, a data de nascimento e a data de realização das 228 radiografias panorâmicas. Dados esses, necessários para que fosse estimada a idade dental a partir da idade cronológica. Logo, no QUADRO 4, tem-se o modelo da planilha do Excel utilizada no levantamento dos dados.

QUADRO 4 - PLANILHA DE DADOS DOS PACIENTES DA AMOSTRA

Nº	Iniciais	Código	Sexo	Data de Nascimento	Data da Radiografia	Idade (anos)	Idade (meses)	Dente SD(18)	Dente SE(28)	Dente IE(38)	Dente ID(48)

FONTE: O autor (2019).

O preenchimento da planilha foi realizado em duas etapas: inicialmente foram preenchidos os campos com o número de ordem da panorâmica, iniciais do paciente, código, sexo, data de nascimento e data de realização da radiografia panorâmica. Além da idade cronológica que foi convertida em anos e meses. E na segunda fase, foi realizado o preenchimento dos campos referentes aos terceiros molares com a classificação dos estágios segundo o Método de Dermijian.

3.7 SOFTWARES UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO DE IMAGENS E DADOS

No processamento de imagens foram utilizadas as linguagens de programação: Python na versão 3.7.2, MATLAB na versão R16a, utilizando o pacote de imagens *Image Processing Toolbox*. E no processamento de dados foi utilizado o software R na versão 3.4.3.

3.8 TIPO DE ESTUDO

Num primeiro momento, a pesquisa foi bibliográfica, segundo Provdanov e Freitas (2013), foi elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, publicações em periódicos e artigos científicos, monografias, dissertações, teses e internet, referentes a assuntos: Odontologia Legal ou Forense, Otimização por Colônia de Formigas, identificação humana, Método de Dermijian e estimativa da idade por meios dentários. Este material foi organizado em arquivos (pastas) na memória do computador, separando os mais importantes.

Na execução do trabalho, optou-se por realizar um estudo aplicado que de acordo com Marconi e Lakatos (2003) gera conhecimentos, pois está dirigido à resolução na prática de problemas específicos. Neste caso, na Odontologia Legal ou Forense com a aplicação do Algoritmo de Otimização de Colônia de Formigas para estimar a idade como meio de identificação humana.

A pesquisa caracteriza-se por ser também descritiva e retrospectiva em que foram descritas as características de radiografias panorâmicas de pacientes atendidos no LABIM, no curso de Odontologia da UFPR e devidamente registradas em uma planilha mostrada na Seção 3.6, no QUADRO 4. E observacional, quando o pesquisador apenas observa o que ocorreu (PROVDANOV; FREITAS, 2013).

Portanto, foram observados nas radiografias panorâmicas e nas imagens resultantes da aplicação da ACO, os estágios do desenvolvimento dos terceiros molares pelo Método de Dermijian e anotados na planilha.

Finalmente a pesquisa é quantitativa, pois segundo Machado (2014) traduz em números as informações para posteriores análises. Assim, foram classificados os estágios da mineralização dos terceiros molares pelo Método de Dermijian nas radiografias panorâmicas originais bem como nas imagens resultantes da aplicação da Otimização por Colônia de Formigas e utilizadas técnicas estatísticas para analisá-las, buscando garantir a precisão dos resultados e evitando contradições no processo de análise e interpretação.

3.9 OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS NA DETECÇÃO DE BORDAS

A detecção de bordas é uma das técnicas do processamento e análise de imagens que, pois detectar uma borda em uma imagem digital, é analisar a relação entre um pixel e seus vizinhos (BATERINA; OPPUS, 2010). Uma forma de fazer a detecção de contornos é utilizar a Otimização por Colônia de Formigas, proposta por Dorigo e Stützle (2004) que é uma metaheurística inspirada no comportamento de formigas reais em relação à busca por alimento.

Antes de aplicar o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, as 228 radiografias panorâmicas passaram por uma etapa de pré-processamento.

3.9.1 Pré-processamento da imagem

O pré-processamento da imagem é executado conforme o diagrama em blocos na FIGURA 9.

FIGURA 9 - PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM



FONTE: O autor (2019).

Na etapa da imagem original, as 228 radiografias panorâmicas originais foram salvas em um diretório no MATLAB (*MATrix LABoratory*) na versão R.16a,

sendo lidas uma a uma (na sequência). O MATLAB é uma linguagem de programação usada para uma variedade de aplicações, incluindo o processamento de imagens e vídeos. Ele possibilita a execução de tarefas sequencialmente programadas, permite o entendimento de conceitos e de funções instaladas, bem como uso de ferramentas que se encontram disponíveis no software. O pacote de funções *Image Processing Toolbox* fornece um conjunto abrangente de padrões de referência, algoritmos e ferramentas gráficas para processamento, análise e visualização de imagem.

No pré-processamento, a radiografia panorâmica original passa por um tratamento para redimensionar o seu tamanho de 2976 x 1576 pixels para 750 x 500 pixels. A redução do tamanho deve permitir que sejam mantidos o nível de detalhamento e os mesmos aspectos da imagem original. O redimensionamento possibilita que a panorâmica possa ser processada dentro de um tempo razoável, pois, quanto maior a imagem, mais custoso e dispendioso torna-se para processá-la.

Nesta tarefa, a panorâmica é convertida em escala de cinza. Na conversão na escala de cinza, a imagem é normalmente armazenada com 8 bits por pixel amostrado, o que permite que ela tenha 256 (0 a 255) níveis de intensidades de cinza diferentes. Em outras palavras, o valor de cada pixel contém apenas informações de intensidade variando do preto no mais fraco ao branco no mais forte (SEKHAR, 2013).

De acordo com Burle e Soares (2017), como uma imagem depende de duas coordenadas espaciais, as bordas da imagem podem ser expressas por derivadas parciais, então um operador é usualmente utilizado em diferenciação de imagens. Logo, uma mudança na intensidade pode ser detectada pela diferença entre os valores de pixels adjacentes. Um destes tipos de vetores de gradiente ortogonal é o Sobel (filtro), cuja direção indica os locais nos quais os níveis de cinza sofrem maior variação.

Assim, detecção de bordas de imagens, o gradiente aponta na direção da mudança mais rápida de f na posição (x, y) . A amplitude do gradiente ortogonal ∇f é obtida pela EQUAÇÃO 10 que é dada por:

$$\nabla f = \sqrt{G_X^2 + G_Y^2} \quad (10)$$

Em que G_x é o gradiente para direção horizontal (x) e G_y é o gradiente para direção vertical (y). O gradiente que é calculado para cada posição de pixel na imagem, detectando bordas horizontais e verticais separadamente. As bordas horizontais podem ser detectadas pela diferença vertical entre os pontos adjacentes da imagem e bordas verticais podem ser detectadas pela diferença horizontal entre esses pontos.

A borda que segundo Gao e Zhang (2010) é a característica mais básica da imagem, com o Sobel tem realizado primeiramente o seu refinamento para depois dar destacar. No entanto, por causa do ruído e da imagem desfocada, a borda detectada pode não ser contínua. Desse modo, na fase do pré-processamento, as radiografias panorâmicas passam pelo operador Sobel tem como função localizar os contornos dos dentes, de modo que eles pareçam espessos e brilhantes, além de eliminar o ruído. Assim, o resultado é uma imagem transparente com linhas pretas e algumas cores restantes.

Após a finalização da etapa de pré-processamento, passa-se para a implementação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas e com isso atribuir valores aos seus parâmetros.

3.9.2 Ajuste dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas

A fim de aplicar o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, foram reservadas 10 radiografias panorâmicas (amostra intencional) do montante de 238 que foram destinadas para o pré-teste no ajuste dos valores dos parâmetros do algoritmo.

Os valores dos parâmetros foram atribuídos conforme tentativa e erro (GULLIPALLI, 2015; BATERINA; OPPUS,2010; TIAN ET AL. (2012); REZAEI; MOHAMMAD; TAVAKOLI, 2015). A implementação do Algoritmo de ACO, foi em Python na versão 3.7. 2. E os parâmetros são mostrados no QUADRO 5.

QUADRO 5 - PARÂMETROS DO ALGORITMO DE ACO

Parâmetros	Descrição
τ_0	Valor inicial do feromônio
N	Número de iterações
Ω	Intervalo do movimento das formigas
L	Número total de passos das formigas em cada etapa de construção
K	Número total de formigas
q0	Parâmetro para controlar o grau de exploração das formigas
α	Controle da influência de trilha do feromônio
β	Controle da influência da heurística em formação
φ	Coefficiente de decaimento do feromônio
ρ	Coefficiente de evaporação do feromônio

FONTE: O autor (2019).

No ajuste dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, 10 radiografias panorâmicas serviram como conjunto de treinamento para definição dos valores que seriam usados para a detecção de bordas das radiografias panorâmicas. Durante este processamento, com a linguagem de programação Python na versão 3.7. 2, verificou-se que o tempo de processamento foi demasiadamente demorado e medido em horas. Então optou-se por realizar o processamento da ACO em MATLAB na versão R16a. Da mesma forma que Nezamabadi-pour; Saryazdi e Rashedi (2006) fizeram em seu estudo.

3.9.3 Etapas da Otimização por Colônia de Formigas

O Algoritmo de Otimização por Colônia Formigas (ACO) foi implantado conforme os seguintes passos:

- a) **passo 1:** primeiramente as panorâmicas de tamanho $M1 \times M2$ são carregadas no ambiente do MATLAB (SINGH, SARVJIT; AGRAWAL; SINGH, 2016);
- b) **passo 2:** são inicializados os parâmetros ACO para um determinado número de iterações (N). Estes parâmetros são o número de formigas (K) e o número total de passos do movimento aleatório das formigas (L);
- c) **passo 3:** inicia-se a população de formigas que movem-se para dois locais, um para x e outro para y . Em que X e Y correspondem as linhas e colunas da matriz multidimensional ($X \times Y$). Em cada local, uma formiga representa um quadrado e o total de formigas é denotado por (K). Esta

- desloca-se de seu pixel atual $(i; j)$ para um de seus pixels vizinhos visitados anteriormente $(x; y)$;
- d) **passo 4:** depois disso, divide-se a imagem em quadrados de tamanho iguais $m \times n$ dentro do limite de busca, denominado de quadrado atual (l) ;
- e) **passo 5:** distribui-se aleatoriamente as formigas na área de busca da imagem e o movimento aleatório realizado por elas é para procurar alimentos em diferentes locais;
- f) **passo 6:** nesta etapa são subtraídos da imagem os valores R, G e B das matrizes Vermelho, Verde e Azul;
- g) **passo 7:** no processo de seleção e eliminação, mudam os locais dos alimentos entre as formigas;
- h) **passo 8:** o processo continua para as próximas N iterações.

No caso da aplicação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas em radiografias panorâmicas, as etapas são mostradas na FIGURA 10.

FIGURA 10 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO ALGORITMO PARA METAHEURÍSTICA ACO



FONTE: O autor (2019).

Posteriormente ao pré-processamento, na entrada da imagem, as radiografias panorâmicas foram salvas em um diretório no MATLAB, lidas sequencialmente e convertidas em um formato utilizável que o programa possa processar. Para fazer isso, cada imagem é convertida pixel por pixel em uma matriz imagem multidimensional, no caso de uma imagem em preto e branco, que tem cor de 8 bits, é uma imagem bidimensional (PAPESCA, 2017). Na matriz que armazena a panorâmica, x é o número de linhas de pixel na entrada e y é o número de colunas de pixels na imagem de entrada.

A aplicação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas ocorreu conforme a sequência de oito passos. Após as tarefas do ACS serem executadas e conseqüentemente as bordas terem sido detectadas, entre em cena o bloco com o Threshold ou limiar de Otsu que é obtido por meio da EQUAÇÃO 6 que encontra-se na Seção 2.3.2.1.4. Este utiliza-se da matriz de feromônios e realiza

uma classificação binária em cada pixel com os valores de borda = 1 e não borda = 0. Com o uso do Threshold vê-se que o contorno torna-se mais espesso.

3.9.4 Avaliação do desempenho da Otimização por Colônia de Formigas

As imagens decorrentes da aplicação do algoritmo da metaheurística ACO foram salvas em uma pasta no computador e uma a uma foram analisadas de acordo com os seguintes critérios:

- a) todas as arestas foram detectadas em cada terceiro molar;
- b) nem todas as bordas foram detectadas em cada terceiro molar;
- c) ao menos um contorno foi detectado em cada terceiro molar; e
- d) nenhuma borda foi detectada, pois apanorâmica teve os contornos borrados em cada terceiro molar.

Para verificar o desempenho da aplicação da Otimização por Colônia de Formigas, foram utilizadas medidas de testes de diagnóstico. Então foram considerados as imagens que tiveram todas as bordas de cada terceiro molar detectadas como verdadeiros positivos (VP), as imagens em que nem todas as bordas foram detectadas foram consideradas como falsos positivos (FP), as imagens em que ao menos uma borda foi detectada como falsos negativos (FN), as que tiveram não tiveram nenhuma borda detectada são os verdadeiros negativos (VN).

3.9.4.1 Medidas de desempenho da Otimização por Colônia de Formigas

Para avaliar o desempenho do algoritmo na detecção dos contornos dos terceiros molares, foram calculadas medidas como: precisão, acurácia, recall, sensibilidade e especificidade (BURLE; SOARES, 2017).

A sensibilidade (Sens) vide EQUAÇÃO 11, é uma medida que indica quantas imagens tiveram todas as arestas dos terceiros molares detectadas. Ela é calculada pela relação entre o número de imagens com todas as bordas dos terceiros molares corretamente identificados pelo algoritmo de ACO dividida pela soma entre o número de imagens com todas as bordas dos terceiros molares corretamente identificadas e o número de imagens tiveram pelo menos uma borda detectada é dada por:

$$Sens = \frac{VP}{VP + FN} \quad (11)$$

A especificidade (Esp) determina a capacidade do algoritmo de ACO identificar imagens que não tiveram nenhuma borda detectada. É a relação entre imagens que não tiveram nenhuma borda detectada (borradas) e imagens que nem todas as arestas foram detectadas, seu cálculo é realizado pela EQUAÇÃO 12.

$$Esp = \frac{VN}{VN + FP} \quad (12)$$

A acurácia (Auc) é determinada pela taxa global de correta de classificação das imagens com todas os contornos detectados, ou seja, a aptidão do algoritmo de ACO em detectar corretamente quando há e quando não há bordas para serem detectadas. A EQUAÇÃO 13 que define como se dá o cálculo da acurácia.

$$Auc = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} \quad (13)$$

A precisão e o recall, que é a taxa de recuperação, são avaliadas usando as EQUAÇÕES 14 e EQUAÇÃO 15, respectivamente. A taxa de precisão é definida como a proporção das imagens com todas as bordas detectadas corretamente pela soma das imagens com todas as bordas detectadas corretamente e falsos positivos que são as imagens que nem todas as arestas foram detectadas, os falsos positivos.

$$Precisão = \frac{VP}{VP + FP} \quad (14)$$

A taxa de recuperação ou recall é definida como a proporção das bordas detectadas corretamente. Em imagens com todas as bordas detectadas corretamente, os falsos negativos são as imagens que tiveram pelo menos uma borda detectada.

$$Recall = \frac{VP}{VP + FN} \quad (15)$$

3.10 MÉTODO DE DERMIJIAN PARA ESTIMATIVA DA IDADE

3.10.1 Mineralização dos terceiros molares

Os terceiros molares, mais conhecidos como dentes dos sisos e são os últimos dentes a se desenvolver no ser humano. Geralmente em número de quatro, localizam-se na região mais posterior dos arcos dental superior e inferior, tanto do lado direito como no lado esquerdo (LISBOA, 2013).

A mineralização dos quatro terceiros molares superiores (18 e 28) e dos inferiores (38 e 48) foi classificada seguindo a escala proposta por Demirjian, Goldstein e Tanner, em 1973. Essa escala é composta por oito estágios de mineralização para os dentes molares. Segundo Olze et al. (2006), o desenvolvimento dos terceiros molares geralmente é completado em torno dos 18 aos 21 anos.

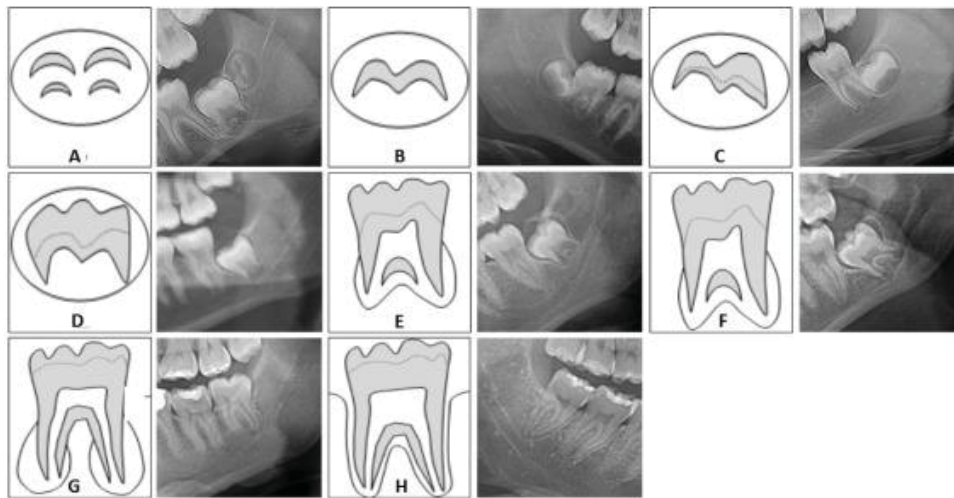
3.10.2 Classificação dos estágios de Dermijian

O estágio do desenvolvimento dentário foi determinado examinando-se radiografias panorâmicas digitalizadas e imagens resultantes da Aplicação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas nessas mesmas panorâmicas. A tarefa foi realizada por um único observador, utilizando os recursos digitais do visualizador de imagens (*Image J*).

A maturação dentária foi avaliada de acordo com o método descrito por Demirjian e colaboradores, no qual um de oito os estágios são atribuídos ao dente terceiro molar.

Os primeiros quatro estágios (A a D) mostram a formação da coroa desde o início da calcificação até a coroa completa, e os quatro últimos estágios (E a H) raízes da bifurcação radicular inicial até o fechamento apical (SISMAN et al., 2007). A classificação de Dermijian é mostrada na FIGURA 11.

FIGURA 11 - ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DE DERMIJIAN



FONTE: Quezada (2017).

Os estágios de Dermijian são descritos como:

- a) **estágio A:** Calcificação de pontos oclusais únicos sem fusão de diferentes calcificações;
- b) **estágio B:** fusão de pontos de mineralização; o contorno da superfície oclusal é reconhecível;
- c) **estágio C:** A formação do esmalte foi concluída na superfície oclusal e a formação da dentina foi iniciada. A câmara pulpar é curva e nenhum chifre pulpar é visível;
- d) **estágio D:** A formação da coroa foi concluída até o nível da junção amelocementária. A formação das raízes começou. Os chifres da polpa começam a se diferenciar, mas as paredes da câmara pulpar permanecem curvo;
- e) **estágio E:** O comprimento da raiz permanece menor que a altura da coroa. As paredes da câmara pulpar são retas e os chifres de polpa se tornam mais diferenciados do que no estágio anterior. Nos molares, a bifurcação radicular começou a calcificar;
- f) **estágio F:** As paredes da câmara pulpar formam agora um triângulo isósceles, e o comprimento da raiz é igual ou maior que a altura da coroa. Nos molares, a bifurcação se desenvolveu suficientemente para dar às raízes uma forma distinta;

g) **estágio G:** As paredes do canal radicular estão agora paralelas, mas a extremidade apical está parcialmente aberta. Nos molares, apenas a raiz distal é classificada;

h) **estágio H:** O ápice radicular é completamente fechado (raiz distal em molares). A membrana periodontal que envolve a raiz e o ápice é uniforme em toda a largura.

O método de Dermijian foi escolhido devido a simplicidade, concordância intraexaminador, facilidade de padronização e capacidade de reprodução. As classificações dos estágios de Dermijian nos terceiros molares tanto nas radiografias panorâmicas originais quanto nas imagens resultantes da ACO foram analisadas por métodos estatísticos.

3.11 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

As observações dos estágios da maturação dos terceiros molares pelo método de Dermijian foram realizadas separadamente em duas datas distintas com um intervalo de 30 dias em cada observação, com a finalidade de evitar a memorização das classes usadas anteriormente. Também foi feito antecipadamente um treinamento com 10 radiografias panorâmicas.

As classificações foram anotadas em um a planilha do Excel (2016) e posteriormente tabuladas e analisadas com a utilização do software estatístico “R i386” de distribuição livre, na versão 3.4.3. Para medir o nível de concordância intraobservador foi utilizado o Coeficiente de Concordância Kappa (K).

Na descrição das classificações, foram aplicados métodos de análise descritiva como a construção de gráficos e a sumarização de variáveis. Neste estudo, as variáveis categóricas foram descritas por meio de frequências absolutas (quantidades) e relativas (%). A variável contínua idade cronológica foi descrita pelo resumo estatístico (mínimo, média, desvio padrão e máximo). E, para verificar se está variável advém de uma população com distribuição Normal, utilizou-se o teste Shapiro-Wilk e um histograma de frequências absolutas FIGURA 27. No teste Shapiro-Wilk valores menores que o nível de significância de 5%, não são considerados normais.

Depois da classificação dos estágios dos terceiros molares nas panorâmicas e nas bordas das imagens avindas da ACO, foram criadas tabelas de contingência

para as variáveis categóricas, estágios da mineralização dos terceiros molares e terceiros molares dentes (SD18, SE28, IE38 e ID48), sendo que a associação entre essas variáveis foi mensurada pelo teste para tabela de contingência (cruzada) de Pearson, cuja estatística indica que valores acima do nível de significância considerado que é de 5% são altamente significativos, indicando se as variáveis analisadas são associadas ou não conforme mostra a FIGURA 23 que está no Capítulo 4, Seção 4.4 e Subseção 4.4.1 e FIGURA 26 que localiza-se no Capítulo 4, Seção 4.5 e Subseção 4.5.3.

Foram construídos histogramas das radiografias panorâmicas originais com número de pixels para verificar se a resolução das radiografias panorâmicas permaneceu a mesma ao serem reduzidos os seus respectivos tamanhos.

Para avaliar o desempenho na classificação dos estágios nos contornos dos terceiros molares com algoritmo da ACO, foram medidos os graus de acurácia, sensibilidade e especificidade, precisão e recall. E para acurácia, sensibilidade e especificidade foi construída a curva ROC na FIGURA 24. Também foram utilizadas as mesmas medidas para analisar o desempenho com a classificação nas radiografias panorâmicas originais.

E por fim, para estimar a idade dental com base nos estágios do desenvolvimento dos terceiros molares de Dermijian foram ajustados Modelos de Regressão Gama descritos no Capítulo 2, na Seção 2.8 e Subseção 2.8.2.

Os valores estimados foram colocados em tabelas e gráficos de dispersão. E a qualidade do ajuste sendo verificada pelo gráfico Normal de probabilidade. Assim no Capítulo 4 estão contidos os resultados deste estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são demonstrados e discutidos os resultados provenientes do experimento de implementação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas em radiografias panorâmicas digitalizadas.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra advém do montante de 1679 radiografias panorâmicas digitalizadas correspondentes ao período de janeiro de 2015 a agosto de 2018 que se encontram arquivadas no LABIM, cujos pacientes pertencem a faixa etária de 18 a 24 anos. Desse total, resultou em uma amostra de 238 radiografias que atenderam aos critérios de inclusão que está no Capítulo 3, Seção 3.4 e exclusão, descritos no Capítulo 3, Seção 3.5. E aos procedimentos do *Study Group on Forensic Age Diagnostics* (AGFAD) ou Grupo de Estudo sobre Diagnóstico de Idade Forense para estimativas de idade de adolescentes e adultos jovens pelo exame radiográfico que determina quantas radiografias devem ser utilizadas por faixa etária de idade. Dessas 238, uma parcela de 10 radiografias foi usada na atribuição dos valores dos parâmetros do algoritmo (tentativa e erro). Portanto, a distribuição final da amostra de radiografias panorâmicas pela idade, sexo (F = Feminino e M = Masculino) e ano de realização é apresentada na TABELA 3.

TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO IDADE, SEXO E ANO DA PANORÂMICA

Idade (anos)	2015		2016		2017		2018		Total
	F	M	F	M	F	M	F	M	
18	6	6	4	8	5	5	7	5	46
19	9	6	4	5	6	5	4	3	42
20	8	2	1	4	5	4	6	1	31
21	10	3	7	4	7	3	3	7	44
22	6	5	3	1	3	3	5	4	30
23	2	2	1	4	4	3	7	1	24
24	3	1	2	4	0	0	0	1	11
Total	44	25	22	30	30	23	32	22	228

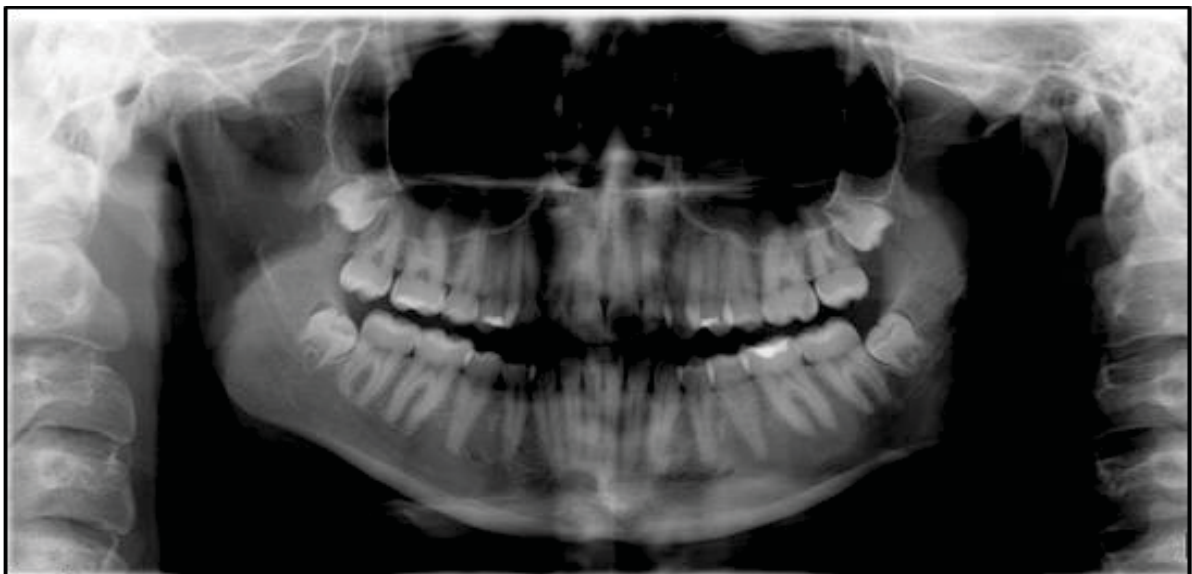
FONTE: O autor (2019).

A TABELA 3 revela que quanto ao ano de realização, as 228 radiografias panorâmicas estão divididas em: 69 em 2015, 52 em 2016, 53 em 2017 e 54 em 2018. Já o sexo dos pacientes, as radiografias estão distribuídas em 128 (56,1%) do sexo feminino e 100 (43,9%) do sexo masculino. Quanto a idade, no geral, 58% da amostra de radiografias abrange pacientes com 18, 19 e 20 anos, sendo que com 18 anos são 56 (20,2%), 21 anos são 44 (19,3%) e 19 anos são 42 (18,4%). Os 42% restantes englobam radiografias panorâmicas de pacientes com 20 anos (13,6%), 22 anos (13,2%), 23 anos (10,5%) e 24 anos (4,8%). Na distribuição da amostra segundo a idade pelo sexo verifica-se que em há uma predominância de radiografias panorâmicas de pacientes do sexo feminino em relação ao masculino com idades 19 anos, 20 anos, 21 anos, 22 anos e 23 anos. Após, a descrição da seleção da amostra, as 10 radiografias panorâmicas separadas (amostragem intencional) foram usadas como pré-teste no ajuste dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas como conjunto de treinamento na detecção de bordas de imagens. Porém, antes de implementar o algoritmo a imagem foi pré-processada.

4.2 PRÉ-PROCESSAMENTO DA IMAGEM

No pré-processamento, as 228 panorâmicas tiveram seu tamanho original reduzido de 2976 x 1576 pixels para 750 x 500 pixels como mostra a FIGURA 12.

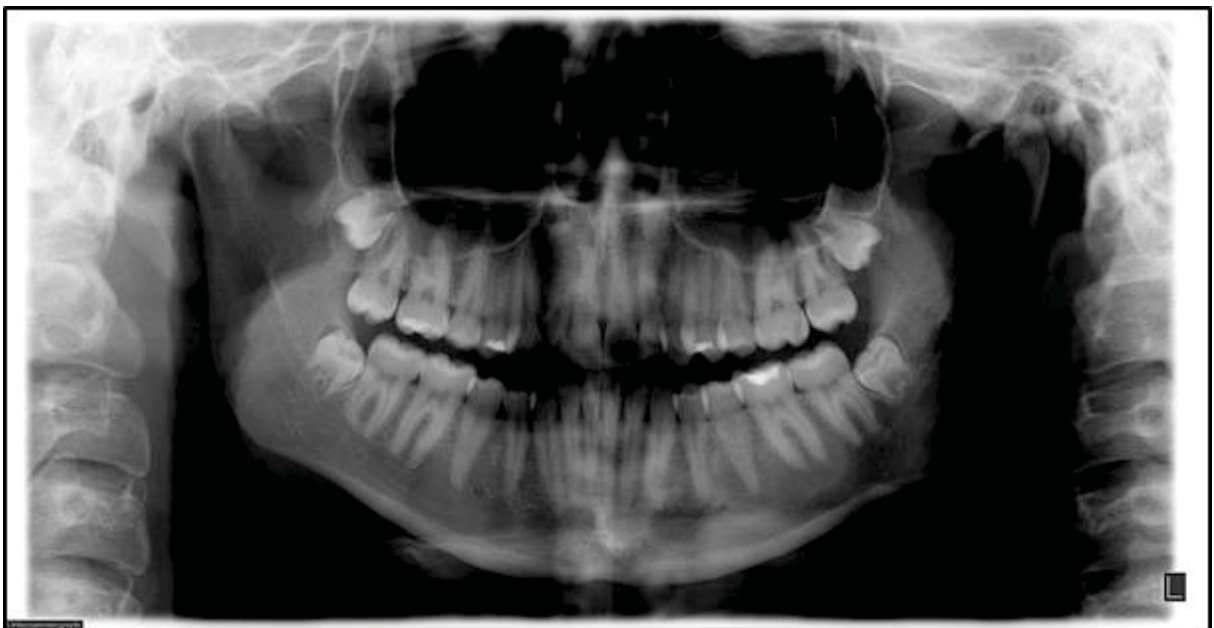
FIGURA 12 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM 750 x 500 PIXELS



FONTE: O autor (2019).

A resolução da radiografia panorâmica original conforme mostra a FIGURA 12 é de 2976 x 1576 pixels, bastante alta para que o processamento seja executado num tempo razoável, pois quanto maior é a imagem, mais oneroso torna-se o processo, pois requer mais recursos computacionais. Assim como Thorsen (2011), o tamanho da imagem sendo 752 x 500 pixels, contém um nível de detalhe razoavelmente alto, além de manter a proporção do tamanho da imagem original, portanto menos tempo é necessário ao seu processamento. Sequencialmente cada panorâmica é convertida em escala de cinza, em que cada pixel contém valores de intensidade variando do preto mais fraco para o branco mais forte, conforme a FIGURA 13.

FIGURA 13 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA EM ESCALA DE CINZA



FONTE: O autor (2019).

A FIGURA 13, radiografia panorâmica depois de convertida a escala de intensidade de cinza, similarmente ao descrito por Papesca (2017) também apresenta mesmo quase imperceptivelmente um fundo mais límpido, sendo removidas a maior parte das sombras ao redor do conteúdo da imagem.

Outro detalhe pode ser observado na FIGURA 13, está relacionado, a borda da radiografia panorâmica que contém muito mais espaço em branco, e conseqüentemente menos ruído se comparada com a borda da FIGURA 12.

A última tarefa do pré-processamento da panorâmica realizada foi a filtragem da imagem por meio do operador de filtragem Sobel apresentada na FIGURA 14.

FIGURA 14 - RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM FILTRO SOBEL



FONTE: O autor (2019).

Assim como Juneja e Sandhu (2009) que usaram o filtro Sobel em seu ensaio experimental, a FIGURA 14 mostra que na radiografia panorâmica ele atuou como um gradiente de suavização, acentuando as linhas verticais e horizontais que encontram-se mais escuras do que o fundo da imagem, sem destacar pontos isolados, fornecendo a direção do aumento de intensidade do claro para escuro. Também realizou a filtragem das imagens eliminando o ruído, com isso partes das arestas foram detectadas e as coroas dos dentes foram ressaltadas, ficaram mais brilhantes. Sendo assim, as tarefas de pré-processamento contribuíram para deixar as radiografias preparadas para aplicação da Otimização de Colônia de Formigas.

4.3 OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS

Ao fazer uso da Otimização por Colônia de Formigas na detecção de contornos de imagem foram atribuídos valores aos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas.

4.3.1 Ajuste dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas

Os valores dos parâmetros são resultado de sucessivas tentativas e erro (NEZAMABADI-POUR; SARYAZDI; RASHEDI, 2006; RAJESWARI; RAJESH, 2011; JEVTIĆ; LI, 2013; RAFSANJANI; VARZANEH, 2015). Entre os parâmetros obtidos arbitrando valores está o número de formigas (K), o comprimento da memória, o número de iterações (N), além do parâmetro que controla o grau de exploração das formigas (q_0), indicando que dessa forma os valores dos parâmetros podem produzir bons resultados (THORSEN, 2011).

4.3.1.1 Parâmetros iniciais do algoritmo

A parametrização do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas foi implementada inicialmente no software Python na versão 3.7.2 em 10 radiografias panorâmicas como mostra a QUADRO 6.

QUADRO 6 – VALORES INICIAIS DOS PARÂMETROS DO ALGORITMO DE ACO

Parâmetros	Descrição	Valores
τ_0	Valor inicial do feromônio	0,1
N	Número de iterações	50
Ω	Intervalo do movimento das formigas	8
L	Número total de passos das formigas em cada etapa de construção	40
K	Número total de formigas	26.512
q_0	Parâmetro para controlar o grau de exploração das formigas	0,7
α	Controle da influência de trilha do feromônio	1
β	Controle da influência da heurística em formação	1
φ	Coefficiente de decaimento do feromônio	0,05
ρ	Coefficiente de evaporação do feromônio	0,1

FONTE: O autor (2019).

Na QUADRO 6 observa-se que foram atribuídos valores a 9 parâmetros, destes, 7 (78%) foram definidos com base nos valores propostos no experimento de Gullipalli que obteve êxito ao localizar todas as bordas das imagens (GULLIPALLI, 2015). Os parâmetros correspondentes ao número de iterações (N) e número de formigas (K) resultaram de sucessivas tentativas e erros. Assim como Dawson e Stewart (2014), nas inúmeras tentativas de atribuir valores aos parâmetros número

de formigas (K) e número de iterações (N), verificou-se que quanto mais formigas por iteração, acarreta em menos iterações, mas não necessariamente a produção de bordas de melhor qualidade.

Depois terem sido atribuídos valores iniciais aos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas foi realizado um pré-teste utilizando a linguagem de programação Python 3.7.2, com isso foi possível observar os tempos de execução de cada iteração e o tempo total do processamento de uma radiografia panorâmica que podem ser vistos na TABELA 4 e TABELA 5.

4.3.1.2 Pré-teste do processamento com ACO

TABELA 4 - TEMPO DE PROCESSAMENTO DA ACO NA PANORÂMICA - ITERAÇÃO 1 A 4

Processamento	Tempo em cada iteração (horas e minutos)				Tempo total
	Iteração 1	Iteração 2	Iteração 3	Iteração 4	
Processamento 1	3:25:00	4:04:00	5:55:00	8:06:00	21:30:00
Processamento 2	2:24:00	3:32:00	5:17:00	7:13:00	18:26:00
Processamento 3	3:38:00	4:00:00	5:55:00	57:05:00	70:38:00
Processamento 4	2:10:00	4:36:00	5:35:00	7:36:00	19:57:00
Processamento 5	2:15:00	3:58:00	5:58:00	9:16:00	21:27:00
Processamento 6	3:13:00	4:38:00	6:17:00	10:26:00	24:34:00
Processamento 7	2:19:00	3:44:00	5:28:00	7:20:00	18:51:00

FONTE: O autor (2019).

TABELA 5 - TEMPO DE PROCESSAMENTO DA ACO NA PANORÂMICA - ITERAÇÃO 5 A 8

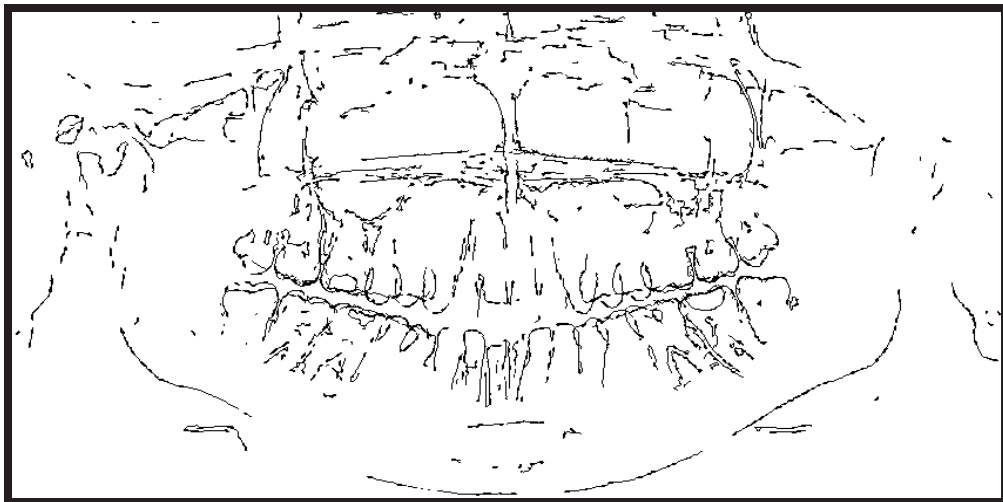
Processamento	Tempo em cada iteração (horas e minutos)				Tempo total
	Iteração 5	Iteração 6	Iteração 7	Iteração 8	
Processamento 1	10:24:00	28:11:00	-	-	38:35:00
Processamento 2	10:01:00	11:48:00	15:05:00	16:09:00	53:03:00
Processamento 3	10:27:00	13:40:00	15:55:00	19:29:00	59:31:00
Processamento 4	39:28:00	11:45:00	14:12:00	-	65:25:00
Processamento 5	10:39:00	59:33:00	15:28:00	17:51:00	103:31:00
Processamento 6	8:49:00	13:27:00	16:16:00	21:13:00	59:45:00
Processamento 7	36:10:00	11:45:00	14:44:00	16:09:00	80:48:00

FONTE: O autor (2019).

Na TABELA 4 encontram-se os tempos do processamento inicial de até 4 iterações, em que observa-se que a duração foi muito longa, com um mínimo de 60h (2 dias e meio) e o máximo 130h (em torno de 5 dias). Quanto ao tempo de execução de uma iteração, verifica-se nesta tabela que na primeira iteração os tempos de processamento foram de 2h a 3h, porém a medida em que segue o processamento, as iterações seguintes tiveram seu tempo aumentado. Na iteração 2, os tempos foram de aproximadamente 3h e meia a 4h e 40 minutos; na iteração 3

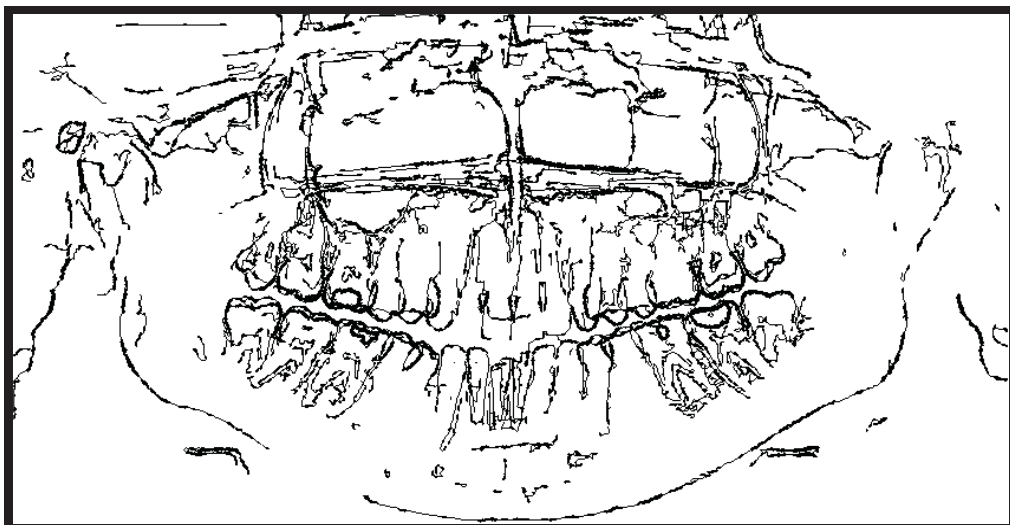
os tempos foram de 5h e 17 minutos a 6h e 17 minutos; na iteração 4 os tempos, no geral, foram de 7h a 10h. Ainda, na iteração 4, o processamento 3 demorou 57h. Já na TABELA 5 tem-se desde a iteração 5 a iteração 8. Na iteração 5, os tempos de processamento foram de 8h a aproximadamente 40h; na iteração 6 os tempos, no geral, foram de 11h e 45 minutos até cerca de 28h; na iteração 7 os tempos foram de aproximadamente 14h a 16h e na iteração 8 foram 16h a 21h. Portanto, tomando como base esses tempos, verificou-se ser inviável para o processamento de 238 panorâmicas. E, o resultado da ACO pode ser visto nas FIGURA 15 e FIGURA 16

FIGURA 15 – ITERAÇÃO Nº1 DA RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM ACO



FONTE: O autor (2019).

FIGURA 16 - ITERAÇÃO Nº 8 RADIOGRAFIA PANORÂMICA COM ACO



FONTE: O autor (2019).

Assim, resolveu-se implementar o algoritmo em MATLAB, pois o software possui um pacote destinado ao processamento de imagens e algoritmos.

4.3.1.3 Parâmetros finais do algoritmo

O treinamento com as 10 radiografias panorâmicas revelou ser necessário no ajuste dos valores dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas para o alcance de uma solução de melhor qualidade. Também observa-se que devido a limitação computacional (hardware) cada iteração consumia um tempo excessivo. Assim, optou-se pela utilização na amostra total do software MATLAB na versão R.16a que possui um pacote totalmente voltado para processamento de imagens, inclusive digitais. Então na QUADRO 7 são apresentados os parâmetros usados no experimento.

QUADRO 7 – VALORES FINAIS DOS PARÂMETROS DO ALGORITMO DE ACO

Parâmetros	Descrição	Valores
τ_0	Valor inicial do feromônio	0,00000001
N	Número de iterações	100
Ω	Intervalo do movimento das formigas	8
L	Número total de passos das formigas em cada etapa de construção	250
K	Número total de formigas	$\sqrt{750 \cdot 500} = 612$
q0	Parâmetro para controlar o grau de exploração das formigas	0,6
α	Controle da influência de trilha do feromônio	1
β	Controle da influência da heurística em formação	1
φ	Coefficiente de decaimento do feromônio	0,05
ρ	Coefficiente de evaporação do feromônio	0,1

FONTE: O autor (2019).

Os valores finais dos parâmetros do algoritmo para detecção de bordas das 228 radiografias panorâmicas foram baseados no experimento realizado por Thorsen (2011) que permitiu que bordas de rachaduras em meteoritos fossem detectadas com precisão. Da mesma forma, os valores dos parâmetros exibidos na QUADRO 7, possibilitaram que os contornos dos dentes fossem visualizados.

No ajuste dos parâmetros, a dificuldade encontrada foi adequar o número de iterações (N) e o total de formigas artificiais (K). Quanto a quantidade de formigas, segundo Thorsen (2011). Assim, como também observado na detecção das bordas

dos terceiros molares nas panorâmicas, utilizar-se de poucas faz com que o rastreamento da borda seja ruim não sendo totalmente coberta. Por outro lado, exagerar na quantidade de formigas sugere que muitas se desloquem por locais da imagem onde não existem bordas, construindo as chamadas bordas falsas. Logo, após a redução do tamanho da imagem realizado no pré-processamento de 2976 x 1576 pixels para 750 x 500 pixels, faz-se o cálculo do número de formigas $K = \sqrt{750 \times 500} = 612$ que representam a quantidade necessária.

Quanto ao número de iterações (N), percebe-se que afeta a extensão do processo de preenchimento dos contornos em imagens então a quantidade diferiu da utilizada por Thorsen (2011), foram necessárias 100 iterações para que até as bordas mais amplas fossem detectadas e os resultados fossem satisfatórios. Foi possível observar que quanto maior o número de iterações mais tempo computacional de execução é empregado no processamento das radiografias panorâmicas.

Os valores atribuídos aos demais parâmetros do Algoritmo de Colônia de Formigas mostrados na QUADRO 7, foram similares ao do experimento realizado por Thorsen (2011) e os resultados na prática são apresentados no item 4.3.2.

4.3.2 Desempenho do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas

A avaliação do desempenho da Otimização por Colônia de Formigas, utilizando o algoritmo *Ant Colony System* (ACS), que identificou os contornos dos terceiros molares superiores e inferiores é mostrada na TABELA 6.

TABELA 6 - PROPORÇÃO DE RADIOGRAFIAS COM BORDAS DETECTADAS

Amostra	Radiografias panorâmicas	
	Bordas detectadas	Proporção de bordas detectadas
228	213	93,4%

FONTE: O autor (2019).

Pela TABELA 6, pode-se notar que 213 radiografias panorâmicas que equivalem a 93,4% da amostra tiveram bordas detectadas. E com o intuito de mensurar o desempenho da Otimização por Colônia de Formigas foi criada a tabela de contingência 2 x 2 que pode ser observada na TABELA 7.

TABELA 7 - DETECÇÃO DE BORDAS DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS

Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas	Bordas		Total
	Todas	Não todas	
Detectou	205	8	213
Não detectou	9	6	15

FONTE: O autor (2019).

A TABELA 7 mostra que das 228 radiografias panorâmicas, foram identificadas bordas em 213. Em 205 (96,2%) das radiografias panorâmicas todas as bordas detectadas. Já em 8 radiografias, não foram detectados todos os contornos, principalmente os referentes aos terceiros molares. Em 9 panorâmicas pelo menos uma borda qualquer das arcadas foi detectada. E, em 6 panorâmicas nenhuma borda foi detectada.

Para verificar a existência de associação entre as categorias da TABELA 7, foi realizado o teste de Fisher, testando-se as hipóteses: H_0 : Não existe associação entre as bordas detectadas dos terceiros molares nas radiografias panorâmicas e a Otimização por Colônia de Formigas (ACO); e H_1 : Existe associação entre as bordas detectadas dos terceiros molares nas radiografias panorâmicas e a Otimização por Colônia de Formigas (ACO).

Logo, o teste revelou que a um nível de significância $\alpha = 5\%$, com p-valor = 0,978 que há associação entre as bordas e o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas. E da construção dessa tabela foi possível obter as medidas de desempenho: acurácia, eficiência, sensibilidade, especificidade, precisão e recall, apresentadas na TABELA 8.

TABELA 8 - MEDIDAS DE DESEMPENHO DO ALGORITMO DE OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS

Medidas	Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas
Acurácia	92,5%
Sensibilidade	95,8%
Especificidade	42,9%
Precisão	96,2%
Recall	95,8%

FONTE: O autor (2019).

Pela TABELA 8, verifica-se que o resultado do experimento com a ACO denota um grau de acurácia elevado de 92,5%. Assim como, Gnanasekar et al. (2011) e Rezaee e Tavakoli (2015) obtiveram em seus experimentos na detecção de contornos em imagens médicas, valores de acurácia elevados, respectivamente, 91,6% e 94,9%. Burle; Soares e Regis (2017) também encontraram uma acurácia elevada (97%) ao detectar AVC hemorrágico em tomografias.

A sensibilidade da ACO encontrada foi de 95,8% conforme a TABELA 8. Ela decorre da capacidade em detectar as bordas de todos os dentes em 205 de 214 radiografias panorâmicas. Autores como Rezaee e Tavakoli (2015) também obtiveram um grau de sensibilidade elevado de 94,16% em um estudo com detecção de bordas do câncer pulmonar.

Por outro lado, a especificidade da ACO que foi de 42,9% indica que a propensão em detectar bordas em 6 radiografias panorâmicas das 14 que não tiveram todas as bordas dos dentes detectadas, entre as que não foram consideradas como visualizadas, pois apresentaram bordas borradas depois da filtragem como é possível ver na FIGURA 17.

FIGURA 17 - IMPLANTAÇÃO DO ALGORITMO DE ACO COM BORDAS DESFOCADAS



FONTE: O autor (2019).

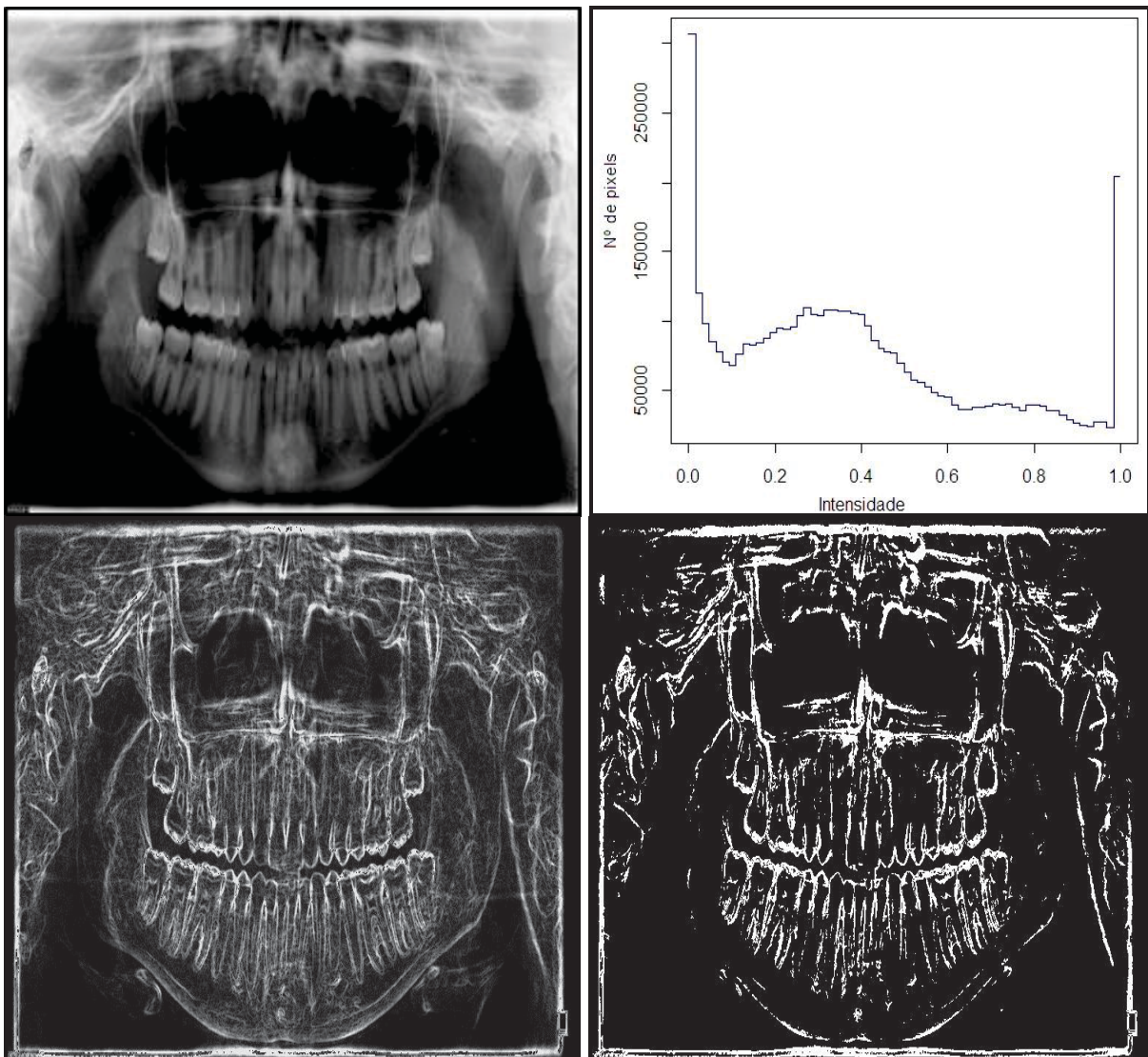
Pela TABELA 8, observa-se um grau de precisão de 96,2% ao implementar na ACO a detecção de todas as bordas dos terceiros molares em 205 de 210 radiografias panorâmicas. E o recall (95,8%) como refere-se Bueno (2016) é a

predisposição em identificar os verdadeiros positivos, ou seja, todas as bordas dos dentes terceiros molares em 205 de 214 radiografias panorâmicas. Enquanto isso, Singh, Sarvjit; Agrawal e Singh, Gagandeep (2016) conseguiram uma precisão de 98,5% e recall de 95,7% ao aplicar a ACO em 50 imagens de diversos contextos.

O resultado da aplicação da ACO para detecção dos contornos em radiografias panorâmicas de três pacientes distintos, podendo ser visto nas FIGURAS 18, 19 e 20.

Assim, na FIGURA 18 (A) tem-se a radiografia original, na FIGURA 18 (B) é o histograma de da radiografia original, na FIGURA 18 (C) imagem pré-processada com o Filtro Sobel e na FIGURA 18 (D) a imagem após aplicação da ACO.

FIGURA 18 - INDIVÍDUO 1 - A) RADIOGRAFIA ORIGINAL - B) HISTOGRAMA - C) SOBEL – D) ACO

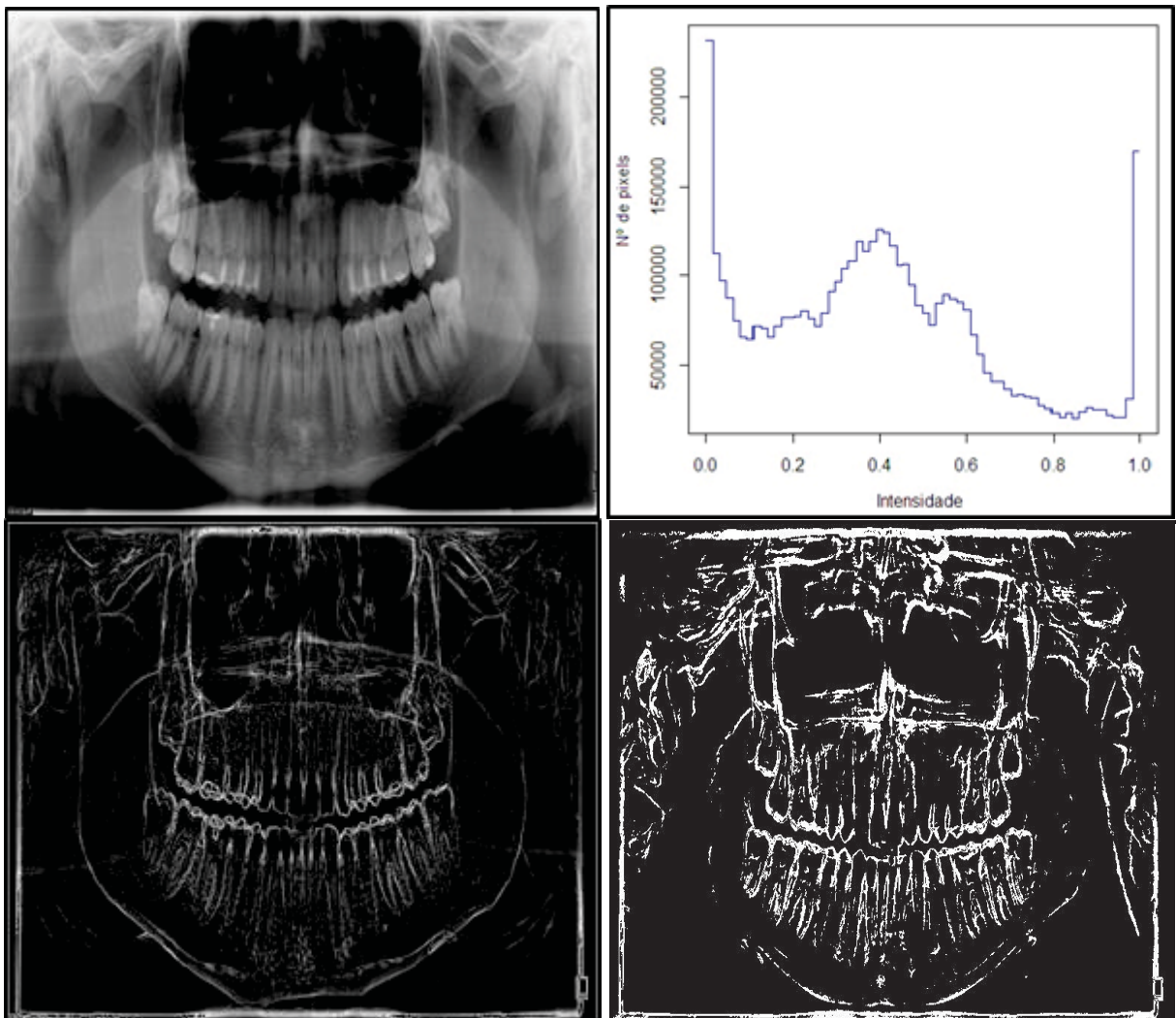


FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 18 (A), radiografia panorâmica original pode ser visto todos os dentes e suas estruturas dentárias; na FIGURA 18 (B) tem-se o histograma de frequências da imagem original da intensidade de escala de cinza. A radiografia original tem 2976 x 1576 pixels, totalizando 13.713.408 pixels. No histograma, as frequências altas evidenciam as partes mais claras da radiografia e nas partes mais escuras é possível ver que os níveis de cinza mais frequentes têm valores baixos. A FIGURA 18 C tem-se o filtro o Sobel que realiza a suavização e retirada do ruído da imagem. E a FIGURA 18 (D) contém a aplicação da ACO na detecção das bordas.

Na FIGURA 19 (A) tem-se a radiografia panorâmica original, na FIGURA 19 (B) o histograma dos pixels da imagem, na FIGURA 19 (C) o Sobel e na FIGURA 17 (D) ACO.

FIGURA 19 - INDIVÍDUO 2 - A) RADIOGRAFIA ORIGINAL - B) HISTOGRAMA - C) SOBEL – D) ACO

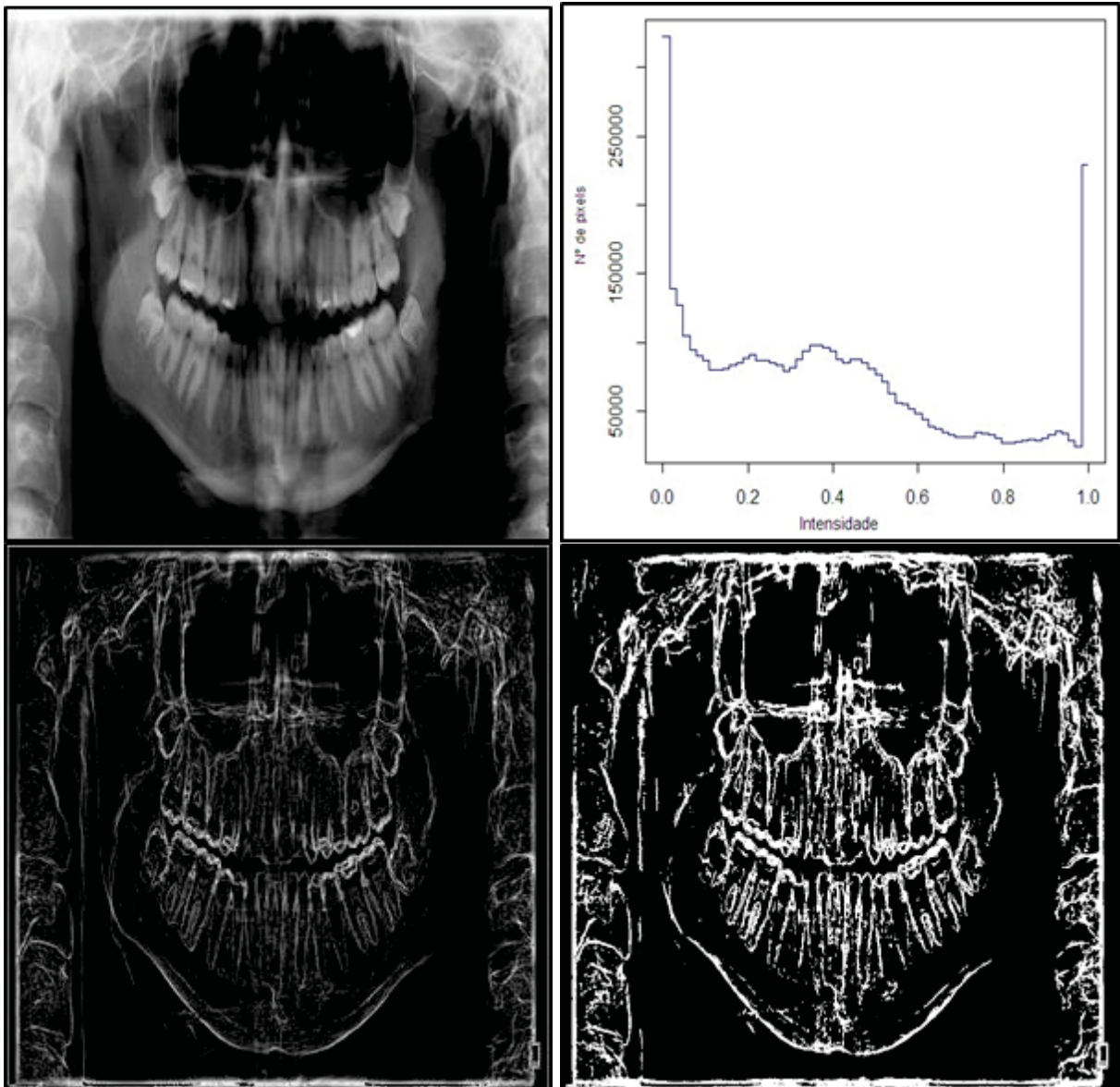


FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 19 (A), a panorâmica original mostra todos os dentes e estruturas da mandíbula e maxilar; na FIGURA 19 (B) tem-se o histograma de frequências da imagem original conforme a intensidade da escala de cinza, cuja imagem contém 2976 x 1576 pixels, totalizando 13.713.408 pixels. O histograma indica que as altas frequências se encontram em locais mais claros e baixas frequências em locais mais escuros. A FIGURA 19 (C), o filtro Sobel e a FIGURA 19 (D)) é a aplicação da ACO na detecção das bordas.

Na FIGURA 20(A) tem-se panorâmica original, na FIGURA 20 (B) o histograma, na FIGURA 20 (C) o Sobel e na FIGURA 20 (D) a ACO.

FIGURA 20 - INDIVÍDUO 3 - A) RADIOGRAFIA ORIGINAL - B) HISTOGRAMA - C) SOBEL – D) ACO



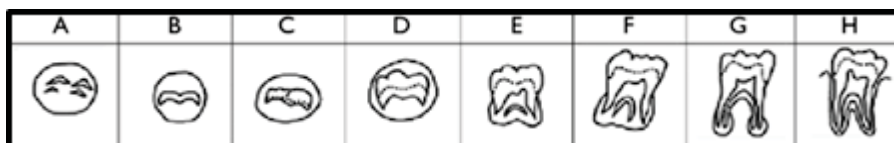
FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 20 (A) encontra-se a imagem da radiografia panorâmica original, em que podem ser vistos todos os dentes e estruturas dentárias; na FIGURA 20 (B) tem-se o histograma da panorâmica com original da frequência absoluta com 2976 x 1576 pixels, perfazendo o total de 13.713.408. Assim, nota-se que o histograma apresenta frequências elevadas, em locais que a radiografia tem tons de cinza mais claro. E frequência menores em locais mais escuros da imagem; a FIGURA 20 (C) contém o Sobel que realizou a filtragem dos ruídos e suavização da imagem, ressaltando as bordas das coroas dentárias. E a FIGURA 20 (D) o resultado da ACO na detecção as bordas. Logo, a análise do desempenho da ACO na detecção de bordas dos terceiros molares, comprovou ser bastante satisfatória, pois possibilitou que as todas as bordas dos dentes detectadas fossem visualizadas em 205 radiografias panorâmicas.

4.4 CLASSIFICAÇÃO DAS BORDAS DOS TERCEIROS MOLARES DECORRENTES DA APLICAÇÃO DA OTIMIZAÇÃO POR COLÔNIA DE FORMIGAS EM ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO PELO MÉTODO DE DERMIJIAN

A classificação dos contornos dos terceiros molares resultantes da aplicação da Otimização por Colônia de Formigas em 205 radiografias panorâmicas é realizada com base nos oito estágios da mineralização de Demirjian, mostrados na FIGURA 21.

FIGURA 21 - ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DE DERMIJIAN



FONTE: O autor (2019).

Pela FIGURA 21, observa-se que os estágios de Demirjian que são representados pelas letras maiúsculas de A até H. Os estágios A, B, C e D correspondem a coroa e E, F, G e H a raiz dentária, com uma pontuação equivalente a: Estágio A = 1, Estágio B = 2, Estágio C = 3, Estágio D = 4, Estágio E = 5, Estágio F = 6, Estágio G = 7, e Estágio H = 8. Então, na Tabela 9 encontram-se as

frequências e percentuais da classificação dos contornos dos terceiros molares resultantes da aplicação da ACO em 205 imagens pela técnica de Dermijian.

Na TABELA 9 tem-se a frequência e percentual dos estágios da mineralização de Dermijian nos terceiros molares cujas radiografias panorâmicas foi aplicado o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas.

TABELA 9 - FREQUÊNCIA E PERCENTUAL DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES DECORRENTES DA ACO POR DERMIJIAN

Estágios mineralização de Dermijian	Terceiros molares			
	Superior Direito (18)	Superior Esquerdo (28)	Inferior Esquerdo (38)	Inferior Direito (48)
A	-	-	-	-
B	-	-	-	-
C	-	-	-	1 (0,49%)
D	2 (0,98%)	2 (0,98%)	1 (0,49%)	1 (0,49%)
E	1 (0,49%)	2 (0,98%)	2 (0,98%)	3 (1,46%)
F	3 (1,46%)	5 (2,44%)	5 (2,44%)	6 (2,93%)
G	79 (38,54%)	76 (37,07%)	73 (35,61%)	80 (39,02%)
H	120 (58,54%)	120 (58,54%)	124 (60,49%)	114 (55,61%)

FONTE: O autor (2019).

Na TABELA 9, é possível observar que os contornos dos terceiros molares detectados pelo Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas e classificados pelo método de Dermijian em sua maioria encontram-se nos estágios G (dente quase formado com as paredes da raiz paralela) e H (dente formado com ápice completamente fechado). Esse resultado também foi obtido por Martins (2015) que constatou ser um indicativo de que as radiografias panorâmicas são de pacientes com no mínimo 18 anos de idade.

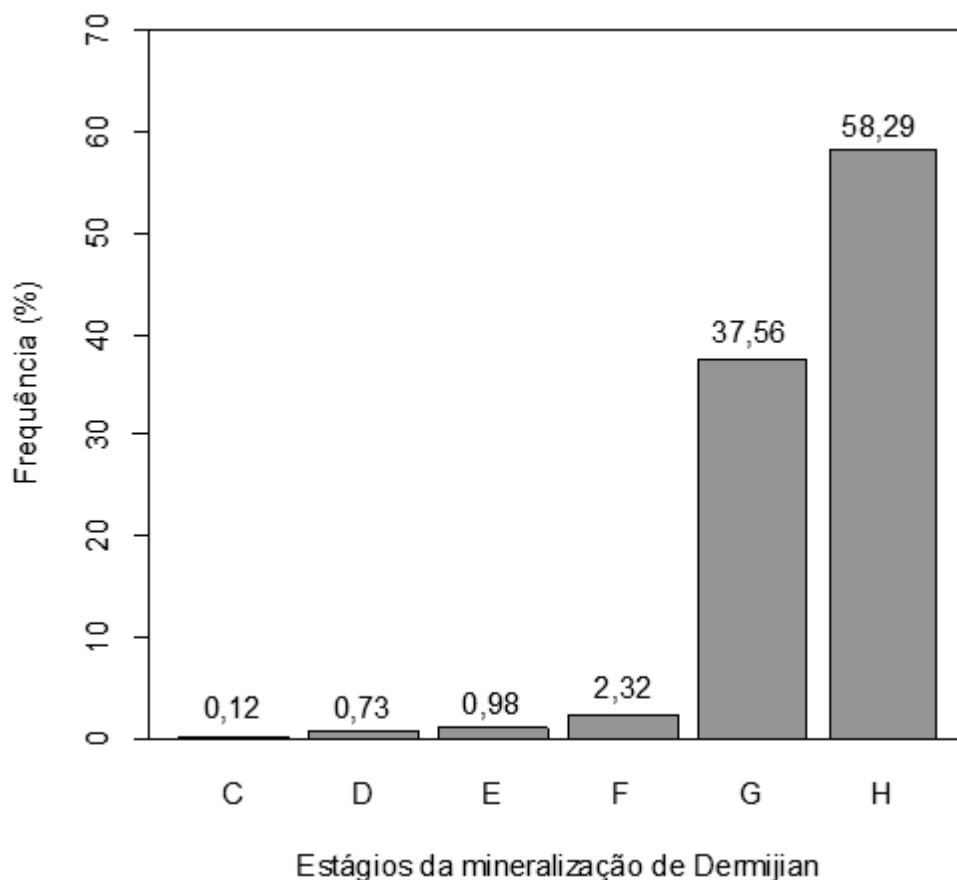
Portanto, pela TABELA 9, no terceiro molar superior direito (18) foram identificadas bordas com estágio G de Dermijian em 79 (38,54%) imagens e com estágio H em 120 (58,54%) imagens com ACO. No terceiro molar superior esquerdo (28) foram encontrados contornos com estágio G em 76 (37,07%) imagens e com estágio H em 120 (58,54%) imagens. Quanto ao terceiro molar inferior esquerdo (38) foram observados com estágio G em 73 (35,61%) imagens e com estágio H em 124

(60,49%). E, por último, o inferior direito (48), 80 (39,02%) foram classificados como estágio G e 114 (55,61%) como estágio H.

Dessa forma, percebe-se que o estágio H é o mais frequente entre os contornos dos quatro terceiros molares de 205 radiografias panorâmicas. Similarmente, Vieira (2011) também observou em seu estudo que o estágio H foi o mais presente nos terceiros molares inferiores esquerdos (38) e direitos (48).

Os demais estágios em que há indícios de não estar completa a mineralização dos terceiros molares, foram encontrados em algumas imagens com aplicação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, reforçando a ideia de que os indivíduos eram jovens adultos. Então, a distribuição geral dos estágios de mineralização dos terceiros molares pode ser vista na FIGURA 22.

FIGURA 22 - DISTRIBUIÇÃO GERAL DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO SEGUNDO DERMIJIAN



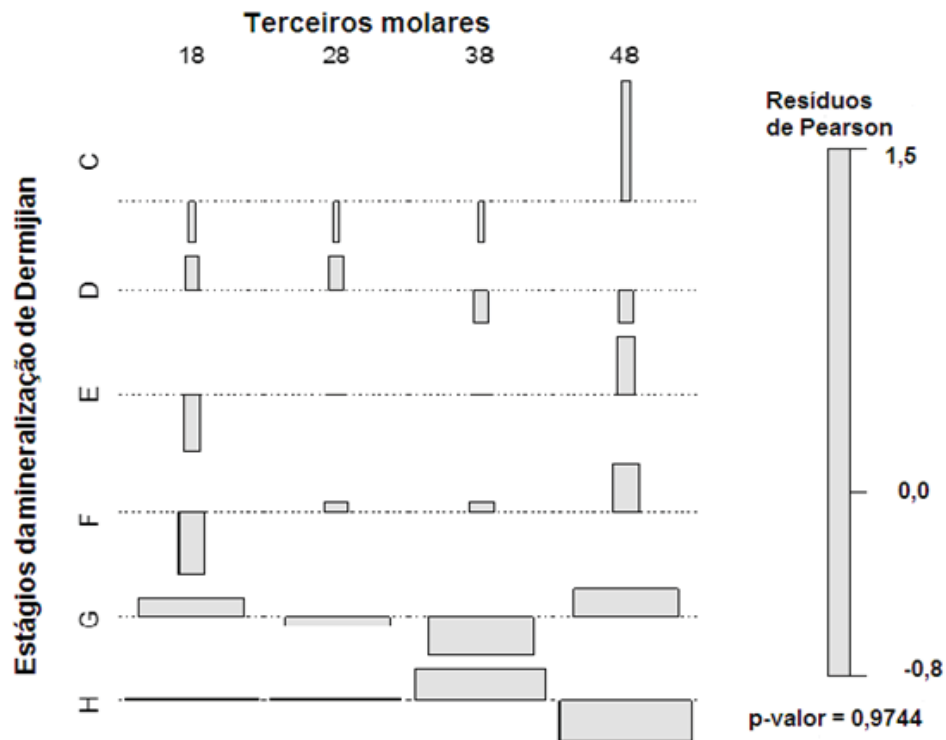
FONTE: O autor (2019).

A FIGURA 22 contém a distribuição geral dos contornos dos terceiros molares com ACO em que 308 (37,56%) encontram-se no estágio G e em 478 (58,29%) foram observados o estágio H. Portanto, em 95,85% dos terceiros molares há presença dos estágios finais da maturação dental nas bordas, indicando que as radiografias panorâmicas são de pacientes jovens e adultos. E, na classificação dos estágios, procurou-se observar se existe associação entre os terceiros molares (colunas) e os estágios de Dermijian (linhas) neles observados, ou seja, mensurar a influência da variável linha pela variável de coluna da TABELA 10 de contingência.

4.4.1 Associação entre os contornos dos terceiros molares detectados por ACO e os estágios da mineralização de Dermijian

Para saber se as categorias das variáveis terceiros molares comportam-se de forma homogênea em relação aos estágios da mineralização de Dermijian foi construída a FIGURA 23 e realizado o teste de Contingência de Pearson.

FIGURA 23 - ASSOCIAÇÃO ENTRE OS ESTÁGIOS DE DERMIJIAN E OS TERCEIROS MOLARES EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS COM APLICAÇÃO DA ACO



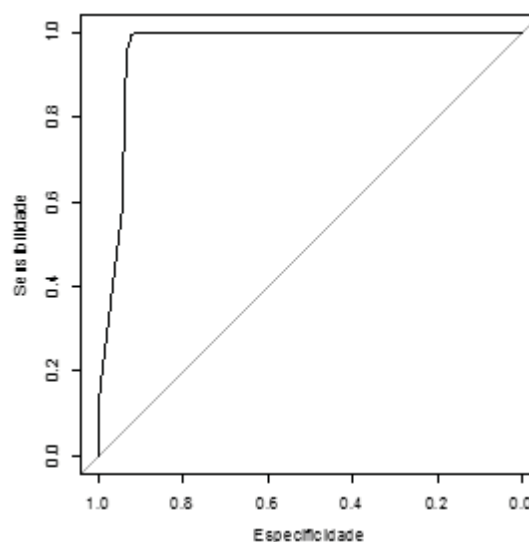
FONTE: O autor (2019).

A FIGURA 23 mostra a associação entre os terceiros molares e os estágios da mineralização de Dermijian. As barras acima do eixo indicam uma relação positiva e as abaixo do eixo apontam uma relação negativa entre a variável estágios da mineralização e a variável terceiros molares. Essa relação é considerada como positiva quanto maior for a contagem dos estágios observada nos terceiros molares. Desse modo, o terceiro superior direito (18), está associado positivamente com os estágios D, G e H e negativamente com os estágios C, E e F. O terceiro molar superior esquerdo (28) está associado positivamente com os estágios D, E, F e H e negativamente com os estágios C e G. Já o terceiro molar inferior esquerdo (38) está associado positivamente com os estágios E, F e H e negativamente com os estágios C, D e G. E o terceiro molar inferior direito (48) está relacionado positivamente com os estágios C, E, F e G e negativamente com os estágios D e H. O grau de associação, foi aferido pelo Coeficiente de Contingência de Pearson $C = 6,4831$ com $g.l = 15$ e $p\text{-valor} = 0,9744$ que sinaliza uma forte associação entre os terceiros molares e os estágios da calcificação dentária de Dermijian.

4.4.2 Desempenho ao classificar os terceiros molares com ACO por Dermijian

Para verificar o desempenho da ACO na classificação das bordas dos terceiros molares por Dermijian, foi produzida a curva ROC conforme FIGURA 24.

FIGURA 24 - CURVA ROC DA CLASSIFICAÇÃO DOS TERCEIROS PELA ACO



FONTE: O autor (2019).

Na TABELA 10 tem-se as medidas de desempenho (diagnóstico) com a aplicação da ACO na classificação das bordas dos terceiros molares pelo Método de Dermijian.

TABELA 10 - MEDIDAS DE DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO DAS BORDAS COM APLICAÇÃO DA ACO PELO MÉTODO DE DERMIJIAN

Medidas	Intervalo de confiança			
	Pontos de corte	Limite inferior	Média	Limite Superior
Acurácia	-	93,2%	96,4%	98,9%
Sensibilidade	95%	35,2%	55,7%	98,9%
	90%	56,2%	99,0%	99,0%
	85%	98,1%	99,0%	99,0%
Especificidade	95%	88,1%	93,5%	97,9%
	90%	88,2%	93,7%	98,0%
	85%	88,4%	93,8%	98,1%

FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 24 e TABELA 10, pode-se verificar que o valor da acurácia ou valor sob a área da curva ROC médio é elevado 96,4% (93,2%; 98,9%), aponta que os terceiros molares resultantes da implementação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas têm 96% de chances de serem classificadas corretamente. Na prática, curvas consideradas boas estarão entre a linha diagonal e a linha perfeita.

Quanto aos valores da sensibilidade e especificidade, são analisados em três diferentes valores de ponto de corte, 85%, 90% e 95%. O ponto de corte é que determina qual a relação entre a sensibilidade e a especificidade do teste (CASTANHO et al., 2004). O melhor valor da sensibilidade em média 99,0% (98,1%; 99,0%) ocorre quando o ponto de corte é de 85%. Já o melhor valor da especificidade em média 93,8% (88,4%; 98,1%) dá-se também quando o ponto de corte é de 85%. A TABELA 10 evidencia valores elevados tanto para sensibilidade quanto para especificidade. Altos índices de sensibilidade apontam que o classificador é sensível na detecção de bordas dos terceiros molares em estágio H. Este classificador também apresenta elevados graus de especificidade ao classificar das bordas dos terceiros molares com estágio H. Portanto a curva ROC demonstra um elevado poder discriminativo na predição do estágio H nos terceiros molares, assinalando que estes são de pacientes com no mínimo 18 anos de idade.

Do mesmo modo, Costa et al. (2014) obteve uma elevada acurácia (91,8%) evidenciando que os terceiros molares foram corretamente classificados em 91,8% dos casos, bem como um elevado valor de especificidade (95,3%) na classificação de terceiros molares de em radiografias panorâmicas de colombianos. Já o grau de sensibilidade, ficou abaixo de 80%, considerado como substancial (74,9%).

Na continuidade, foram classificados os terceiros molares de 228 radiografias panorâmicas conforme os estágios da maturação dentária de Dermijian.

4.5 CLASSIFICAÇÃO DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO NOS TERCEIROS MOLARES EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS CONFORME MÉTODO DE DERMIJIAN

4.5.1 Treinamento para classificação das radiografias panorâmicas

Antes de iniciar a classificação dos estágios dos terceiros molares na amostra, foi realizado um treinamento em 10 radiografias panorâmicas em que foram categorizados os terceiros molares conforme os estágios de Dermijian em duas datas distintas com intervalo de 10 dias (30/03/2019 e 09/04/2019). O treinamento permitiu que a classificação fosse realizada em 228 radiografias panorâmicas. Desta observação, obteve-se o índice de concordância intraobservador que encontra-se na TABELA 11.

Posteriormente as mesmas 10 radiografias foram utilizadas como pré-teste no ajuste dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas.

4.5.2 Classificação das radiografias panorâmicas em estágios de Dermijian

Da classificação dos estágios da mineralização dos terceiros molares pela técnica de Dermijian em 228 obteve-se um índice de concordância intraobservador em que o examinador classifica a mesma radiografia por duas vezes, com um intervalo de trinta dias entre cada categorização. Na TABELA 11 são mostrados os graus de concordância geral e por ano de realização do exame.

TABELA 11 - ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA INTRA OBSERVADOR

Ano	Radiografias panorâmicas	Interobservador		Índice de concordância Kappa (K)	Concordância
		Data 1	Data 2		
2015	69	22/04/2019	22/05/2019	0,900	Excelente
2016	52	22/04/2019	22/05/2019	0,862	Excelente
2017	53	24/04/2019	24/05/2019	0,848	Excelente
2018	54	24/04/2019	24/05/2019	0,934	Excelente
Total	228	-	-	0,890	Excelente

FONTE: O autor (2019).

Pela TABELA 11, constata-se que a relacionação dos estágios nos terceiros molares por Dermijian deixa evidente uma excelente concordância intraobservador, tanto no geral como por ano da radiografia. No geral, a concordância foi de $K = 0,890$, enquanto que por ano da radiografia as concordâncias foram: $K = 0,900$ (2015) $K = 0,862$ (2016), $K = 0,848$ (2017) e $K = 0,934$ (2018), indicando que o observador estava bem m concordância em ambas as datas de realização do teste.

Um excelente grau de concordância intraexaminador de 0,974 foi obtido por Ambarkova et al. (2013) na classificação de radiografias panorâmicas por Dermijian para estimar a idade dental de crianças macedônias. Souza (2014) alcançou em seu estudo para determinar a idade dental de crianças e adolescentes portadores de HIV um grau de concordância intraexaminadores de 0,993 a 0,997. Já, Verochana et al. (2016) conseguiu índices de concordância intraobservador usando o método de Dermijian que variaram de substancial $K = 0,786$ a $K = 0,853$ para estimar a idade do desenvolvimento do terceiro molar mandibular em uma população tailandesa não avistaram diferenças significativas intraobservador ao estimar a idade dental humana usando estágios de desenvolvimento de terceiros molares de Dermijian.

Da mesma forma, Costa et al. (2014) ao verificarem a acurácia na estimativa da idade legal pela mineralização dos terceiros molares entre mexicanos e colombianos empregando o método de Dermijian em panorâmicas, alcançaram elevados índices de concordância intraobservador $K = 0,91$ para a amostra mexicana e $K = 0,82$ para os colombianos. Então, após verificar a concordância intraobservador da classificação dos estágios da mineralização, na TABELA 12 é possível observar a distribuição dos estágios nos terceiros molares.

TABELA 12 - FREQUÊNCIA E PERCENTUAL DOS ESTÁGIOS DA MINERALIZAÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS PELO MÉTODO DE DERMIJIAN

Estágios mineralização de Dermijian	Terceiros molares			
	Superior Direito (18)	Superior Esquerdo (28)	Inferior Esquerdo (38)	Inferior Direito (48)
A	-	-	-	-
B	-	-	-	-
C	-	-	-	1 (0,44%)
D	2 (0,88%)	3 (1,32%)	1 (0,44%)	2 (0,88%)
E	1 (0,44%)	1 (0,44%)	3 (1,32%)	2 (0,88%)
F	4 (1,75%)	6 (2,63%)	5 (2,19%)	8 (3,51%)
G	88 (38,60%)	83 (36,40%)	75 (32,89%)	77 (33,77%)
H	133 (58,33%)	135 (59,21%)	144 (63,16%)	138 (60,53%)

FONTE: O autor (2019).

Pela TABELA 12, a maior parte dos terceiros molares das 228 radiografias panorâmicas encontra-se nos últimos estágios da maturação G e H.

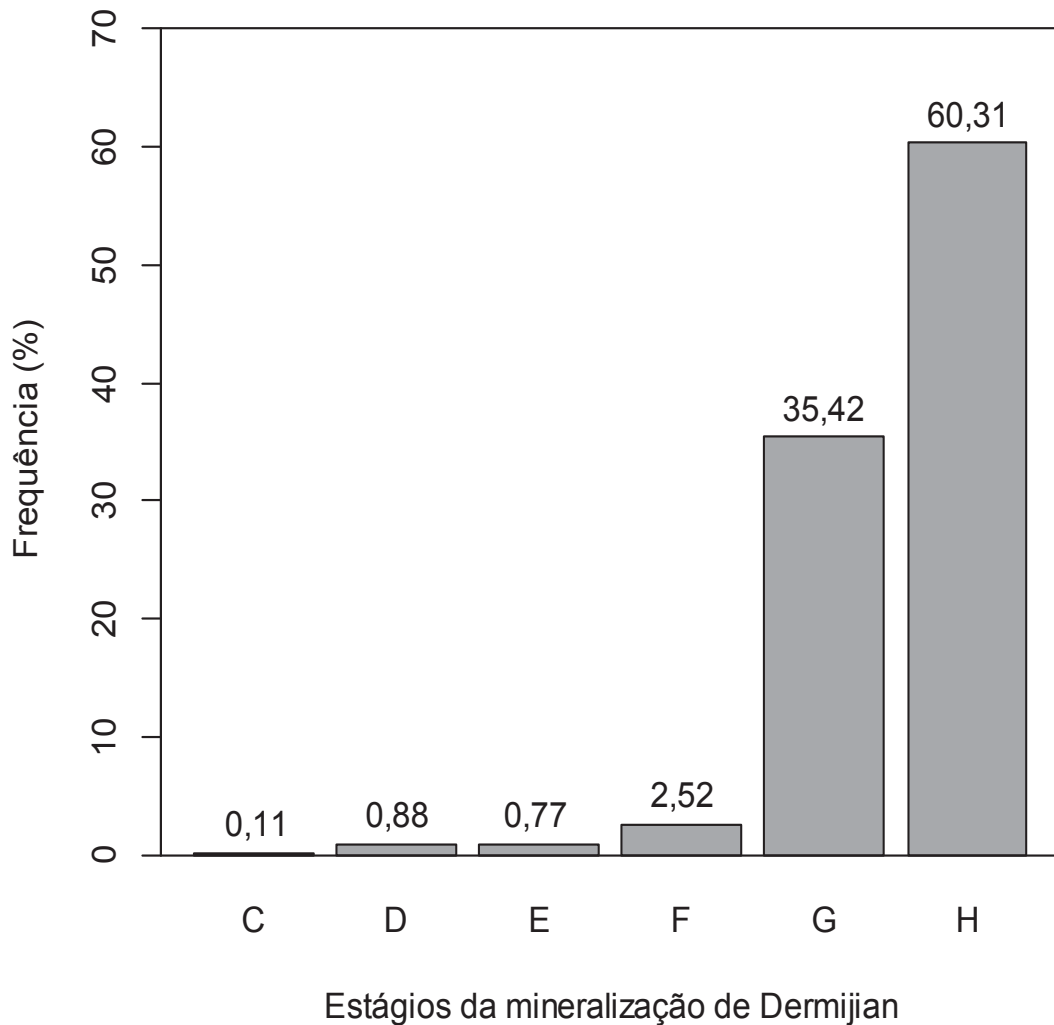
No terceiro molar superior direito (18) foram observados 88 (38,60%) em estágio G e 133 (58,33%) em estágio H. No terceiro molar superior esquerdo (28) foram encontrados 83 (36,40%) em estágio G e 135 (59,21%) em estágio H. Foram observou-se no terceiro molar inferior esquerdo (38) 75 (32,89%) em estágio G e 144 (63,16%) em estágio H. E, por último, no terceiro molar inferior direito (48), 80 (39,02%) foram classificados como estágio G e 114 (55,61%) como estágio H.

O estágio H que mostra o final da formação das raízes é o mais frequente dentre os estágios da mineralização de Dermijian na TABELA 10 que indica que as radiografias panorâmicas são de indivíduos jovens e adultos. Resultados semelhantes foram obtidos por Lewis et al. (2015) ao estimar a idade dental em radiografias panorâmicas por Dermijian. Estes autores verificaram que como os ápices radiculares estavam de fato fechados há indícios de que os pacientes têm pelo menos 18 anos de idade.

Terceiros molares apresentando os estágios A e B que são as fases iniciais da coroa dentária não foram encontrados na amostra e os estágios C, D, E e F foram observados, mas em menores quantidades. Solari e Abramovitch (2005) também observaram estágios B e C pouco frequências. Então, na FIGURA 25 pode-

se ver a distribuição geral dos estágios de mineralização dos terceiros molares em 228 radiografias panorâmicas.

FIGURA 25 - DISTRIBUIÇÃO GERAL DOS ESTÁGIOS DE DERMIJIAN NOS TERCEIROS MOLARES



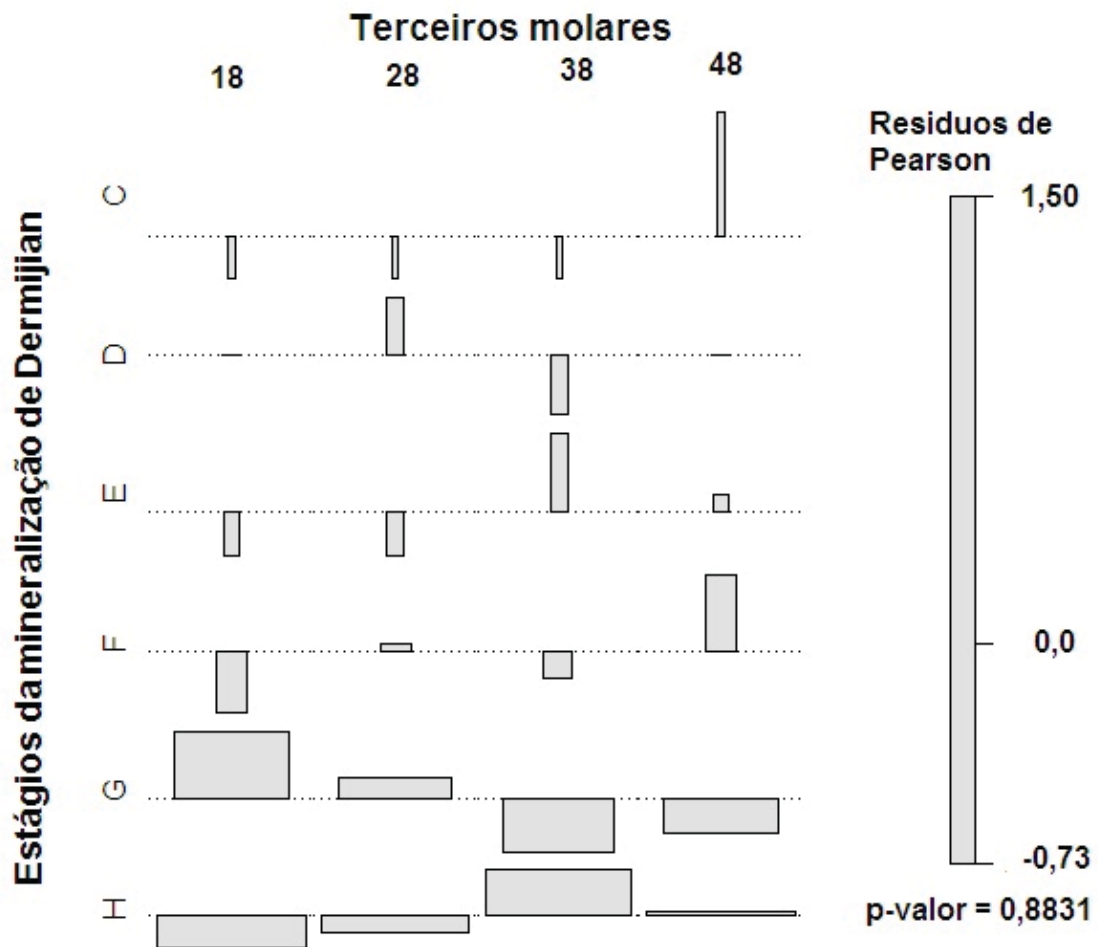
FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 25 da distribuição geral dos terceiros molares aponta que em 323 (35,42%) dos terceiros molares possuem estágio G e em 550 (60,31%) foram verificados o estágio H. Logo, em 95,72% dos terceiros molares encontram-se nas fases finais do desenvolvimento dentário. Portanto são de pacientes jovens, mas com maioridade.

4.5.3 Associação entre os contornos dos terceiros molares e os estágios da mineralização de Dermijian em radiografias panorâmicas originais

Na FIGURA 26 tem-se a associação entre os terceiros molares e os estágios dos de Dermijian em radiografias panorâmicas originais.

FIGURA 26 - ASSOCIAÇÃO ENTRE OS TERCEIROS MOLARES E OS ESTÁGIOS DE DERMIJIAN PANORÂMICAS ORIGINAIS



FONTE: O autor (2019).

A associação entre os terceiros molares e os estágios da mineralização de Dermijian conforme FIGURA 26 sugerem que as barras acima do eixo indicam uma relação positiva e as abaixo do eixo apontam uma relação negativa entre a variável estágios da mineralização e a variável terceiros molares. Quanto maior é o tamanho da barra mais positiva é a relação entre as variáveis. Sendo assim, o terceiro superior direito (18), está associado positivamente com os estágios D e G e

negativamente com os estágios C, E, F e H. O terceiro molar superior esquerdo (28) está associado positivamente com os estágios D, F e G e negativamente com os estágios C, E e H. Já o terceiro molar inferior esquerdo (38) está associado positivamente com os estágios E e H e negativamente com os estágios C, D, F e G. Já, o terceiro molar inferior direito (48) está relacionado positivamente com os estágios C, D, E, F e H e negativamente com o estágio G. O grau de associação, foi aferido pelo Coeficiente de Contingência de Pearson, cujo valor de $C = 8,8922$ com $g.l = 15$ e $p\text{-valor} = 0,8831$ que assinala uma forte associação entre os terceiros molares e os estágios da mineralização dentária de Dermijian. E, para avaliar o desempenho do Método de Dermijian foram obtidas as medidas de acurácia, sensibilidade e especificidade.

4.5.4 Desempenho ao classificar os terceiros molares pelo método de Dermijian

Na TABELA 13, encontram-se os valores da acurácia, sensibilidade e especificidade relativas a classificação dos terceiros molares em 228 radiografias panorâmicas pelo Método de Dermijian.

TABELA 13 - MEDIDAS DE DESEMPENHO DO MÉTODO DERMIJIAN

Medidas	ACO
Acurácia	96,3%
Sensibilidade	96,7%
Especificidade	37,5%

FONTE: O autor (2019).

Na TABELA 13, nota-se que no geral a acurácia do Método Dermijian é de 96,3%, denotando o percentual de chances de ter sido correta a classificação dos terceiros molares. Utilizando-se o estágio H como valor de corte, obteve-se uma sensibilidade de 96,7% e uma especificidade de 37,5%. O elevado grau de sensibilidade reflete o quanto este método é capaz de identificar corretamente os estágios G e H, dentre as panorâmicas avaliadas. Estas fases finais do desenvolvimento nos terceiros molares, são um indicativo de que os pacientes são jovens e adultos (≥ 18 anos). Enquanto que a baixa especificidade retrata uma pequena propensão em caracterizar falsos positivos, neste caso são os estágios E

(início da formação da raiz) e F (comprimento da raiz é quase igual ao da coroa) de Dermijian, presentes em indivíduos adolescentes.

Identicamente, um estudo para determinar a maturidade pelos estágios dos terceiros molares, buscou discriminar adultos (≥ 18 anos) e adolescentes (<18 anos) do sul da Índia, apresentou uma acurácia 91,2% (BALLA et al., 2017). E, para averiguar a existência de diferenças significativas entre a classificação por Dermijian em contornos dos molares decorrentes da Otimização por Colônia de Formigas e a realizada diretamente nas radiografias panorâmicas pelo Teste t. cuja estatística $t = -0,1211$ com $p\text{-valor} = 0,906$ comparada a um nível de significância $\alpha = 5\%$ não mostrou diferenças significativas, logo utilização do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas aparece como uma alternativa para a detecção de bordas que foram classificados pelo Método de Dermijian e usados na estimativa da idade dental.

4.6 ESTIMATIVA DA IDADE PELOS TERCEIROS MOLARES POR DERMIJIAN

Na obtenção da estimativa da idade dental aplicou-se o método de Dermijian em 205 radiografias panorâmicas originais e em suas imagens oriundas do Algoritmo de Otimização por Colônias de Formigas. Nestas, foram observados os estágios dos terceiros molares conforme o esquema de oito graus desenvolvido pelo autor e seus colaboradores. Então, a composição do número de terceiros molares por radiografias conforme o sexo e ano encontra-se na TABELA 14.

TABELA 14 - DISTRIBUIÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES PELO SEXO

Sexo	Ano	Terceiros molares			
		Superior Direito (18)	Superior Esquerdo (28)	Inferior Esquerdo (38)	Inferior Direito (48)
Feminino	2015	38	38	38	38
	2016	17	17	17	17
	2017	28	28	28	28
	2018	30	30	30	30
	Total	113	113	113	113
Masculino	2015	26	26	26	26
	2016	27	27	27	27
	2017	21	21	21	21
	2018	18	18	18	18
	Total	92	92	92	92
Total	-	205	205	205	

FONTE: O autor (2019).

A TABELA 14, consta de 205 radiografias panorâmicas de pacientes que possuem os todos os quatro terceiros molares que encontram-se disponíveis para a categorização dos estágios. Desse montante, 113 radiografias são de pacientes do sexo feminino e 92 do sexo masculino. Quanto aos anos, percebe-se que em 2015 foram examinadas mais radiografias que nos demais anos.

Além de verificar a quantidade de terceiros molares em cada radiografia, e observar a fase de desenvolvimento em que estes se encontram. Também foi realizada uma análise descritiva em que foi possível se ter uma ideia geral do comportamento variável idade cronológica que é usada para modelar a idade dental.

4.6.1 Análise descritiva da idade cronológica

Na TABELA 15 são mostradas as estatísticas descritivas da idade cronológica de um modo geral e por sexo dos pacientes em 205 radiografias panorâmicas.

TABELA 15 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA IDADE NO GERAL

Sexo	Idade cronológica (anos)	Idade (anos)			
		Mínima	Média	Desvio padrão	Máxima
Feminino	18	18	18,4	0,4	18,9
	19	19	19,3	0,3	18,9
	20	20	20,4	0,3	20,9
	21	21	21,2	0,3	21,8
	22	22	22,3	0,3	22,8
	23	23	23,6	0,3	23,9
	24	24	24,3	0,3	24,7
	Total	18	20,9	1,8	24,7
Masculino	18	18	18,4	0,3	18,9
	19	19	19,3	0,3	19,8
	20	20	20,1	0,2	20,6
	21	21	21,3	0,3	21,9
	22	22	22,6	0,3	22,9
	23	23	23,3	0,4	23,8
	24	24	24,1	0,2	24,4
	Total	18	20,7	1,9	24,4

FONTE: O autor (2019).

É possível observar na TABELA 15 que tanto no geral, como por sexo, não há diferenças significativas. Já as idades médias, no geral, o sexo feminino é levemente maior, 20,9 anos. Enquanto que entre as médias das faixas etárias não há diferenças significativas entre os sexos. Também não há diferenças significativas entre os desvios padrão. No geral, a idade máxima é ligeiramente maior (24,7) anos no sexo feminino do que no sexo masculino (24,4) anos. Apesar da diferença ser de alguns meses, evidencia que o desenvolvimento do terceiro molar ocorreu 3 meses antes no sexo masculino do que no sexo feminino.

Do mesmo modo, Solari e Abramovitch (2005), Kasper et al. (2009), ao utilizar os estágios de Dermijian, obtiveram idades médias menores para o sexo masculino se comparado ao feminino.

Ainda foram obtidas as médias gerais e por sexo da idade nos terceiros molares conforme os estágios da mineralização de Dermijian. Em que na TABELA 16, as médias advêm de radiografias com aplicação da ACO.

TABELA 16 - IDADE MÉDIA POR SEXO NOS TERCEIROS MOLARES CONFORME ESTÁGIOS DE DERMIJIAN EM RADIOGRAFIAS COM APLICAÇÃO DA ACO

Sexo	Estágios da mineralização de Dermijian	Idade cronológica (anos)			
		Terceiro molar			
		Superior Direito (18)	Superior Esquerdo (28)	Inferior Esquerdo (38)	Inferior Direito (48)
Feminino	A	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
	C	-	-	-	22,0
	D	19,1	19,8	19,1	-
	E	-	21,0	-	19,1
	F	19,7	19,7	19,8	19,4
	G	20,0	20,1	20,2	20,5
	H	21,5	21,4	21,3	21,3
	Total	20,1	20,4	20,1	20,5
Masculino	A	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
	C	-	-	-	-
	D	21,5	-	-	22,9
	E	18,0	18,0	18,1	18,1
	F	18,3	20,6	19,0	19,4
	G	21,1	20,2	20,2	20,1
	H	21,1	21,0	21,1	21,1
	Total	19,8	20,0	19,6	20,3

FONTE: O autor (2019).

Na TABELA 16, nota-se que os estágios A e B não foram encontrados nos terceiros molares da amostra, tanto no feminino quanto no masculino.

No sexo feminino, os estágios C, D e E não estão presentes em todos os terceiros molares. O estágio C é encontrado no terceiro molar inferior direito (48) com idade média de 22,0 anos. O estágio E é encontrado no terceiro molar superior esquerdo (28) com idade média de 21,0 anos e no inferior direito (48) com 19,1 anos. O estágio D foi encontrado nos terceiros molares, superior direito (18) com idade média de 19,1 anos, superior esquerdo (28) com idade média de 19,8 anos e inferior esquerdo (38) foram 19,1 anos. O estágio F apresenta idades médias iguais nos terceiros molares superiores direito (18) e superior esquerdo (28) de 19,7 anos e nos inferiores, as idades médias são respectivamente 19,8 anos no (38) e 19,4 anos no (48). No estágio G as idades médias em todos terceiros molares encontram-se entre 20,0 a 20,5 anos. E no estágio H estão entre 21,3 a 21,5 anos.

No sexo masculino, o estágio C não foi encontrado em nenhum dos terceiros molares. O estágio D está presente no superior direito (18) com idade média de 21,5 anos e no inferior direito com média 22,9 anos. O estágio F, apresenta no terceiro molar superior direito (18) idade média de 18,3 anos, no superior esquerdo (28) 20,6 anos e nos terceiros molares inferiores respectivamente médias 19,0 e 19,4 anos. No estágio E as idades médias praticamente não variam em todos os terceiros molares (18 anos), o mesmo acontecendo nos estágios G (20 anos) e H (21 anos).

As idades médias totais dos terceiros molares do sexo feminino foram: no superior direito (18) 20,9 anos, no superior esquerdo (28) 20,2 anos, no inferior esquerdo (38) 19,8 anos e no inferior direito (48) 20,5 anos. No sexo masculino, as idades médias totais foram: no superior direito (18) 19,8 anos, no superior esquerdo (28) 20,0 anos, no inferior esquerdo (38) 19,6 anos e no inferior direito (48) 20,3 anos. Essa mínima diferença em meses indica que o desenvolvimento dos terceiros é ligeiramente mais rápido nos homens do que nas mulheres.

Em contraste com os resultados da TABELA 16, o estudo realizado por Kasper et al. (2009) usando a classificação de Demirjian, mostrou que, houve diferença estatística nos níveis de mineralização com base no sexo, pois, as idades médias no sexo masculino são menores que as médias do sexo feminino. Além disso, as idades médias dos terceiros molares superiores em cada estágio foram menores que a média das idades dos molares inferiores em ambos os sexos.

Da mesma forma, Zeng; Wu e Cui (2010).obtiveram diferenças significativas entre o sexo masculino e o feminino nos estágios de maturação E, F, G e H. No sexo masculino, o desenvolvimento dos terceiros molares ocorreu antes do que no sexo feminino. Nos estágios A, B e C em que acontece o desenvolvimento da cora dentária não houve diferenças significativas entre os sexos.

Uma análise de médias também foi realizada na TABELA 17 com radiografias panorâmicas originais.

TABELA 17 - IDADE MÉDIA POR SEXO NOS TERCEIROS MOLARES CONFORME ESTÁGIOS DE DERMIJIAN EM RADIOGRAFIAS ORIGINAIS

Sexo	Estágios da mineralização de Dermijian	Idade cronológica (anos)			
		Terceiro molar			
		Superior Direito (18)	Superior Esquerdo (28)	Inferior Esquerdo (38)	Inferior Direito (48)
Feminino	A	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
	C	-	-	-	22,0
	D	19,1	20,2	19,1	19,1
	E	-	-	20,0	-
	F	19,1	19,1	18,7	20,0
	G	20,1	20,1	20,0	20,2
	H	21,5	21,4	21,4	21,3
	Total	19,9	20,2	19,8	20,5
Masculino	A	-	-	-	-
	B	-	-	-	-
	C	-	-	-	-
	D	21,5	-	-	22,9
	E	18,0	18,0	18,1	18,1
	F	18,3	20,6	19,0	19,4
	G	20,1	20,2	20,2	20,1
	H	21,1	21,0	21,1	21,1
	Total	19,8	19,9	19,6	20,3

FONTE: O autor (2019).

Pela TABELA 17 pode-se observar que os estágios A e B não foram encontrados nos terceiros molares da amostra tanto no feminino quanto no masculino.

No sexo feminino, os estágios C e E não estão presentes em todos os terceiros molares. O estágio C foi encontrado somente no inferior direito (48) com idade média de 22 anos. O estágio E foi encontrado no terceiro molar inferior esquerdo (38) com idade média de 20 anos. O estágio D foi observado em todos os

terceiros e obteve idades médias de 19,1 anos no superior direito (18); 20,2 anos no superior esquerdo (28); e 19,1 anos nos inferiores esquerdo (38) e direito (48). No estágio F as idades médias foram: 19,1 anos nos terceiros molares superiores direito (18) e esquerdo (28), 18,7 anos no inferior esquerdo (38) e 20,0 anos no inferior direito. No estágio G também são semelhantes, mas estão entre 20,1 a 20,2 anos. O mesmo ocorre no estágio H com idades médias entre 21,4 a 21,5 anos.

No sexo masculino, o estágio C não foi encontrado em nenhum dos terceiros molares. O estágio D está presente no superior direito (18) com idade média de 21,5 anos e no inferior direito com média de 22,9 anos. Os estágios E, F, G e H foram encontrados em todos os terceiros molares, sendo que no estágio E a idade média é 18 anos, no estágio G é de 20 anos e H com 21 anos. No estágio F as idades médias são: 18,3 anos no superior direito (18), 20,6 anos no superior esquerdo (28), 19 anos no inferior esquerdo (38) e 19,4 anos no inferior direito (48).

As idades médias totais no sexo feminino foram: 19,9 anos no superior esquerdo, 20,2 anos no superior esquerdo (28), 19,8 anos no inferior esquerdo (38) e 20,5 anos no inferior direito (48). No sexo masculino, as idades médias totais foram: no superior direito (18) 19,8 anos, no superior esquerdo (28) 19,9 anos, no inferior esquerdo (38) 19,6 anos e no inferior direito (48) 20,3 anos. Assim, verifica-se que as idades médias são minimamente menores no sexo masculino. Essa mínima diferença em meses indica que o desenvolvimento dos terceiros é ligeiramente mais rápido nos homens do que nas mulheres. Enquanto que Sisman et al. (2007) identificou um leve atraso (não significativo) no sexo masculino em relação feminino.

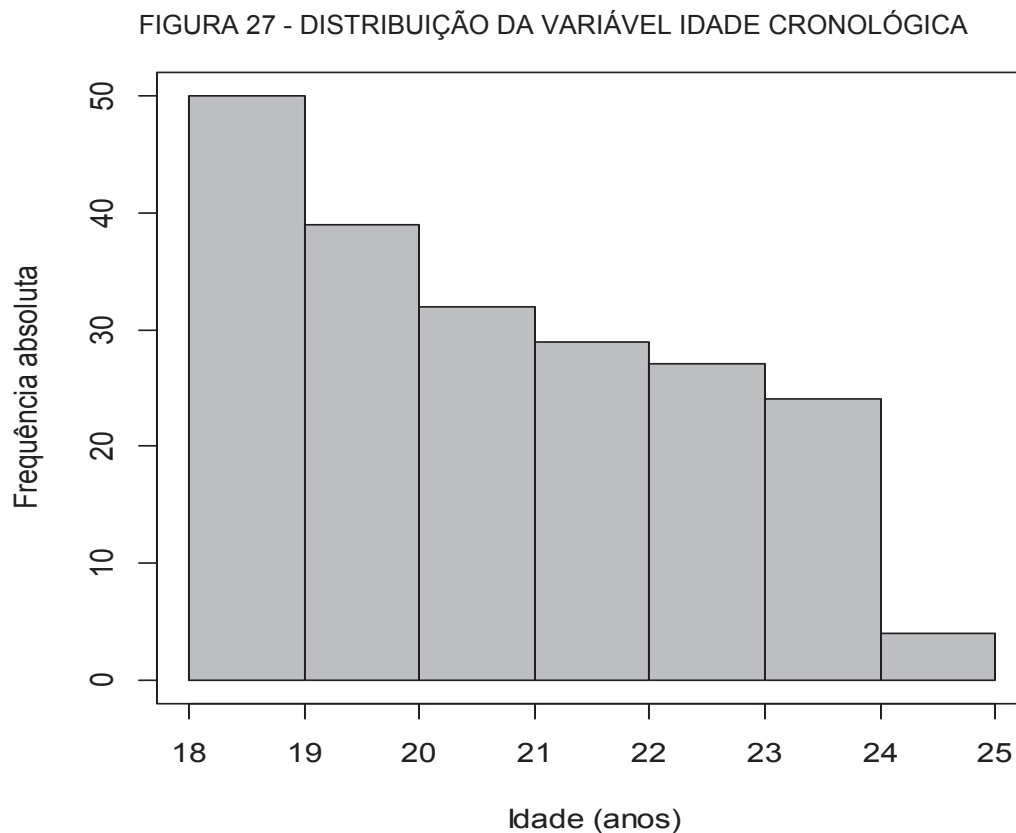
Já, Solari e Abramovitch (2005), em seu estudo acerca da acurácia e a precisão do desenvolvimento do terceiro molar como indicador da idade cronológica dos hispânicos obtiveram idade médias menores para o sexo masculino do que para o feminino. Jung e Cho (2014) também verificaram que os homens atingiram os estágios de maturação dos terceiros molares mais precocemente do que as mulheres.

Quanto ao desenvolvimento dos terceiros molares superiores na comparação com os inferiores, também não foram encontradas diferenças significativas entre as idades médias. Ao contrário de Jung e Cho (2014) em que o desenvolvimento dos terceiros molares foi geralmente mais avançado nos terceiros molares superiores do que nos inferiores. Assim, na estimativa da idade é

importante conhecer a distribuição estatística da variável idade cronológica que é usada para modelar a idade dental.

4.6.2 Distribuição da idade cronológica

Na determinação da distribuição da idade cronológica foi construído um histograma de frequências e realizado o teste Shapiro-Wilk que permite verificar se a variável tem distribuição Normal, sendo mostrado na FIGURA 27.



FONTE: O autor (2019).

Pela FIGURA 27, observa-se que os dados se concentram entre 18 e 20 anos. Portanto, tem-se uma amostra de valores positivos. No entanto, a concentração à esquerda é menor do que a concentração à direita, indicando que a distribuição é assimétrica a direita. Além disso, pode-se ver que a maior parte das observações se concentram em torno dos 18 anos.

Assim, para verificar se os dados são oriundos de uma distribuição Normal utilizou-se o teste Shapiro-Wilk, cuja estatística $W = 0,9511$ e $p\text{-valor} = 0,00000186$,

portanto, menor que o nível de significância $\alpha = 0,05 = 5\%$, então conclui-se que os dados não são normalmente distribuídos, mas provém de uma distribuição Exponencial. permitindo que seja ajustado um MLG com a distribuição gama que é pertence a família de distribuições exponenciais.

4.6.3 Ajuste do Modelo Linear Generalizado para distribuição gama

Foram ajustados quatro modelos, utilizando-se a teoria de Modelos Lineares Generalizados (MLG) proposta por Nelder e Wedderburn (1972). Segundo, Cordeiro e Demétrio (2010), em que deve-se levar em consideração: a natureza da variável resposta; a matriz do modelo; e a função de ligação.

Então, nos modelos ajustados, a variável resposta (independente) é a idade cronológica que é de caráter contínuo e foi modelada pela Distribuição Gama $Y_i \sim G(\mu_i, \phi)$ com função de ligação logarítmica. As variáveis explicativas são os estágios da mineralização de Dermijian (C a H) nos terceiros molares que foram convertidos para a pontuação de 3 a 8. Os modelos com resposta Gama, foram ajustados separadamente por sexo, diretamente em 205 radiografias panorâmicas e nos contornos das imagens decorrentes da aplicação da ACO nas mesmas radiografias, cujas estimativas para o sexo feminino encontram-se na TABELA 18.

TABELA 18 - ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO GAMA PARA SEXO FEMININO

Modelo sexo feminino	Coefficiente	Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Z _{obs}	P-valor
ACO	Intercepto	B ₀₁	2,626	0,098	26,711	<2E-16***
	Terceiro molar Sup. Direito (18)	B ₀₂	0,055	0,019	2,981	0,00354**
	Terceiro molar Sup. Esquerdo (28)	B ₀₃	0,002	0,015	0,109	0,913
	Terceiro molar Inf. Direito (48)	B ₀₄	-0,002	0,012	-0,197	0,844
Panorâmicas	Intercepto	B ₁₁	2,622	0,093	28,334	<2E-6***
	Terceiro molar Sup. Direito (18)	B ₁₂	0,051	0,018	2,818	0,00574**
	Terceiro molar Sup. Esquerdo (28)	B ₁₃	0,008	0,014	0,572	0,569
	Terceiro molar Inf. Direito (48)	B ₁₄	-0,003	0,012	-0,291	0,771

Código de significância: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

FONTE: O autor (2019).

Nos MLGs ajustados para o sexo feminino, denota-se por $Y_{ijk} \sim G(\mu_{ijk}, \phi_i)$ a idade cronológica para o i -ésimo, estágio da mineralização de Dermijian no terceiro molar superior direito (18), sendo que $i = (4, \dots, 8)$, o j -ésimo estágio da mineralização de Dermijian no terceiro molar superior esquerdo (28) em que $j = (4, \dots, 8)$ e o k -ésimo estágio da mineralização de Dermijian no terceiro molar inferior direito (48) em que $k = (3, \dots, 8)$.

No sexo feminino, a variável, terceiro molar inferior esquerdo (38) foi retirada dos modelos por causar multicolinearidade (VIF= 10,932), ou seja, para valores acima de 10, nota-se a existência de uma relação linear entre o terceiro molar inferior esquerdo (38) e os demais que afeta o ajuste dos modelos. Os modelos com resposta gama ajustados para o sexo feminino cujo ajuste está na TABELA 18 são escritos nas EQUAÇÕES 16 e 17.

Em que na EQUAÇÃO 16 tem-se o modelo decorrente da aplicação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas e na EQUAÇÃO 17 em radiografias panorâmicas originais.

$$\log \mu_{01} = \beta_{01} + \beta_{02}(SD18) + \beta_{03}(SE28) - \beta_{04}(ID48) \quad (16)$$

$$\log \mu_{11} = \beta_{11} + \beta_{12}(SD18) + \beta_{13}(SE28) - \beta_{14}(ID48) \quad (17)$$

Nestes modelos ajustados para distribuição gama, analisou-se cada parâmetro em relação ao um nível de significância considerado $\alpha = 5\%$.

Os modelos femininos e masculinos não puderam ser comparados devido a quantidade de molares nos modelos serem diferentes.

De acordo com a TABELA 18, no modelo ACO, foi significativa a estimativa referente ao terceiro molar superior direito (18), $\hat{\beta}_{02} = 0,055$, com p-valor = 0,00354 < 0,05. Assim, nota-se pela estimativa de β que o terceiro molar superior direito (18) é um bom preditor da idade dental.

Quanto as estimativas dos terceiros molares superior esquerdo (28) e inferior direito (48), respectivamente $\hat{\beta}_{03}$ e $\hat{\beta}_{04}$, não foram significativas, porém, não foram retiradas do modelo, pois explicam uma parcela da variação. Enquanto que no modelo com resposta Gama para radiografias panorâmicas originais, a estimativa

referente ao terceiro molar superior direito (18), $\hat{\beta}_{02} = 0,051$, com p-valor = 0,00574 < 0,05, também foi significativa, predizendo satisfatoriamente a idade dental. Enquanto isso, as estimativas dos terceiros molares superior esquerdo (28), $\hat{\beta}_{13}$ e inferior direito (48), $\hat{\beta}_{14}$, não foram significativas, mas, continuam no modelo explicando uma pequena parcela da variação.

Verifica-se na Tabela 19 que não há indicativos de diferenças significativas no sexo feminino entre as estimativas do Modelo Gama nas radiografias panorâmicas originais e as imagens em ACO.

Já, as estimativas dos modelos ajustadas para o sexo masculino encontram-se na TABELA 19.

TABELA 19 - ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS DO MODELO GAMA PARA SEXO MASCULINO

Modelo sexo feminino	Coefficiente	Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Z _{Obs}	P-valor
ACO	Intercepto	B ₀₁	2,700	0,113	23,888	<2E-16***
	Terceiro molar Sup. Direito (18)	B ₀₂	0,010	0,023	0,448	0,655
	Terceiro molar Sup. Esquerdo (28)	B ₀₃	-0,050	0,037	-1,372	0,174
	Terceiro molar Inf. Esquerdo (38)	B ₀₃	0,100	0,038	2,624	0,0103*
	Terceiro molar Inf. Direito (48)	B ₀₄	-0,017	0,022	-0,751	0,844
Panorâmicas	Intercepto	B ₁₁	2,720	0,113	24,060	<2E-6***
	Terceiro molar Sup. Direito (18)	B ₁₂	0,014	0,021	0,644	0,522
	Terceiro molar Sup. Esquerdo (28)	B ₁₃	-0,056	0,032	-1,750	0,084
	Terceiro molar Inf. Esquerdo (38)	B ₀₃	0,096	0,033	2,970	0,00385**
	Terceiro molar Inf. Direito (48)	B ₁₄	-0,012	0,020	-0,626	0,533

Código de significância: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

FONTE: O autor (2019).

Nos MLGs ajustados para o sexo masculino, a idade cronológica tem distribuição gama $Y_{ijkl} \sim G(\mu_{ijkl}, \phi_i)$ em que o i-ésimo estágio da mineralização de Dermijian no terceiro molar superior direito (18) em que $i = (4, \dots, 8)$, o j-ésimo estágio da mineralização de Dermijian no terceiro molar superior esquerdo (28) em que $j = (4, \dots, 8)$, o k-ésimo estágio da mineralização de Dermijian no terceiro molar inferior direito (38) em que $k = (4, \dots, 8)$ e o l-ésimo estágio da mineralização de Dermijian no terceiro molar inferior direito (48) em que $l = (3, \dots, 8)$. Os modelos com resposta

gama ajustados para o sexo masculino cujo ajuste está na TABELA 19 são escritos em forma de equações. Na EQUAÇÃO 18 tem-se o modelo decorrente da aplicação do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas e na EQUAÇÃO 19 em radiografias panorâmicas originais.

$$\log\mu_{01} = \beta_{01} + \beta_{02}(SD18) - \beta_{03}(SE28) + \beta_{04}(IE38) - \beta_{05}(ID48) \quad (18)$$

$$\log\mu_{11} = \beta_{11} + \beta_{12}(SD18) - \beta_{13}(SE28) + \beta_{14}(IE38) - \beta_{15}(ID48) \quad (19)$$

No modelo ACO para o sexo masculino, mostrado na TABELA 19, a estimativa referente ao terceiro molar inferior esquerdo (38) com $\hat{\beta}_{04} = 0,100$ e p-valor = 0,0103 < 0,05 foi significativa. Então, a estimativa de β do terceiro molar inferior esquerdo (38) é preditor adequado para a idade dental.

As estimativas dos terceiros molares superior direito (18), superior esquerdo (28) e inferior direito (48), respectivamente $\hat{\beta}_{02}$, $\hat{\beta}_{03}$ e $\hat{\beta}_{05}$, não foram significativas, mas, ficaram modelo, pois explicam uma parcela da variação.

Para o sexo masculino, o modelo com resposta Gama para radiografias panorâmicas originais, apresenta estimativa do terceiro molar inferior esquerdo (38) $\hat{\beta}_{14} = 0,096$, com p-valor = 0,00385 < 0,05, significativa, predizendo adequadamente a idade dental. As demais estimativas dos terceiros cujos parâmetros são $\hat{\beta}_{12}$, $\hat{\beta}_{13}$ e $\hat{\beta}_{15}$ não foram significativas, mas continuam no modelo explicitando a variabilidade.

Pela TABELA 19 observa-se que não há indicativos de diferenças significativas no masculino entre as estimativas do Modelo Gama nas radiografias panorâmicas originais e as imagens em ACO.

A fim de verificar a qualidade dos modelos ajustados construiu-se quatro gráficos normais de probabilidades com envelope simulado por sexo que são apresentados nas FIGURA 28 e FIGURA 29.

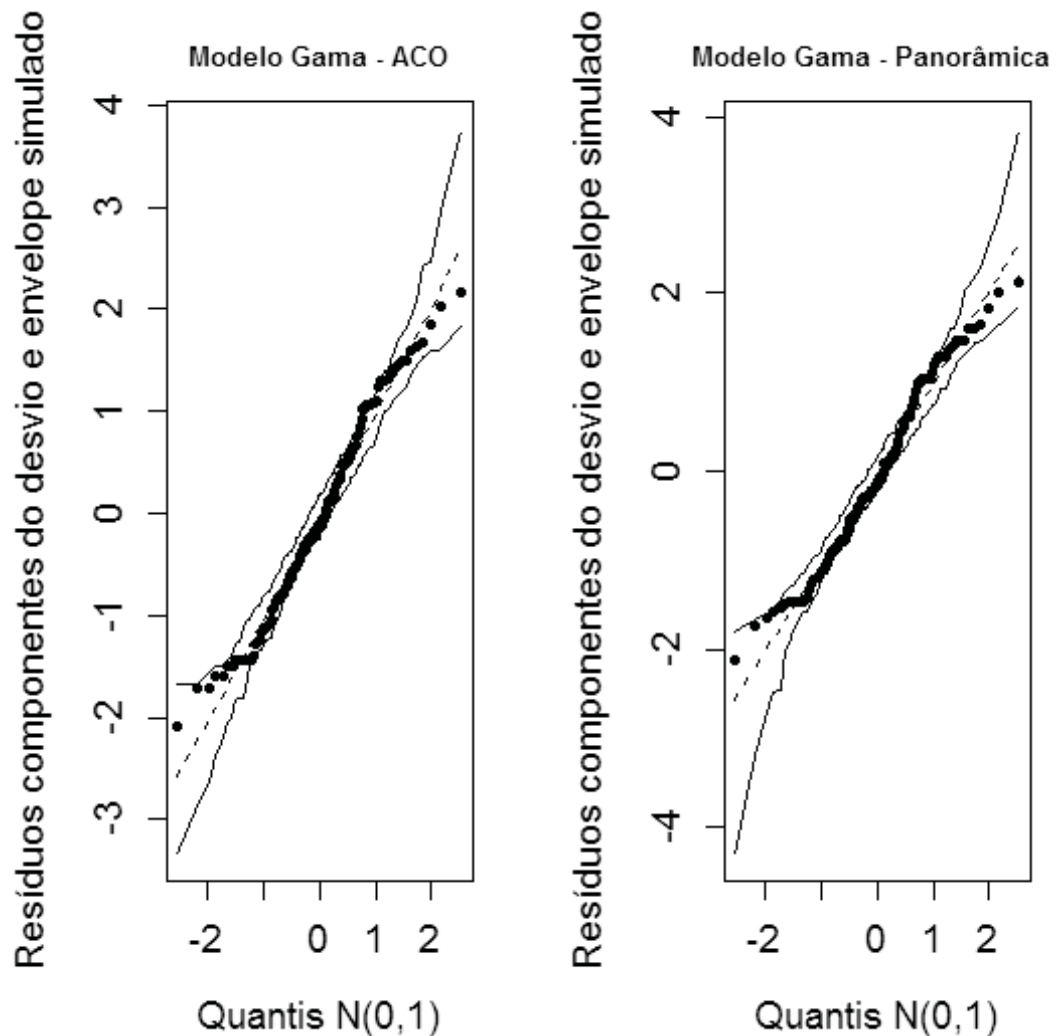
Pereira et al. (2012) em seu estudo, utilizaram um modelo exponencial para estimar a idade dental e como variáveis explicativas escolheram os terceiros molares mandibulares ou inferiores por entender que sua interpretação é mais fácil do que a

do terceiro molar superior. Eles observaram que a imagem deste último é frequentemente sobreposta outras estruturas anatômicas. Já, os resultados obtidos neste estudo indicaram que um indivíduo tem aproximadamente 98% de chance de ter 18 anos ou mais se ela apresentar estágio de mineralização H nos terceiros molares inferiores.

4.6.4 Qualidade do ajuste do modelo linear generalizado para distribuição gama

A qualidade dos ajustes dos modelos foi observada nos gráficos de probabilidade normal com envelope simulado segundo a FIGURA 28 (sexo feminino) e FIGURA 29 (sexo masculino).

FIGURA 28 - GRÁFICO NORMAL DE PROBABILIDADE - SEXO FEMININO

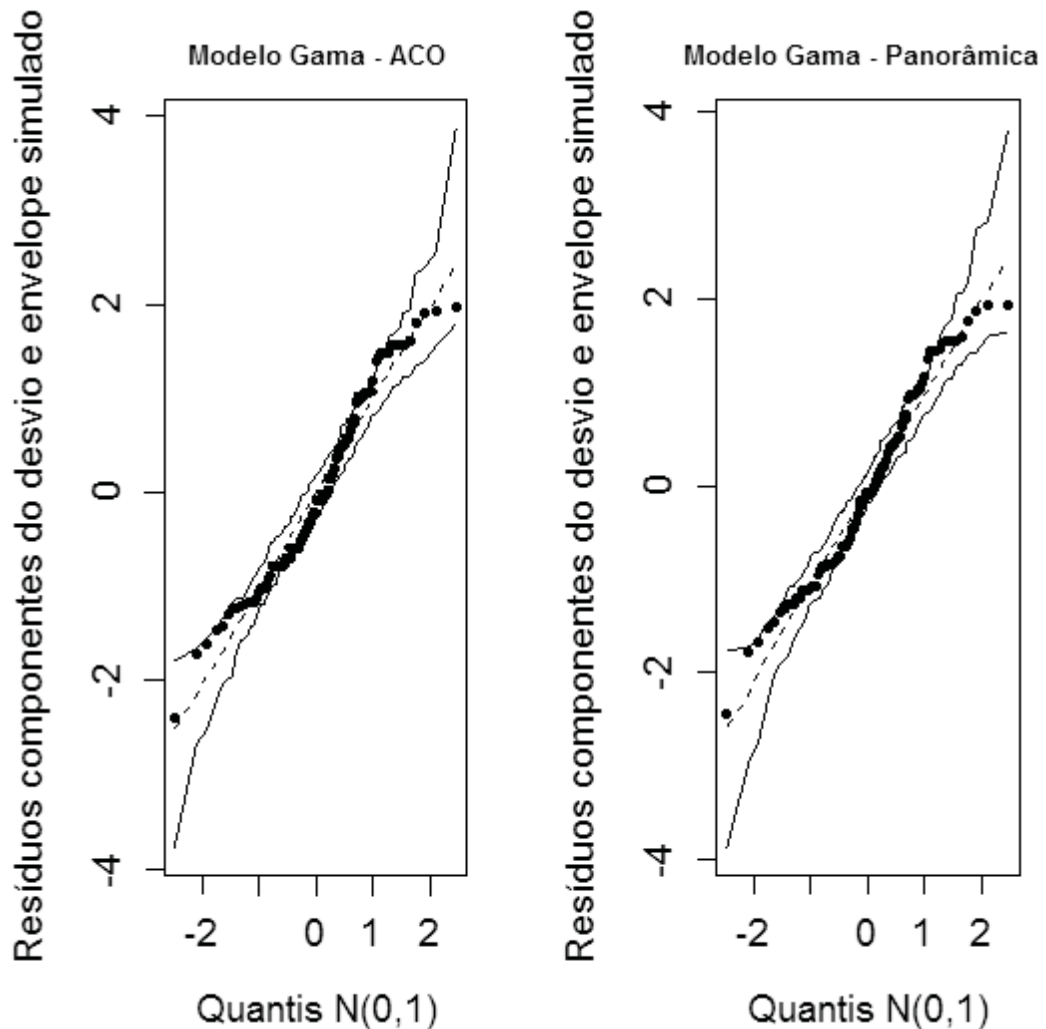


FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 28 observa-se que não há de sérios indicativos de afastamentos da suposição de distribuição gama para a variável idade. Os gráficos também não apontam a existência de observações aberrantes e nem evidências de distanciamentos da distribuição assumida para os erros. Paula (2013) em seu estudo também constatou no gráfico normal de probabilidade que há indícios de ajuste satisfatório com a distribuição gama.

Na FIGURA 29 tem-se o gráfico de probabilidade normal com envelope simulado para o sexo masculino.

FIGURA 29 - GRÁFICO NORMAL DE PROBABILIDADE - SEXO MASCULINO



FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 29, gráfico normal de probabilidades com envelope simulado, os pontos não estão todos concentrados em torno de uma reta, mas encontram-se

dentro das bandas de confiança, portanto não indícios de inadequação do MLG para resposta Gama. Cordeiro e Demétrio (2010) afirmam que para um ajuste correto do modelo, as estatísticas obtidas a partir da observações estão dentro do envelope.

4.6.5 Estimativa da idade pelo método de Dermijian

Tendo sido averiguada a qualidade do ajuste dos modelos, então foi estimada a idade dental pelo método de Dermijian, utilizando radiografias originais e das imagens resultantes da implementação da Otimização por Colônia de Formigas.

Na TABELA 20, tem-se alguns valores observados (idade cronológica) e seus respectivos valores ajustados (idade dental), além da diferença (anos) e a variação (%) associada a cada observação para o modelo gama no sexo feminino.

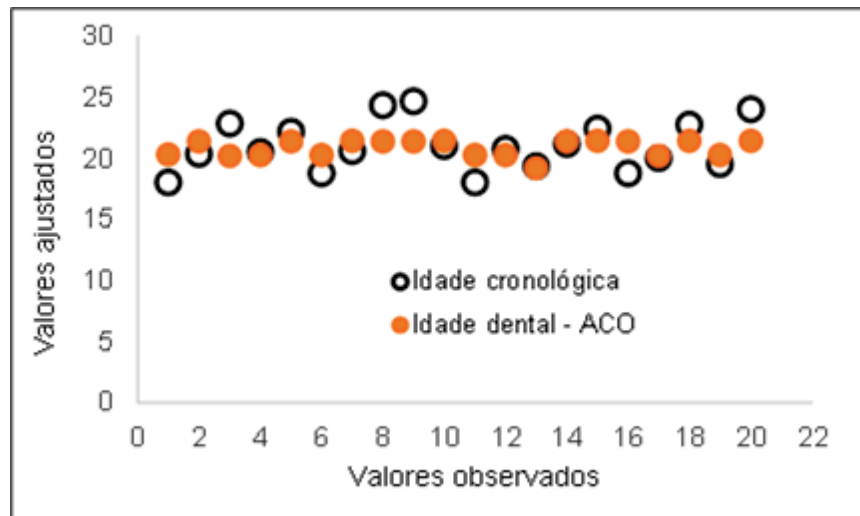
TABELA 20 - IDADE CRONOLÓGICA, IDADE DENTAL, DIFERENÇA EM ANOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL PARA SEXO FEMININO

Obs.	Idade cronológica (anos)	Idade dental ACO (dental)	Diferença (anos)	Variação (%)	Idade cronológica (anos)	Idade dental panorâmica original (anos)	Diferença (anos)	Variação (%)
1	18	20,3	-2,3	12,7	18	19,2	-1,2	6,6
2	20	21,4	-1,4	6,9	20	20,2	-0,2	1,0
3	22	20,2	1,8	8,2	22	20,2	1,8	8,2
4	20	20,2	-0,2	1,2	20	20,3	-0,3	1,3
5	22	21,4	0,6	2,9	22	21,4	0,6	2,6
6	18	20,2	-2,2	12,4	18	20,3	-2,3	12,6
7	21	21,4	-0,4	2,0	21	21,4	-0,4	2,0
8	24	21,4	2,6	11,0	24	21,4	2,6	10,8
9	24	21,4	2,6	11,0	24	21,4	2,6	10,8
10	21	21,4	-0,4	2,0	21	21,5	-0,5	2,3
11	18	20,2	-2,2	12,4	18	20,3	-2,3	12,6
12	20	20,2	-0,2	1,2	20	20,3	-0,3	1,3
13	19	19,2	-0,2	0,9	19	19,2	-0,2	0,9
14	21	21,4	-0,4	1,8	21	21,4	-0,4	2,0
15	22	21,4	0,6	2,6	22	21,4	0,6	2,6
16	18	21,4	-3,4	18,4	18	21,4	-3,4	19,0
17	20	20,2	-0,2	0,9	20	21,3	-1,3	6,3
18	22	21,4	0,6	2,6	22	21,4	0,6	2,6
19	19	20,2	-1,2	6,5	19	20,3	-1,3	6,7
20	24	21,4	2,6	10,7	24	21,4	2,6	10,8

FONTE: O autor (2019).

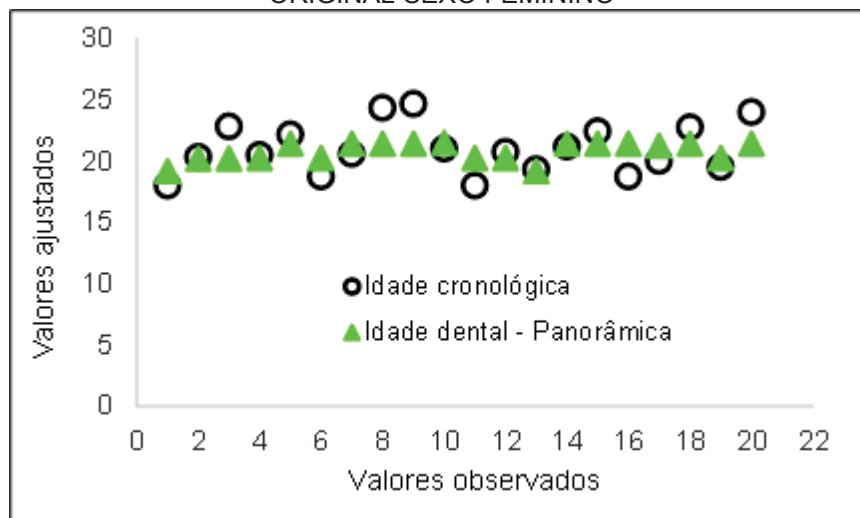
A FIGURA 30 e FIGURA 31 contém os valores observados e ajustados do modelo gama para o sexo feminino com ACO e em radiografias originais.

FIGURA 30 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS - ACO SEXO FEMININO



FONTE: O autor (2019).

FIGURA 31 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS – PANORÂMICA ORIGINAL SEXO FEMININO



FONTE: O autor (2019).

Nota-se pela TABELA 20, FIGURA 30 e FIGURA 31 que no modelo feminino ajustado para ACO que os valores ajustados 1, 2, 4, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 16 e 19 apresentaram uma diferença maior em relação aos seus respectivos valores observados, indicando, nestes casos, que pelo Método de Dermijian houve uma superestimação da idade. Demirjian; Goldstein e Tanner (1973) também encontram estimativas maiores para idade. Enquanto que os valores ajustados 3, 5, 7, 8, 9, 15, 17, 18 e 20 apresentaram uma diferença menor em relação aos seus respectivos valores observados, portanto ocorreu uma subestimação da idade.

No modelo feminino para panorâmicas originais, os valores ajustados 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17 e 19 apresentaram uma diferença maior em relação aos seus respectivos valores observados, indicando, nestes casos, que pelo Método de Dermijian houve uma superestimação da idade (WILLEMS et al., 2001). Os valores ajustados 5, 8, 9, 15, 18 e 20 apresentaram uma diferença menor em relação aos seus respectivos valores observados, portanto ocorreu uma subestimação da idade.

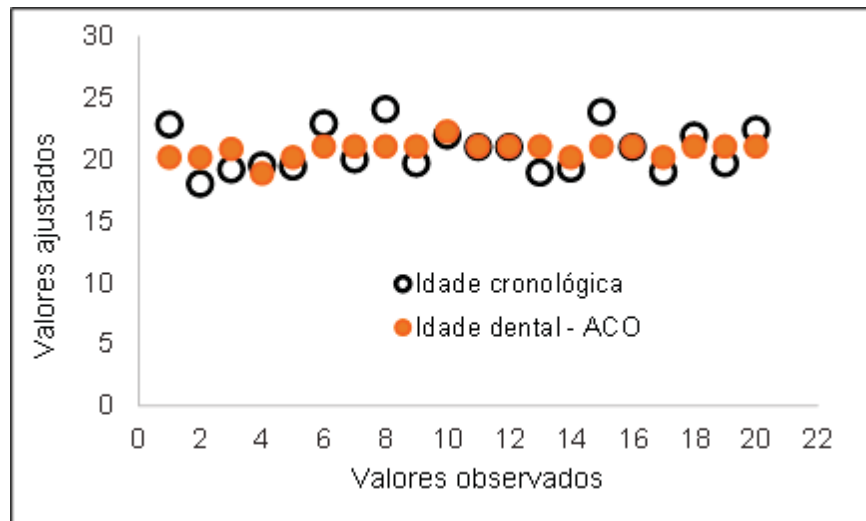
Na comparação entre os dois modelos ajustados, observa-se que o modelo utilizando a classificação direta nas panorâmicas apresentou mais valores em que a diferença entre os observados e seus respectivos ajustados é maior, portanto houve mais pontos superestimando a idade dental. Nota-se que para essas observações, a idade dental foi superior em até 18,4% (3,4 anos) para ACO e para panorâmica em até 19% (3,4 anos). Logo, na TABELA 21, FIGURA 32 e FIGURA 33 encontram-se alguns valores observados (idade cronológica) e seus respectivos valores ajustados (idade dental). Também a diferença (anos) e a variação (%) associada a cada observação a partir do modelo gama para o sexo masculino.

TABELA 21 - IDADE CRONOLÓGICA, IDADE DENTAL, DIFERENÇA EM ANOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL PARA SEXO MASCULINO

Obs.	Idade cronológica (anos)	Idade dental ACO (dental)	Diferença (anos)	Variação (%)	Idade cronológica (anos)	Idade dental panorâmica original (anos)	Diferença (anos)	Variação (%)
1	22	20,1	1,9	8,4	22	20,3	1,7	7,9
2	18	20,1	-2,1	11,9	18	20,3	-2,3	12,5
3	19	20,8	-1,8	9,6	19	21,1	-2,1	11,1
4	19	18,8	0,2	0,8	19	19,2	-0,2	0,9
5	21	20,1	0,9	4,1	21	19,4	1,6	7,6
6	24	21,0	3,0	12,3	24	21,1	2,9	12,1
7	19	21,0	-2,0	10,7	19	21,1	-2,1	11,1
8	24	21,0	3,0	12,3	24	21,1	2,9	12,1
9	19	21,0	-2,0	10,7	19	21,1	-2,1	11,1
10	21	22,3	-1,3	6,0	21	21,1	-0,1	0,5
11	21	21,0	0,0	0,2	21	21,1	-0,1	0,5
12	21	21,0	0,0	0,2	21	21,1	-0,1	0,5
13	18	21,0	-3,0	16,9	18	21,1	-3,1	17,2
14	19	21,0	-2,0	6,0	19	20,3	-1,3	6,6
15	23	21,0	2,0	8,5	23	21,1	1,9	8,3
16	21	21,0	0,0	0,2	21	21,1	-0,1	0,5
17	19	20,1	-1,1	6,0	19	18,4	0,6	3,2
18	21	21,0	0,0	0,2	21	21,1	-0,1	0,5
19	19	21,0	-2,0	10,7	19	21,1	-2,1	11,1
20	22	21,0	1,0	4,4	22	21,1	0,9	4,1

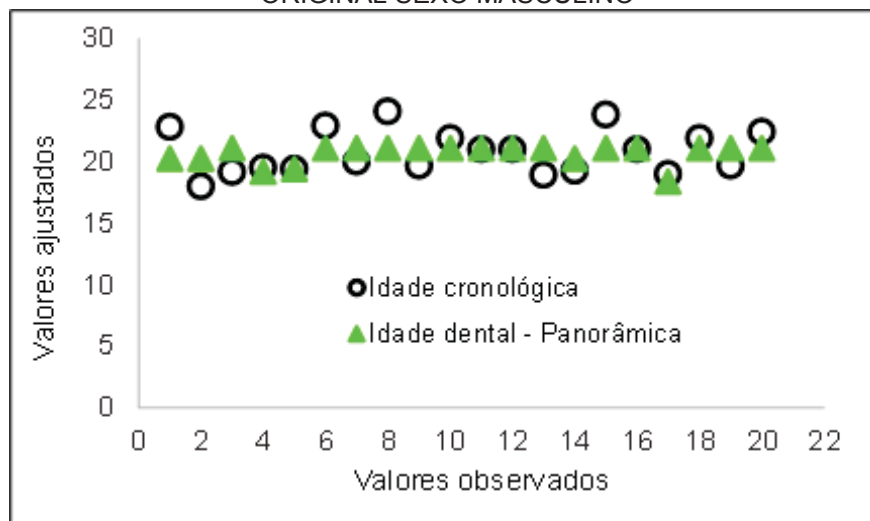
FONTE: O autor (2019).

FIGURA 32 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS - ACO
SEXO MASCULINO



FONTE: O autor (2019).

FIGURA 33 - VALORES OBSERVADOS X VALORES AJUSTADOS – PANORÂMICA
ORIGINAL SEXO MASCULINO



FONTE: O autor (2019).

É possível observar pela TABELA 21, FIGURA 32 e FIGURA 33 que no modelo masculino ajustado para ACO que os valores ajustados 2, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18 e 19 apresentaram uma diferença maior em relação aos seus respectivos valores observados, indicando, nestes casos, que pelo Método de Dermijian houve uma superestimação da idade. Frítola et al. (2015) em seu estudo, também encontram estimativas maiores para idade. Enquanto que os valores ajustados 1, 4, 5, 6, 8, 9, 15, e 20 apresentaram uma diferença menor em relação

aos seus respectivos valores observados, portanto ocorreu uma subestimação da idade.

No modelo masculino para panorâmicas originais, os valores ajustados 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18 e 19 apresentaram uma diferença maior em relação aos seus respectivos valores observados, indicando, nestes casos, que pelo Método de Dermijian houve uma superestimação da idade (WILLEMS et al., 2001). Os valores ajustados 1, 5, 6, 8, 15, 17 e 20 apresentaram uma diferença menor em relação aos seus respectivos valores observados, portanto ocorreu uma subestimação da idade.

Na comparação entre os dois modelos ajustados, nota-se que ambos os modelos apresentaram o mesmo número de pontos com valores em que a diferença entre os observados e seus respectivos ajustados é maior, representando uma superestimação da idade dental. Nota-se que para essas observações, a idade dental foi superior em até 16,9% (3 anos) para ACO e para a panorâmica em até 17,2% (3,1 anos).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No processamento de imagens, a aplicação da Otimização por Colônia de Formigas para detecção de bordas é uma tarefa que tem sido empregada na área da saúde, como na medicina e odontologia. Tendo por base esse aspecto, este procedimento foi aplicado na detecção de contornos dentários. Assim, este estudo teve por objetivo avaliar a aplicação da Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas de radiografias panorâmicas digitalizadas que se encontram arquivadas no LABIM do curso de Odontologia da UFPR, no período de janeiro 2015 a agosto de 2018 para estimar a idade dental.

Na aplicação da Otimização por Colônia de Formigas inicialmente fez-se um pré-teste em 10 radiografias panorâmicas com a linguagem de programação Python na versão 3.7.2 que resultou em um elevado tempo de processamento de cada iteração. Então, pensando-se no tempo que seria necessário para implementar o algoritmo na amostra total, optou-se por executar o algoritmo em MATLAB na versão R16a, mas não sem antes realizar um pré-processamento das radiografias panorâmicas. Outra dificuldade na realização deste estudo, foi devido ao fato de que a Otimização por colônia de Formigas ainda não está disponível em muitas linguagens computacionais.

Quanto as tarefas de pré-processamento como o redimensionamento do tamanho das radiografias panorâmicas, conversão a escala de cinza e filtragem com Sobel mostrou-se importante para que os valores dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por colônia de Formigas pudessem ser ajustados, com isso não houve a necessidade de um grande número de formigas artificiais, de passos (L) (deslocamento) das formigas para construção de soluções e número de iterações.

Tendo em vista o que foi apresentado, o objetivo geral foi atingido, pois a avaliação do desempenho da Otimização por Colônia de Formigas na detecção de bordas, mostrou uma acurácia de 92,5%, sensibilidade de 95,8%, precisão de 96,2% e recall de 95,8%, ao detectar de forma correta as bordas de todos os dentes em 96,2% das radiografias panorâmicas, então pode-se afirmar que este foi um estudo bem-sucedido.

No geral, a importância prática da utilização do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas, na estimativa da idade, permitiu que fosse realizada a

identificação humana reconstrutiva ao detectar as bordas dos terceiros molares dos indivíduos da amostra.

Em relação a classificação das imagens com os contornos dos terceiros molares decorrentes da aplicação do Algoritmo Otimização por Colônia de Formigas pelo método de Dermijian que constituem o cumprimento do objetivo específico 1, foram obtidos resultados que indicaram que as bordas foram classificadas corretamente com um grau de acurácia de 96,4%, sensibilidade de 99% e especificidade de 93,8%.

A classificação dos contornos dos terceiros molares em imagens resultantes da aplicação da ACO indicou que a amostra consistia de pacientes jovens e adultos com pelo menos 18 anos, com a maioria os terceiros molares encontrando-se nos estágios G (dente quase formado com as paredes da raiz paralela) e H (dente formado com ápice completamente fechado).

A classificação dos estágios dos terceiros molares nas panorâmicas originais por Dermijian evidenciou resultados que vão de encontro aos obtidos nas imagens com aplicação da Otimização por Colônia de Formigas, em que a maior parte dos terceiros molares encontram-se nos estágios G (dente quase formado com as paredes da raiz paralela) e H (dente formado com ápice completamente fechado). Desse modo, constata-se a abordagem por ACO é realista e abre precedentes para sua utilização nas áreas da saúde, como na Odontologia Lega/Forense, permitindo que fosse realizada a classificação dos terceiros molares e assim obter informações de um indivíduo pelos seus dentes, como neste caso que a amostra é composta por jovens adultos, portanto conclui-se com êxito o objetivo específico 2.

Na busca por uma idade dental próxima da cronológica, vários métodos de estimativa da idade têm sido utilizados, porém quanto mais velho for o indivíduo maior é a discrepância entre a sua idade cronológica e sua estimativa (idade dental). Então, na identificação de seres humanos diversos tipos de métodos têm sido empregados, entre eles os que utilizam estágios do desenvolvimento como o Dermijian.

Na estimativa da idade dental, tanto a abordagem por ACO quanto a obtida da observação das radiografias panorâmicas originais resultaram em estimativas da idade muito próximas, porém na comparação com a idade cronológica verifica-se que ocorreram diferenças entre 1 e 3 anos que acredita-se ser devido ao método de

Dermijian que superestima a idade dental. Ao estimar a idade dental utilizando a Otimização por Colônia de Formigas atingiu-se o objetivo específico 3.

Portanto a Otimização por Colônia de Formigas apresenta-se como uma técnica que pode ser utilizada por odontologistas para auxiliar na estimativa de idade de indivíduos, possibilitando que uma quantidade razoável de bordas dentárias sejam detectadas.

O desafio, é aplicar o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas para detectar bordas, aliado a outro método de estimativa de idade que realize medições diretamente nas bordas dos dentes.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como continuação deste estudo, sugere-se que:

- verificar como a qualidade dos contornos das radiografias panorâmicas pode ser afetada por diferentes combinações de valores dos parâmetros do Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas;
- utilizar o Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas e um outro algoritmo da Computação Natural que realize detecção de bordas em imagens;
- realizar uma nova pesquisa, com uma amostra maior, inclusive ampliando a faixa etária dos indivíduos;
- aplicar o algo Algoritmo de Otimização por Colônia de Formigas também em tomografias para detectar os contornos dos dentes e estimar a idade;
- comparar o método de classificação dos estágios dos terceiros molares de Dermijian com um método outro método em que sejam realizadas medidas em nos contornos das imagens dos dentes.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, S; SCHOLAR, M. T. A review paper of edge detection using ant colony optimization. **International Journal of Latest Research in Science and Technology**, v. 1, n. 2, p. 120–123, 2012.
- AGUIAR, C. B. de. **Avaliação de acidente vascular cerebral em tomografia computadorizada utilizando algoritmo de otimização de formigas**. 123 f. 2017.
- ALBUQUERQUE FILHO, O. M; ALBUQUERQUE NETO, H. V. **Processamento de Imagens: Métodos e Análises**. 2008.
- ALMEIDA, C. A.; PARANHOS, L. R.; SILVA, R.H.A. A importância da odontologia na identificação post- mortem. **Odontologia e Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 7–13, 2010.
- AMBARKOVA, V. et al. **Dental age estimation using Demirjian and Willems methods: Cross sectional study on children from the Former Yugoslav Republic of Macedonia**. 2013.
- ARAÚJO, A. M. M. de et al. **Association between mineralization of third molars and chronological age in a Brazilian sample** .Associação entre mineralização dos terceiros molares e idade cronológica em uma amostra brasileira. v. 25, n. 4, p. 391–394, 2010.
- AZEVEDO, A. L. de C. S. **Estimativa da idade em adultos por meio do estudo de radiografias periapicais**. 2013. 19–86 f. 2013.
- BALLA, S. B. et al. **Validation of third molar maturity index (i3m) for discrimination of juvenile / adult status in south indian population**. 2017. [S.l: s.n.], [S.d.].
- BARBOZA, E. B. **Reconhecimento semiautomático de dentes para a identificação humana forense**. [S.l: s.n.], 2011.
- BATERINA, A. V. C.; OPPUS, C. M. Ant colony optimization for image edge detection. Proceedings of the 9th **WSEAS international conference on Signal processing, robotics and automation (ISPRA'10)**, 2010.
- BATERINA, A.V.C.; OPPUS, C. M. Image edge detection using ant colony optimization. **WSEAS Transactions on Signal .Processing**, v. 6, n. 2, p. 58–67, 2010. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1853856.1853860>>.
- BATISTA, M.T.V. **Estimativa de idade através dos estágios de mineralização dentária em indivíduos portadores do HIV**. 2009.
- BLUM, C. Ant colony optimization: Introduction and recent trends. **Physics of Life Reviews**, v. 2, n. 4, p. 353–373, 2005.
- BECCENERI, J. C. Capítulo 2. **Meta-heurísticas e otimização combinatória**:

Aplicações em problemas ambientais. [S.l: s.n.], 2013.

BOSSIO, M. C; CUERVO, E. **Gamma regression models with the Gammareg R**. v. 8, n. 2, p. 211–223, 2015.

BRABAZON, A.; O'NEILL, M.; MCGARRAGHY, S. **Natural computing algorithms (Natural Computing Series)**. [S.l: s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.amazon.com/Natural-Computing-Algorithms-Series/dp/3662436302?SubscriptionId=0JYN1NVW651KCA56C102&tag=techkie-20&linkCode=xm2&camp=2025&creative=165953&creativeASIN=3662436302>>.

BUENO, R. C. **Detecção de contornos em imagens de padrões de escoamento bifásico com alta fração de vazio em experimentos de circulação natural com o uso de processamento inteligente**. 2016.

BURLE, C.; SOARES, W.; REGIS, D. **Algoritmo de otimização por colônia de formigas aplicado em imagens de tomografia computadorizada para detecção de AVC hemorrágico**. p. 508–512, 2017.

CARNEIRO, A. P. C. Identificação humana post mortem. **Olhares Plurais**, v. 1, n. 18, p. 54–63, 2018. Disponível em: <<http://revista.seune.edu.br/index.php/op/article/view/326>>.

CARVALHO, S. P. M. et al. A utilização de imagens na identificação humana em odontologia legal. **Rodiol Bras**, v. 42, n. 2, p. 125–130, 2009.

CASTANHO, M. J. P. et al. Avaliação de um teste em medicina usando uma curva ROC fuzzy. **Biomatemática**, 2004.

CASTRO, L. N. de. Fundamentals of natural computing: an overview. **Physics of Life Reviews**, v. 4, n. 1, p. 1–36, 2007.

CORDEIRO, G. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos lineares generalizados e extensões**. [S.l: s.n.], 2010.

CORMEN, T. H.; LEISERSON C. E.; RIVERST, L.; STEIN, C. **Introduction to algorithms**. [S.l: s.n.], 2001. v. 53.

COSTA, J. et al. Accuracy in the legal age estimation according to the third molars mineralization among Mexicans and Columbians. **Atencion Primaria**, v. 46, n. S5, p. 165–175, 2014. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567\(14\)70086-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567(14)70086-1)>.

CUNHA, E.; WASTERLAIN, S. **Estimativa da idade por métodos dentários**. 2019.

DA SILVA, L. E. **Sistema híbrido metaheurístico baseado em colônia de formigas paraconsistentes aplicado a problemas de otimização em redes inteligentes**. 2012.

DAVENPORT, T. H; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. [S.l: s.n.], 2003. Disponível em:

<<https://www.amazon.com.br/Conhecimento-Empresarial-Organizações-Gerenciam-Int...>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

DAWSON, L; STEWART, L. A. Accelerating ant colony optimization-based edge detection on the GPU using CUDA. **Proceedings of the 2014 IEEE Congress on Evolutionary Computation, CEC 2014**, p. 1736–1743, 2014.

DEFINIS-GOJANOVIĆ, M; SUTLOVIĆ, D. Skeletal remains from World War II mass grave: from discovery to identification. **Croatian medical journal**, v. 48, n. 4, p. 520–7, 2007. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17696307>%0A<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC2080568>>.

DEITOS, A. R. **O uso do terceiro molar na estimativa de idade em brasileiros**. São Paulo 2014.

DEMIRJIAN, A; GOLDSTEIN, H; TANNER, J M. A new system of dental age assessment. **Human Biology**, v. 45, n. 2, p. 211–227, 1973.

DIGHE, S; REVATI, S. Preprocessing , segmentation and matching of dental radiographs used in. **International Journal of Science and Applied Information Technology**, v. 1, n. 2278, p. 52–56, 2012.

DIWEKAR, U. M.; GEBRESLASSIE, B. H. Efficient ant colony optimization (EACO) algorithm for deterministic optimization. **International Journal of Swarm Intelligence and Evolutionary Computation**, v. 05, n. 01, 2015.

DORIGO, M; GAMBARDELLA, L. M. Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem. **IEEE Transactions on evolutionary computation**, v. 1, n. 1, p. 53–66, 1997. Disponível em: <http://scholar.google.ch/scholar?q=gambardella&hl=en&btnG=Search&as_sdt=2001&as_sdt=on#0>.

DORIGO, M; BONABEAU, E.; THERAULAZ, G. Ant algorithms and stigmergy. **Future Generation Computer Systems**, v. 16, n. 8, p. 851–871, 2000.

DORIGO, M; STÜTZLE, T. **Ant colony optimization**. [S.l: s.n.], 2004.

DORRANI, Z; MAHMOODI, M S. **Noisy images edge detection** : Ant colony optimization algorithm. v. 4, n. 1, p. 77–83, 2016.

DUARTE, A. B. S. **Ciclo informacional**: a informação e o processo de comunicação. *Em Questão*, v. 15, n. 1, p. 57–72, 2009.

ECKERT, W. G. **Introduction to forensic science**. [S.l: s.n.], 1992. v. 45.

ESAN, T. A; YENGOPAL, V; SCHEPARTZ, L. A. The Demirjian versus the Willems method for dental age estimation in different populations: A meta-analysis of published studies. **PLoS ONE**, v. 12, n. 11, p. 1–23, 2017.

FALGUERA, J. R. Reconhecimento semi-automático de sinus frontais para identificação humana forense baseado na transformada imagem-floresta e no

contexto da forma. 2008. 92 f. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2008.

FIGUEIRA JUNIOR, E; MOURA, L. C. L. De. A importância dos arcos dentários na identificação humana. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 71, n. 1, p. 22–27, 2014.

FIGUEIREDO, J. M. **Comparação de métodos dentários de estimativa da idade no adulto - aplicação a uma amostra da população portuguesa**. 2008. 238 f. 2008.

FISTER, I. et al. A brief review of nature-inspired algorithms for optimization. **Elektrotehnikski Vestnik/Electrotechnical Review**, v. 80, n. 3, p. 116–122, 2013.

FLÓREZ, E.; GÓMEZ, W.; BAUTISTA, L. An ant colony optimization algorithm for job shop scheduling problem. *arXiv preprint arXiv:1309.5110*, 19 set. 2013. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1309.5110>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

FOINA, P. R. **Tecnologia de informação - planejamento e gestão**. 3ª ed. São Paulo: [s.n.], 2013. Disponível em: <<https://www.saraiva.com.br/tecnologia-de-informacao-planejamento-e-gestao-3-ed-2013-6846471.html>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

FRÍTOLA, M. et al. **Estimativa de idade dental em crianças e adolescentes brasileiros comparando os Métodos de Dermijian e Willens**. v. 2, n. 2, p. 20–34, 2015.

GAO, W.; ZHANG, X. **An improved sobel edge detection**. p. 67–71, 2010.

GALIĆ, I. et al. Cameriere's third molar maturity index in assessing age of majority. **Forensic Science International**, v. 252, p. 191.e1-191.e5, 1 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073815001760?via%3Dihub>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

GINZELOVÁ, K; DOSTÁLOVÁ, T; ELIÁŠOVÁ, H. **Using dental age to estimate chronological age in Czech children aged 3 – 18 Years**. n. July 2017, 2015.

GOEDERT, M. L.; PAULA F., PEDRO L.; BLANCO, D. R. **Computação natural : conceitos e aplicações da computação inspirada na natureza**. 2017.

GUISAN, A. **Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions : setting the scene**. p. 89–100, 2002.

GULLIPALLI, S. A. S. **Search improvement based on ants performance in Image edge detection using ACO**. p. 1–11, 2015.

GUNST, K et al. **Third molar root development in relation to chronological age : a large sample sized retrospective study**. v. 136, p. 52–57, 2003.

GUPTA, A. **Restoration of ultrasound images using ant colony optimization approach.** v. 147301, [S.d.].

GUPTA, C; GUPTA, S. **Edge detection of an image based on ant Colony Optimization Technique.** v. 2, n. 6, p. 114–120, 2013.

HASSAN, N. A; HAMILA, N. A. Orthopantomography and age determination using third molar mineralization in a sample of Egyptians. **Mansoura Journal Forensic Med Clin Toxicol**, v. XV, n. 1, p. 45–59, 2007.

HINCHLIFFE, J. A. **Forensic dentistry.** [S.l: s.n.], 2009.

HOOS, H. H.; STÜTZLE, T. MAX MIN. Ant System. **Future generation computer systems**, v. 16, n. June, p. 889–914, 2000.

HU, Y. Swarm intelligence ant colony optimization algorithms. **569 Emergent States of Matter**, p. 1–11, 2012.

ISABEL, S; VIEIRA, P. **Correlação entre a idade cronológica e a mineralização do terceiro molar através do método de Dermijian.** 2011.

JEVTIĆ, A; LI, B. **Ant algorithms for adaptive edge detection ant algorithms for adaptive edge detection.** 2013.

JUNG, Y. H; CHO, B. H. Radiographic evaluation of third molar development in 6- to 24-year-olds. **Imaging Science in Dentistry**, v. 44, n. 3, p. 185–191, 2014.

JUSTI, A; CORDEIRO, L. **Acidente com ônibus deixa 20 mortos e vários feridos no Paraná.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2016/10/acidente-entre-caminhao-e-onibus-deixa-mortos-e-feridos-no-noroeste.html>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

KARI, L; ROZENBERG, G. The many facets of natural computing. **Communications of the ACM**, v. 51, n. 10, p. 72, 2008.

KASPER, K. A. et al. Reliability of third molar development for age estimation in a Texas hispanic population: A comparison study. **Journal of Forensic Sciences**, v. 54, n. 3, p. 651–657, 2009.

KAUR, K. **Image segmentation based on the edge detection.** v. 12, n. 8, p. 378–381, 2014.

KHOSRENIJAD, A et al. Correlation between chronological age and third molar developmental stages in an Iranian population (Demirjian method). **Dental Research Journal Isfahan**, v. 14, n. 2, p. 143–149, 2017.

KRISHAN, K.; KANCHAN, T; GARG, A. K. Dental evidence in forensic identification – an overview, methodology and present status. **The Open Dentistry Journal**, v. 9, n. 1, p. 250–256, 2015. Disponível em: <<http://benthamopen.com/ABSTRACT/TODENTJ-9-250>>.

LEWIS, A. J. et al. Demirjian's method in the estimation of age: A study on human third molars. **Journal of Forensic Dental Sciences**, v. 7, n. 2, p. 153, 2015. Disponível em: <<http://www.jfds.org/text.asp?2015/7/2/153/155081>>.

LI, X; CLERC, M. **Swarm intelligence**. [S.l: s.n.], 2019. v. 272.

LISBOA, M. M. **Radiografia panorâmica no contexto da segurança pública : Estimativa da idade no caso de Belém / PA**. 2013.

MACKENZIE, Universidade Presbiteriana; XAVIER, R. S. **Computação natural metatéorica : Um arcabouço conceitual para o estudo da computação na natureza**. 2015.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. [S.l: s.n.], 2003.

MARTENS, D. et al. Classification with ant colony optimization. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 11, n. 5, p. 651–665, 2007.

MARTINEZ, É. H. S.; PACIOS, M.; SILVA, R. H. A. Uso da telemedicina na odontologia legal para identificação humana: Revisão da literatura. **Odonto**, v. 19, n. 38, p. 81–89, 2015.

MARTINS, H. M. **Avaliação da idade cronológica em adolescentes e adultos jovens por meio da abertura do ápice dentário**. 2015.

MCGEE, J. V.; PRUSAK, L. **Gerenciamento estratégico da informação : aumente a competitividade e a eficiência de sua empresa utilizando a informação como uma ferramenta estratégica**. [S.l.]: Campus, 1994.

MEDEIROS, U. V. De. **Odontologia legal e legislação odontológica**. [S.l: s.n.], 2003. p. 28.

MELO, E.; PINHEIRO, J. T. Procedimentos legais e protocolos para utilização de cadáveres no ensino de anatomia em Pernambuco. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 34, n. 2, p. 315–323, 2010.

MENON, L. M. L. et al. Tanatologia forense e odontologia legal: Interface e importância na rotina pericial. **Odonto**, v. 19, n. 37, p. 15–23, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/488-odonto/v19n37/4127-tanatologia-forense-e-odontologia-legal-interface-e-importancia-na-rotina-pericial.html>>.

MITTAL, S. et al. Age estimation based on Kvaal's technique using digital panoramic radiographs. **Journal of Forensic Dental Sciences**, v. 8, n. 2, p. 115, 2016. Disponível em: <<http://www.jfds.org/text.asp?2016/8/2/115/186378>>.

MORAES, G. D. A; TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. A tecnologia da informação como suporte à gestão estratégica da informação na pequena empresa. **Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação**, v. 1, n. 1, p. 28–44,

2004. Disponível em: <<http://www.tecsi.fea.usp.br/revistatecsi/pdf/a02v01n01.pdf>>.

NEGULESCU, S. C. et al. Elitist ant system for route allocation problem. **AIC'08: Proceedings of the 8th conference on Applied informatics and communications**, p. 62–67, 2008.

NELDER, A. J. A. et al. **Generalized linear models**. v. 135, n. 3, p. 370–384, 2014.

NEZAMABADI-POUR, H; SARYAZDI, S; RASHEDI, E. Edge detection using ant algorithms. **Soft Computing**, v. 10, n. 7, p. 623–628, 2006.

OLIVEIRA J. F. D. **Tecnologia da informação e da comunicação**. São Paulo: [s.n.], 2003. Disponível em: <<https://www.saraiva.com.br/tic-tecnologias-da-informacao-e-da-comunicacao-124591.html>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

OLZE, A. et al. Studies on the chronology of third molar mineralization in First Nations people of Canada. **International Journal of Legal Medicine**, v. 124, n. 5, p. 433–437, 2010.

PANCHBHAI, A. S. Dental radiographic indicators, a key to age estimation. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 40, n. 4, p. 199–212, 2011. Disponível em: <<https://www.mendeley.com/library/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

PAPESCA, M. **Edge detection using parallel ant colony optimization with hadoop mapreduce** : Implementation and Scalability by Master of Science. 2017. 2017.

PATANKAR, V; NAWGAJE, D; KANPHADE, R. A **Implementation of ant colony optimization technique for cancer diagnosis**. v. 4, n. 1, p. 2013–2015, 2014a.

PATANKAR, V; NAWGAJE, D; KANPHADE, R. **Detection of masses in mammogram images using ant**. v. 4, n. 4, p. 52–56, 2014b.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional**. [S.l: s.n.], 2013.

PEREIRA, D. A. B.; VENDRAMIN, A. C. B. K.; POHL, A. A. P. **Colônia de Formigas e Busca Local para Definição Automática de Limiar na Segmentação de Imagens**. *Image (Rochester, N.Y.)*, p. 37–40, 2000.

PORÉM, M. E; SANTOS, V. C. B. Dos; BELLUZZO, R. C. B. Vantagem competitiva nas empresas contemporâneas: a informação e a inteligência competitiva na tomada de decisões estratégicas. **Intexto**, n. 27, p. 183–199, 2012. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/intexto/article/viewFile/22959/23493>>.

PRIYADARSHINI, C; PURANIK, M. P; UMA, S R. **Dental age estimation methods** : A Review. v. 1, n. 12, 2015.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. [S.l: s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad->

1538f3aef538/E-book Metodologia do Trabalho Cientifico.pdf>.

QUEZADA, M. **Relación entre la edad cronológica y la mineralización del tercer molar inferior según método de Demirjian**. n. November 2014, 2017.

RAFSANJANI, M. K; VARZANEH, Z. A. **Edge detection in digital images using ant colony Optimization**. v. 23, n. 3, 2015.

RAI, P. Edge Detection of medical images using modified ant colony optimization algorithm based on Weighted Heuristics. **International Journal of Image, Graphics and Signal Processing**, v. 6, n. 3, p. 21–26, 2014.

RAJESWARI, R.; RAJESH, R. A modified ant colony optimization based approach for image edge detection. **ICIIP 2011 - Proceedings: 2011 International Conference on Image Information Processing**, v. 3, n. 1, p. 3384–3390, 2011.

RAMOS, S. **Tecnologias da informação e comunicação conceitos básicos**. [S.l.: s.n.], 2008.

RAMOS, V; ALMEIDA, F. Artificial ant colonies in digital image habitats - A mass behaviour effect study on pattern recognition. **From Ant Colonies to Artificial Ants - Proceedings of ANTS´2000 - 2nd International Workshop on Ant Algorithms**, n. 1, p. 113–116, 2000.

RATHOD, V. et al. **Role of forensic dentistry for dental practitioners : A comprehensive study**. 2017.

REIS, F. N. et al. **Revista Brasileira de Odontologia Legal – RBOL THE CONTRIBUTION OF DENTISTRY IN AGE ESTIMATION OF YOUNG**. v. 5, n. 1, p. 2–12, 2018.

REZAEI, A. Extracting edge of images with ant colony. **Journal of Electrical Engineering**, v. 59, n. 1, p. 57–59, 2008.

REZAEI, M; TAVAKOLI, M. B. Cancerous masses segmentation by using heuristic ant colony algorithms in medical images. **Journal of Image and Graphics**, v. 2, n. 2, p. 128–134, 2015. Disponível em: <<http://www.joig.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=36&id=82>>.

SAKHDARI, S. et al. The accuracy of dental panoramic radiography In assessment of position and root morphology of third molar teeth. **Res Dent Sci**, v. 9, n. 2, p. 73–79, 2012. Disponível em: <<http://jrds.ir/article-1-139-en.html>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SAYYAD, Z; PANDAESHWAR, P; KUMAR, N. **Radiographic Evaluation Of Third Molar Development as An Indicator of Chronological Age by Demirjian and Kohlers Methods**. n. February, 2017.

SEKHAR, C. C. **Image based analysis for identification of medical plantusing ant-colony algorithm**. v. 2, n. 9, p. 4257–4263, 2013.

SERAPIÃO, A. B. de S. Fundamentos de otimização por inteligência de enxames: uma visão geral. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, v. 20, n. 3, p. 271–304, 2009.

SILVA, A. M. **Administração pública dossier**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/39363/2/fribeirogestao2000112991.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SILVA, D. **Compêndio de odontologia legal**. [S.l: s.n.], 1997. Disponível em: <<https://www.saraiva.com.br/compendio-de-odontologia-legal-412294.html>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

SINGH, J; VIDYARTHI, A. Digital image edge detection using enhanced ant colony optimization technique. **International Journal of Computer Applications**, v. 67, n. 16, p. 21–24, 2013.

SINGH, S; AGRAWAL, S; SINGH, G. Accuracy detection of digital image forgery by using ant colony optimization technique. **MATEC Web of Conferences**, v. 57, p. 01014, 2016.

SISMAN, Y. et al. Third-molar development in relation to chronologic age in Turkish children and young adults. **Angle Orthodontist**, v. 77, n. 6, p. 1040–1045, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.angle.org/doi/abs/10.2319/101906-430.1>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SOLARI, A. C.; ABRAMOVITCH, K. **The accuracy and precision of third molar development as an indicator of chronological age in hispanics**. p. 531–535, 2005.

SOUZA, R. B. de. **Idade dentária de crianças e adolescentes portadores do hiv pelo método de Willens**. 2014.

SOUZA, J. G. de. **Técnicas de computação natural para segmentação de imagens médicas**. 2007.

SUMATHI, S; PANEERSELVAM, S. **Computational intelligence paradigms theory and applications**. [S.l: s.n.], 2010.

TARAPANOFF, K. **Inteligência, informação e conhecimento em corporações**. [S.l: s.n.], 2006. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001469/146980por.pdf>>.

TARAR, N; KAMRA, V. **A practical ant colony optimization technique based image edge detection**. v. 4, n. 8, p. 227–232, 2015.

THORSEN, V. F. **Meteorite impact crater crack extraction using artificial ants**. 2011.

THUKARAM, P.; SARITHA, S.J. **Image edge detection using ant colony optimization**. 203 f. 2013.

TIAN, J. et al. Image edge detection using quantum ant colony optimization. **International Journal of Digital Content Technology and its Applications**, v. 6, n. 11, p. 187–195, 2012. Disponível em: <http://www.aicit.org/jdcta/global/paper_detail.html?jname=JDCTA&q=1355>.

TIAN, J; YU, W; MA, L. AntShrink: Ant colony optimization for image shrinkage. **Pattern Recognition Letters**, v. 31, n. 13, p. 1751–1758, 2010.

TURBAN, E; RAINER, R. K.; POTTER, R. E. **Administração de tecnologia da informação** : teoria e prática. [S.l.]: Elsevier, 2005. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-866042273-administraco-de-tecnologia-da-informaco-teoria-e-pratica-_JM>. Acesso em: 22 ago. 2018.

VALENTIM, M. L. P. et al. Gestão da informação utilizando o método Infomapping. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 13, n. 1, p. 184–198, 4 abr. 2008. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/165/406>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

VANRELL, J. P. **Odontologia legal e antropologia forense**. 2ª Edição ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2009. Disponível em: <https://www.americanas.com.br/produto/6956048/livro-odontologia-legal-e-antropologia-forense?WT.srch=1&epar=bp_nb_da_go_sch_dsa_todo-o-site_todas_geral&gclid=EAlaQobChMlo6iu79SB3QIVF4GRCh1f-wcREAAAYASAAEgJyhPD_BwE&opn=YZMEZP&sellerId=77824266000183>. Acesso em: 22 ago. 2018.

VEROCHANA, K. et al. Accuracy of an equation for estimating age from mandibular third molar development in a Thai population. **Imaging Science in Dentistry**, v. 46, n. 1, p. 1–8, 2016.

WATANABE, P. C. A; FARIA, V; CAMARGO, A. J. **Multiple radiographic analysis(systemic disease):Dental panoramic Radiography**. [S.l: s.n.]. Disponível em: <[https://www.semanticscholar.org/paper/Multiple-Radiographic-Analysis-\(-Systemic-Disease-\)-Watanabe-Faria/07253b1056a36d46fa674475c8bd5bd4c9be1cbf](https://www.semanticscholar.org/paper/Multiple-Radiographic-Analysis-(-Systemic-Disease-)-Watanabe-Faria/07253b1056a36d46fa674475c8bd5bd4c9be1cbf)>. Acesso em: 23 ago. 2018. , 2017

WILLEMS, G. et al. Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. **Journal of forensic sciences**, v. 46, n. 4, p. 893–5, 2001. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11451073>>.

XAVIER, R. S; CASTRO, L. N. de. **Natural information and computation: A proposal based on interaction and decision making**. p. 138–139, 2013.

YASAR, F; APAYDIN, B; YILMAZ, H. **The effects of image compression on quantitative measurements of digital panoramic radiographs**. v. 17, n. 6, p. 1074–1081, 2012.

YASEEN, S. G; AL-SLAMY, S. Ant colony optimization. **International Journal of Computer Science and Network Security**, v. 2, n. 7, p. 1–7, 2008.

ZENG, D. L.; WU, Z. L.; CUI, M. Y. Chronological age estimation of third molar mineralization of Han in southern China. **International Journal of Legal Medicine**, v. 124, n. 2, p. 119–123, 2010.

APÊNDICE 1 - PARECER COMITÊ DE ÉTICA EM SAÚDE

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: APLICAÇÃO DO ALGORITMO COLÔNIA DE FORMIGAS EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS DE ARCADAS DENTÁRIAS HUMANAS PARA OBTENÇÃO DA ESTIMATIVA DE IDADE

Pesquisador: José Simão de Paula Pinto

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 88422518.8.0000.0102

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Ciência, Gestão e Tecnologia da

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.685.062

Apresentação do Projeto:

Trata-se do projeto de pesquisa APLICAÇÃO DO ALGORITMO COLÔNIA DE FORMIGAS EM RADIOGRAFIAS PANORÂMICAS DE ARCADAS DENTÁRIAS HUMANAS PARA OBTENÇÃO DA ESTIMATIVA DE IDADE encaminhado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação, e tem como pesquisador responsável José Simão de Paula Pinto e colaborador Eliane de Fátima Coimbra.

Metodologia Proposta: Será realizado um estudo retrospectivo, transversal, observacional e misto em que se utilizam dados quantitativos que após serem processados, serão analisados e discutidos os seus resultados. A amostra será composta de até duas mil (2000) radiografias panorâmicas digitalizadas selecionadas aleatoriamente de indivíduos com idades acima dos 18 anos, do sexo masculino ou feminino, que tenham sido realizadas nos anos de 2015 a 2017 em indivíduos que foram atendidos no curso de Odontologia da UFPR. Essas imagens encontram-se arquivadas no LABIM – Laboratório de Ensino e Pesquisa de Imaginologia da UFPR. Será utilizado o Algoritmo da Colônia de Formigas (ACO) no reconhecimento de radiografias panorâmicas da arca dentária digitalizadas, visando a extração das características do terceiro molar que serão usadas para construção do banco de dados dos pacientes. Após as radiografias panorâmicas de a arca dentária terem sido reconhecidas pelo Algoritmo Colônia de Formiga (ACO) e extraídas as medidas

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Município: CURITIBA

CEP: 80.080-240

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 2.685.062

do elemento dentário (terceiro molar) serão registrados em uma planilha própria.

Critério de Inclusão: Radiografias panorâmicas digitais em que apareçam ambos arcos dentais e os terceiros molares.

Critério de Exclusão: Radiografias panorâmicas digitais de indivíduos com idade abaixo de 18 anos, exames que apresentem lesões ósseas ou anormalidades e que não possuam os terceiros molares.

Objetivo da Pesquisa:

Testar o Algoritmo da Colônia de Formigas (ACO) no reconhecimento de imagens de radiografias panorâmicas da arcada dentária digitalizadas, buscando obter a estimativa da idade como meio de identificação humana em pacientes atendidos na clínica odontológica da Universidade Federal do Paraná - UFPR no período de 2015 a 2017.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com os pesquisadores :

O risco existente na pesquisa é muito pequeno, e seria de identificação de algum participante da amostra por parte dos pesquisadores, porém, esse risco será evitado omitindo os dados pessoais de cada indivíduo com um código, evitando então o seu possível reconhecimento.

Benefícios: Os resultados dessa pesquisa permitirão que a metodologia aplicada para o reconhecimento de imagens por meio da otimização de Colônia de Formigas possa ser usada por peritos (em odontologia legal e ciência da informação) possam realizar a identificação reconstrutiva de pessoas, bem como representam uma nova opção para elaboração de novas pesquisas na área utilizando inclusive outros tipos de algoritmos bio-inspirados (Computação Natural).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo utilizara a técnica de Algoritmo Colônia de Formiga (ACO) em medidas de imagens extraídas do elemento dentário (terceiro molar) como forma de estimativa da idade do paciente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos forma entregues

Recomendações:

não há

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

UF: PR

Telefone: (41)3380-7259

Município: CURITIBA

CEP: 80.080-240

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 2.685.062

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

- É obrigatório retirar na secretaria do CEP/SD uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com carimbo onde constará data de aprovação por este CEP/SD, sendo este modelo reproduzido para aplicar junto ao participante da pesquisa.

O TCLE deverá conter duas vias, uma ficará com o pesquisador e uma cópia ficará com o participante da pesquisa (Carta Circular nº. 003/2011 CONEP/CNS).

Favor agendar a retirada do TCLE pelo telefone 41-3360-7259 ou por e-mail cometica.saude@ufpr.br, necessário informar o CAAE.

Considerações Finais a critério do CEP:

Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios semestrais e final, sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos, através da Plataforma Brasil - no modo: NOTIFICAÇÃO. Demais alterações e prorrogação de prazo devem ser enviadas no modo EMENDA. Lembrando que o cronograma de execução da pesquisa deve ser atualizado no sistema Plataforma Brasil antes de enviar solicitação de prorrogação de prazo.

Emenda – ver modelo de carta em nossa página: www.cometica.ufpr.br (obrigatório envio)

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1112641.pdf	25/04/2018 08:57:31		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDetalhadoEliane.doc	25/04/2018 08:57:01	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	OficioDoPesquisadorAoComite.pdf	25/04/2018 08:49:51	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	checklistComiteEtica.pdf	25/04/2018 08:48:20	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	extratoDeAtaReuniaoColegiado.pdf	23/04/2018 11:51:28	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoAssinada.pdf	23/04/2018	José Simão de Paula Pinto	Aceito

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br

UFPR - SETOR DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PARANÁ -



Continuação do Parecer: 2.685.062

Folha de Rosto	folhaDeRostoAssinada.pdf	11:50:44	Pinto	Aceito
Outros	TermoConfidencialidade.pdf	19/04/2018 09:05:55	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	DeclaracaoUsoEspecifico.pdf	19/04/2018 09:04:52	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	DeclaracaoTornarPublico.pdf	19/04/2018 09:04:18	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	DeclaracaoResponsabilidade.pdf	19/04/2018 09:03:38	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	Concordancia_LABIM.pdf	19/04/2018 09:03:00	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	Concordancia_Departamento_Estomatologia.pdf	19/04/2018 09:02:31	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	CompromissoUsoDadosArquivo.pdf	19/04/2018 09:00:56	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	CompromissolnicioPesquisa.pdf	19/04/2018 09:00:01	José Simão de Paula Pinto	Aceito
Outros	AnaliseDoMrito.pdf	19/04/2018 08:57:36	José Simão de Paula Pinto	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	DispensaTCLE.pdf	19/04/2018 08:55:34	José Simão de Paula Pinto	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 30 de Maio de 2018

Assinado por:
IDA CRISTINA GUBERT
(Coordenador)

Endereço: Rua Padre Camargo, 285 - Térreo

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-240

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3380-7259

E-mail: cometica.saude@ufpr.br