



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM
MODELAGEM COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Dissertação de mestrado

Análise odonto facial para identificação biométrica

Apresentada por: Alile Fixina do Carmo
Orientador: Prof. Phd Roberto Luiz Sousa Monteiro

Novembro de 2019

Alile Fixina do Carmo

Análise odonto facial para identificação biométrica

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Curso de Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Área de conhecimento: Sistema Complexo

Orientador: Prof. Phd Roberto Luiz Sousa Monteiro
SENAI CIMATEC

Salvador
SENAI CIMATEC
2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

C287a Carmo, Alile Fixina do

Análise odonto facial para identificação biométrica / Alile Fixina do Carmo. – Salvador, 2019.

84 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Luiz Sousa Monteiro.

Coorientador: Prof. Dr. Eudaldo Francisco dos Santos Filho.

Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2019.

Inclui referências.

1. Visão computacional. 2. Biometria. 3. Detecção Facial. 4. Imagem Digital. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Monteiro, Roberto Luiz Sousa. III. Santos Filho, Eudaldo Francisco dos Santos.

CDD 610.28

SENAI CIMATEC

Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial
Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, leram e recomendam a aprovação [com distinção] da Dissertação de mestrado, intitulada “Análise odonto facial para identificação biométrica”, apresentada no dia 26 de novembro de 2019, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Orientador:

Prof. PhD Roberto Luiz Sousa Monteiro
SENAI CIMATEC

Co Orientador:

Prof. Dr. Eudaldo Francisco dos Santos Filho
UNEB

Membro interno da Banca:

Prof. PhD Renelson Ribeiro Sampaio
SENAI CIMATEC

Membro externo da Banca:

Prof. Dr. Leandro Brito Santos
UFOB

Dedico este trabalho a todas as pessoas que contribuiriam direta ou indiretamente na sua realização, em especial: a minha família que tanto amo, admiro e é o meu pilar de sustentação. Obrigada a meu pai Bira, minha mãe Rita, minha irmã Maíra, meu sobrinho-filho João Gabriel e Nita, vocês sempre estiveram ao meu lado, apoiando, aturando e criticando todas as minhas decisões, me dando força, coragem, energia e suporte emocional; A minha dinda Iracema (miminha), meu padrinho Guaraci (velho guará) e meus primos-irmãos Jamile, Eduardo e Paulo Henrique. A grande amiga Liamara pelo apoio e longos anos de amizade iniciada durante a vida universitária - UEFS. Não poderia de deixar de agradecer em especial ao meu grande amigo, parceiro e irmão Eduardo Gabriel Palma, que esse ano nos deixou, mas saiba que continuo amando você e com muitas saudades.

Agradecimentos

Aos Profs. Phd Roberto Monteiro e Dr. Eudaldo Francisco dos Santos Filho pelos ensinamentos e orientações sempre objetivas e principalmente pela confiança e incentivo para realização deste trabalho.

Aos Profs. Dr. Hernane Borges de Barros Pereira e Profa. Dra. Lílian Lefol Nani Guarieiro que participaram, com muita paciência, do meu primeiro passo na busca por novos horizontes, o que possibilitou a minha admissão e, hoje, a realização de mais uma etapa da minha pessoal e profissional, o meu sincero reconhecimento e agradecimento pelos ensinamentos.

Aos novos amigos conquistados ao longo da jornada do mestrado, em especial Camila e Leandro, ao grande Jonas, Eduardo, Marcus, André, Thiago e Licínio, meu obrigada pelo aprendizado diário, troca de idéias e bons momentos.

Aos professores do Mestrado, com carinho especial a Renelson, Valter, Moret e Ivan, que estiveram sempre dispostos a colaborar, a Julie pelo apoio e atenção e as secretárias pela atenção e ajuda burocrática.

A FAPESB que proporcionou o auxílio financeiro para a realização deste curso.

Aos queridos amigos e professores da Faculdade de Odontologia da UFBA, Paulo Flores, Ieda Rebello, Fred Sampaio, Ana Carolina e Paulo Rocha, o meu muito obrigada à todos vocês, por terem me recebido de abraços abertos, me dando todo o suporte e colaboração.

As funcionárias da clínica IMAGEM X, Aislane (Lane), Daiane (Dai), Tamires (Tami flor) e ao colega Lucas, sem o suporte e apoio de vocês seria difícil pilotar a nave. Minha eterna e sincera gratidão a vocês.

E, em especial, a minha família que sempre me apoiou de forma sábia, honesta, humilde e amorosa, ensinando - me a enfrentar cada momento de dificuldade. E agora, neste momento especial, minha sincera gratidão pelo apoio incansável.

Alile Fixina do Carmo

Salvador, Brasil

24 de setembro de 2019

Resumo

O processo de identificação humana ou identificação biométrica consiste em diferenciar uma pessoa da outra através de suas características únicas (físicas, psíquicas, funcionais e civis). As técnicas de biometria mais citadas são: a impressão digital, retina, pulso e reconhecimento facial. Normalmente, as áreas da face detectadas no processo de reconhecimento facial são olho, nariz, boca e queixo. Esse trabalho aborda a primeira fase do reconhecimento facial – a detecção facial, e propõe identificar, em uma imagem digital, as características dos dentes caninos superiores em: normal (N), longo (L), curto (C) e inclinado no seu longo eixo (I) e detectar a estrutura facial boca, isolando – a em corte individual. Softwares gratuitos foram utilizados tanto para confecção da malha usada para delimitar os parâmetros classificação das características, como para a construção do gráfico com os resultados da prevalência de cada característica estudada. A base de dados de imagem utilizada foi a base aberta Label Face in the Wild (LFW) da Universidade de Massachusetts. Para o tratamento, detecção e recorte da área de interesse da face (a boca) o software MATLAB (MATrix LABoratory) foi o escolhido. Como resultado, observou-se uma maior prevalência da característica normal em relação aos outros, como também observamos que uma mesma imagem pode apresentar mais de uma característica. A importância desse trabalho é oferecer mais uma ferramenta, tanto na área da saúde quanto na biometria, uma vez que possibilita avaliar e identificar anomalia de posição, alteração de longo eixo e alteração de forma dos dentes caninos superiores.

Palavras-chave: Visão Computacional, Biometria, Detecção Facial, Imagem Digital.

Abstract

The process of human identification or biometric identification consists of differentiating one person from another through its unique characteristics (physical, psychic, functional and civil). The most cited biometric techniques are: fingerprint, retina, pulse and facial recognition. Normally, the areas of the face detected in the recognition process are the eye, nose, mouth and chin. This paper addresses the first phase of facial recognition - facial detection, and proposes to identify, in a digital image, the upper canine tooth's characteristics in: normal (N), long (L), short (S) and inclined in its long axis (I) and to detect the facial structures eye, pupil, nose, mouth, isolating them in individual cuts. Free tools such as images of open database Label Face in the Wild (LFW) from the University of Massachusetts, MatLab ((MATrix LABoratory) software, Paint and microsoft office excel 2007 have been used in the development of this work. As a result, a higher prevalence of the normal characteristic was observed in relation to the others, as we also observed that the same image may present more than one characteristic. The importance of this work is to offer one more tool to the healthcare professional, capable of assessing and identifying position anomalies, long axis alterations and upper canine teeth shape alterations.

Keywords: Computer Vision; Biometrics; Face Detection; Digital Imaging.

Sumário

1. Introdução	14
1.1. Definição do problema.....	19
1.2. Objetivos.....	19
1.2.1. Objetivo geral.....	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3. Importância da pesquisa.....	20
1.4. Limites e limitações.....	20
1.5. Etapas metodológicas.....	21
1.6. Organização da dissertação de mestrado.....	21
2. Revisão da literatura	22
2.1. Identidade e identificação: conceitos e métodos.....	22
2.2. Anatomia humana.....	25
2.2.1 Anatomia da cabeça.....	26
2.2.2 Anatomia oral.....	27
2.3. Principais métodos de identificação.....	31
2.4. Reconhecimento biométrico.....	34
2.5. Reconhecimento facial.....	37
2.6. Detecção facial.....	39
2.7. Algoritmo viola – jones.....	40
2.7.1. Imagem integral.....	41
2.7.2. AdaBoost.....	44
2.7.3. Classificadores em cascata.....	46
3. Materiais e métodos	49
4. Resultados	54
5. Considerações finais	57
5.1. Conclusões.....	57
5.2. Contribuições.....	58

Apêndice

Referências

Lista de Tabelas

TABELA 01	Diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores de acordo com major mash "anatomía y fisiología y oclusión dental de wheeler"	30
TABELA 02	Diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores segundo figún "anatomía dental"	30
TABELA 03	Diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores segundo kraus "anatomía dental y oclusión"	31
TABELA 04	Média dos valores do diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores	31
TABELA 05	Característica(s) presente em cada imagem	54

Lista de Gráficos

GRÁFICO 01 Prevalência da característica

56

Listas de Figuras

FIGURA 01	Divisão do corpo humano	26
FIGURA 02	Regiões da cabeça e pescoço	27
FIGURA 03	Estruturas presentes na região oral	27
FIGURA 04	Tipos de dentições e suas diferenças	28
FIGURA 05	Arcadas dentárias superior e inferior e seus dentes	28
FIGURA 06	Sequencia dentária de cada hemiarcada	28
FIGURA 07	Representação esquemática da função do canino	29
FIGURA 08	Imagem da arcada dentária superior anterior	30
FIGURA 09	Ferrete usado para marcar as pessoas como forma de identificação	32
FIGURA 10	Exemplo de tatuagem como forma de identificação	32
FIGURA 11	Primeira fotografia tirada do mundo, em 1826, pelo francês Joseph Nicéphore Niepce	32
FIGURA 12	Arcada dentária	32
FIGURA 13	Imagem de uma sala onde se realizava as medidas antropométrica	33
FIGURA 14	Exemplos de exames papiloscópicos	33
FIGURA 15	Funcionamento do sistema biométrico	35
FIGURA 16	O que a biometria analisa	35
FIGURA 17	Diagrama de um sistema de reconhecimento facial	38
FIGURA 18	Exemplo de retângulos de características	40
FIGURA 19	Conjunto extendido de características	41
FIGURA 20	Região ABCD em uma matriz de pixels	43
FIGURA 21	Representação visual de quatro tipos de características Haar-like	43
FIGURA 22	Características selecionadas pelo algoritmo AdaBoost	45
FIGURA 23	Funcionamento do algoritmo em cascata	46
FIGURA 24	Cascata de classificadores	46
FIGURA 25	Estrutura de um classificador Viola-Jones em XML	47
FIGURA 26	Sub-janela deslocada através de uma imagem	47

FIGURA 27	Estrutura de um estágio utilizado no classificador de objetos	48
FIGURA 28	Imagem padrão	49
FIGURA 29	Diferença nos posicionamento da cabeça	50
FIGURA 30	Face Parts Detection de Masayuki Tanaka	51
FIGURA 31	Automatic detection of eyes,nose and mouth in an image using inbuilt matlab functions de Sarvani Videla (version 1.9.0.0)	51
FIGURA 32	Face parts detection de Videla (version 1.1.0.0)	52
FIGURA 33	Linhas de referência	52
FIGURA 34	Características avaliadas (a) normal, (b) longo, (c) curto e (d) inclinado	53

Introdução

Estabelecer a identidade de uma pessoa tem sido desde os tempos remotos, incontestavelmente, uma meta incansável. Para (SANTOS FILHO, 2016) é uma necessidade, bem como uma grande conquista na organização da sociedade, e que a qualidade deste processo é evidenciada quando determinado método pode ser difundido com facilidade e compreendido com clareza.

(FERREIRA, 2001) descreve a identidade com um conjunto de características pelas quais algo é definitivamente reconhecível ou conhecido, ou seja, é o conjunto de caracteres próprios e exclusivos de uma pessoa, podendo ser físico, funcionais ou psíquicos, natos ou adquiridos, tais como: nome, idade, estado, profissão, sexo, defeitos físicos, impressões digitais, entre outras.

O processo pelo qual se determina a identidade de uma pessoa ou coisa é denominado de identificação. Para Federico Olóriz Aguilera “a identificação é o ato mais freqüente e elementar da vida social”. Usamos todos os nossos sentidos, a visão, o olfato, a audição, o tato e o paladar, constantemente no processo de identificação, seja ele com pessoas ou coisas (ARAÚJO; PASQUALI, 2012).

Porém, quando nos deparamos com a necessidade específica de imputarmos uma responsabilidade a uma pessoa o termo “identificação” precisa ser diferenciado de “reconhecimento” (ARAÚJO; PASQUALI, 2012).

Para realizar o procedimento de identificação, é fundamental que haja um método capaz de estabelecer uma relação unívoca entre os elementos em questão, criando um conjunto de caracteres próprios que possam diferenciar pessoas ou coisas entre si. Afinal, como afirma (ARAÚJO; PASQUALI, 2012) mais do que apenas reconhecer uma pessoa, é preciso individualizá-la, estabelecendo uma identidade.

Federico Olóriz Aguilera foi um dos pioneiros na criação de sistemas de identificação. Nasceu em 09 de outubro de 1855 em Granada (Espanha) e faleceu em 28 de fevereiro de 1912 e era médico e antropólogo, catedrático de Anatomia nas Universidades de Granada e Madrid, tendo sido o criador do “Sistema Datiloscópico Espanhol”. Aguilera propôs em 1908 a criação de um sistema monodactilar e em 1909 publicou seu livro “Guía para extender la tarjeta de identidad”. Em 1911 sugeriu a criação do “Número Pessoal” e do Documento Nacional de Identidade, proposta esta que no Brasil só seria feita por meio da Lei 9.454, de 07 de abril de 1997, que instituiu o número único de “Registro de Identidade Civil”.

Hoje em dia, são muito freqüentes situações onde as pessoas precisam confirmar a autenticidade de sua identidade, como em eventos, compras on line, transações bancárias e etc. Até o momento, a forma mais utilizada para tal tarefa são as senhas pessoais que são facilmente burláveis onde qualquer indivíduo pode conseguir a senha de outra pessoa e passar pelo bloqueio de segurança imposto pela mesma (SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016 apud HEINEN, 2002).

Atualmente, frente às necessidades impostas pela vida moderna, é cada vez mais requisitado que cada um de nós porte uma identificação que seja rápida e segura. Mas para além dessa perspectiva, pode-se destacar que a imagem da face humana é extremamente cativante para diversos segmentos que abrangem desde as ciências às artes (SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016). Naturalmente intuitiva, a face tem um papel importante na nossa interação social e podemos facilmente reconhecer, identificar, perceber traços etimológicos, estimar a idade, perceber mudanças de humor, entre outras reações. Esses aspectos revelam-se ao ser humano como um algo trivial, mas no contexto computacional esta trivialidade dá lugar ao um problema extremamente complexo e instigante (FIGUEREDO, 2011).

Etimologicamente, a expressão “biometria” advém da derivação de palavras ditas “primitivas” de origem grega, *bios* (vida) e *metros* (contagem ou medida). Biometria define-se como sendo a parte da ciência que estuda as características físicas, fisiológicas ou comportamentais dos seres vivos, de

forma estatística, analisando os padrões e os definindo em atributos quantitativos (DA FONSECA LOURENÇO, 2009).

Cada ser humano possui características que os tornam únicos no mundo, a distância entre os olhos, os padrões das impressões digitais, as formas e cores na íris, os sulcos no cérebro, a formação dos dentes e a organização do sistema circulatório são algumas dessas características. Quando estas características são analisadas em conjunto permitem o reconhecimento e a distinção de cada pessoa.

Para possibilitar a identificação e o reconhecimento dessas características surgiu a Biometria.

Às características físicas, fisiológicas ou comportamentais das pessoas, que são usadas para efeitos de reconhecimento, dá-se o nome de características biométricas. Estas características podem ser divididas em três classes principais, as físicas ou estáticas, as fisiológicas e as comportamentais ou dinâmicas (DA FONSECA LOURENÇO, 2009).

As características físicas ou estáticas definem-se como sendo as características relacionadas com os traços do corpo, ou seja, têm a ver com a carga genética das pessoas. Estas características variam muito pouco ao longo do tempo (a partir da idade adulta). Exemplos dessas características são a íris, a retina, a geometria da mão, as impressões digitais, a face, etc (DA FONSECA LOURENÇO, 2009).

As características fisiológicas definem-se como sendo as características relacionadas com o funcionamento do organismo da pessoa. Estas podem variar com o avanço da idade da pessoa, ou devido a problemas de saúde. Exemplos dessas características são o batimento cardíaco, a força muscular, etc. (DA FONSECA LOURENÇO, 2009).

As características comportamentais ou dinâmicas definem-se como sendo as características relacionadas com o comportamento das pessoas, ou seja, as pessoas vão apreendendo e desenvolvendo estas características ao longo da sua vida. Estas podem variar fortemente com o tempo e podem ser

facilmente alteradas pela vontade ou estado da pessoa. Exemplos dessas características são a voz, a assinatura da pessoa, o modo de andar, etc. (DA FONSECA LOURENÇO, 2009).

Os Chineses estiveram entre os precursores do uso da biometria. No século 14 os Chineses usavam a biometria carimbando as mãos e os dedos das crianças em papel, de forma a distinguir uma criança de outra, após o nascimento (DA FONSECA LOURENÇO, 2009 apud MORAES, 2006).

A origem europeia da biometria já é muito mais recente e é datada do final do século XIX e início do século XX. Em 1890 um antropologista e delegado policial de Paris, Alphonse Bertillon, encontrou na biometria uma forma de identificação de criminosos e transformou-a numa nova área de estudos (DA FONSECA LOURENÇO, 2009 apud MORAES, 2006).

As técnicas de biometria começam a ser desenvolvidas no início do século XX e, ao longo desse período, vem sendo criados uma diversidade de métodos e instrumentos para auxiliar no processo de identificação, desde aqueles baseados em identificação 'mecânica', como as impressões digitais, até modelos computacionais de identificação como o reconhecimento de pupila a partir de imagens digitais.

Atualmente vários estudos vêm sendo realizados para permitir a aplicação da Biometria em diferentes áreas, atendendo desde o usuário de um computador doméstico que precisa restringir o acesso aos seus arquivos, até um sistema de segurança para identificação de criminosos entre multidões (DE SA PEREIRAL, 2009 apud RUSSEL & NOVIRG, 2004).

Para (BATISTA, 2011), na década de 80, apesar de o reconhecimento facial ser considerado um problema insolúvel para sistemas computacionais (HUBEL, 1989), (MINSKY, 1986), os avanços na área de hardware e software associados a um intenso processo de investigação científica permitiu que a pesquisa de Turk e Pentland (TURK; PENTLAND, 1990), (TURK, 1991), (TURK, 2005) pudesse compreender e caracterizar os limites, as limitações, as possibilidades e as variações do problema. No entanto, uma compreensão

completa de como os seres humanos e máquinas interagem com a face ainda permanece como um desafio (TURK, 2005).

Em (SANTOS, 2007), verifica-se que vários pesquisadores discutiram este modelo que consiste basicamente em reconhecer uma imagem que contenha uma face humana e associá-la a outra que esteja em um banco de dados previamente treinado (CHELLAPPA et al., 1995), (LAKSHMANAN et al., 2001), (ZHAO et al., 2003), (CHICHIZOLA et al., 2005), (TAN et al., 2006). Tal constatação parte da premissa de que a face humana possui características únicas e mensuráveis e que é possível identificar pessoas de modo não invasivo, através da face, de forma *eletrônica* com *certo* grau de confiabilidade (PARENTE, 1993).

Características faciais são um conjunto de informações que caracterizam uma face humana. É possível definir inúmeras características faciais, dentre as quais a largura da boca, espaço entre os olhos ou tamanho do nariz. As posições relativa de pontos de controle (também conhecidos como landmarks ou pontos fiduciais) sobre regiões que definem estas características são informações muito úteis em diversos tipos de sistemas, como sistemas de segurança, de reconhecimento de expressões, de rastreamento e de modelagem 3D, dentre outros (ARAUJO, 2010).

Na literatura, é possível encontrar diversas abordagens empregadas na detecção de pontos fiduciais na face. Existem duas vertentes principais. A primeira delas utiliza uma cascata de classificadores Adaboost (VUKADINOVIC; PANTIC, 2005; EVERINGHAM; SIVIC; ZISSERMAN, 2006; EVERINGHAM; SIVIC; ZISSERMAN, 2009; ARAUJO, 2010), enquanto a segunda utiliza variações de uma técnica conhecida como AAM (Active Appearance Model), que utiliza busca o melhor casamento com um modelo combinado de textura e forma (COOTES et al., 1998; CRISTINACCE; COOTES, 2004; CRISTINACCE; COOTES, 2006; CRISTINACCE; COOTES, 2008; ARAUJO, 2010).

O reconhecimento facial é um dos processos de identificação mais utilizados pelos seres humanos, pois permite identificar rapidamente qualquer

indivíduo. Além de identificar, podemos perceber o estado emocional de uma pessoa apenas observando sua expressão facial. Embora o reconhecimento facial seja uma tarefa simples para o ser humano, não é trivial implementar esse processo em uma máquina, pois não se sabe, ao certo, como o cérebro humano realiza essa tarefa (DINIZ, 2013).

Para reconhecer uma face específica em um banco de imagens contendo diversas faces, divide-se este processo em três fases de maneira simplificada: detecção, normalização e reconhecimento de faces (SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016; KINUTA, 2017). Essas fases estão descritas no tópico 2.5.

1.1 Definição do problema

Compreender completamente como os seres humanos e máquinas reconhecem a face, ainda é um desafio, mesmo com todos os avanços na área de hardware e software observados desde o início do século XX. Contudo, o reconhecimento de faces, restritamente frontal, com uma acurácia acima dos 95% comprovada na literatura, ainda apresenta muitos problemas a serem resolvidos, dentre eles podemos citar: má qualidade de imagem - devido à variação de luminosidade, interferência do meio-ambiente, alterações físicas das pessoas; dificuldade na diferenciação entre gêmeos; e o uso de equipamentos com definição de imagem inadequada.

Os problemas, da detecção de características, esbarram nas mesmas dificuldades vistas na detecção de objetos. Detectar uma característica consiste em: dada uma cena encontrar onde está a face, ou várias faces, bem como identificar seus componentes como olhos, pupila, boca, nariz, dentes, etc.

Neste contexto, seria possível identificar, em uma imagem digital, as características: normal, longo, curto e inclinado no seu longo eixo dos dentes caninos superiores e detectar a estrutura facial boca, isolando – a em cortes individuais?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

- Identificar, em uma imagem digital, as características dos dentes caninos superiores em: normal (N), longo (L), curto (C) e inclinado no seu longo eixo (I) e detectar a estrutura facial boca, isolando – as em cortes individuais.

1.2.2Objetivos específicos

- Detectar a estrutura facial boca;
- Tratar as imagens gerando arquivos em preto e branco (P e B);
- Isolar a estrutura facial boca em recortes individuais;
- Representar graficamente a incidência das características normal, longo, curto e inclinado no longo eixo dos dentes caninos superiores;

1.3Importância da pesquisa

Embora o reconhecimento de um indivíduo através da face seja uma tarefa trivial para seres humanos, é um desafio para sistemas de automação baseados em imagens. Este tema tem sido estudado por pesquisadores de diferentes áreas envolvendo processamento digital de imagens, redes neurais, estatística, reconhecimento de padrões, antropometria e visão computacional. Sistema de automação baseados em imagens fazem o reconhecimento e identificação facial em diversas aplicações comerciais, tais como autenticação por biometria, interação homem-máquina, vigilância, jogos e entretenimento. Na área da saúde, o presente trabalho, através dos recortes das imagens obtidos será capaz de identificar características da estrutura dente canino superior, o que possibilita o corpo clínico avaliar e identificar anomalia de posição, alteração de longo eixo e alteração de forma auxiliando no diagnóstico e plano de tratamento. Na área da biometria – identificação biométrica – auxilia na limitação encontrada em indivíduos gêmeos, pois a arcada dentária e suas características são únicas e exclusivas a cada indivíduo.

1.4Limites e limitações

Esse trabalho de mestrado esbarrou na dificuldade em desenvolver o algoritmo de detecção do dente canino superior, devido à limitação do conhecimento prático por parte da autora, que mesmo sendo da área de saúde (cirurgiã-dentista) resolveu desenvolver esse trabalho a fim de auxiliar, futuramente, no processo de diferenciação de indivíduos gêmeos e no auxílio do diagnóstico de deformidade e discrepância facial através da relação entre os caninos e as outras estruturas faciais.

Para o desenvolvimento e finalização desse trabalho, algumas etapas metodológicas foram realizadas e serão descritas no tópico a seguir.

1.5 Etapas metodológicas

Para desenvolver esse trabalho foram seguidas algumas etapas: seleção de 49 imagens em posição frontal e sorrindo dentre as 28.204 da base gratuita Label Face in the Wild (LFW) da Universidade de Massachusetts. O MATLAB (MATrix LABoratory) foi o software escolhido, pois nele obteve – se o código para detectar a face e suas estruturas olho, nariz e boca, bem como realizar o recorte de cada estrutura, realizar o tratamento das imagens gerando arquivos em preto e branco e em seguida armazenar os recortes das estruturas em pastas separadamente. Após essa fase, as imagens do recorte da boca foram trabalhadas no Paint onde uma grade sobrepôs cada imagem delimitando a estrutura dente canino superior para identificar os parâmetros normal, longo, curto e inclinado no seu longo eixo. O microsoft office excel 2007 foi o software escolhido para realizar o gráfico com os resultados dos parâmetros obtidos.

1.6 Organização da dissertação de mestrado

Além desse capítulo introdutório, essa dissertação de mestrado apresenta os seguintes capítulos:

Capítulo 02: Revisão de literatura

Capítulo 03: Materiais e métodos

Capítulo 04: Resultados

Capítulo 05: Apresenta as conclusões do trabalho.

Revisão da literatura

2.1 Identidade e identificação: conceitos e métodos

A etimologia da palavra identidade deriva do latim *Idem*, que significa “o mesmo”. Assim, o conceito de identidade pode ser definido como a qualidade do que é idêntico, ou seja, a qualidade que determina cada um entre dois ou mais iguais entre si. Para (FERREIRA, 2001), identidade vem a ser a qualidade do que é idêntico; a condição de um indivíduo ser aquele que diz ser ou aquele que outro indivíduo presume que ele seja. Trata-se, portanto, de um conjunto de características próprias e exclusivas de um indivíduo através das quais este é definitivamente conhecido ou reconhecível.

Nesse contexto, (GARCIA, 2009) pontua que podem ser vislumbrados dois aspectos do conceito de identidade: o primeiro aponta que a identidade é derivada de um conjunto de características próprias e exclusivas de algo ou alguém; o segundo determina que esse conjunto de características permite que o seu reconhecimento seja seguro e definitivo. Ainda de acordo com o autor:

“Os seres vivos, como é fácil concluir, identificam-se primeiramente pelas características biológicas. Os seres humanos identificam-se por seus nomes, por sua idade, sexo, aspectos físicos e orgânicos que lhe são próprios e exclusivos”. (GARCIA, 2009, p. 4).

Ainda na seara das definições, (GARCIA, 2009 apud ALCÂNTARA, 1982, p. 24) afirma que a identidade é “o conjunto de caracteres físicos, funcionais e psíquicos, natos ou adquiridos, porém permanentes, que fazem com que uma pessoa seja ela mesma e não outra”. Na mesma perspectiva, o autor salienta que a identidade é “o conjunto de propriedades, sinais, marcas que caracterizam alguma coisa ou alguém, seja em vida, quer depois da morte”.

É importante ressaltar que o conceito de identidade é um conceito polissêmico, sendo contemplado em diversos campos do conhecimento científico a partir de diferentes aspectos e, dessa forma, abarcando um direcionamento a partir de conceitos filosóficos, psicológicos, sociais, jurídicos, biológicos e no âmbito da medicina legal.

No campo biológico, a identidade se baseia em dois princípios. O princípio da individualidade determina que todos os seres de uma mesma espécie não são absolutamente idênticos entre si, devido à variabilidade da herança genética recebida e das influências do meio no organismo. Por sua vez, o princípio da permanência baseia-se no fato de que algumas características se apresentam de forma mais ou menos permanente no organismo, ainda que a passagem do tempo ocasione algumas mudanças no indivíduo (GARCIA, 2009).

No que concerne à identificação, (GARCIA, 2009) afirma que a mesma se caracteriza pelo uso de técnicas e meios apropriados para se chegar à identidade de um indivíduo, podendo ser realizada por técnicos treinados nas esferas judiciária ou policial, bem como por profissionais com conhecimentos específicos diferenciados nas áreas médico-legal ou odonto-legal que realizam uma sucessão de técnicas e métodos adequados com vistas a determinar a identidade humana.

Nesse sentido, a identificação se baseia em um conjunto de procedimentos com o intuito de individualizar uma pessoa ou objeto e, assim, se a identidade pode ser entendida como um conceito, a identificação, por sua vez, é um processo através do qual se determina a identidade de algo ou de alguma coisa (GARCIA, 2009).

(MARANHÃO, 2005) afirma que identificação é “exatamente o processo, método ou técnica usado para evidenciar as propriedades exclusivamente individuais”. O autor corrobora esta perspectiva ao afirmar que se apresenta implícito um processo ou uma sucessão de atos característicos da identificação e que, portanto, esta pode ser considerada uma forma de diagnóstico.

(GARCIA, 2009) complementa afirmando que a identificação se dá na medida em que essa se configura como a demonstração de que um corpo que se apresenta a exame é o mesmo que já havia se apresentado em ocasião anterior e, dessa forma, identificar é reconhecer cientificamente.

Para (GARCIA, 2009) existem três fases no processo identificador:

- registro ou fichamento armazenados de forma precisa e que determine a ocorrência de caracteres únicos e permanentes que possam ser utilizados para assegurar, futuramente, a distinção de um indivíduo dos demais;

- inspeção, na qual os mesmos caracteres são examinados em um indivíduo em momento posterior, registrando-os novamente;
- julgamento, no qual mediante a comparação entre dois registros, é determinada a identidade ou não entre os dois indivíduos (ou modelos) avaliados nas fases anteriores.

Nessa perspectiva, identificar também significa validar a pretensão de um indivíduo à uma identidade, verificando e confirmando ou negando essa pretensão.

A identificação pode ser classificada como policial/judiciária, sem exigência de conhecimentos médicos, com vistas a caracterização de delinquentes, por exemplo, através do uso de técnicas como a datiloscopia e a fotografia sinalética. Pode ainda ser classificada como médico-legal, devendo esta ser realizada por médicos em razão da exigência de conhecimentos especializados com vistas a garantir execução adequada, podendo ser citados como exemplos a determinação científica da raça, da idade, do sexo, entre outras variáveis. Importante fazer a ressalva de que todo esse processo é apoiado em rigor técnico-científico, o que difere da identificação empírica, que é baseada na subjetividade, na memória e na impressão do conhecimento leigo.

Embora apoiadas nos conhecimentos biológicos e médicos, após a etapa de validação técnico-científica de desenvolvimento da metodologia, as técnicas de identificação relativas à medicina legal podem ser realizadas por técnicos que não possuam conhecimentos médicos avançados (GARCIA, 2009).

Porém, um dos aspectos relevantes do conceito de identidade no âmbito desta pesquisa se relaciona a partir do reconhecimento das diferenças na identificação de um indivíduo com os demais, pois, de acordo com (GARCIA, 2009) se não existir características distintas entre dois seres, eles são indistinguíveis.

As técnicas de identificação biométricas são um exemplo da utilização de conhecimentos da área médica em um processo identificador realizado por leigos. Uma das maiores vantagens dessas técnicas é justamente a possibilidade de realizar a identificação sem a intervenção de especialistas,

sejam médicos ou não médicos no processo de fichamento ou de reconhecimento posterior.

Em razão de diversas críticas que existem quanto à realização de procedimentos de identificação por não médicos, (GARCIA, 2009) aponta que na vida civil, cada vez é mais comum e necessária a validação de identidades junto a instituições de natureza as mais diversas, não interessando somente ao Estado a identificação de um indivíduo, embora chame a atenção para o fato de que:

“É mais relevante observar que há perícias de identificação que requerem atos médicos, assim entendidos como atribuições exclusivas desses profissionais, como necropsias, exames físicos especializados, etc. Outras prescindem não tanto de conhecimentos médicos, mas sim da competência profissional médica legalmente estabelecida, ressaltando-se em seu âmbito de atuação a identificação realizada por odontólogos por meio da análise de dentes” (GARCIA, 2009, p. 24).

Definidos os conceitos iniciais e a diferenciação de identidade enquanto conceito e de identificação como método, faremos uma breve abordagem à respeito da anatomia humana para em seguida descrever os principais métodos de identificação apresentados na literatura científica.

2.2 Anatomia humana

A anatomia humana é um ramo da Biologia que estuda os sistemas do corpo humano e o funcionamento dos mesmos (FILHO; PEREIRA, 2015).

No nosso corpo, existem órgãos e complexos sistemas que interagem uns com os outros, de forma a garantir que as funções vitais do organismo estejam em funcionamento (FILHO; PEREIRA, 2015).

Anatomia vem do grego *anatome*, que significa “cortar em partes”, “cortar separado”. Em português, a palavra significa dissecação. Juntamente com ela, estuda-se também a fisiologia, ou seja, o funcionamento dos sistemas. A fisiologia é uma ciência que pesquisa as funções dos seres vivos (FILHO; PEREIRA, 2015).

O objeto de estudo da Anatomia Humana é o corpo humano, assim fazem-se necessárias algumas considerações a respeito do mesmo. Cada ser humano é único, pois apresentam evidentes diferenças morfológicas,

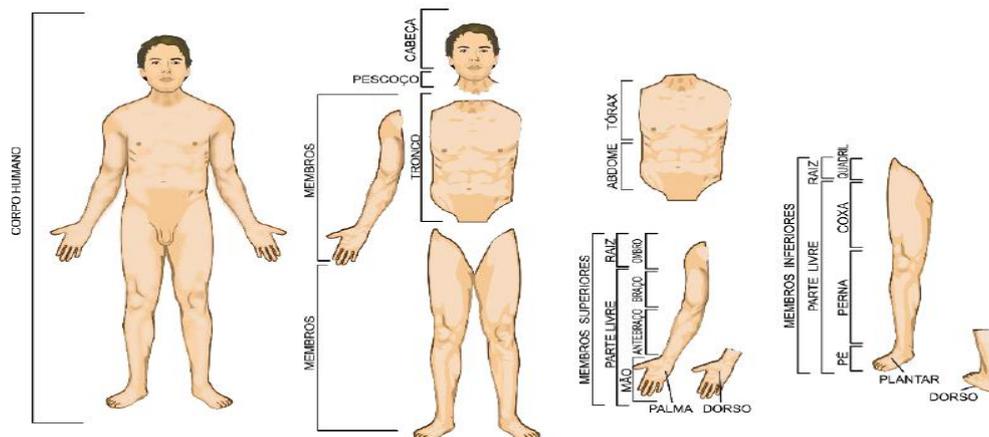
denominadas variações anatômicas. Essas variações lhe individualizam e o difere dos demais. Essas variações aparecem em qualquer um dos sistemas do organismo, sem prejuízo funcional.

Contudo, quando as variações morfológicas têm perturbação funcional, são denominadas de anomalia (FILHO; PEREIRA, 2015).

Além das variações anatômicas morfológicas temos as variações anatômicas individuais que decorrem de fatores como: idade, sexo, raça, tipo constitucional e evolução.

O corpo humano se divide em: cabeça, pescoço, tronco e membros. A cabeça está na extremidade superior do corpo, unida ao tronco pelo pescoço. O tronco se subdivide em tórax e abdome. Os membros são órgãos pares e se subdividem em superiores (torácicos) e inferiores (pélvicos). Os membros possuem uma raiz (cintura), que se une ao tronco, e uma parte livre. Nos membros superiores a raiz (cintura escapular) é o ombro e a parte livre se subdivide em braço, antebraço e mão. Entre o braço e o antebraço tem-se o cotovelo e entre o antebraço e a mão, o punho. Nos membros inferiores a raiz (cintura pélvica) é o quadril e a parte livre se subdivide em coxa, perna e pé. Entre a coxa e a perna tem-se o joelho, e entre a perna e o pé, o tornozelo (FILHO; PEREIRA, 2015). Como visto na Figura 01.

FIGURA 01 – Divisão do corpo humano.

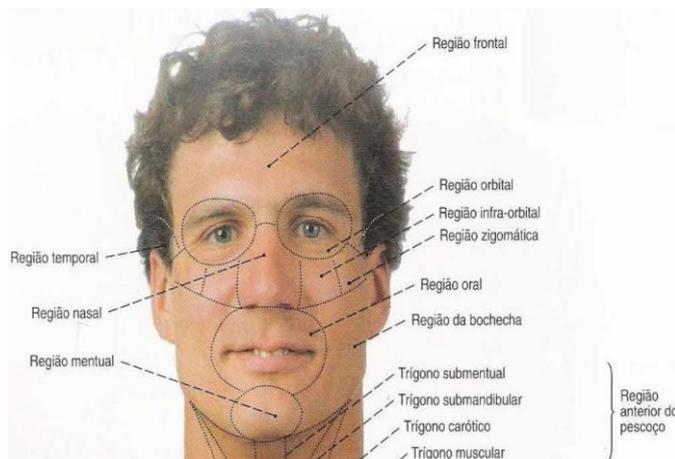


Fonte: FILHO; PEREIRA, 2015.

2.2.1. Anatomia da cabeça

A cabeça é, didaticamente, subdivida em regiões conforme a Figura 02.

FIGURA 02 – Regiões da cabeça e pescoço.

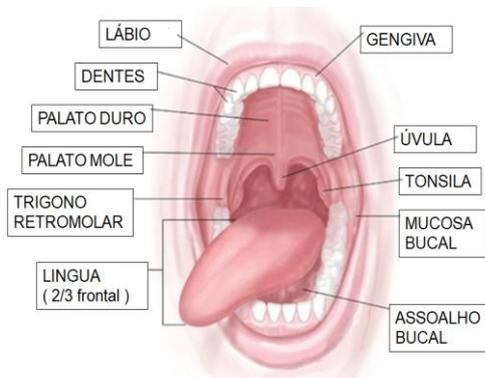


Fonte: SOBOTTA, 2006.

2.2.2 Anatomia oral

A região oral, numa visão geral, é constituída das seguintes estruturas lábio, dentes, palato duro, palato mole, trigono retromolar, língua, gengiva, úvula, tonsila, assoalho bucal e mucosa bucal sendo representadas na Figura 03.

FIGURA 03 – Estruturas presentes na região oral.

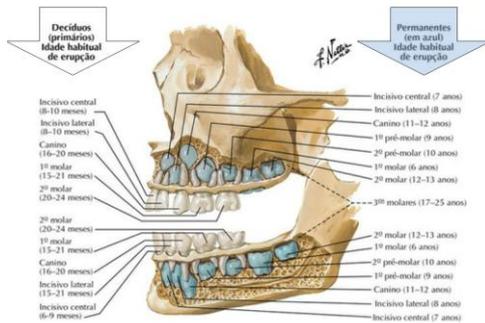


Fonte: Autora.

Todo ser humano, ao longo da vida, apresenta duas dentições: a decídua e a permanente. Existe a fase de transição entre as duas dentições que é denominada dentição mista. A dentição decídua é composta por 20 dentes (10 na arcada superior - maxila e 10 na arcada inferior - mandíbula). Já a dentição permanente é composta por 32 dentes (16 na arcada superior - maxila e 16 na arcada inferior - mandíbula). Na Figura 04 é possível visualizar

a diferença entre as duas dentições, a cor branca representa a dentição decídua e a cor azul representa a dentição permanente.

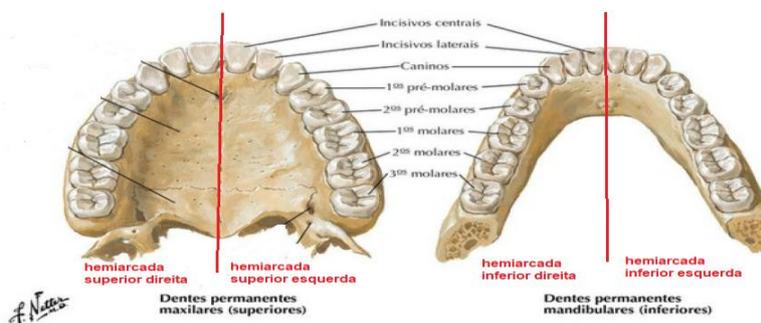
FIGURA 04 – Tipos de dentições e suas diferenças.



Fonte: NETTER, 2011.

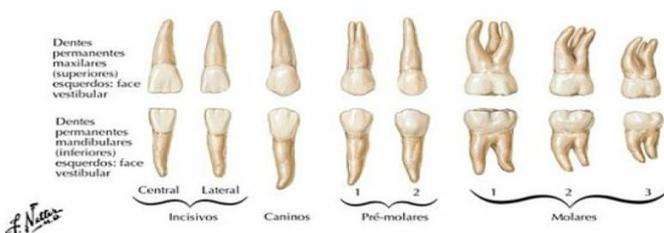
Cada arcada dentária é subdividida em 02 regiões: anterior e posterior e em 02 lados direito e esquerdo, esses lados são denominados hemiarcada, ou seja, hemiarcada direita e hemiarcada esquerda. Cada região da arcada dentária possui seu grupo de dentes específicos. A região anterior, da dentição permanente, é composta por 06 dentes, sendo 03 dentes para cada hemiarcada obedecendo a seguinte ordem: incisivo central (ICS), incisivo lateral (ILS) e canino (CS). A região posterior, da dentição permanente, é composta por 10 dentes e cada hemiarcada contém 05 dentes obedecendo a seguinte ordem: 1º pré-molar (1PM), 2º pré-molar (2PM), 1º molar (1M), 2º molar (2M) e 3º molar (3M) visualizados nas Figuras 05 e 06.

FIGURA 05 – Arcadas dentárias superior e inferior e seus dentes.



Fonte: NETTER, 2011.

FIGURA 06 – Sequencia dentária de cada hemiarcada.



Fonte: NETTER, 2011.

No tocante a escolha da estrutura facial dentes caninos superiores, baseia – se na premissa de que a morfologia dentária é única para cada pessoa, quase como uma impressão digital não é repetida na natureza.

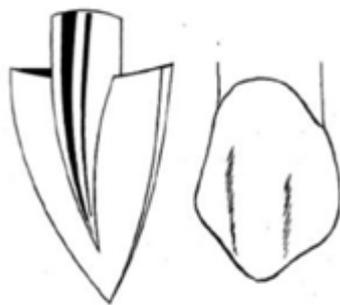
O dente canino superior, assim como os dentes incisivos superiores – central e lateral, compõe a região anterior da arcada dentária – dentes superiores anteriores.

Uma das áreas mais importantes da boca é aquela formada pelo grupo de dentes superiores anteriores. Em um estado fisiológico normal, essa área é indicativa da dimensão vertical da boca do paciente, constituindo o guia dos movimentos de excursão mandibular (CALLOCONDO; MASSIEL, 2017).

O tamanho e a forma dos dentes anteriores superiores são importantes não apenas para a estética dentária, mas também para a estética facial (CALLOCONDO; MASSIEL, 2017).

O dente canino tem a função de dilaceração dos alimentos, ou o ato de rasgar e reduzir as substâncias alimentares a partículas menos compactas. Sua localização na arcada dentária segue aos incisivos na sequência normal dos dentes. Os caninos possuem forma aguçada e são de volume maior que os incisivos como podemos ver na Figura 07.

FIGURA 07 – Representação esquemática da função do canino.



Fonte: PICOSSE, 1987.

Por sua forte ancoragem no osso e sua posição nas arcadas, os caninos contribuem para dar estabilidade a todo o arco (CALLOCONDO; MASSIEL, 2017). Essa característica favorece esse dente a ser menos acometido por doenças dentárias, como cárie e doença periodontal, e a perda por trauma.

Distância Mesio Distal: é a distância entre o ponto de contacto mesial (ponto de contato mais próximo da linha média) e o distal (ponto de contato mais distante da linha média).

A arcada dentária superior anterior é composta por 06 dentes - sendo 03 para cada lado: direito e esquerdo - na seguinte ordem: incisivo central superior (ICS), incisivo lateral superior (ILS) e canino superior (CS) visualizados na Figura 08.

FIGURA 08 – Imagem da arcada dentária superior anterior.



Fonte: Autora.

(CALLOCONDO; MASSIEL, 2017) apresentam diferentes valores de diâmetros mesiodistais encontrados por diferentes autores como nas Tabelas 01, 02 e 03.

TABELA 01 – Diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores de acordo com major mash "anatomía y fisiología y oclusión dental de wheeler".

DENTES ANTEROSUPERIORES	MEDIDAS EM MILIMETROS
Incisivo Central Superior	8.5 mm
Incisivo Lateral Superior	6.5 mm
Canino Superior	7.5 mm

Fonte: Art.12 apud Felipe Campos "Estudio comparativo de la longitud mesiodistal y cervicoincisal de los dientes artificiales anterosuperiores de la fábrica New Stetic, con los dientes naturales en estudiantes de las instituciones educativas secundarias de la ciudad de Puno, 2011".

TABELA 02 – Diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores segundo figún "anatomía dental".

DENTES ANTEROSUPERIORES	MEDIDAS EM MILIMETROS
Incisivo Central Superior	9.0 mm
Incisivo Lateral Superior	6.4 mm
Canino Superior	8.0 mm

Fonte: Art.12 apud Felipe Campos "Estudio comparativo de la longitud mesiodistal y cervicoincisal de los dientes artificiales anterosuperiores de la fábrica New Stetic, con los dientes naturales en estudiantes de las instituciones educativas secundarias de la ciudad de Puno, 2011".

TABELA 03 – Diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores segundo kraus “anatomía dental y oclusión”.

DENTES ANTEROSUPERIORES	MEDIDAS EM MILIMETROS
Incisivo Central Superior	8.5 mm
Incisivo Lateral Superior	6.5 mm
Canino Superior	7.5 mm

Fonte: Art.12 apud Felipe Campos “Estudio comparativo de la longitud mesiodistal y cervicoincisal de los dientes artificiales anterosuperiores de la fábrica New Stetic, con los dientes naturales en estudiantes de las instituciones educativas secundarias de la ciudad de Puno, 2011”.

A Tabela 04 apresenta a média desses valores.

TABELA 04 – Média dos valores do diâmetro mesiodistal dos dentes anterosuperiores.

DENTES ANTEROSUPERIORES	MEDIDAS EM MILIMETROS
Incisivo Central Superior	8.66 mm
Incisivo Lateral Superior	6.46 mm
Canino Superior	7.66 mm

Fonte: Autora.

Com base nos dados apresentados na Tabela 04, conclui – se que a posição do canino, em cada hemi arcada, encontra – se no intervalo [15,12mm – 22,78mm].

2.3 Principais métodos de identificação

A identificação humana sempre foi um desafio da civilização e a possibilidade de particularizar a identidade de um indivíduo é uma necessidade e grande conquista na organização da sociedade. A identificação humana teve várias fases e estágios de desenvolvimento, contudo, verificamos, através da história, que a preocupação primeira do poder público com este tipo de identificação, foi a criminal.

Historicamente, vários processos de identificação foram utilizados na tentativa de individualizar as pessoas, dentre eles temos:

- Nome;
- Ferrete;

FIGURA 09 – Ferrete usado para marcar as pessoas como forma de identificação.



Fonte: ARAÚJO; PASQUALI, 2012.

- Mutilação;
- Tatuagem;

FIGURA 10 – Exemplo de tatuagem como forma de identificação.



Fonte: ARAÚJO; PASQUALI, 2012.

- Fotografia;

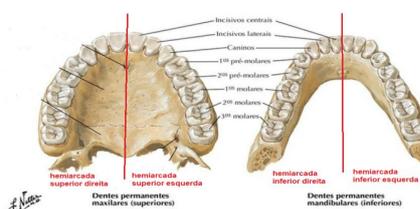
FIGURA 11 – Primeira fotografia tirada do mundo, em 1826, pelo francês Joseph Nicéphore Niepce.



Fonte: ARAÚJO; PASQUALI, 2012.

- Partes do corpo;
- Arcada dentária;

FIGURA 12 – Arcada dentária.



Fonte: NETTER, 2011.

- Cromotografia do odor;
- Antropometria;

FIGURA 13 – Imagem de uma sala onde se realizava as medidas antropométrica.



Fonte: ARAÚJO; PASQUALI, 2012.

- Papiloscopia.
 - Dermatoglifia;
 - Quiroscopia;
 - Podoscopia;
 - Datiloscopia.

FIGURA 14 – Exemplos de exames papiloscópicos.



Fonte: ARAÚJO; PASQUALI, 2012.

A identificação biométrica se dá por muitos meios. Entre os mais conhecidos e aplicados na atualidade ressaltamos a identificação dactiloscópica, conhecida como impressão digital, que é a mais acessível e mais utilizada no mundo. Alguns processos como a identificação iridológica e o DNA, também estão ganhando espaço, mas ainda esbarram no alto custo de sua tecnologia e complexidade em sua aplicação.

Os exames envolvendo identificação de pessoas iniciaram-se na Europa entre o fim do século XIX e início do século XX. O primeiro método científico de identificação biométrica (tendo como critério a aferição de características biológicas) foi desenvolvido em Paris, por volta do ano de 1875 por Alphonse Bertillon, que elaborou um sistema de classificação baseado na mensuração de partes do corpo humano, razão pela qual foi chamado de sistema

antropométrico ou, em homenagem ao seu criador, “bertillionagem”. O método consistia, basicamente, no registro documental (antropométrico) e fotográfico (morfológico) de características corpóreas e faciais de indivíduos presos por crimes. Dessa forma, ainda que o criminoso cortasse os cabelos, barba ou ainda que certo tempo se passasse, seria possível identificá-lo (ARAUJO, 2010; SANTOS FILHO; PEREIRA, 2017).

O processo de identificação pelas impressões digitais, datado do século XVIII, foi iniciado por um britânico chamado William Herschel e por um físico e cientista escocês Henry Faulds. No século XIX, foi sistematizado pelo Argentino Juan Vucetich um método de identificação digital que perdura até agora (SANTOS FILHO; PEREIRA, 2017).

Para considerar um processo de identificação como aplicável, esse deve obedecer cinco requisitos técnicos elementares, sendo eles: a unicidade ou individualidade; a imutabilidade; a perenidade; a praticabilidade e a classificabilidade (o caractere deve oferecer a possibilidade de ser registrado e que esse dado seja armazenado, de alguma forma, a fim de ser consultado posteriormente) (PICOLI, 2014).

2.4 Reconhecimento biométrico

O reconhecimento biométrico, também chamado biometria, se caracteriza como uma técnica para reconhecimento de pessoas com base em uma ou mais características físicas ou comportamentais.

Biometria, do grego *bios* “vida” e *metron* “medida”, é a parte da Ciência que estuda as características físicas dos seres vivos, de forma estatística, analisando os padrões e os definindo em atributos quantitativos.

Cada ser humano possui características que os tornam únicos no mundo, a distância entre os olhos, os padrões das impressões digitais, as formas e cores na íris, os sulcos no cérebro, a formação dos dentes e a organização do sistema circulatório são algumas dessas características. Quando estas características são analisadas em conjunto permitem o reconhecimento e a distinção de cada pessoa. Para possibilitar esse reconhecimento surgiu a Biometria. As Figuras 15 e 16 demonstram o

funcionamento de um sistema biométrico e o que os sistemas biométricos podem ler.

FIGURA 15 – Funcionamento do sistema biométrico.



Fonte: Autora.

FIGURA 16 – O que a biometria analisa.



Fonte: <https://www.rvasecurity.com.br/biometria-na-seguranca-controle-de-acesso-com-alta-tecnologia/biometria-digital-leitor-biometrico-controle-de-acesso-seguranca-empresa-de-seguranca-rva-security-campinas/>.

O termo reconhecimento biométrico, largamente utilizado em sistemas de informação, trata do reconhecimento automático de uma pessoa, sendo adotado, ainda, para designar métodos de reconhecimento biométrico (FARINA, 2012).

Uma informação biométrica de qualidade deve ser mensurável, distinta e invariante ao longo do tempo. É importante que os sensores de captura sejam facilmente aceitos e não intrusivos, além de garantir fácil utilização, rapidez, precisão e baixo custo (DE FREITAS et al., 2012).

Os sistemas biométricos costumam ser vantajosos em razão do alto nível de segurança apresentado, ainda mais pelo fato de não serem baseados

em características que os usuários não podem perder, nem esquecer, como cartões, senhas e tokens (JÚNIOR, 2016).

Por outro lado, (FARINA, 2012 apud JAIN, 2009) destaca que algumas desvantagens, como a impossibilidade de substituição de uma identidade biométrica, ao contrário das senhas, acaba por ser um ponto negativo caso esta característica venha a ser copiada e fraudada; assim como a possibilidade de roubo de dados biométricos em sistemas e o fato de que as informações biométricas podem revelar mais do que a identidade de um indivíduo, revelando também doenças, hábitos e outras particularidades em alguns casos.

Embora considerados seguros, os sistemas de identificação biométrica denominados monobiométricos utilizam, apenas, uma característica do indivíduo e, portanto, em alguns casos, acabam por permitir a falsificação de características biométricas suscetíveis a fraudes. Essa limitação propiciou o desenvolvimento de sistemas multimodais ou multibiométricos, com vistas a complementar ou substituir esses sistemas (FARINA, 2012).

Sistemas que integram diferentes características têm sido projetados, combinando face/impressão digital, face/voz e face/íris, entre outros (ANGELONI, 2013).

Dito isto, é importante ressaltar que a função primária de um sistema biométrico é reconhecer padrões, operando no sentido de atuar tanto na autenticação/verificação como na identificação/reconhecimento de pessoas (FARINA, 2012).

As limitações dos sistemas biométricos se dão, em grande parte devido às más condições de captura das amostras, o que acaba por comprometer a qualidade do desempenho do sistema como um todo. Variabilidades intraclasses e similaridades interclasses muito altas também são um elemento problematizador.

Conforme explica (FARINA, 2012, p. 20):

“A variabilidade intraclasse ocorre quando amostras biométricas de uma mesma pessoa são capturadas em diferentes condições ambientais ou emocionais, ou mesmo utilizando-se diferentes sensores. Estas variações podem levar a diferentes dados biométricos associados a uma mesma pessoa”.

“A similaridade interclasses, por outro lado, ocorre quando amostras biométricas de diferentes pessoas possuem uma variação muito pequena, como no caso das características faciais de gêmeos univitelinos”.

O autor também destaca outro fator que pode limitar o desempenho dos sistemas biométricos: o fato de que o resultado pode assumir apenas dois estados, sendo um verdadeiro e um falso, o que aliado ao uso de um sistema de pontuação na tomada de decisão acaba por levar a dois tipos de erros possíveis: 1) a falsa aceitação (FA), que reconhece uma amostra falsa como verdadeira; 2) a falsa rejeição (FR) que reconhece uma amostra verdadeira como falsa. Essa situação, cuja contribuição na limitação da eficácia dos sistemas é tão grande, faz com que suas taxas de ocorrência sejam usadas na avaliação de desempenho de sistemas biométricos (FARINA, 2012).

2.5 Reconhecimento Facial

Os sistemas de reconhecimento facial é uma área da biometria de grande interesse da ciência da computação. Os primeiros trabalhos começaram a ser desenvolvidos pela engenharia na década de 60, nas décadas de 70 e 80 ganharam força, com a inserção de sistemas automatizados (ZHAO et al., 2003), (DELAC; GRGIC, 2004). A partir de então, diversos campos da ciência se dedicaram a pesquisar o assunto e desenvolver tecnologias, tornando o procedimento cada vez mais robusto e eficaz (BRAGA, 2013).

Pesquisas de reconhecimento facial tem desafiado engenheiros e cientistas, sendo, portanto, uma questão de natureza interdisciplinar. Porém, apesar disso, ainda hoje, em determinados tipos de sistemas existem barreiras que dificultam o reconhecimento facial automatizado em determinadas condições, a exemplo de iluminação insuficiente, quando a captação da face não é frontal ou se as expressões faciais não são neutras (BRAGA, 2013).

O autor ainda aponta que nenhum sistema de reconhecimento facial tem a mesma eficiência que o ser humano para o reconhecimento de faces em qualquer ambiente, mas que em condições controladas “alguns sistemas superam o desempenho humano, sendo capaz até mesmo de diferenciar gêmeos monozigóticos.

De acordo com a literatura, as etapas de reconhecimento facial podem ser divididas conforme segue: 1) detecção; 2) extração de características; 3) reconhecimento e verificação da face.

1. Detecção facial

A detecção facial consiste em identificar e isolar a área referente à face em uma imagem digital e pode ser realizada com base em vários atributos: formato do rosto ou cabeça, aparência da face, ou a combinação destes (SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016).

2. Extração de características

Na extração de característica o objetivo é localizar regiões da imagem que contenham características significativas podendo essas características ser distinguidas por suas texturas, formas, intensidade entre outros. Ao contrário da detecção facial que busca padronizar a forma da face para assim detectá-la (SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016).

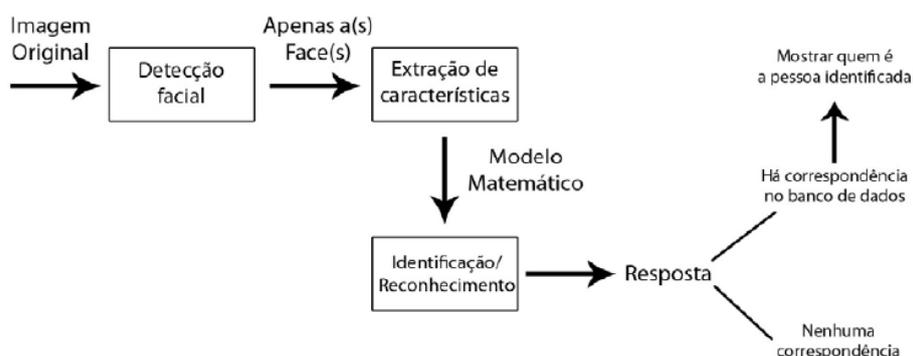
3. Reconhecimento de face

Essa etapa consiste em encontrar em meio a um conjunto pré-definido de faces àquela que mais se aproxima da face que está sendo analisada através da análise e comparação das características extraídas na etapa de extração (SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016).

Para (BRAGA, 2013) um sistema de reconhecimento facial totalmente automatizado é capaz de receber como entrada uma imagem ou vídeo, identificar as faces presentes, caracterizá-las matematicamente, compará-las com outras previamente cadastradas em um banco de dados e caso haja alguma correspondência, informar, como saída, qual face do banco de dados condiz à imagem de entrada.

Um sistema típico de reconhecimento facial pode ser visualizado na Figura 17.

FIGURA 17 - Diagrama de um sistema de reconhecimento facial.



Fonte: BRAGA, 2013.

2.6 Detecção Facial

A primeira etapa do processo de reconhecimento de face é a detecção de face que se resume em localizar uma face em uma imagem, eliminando da imagem informações desnecessárias.

Uma das tarefas que deve ser realizada na maioria dos Sistemas de Reconhecimento de Faces (SRF) é detectar a presença da face em uma determinada imagem. Detectar a face antes de detectar cada característica em particular poupa muito trabalho, uma vez que a maioria dos algoritmos se baseia na procura por tais elementos em toda a imagem. A vantagem de se detectar a face, em um primeiro momento, é que após esta fase a procura pelas características fica limitada apenas em uma determinada região da imagem (LOPES; BINS FILHO, 2005).

A detecção facial consiste em identificar e isolar a área referente à face em uma imagem digital e pode ser realizada com base em vários atributos: formato do rosto ou cabeça, aparência da face, ou a combinação destes (SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016).

As técnicas mais citadas para realizar a detecção de faces são: casamento de padrões que consiste na detecção por meio de comparações com formas geométricas, modelos estatísticos, modelos baseado em redes neurais, modelos baseados em tons de pele e o Viola; Jones (SANTANA, GOMES; SANTOS, 2014).

A maior parte dos algoritmos de detecção facial são os baseados em detectar o formato do rosto e extrair as informações do mesmo como: olhos, nariz, boca, entre outras (LI, 2005). Em especial, o método apresentado por Viola – Jones sendo considerado, na literatura, o estado da arte em detecção de faces, pois é capaz de detectar faces com precisão, alta taxa de acerto, baixa taxa de falsos positivos e baixo custo computacional (SANTANA; GOMES, 2014; SCHMIDT; NOGUEIRA, 2016).

Na literatura, é possível encontrar diversas abordagens empregadas na detecção de pontos fiduciais na face. Existem duas vertentes principais. A primeira delas utiliza uma cascata de classificadores Adaboost (VUKADINOVIC; PANTIC, 2005; EVERINGHAM; ZISSERMAN, 2006; SIVIC et al., 2009), enquanto a segunda utiliza variações de uma técnica conhecida

como AAM (Active Appearance Model), que utiliza um modelo combinado de textura e forma, buscando um melhor casamento entre ambos (COOTES et al., 1998; CRISTINACCE; COOTES, 2008; ARAUJO , 2010).

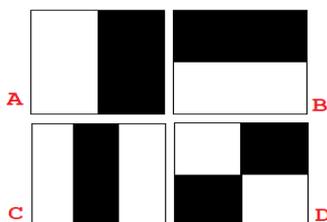
2.7 Algoritmo viola – jones

Paul Viola e Michael Jones, em 2001, propuseram uma abordagem para detecção de objetos em imagens que se baseia em três conceitos: integral de imagem, treinamento de classificadores usando boosting e o uso de classificadores em cascata que serão descritos nos itens 2.7.1, 2.7.2 e 2.7.3, respectivamente. Embora o algoritmo possa ser treinado para reconhecer qualquer objeto, a motivação principal da abordagem de Viola e Jones foi o reconhecimento facial. O ponto forte deste algoritmo é a rapidez com que é executado (VIOLA, 2001).

As unidades básicas do método Viola-Jones são os denominados features retangulares. Eles possuem formatos específicos, estando os quatro padrões possíveis ilustrados na Figura 18. Contudo, à princípio, podem ter dimensões e posições arbitrárias dentro de uma janela (VIOLA, 2001; SANTOS, 2011).

O método de Viola – Jones, para diversos autores, é capaz de detectar faces com precisão, alta taxa de acerto, baixa taxa de falsos positivos e baixo custo computacional. Por isso, foi escolhido para ser implementado nesta pesquisa. A técnica é baseada nas características de *Haar*, proposta pelo trabalho de (VIOLA; JONES, 2001), (DE SANTANA; ROCHA, 2015) demonstrada na Figura 18.

FIGURA 18 – Exemplo de retângulos de características.



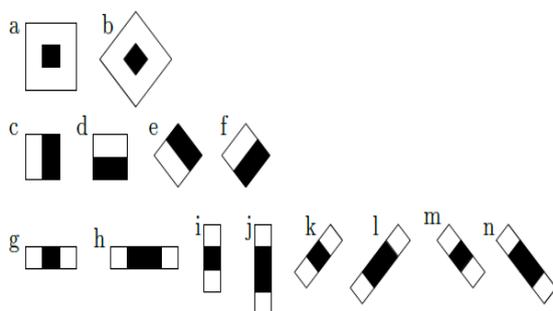
Fonte: VIOLA; JONES, 2001.

O item (A) da Figura 18 é constituído por uma divisão horizontal, o item (B) uma divisão vertical, a (C) possui duas divisões horizontais e a (D) formada por divisões horizontais e verticais (DE SANTANA; ROCHA, 2015).

A característica é dada pela soma dos pixels que se situam dentro dos retângulos brancos e são subtraídos da soma dos pixels em retângulos em cor cinza segundo (VIOLA E JONES, 2001). Então, esse resultado irá representar o valor encontrado pela característica para determinada região (ARAUJO, 2010; SANTOS, 2011; DE SANTANA; ROCHA, 2015).

Novos estudos foram realizados a fim de aumentar o desempenho da proposta original, e então um conjunto estendido de características foi utilizado acrescentando outros modelos. Este novo conjunto inclui um novo tipo de característica e versões rotacionadas das características utilizadas na abordagem original. Além disto, a característica de quatro retângulos não é utilizada. O conjunto estendido está ilustrado na Figura 19. Detalhes de como calcular as características rotacionadas são apresentados em (LIENHART; MAYDT, 2002; ARAUJO, 2010; DE SANTANA; ROCHA, 2015).

FIGURA 19 – Conjunto estendido de características.



Fonte: ARAUJO, 2010.

O algoritmo é dividido em três partes:

1. A criação da imagem integral, a representação da imagem em um espaço de características baseados nos filtros de *Haar*.
2. Montagem de um classificador de aprendizado *Boosting* chamado de *AdaBoost*, capaz de selecionar as características relevantes.
3. Criação de uma estrutura em árvore, chamada cascata de classificadores.

2.7.1 Imagem integral

A integral de imagem, também conhecida como tabela de soma de áreas, é um algoritmo, proposto por Frank Crow em 1984, que permite avaliar eficientemente a soma dos valores dos pixels (intensidade dos níveis de cinza) de uma área retangular em uma sub-região da imagem. A equação 01 indica como calcular a integral de imagem em uma determinada coordenada 1 (VIOLA, 2001; SANTOS, 2011; BRAGA, 2013; DE SANTANA; ROCHA, 2015).

Equação 01:

$$ii(x, y) = \sum_{\substack{x' \leq x \\ y' \leq y}} i(x', y')$$

onde $ii(x, y)$ é a integral da imagem nas coordenadas do pixel (x, y) e $i(x, y)$ é a imagem original. Pode-se ver que a integral da imagem na coordenada (x, y) é a soma dos valores dos pixels acima de y e à esquerda de x , inclusive x e y (supondo que a origem do sistema de coordenadas está localizada no canto superior esquerdo da imagem). A tabela de soma pode então ser computada para todos os pixels em uma única varredura como mostra a equação 02.

Equação 02:

$$ii(x, y) = i(x, y) + ii(x - 1, y) + ii(x, y - 1) - ii(x - 1, y - 1)$$

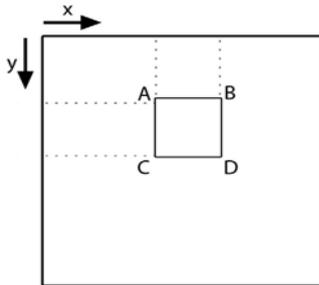
Define-se $(x, -1) = 0$ e $(-1, y) = 0$ para contornar os casos nos quais as coordenadas dos pixels estão fora dos limites da imagem.

Desse modo, encontra-se facilmente a soma de área em qualquer região retangular da imagem. Portanto, dada uma região retangular ABCD de uma imagem Figura 20, a soma das intensidades dos pixels nessa área pode ser calculada como na equação 03.

Equação 03:

$$\sum_{(x,y) \in ABCD} i(x, y) = ii(A) + ii(D) - ii(B) - ii(C)$$

FIGURA 20 – Região ABCD em uma matriz de pixels.

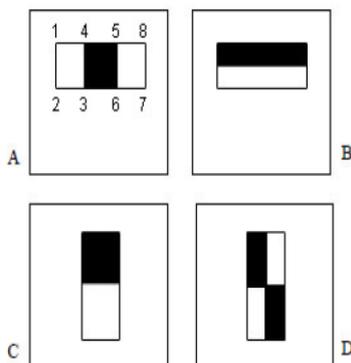


Fonte: BRAGA, 2013.

A partir da integral de imagem é possível identificar padrões utilizando características *Haar-like*, que são máscaras retangulares nas quais os valores dos pixels de uma região são subtraídos dos valores dos pixels de outra região, representando uma diferença de intensidade luminosa entre áreas da imagem (VIOLA, 2001; SANTOS, 2011; BRAGA, 2013; DE SANTANA; ROCHA, 2015).

A Figura 21 mostra quatro possíveis tipos de características-base que podem ser usadas, e que são calculadas subtraindo-se a soma dos valores dos pixels da região branca, da soma dos valores dos pixels da região preta. Para calcular a característica "A" da Figura 21, são necessárias oito consultas à tabela de soma de áreas (integral de imagem), respectivamente para os oito pontos indicados.

FIGURA 21 – Representação visual de quatro tipos de características Haar-like.



Fonte: BRAGA, 2013.

Cada tipo de característica pode ajudar a reconhecer um determinado padrão, principalmente quando combinados em cascata. Por exemplo, a característica "B" da Figura 21 permite identificar uma área na imagem onde há uma diferença de intensidade significativa entre a parte superior e a parte

inferior de uma região. Essa característica pode ser aplicada no processo de detecção de faces, uma vez que frequentemente a região dos olhos é mais escura do que a região das bochechas. Obviamente existem outros padrões com o mesmo perfil e que não são faces, daí a necessidade de combinar várias características para refinar a busca. A resolução base da máscara usada no algoritmo é de 24x24 pixels. Existem mais de 100.000 possíveis características *Haar-like* distintas se considerarmos diferentes posições e tamanhos destas dentro da janela.

O segundo passo no algoritmo de Viola – Jones é o treinamento de classificadores. Dado um conjunto de características deve-se treinar o sistema com imagens positivas (faces) e imagens negativas (tudo menos faces). Para isso deve-se usar um algoritmo de treinamento que aprenda funções de classificação. Uma opção é utilizar um algoritmo de aprendizagem que use o método *Boosting*, que consiste em encontrar um classificador de alta precisão combinando-se muitos classificadores “fracos”, onde cada um desses classificadores fracos possui uma precisão média com uma taxa de acertos de pelo menos 51%. Para o desenvolvimento deste trabalho, o algoritmo de aprendizagem de máquina *AdaBoost* foi escolhido, pois segundo Viola e Jones agiliza o processo de classificação.

2.7.2 AdaBoost

A cascata de classificadores baseados em *Boosting*, geralmente o AdaBoost, é outra classe de métodos que tem sido muito empregada no reconhecimento de pontos fiduciais em faces. Nesta técnica, a cascata de classificadores é utilizada para selecionar um conjunto de características extraídas das imagens. É comum a extração destas características através de wavelets de Gabor ou wavelets de Haar. Técnicas que utilizam esta última, são, em geral, variações do detector Viola-Jones para localização de pontos fiduciais (ARAUJO, 2010).

O AdaBoost (Adaptative Boosting) é um algoritmo que utiliza a combinação de vários classificadores “fracos” (*weak learners* – de hipóteses fracas) para obter um classificador “forte” (de hipótese forte). O Boosting é utilizado tanto para selecionar um conjunto de características como para treinar

o classificador (BRAGA, 2013; DE SANTANA; ROCHA, 2015). A equação 04 expressa essa idéia.

Equação 04:

$$f(x) = \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x)$$

A função $h_t(x)$ representa classificadores fracos, e pode assumir valores 0 ou 1, respectivamente para exemplos negativos e positivos e x representa uma janela, tipicamente de 24x24. Mais especificamente, um classificador fraco pode ser expresso em função da característica (f), de um *threshold* (θ) e de uma polaridade (p) para indicar a direção da desigualdade, como mostra a equação 05.

Equação 05:

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1, & \text{se } pf(x) < p\theta \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

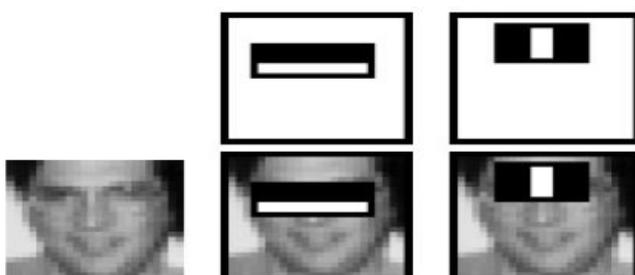
O peso de cada classificador fraco é definido por α_t . O classificador forte é então dado pela equação 06 da função $H(x)$:

Equação 06:

$$H(x) = \begin{cases} 1, & f(x) \geq \frac{1}{2} \sum \alpha_t \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O algoritmo AdaBoost pode ser usado tanto para escolher quais características são mais adequadas, como também para treinar classificadores com estas características escolhidas. A Figura 22 mostra algumas características selecionadas pelo algoritmo para identificar faces.

FIGURA 22 – Características selecionadas pelo algoritmo AdaBoost.



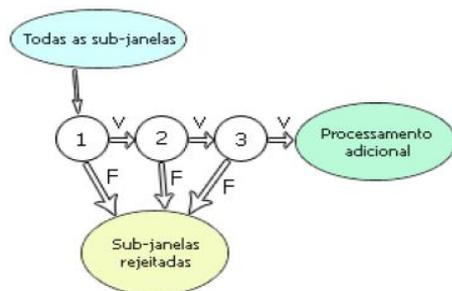
Fonte: BRAGA, 2013.

2.7.3 Classificadores em cascata

O princípio do funcionamento deste procedimento em cascata ajusta os classificadores para conseguirem altas taxas de detecção e, então, determina que a avaliação de um segundo classificador só será invocada caso a avaliação do primeiro seja positivo. Caso contrário, o procedimento é interrompido e a sub-janela rejeitada. Portanto, é necessário um resultado positivo em todos os classificadores para que a detecção do padrão em uma sub-janela tenha êxito (DE SANTANA; ROCHA, 2015).

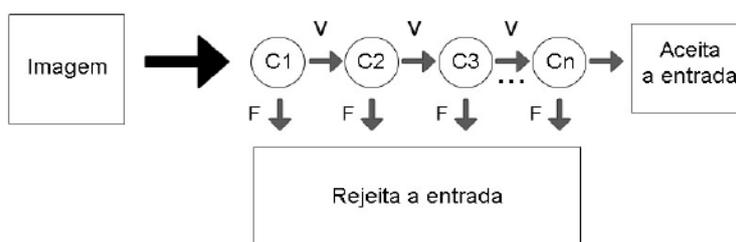
Para (BRAGA, 2013) essa etapa consiste em combinar classificadores fortes em cascata de modo a processar eficientemente regiões da imagem em busca de um padrão. Cada estágio na cascata aplica um classificador mais específico e complexo do que o anterior, de modo que o algoritmo rejeite rapidamente regiões que sejam muito distintas da característica procurada e termine o processo de procura neste caso, evitando que os estágios posteriores sejam executados desnecessariamente. Isso faz com que muitos dos cenários e panos de fundo sejam descartados nos primeiros estágios e apenas faces e outros objetos semelhantes a faces sejam analisados mais exhaustivamente. As Figuras 23, 24 e 25 ilustram o processo.

FIGURA 23 – Funcionamento do algoritmo em cascata.



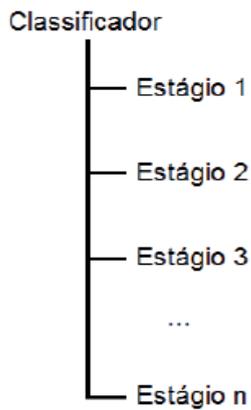
Fonte: DE SANTANA; ROCHA, 2015.

FIGURA 24 – Cascata de classificadores.



Fonte: BRAGA, 2013.

FIGURA 25 – Estrutura de um classificador Viola-Jones em XML.



Fonte: PADILLA et al., 2012.

Cada classificador é formado por vários estágios. O classificador determina o tamanho mínimo da sub-janela que será analisada pelos estágios até que seja reprovada por um deles. Caso a sub-janela seja reprovada, a mesma é deslocada pela imagem, gerando uma nova sub-janela a ser analisada pelo classificador. Ao passar por toda imagem, a sub-janela terá suas dimensões ampliadas e o processo recomeça através de toda a imagem, conforme mostra a Figura 26.

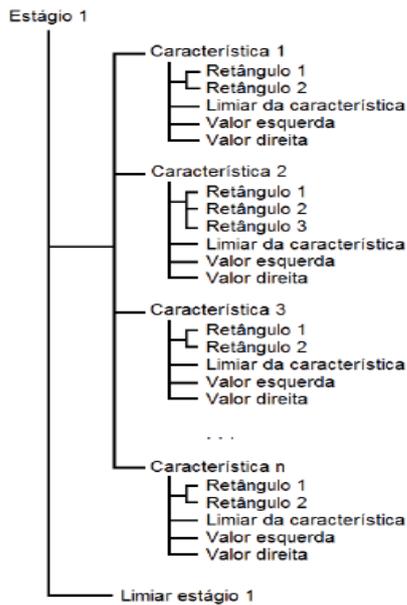
FIGURA 26 – Sub-janela deslocada através de uma imagem.



Fonte: PADILLA et al., 2012.

Cada estágio é formado por características e por um limiar de estágio. Cada característica é formada por retângulos, por um limiar de característica, valor esquerdo e valor direito. A Figura 27 mostra a estrutura de um único estágio (PADILLA et al., 2012).

FIGURA 27 – Estrutura de um estágio utilizado no classificador de objetos.



Fonte: PADILLA et al., 2012.

Cada característica possui um valor a esquerda e um valor a direita. Estes valores são pesos encontrados no processo de treinamento e atribuídos a cada característica, que são somados e comparados com o limiar do estágio (PADILLA et al., 2012).

O valor de cada característica é calculado pela aplicação da mesma na sub-janela. Se o valor da característica for menor do que seu limiar, acumula-se o valor da esquerda, caso contrário, o valor acumulado é o valor da direita. Para uma sub-janela ser aprovada por um estágio, o valor acumulado por todas as características deve ser menor do que o limiar do estágio (PADILLA et al., 2012).

Materiais e métodos

Como, brevemente, descrito no tópico 1.5, essa seção descreve os materiais e métodos que foram utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho. Como o principal objetivo desta dissertação é identificar, em uma imagem digital, as características dos dentes caninos superiores como: normal (N), longo (L), curto (C) e inclinado no seu longo eixo (I) e detectar as estruturas faciais olho, pupila, nariz, boca, isolando – as em cortes individuais. O método Viola – Jones serviu como ponto de partida, por ser considerado para obter o código para detecção facial e suas partes olho, nariz e boca. O formalismo apresentado nesta seção será crucial para a relevância do trabalho.

Características faciais são um conjunto de informações que definem a face. Existem inúmeras características faciais, como por exemplo, largura da boca, espaço entre os olhos ou tamanho do nariz, tamanho, largura e inclinação do dente por exemplo. Este tipo de informação pode ser muito útil em sistemas de segurança, de reconhecimento de expressões, de modelagem 3D, dentre outros.

Para desenvolver esse trabalho alguns critérios de exclusão foram pré determinados a fim de atender os parâmetros a serem trabalhados, tais como:

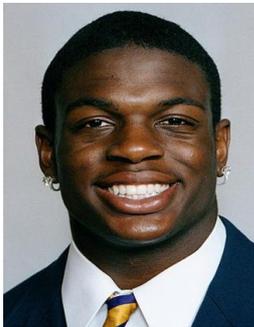
Critério 01 – imagens frontais;

Critério 02 – imagens sorrindo;

Critério 03 – dentes superiores anteriores visíveis.

Exemplo Figura 28.

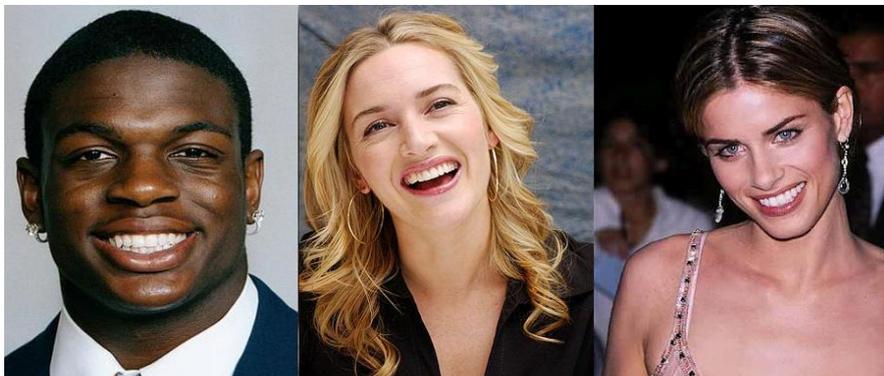
FIGURA 28 – Imagem padrão.



Fonte: Biblioteca Label Face in the Wild (LFW)

A posição frontal foi escolhida, pois possibilita avaliar os parâmetros normal, longo, curto e inclinado dos dentes caninos superiores, sem sofrer alteração devido à inclinação da cabeça como podemos observar na Figura 29.

FIGURA 29 – Diferença nos posicionamento da cabeça.



Fonte: Autora.

Foram selecionadas 49 imagens, em posição frontal e sorrindo dentre as 28.204 da base gratuita Label Face in the Wild (LFW) da Universidade de Massachusetts, todas com dimensão 290 x 450.

Apesar da base de dados conter 28.204 imagens muitas são repetidas, outras não se enquadram nos critérios de exclusão e outras não possibilitavam, após o recorte da estrutura boca no MATLAB, identificar e classificar os dentes caninos superiores.

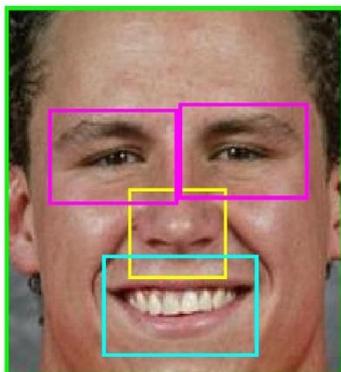
Para realizar a detecção da face e suas partes, em especial a boca, o software utilizado foi o MATLAB (MATrix LABoratory). A principal razão que motivou tal escolha foi pelo fato do software em questão oferecer uma vasta biblioteca de funções matemáticas, algoritmos numéricos e detector de face e suas partes, além de um toolbox próprio para visão computacional e processamento de imagens.

Outro ponto forte é a simplicidade da linguagem, que faz com que seja possível desenvolver programas complexos em um curto espaço de tempo e de forma intuitiva. Além disso, oferece boa portabilidade, sendo compatível com Windows, Linux, Mac OS X, e também com sistemas móveis como Android e IOS.

Na biblioteca do MATLAB foram selecionados três códigos para testar a viabilidade dos parâmetros do trabalho.

O primeiro de Masayuki Tanaka (version 1.20.1.0) apenas detecta face, o olho esquerdo, o olho direito, o nariz e a boca, exemplo Figura 30.

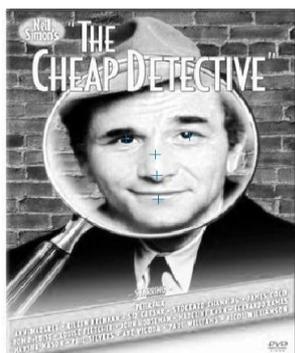
FIGURA 30 – Face parts detection.



Fonte: TANAKA, 2019.

O segundo de Sarvani Videla (version 1.9.0.0) realiza o tratamento da imagem transformando-a em arquivo preto e branco (PeB), como também realiza a detecção automática de olhos, nariz e boca fazendo marcações em uma imagem usando funções matlab embutidas de visão computacional e imagens tiradas dos dados de teste do AFW, exemplo Figura 31.

FIGURA 31 - Automatic detection of eyes,nose and mouth in an image using inbuilt matlab functions.

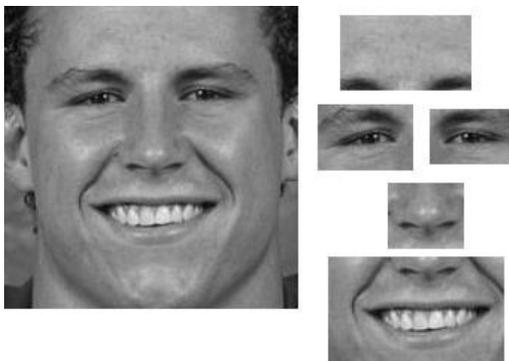


Fonte: VIDELA, version 1.9.0.0.

O terceiro de Videla (version 1.1.0.0) foi o escolhido para realizar esse trabalho, pois além de detectar face, nariz, boca, sobrancelhas, olho esquerdo, olho direito, realiza o tratamento das imagens gerando arquivos em preto e branco (P e B) e faz os recortes das partes da face armazenando – as em pastas separadas. Esse processo tornou viável estudar os parâmetros pré-

estabelecidos para o dente canino superior como podemos observar na Figura 32.

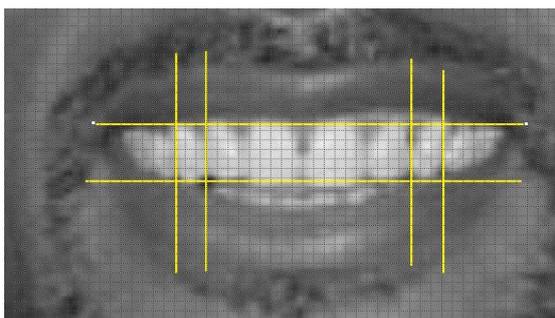
FIGURA 32 - Face parts detection.



Fonte: VIDELA, version 1.1.0.0.

Para determinar se o dente canino superior possui o parâmetro normal (N) e/ou longo (L) e/ou curto (C) e/ou inclinado no seu longo eixo (I) foi traçado uma grade sobre cada corte da boca obtido através das imagens selecionadas. Para desenhar essa grade o Paint foi escolhido, pois é possível sobrepor uma grade nas imagens e traçar linhas retas verticais e horizontais nos pontos de referências: mesial e distal dos caninos e borda inferior e superior dos incisivos centrais, exemplo Figura 33.

FIGURA 33 – Linhas de referência.

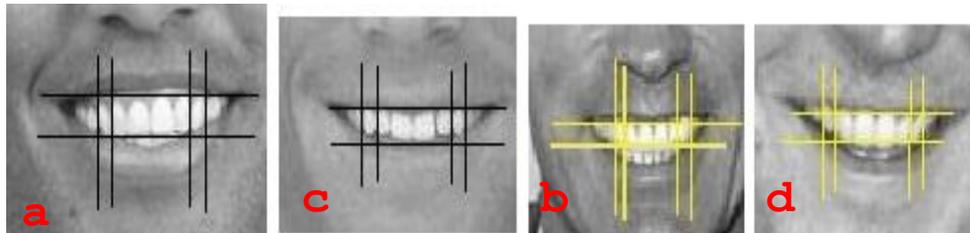


Fonte: Autora.

Os quarenta e nove recortes de imagem da boca gerados foram analisados e identificados em a) normal (N) quando a altura e largura da coroa, do dentes canino, encontra-se dentro das referências laterais, superiores e inferiores; b) longo (L) quando a coroa transpassa superiormente, inferiormente ou lateralmente as referências; c) curto (C) quando observa-se espaço vazio

entre a coroa e os limites superior, inferior ou lateral das referências e inclinado no seu longo eixo (l) quando a coroa encontra-se em posição diagonal a área retangular demarcada pelos limites de referência. Figura 34.

FIGURA 34 – Características avaliadas (a) normal, (b) longo, (c) curto e (d) inclinado.



Fonte: Autora.

Após essa identificação foi gerado um gráfico, no microsoft office excel 2007, com os resultados dos parâmetros obtidos a fim de avaliar a prevalência entre os parâmetros.

Resultados

Após analisar os dados podemos constatar uma maior prevalência da característica normal em relação aos outros, como também observamos que uma mesma imagem pode apresentar mais de uma característica, conforme demonstra a Tabela 05 e o Gráfico 01.

TABELA 05 – Característica(s) presente em cada imagem.

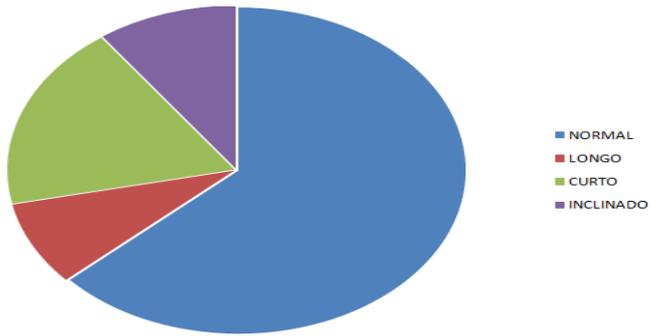
IMAGEM	NORMAL	LONGO	CURTO	INCLINADO
1.	X			
2.		X		
3.			X	
4.			X	
5.	X			
6.	X		X	
7.		X		
8.	X			
9.		X		
10.	X			X
11.	X			
12.	X			
13.			X	
14.	X			
15.			X	
16.	X			
17.	X			
18.			X	
19.	X			
20.	X			
21.	X			
22.	X			
23.	X			
24.	X			

TABELA 05 – Continuação.

IMAGEM	NORMAL	LONGO	CURTO	INCLINADO
25.	X			
26.	X			
27.	X			
28.	X			
29.	X			
30.	X			
31.	X		X	
32.	X			
33.	X			X
34.	X			X
35.			X	X
36.	X			
37.	X			
38.	X			X
39.	X			
40.	X			
41.	X			
42.	X			
43.			X	
44.	X		X	
45.	X			X
46.	X			
47.	X	X		
48.	X	X		
49.			X	
TOTAL	38	05	11	06

Fonte: Autora.

GRÁFICO 01 – Prevalência da característica.



Fonte: Autora.

Considerações finais

5.1. Conclusões

O reconhecimento de faces humanas é usado por todos nós na nossa rotina diária. Quer seja para identificar pessoas com quem nos cruzamos ou para saber qual o seu estado de espírito nesse momento, o reconhecimento é fundamental. De fato, se o ser humano não tivesse a capacidade de reconhecer expressões faciais tais como alegria, ira ou surpresa, o relacionamento social seria bem mais difícil (ASCENSO; VALENTIM; PEREIRA, 2004).

A capacidade de reconhecimento começa muito cedo, já que crianças com poucos meses de vida já reconhecem as pessoas que lhes são mais chegadas. Ao longo dos anos, essa capacidade é desenvolvida pelo cérebro humano, culminando na espantosa ferramenta de reconhecimento que quase todos os seres humanos adultos possuem (ASCENSO; VALENTIM; PEREIRA, 2004).

A crescente necessidade de sistemas robustos de identificação pessoal tem aumentado o interesse em métodos de reconhecimento baseados em características biométricas que são características fisiológicas que identificam unicamente um ser humano. Os sistemas biométricos atualmente investigados baseiam-se essencialmente em impressões digitais, voz, assinaturas pessoais, pupilas e faces (ASCENSO; VALENTIM; PEREIRA, 2004).

A detecção de faces em imagens é alvo de estudos há vários anos. Contudo, recentemente a detecção de pontos fiduciais em faces passou a ser também investigada. O principal motivo disto é que pontos fiduciais em faces podem ser utilizados em diversos outros sistemas, tais como sistemas de segurança, de reconhecimento de expressões, de rastreamento e de modelagem 3D, dentre outros (ARAUJO, 2010).

As dificuldades enfrentadas no processo de detecção de características são as mesmas enfrentadas na detecção de objetos. Detectar uma característica consiste em: dada uma cena encontrar onde está a face, ou

várias faces, bem como identificar seus componentes como olhos, pupila, nariz, boca e dentes.

Esse trabalho propôs identificar, em uma imagem digital, as características dos dentes caninos superiores em: normal (N), longo (L), curto (C) e inclinado no seu longo eixo (I) e detectar a estrutura facial boca, isolando – a em cortes individuais. As bases de dados Label Face in the Wild (LFW) foi escolhida por ser gratuita. Os dentes caninos superiores foram escolhidos como o novo ponto fiducial por ser uma estrutura presente na face, ser vista durante o sorriso, dificilmente ser acometido por doença periodontal, cárie ou traumas e, assim como as impressões digitais, a arcada dentária, na sua forma e dimensões, é única para cada ser humano.

Este trabalho é composto de um conjunto de etapas listadas a seguir:

- Seleção das imagens no banco de imagens LFW obedecendo os critérios pré-estabelecidos (imagem frontal e sorrindo);
- Detecção da face e da boca utilizando o código “Face parts detection” de Videla (version 1.1.0.0);
- Tratamento das imagens gerando arquivos em preto e branco (P&B);
- Recortes das partes da face;
- Armazenamento dos recortes em pastas separadas;
- Identificando os parâmetros dos dentes caninos normal, longo, curto e inclinado;
- Análise gráfica desses parâmetros.

Após todas as etapas, podemos concluir que a característica do dente canino superior que mais se destaca é a normal, seguida da curta, inclinado e por fim longa. Observamos também que uma mesma imagem pode apresentar mais de uma característica, o que comprova a singularidade de cada arcada dentária ou unidade dentária, reafirmando a sua utilização como fonte de identificação biométrica.

5.2. Contribuições

A principal contribuição desse trabalho, na área da saúde, é auxiliar o corpo clínico no diagnóstico e identificação de enfermidades, tais como anomalias e discrepâncias crânio-faciais.

Outra contribuição, desse trabalho, está na área da biometria facial – identificação biométrica, contribuindo no processo de identificação de pessoas, como no caso de irmãos gêmeos, como também pode ser utilizado no processo de identificação da pessoa *ante-mortem* e *post-morte*.

Esse trabalho possibilitou a produção e publicação de um artigo onde foi possível identificar o sexo através de medidas lineares do crânio.

Identification of Sex Using Linear Skull Measures: The Importance of Imaging in Biotechnology

Alile Carmo^{1*}; Ana Carolina Mariz²; Leandro Santos³; Marianna Torres⁴; Rai Santos⁵; Roberto Monteiro⁶

¹University Center CIMATEC, Department of Computational Modeling and Industrial Technology; ²Ana Carolina Ramos Mariz, Federal University of Bahia, Institute of Health, Dentistry Department; ³Leandro Brito Santos, State University of Bahia; ⁴Marianna Torres, Federal University of Bahia, Institute of Health, Dentistry Department; ⁵Rai Faustino Miranda Santos, University Center CIMATEC, Department of Computational Modeling and Industrial Technology; ⁶Roberto Luiz Souza Monteiro, University Center CIMATEC, Department of Computational Modeling and Industrial Technology, Salvador, Bahia, Brazil

There are several methods used in the identification process of human remains. The most of them are based on comparing of *antemortem* and *postmortem* data available. Although the technique of fingerprinting is considered more accurate in many cases, it cannot be used when the bodies are mutilated, decomposed, burned, or fragmented. This article aims to compare the metric values obtained by Galvão (1994) and Saliba (2001) to differentiate male and female through dry skulls, using the measurement of the Radiocef Studio 2 Program. It was used 16 teleradiographs (11 females and 5 males). The linear measurements used in this article were: 1. The bodies stature of the mandible; and 2. Distance Nasium-Front Nasal Spine. Several radiological techniques are used to aid the human identification process for determining sex, ethnic group, and age. The analyses of X-rays and Computer Tomography (CT) scans, *antemortem* and *postmortem*, have been an important tool for human identification in forensic dentistry, especially with the refinement of techniques acquired with the advancement of radiology and CT scans. We concluded that the knowledge of the best method by forensic dentists with a careful application of the technique and report's interpretation is essential to fulfilling the necessary characteristics for a successful identification of sex using skull measures.

Keywords: Radiology. Forensic Dentistry. Sex. Cranial Measures.

The human identity is the set of own and exclusive characters of a person: physical, functional, psychic, born or acquired, such as name, age, state, profession, sex, physical defects, fingerprints. Thus, the identity could be defined as the collective aspect of a set of characteristics by which something is recognizable or known [1].

Identification is the process by which one determines the identity of a person or a thing [2]. Personal identification is essential in Forensic Medicine.

Establishing *postmortem* human identity is one of the significant areas of study and research in dentistry and legal medicine. These forensic sciences study the human body in various stages of *postmortem*: sprung, torn, charred, macerated, decomposed, and skeletonization.

Some methods used for identification include fingerprints, anthropological and radiological examinations, genetic analysis (DNA), and dental analysis (especially in carbonization cases).

The process of human identification by radiographic comparison is a technique little used in Legal Medicine, despite presents a satisfactory and unquestionable results.

The participation of dentistry in the processes of *postmortem* human identification is present since the initial procedures (general identification: estimates of sex and age, ethnic group determinations, stature, diagnosis of spots or liquids in the oral cavity, definition of cause and time of death) until the irrefutable possibility of the individual identification. The skull and teeth assume relevant identification in situations of substantial destruction of the human body (spoils, fragments, bony or carbonized mortal remains) because of the higher resistance when compared to the other structures. The skull and teeth are often the only elements from which identity can be derived: race, age, stature, and sex.

Received on 20 February 2019; revised 4 March 2019.

Address for correspondence: Dr. Alile Fixina do Carmo. Avenida 60 Drº Antonio Monteiro Street, Apt. # 502, Zip Code: 41815-130, Salvador, Bahia, Brazil, phone: +55 71 988960093; e-mail: afcarmo76@gmail.com.

J Bioeng. Biotech. Appl. Health 2019;2(2):54-58.
© 2019 by SENAI CIMATEC. All rights reserved.

The human skeleton of children and pre-teenager has qualitative characteristics little pronounced, providing few or no subsidy to make possible the identification of sex. In these cases, it is required other methods to determine sex, such as DNA, sexual chromatin, or teeth. [3].

The human skeleton develops after puberty under the influence of hormones, environment, and musculature, presenting differential characteristics, such as prominences, roughness, crests, apophyses, protrusions, and structures that characterize the sexual dimorphisms.

These characteristics are more prominent and evident in men than in women, in which these characteristics are more delicate and less prominent.

Ramirez (1990) [4] defines the male skull as larger than the female, which is more rounded, childlike. The frontal bone is more upright, and the parietal is smaller; the supraorbital ridges are sharp; the superciliary arches are less protruding; the front nasal joint is more curved; the styloid apophyses are short and thin; there are occipital protuberance and unmarked necklines; the mastoid processes are smaller; the occipital condyles are broad, short, and the jawless are robust. In man, the cranial thickness is greater; the forehead tilted back; the parietal bones are larger; the glabella is prominent; the superciliary arcs are protruding; the ridges above the blunt orbital; the frontal-nasal joint is angular; the styloid apophyses are long and thick; the mastoid processes are protruding and separated (sole shoe shape); the prominent occipital protuberance and regions of muscle insertions, and the more robust jaw. The palate has a broad and shallow form in males, different from females in which it is narrower and more profound, having thinner dental arches.

The bones that form the basin and the skull have reliable characters for determining sex. However, the degree of certainty of the diagnosis varies according to the number and nature of the parts examined. For example, the ethnic group should be known to identify the sex, due to the characteristics of each group.

Nowadays, the sexual difference has been studied under metrical parameters, transforming physical and qualitative characteristics into numerical values that, submitted to statistical analysis, derive metrical relations or discriminant functions. This analysis is endowed with single or multiple variables from the same measurement bone or from various structures, depending on the population that the data were collected [5-7].

In specific populations, the use of computers and mathematical models provide more reliable and accurate results in sexual determination [8,9].

Abe (2000) [6] *apud* Inoue *et al.* (1992) agree that these models enable a less experienced examiner to discriminate sex as precisely as an experienced observer. However, the statistical analysis does not replace the experts, since their competence is essential to avoid errors.

Historically, the application of radiology in the forensic sciences was introduced in 1896, just one year after X-rays were discovered by Roentgen to demonstrate the presence of lead bullets in a victim's head. Schüller proposed the possibility of using radiological images of the facial sinuses for identification purposes in 1921.

Galvão and Vitória [11] studied skulls of the Brazilian population, belonging to individuals of known sex and age group over 20 years in 1994. They concluded that the dimensions of the foramen magnum are larger in men than in women.

Saliba [12], in 2001, carried out a study of sex determination through the area formed by the triangle of the upper face, using 168 dry skulls of adult humans, over 20 years. After analysis, the Nasium-Anterior Nasal Spine (N-Ena) measure was 57.15 to 60.06 for female and 61.25 to 63.68 for male.

The present work chooses for a more precise and rational mathematical method for sex determination and aims to compare the measures obtained by the study models of Galvão (1994) and Saliba (2001), with the criteria acquired, using the measurement performed in lateral telerradiography by the following linear measurements of the cranium: 1. Height of the mandible body and 2.

Nasium-Anterior Nasal Spine by the program Radiocef Studio 02. Therefore, we proposed:

1. To verify the existence of sexual dimorphism using two linear measurements, performed by the program Radiocef Studio 2, in lateral telerradiography, belonging to individuals of known sex;
2. To check the degree of correctness of the values found in dry skulls, in the studies surveyed, with the radiographic values obtained.

The sample consisted of lateral cephalometric radiographs of 16 individuals (11 female and 5 male), without previous orthodontic treatment and without presenting moderate to advanced bone loss. The IOBA Clinic provided the samples' data. All the individuals showed balanced facial profiles and absence of retrognathia or prognathia of the bone bases and typical vertical pattern. All radiographs were performed on the same Orthophos Panoramic X-ray apparatus from Siemens, with the same distance and intensity. The procedure was carried out by a single examiner to avoid discrepancies between the measures obtained. The values analysed were obtained by marking the points Nasium (N), Mental (Me), Infradental (Id) and Anterior Nasal Spine (Ena) by the program Radiocef Studio 02 and the measurement of the following linear measures: height of the mandible body (Id-Me) and distance Nasium-Anterior Nasal Spine (N-Ena) (Figure 1).

These values were compared with those found in the researched literature. For the height of the mandible body, the values used as parameters were those found by Galvão in 1994 [11] (Table 1). The study of Saliba (2001) [12] was used for the previous Nasium -Anterior Nasal Spine measure, considering this study presented statistically significant differences for the confirmation of sexual dimorphism, in agreement with earlier studies - Peixoto (1931) [13] and Ávila (1958) [14] (Table 2).

We compared the authors, and it showed that the mandible body height (Id - Me) for the measurement in millimeters, when compared both sex, had a compatibility of 27.27%, with the values

found by Galvão [11] in 1994 for females; and 100% for males (Table 3). There was an agreement with 81.81% to female and 80% for the male when compared the distance Nasium-Anterior Nasal Spine (N-Ena) in millimeter, with the study of Saliba (2001) [12] (Table 3). According to the proposed comparison and applied methodology, we conclude that:

1. Linear Nose-Spine (N-Ena) measurements, considered as acquired in human skull belonging to known sex, showed compatibility with Saliba (2001) [12] for sexual differentiation;
2. For the measurement Height of the mandible body (Id-Me), in the same study, a concordance of 27.27% was found with the values found by Galvão (1994) [11] for the female sex, and 100% of compatibility for males;
3. Among the two measures analysed, the Nasium-Anterior Nasal Spine (N-Ena) measurement demonstrated more excellent reliability in the obtained results.

Due to the variety of methods available, the legal dentistry professional can choose the method that best fills the characteristics necessary for the success in the sex identification, taking care in the correct application of the technique and the accurate interpretation of the results.

Acknowledgements

We would like to thank CIMATEC, Federal University of Bahia (UFBA) (School of Odontology, Department of Radiology) and clinic IOBA for all support in the development of this study.

References

1. Ferreira, A.B.H. *Míni Aurélio século XXI – O minidicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2004;(5).
2. França, G.V. *Medicina Legal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004;(7).
3. Duz, S.A. *Determinação do sexo através da cromatina sexual na polpa dentária e sua importância pericial [dissertação]*. Piracicaba: UNICAMP/FOP, 2000.

Figure 1. Cephalometric points and linear measurements of the skull.**Table 1.** Parameter height of the mandible body (Id-Me) were found by Galvão (1994) [11].

Parameter	Male			Female	
	Confidence	Probable	Undetermined	Confidence	Probable
Height of the mandible body (Id-Me) (mm)	>41.00	33.50-41.00	31.00-55.50	<27.00	27.00-31.00

Table 2. Nasium-anterior nasal spine measure by Saliba (2001) [12].

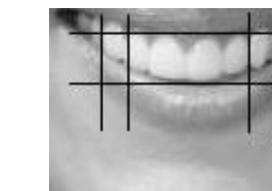
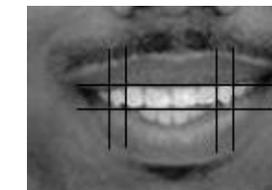
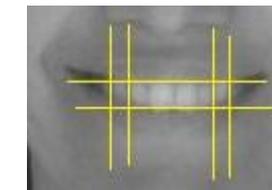
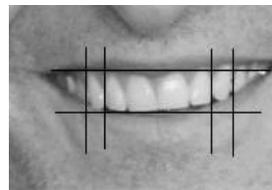
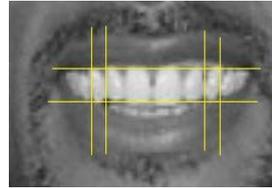
	Minimum	Normal	Maximum
Female	57.15mm	58.61mm	60.06mm
Male	61.25mm	62.56mm	63.68mm

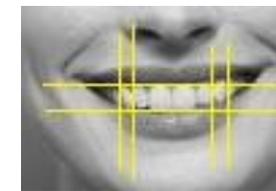
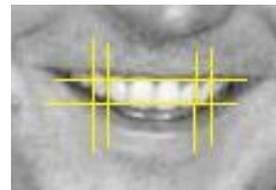
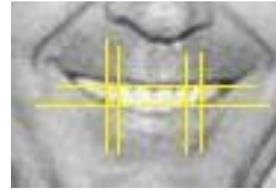
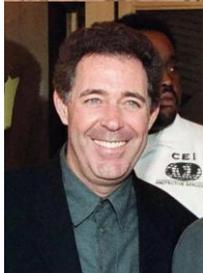
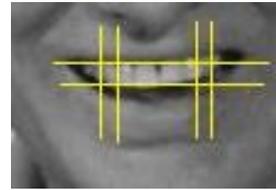
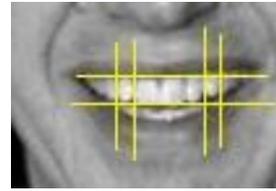
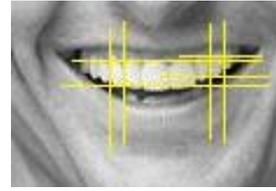
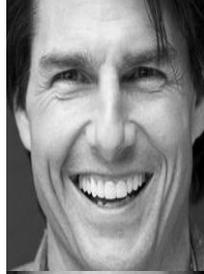
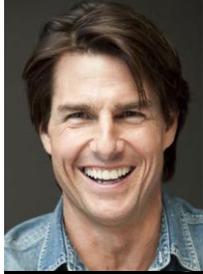
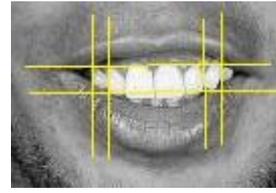
Table 3. Data result.

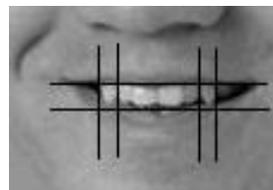
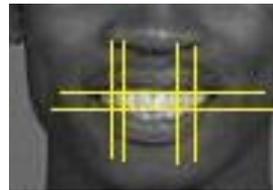
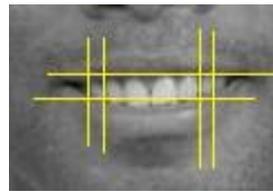
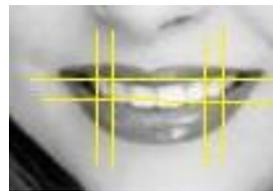
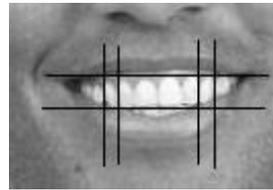
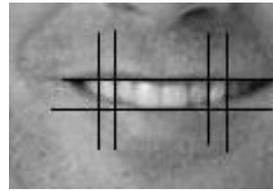
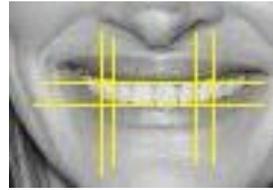
Sample	Sex (Id-Me)	Body height of the jaw (N-Ena)	Distance nasium-anterior nasal spine	City
1	F	32.81mm	53.22mm	Salvador
2	F	29.12mm	50.55mm	Salvador
3	F	28.69mm	57.40mm	Salvador
4	F	38.70mm	57.19mm	Salvador
5	F	30.89mm	44.97mm	Salvador
6	F	39.94mm	57.93mm	Salvador
7	F	39.36mm	60.41mm	Salvador
8	F	35.01mm	57.45mm	Salvador
9	F	39.44mm	59.95mm	Salvador
10	F	36.04mm	59.40mm	Salvador
11	F	32.62mm	59.92mm	Salvador
12	M	40.82mm	61.61mm	Salvador
13	M	36.55mm	63.37mm	Salvador
14	M	37.99mm	56.18mm	Salvador
15	M	34.04mm	61.31mm	Salvador
16	M	41.00mm	63.39mm	Salvador

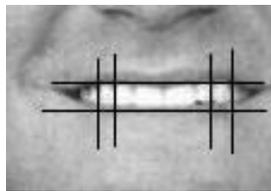
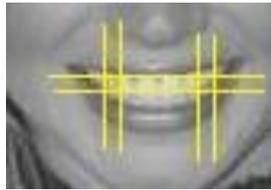
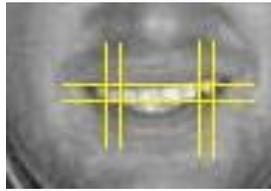
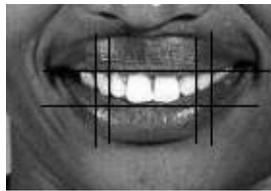
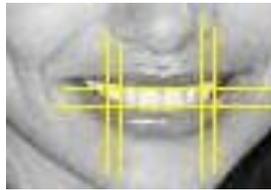
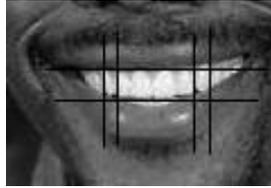
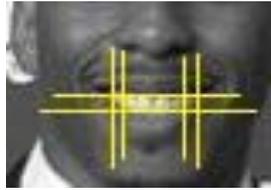
4. Francesquini, M.A. Dimorfismo sexual por medidas da face e base do crânio e sua importância pericial. Dissertação de Mestrado-Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, 2001, São Paulo.
5. Ramirez, A.I.C. Identificación Forense. México: Trillas, 1990;(1):19-22.
6. Abe, D.M. Avaliação do sexo por análise de função discriminante a partir de dimensões lineares do crânio. Tese de Mestrado-Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, 2000, São Paulo.
7. Carvalho, S.P.M. Utilização de imagens na identificação humana em Odontologia Legal. Radiologia Brasileira, 2009; 42(2):125-30.
8. Galvão, L.C.C., Vitória, E.M. Investigação do sexo através do forame magno. [Apostila]. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 1994.
9. Saliba, T.A. Determinação do sexo através da área formada pelo triângulo da face superior. Tese de Doutorado-Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, 2001, São Paulo.
10. Galvão, L.C.C. Identificação do sexo através de medidas cranianas. Tese de Mestrado-Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, 1994, São Paulo.
11. Peixoto, A. Medicina Legal, São Paulo: F. Alves, 1931;(6):363.
12. Ávila, J.B. Antropologia Física. Rio de Janeiro: Agir, 1958; 138.

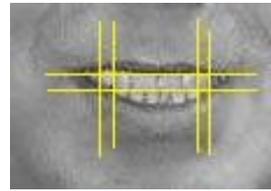
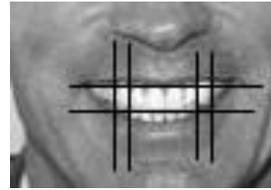
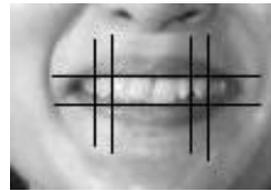
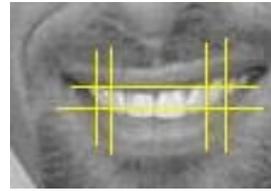
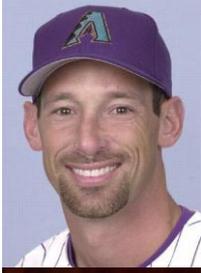
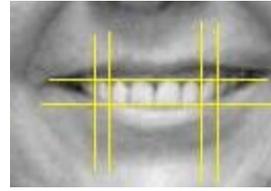
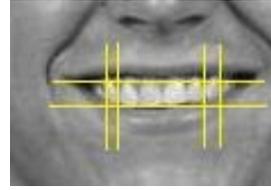
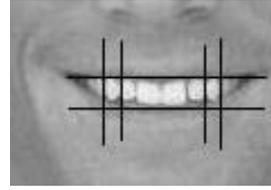
Apêndice 02 – Imagens coloridas, em preto e branco, os recortes das características e identificação do parâmetro das 49 amostras.

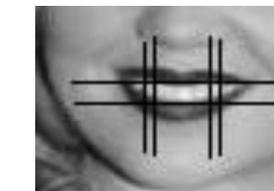
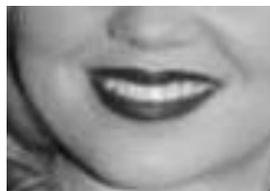
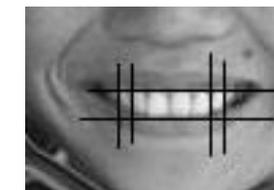
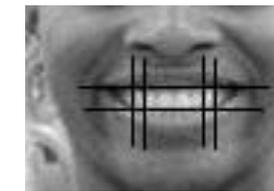
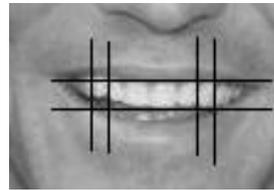
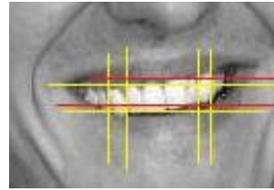
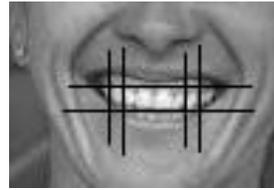
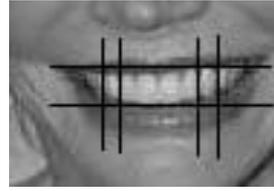


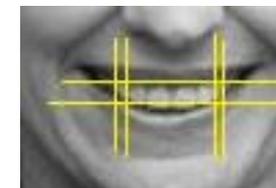
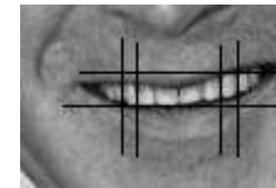
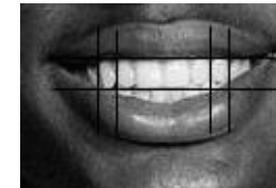
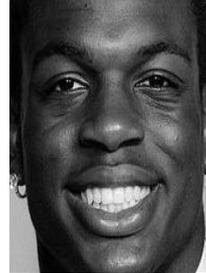
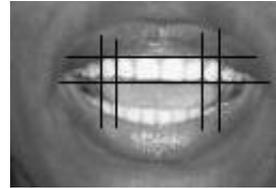
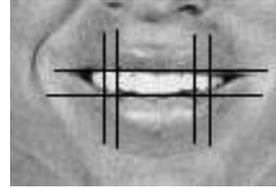
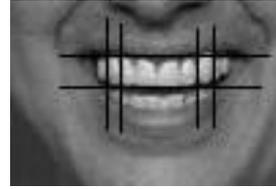
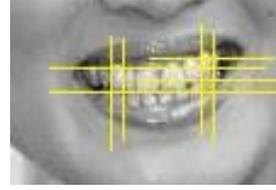


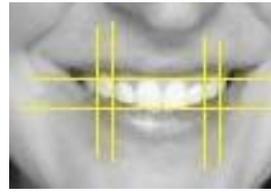












Apêndice 03 – Código Face parts detection de Masayuki Tanaka (version 1.20.1.0).

```
reqToolboxes = {'Computer Vision Toolbox', 'Image Processing
Toolbox'};
if( ~checkToolboxes(reqToolboxes) )
    error('detectFaceParts requires: Computer Vision System Toolbox and
Image Processing Toolbox. Please install these toolboxes. ');
end

img = imread('1.png');

detector = buildDetector();
[bbbox bbimg faces bbfaces] = detectFaceParts(detector, img, 2);

figure; imshow(uint8(bbimg));
for i=1:size(bbfaces,1)
    figure; imshow(uint8(bbfaces{i}));
end
```

Apêndice 04 – Código Automatic detection of eyes,nose and mouth in an image using inbuilt matlab functions de Sarvani Videla (version 1.9.0.0).

```
clear all;
close all;
k=imread('1.png'); %image to be read
I=k(:,:,1);
faceDetect = vision.CascadeObjectDetector();
bbox=step(faceDetect,I);
face=imcrop(I,bbox);
centerx=size(face,1)/2+(bbox(1));
centery=size(face,2)/2+bbox(2);
eyeDetect = vision.CascadeObjectDetector('RightEye');
eyebox=step(eyeDetect,face);
n=size(eyebox,1);
e=[];
for it=1:n
    for j=1:n
        if (j > it)
            if ((abs(eyebox(j,2)-eyebox(it,2))<68) && (abs(eyebox(j,1)-eyebox(it,1))>40))
                e(1,:)=eyebox(it,:);
                e(2,:)=eyebox(j,:);
                d=1;break;
            end
        end
    end
    if(d == 1)
        break;
    end
end
eyebox(1,:)=e(1,:);
eyebox(2,:)=e(2,:);
c=eyebox(1,3)/2;
d=eyebox(1,4)/2;
eyeCenter1x=eyebox(1,1)+c+bbox(1);
eyeCenter1y=eyebox(1,2)+d+bbox(2);
e=eyebox(2,3)/2;
f=eyebox(2,4)/2;
eyeCenter2x=eyebox(2,1)+e+bbox(1);
eyeCenter2y=eyebox(2,2)+f+bbox(2);
ndetect=vision.CascadeObjectDetector('Nose','MergeThreshold',16);
nosebox=step(ndetect,face);
noseCenterx=nosebox(1,1)+(nosebox(1,3)/2)+bbox(1);
noseCentery=nosebox(1,2)+(nosebox(1,4)/2);
m=[1,noseCentery,size(face,1),((size(face,2))-noseCentery)];
mouth=imcrop(face,m);

mdetect=vision.CascadeObjectDetector('Mouth','MergeThreshold',20);
mouthbox=step(mdetect,mouth);
for it=1:size(mouthbox,1)
    if(mouthbox(it,2)>20)
        mouthbox(1,:)=mouthbox(it,:);
        break;
    end
end
```

```
end
mouthbox(1,2)=mouthbox(1,2)+noseCenterY;
noseCenterY=noseCenterY+bbox(2);
%ind=find(mb(:,1)==max(mb(:,1)));
%mb=mb(ind,:);
mouthCenterx=mouthbox(1,1)+(mouthbox(1,3)/2)+bbox(1);
mouthCenterY=mouthbox(1,2)+(mouthbox(1,4)/2)+bbox(2);
shape=[centerx centerY;eyeCenter1x eyeCenter1y;eyeCenter2x
eyeCenter2y;noseCenterx noseCenterY;mouthCenterx mouthCenterY];
imshow(I);hold on;plot(shape(:,1),shape(:,2),'+', 'MarkerSize',10);
```

Apêndice 05 – Código Face parts detection de Sarvani Videla (version 1.1.0.0).

```
clear all;
close all;
%BEFORE RUNNING this code create 5 folders faces,
righteye,lefteye,nose,mouth, eyebrow in your G:/ drive
faceDetect = vision.CascadeObjectDetector();
eyeDetect = vision.CascadeObjectDetector('RightEye');
ndetect=vision.CascadeObjectDetector('Nose','MergeThreshold',16);
mdetect=vision.CascadeObjectDetector('Mouth','MergeThreshold',20);
modetect=vision.CascadeObjectDetector('Mouth');

foldername=dir('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\*.jpg');%
Enter the path to folder that has .tiff face images
for k1=1:length(foldername)
filename=strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\',foldername(k1).name); %Enter the path to folder
Image=imread(filename);
if (size(Image, 3) ==3)
    Image=rgb2gray(Image);
end

bbox=step(faceDetect, Image);
if size(bbox(:,1))>0
    bbox(1,2)=bbox(1,2)+20;
    face=imcrop(Image,bbox(1,:));
    centerx=size(face,1)/2;
    centery=size(face,2)/2;
    half=imcrop(face,[1,1,bbox(1,3),centery]);

imwrite(face,strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\faces
\',foldername(k1).name));

    eyebox=step(eyeDetect,half);
    n=size(eyebox,1);
    if (n>2)

        for it=2:size(eyebox,1)
            if ~(abs(eyebox(1,2)-eyebox(it,2))>8)
                eyebox(2,:)=eyebox(it,:);
                break;
            end
        end
    end

    re=imcrop(face,eyebox(1,:));

    le=imcrop(face,eyebox(2,:));

imwrite(re,strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\righ
teye\',foldername(k1).name));

imwrite(le,strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\left
eye\',foldername(k1).name));
else
    if n ==1
```

```

re=imcrop(face, eyebox(1, :));

imwrite(re, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\righteye\
', foldername(k1).name));
    fprintf(strcat(foldername(k1).name, ' One eye
detected', '\n'));

    end
    if n == 2
        re=imcrop(face, eyebox(1, :));
        le=imcrop(face, eyebox(2, :));

imwrite(re, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\righteye\
', foldername(k1).name));

imwrite(le, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\lefteye\
', foldername(k1).name));
    end
    if n == 0
        fprintf(strcat(foldername(k1).name, ' No eye
detected', '\n'));
    end
end

nosebox=step(ndetect, face);
if size(nosebox(:, 1)~=0)
    nose=imcrop(face, nosebox(1, :));

imwrite(nose, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scrip2\nose\
', foldername(k1).name));
    noseCenterY=nosebox(1, 2) + (nosebox(1, 4) / 2);
    m=[1, noseCenterY, size(face, 1), ((size(face, 2)) -
noseCenterY)];
    mouth=imcrop(face, m);

    mouthbox=step(mdetect, mouth);

    if size(mouthbox, 1) >= 1
        ind=find(mouthbox(:, 2) == max(mouthbox(:, 2)));
        mouthbox=mouthbox(ind, :);

detectedEyeBrow=imcrop(face, [mouthbox(1, 1), mouthbox(1, 2) -
20, mouthbox(1, 3), mouthbox(1, 4)]);

imwrite(detectedEyeBrow, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\s
crip2\eyebrow\
', foldername(k1).name));
        mouthbox(1, 2) = mouthbox(1, 2) + noseCenterY;
        detectedMouth=imcrop(face, [mouthbox(1, 1) -
20, mouthbox(1, 2) - 20, mouthbox(1, 3) + 30, mouthbox(1, 4) + 30]);

imwrite(detectedMouth, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scr
ip2\mouth\
', foldername(k1).name));

    end
else
    fprintf(strcat(foldername(k1).name, ' No nose
detected', '\n'));

```

```

mouthbox=step(modetect, face);
if size(mouthbox,1)>0 %&& noseCentery ~= 0
    ind=find(mouthbox(:,2)==max(mouthbox(:,2)));
    mouthbox=mouthbox(ind,:);
    detectedEyeBrow=imcrop(face, [mouthbox(1,1),mouthbox(1,2)-
noseCentery,mouthbox(1,3),mouthbox(1,4)]);

imwrite(detectedEyeBrow, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\s
crip2\eyebrow\', foldername(k1).name));

    detectedMouth=imcrop(face, [mouthbox(1,1)-
20,mouthbox(1,2)-20,mouthbox(1,3)+30,mouthbox(1,4)+30]);

imwrite(detectedMouth, strcat('C:\Users\liros\Downloads\dissertacao\scr
ip2\mouth\', foldername(k1).name));
    else
        fprintf(strcat(foldername(k1).name, ' No mouth
detected', '\n'));
    end
end

    else
        display('Face not detected');
    end
end
end

```

Referências

- 01 – ANGELONI, Marcus de Assis. Reconhecimento de fragmentos de impressões digitais baseado em cristas e poros. 2013.
- 02 – ARAUJO, Gabriel Matos. Algoritmo para reconhecimento de características faciais baseado em filtros de correlação. Master's thesis. PPEE-UFRJ, 2010.
- 03 – ARAÚJO, Marcos Elias Cláudio de; PASQUALI, Luiz. Histórico dos Processos de Identificação. Brasília: Instituto Nacional de Identificação, 2012.
- 04 – ASCENSO, João; VALENTIM, João; PEREIRA, Fernando. Reconhecimento Automático de Faces Usando Informação de Textura e de Geometria 3D. Instituto Superior Técnico das Telecomunicações. Lisboa, p. 1049 001, 2004.
- 05 – BARBOZA, Elizabeth Bonsaglia. Reconhecimento semiautomático de dentes para a identificação humana forense. 2011.
- 06 – BEUMER, G. M. et al. A landmark paper in face recognition. In: 7th international conference on automatic face and gesture recognition (FGR06). IEEE, 2006. p. 6 pp.-78.
- 07 – BOMBARDELLI, Felipe Gustavo. Estudo sobre Reconhecimento Facial.
- 08 – BRAGA, Luiz Filipe Zenicola et al. Sistemas de Reconhecimento Facial. 2013. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.
- 09 – CALLOCONDO, Peralta; MASSIEL, Silvana. Relación del segmento dentario anterosuperior con la distancia intercondilea, en estudiantes de odontología UNA–Puno–2015. 2017.
- 10 – CASTRILLÓN, Modesto et al. A comparison of face and facial feature detectors based on the Viola Jones general object detection framework. Machine Vision and Applications, v. 22, n. 3, p. 481-494, 2011.
- 11 – COOTES, Timothy F.; EDWARDS, Gareth J.; TAYLOR, Christopher J. Active appearance models. In: European conference on computer vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998. p. 484-498.
- 12 – CRISTINACCE, David; COOTES, Timothy F. A comparison of shape constrained facial feature detectors. In: Sixth IEEE International Conference on

Automatic Face and Gesture Recognition, 2004. Proceedings. IEEE, 2004. p. 375-380.

13 – CRISTINACCE, David; COOTES, Timothy F. Facial feature detection and tracking with automatic template selection. In: 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR06). IEEE, 2006. p. 429-434.

14 – CRISTINACCE, David; COOTES, Tim. Automatic feature localisation with constrained local models. Pattern Recognition, v. 41, n. 10, p. 3054-3067, 2008.

15 – DA FONSECA LOURENÇO, Gonçalo Filipe. Reforço da Segurança das Biométricas utilizando Codificação de Fonte Distribuída. 2009.

16 - DE FREITAS PEREIRA, Tiago et al. LBP- TOP based countermeasure against face spoofing attacks. In: Asian Conference on Computer Vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. p. 121-132.

17 – DE SA PEREIRAL, David et al. Identificação de Faces em Imagens Bidimensionais. Revista Eletrônica TECCEN, v. 2, n. 1, p. 27-36, 2009.

18 – DE SANTANA, Luciana Maiara Queiroz; ROCHA, Fabio Gomes. Processo de detecção Facial utilizando Viola; Jones. Interfaces Científicas-Exatas e Tecnológicas, v. 1, n. 1, p. 35-40, 2015.

19 – DINIZ, Fábio Abrantes et al. RedFace: um sistema de reconhecimento facial baseado em técnicas de análise de componentes principais e autofaces. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v. 5, n. 1, p. 42-54, 2013.

20 – EVERINGHAM, Mark; SIVIC, Josef; ZISSERMAN, Andrew. Hello! My name is... Buffy"--Automatic Naming of Characters in TV Video. In: BMVC. 2006. p. 6.

21 – FARINA, André Marcelo. Biomobile: sistema de identificação de usuários em dispositivos móveis na plataforma Android utilizando reconhecimento de faces a partir de vídeo. 2012. 72 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/89344>>.

22 – FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda et al. Miniaurélio século XXI: o minidicionário da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, v. 4, 2001.

23 – FIGUEREDO, Marcos Batista. Reconhecimento de faces aplicado ao problema de pessoas desaparecidas-Estudo de caso do Eigenface. 2011.

- 24 – FILHO, Eládio Pessoa de Andrade; PEREIRA, Francisco Carlos Ferreira. Anatomia Geral. Sobral: INTA - Instituto Superior de Teologia Aplicada, ed.01, 2015. <http://md.intaead.com.br/geral/anatomia-geral/pdf/anatomia-geral.pdf>.
- 25 – FRANK, H.; NETTER, M. D. Atlas de anatomia humana. 2011.
- 26 – GARCIA, Iberê Anselmo. A segurança na identificação: a biometria da íris e da retina. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- 27 – GUEDES, Gilleanes TA. UML 2. Uma Abordagem Prática, São Paulo, Novatec, 2009.
- 28 – JIAN-WEI, Ma; YU-HUA, Fan. Face segmentation algorithm based on ASM. In: 2009 IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems. IEEE, 2009. p. 495-499.
- 29 – JOACHIMS, Thorsten. Svmlight: Support vector machine. SVM-Light Support Vector Machine <http://svmlight.joachims.org/>, University of Dortmund, v. 19, n. 4, 1999.
- 30 – JÚNIOR, Almeida et al. Uma Nova Abordagem de Casamento de Impressões Digitais. 2016.
- 31 – KINUTA, Cristiane et al. ESTUDO COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA RECONHECIMENTO FACIAL. ANAIS DOS CONGRESSOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USCS. UNIVERSIDADE IMES - CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO. ISSN: 2176-5316. https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/916_Copia%20de%20Artigo%20Comparativo%20Facial.pdf. 2017.
- 32 – KOESTINGER, Martin et al. Annotated facial landmarks in the wild: A large-scale, real-world database for facial landmark localization. In: 2011 IEEE international conference on computer vision workshops (ICCV workshops). IEEE, 2011. p. 2144-2151.
- 33 - Label Face in the Wild (LFW) da Universidade de Massachusetts. <http://tamaraberg.com/faceDataset/originalPics.tar.gz>
- 34 – LIENHART, Rainer; MAYDT, Jochen. An extended set of haar-like features for rapid object detection. In: Proceedings. international conference on image processing. IEEE, 2002. p. I-I.

- 35 – LIU, Zhi et al. Efficient face segmentation based on face attention model and seeded region merging. In: 2008 9th International Conference on Signal Processing. IEEE, 2008. p. 1116-1119.
- 36 – LOPES, Eduardo Costa; BINS FILHO, José Carlos; NO, RELATÓRIO TÉCNICO. Detecção de faces e características faciais. Porto Alegre: PUCRS, 2005.
- 37 – MARANHÃO, Odon Ramos. Curso básico de medicina legal. 8 ed.. São Paulo: Ed. Malheiros, 2005.
- 38 – MILBORROW, Stephen; MORTEL, John; NICOLLS, Fred. The MUCT landmarked face database. Pattern Recognition Association of South Africa, v. 201, n. 0, 2010.
- 39 - MORAES, A. F. Dissertação de Mestrado - Método para avaliação da tecnologia Biométrica na segurança dos aeroportos. São Paulo. 2006.
- 40 – MORALES POZO, María Fernanda. Estudio de la relación entre la distancia interpupilar con el ancho mesiodistal de los dientes anterosuperiores derechos, en los estudiantes de clínica integral de octavo semestre de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador periodo 2016-2017. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Quito: UCE.
- 41 – PADILLA, R.; FILHO, CFF Costa; COSTA, M. G. F. Avaliação de Classificadores Haar Projetados para Detecção Facial. In: ANAIS DA CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS FORENSES EM MULTIMÍDIA. p. 100. 2012.
- 42 – PICOLI, F. F. et al. A fragilidade da análise facial como único método de identificação humana. Braz J Forensic Sci Med Law Bioethics, v. 3, n. 4, p. 281-302, 2014.
- 43 – PICOSSE, Milton. Anatomia dentária. In: Anatomia dentária. 1987.
- 44 - SANTANA, Luciana Maiara Queiroz de, GOMES, Fábio Rocha e SANTOS, Thiago S. Reis. UMA ANÁLISE DO PROCESSO RECONHECIMENTO FACIAL Ciências exatas e tecnológicas | Aracaju | v. 2 | n.2 | p. 49-58 | Out. 2014 | periodicos.set.edu.br ISSN IMPRESSO 1980-1777 ISSN ELETRÔNICO 2316-3135.

- 45 – SANTOS FILHO, Eudaldo Francisco dos; PEREIRA, Hernane Borges de Barros. O envelhecimento facial humano e sua mensuração - o passo inicial da prosoporecognografia. Revista SODEBRAS, v. 11, n. 124, p. 67-71, 2016.
- 46 – SANTOS FILHO, E. F.; PEREIRA, H. B. B. Prosopography, prosoporecognography and the Prosoporecognographical Chart. Journal of forensic and legal medicine, v. 52, p. 184-198, 2017.
- 47 – SANTOS, Túlio Ligneul. Detecção de faces através do algoritmo de Viola-Jones.2011.
- 48 – SCHMIDT, Ana Elisa; NOGUEIRA, Elvis Cordeiro. ESTUDO SOBRE MÉTODOS DE RECONHECIMENTO FACIAL EM FOTOGRAFIAS DIGITAIS. IX Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (Micti). 2016.
- 49 – SIVIC, J., EVERINGHAM, M., ZISSERMAN, A. “Who are you? Learning person specific classifiers from video”. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. p. 1145-1152.
- 50 – SOBOTTA, Johannes. Atlas de anatomía humana: Cabeza, cuello, miembro superior. Vol. 1. Ed. Médica Panamericana, 2006.
- 51 - TANAKA, Masayuki (2019). Face Parts Detection (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/36855-face-parts-detection>), MATLAB Central File Exchange. Retrieved November 17, 2019.
- 52 – TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. Corpo Humano:- Fundamentos de Anatomia e Fisiologia. Artmed Editora, 2016.
- 53 - VIDELA, Sarvani (version 1.9.0.0). <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/47933-automatic-detection-of-eyes-nose-and-mouth-in-an-image-using-inbuilt-matlab-function>.
- 54 - VIDELA, Sarvani (version 1.1.0.0). <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/49492-face-parts-detection>.
- 55 – VIOLA, Paul et al. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. CVPR (1), v. 1, n. 511-518, p. 3, 2001.
- 56 – VIOLA, Paul et al. Robust real-time object detection. International journal of computer vision, v. 4, n. 34-47, p. 4, 2001.
- 57 – VUKADINOVIC, Danijela; PANTIC, Maja. Fully automatic facial feature point detection using Gabor feature based boosted classifiers. In: 2005 IEEE

International Conference on Systems, Man and Cybernetics. IEEE, 2005. p. 1692-1698, September 2005.53 - MORAES, A. F. Dissertação de Mestrado - Método para avaliação da tecnologia Biométrica na segurança dos aeroportos. São Paulo. 2006.