

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGÉLICA VALIATI MARAN

ENELA LEUCZ DA SILVA

PEDRO SANTOS BRANDI

RENATA MOCELIN POLLI

PPAS: UMA PROPOSTA PARA RECONHECIMENTO BIOMÉTRICO DA PALMA DA
MÃO, UTILIZANDO LOCAL BINARY PATTERN

CURITIBA

2012

ANGÉLICA VALIATI MARAN

ENELA LEUCZ DA SILVA

PEDRO SANTOS BRANDI

RENATA MOCELIN POLLI

PPAS: UMA PROPOSTA PARA RECONHECIMENTO BIOMÉTRICO DA PALMA DA
MÃO, UTILIZANDO LOCAL BINARY PATTERN

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à conclusão do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Setor de Educação Profissional e Tecnológica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Professor Dr. Luiz Antônio Pereira Neves

CURITIBA

2012

AGRADECIMENTOS

À Deus pela presença espiritual em nossas vidas.

Agradecemos aos nossos familiares e amigos pelo apoio, compreensão e ajuda que, direta ou indiretamente, estiveram ao nosso lado.

Ao orientador Prof. Dr. Luiz Antônio Pereira Neves pelo exemplo de coragem e persistência em suas metas. Pela sua dedicação e apoio aos alunos e a este projeto. E principalmente, pelo incentivo nos momentos mais difíceis desta jornada.

Enfim, agradecemos aos que acompanharam, de forma positiva, nossa longa caminhada para a finalização deste trabalho.

“Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar, não apenas planejar, mas também acreditar”

Anatole France

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS DO PROJETO	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 BIOMETRIA	15
2.2 FORMAS DE RECONHECIMENTO BIOMÉTRICO.....	17
2.2.1 Impressão Digital	18
2.2.2 Face.....	19
2.2.3 Íris e Retina.....	20
2.2.4 Palma da Mão.....	21
2.2.5 Voz.....	22
2.2.6 Assinatura Manuscrita	23
2.2.7 Digitação.....	23
2.3 RECONHECIMENTO BIOMÉTRICO ATRAVÉS DA PALMA DA MÃO	24
2.4 IMAGEM DIGITAL	30
2.5 ALGORITMO LBP (<i>LOCAL BINARY PATTERN</i>).....	37
2.6 OPENCV.....	39
3 METODOLOGIA.....	43
3.1 ESTUDO DA PERCEPÇÃO DA SOCIEDADE A RESPEITO DAS TECNOLOGIAS BIOMÉTRICAS.....	44
3.2 CONCEPÇÃO DO PROJETO.....	50
3.2.1 Ambiente de <i>Hardware</i>	50
3.2.2 Ambiente de <i>Software</i>	51
3.2.2.1 Astah	51
3.2.2.2 Pacote Microsoft Office.....	51
3.2.2.3 Linguagem C	52
3.2.2.4 Delphi	52
3.2.3 Plano do Projeto	53
3.2.3.1 Termo de Abertura.....	53

3.2.3.2	Descrição do Escopo.....	54
3.2.3.3	WBS	54
3.2.3.4	Plano de Atividades e Gráfico de Gantt.....	54
3.2.3.5	Plano de Custos	55
3.2.3.6	Plano de Comunicação.....	55
3.2.3.7	Plano de Riscos.....	55
3.2.3.8	Acompanhamento do Projeto	55
3.2.4	Diagramas da UML.....	56
3.2.4.1	Diagrama de Classe	56
3.2.4.2	Especificação dos Casos de Uso	57
3.2.4.3	Diagramas de Sequência	57
3.2.4.4	Diagrama de Estado.....	57
3.3	METODOLOGIAS DO PROJETO.....	58
3.3.1	Descrição da Metodologia 1 – Medidas Geométricas.....	58
3.3.2	Descrição da Metodologia 2 (Atual – Proposto no Trabalho).....	62
4	TESTES E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	70
4.1	TESTE DE USABILIDADE.....	70
4.2	TESTE DO MÉTODO BIOMÉTRICO PROPOSTO	76
4.2.1	Definição e Análise do Limiar de Decisão.....	76
4.2.2	Validação do Limiar de Decisão	78
4.2.3	Análise e Velocidade de Reconhecimento.....	83
5	APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE.....	85
5.1	Instalação	85
5.2	Utilização	91
5.2.1	Include User.....	92
5.2.2	Recognition System.....	94
5.2.3	Database Manager	99
5.2.4	About e Logout	101
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
	REFERÊNCIAS.....	106
	APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA.....	111
	APÊNDICE B – DECLARAÇÃO DO ESCOPO.....	113
	APÊNDICE C - WBS.....	115
	APÊNDICE D – PLANO DE ATIVIDADES E GRÁFICO DE GANTT.....	117
	APÊNDICE E – PLANO DE CUSTOS.....	119

APÊNDICE F – PLANO DE COMUNICAÇÃO.....	122
APÊNDICE G – PLANO DE RISCOS.....	123
APÊNDICE H - DIAGRAMA E ESPECIFICAÇÕES DOS CASOS DE USO.....	125
APÊNDICE I - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA.....	129
APÊNDICE J - DIAGRAMA DE ESTADO.....	133
APÊNDICE K – MATRIZ DE CONFUSÃO.....	134
APÊNDICE L – PUBLICAÇÃO DE RESULTADOS EM ARTIGO.....	136
APÊNDICE M – ESTRUTURA DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.....	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de características biométricas.....	17
Figura 2 - Ilustração da identificação biométrica por impressão digital.....	18
Figura 3 - Biometria Facial.....	19
Figura 4 - Biometria do olho (íris e retina).....	20
Figura 5 - Imagem da Palma da Mão.....	21
Figura 6 - Reconhecimento biométrico da palma da mão do Banco Bradesco.....	21
Figura 7 - Visão geral do processo de reconhecimento de voz.....	22
Figura 8 - Assinaturas.....	23
Figura 9 - Dinâmica da Digitação.....	24
Figura 10 - Timeline dos estudos utilizados.....	25
Figura 11 - Exemplos de dispositivos de aquisição de imagem.....	26
Figura 12 - Amostra de um padrão das veias do dorso da mão.....	26
Figura 13 - Extração dos ROIs com flexibilidade da posição da mão.....	27
Figura 14 - Processo de extração de características de Ribarc.....	28
Figura 15 - Composição circular da imagem binária de Bakina.....	28
Figura 16 - Pré-processamento do estudo da Jemma.....	29
Figura 17 - Exemplos das linhas da palma da mão de pessoas diferentes.....	30
Figura 18 - Passos para a formação da imagem digital.....	31
Figura 19 - Representação de pixels.....	32
Figura 20 - Passos Fundamentais em processamento de imagens digitais.....	34
Figura 21 - Imagem com mensagem subliminar.....	36
Figura 22 - Obtenção do LBP.....	38
Figura 23 - Obtenção da LBP, em nove regiões da palma da mão.....	38
Figura 24 - Metodologia.....	43
Figura 25 - Triângulos formados a partir da largura dos dedos.....	60
Figura 26 - Etapas de execução para a identificação.....	63
Figura 27 - Dispositivo para aquisição da imagem.....	64
Figura 28 - Desenho 3D do dispositivo para aquisição da imagem.....	64
Figura 29 - Imagem da palma da mão original.....	65
Figura 30 - Imagem da palma da mão em tons de cinza com o filtro Smothing.....	65
Figura 31 - Imagem Binarizada.....	65

Figura 32 - Imagem da borda da mão.....	66
Figura 33 - Identificação dos pontos A, B e C.....	67
Figura 34 - Identificação da inclinação da Imagem.....	68
Figura 35 - Normalização da Imagem.....	68
Figura 36 - Extração do ROI.....	68
Figura 37 - Tela principal.....	72
Figura 38 - Tela de incluir novo usuário.....	72
Figura 39 - Tela de gerenciar a base de dados.....	73
Figura 40 - Tela de reconhecimento.....	73
Figura 41 - Matriz de Confusão do Qui-Quadrado.....	79
Figura 42 - Matrizes de Confusão do Pearson.....	80
Figura 43 - Exemplo de Reconhecimento com base no limiar de decisão.....	82
Figura 44 - Passo 2 da instalação do <i>software</i>	85
Figura 45 - Passo 3 da instalação do <i>software</i>	86
Figura 46 - Passo 4 da instalação do <i>software</i>	87
Figura 47 - Passo 5 da instalação do <i>software</i>	88
Figura 48 - Passo 6 da instalação do <i>software</i>	89
Figura 49 - Passo 7 da instalação do <i>software</i>	90
Figura 50 - Passo 8 da instalação do <i>software</i>	91
Figura 51 - Tela principal.....	92
Figura 52 - Aquisição da imagem.....	93
Figura 53 - Registro do <i>username</i> do usuário.....	94
Figura 54 - Mensagem de inclusão do usuário.....	94
Figura 55 - Tela de iniciação do reconhecimento.....	95
Figura 56 - Tela com acesso concedido.....	96
Figura 57 - Tela com acesso negado.....	97
Figura 58 - Imagens das etapas do processamento biométrico.....	98
Figura 59 - Comparação de características extraídas pelo LPB.....	99
Figura 60 - Base de dados do LBP.....	100
Figura 61 - Base de imagens.....	101
Figura 62 - Tela da descrição do sistema.....	102
Figura 63 - Tela de finalização do sistema.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Funcionalidades do OpenCV.....	40
Tabela 2 - Representação do questionário empregado.....	45
Tabela 3 - Representação das respostas obtidas com o questionário empregado.....	47
Tabela 4 - Critérios do Ergolist.....	75
Tabela 5 - Comparação com Qui-Quadrado.....	78
Tabela 6 - Comparação com Correlação de Pearson.....	78
Tabela 7 - Resumo das Matrizes de Confusão.....	80
Tabela 8 - Taxas de medições.....	81
Tabela 9 - Tempo de processamento da metodologia.....	83

LISTA DE SIGLAS

CCD	- Charge Coupled Device
FAR	- False Accept Rate
FBI	- Federal Bureau of Investigation
GHz	- Gigahertz
GB	- Gigabyte
IHC	- Interação Homem Máquina
LBP	- Local Binary Pattern
MDF	- Medium Density Fiberboard
PPAS	- PalmPrint Authentication System
PGP	- Plano Geral do Projeto
PMBOK	- Project Management Body of Knowledge
RGB	- Red Green Blue
ROI	- Region of Interest
UML	- Unified Modeling Language
WBS	- Work Breakdown Structure

RESUMO

Como um método de identidade pessoal confiável, o reconhecimento da palma da mão tem recebido uma atenção cada vez maior e tornou-se uma área de intensa pesquisa nos últimos anos. Tendo isso em vista, este trabalho apresenta um novo sistema de identificação biométrica baseado na palma da mão humana, denominado de PPAS (*PalmPrint Authentication System*). O sistema descreve uma nova abordagem para a identificação individual e pessoal utilizando os dados da palma humana através do método *Local Binary Pattern* (LBP). A aquisição da imagem da palma da mão é realizada a partir de uma *webcam* acoplada em uma caixa MDF, barateando o custo da tecnologia e atingindo o principal objetivo proposto. Testado com 45 imagens, o sistema obteve resultados promissores, mostrando que a abordagem não é apenas robusta, mas também bastante eficiente.

Palavras-chave: Biometria. Palma da mão. LBP. Reconhecimento biométrico

ABSTRACT

As a reliable method of personal identity, recognition of the palm has received increasing attention and has become an area of intense research in recent years. With this in mind, this paper presents a new biometric identification system based on the human palm, called PPAS (PalmPrint Authentication System). The system describes a new approach for identifying individual and personal using the data of the human palm through the method Local Binary Pattern (LBP). The image acquisition of the palm is made from a webcam attached to a MDF box, reducing the cost of technology and achieving the main objective. Tested with 45 images, the system had produced promising results, showing that this approach is not only robust, but also very efficiently.

Key-words: Biometric. Palmprint. LBP. Biometric recognition.

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário onde a preocupação com a segurança na identificação pessoal torna-se mais significativa a cada dia, o cuidado com tal tecnologia merece especial destaque. Através das características biométricas, é possível realizar de forma segura e assertiva o reconhecimento humano.

A obtenção de características biométricas pode ser utilizada em inúmeros casos como restrição de acesso a espaços, bens ou serviços. A principal vantagem desse reconhecimento em relação à senha ou cartão magnético é que não podemos esquecer ou perder as nossas características biométricas.

Tecnologias de reconhecimento biométrico foram surgindo com o passar dos anos, tais como: identificação através da retina do olho, da face, da assinatura, da impressão digital, da palma da mão, da voz. Neste trabalho é abordada a tecnologia utilizando as características da palma da mão para identificação de usuários.

Conforme descrito por Moreira [1], a palma da mão de uma pessoa é formada ainda no 7^o mês do período de gestação e é uma característica que permanece na pessoa até o fim da vida, sem sofrer alterações e mudanças, o que torna os sistemas biométricos eficientes e com resultados satisfatórios. Além disso, a palma da mão possui vantagens com relação às outras tecnologias. Segundo Wu [2], a palma da mão contém mais informações que as impressões digitais, por isso é mais distintiva; dispositivos de captura são muito mais baratos do que os dispositivos de captura da íris; contêm características distintivas adicionais, como linhas principais e rugas, que podem ser extraídas de imagens de baixa resolução.

1.1 OBJETIVOS DO PROJETO

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo de baixo custo e um *software* de maior otimização no reconhecimento e autenticação de indivíduos através da biometria digital da palma da mão.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Obter os dados biométricos da palma da mão;
- Mapear os dados biométricos da palma da mão;
- Criar uma base de imagens para palma da mão para testes de validação;
- Desenvolver um dispositivo (*hardware*) para aquisição da imagem da palma da mão;
- Desenvolver um algoritmo para reconhecimento através da biometria da palma da mão, desde a segmentação até a interpretação do indivíduo;
- Tornar o reconhecimento de indivíduos por biometria digital mais viável.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Conforme o levantamento dos artigos lidos para este projeto, os dados biométricos da palma da mão não são padronizados, os dispositivos atuais são de elevados custos e existe uma preocupação com a segurança do reconhecimento quando se refere a dados biométricos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A necessidade de uma ferramenta de baixo custo, eficiente e que possuísse um baixo custo computacional para o mercado da biometria digital, motivou o desenvolvimento desta pesquisa. A escolha não foi feita por falta de ferramentas de reconhecimento biométrico no mercado, mas sim pelo alto custo financeiro que essas ferramentas possuem.

Segundo pesquisadores da área existe a necessidade de dispositivos de reconhecimento biométrico unimodal, já que o bimodais (que envolvem mais de uma característica) comprovam ser mais eficientes, porém o custo computacional de tais dispositivos são maiores que de dispositivos unimodais, além disso, os bimodais são mais intrusivos, já que duas características são requisitadas ao usuário.

Através da ferramenta proposta, o reconhecimento biométrico pode ser feito a partir de um dispositivo unimodal, com grande robustez e pequeno custo computacional.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido da seguinte forma: o capítulo 2 aborda a fundamentação teórica utilizada na pesquisa. A metodologia empregada está descrita no capítulo 3. No capítulo 4, consta a análise dos resultados. A apresentação do software desenvolvido está o capítulo 5. E finalmente, no capítulo 6, a conclusão do trabalho é apresentada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo está dividido em 6 seções: biometria, formas de reconhecimento biométrico (onde as subseções trazem informações sobre as formas mais utilizadas), reconhecimento biométrico através da palma da mão, imagem digital, algoritmo LBP (*Local Binary Pattern*) e biblioteca OpenCV.

2.1 BIOMETRIA

A Biometria, segundo Araújo [3], é um mecanismo de identificação de indivíduos que utiliza características únicas. Trata-se de reconhecer indivíduos baseando-se em características comuns, sejam elas físicas ou comportamentais, mas que são únicas para cada indivíduo.

Conforme Ribeiro [4], a biometria teve origem no final do século XIX quando alguns pontos e características que poderiam identificar as impressões digitais foram descobertas por Sir Francis Galton. Esse processo foi automatizado mais tarde, no final dos anos 60, com o surgimento da tecnologia dos computadores. A partir de então o FBI foi pioneiro de tal tecnologia percebendo a necessidade do processo de automatização de reconhecimento humano. Em 1975 o próprio FBI fundou a tecnologia de desenvolvimento para “escaneamento”, o que levou a um protótipo de leitor. Em 1981, graças ao trabalho da NITS (*Institute of Standards and Technology*), cinco sistemas automáticos de identificação a partir da impressão digital já existiam. Muitos estados dentro dos Estados Unidos e também de outros países adquiriram seu próprio sistema de identificação digital desenvolvido por diversos fornecedores.

Com o passar dos anos outras tecnologias de reconhecimento biométrico baseadas em características físicas e em características comportamentais foram surgindo.

São exemplos de características físicas: impressão digital, face, retina do olho, íris, geometria da palma da mão, veias da palma da mão, formato da unha,

entre outros. Maneira de andar, dinâmica de digitação, assinatura manuscrita e voz são exemplos de características comportamentais.

Uma das maiores vantagens das características físicas é a disponibilidade que elas possuem, pois estão sempre com o indivíduo. Outro benefício é a rapidez na leitura. Algumas pessoas podem considerar o reconhecimento biométrico de forma intrusiva e não se sentir a vontade com o reconhecimento. Além disso, algumas características físicas podem mudar com o tempo. Já as tecnologias por características comportamentais têm como principal benefício não ser intrusiva, mas nem todo ambiente é propício a esses sistemas, no caso de reconhecimento por voz a poluição sonora pode atrapalhar.

De acordo com Romano [5], para que essas características sejam usadas no reconhecimento biométrico devem satisfazer os seguintes requisitos:

- Universalidade ou perenidade: todos os indivíduos possuem a característica;
- Unicidade ou variabilidade: a característica ser única para cada indivíduo;
- Alto grau de impostura: difícil grau de imitação da característica;
- Aceitabilidade: os indivíduos que irão utilizar o sistema devem aceitar fornecer as características;
- Mensurabilidade: a característica pode ser coletada e medida;
- Imutabilidade ou permanência: a característica não muda com o tempo.

Os sistemas de reconhecimento biométrico baseiam-se em um princípio comparativo, onde os usuários gravam num banco de dados o mapeamento da característica e posteriormente, no momento da autenticação, o indivíduo submeterá sua característica novamente ao sistema a fim de ser comparada ao banco de dados e comprovada sua identidade.

Há diversos tipos de processos de identificação que não utilizam biometria, tais como: senhas, chaves, cartões, entre outros. Porém, esses dados podem ser roubados, emprestados ou perdidos, problemas esses que não ocorrem com o reconhecimento baseado em biometria, pois os dados são inerentes ao indivíduo e estão sempre disponíveis.

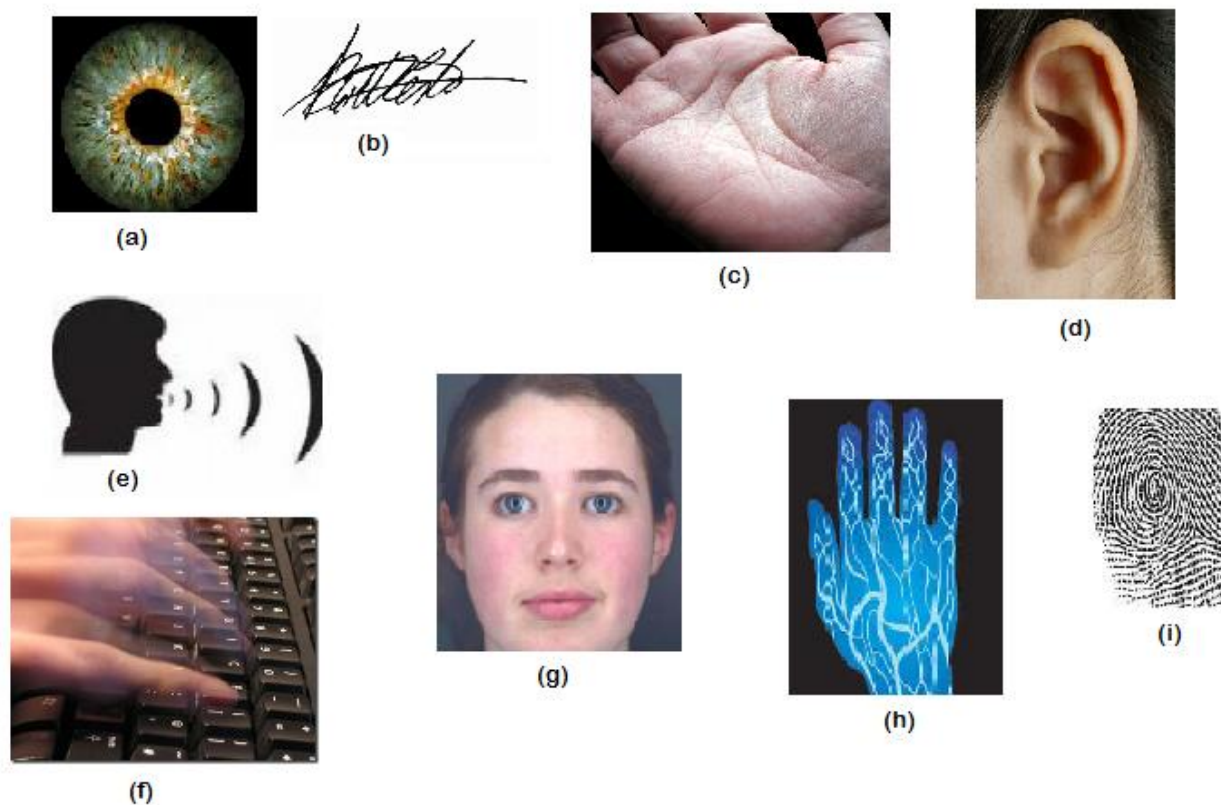


Figura 1 - Exemplo de características biométricas: (a) Iris e retina do olho, (b) Assinatura, (c) Palma da mão, (d) Orelha, (e) Voz, (f) Dinâmica de digitação, (g) Face, (h) Veias da mão, (i) Impressão digital

2.2 FORMAS DE RECONHECIMENTO BIOMÉTRICO

Nesta seção são descritas as aplicações mais utilizadas para o reconhecimento biométrico baseado em biometria física (impressão digital, face, íris/retina e palma da mão) e em biometria comportamental (voz, assinatura manuscrita e digitação).

2.2.1 Impressão Digital

A impressão digital vem sendo usada para o reconhecimento biométrico por muitos séculos. Esse método é utilizado em grande escala em sistemas de verificação de pequeno e médio porte, que envolvem centenas de usuário. Há três tipos de dispositivos que podem coletar a impressão digital: ótico (flexão da luz sobre o dedo), capacitivo (mede o calor que sai da digital) e ultra-sônico (envia sinais sonoros e analisa o retorno deles como um radar milimétrico). O mais utilizado é o ótico.



Figura 2 - Ilustração da identificação biométrica por impressão digital de Ribeiro [4]

A partir da captação da imagem pelo dispositivo, cristas e vales do dedo são medidos e guardados para a comparação posterior. Há inúmeros métodos para essa mensuração.

Segundo Jain [6] um problema com os sistemas de reconhecimento de impressão digital é que eles requerem uma grande quantidade de recursos computacionais. Outro problema seria uma pequena porção da população ser inadequada para a identificação automática por causa da genética, fatores de envelhecimento, razões ambientais ou ocupacionais (por exemplo, os trabalhadores manuais, que podem ter um grande número de cortes e hematomas em suas impressões digitais).

2.2.2 Face

De acordo com Jain [6], a identificação a partir da face humana baseia-se na localização da forma de atributos faciais, tais como olhos, sobrancelha, nariz, queixo, lábios, e suas relações espaciais. É uma das técnicas de reconhecimento biométrico menos intrusivas, pois não há o contato pessoal com nenhum tipo de aparelho.



Figura 3 - Biometria Facial obtida em [7]

O reconhecimento facial é feito a partir de 3 etapas, conforme Dantas [8]:

- Escaneamento da imagem digital individual, onde picos e depressões existentes na face são identificados;
- Normalização da imagem, nessa etapa a imagem é padronizada, de tal forma que todas as imagens adquiridas tenham o mesmo tamanho, posição e resolução;
- Comparação, aqui a imagem adquirida é comparada com as já existentes no banco de dados para o possível reconhecimento/autenticação.

Uma das desvantagens desse processo é que gêmeos e sócias, óculos e expressões faciais podem confundir o sistema.

2.2.3 Íris e Retina

O olho humano possui duas características biométricas: íris e retina.

Segundo Romano [5] a íris possui um composto de fendas, rugas, estrias, sulcos, fibras colágenas, sardas, buracos, veias e cores. Para a extração das características é utilizada uma câmera monocromática e a pupila é isolada na imagem. O processo de comparação baseado na íris humana calcula a medida da similaridade utilizando a distância de Hamming normalizada, esse método calcula a quantidade de divergências de bits entre as codificações.



Figura 4 - Biometria do olho (íris e retina) em [9]

De acordo com Magalhães [10], a tecnologia de reconhecimento biométrico baseado na retina humana pode atingir altos níveis de precisão, ela analisa camadas de vasos sanguíneos localizados atrás do olho. Para captação da imagem é utilizado uma fonte de luz de baixa intensidade para que se possa opticamente reconhecer padrões únicos.

As técnicas de reconhecimento utilizando características do olho não são indicadas para pessoas que utilizam óculos e tem um alto custo de aquisição do equipamento.

2.2.4 Palma da Mão

A identificação de indivíduos através da palma da mão pode ser dividida em dois tipos: reconhecimento a partir das veias e reconhecimento a partir da geometria da mão. A primeira tecnologia foi implementada recentemente pela empresa japonesa *Fujitsu Limited* com um projeto denominado *PalmSecure*. Utilizando o mapeamento das veias da palma da mão, esse método é considerado muito seguro, de difícil violação e tem um custo médio [11].



Figura 5 - Imagem da Palma da Mão

Conforme Canedo [11], nesse método a mão é irradiada por raios infravermelhos e a reflexão desses raios é lida por sensores, as veias aparecem como padrões escuros na imagem, pois a hemoglobina absorve os raios e reduz a reflexão. Atualmente essa tecnologia é empregada em caixas eletrônicos do banco Bradesco.



Figura 6 - Reconhecimento biométrico da palma da mão do Banco Bradesco [12]

A identificação baseada na geometria da palma da mão pode ser feita por várias técnicas, desde o contorno da mão até pontos específicos encontrados na palma que podem ser mensuráveis. No tópico 2.3 deste capítulo, mostraremos alguns dos estudos já realizados sobre esse assunto.

2.2.5 Voz

O reconhecimento de voz tem como tarefa traduzir um sinal acústico (analógico) representando a fala de uma pessoa em uma representação textual que corresponda àqueles sons, conforme Laurino [13]. A captura do som é feita através de um microfone onde o usuário pronuncia uma frase qualquer ou selecionada.

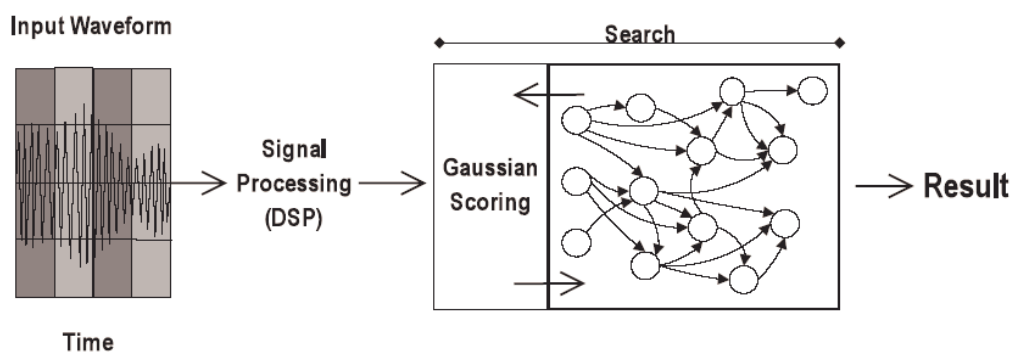


Figura 7 - Visão geral do processo de reconhecimento de voz proposto por Laurino[13]

Os sistemas biométricos para esse processo são complexos, pois a voz tem sotaques, cada fala tem um determinado volume, há certas palavras que possuem ambigüidade e também o ruído do ambiente pode dificultar a verificação do indivíduo. Apesar disso, o reconhecimento por voz é utilizado principalmente em telefones celulares que realizam chamadas por voz. [14].

2.2.6 Assinatura Manuscrita

O sistema de identificação da assinatura manuscrita do usuário mede e analisa o ritmo de escrita, contato com a superfície, tempo total de duração e entre outros [15]. A fragilidade dessa biometria comportamental está relacionada nas características da assinatura que podem mudar de acordo com o ambiente, papel, caneta, entre outros. Outro problema para a identificação são os usuários que variam demasiadamente as suas assinaturas.



Figura 8 - Assinaturas obtidas em [16]. (a) Exemplo de assinatura original e (b) forjada com tremor

Segundo Lopes [15], na Inglaterra, o reconhecimento pela assinatura é aplicado no presídio de Pentoville, verificando a assinatura do preso para evitar que ele se passe por outro na retirada de comida.

2.2.7 Digitação

O reconhecimento da dinâmica de digitação tem como principal objetivo verificar o ritmo da digitação do usuário aumentando a segurança de sistemas de informação, de acordo com Lopes [15]. A velocidade de digitação, tempo em que uma tecla fica pressionada, frequência de teclas erradas digitadas, etc, são maneiras de medir o ritmo de digitação.



Figura 9 - Dinâmica da Digitação

Sistemas biométricos baseados na digitação são bastante viáveis por possuírem baixo custo e sua implementação ser fácil em sistemas de acesso a usuário de uma página na Internet [17].

2.3 RECONHECIMENTO BIOMÉTRICO ATRAVÉS DA PALMA DA MÃO

Nas pesquisas atuais, há estudos interessantes de sistemas biométricos, usando as características biométricas da mão. Conforme a Figura 10 é possível verificar o avanço do estudo nesta área a partir dos trabalhos utilizados nesta seção que estão descritos a seguir.

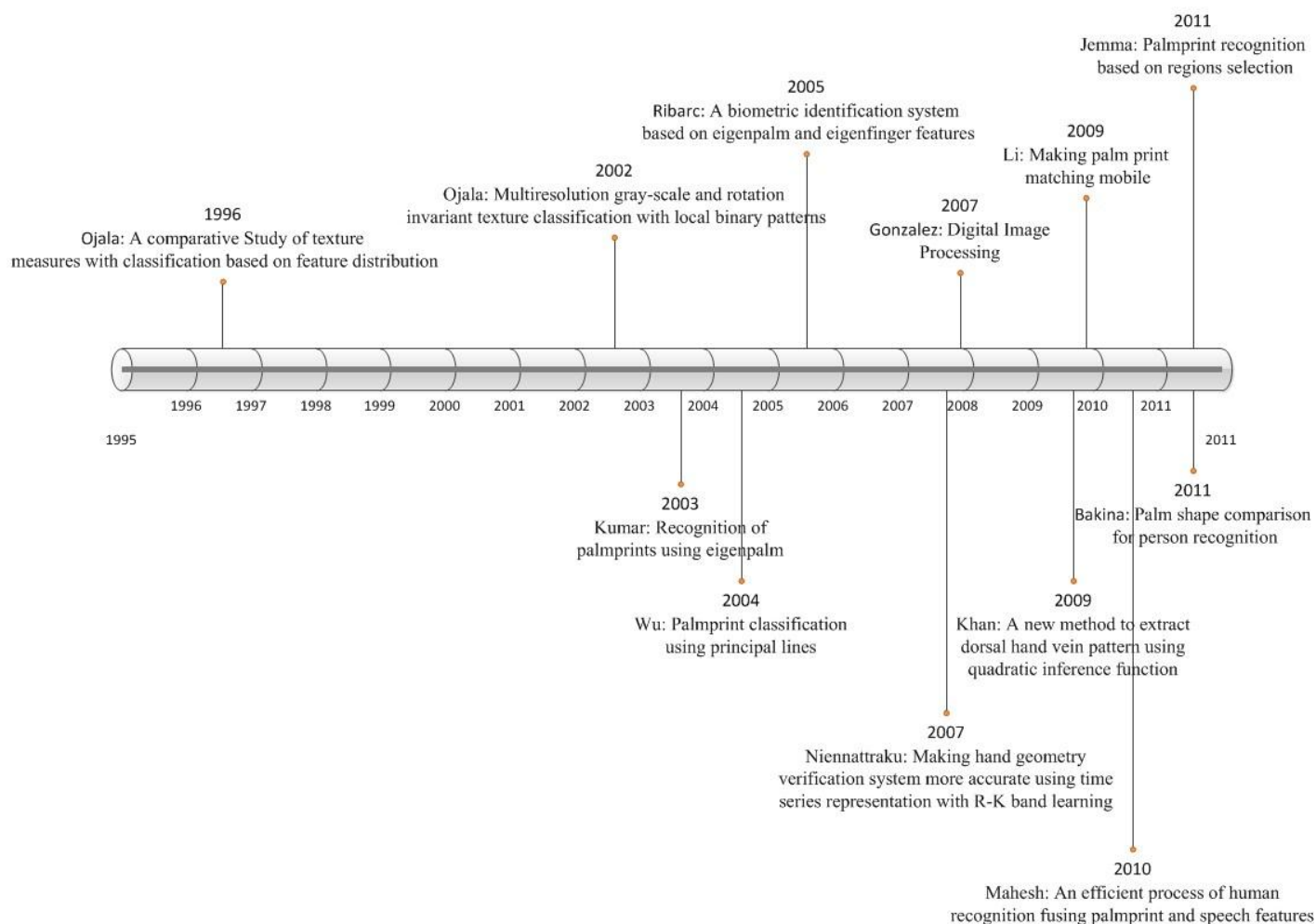


Figura 10 - Timeline dos estudos utilizados nesta seção

Khan e Khan [18] propõem a identificação e autenticação de usuários utilizando o mapeamento das veias do dorso da mão que pode ser obtido a partir de métodos de infra-vermelho (Figura 12). Outros autores [19] [20] [21] [22] [23] usam a geometria da mão, aplicando cálculos geométricos no formato da mão como dados biométricos. Além disso, há diversas maneiras de aquisição das imagens, como uso de “scanner”, de máquinas digitais e de câmeras CCD(Figura 11).

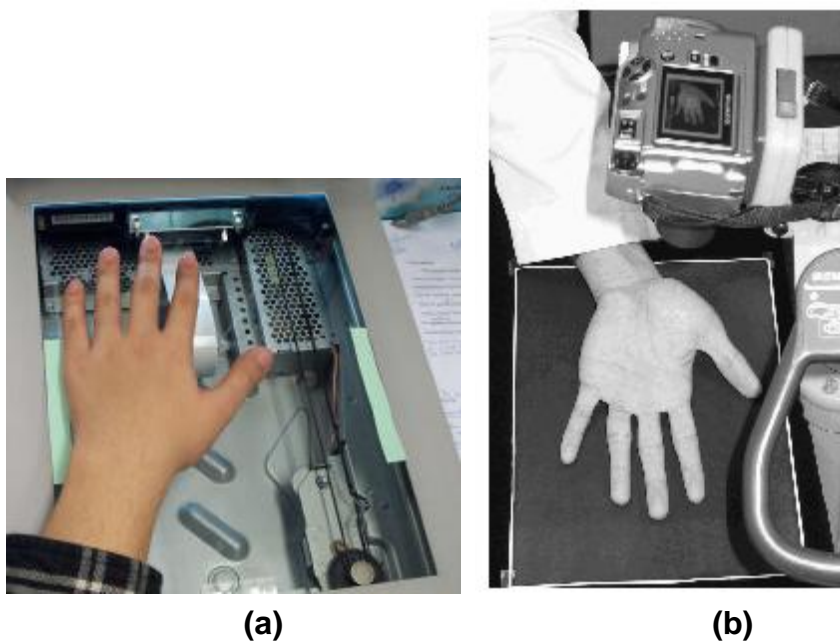


Figura 11 - Exemplos de dispositivos de aquisição de imagem: (a) Aquisição de imagem por Scanner de Kumar [23] e (b) Aquisição por camera digital do artigo de Leng[21]



Figura 12 - Amostra de um padrão das veias do dorso da mão do estudo de Khan [18]

Analisando a literatura estudada sobre impressões digitais da palma da mão, percebe-se que um desafio para o reconhecimento biométrico é a posição da mão para aquisição da imagem. Por exemplo, Li [21] em seu estudo propõe a extração da imagem da região de interesse (ROI), mostrando que com cálculos geométricos pode-se extrair os dados biométricos da palma da mão com qualquer posicionamento dos dedos e rotação da mão, conforme a Figura 13. Da mesma forma, a pesquisa de Niennattraku [19] que utiliza o contorno e a geometria da mão

tem um nível elevado de acerto, porém o método identificado pode variar com o posicionamento da mão.

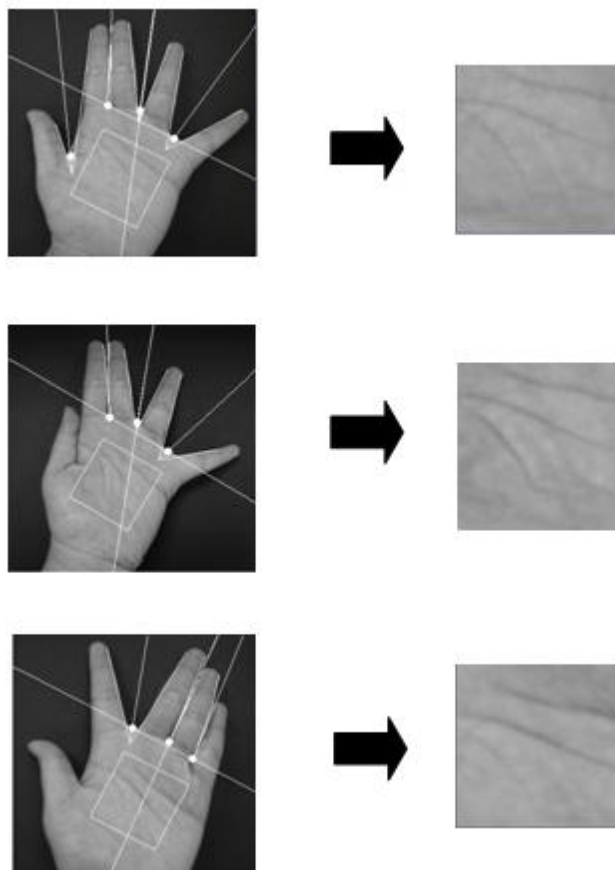


Figura 13 - Extração dos ROIs com flexibilidade da posição da mão segundo Leung[21]

No trabalho de Ribarc [20], a imagem da mão é capturada através de um *scanner* e não há restrição de posicionamento, facilitando para o usuário. Esse estudo utiliza a palma da mão e os dedos como dados biométricos ilustrados na Figura 14, o que faz com que o sistema se torne multimodal e conseqüentemente mais eficiente.

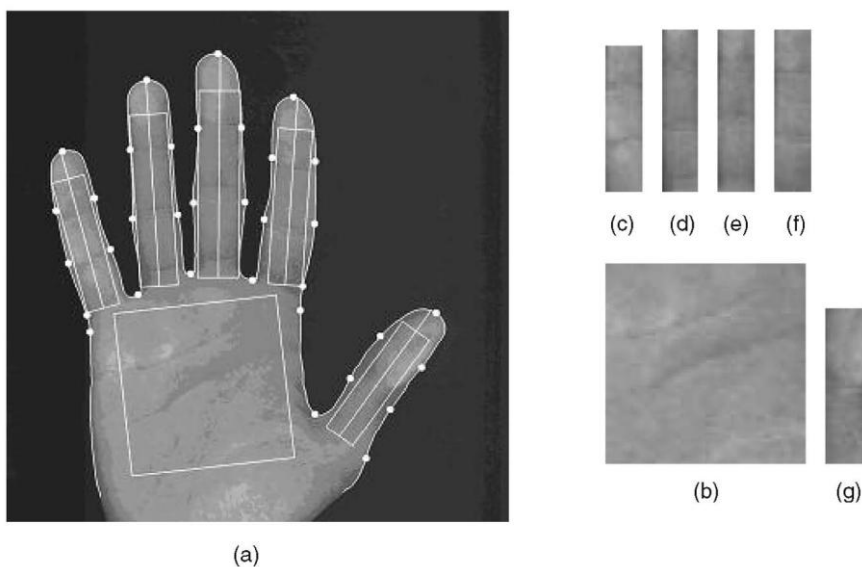


Figura 14 - Processo de extração de características de Ribarc [20]. (a) Imagem original da mão com as regiões de interesse marcadas. (b) Sub-imagem da palma. (c) Sub-imagem do mínimo. (d) Sub-imagem do anelar. (e) Sub-imagem do dedo médio. (f) Sub-imagem do indicador. (g) Sub-imagem do polegar

Bakina [24] utiliza em sua pesquisa uma *webcam* para aquisição da imagem, nesse método não há restrição para a rotação da mão ou para dedos abertos ou fechados. Pontos chaves são usados como dado biométrico, começando no topo dos dedos e terminando no final da palma. Esses pontos são extraídos de uma composição circular da imagem binária, conforme a Figura 15. A precisão desse sistema foi de 99% com uma alta taxa de FAR (*False Acceptance Rate*), quando combinado com recurso de voz, tornando-se bimodal, a taxa de FAR cai para 0%.

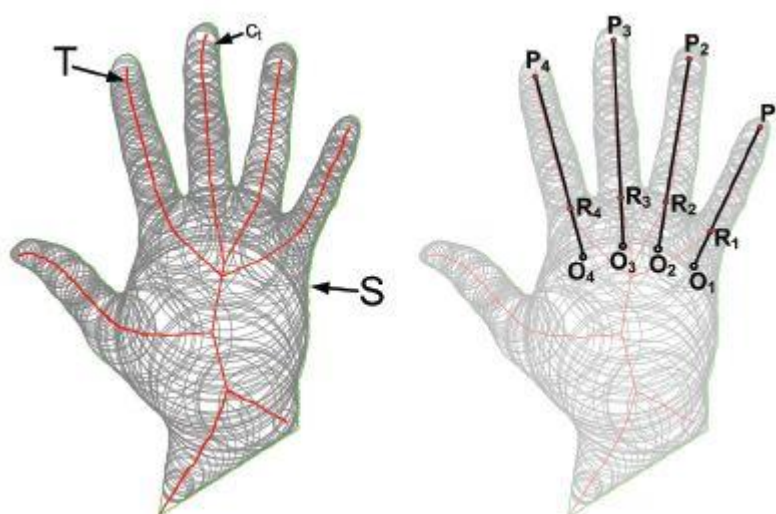


Figura 15 - Composição circular da imagem binária de Bakina [24]

Em um estudo conduzido por Jemma [25] onde a palma da mão é utilizada como dado biométrico. Há a binarização da imagem e o contorno da mão é utilizado como referência, empregando o método Euclidiano para a extração do ROI. Neste trabalho a palma da mão é dividida em sub-regiões e utiliza-se o algoritmo LBP para extração das características. Com essa divisão ganhou-se em termos de desempenho, tempo de identificação e menor espaço em banco de dados (Figura 16).

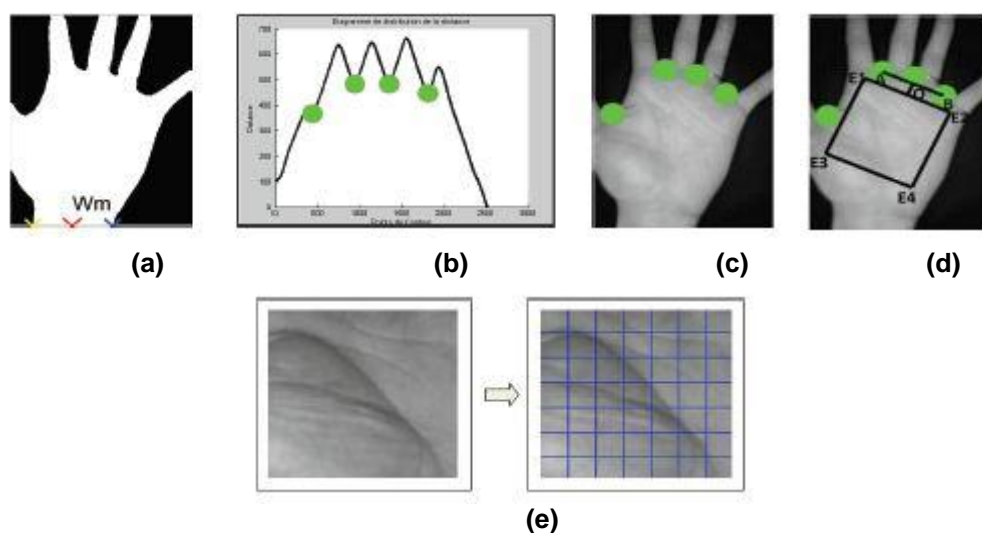


Figura 16 - Pré-processamento do estudo da Jemma[25]. (a) Determinação da distancia entre os dedos usando como referência o ponto Wm. (b) Diagrama de distribuição da distância dos pontos do contorno da mão para uma referência. (c) Pontos do contorno da mão localizados. (d) Criação do ROI. (e) ROI recortado da imagem e sub-dividido para a aplicação do operador LBP

Segundo Mahesh [22], sistemas biométricos unimodais (que utilizam apenas uma característica) são mais rentáveis, mas nem sempre são suficientes para reconhecimento de um indivíduo. Logo, os sistemas biométricos multimodais [20] [22] tem maior precisão de acerto, chegando até 100%. Porém, observa-se que na pesquisa de Kumar [23], é utilizado apenas a palma da mão como dado biométrico e tem um bom índice de acerto, em 98,67%. Já na proposta de Wu [2], onde não há reconhecimento biométrico e sim uma classificação das linhas da palma da mão (Figura 17) com base na posição em que elas se encontram, obteve-se 96,03% de exatidão na classificação.

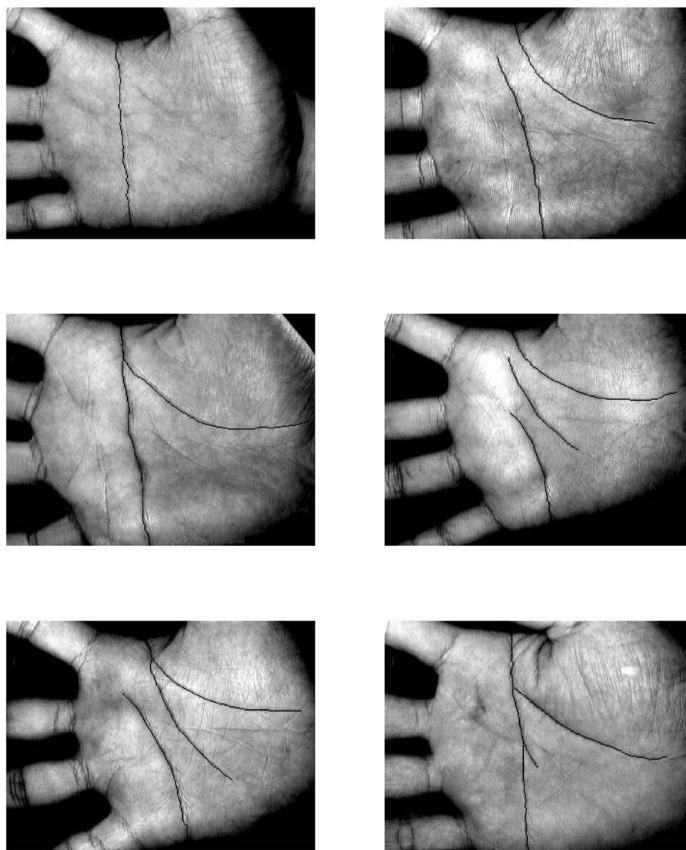


Figura 17 - Exemplos das linhas da palma da mão de pessoas diferentes segundo Xiangqian Wu [2]

Assim sendo, é possível concluir através dos estudos vistos nessa seção que, a biometria da palma da mão é uma área muito promissora. As possibilidades de reconhecimento utilizando as características da mão são variadas, podendo realizar a junção de duas ou mais características para melhores resultados.

2.4 IMAGEM DIGITAL

A imagem é uma função bidimensional de intensidade da luz $f(x,y)$, onde x e y determinam coordenadas espaciais e o valor f em qualquer ponto da imagem é referente ao nível de cinza (brilho) naquele ponto da imagem, conforme Gonzalez [26]. Dessa forma imagem digital é uma imagem $f(x, y)$ discretizada em coordenadas de brilho e espacial. A imagem digital é uma matriz onde suas linhas e colunas

identificam pontos na imagem, cada ponto é representado por um número e cada número representa o brilho nesse determinado ponto. Esses pontos podem ser denominados elementos de figura, em inglês *Picture Elements*, que pode ser abreviado como *pixel* ou *pels*.

De acordo com Scuri [27], a imagem digital é formada a partir de objetos do mundo real, chamado de universo físico, dispositivos como câmeras ou sensores capturam esses objetos. Descrições abstratas desses objetos são formadas, esse universo é denominado matemático. Uma representação discreta, chamada de universo de representação, desses objetos é feita e permite trazer descrições abstratas para o mundo digital. Ainda há o universo de implementação aonde acontece a codificação do sinal discretizado na memória do computador através de uma estrutura de dados. Esses passos são vistos na Figura 18.

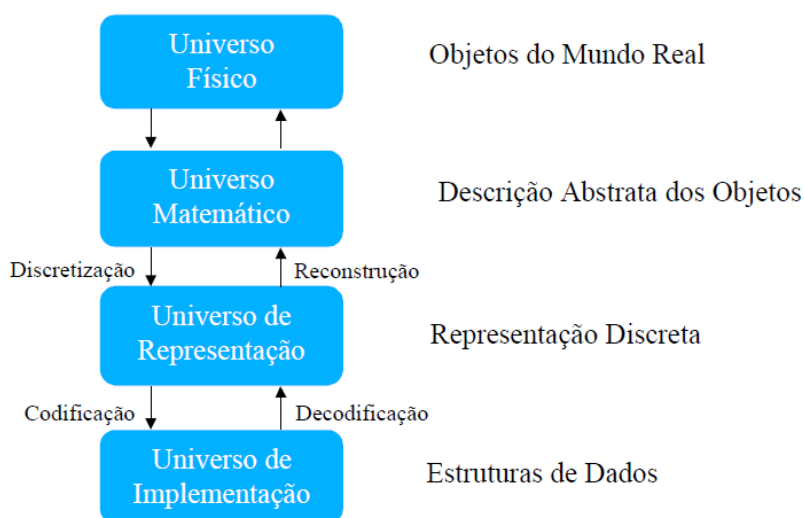


Figura 18 - Passos para a formação da imagem digital

A imagem é obtida por dispositivos que delimitam seu tamanho, ela é um sinal de cor 2D contínuo. A discretização, que consiste na observação de um sinal contínuo no espaço/tempo em posições/instantes discretos dessa imagem é feita. A imagem continua é modelada pela função:

$$f(x, y) = \text{Cor no ponto } (x, y)$$

$$x \in [0, X] \text{ e } y \in [0, Y]$$

(1)

Sendo X e Y números reais e limitados no intervalo de 0 a X e de 0 a Y .

A imagem digital é conseguida a partir da quantificação dessa função e de uma amostragem. Quando o plano é amostrado temos uma matriz de valores que representam a cor em *Pixel* [27].

O conceito de *Pixel* vem do inglês “*Picture Element*” e como já citado anteriormente é o nome dado a cada elemento da matriz, representado ou codificado, em valor numérico inteiro, conforme mostra a Figura 19. *Pixel* é a menor unidade da imagem que pode ser controlada ou representada.

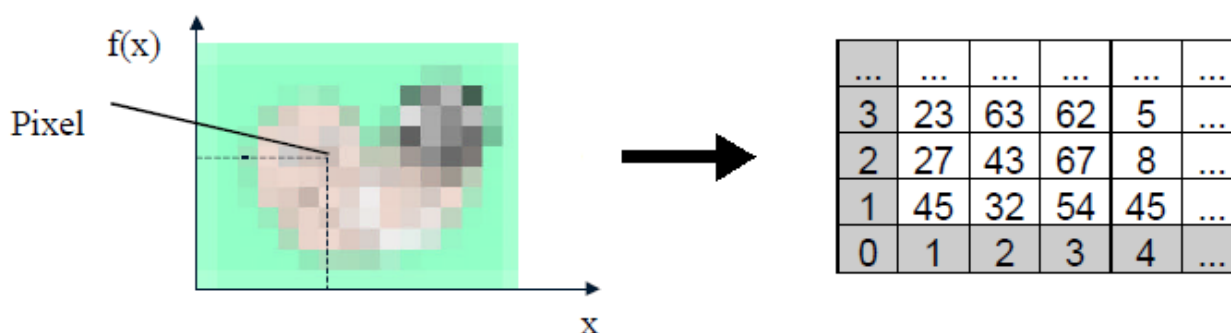


Figura 19 - Representação de pixels de Scuri[27]

O valor de um *pixel* é um número de 1-byte para tons de cinza, que é armazenado como um inteiro de 8 *bits* dando um intervalo de valores possíveis de 0 a 255. Geralmente 0 é considerado como sendo o preto e 255 branco, valores entre esses número compõe os tons de cinza. Quando se fala em imagens coloridas, onde é assumido um espaço RGB, o valor do *pixel* assume um vetor de três números. Na imagem colorida (RGB) é possível construir quase todas as cores combinando as três cores primárias: vermelho, verde e azul. Com um total de 24-bit, a imagem contém 8 *bits* para cada cor, sendo assim capaz de exibir $2^{24} = 16777216$ cores diferentes.

A paleta de cores é um método onde um valor de *pixel* pode admitir qualquer combinação de cor. Esse método permite que exista uma grande variedade de cores sendo suportado em um espaço limitado de memória utilizando apenas 8 *bits* por *pixel*.

Uma imagem digital admite vários formatos de armazenamento após sua captura, Neves [42] cita os seguintes formatos:

- **JPG (JPEG File *Interchange Format*):** Gera uma imagem comprimida e tem como característica a perda da qualidade não representando a imagem como a original. Permite taxas de compressão muito maiores do que métodos sem perda.
- **BMP (*Windows Bitmap*):** Gera imagens não comprimidas, por isso tem uma qualidade maior, porém gera arquivos grandes.
- **GIF (*Graphics Interchange*):** Permite somente 256 cores, mas reproduz a imagem original com muita fidelidade. Geralmente imagens animadas são salvas em GIF.
- **PNG (*Portable Network Graphics*):** Surgiu em 1996, assim como o GIF pode ser utilizada para imagens animadas, pode-se dizer que o PNG é um melhoramento do GIF.
- **PMG (*Portable GrayMap*):** Armazena dados em uma longa lista de bytes que representam em escala de cinza cada pixel da imagem;

De acordo com Gozalez [26], existem passos fundamentais em processamento de imagens digitais que são necessários, visto que esse processamento abrange uma ampla escala de *hardware*, *software* e fundamentos teóricos. A Figura 20 ilustra que por meio de processamento de imagens é possível obter um resultado a partir do domínio do problema.

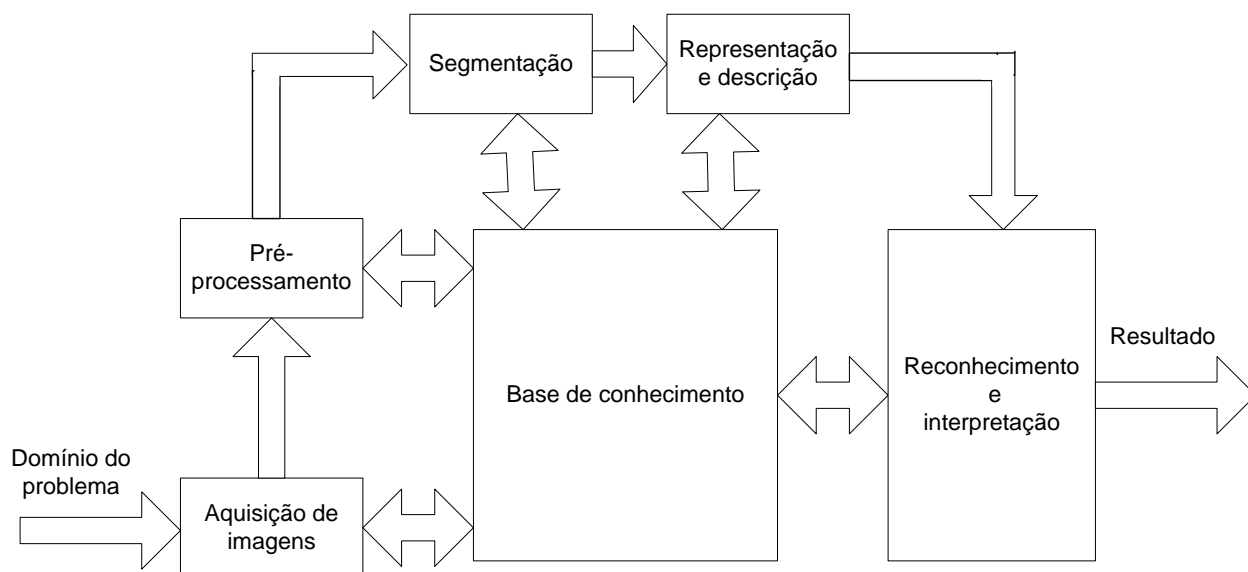


Figura 20 - Passos Fundamentais em processamento de imagens digitais, segundo Gonzalez[26]

A aquisição de imagem é o primeiro passo do processo. Existem várias formas de adquirir uma imagem digital, mas para isso é necessário que o dispositivo físico produza uma imagem inteira do domínio do problema a cada 1/30 s. Se o sensor de imageamento não for capaz de digitalizar a imagem, um conversor analógico-digital a digitaliza. A aplicação é quem determina a natureza do sensor e da imagem que ele produz.

O próximo passo, após a captura de uma imagem digital é o pré-processamento. Seu objetivo principal é melhorar e padronizar a imagem a ser analisada para que os processos seguintes sejam concluídos com sucesso.

Conforme mostrado na Figura 20, a próxima etapa é a segmentação que divide uma imagem de entrada em partes ou objetos constituintes. Ao final desse passo, a imagem é constituída tipicamente por dados em forma de *pixels*. É preciso definir se os dados devem ser representados como fronteira, adequada para o interesse nas características externas (cantos ou pontos de inflexão) ou se esses dados serão representados por região, com interesse nas propriedades internas (textura ou a forma do esqueleto).

Para que o processamento computacional seja possível, a transformação dos dados iniciais numa forma adequada através da escolha de uma representação é necessária. As características de interesse devem ser enfatizadas, especificando também um método para descrever os dados. O processo de descrição, também chamado de seleção de características, extrai as características que resultem em alguma informação quantitativa de interesse.

O próximo e último estágio envolve reconhecimento e interpretação, onde o reconhecimento baseado na informação fornecida pelo descritor atribui um rótulo a um objeto e a interpretação envolve a atribuição de significado a um conjunto de entidades rotuladas.

Segundo Gonzalez [26], o conhecimento sobre o domínio do problema está codificado em sistema de processamento de imagens na forma de uma base de conhecimento. A base de conhecimento controla a interação entre os módulos e guia a operação de cada um, vista na Figura 20 através de flechas duplas entre os módulos de processamento e a base de conhecimento. A representação das flechas simples entre os passos do processamento baseia-se em conhecimento prévio da natureza esperada do resultado. Como complemento ao reconhecimento da imagem digital, obtém-se a Visão Computacional.

A Visão Computacional teve suas primeiras menções em 1955 e aliada a Inteligência Artificial iniciou-se trabalhos a seu respeito na década de 70, de acordo com Milano [30]. Os pesquisadores da época achavam que seria possível em pouco tempo representar em uma máquina o sentido da visão. Nas décadas seguintes, a falta de informações e de modelos que representassem como as imagens são interpretadas no cérebro humano, verificou-se uma complexidade da Visão Computacional.

O principal objetivo da Visão Computacional é determinar as características dos objetos representados em uma imagem [29]. Segundo Milano [30], em seu estudo, a Visão Computacional é a ciência responsável pela visão de uma máquina, que a partir de imagens capturadas por câmeras de vídeo, sensores, scanners, entre outros dispositivos, extrai informações significativas que permitem reconhecer, manipular e pensar sobre os objetos que compõem uma imagem.

Milano [30] diz que, “o olho humano consegue perceber e interpretar objetos em uma imagem de forma muito rápida”. A parte do cérebro que ocorre isso é no cortex visual, por ser uma das partes mais complexas do sistema de processamento do cérebro alguns cientistas se concentram em estudos para apresentar ideias para a visão computacional. A Figura 19, representa como exemplo o conceito de Milano [30], onde aparentemente a imagem é normal, mas entre as árvores é possível ver a silhueta de Napoleão.

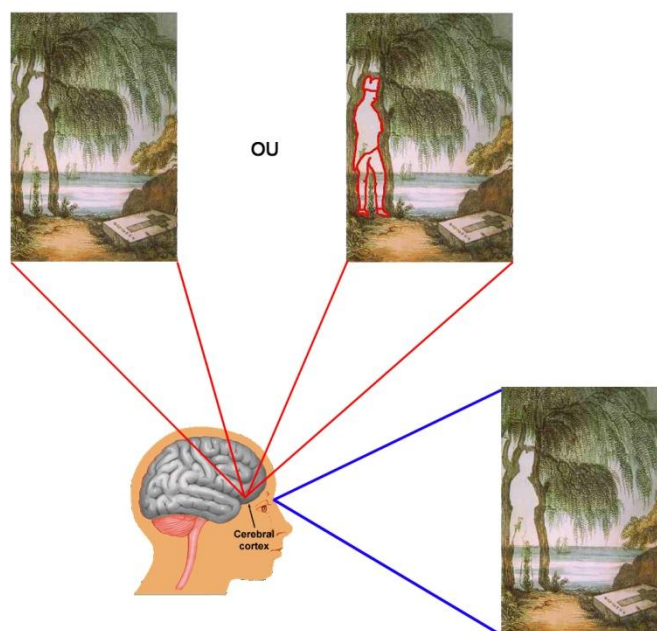


Figura 21 - Imagem com mensagem sublimar

Portanto, através de imagens e vídeos a visão computacional fornece informações ao computador de forma que ele consiga simular e se aproximar da inteligência humana, executando tarefas inteligentes.

Existem vários softwares que auxiliam no processamento de imagens para diversas aplicações, como por exemplo, para detecção de face, sensoriamento remoto, identificação de placas de carro, efeitos visuais, etc. Alguns *softwares* que já atuam no mercado:

- ImLab: serve como um laboratório para implementar rotinas de processamento de imagem[31];
- LAP ZTW: é um *software* capaz de identificar veículos lendo a sua placa automaticamente [32];
- Adobe Photoshop: *software* que auxilia na edição e tratamento de imagens.

2.5 ALGORITMO LBP (*LOCAL BINARY PATTERN*)

O LBP (*Local Binary Pattern*) é um classificador de texturas em escala de cinza simples, mas muito eficiente, que atribui a cada pixel da imagem um valor binário. Esse método foi proposto pelo Ojala em 1996 [33], em que ele aprimorou um estudo feito por Wang and He [34] sobre análise de texturas. Continuando seu estudo sobre LBP, em 2002 Ojala [35] produziu outro artigo com testes baseados na variação em escala de cinza das texturas.

Para utilizar o LBP é preciso primeiramente dividir a imagem a ser analisada em células formando uma matriz, conforme a Figura 22. Para cada célula da matriz é feita uma varredura analisando os *pixels* que possuem 8 *pixels* vizinhos. Eles são comparados atribuindo 0 aos valores dos vizinhos que possuem valor inferior ao pixel central e 1 aos valores superiores ou iguais, gerando a matriz binária. Os valores da matriz binária são multiplicados pelos valores correspondentes de uma terceira matriz criada com valores na base 2 (1,2,4,8,16,32,64,128).

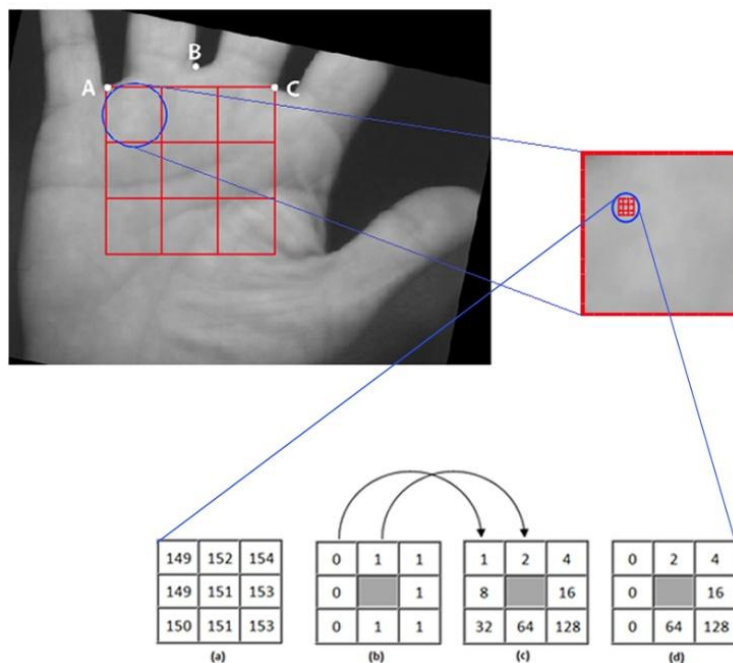


Figura 22 - Obtenção do LBP. Em (a) a matriz com os pixels da imagem. Em (b) uma matriz binária após comparação com pixel central. Em (c) a matriz criada na base 2 é utilizada para multiplicar as respectivas células dos valores encontrados em (b). E em (d) o resultado dessa multiplicação

A soma dos valores da matriz final é utilizada para produzir os dados biométricos representados no histograma LBP. No exemplo da Figura 22, o resultado da célula central é $2+4+16+128+64=214$.

Assim é feito para cada *pixel* da imagem gerando um valor decimal. Depois de realizado esse processo nos *pixels* da célula, o número de ocorrência dos valores decimais são contabilizados e armazenados em um vetor gerando o histograma, apresentado na Figura 23. Após realizar esse processo em todas as células da matriz que compõem a imagem inteira, o operador LBP concatena os histogramas em um vetor que varia de 0 a 255.

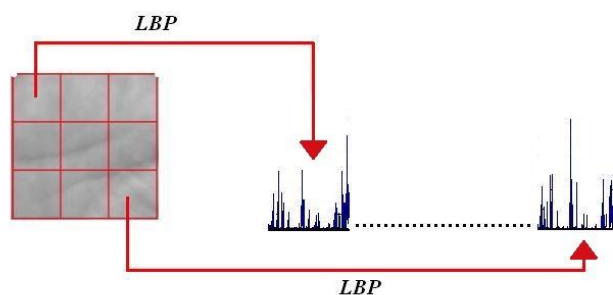


Figura 23 - Obtenção da LBP, em nove regiões da palma da mão

O LBP se tornou uma abordagem popular utilizada em diferentes aplicações, pelo seu poder discriminativo e simplicidade computacional. Ahonen [38], utilizou o método LBP em seu estudo para o reconhecimento de face, obtendo um resultado promissor, onde áreas planas, manchas, linhas e bordas são bem descritas pelo LBP. No estudo de Mascaro [39], o LBP auxiliou na análise de imagens de mamografias, apresentando resultados representativos durante a classificação dos tecidos nas mamografias.

A característica predominante do operador LBP é a capacidade de lidar com as variações de iluminações na imagem [36]. Sendo assim, é utilizado principalmente em sistemas de reconhecimento de face e expressão facial, onde um dos problemas consiste na variação de iluminação [37].

2.6 OPENCV

O OpenCV (*Open Source Computer Vision*) é uma biblioteca multiplataforma de funções para programação na área de visão computacional, segundo Marengoni [40] e Lima [41]. Vem sendo desenvolvida desde 2001 pela Intel e é uma biblioteca de livre uso comercial e acadêmico desde que seja seguido o modelo de licença BSD Intel. A primeira versão da biblioteca foi lançada em 2006. A biblioteca pode ser aplicada na área de reconhecimento biométrico, reconhecimento de movimentos, realidade virtual, reconstrução 3D, identificação de objetos, entre outras.

A tabela 1 ilustra as principais funções do OpenCV:

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
Manipulação de imagens	Alocação, desalocação, cópia, modificação, conversão
IO de vídeo e imagem	<i>Input e output</i> baseado em arquivo e câmera
Manipulação de matrizes e vetores e retinas de álgebra linear	Produto, solução, <i>single value decomposition</i> (SVD)
Diversas estruturas de dados dinâmicas	Listas, filas, pilhas, árvores, grafos
Processamento de imagens básico	Fitragem, detecção de bordas, detecção de cantos, interpolação e amostragem, conversão de cor, operações morfológicas, histogramas, pirâmides de imagens.

Análise estrutural	Componentes conexos, processamento de contornos, transformação de distância, momento diverso, casamento de templates, aproximação poligonal, montagem de linha, montagem de elipse, triangularização de Delaunay
Calibração de câmera	Busca, rastreamento e calibração de padrões, calibração, estimação de matrizes fundamentais, estimação homográfica, correspondência estéreo.
Análise de movimentos	Fluxo óptico, segmentação de movimentos, rastreamento
Reconhecimento de objetos.	Métodos-eigen, <i>Hidden Markov Models</i> (HMM)
GUI básica	Exibição de vídeo e imagens, tratamento de entrada do teclado e do mouse, barras de rolagens
Labeling de imagens	Linha, cônica, polígono, texto, desenho de texto

Tabela 1 - Funcionalidades do OpenCV, segundo Lima [41]

De acordo com Lima [41], o OpenCV abrange uma conjunto de funções relativas ao pré-processamento, segmentação, representação e reconhecimento de imagem, entre essas funções podemos citar:

- cvSmooth: essa função é relativa a filtragem de suavização, o qual é utilizado para redução de ruído e borreamento da imagem. Utilizada na etapa de pré-processamento;
- cvSobel: essa função diz respeito ao operador Sobel, este que efetua uma medida do gradiente 2D da imagem e destaca regiões de alto gradiente que equivale a aresta da imagem.
- cvLaplace: Também é utilizado para detecção de arestas, pois destaca regiões de rápidas mudanças de intensidade.
- cvCanny: Detecta arestas através da entrada de uma imagem em escala de cinzas e como saída produz uma imagem mostrando as descontinuidades rastreadas;
- Para detecção de cantos temos: cvCornerEigenValsAndVects e cvCornerMinEigenVal, as duas baseiam-se na matriz de covariação das derivadas em torno de cada pixel;

- `cvThreshold`: Refere-se a limerização da imagem. Acontece na etapa de segmentação da imagem, separando os objetos de interesse do fundo da imagem;
- `cvHoughLines2`: Utilizada para detecção de linhas em uma imagem;
- `cvFindContours`: Detecta contornos de uma imagem binária;
- `cvContourArea`: Calcula a área do contorno;
- `cvApproxPoly`: Obtem a aproximação poligonal;
- `cvMatchTemplate` e `cvCamShift`: Faz o rastreamento de objetos;
- `cvCalcOpticalFlowLK`: Mede a velocidade de um pixel comparando os mesmo com o frame anterior;
- `cvHaarDetectObjects`: Detecta objetos retornando um quadrado para cada objeto detectado.

O OpenCV é uma solução de códigos abertos e provê soluções adequadas para vários tipos de aplicações. Foi desenvolvida em C/C++ e também da suporte a programas que utilizem Visual Basic, Java e Python, a versão 2.0 lançada em 2009.

O OpenCV tem um suporte eficiente aos seus usuários, pois conta com uma documentação completa, grupos e fóruns de discussão. Segundo Lima [41], a biblioteca OpenCV permite livre distribuição e modificação do seu código fonte, com algumas condições, obtendo a instalação através do link [43].

Portanto, conclui-se ao final desse capítulo que o reconhecimento biométrico da palma da mão pode ser feito por várias técnicas. Cada técnica tem seus pontos positivos e suas limitações. O reconhecimento biométrico é feito a partir de uma imagem digitalizada, a qual é um conjunto de *pixels*. Algumas etapas são envolvidas no processamento da imagem digital, sendo as principais: aquisição da imagem, pré-processamento e segmentação.

Para a realização do presente trabalho um algoritmo denominado *Local Binary Pattern* (LBP) foi utilizado, pela sua simplicidade computacional e seu poder discriminativo que apresenta quando aplicado em diferentes aplicações. A utilização dessa técnica na metodologia proposta está descrita no capítulo a seguir. Além disso, uma biblioteca de funções denominada OpenCV auxiliou a realização da programação.

No capítulo a seguir, será apresentada a Metodologia proposta desta pesquisa.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia do trabalho que foi concebida em 4 etapas: estudo da percepção da sociedade a respeito de tecnologias biométricas, concepção do projeto, metodologia do projeto e protocolo de validação, como mostra a Figura 24.

Essa pesquisa tem abordagem dedutiva com procedimentos empíricos e descritivos. A validação foi feita através de 45 imagens.

A primeira etapa do projeto é descritiva, pois foi realizada através de um questionário onde os dados foram registrados, analisados e interpretados. Com base nessa percepção foi criada a idéia da concepção do projeto, na segunda etapa. Para tanto, dois itens foram trabalhados: Plano Geral do Projeto e Diagramas de Análise da UML. A terceira etapa traz as metodologias utilizadas para elaboração do projeto.

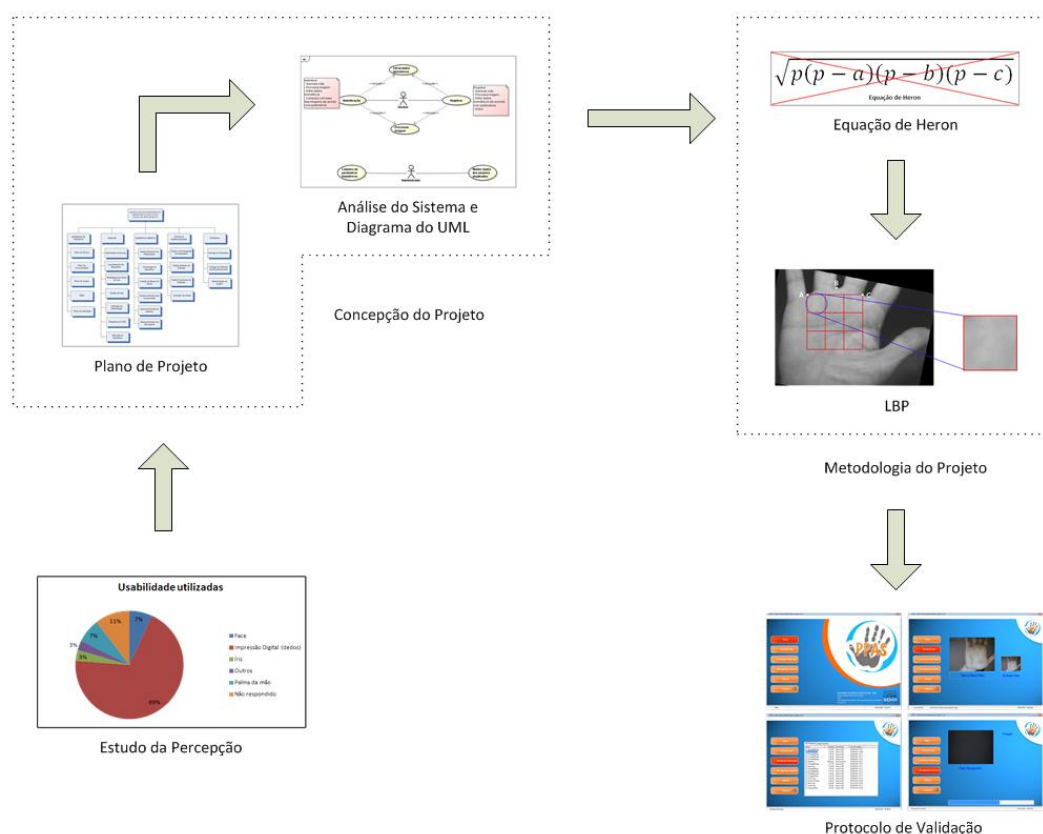


Figura 24 - Metodologia

3.1 ESTUDO DA PERCEPÇÃO DA SOCIEDADE A RESPEITO DAS TECNOLOGIAS BIOMÉTRICAS

Para a análise da percepção da sociedade a respeito das tecnologias biométricas, um questionário com 17 questões foi elaborado. Esse questionário foi criado a fim de analisar o conhecimento, a usabilidade e a confiabilidade das pessoas em relação às tecnologias biométricas. Para tanto, uma amostra aleatória foi utilizada através do questionário distribuído via web [52] e respondido por 227 pessoas. Esse questionário foi distribuído para colegas, familiares e pesquisadores, além de membros da Sociedade Brasileira da Computação (SBC). Na Tabela 2 é possível verificar o questionário proposto completo com as questões e as opções de respostas.

Questões	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
1. Sexo	Feminino	Masculino	-	-	-
2. Idade	-	-	-	-	-
3. Já ouviu falar de dispositivos de dados biométricos?	Sim	Não	-	-	-
3.a) Se sim, sabe o significado de dados biométricos?	Sim	Não	-	-	-
4. Já presenciou o uso de uma tecnologia biométrica?	Sim	Não	-	-	-
4.a) Se sim, onde?	Banco	Empresas	Serviços Públicos	Outros	
4.b) Nesses locais, quais destes métodos estavam sendo utilizado?	Íris	Palma da mão	Impressão digital	Face	Outros
5. Considera que estas tecnologias são usadas para:	Segurança	Identificação de Pessoas	Análise/Classificação de Dados	-	-
6. Considera que os dados biométricos são de confiança?	Sim	Não	-	-	-

7.Qual das seguintes tecnologias julga ser mais confiável?	Íris	Palma da mão	Impressão digital (dedos)	Face	Outros
8.Já usou algum tipo de tecnologia de dados biométricos?	Sim	Não	-	-	-
8.a) Qual dessas tecnologias já usou?	Íris	Palma da mão	Impressão digital	Face	Outros
8.b) Sentiu algum constrangimento ao usar essas tecnologias?	Sim	Não	Nunca utilizei	-	-
8.c) Foi fácil a interação com o sistema?	Sim	Não	Nunca utilizei	-	-
8.d) O sistema apresentou falhas na identificação?	Sim	Não	Nunca utilizei	-	-
8.e) O sistema foi rápido na identificação?	Sim	Não	Nunca utilizei	-	-
9. Qual das seguintes tecnologias julga ser de mais fácil utilização?	Íris	Palma da mão	Impressão digital	Face	Outros

Tabela 2 Representação do questionário empregado

A seguir, na tabela 3, é possível observar o percentual das respostas em cada pergunta do questionário:

Questões	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
1. Sexo	Feminino 48%	Masculino 52%	-	-	-
2.Idade	De 10 a 20 5%	De 21 a 30 60%	De 31 a 40 20%	De 41 a 50 11%	De 51 a 60 4%
3.Já ouviu falar de dispositivos de dados biométricos?	Sim 94%	Não 6%	-	-	-
3.a) Se sim, sabe o significado de dados biométricos?	Sim 90%	Não 10%	-	-	-

4. Já presenciou o uso de uma tecnologia biométrica?	Sim 87%	Não 13%	-	-	-
4.a) Se sim, onde?	Banco 18%	Empresas 40%	Serviços Públicos 34%	Outros 8%	
4.b) Nesses locais, quais destes métodos estavam sendo utilizado?	Íris 7%	Palma da mão 13%	Impressão digital 72%	Face 8%	Outros
5. Considera que estas tecnologias são usadas para:	Segurança 43%	Identificação de Pessoas 48%	Análise/Classificação de Dados 9%	-	-
6. Considera que os dados biométricos são de confiança?	Sim 92%	Não 8%	-	-	-
7. Qual das seguintes tecnologias julga ser mais confiável?	Íris 55%	Palma da mão 7%	Impressão digital 30%	Face 5%	Outros 3%
8. Já usou algum tipo de tecnologia de dados biométricos?	Sim 83%	Não 17%	-	-	-
8.a) Qual dessas tecnologias já usou?	Íris 0%	Palma da mão 9%	Impressão digital 89%	Face 0%	Outros 2%
8.b) Sentiu algum constrangimento ao usar essas tecnologias?	Sim 3%	Não 94%	Nunca utilizei 3%	-	-
8.c) Foi fácil a interação com o sistema?	Sim 90%	Não 7%	Nunca utilizei 3%	-	-

8.d) O sistema apresentou falhas na identificação?	Sim 39%	Não 58%	Nunca utilizei 3%	-	-
8.e) O sistema foi rápido na identificação?	Sim 75%	Não 22%	Nunca utilizei 3%	-	-
9. Qual das seguintes tecnologias julga ser de mais fácil utilização?	Íris 8%	Palma da mão 10%	Impressão digital 73%	Face 6%	Outros 3%

Tabela 3 Representação das respostas obtidas com o questionário empregado

Após a coleta de dados, foi possível analisar que a tecnologia biométrica já é comum no cotidiano da sociedade e que 84% da população questionada já utilizou alguma tecnologia biométrica, conforme mostra o resultado da questão 8. Com base nas questões 3, 4 e 8 o conhecimento das tecnologias é ilustrado no Gráfico 1, onde apenas 14 pessoas não ouviram falar sobre dispositivos de dados biométricos e 36 pessoas ainda não utilizaram nenhuma tecnologia biométrica.

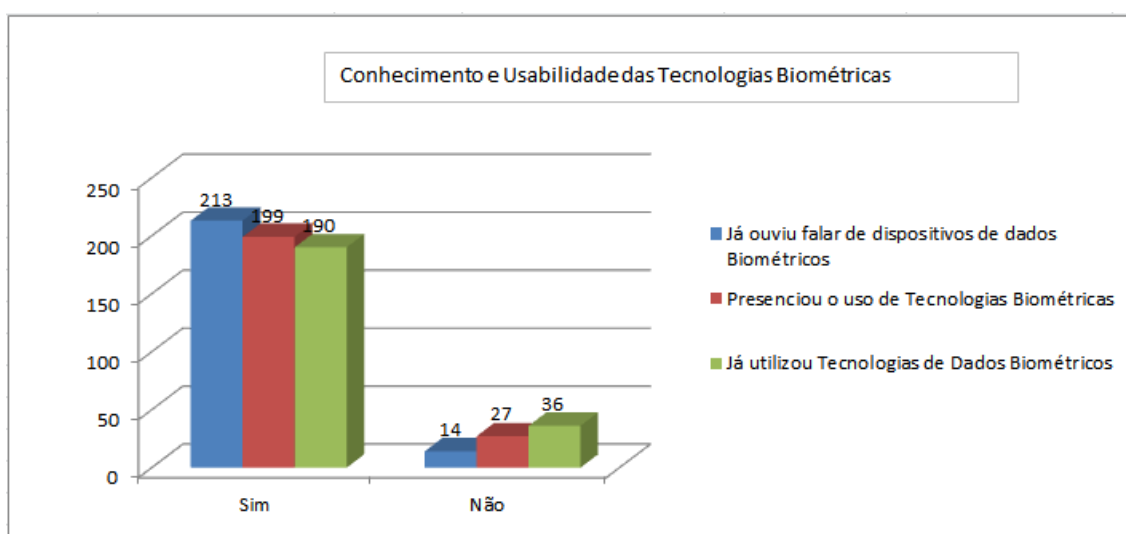


Gráfico 1 - Representação do conhecimento e usabilidade das Tecnologias Biométricas

Esse resultado reflete claramente o crescimento da biometria na sociedade hoje em dia. Isso se deve a crescentes investimentos, conforme a reportagem “Expectativas positivas para o mercado de biometria” [46]. De acordo com o resultado da questão 4a, as tecnologias biométricas estão sendo utilizadas em empresas (40%) e serviços públicos (34%). Estas tecnologias têm ganhado o mercado e a confiança de seus usuários, difundindo-se cada vez mais. É isso que os gráficos a seguir expõem: a confiabilidade nas tecnologias biométricas (questão 6).

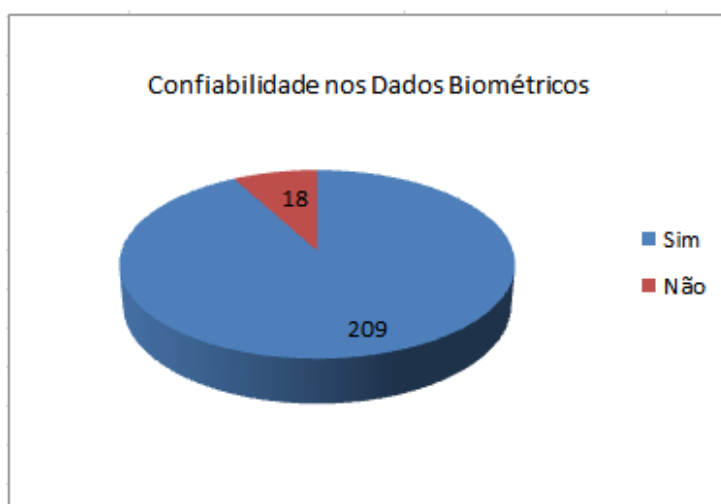


Gráfico 2 - Representação da confiabilidade nos Dados Biométricos

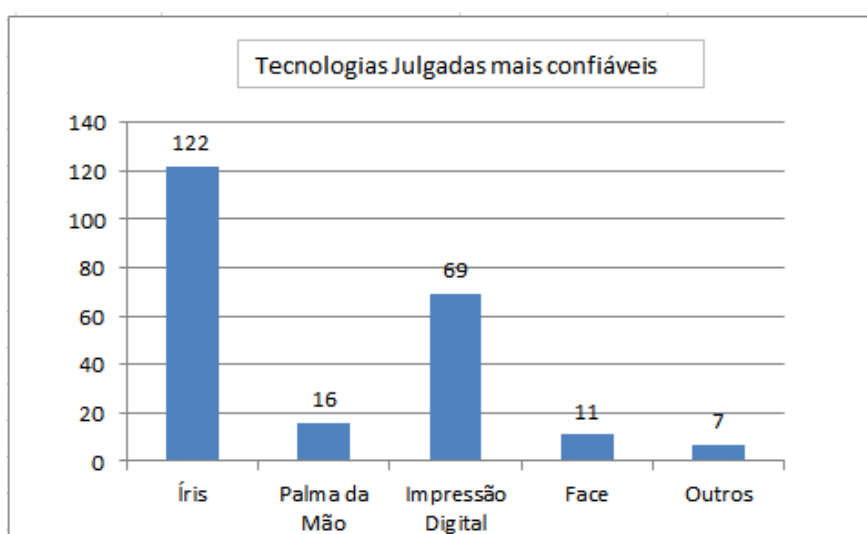


Gráfico 3 - Representação das tecnologias biométricas julgadas mais confiáveis

Como podemos observar no Gráfico 2, 209 pessoas consideram as tecnologias biométricas confiáveis, isso representa 92% da amostra e pode ser considerado um reflexo da popularização dos usos dessas tecnologias. A tecnologia julgada mais confiável foi a Íris (questão 7), possivelmente pela difusão desta tecnologia em filmes da área, sendo assim uma “novidade” para a sociedade. Segundo a pesquisa, a impressão digital é a mais utilizada (questão 8a), pois está no cotidiano da maioria das pessoas já que podemos encontrar este tipo de identificação pessoal tanto em órgãos públicos como em empresas privadas. Nessas entidades o uso de tecnologias biométricas esta sendo empregado na segurança, como restrição de acessos, identificação pessoal para registro de horário de entrada e saída e outros. Isso é observado na questão 5, onde registramos 43% da usabilidade pra segurança e 48% para identificação de pessoal.

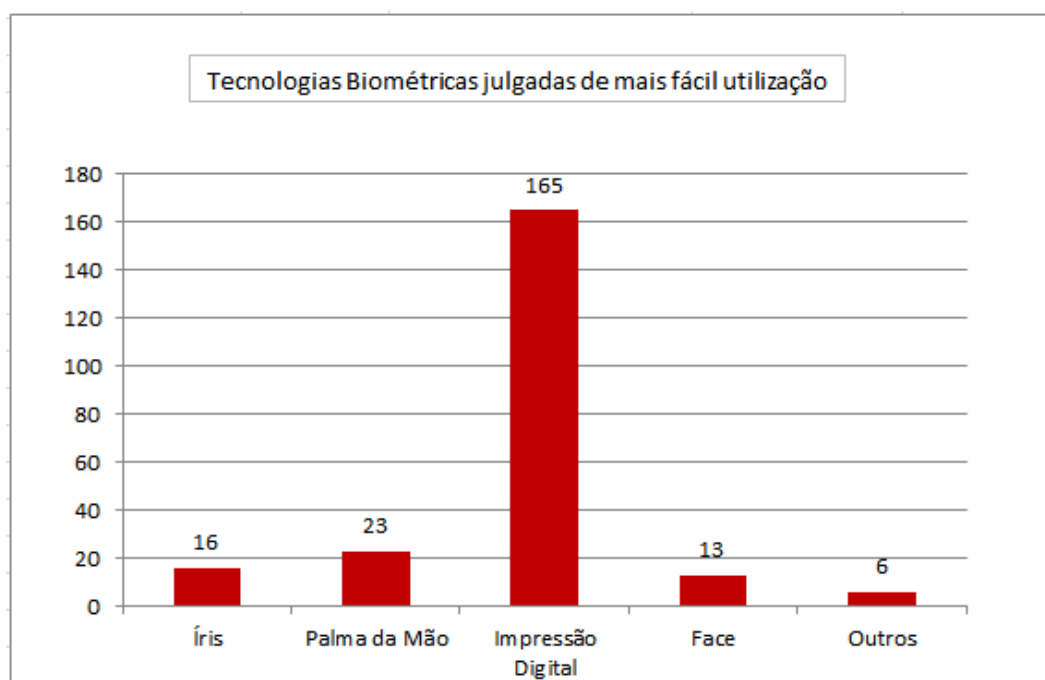


Gráfico 4 - Representação das tecnologias biométricas julgadas de mais fácil utilização

A impressão Digital também é julgada a de mais fácil utilização (questão 7), porém é possível verificar em estudos sobre biometria que a face pode ser a mais fácil de utilizar, já que é a menos intrusiva. A palma da mão, que é a tecnologia escolhida para estudo, está em terceiro lugar das tecnologias mais confiáveis,

conforme mostra o Gráfico 3. Esta posição no gráfico pode ser o reflexo do pouco uso desta tecnologia, porém essa realidade vem mudando. Por exemplo, no Brasil, o banco Bradesco já emprega a identificação baseada na palma da mão em seus caixas eletrônicos. Em outros países, essa tecnologia já vem sendo utilizada em aeroportos há alguns anos. Com o avanço tecnológico, possivelmente outras tecnologias biométricas passem a ser tão comum quanto é a impressão digital.

Logo, podemos perceber que o uso das aplicações biométricas é bem visto pela sociedade. Por exemplo, a questão 8b mostra que 94% dos questionados não se sentem constrangidos ao usar a biometria para identificação pessoal e além disso, a interação com o sistema é julgada fácil por 90% dos questionados (questão 8c). A acertabilidade dos sistemas biométricos não se mostrou tão eficiente, de acordo com a questão 8d, apenas 58% dos sistemas não apresentaram falha na identificação. Outro fato interessante é que, conforme as respostas da questão 8e, 75% dos questionados afirmaram que o reconhecimento foi rápido.

Portanto, baseado nesses resultados, torna-se relevante à pesquisa em desenvolver um sistema biométrico humano.

3.2 CONCEPÇÃO DO PROJETO

Para concepção do Projeto recursos de ambiente de *hardware* e *software* foram utilizados, além disso, o Plano Geral do Projeto e diagramas de Análise da UML foram elaborados.

3.2.1 Ambiente de *Hardware*

Para que o projeto fosse elaborado 4 computadores e uma webcam foram utilizados, sendo:

- Notebook Sim 1445, processador Intel Core 2 Duo T6400 2.0 GhZ; memória RAM de 4 GB; disco rígido de 360 GB;
- Notebook Lenovo 3000 V200, processador Intel Core 2 Duo T7100 1.8 Ghz, memória RAM de 3 GB, disco rígido de 160 GB;
- Notebook Acer Aspire 5551, processador AMD II P320 Dual Core 2.10 GhZ; memória RAM de 2 GB; disco rígido de 160 GB;
- Notebook Sony Vaio YB15AB, processador AMD Dual Core E-350 1.6 GhZ; memória RAM de 2 GB DDR3; disco rígido de 500 GB;
- Webcam VGA 1 Mega Pixel, resolução de imagem 640x480.

3.2.2 Ambiente de *Software*

O sistema gerado nesse projeto utilizou programas e linguagens já existentes que aprimoraram o processo. Neste item serão abordadas as ferramentas e linguagens utilizadas na produção do sistema.

3.2.2.1 Astah

O Astah, conhecido antigamente como Jude, é uma ferramenta CASE de criação de diagramas da UML, entre outros diagramas. Pode ser baixada [53], onde uma licença provisória de 20 dias é oferecida. Após isso, o usuário tem a opção de utilizar sua versão *free* que possui menos conjuntos de diagramas disponíveis, porém já atende a necessidade para modelagem utilizando a UML. No presente trabalho o astah foi utilizado para geração dos diagramas da UML.

3.2.2.2 Pacote Microsoft Office

O pacote *Office* é um conjunto de *softwares* disponibilizado pela *Microsoft*. Entre os *softwares* do pacote podemos citar: Word, Excel, Visio, Project, PowerPoint. Esses *softwares* abordam a edição de documentos, criação de planilhas, criação de imagens visuais, controle de projetos, criação de apresentações de slides, respectivamente.

Os *softwares* do pacote *Office* podem ser baixados no link da *Microsoft* [54] com licença *free* de 60 dias para teste.

O pacote *Microsoft Office* foi utilizado em vários aspectos neste trabalho, desde a edição de documentos até o controle do projeto.

3.2.2.3 Linguagem C

A linguagem de programação C foi projetada por Dennis Ritchie [55] para o ambiente UNIX, no entanto a linguagem não é limitada a esse ambiente, existem compiladores em vários ambientes de *hardwares* e sistemas operacionais. A linguagem C faz uso de bibliotecas de funções, segundo Ferreira [48], C possui poucas palavras chaves, mas possui muitos operadores, inclusive operadores de bits.

A linguagem C se enquadra em nível intermediário, pois oferece recursos do tipo assembler e elementos de linguagem de alto nível. A linguagem se enquadra em um paradigma procedimental, ou imperativo. Em uma linguagem imperativa os comandos são informados como em uma receita, onde os passos necessários para realização de uma tarefa são seqüenciais.

A linguagem C, por ter característica de linguagem de alta portabilidade, tanto para baixo e alto nível, foi a escolhida para implementação do projeto. Todo o projeto utilizou a linguagem C em sua programação.

3.2.2.4 Delphi

Segundo Souza [49], o Delphi é um compilador e um IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) para desenvolvimento de *software*. A linguagem utilizada pelo Delphi é o *object pascal*, que a partir da versão 7 passou a se chamar *Delphi Language*.

De acordo com Miranda [5], o Delphi possui algumas particularidades como:

- Visual: facilita a definição da interface;
- Orientada a objetos: abrange os conceitos de classe, herança e polimorfismo;
- Orientada a eventos: os elementos da interface são capazes de capturar e associar ações a eventos;
- Compilada: gera código em linguagem de máquina.

O Delphi é utilizado no desenvolvimento de aplicações desktop e aplicações multicamadas, é compatível com os bancos de dados mais conhecidos do mercado.

Como citado anteriormente, uma das particularidades do Delphi é a facilidade para definição da interface, por isso o Delphi foi escolhido e utilizado para criação das interfaces do *software* proposto neste trabalho.

3.2.3 Plano do Projeto

Este item diz respeito ao plano geral do projeto (PGP), que pode ser visto no Apêndice desse trabalho, e mostra os principais planos e termos. Esse plano baseia-se nas melhores práticas sugeridas pelo PMBOK - *Project Management Body of Knowledge* [44].

3.2.3.1 Termo de Abertura

O termo de abertura tem como propósito autorizar formalmente o projeto. Ele é essencial no planejamento, pois especifica claramente o objetivo, justificativa e necessidade que motivou o desenvolvimento do projeto, além disso, alinha as expectativas entre os *stakeholders*. O termo de abertura consta no Apêndice A.

3.2.3.2 Descrição do Escopo

A declaração de Escopo possui a finalidade de definir o que o projeto inclui. Ela descreve as entregas do projeto, suas restrições, exclusões e premissas. É um documento fundamental para que se crie entre os envolvidos do projeto um entendimento do que será feito e como será feito. Visto no Apêndice B.

3.2.3.3 WBS

A WBS, *Work Breakdown Structure* em português, estrutura de divisão do trabalho, é a estrutura analítica do projeto orientada às entregas. É uma decomposição hierárquica das atividades que permite a adequação da gestão do projeto. A WBS deste projeto pode ser observada no Apêndice C.

3.2.3.4 Plano de Atividades e Gráfico de Gantt

O Plano de Atividades mostra as atividades a serem realizadas para que o projeto seja concluído. As tarefas são divididas em fases e são programadas de acordo com a sua duração e o cronograma disponível para o projeto.

O Gráfico de Gantt exibe o progresso das diferentes fases do projeto, exibindo visualmente os intervalos de tempo e os marcos de início e fim de cada fase.

O Plano de Atividades e o Gráfico de Gantt encontram-se no Apêndice D.

3.2.3.5 Plano de Custos

O Plano de Custos busca fazer uma estimativa do custo do projeto, abordando tanto recursos materiais como recursos humanos. O Plano de Custo desse trabalho está no Apêndice E.

3.2.3.6 Plano de Comunicação

O Plano de comunicação busca definir em que momentos os envolvidos do projeto devem ser informados, tomar ações ou contribuir para determinadas tarefas. Esse plano consta no Apêndice F.

3.2.3.7 Plano de Riscos

O Plano de risco mostra os riscos identificados e priorizados no projeto. O plano de gerenciamento de riscos é apresentado no Apêndice G.

3.2.3.8 Acompanhamento do Projeto

O projeto foi acompanhado com base no diagrama de atividades, as comunicações ocorreram de forma eficiente, não existindo problemas. O orçamento estabelecido para o projeto foi cumprido, não existindo gastos excessivos.

O único risco ocorrido nesta pesquisa foi o item 1 do Plano de Riscos, identificado como “Metodologia de análise e reconhecimento das imagens falha”.

Existia uma probabilidade moderada de este risco acontecer e o impacto era considerado alto. A equipe trabalhou de forma eficiente em novas soluções para a pesquisa, em pouco tempo uma nova metodologia foi concebida e rapidamente testada e implementada. Então, este risco não impactou em atraso do cronograma.

3.2.4 Diagramas da UML

De acordo com Guedes [45], a *Unified Modeling Language* ou Linguagem de Modelagem Unificada, conhecida popularmente como UML, é uma linguagem utilizada para modelar sistemas computacionais. Esta linguagem se tornou padrão nos últimos anos e foi adotada internacionalmente pela indústria de engenharia de *software*. É uma linguagem visual de modelagem que auxilia os engenheiros na definição de características e ajuda no entendimento dos requisitos, comportamentos, estrutura lógica e dinâmica do *software*.

Para o presente estudo e a análise do *software* alguns dos principais diagramas da UML foram gerados, sendo eles: especificação dos casos de uso, diagrama de sequência e diagrama de transição de estados. O diagrama de classe não foi utilizado, pois o sistema possui apenas uma classe e assim não necessita desse diagrama.

3.2.4.1 Diagrama de Classe

Segundo Guedes [45], podemos definir como classe a descrição de um tipo de objeto, as classes descrevem as propriedades e comportamentos dos objetos. Como definição de objeto temos que ele é um elemento que pode ser manipulado, criado, destruído e ter seu comportamento acompanhado.

O objetivo do diagrama de classe é mostrar como as classes do sistema estão relacionadas entre si e quais as responsabilidades de cada classe, bem como indicar os atributos e métodos contidos em cada objeto gerado a partir da classe correspondente.

Este trabalho tem apenas uma classe e assim, torna-se irrelevante a construção do diagrama nesse projeto lógico.

3.2.4.2 Especificação dos Casos de Uso

A especificação dos casos de uso tem como função especificar os requisitos funcionais de um sistema. Nas especificações é procurado demonstrar como as classes/objetos interagem para executar uma atividade específica no sistema [45].

O diagrama de Casos de Uso e suas especificações se encontram no Apêndice H.

3.2.4.3 Diagramas de Sequência

O diagrama de sequência visa mostrar a dinâmica entre os objetos, seu principal objetivo é demonstrar a sequência de mensagens enviadas entre os objetos. Ele demonstra, graficamente, ações que ocorrerão em pontos específicos da execução do sistema [45].

O diagrama de sequência do *software* proposto neste projeto encontra-se no Apêndice I.

3.2.4.4 Diagrama de Estado

O diagrama de estado é um complemento da descrição das classes, pois demonstra os estados possíveis que um objeto pode assumir e os eventos do sistema que provam essas mudanças, conforme Guedes [45]. O diagrama de estado busca demonstrar como mensagens, tempos, erros e condições definidas afetam o estado dos objetos com o passar do tempo.

O diagrama de estados deste trabalho encontra-se no Apêndice J.

3.3 METODOLOGIAS DO PROJETO

O projeto deste trabalho visa encontrar uma solução eficaz e de baixo custo para o reconhecimento de um indivíduo através da palma da mão, como descrito na seção 1.2. Com isso, foi preciso encontrar soluções que atendessem esse objetivo. Para tal, obtivemos tentativas falhas e assertivas até chegar a um resultado que atendesse nosso propósito.

Esta pesquisa apresenta duas metodologias. A metodologia 1 mostra as tentativas falhas, trabalhando com formas geométricas da palma da mão. Enquanto, a metodologia 2 apresenta a tentativa assertiva que usa algoritmos de segmentação e identificação de dados biométricos.

3.3.1 Descrição da Metodologia 1 – Medidas Geométricas

Primordialmente, as linhas da palma da mão foram sugeridas para o reconhecimento. Por se tratar de uma imagem capturada através de uma *webcam*, a extração dessas linhas não foram possíveis, sendo essa abordagem rejeitada como uma solução.

Posteriormente, a Equação de Heron [58] foi adotada como uma solução para extrair as características biométricas da imagem da palma da mão, foi estudada e implementada no projeto como metodologia 1.

Para a extração dos dados biométricos do sistema utilizando a Equação de Heron, triângulos são formados a partir da largura dos dedos e de um ponto central na palma da mão. Conforme mostra a Figura 25, são extraídos oito pontos no início e fim dos quatro dedos (B, C, D, E, F, G, H, I) e o nono ponto (A) definido em um determinado lugar na palma. Traçando uma reta entre esses pontos temos um

triângulo a partir de cada dedo e a área de cada triângulo representa um dado biométrico. Para obter essa área, primeiramente é calculada a distância de cada reta do triângulo, aplicando-se a fórmula da distância Euclidiana [58]:

$$\sqrt{(p1 - q1)^2 + (p2 - q2)^2} \quad (2)$$

Onde p1 e q1 são os pixels do primeiro ponto e p2 e q2 são os pixels do segundo ponto da reta. Depois da obtenção das distâncias representadas por, \overline{AB} , \overline{BC} , \overline{CA} , \overline{AD} , \overline{DE} , \overline{EA} , \overline{AF} , \overline{FG} , \overline{GA} , \overline{AH} , \overline{HI} e \overline{IA} , tem-se a constituição dos quatro triângulos da palma da mão que são:

$$\text{Triângulo 1} = \{\overline{AB}, \overline{BC}, \overline{CA}\}$$

$$\text{Triângulo 2} = \{\overline{AD}, \overline{DE}, \overline{EA}\}$$

$$\text{Triângulo 3} = \{\overline{AF}, \overline{FG}, \overline{GA}\}$$

$$\text{Triângulo 4} = \{\overline{AH}, \overline{HI}, \overline{IA}\}$$

Feita a obtenção dos triângulos, é preciso calcular o perímetro do triângulo:

$$p = \frac{a+b+c}{2} \quad (3)$$

Com as distâncias das retas e o perímetro calculado dos triângulos, é possível então aplicar a equação de Heron para obter a área de cada triângulo:

$$\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad (4)$$

Onde a é a distância do primeiro lado calculado, b a distância do segundo e c a distância do terceiro lado do triângulo.

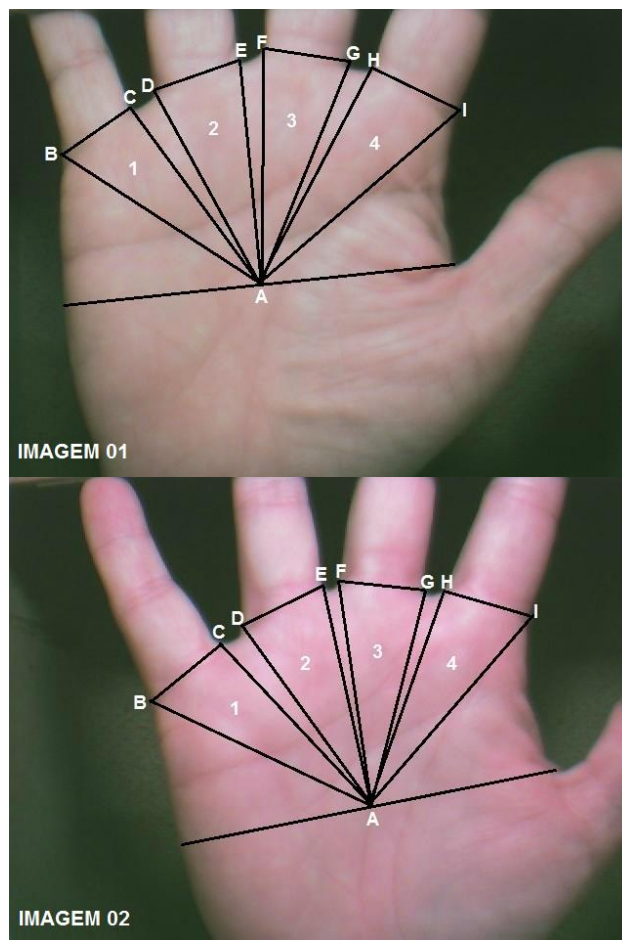


Figura 25 - Triângulos formados a partir da largura dos dedos

A Tabela 3 e Tabela 4 ilustram os dados biométricos obtidos dos quatro triângulos das imagens da Figura 25.

Imagem 01	Triângulo 1		Imagem 01	Triângulo 2		Imagem 01	Triângulo 3		Imagem 01	Triângulo 4	
Pixels do Ponto A	104	179	Pixels do Ponto A	104	179	Pixels do Ponto A	104	179	Pixels do Ponto A	104	179
Pixels do Ponto B	109	172	Pixels do Ponto D	182	76	Pixels do Ponto F	257	30	Pixels do Ponto H	358	18
Pixels do Ponto C	152	108	Pixels do Ponto E	247	37	Pixels do Ponto G	332	24	Pixels do Ponto I	437	42
Distância \overline{AB}	98		Distância \overline{AD}	130		Distância \overline{AF}	239		Distância \overline{AH}	348	
Distância \overline{BC}	77		Distância \overline{DE}	235		Distância \overline{FG}	383		Distância \overline{HI}	521	
Distância	107		Distância	247		Distância \overline{GA}	390		Distância	527	

\overline{CA}		\overline{EA}				\overline{IA}	
Perímetro	141	Perímetro	306	Perímetro	506	Perímetro	698
Fórmula de Heron	3630	Fórmula de Heron	15012	Fórmula de Heron	43884	Fórmula de Heron	86004
Soma	148530						

Tabela 3 - Dado biométrico extraído da Imagem01 da Figura 25

Imagem 02	Triângulo 1		Imagem 02	Triângulo 2		Imagem 02	Triângulo 3		Imagem 02	Triângulo 4	
Pixels do Ponto A	109	172	Pixels do Ponto A	109	172	Pixels do Ponto A	109	172	Pixels do Ponto A	109	172
Pixels do Ponto B	143	197	Pixels do Ponto D	209	139	Pixels do Ponto F	297	75	Pixels do Ponto H	395	72
Pixels do Ponto C	189	150	Pixels do Ponto E	272	84	Pixels do Ponto G	369	79	Pixels do Ponto I	467	84
Distância \overline{AB}	83		Distância \overline{AD}	94		Distância \overline{AF}	231		Distância \overline{AH}	329	
Distância \overline{BC}	67		Distância \overline{DE}	201		Distância \overline{FG}	365		Distância \overline{HI}	501	
Distância \overline{CA}	92		Distância \overline{EA}	210		Distância \overline{GA}	371		Distância \overline{IA}	505	
Perímetro	121		Perímetro	253		Perímetro	483		Perímetro	668	
Fórmula de Heron	2666		Fórmula de Heron	9366		Fórmula de Heron	40298		Fórmula de Heron	78204	
Soma	130535										

Tabela 4 - Dado biométrico extraído da Imagem02 da Figura 25

As áreas dos quatro triângulos e a soma deles formam os dados biométricos do usuário que estão evidenciados nas células intituladas “Fórmula de Heron” e “Soma”, nas tabelas 3 e 4. Estes cinco dados, juntamente com a imagem da mão, são armazenados no banco de dados e, posteriormente compõem a identificação humana usando a pesquisa pela alta similaridade dos dados.

Contudo, após a execução de testes, a solução pela Equação de Heron não atingiu o objetivo proposto devido à instabilidade em localizar os pontos da palma da mão, tornando o reconhecimento também instável. É possível verificar esta instabilidade nas tabelas 3 e 4, onde a soma dos resultados dos triângulos de cada imagem pouco difere, e os pontos não serão os mesmos em uma nova imagem da mesma mão. Este método apresenta uma instabilidade na definição dos dados biométricos, usando as formas geométricas com a Equação de Heron.

A partir disso, buscamos uma nova solução e a estratégia nova adotada foi encontrada no artigo de Ojala [33], o algoritmo LBP (*Local Binary Pattern*) conforme descrito na seção 3.1.3, a metodologia definitiva desta monografia.

3.3.2 Descrição da Metodologia 2 (Atual – Proposto no Trabalho)

A metodologia atual deste trabalho, como é ilustrado na Figura 26, é dividida em 4 passos. O passo 1 é a aquisição da imagem usando o dispositivo proposto com uma simples webcam. O passo 2 é o processamento da imagem para normalização e no passo 3 a imagem é segmentada e os dados biométricos são extraídos. No passo 4 são apresentados resultados para reconhecimento pessoal.

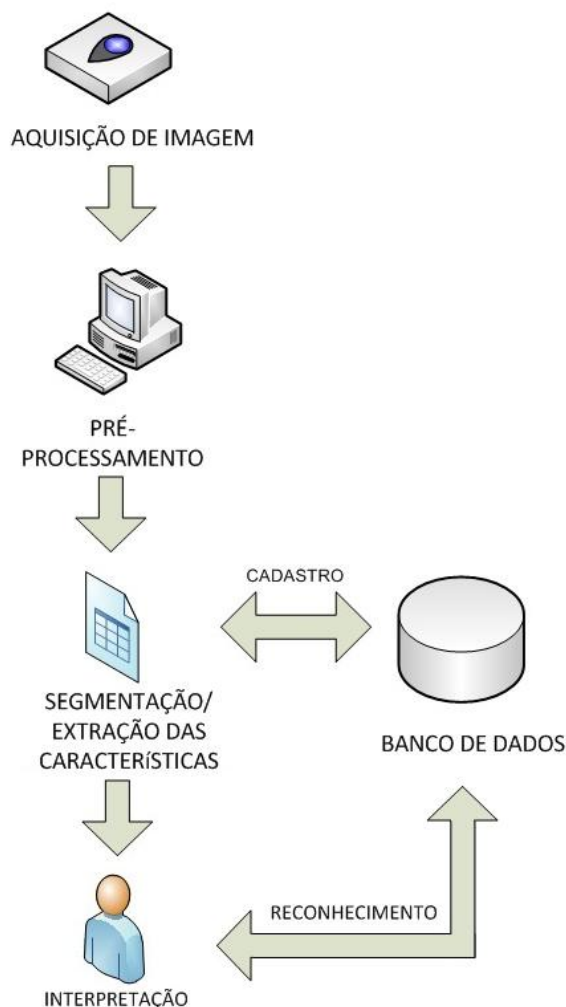


Figura 26 - Etapas de execução para a identificação

- Aquisição da Imagem

Para aquisição das imagens da palma da mão, um dispositivo de baixo custo foi desenvolvido utilizando material MDF em forma retangular de tamanho 24x44 cm e 32 cm de profundidade, como mostra a Figura 27 e a Figura 28. Dentro deste retângulo de MDF uma *webcam* de 5 *megapixels* foi inserida, além da câmera ainda existem duas lâmpadas frias, de 5 e 7 *watts*, a fim de estabelecer um ambiente luminoso e evitar sombras. A mão deve ser colocada na demarcação feita na caixa. A imagem é capturada pela *webcam* na escala de cores com resolução de 640x840 *pixels* em formato JPG.

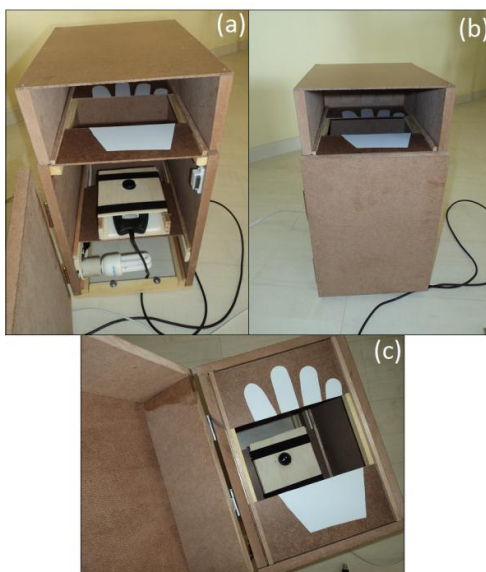


Figura 27 - Dispositivo para aquisição da Imagem

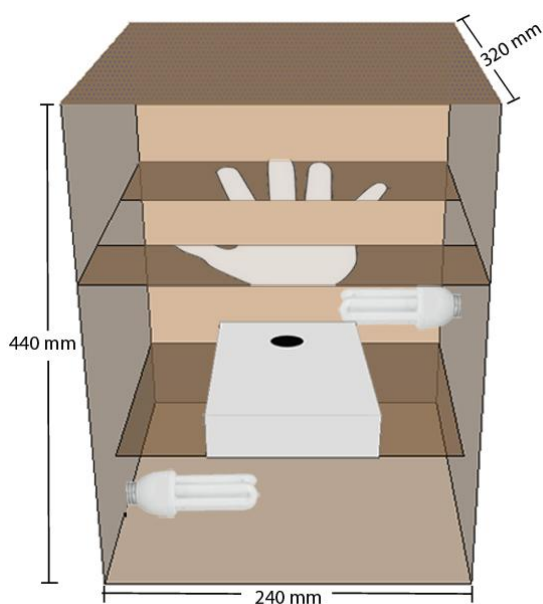


Figura 28 - Desenho 3D do dispositivo para aquisição da Imagem

- Pré-processamento da Imagem

Após a aquisição da imagem (Figura 29) o filtro Gaussiano é aplicado com elemento estruturante de tamanho 19x19 e a imagem convertida em tons de cinza (Figura 30), este tamanho foi escolhido por apresentar melhor desempenho para identificar o limite da mão na imagem binária, reduzir a influência de ruídos (falhas na aquisição) que possam prejudicar o pré-processamento. Para que o algoritmo de

identificação dos contornos possa ser aplicado, a imagem é binarizada utilizando Otsu [56]. *Pixels* ativos (brancos) representam a mão e o os *pixels* pretos representam o fundo da imagem, como mostra a Figura 31.



Figura 29 - Imagem da palma da mão original

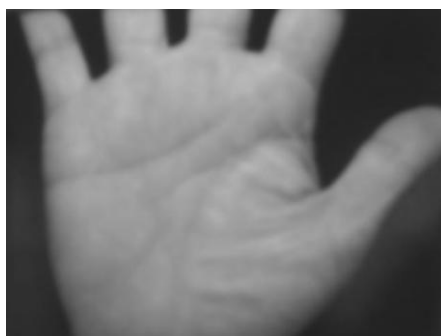


Figura 30 - Imagem da palma da mão em tons de cinza com o filtro Smoothing



Figura 31 - Imagem Binarizada

- Segmentação da imagem e extração dos dados biométricos

Neste passo usamos operações por morfologia matemática para identificar o contorno da mão. Os seguintes passos foram feitos:

- Usando a imagem binária (Figura 31), um processo de dilatação foi aplicado usando elemento estrutural cruz 3x3 com uma iteração.
- Um processo de erosão foi aplicado ainda na imagem binária, também em forma de cruz 3x3 e com uma iteração.
- Usando o operador lógico XOR entre as duas imagens resultantes, dilatação e erosão, a fronteira ou borda da mão foi identificada (Figura 32).

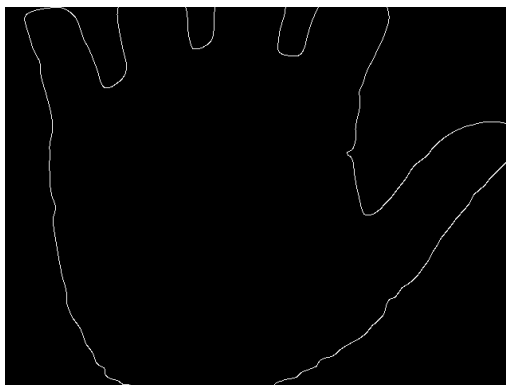


Figura 32 - Imagem da borda da mão

Após ser identificada a borda da mão, três pontos chaves (A, B e C) são encontrados entre os dedos e a região de interesse (ROI) é identificada. Para encontrar esses três pontos chaves uma varredura na imagem é feita, a fim de identificar 8 pontos através da diferença de *pixels* brancos e pretos, esses 8 pontos são a borda dos dedos (Figura 33-a). A linha que identifica os pontos de intersecção entre os dedos é deslocada de cima até a metade da mão de 10 em 10 *pixels*.

Na seqüência deste processo se obtém três pontos médios que estão nos espaços dos dedos (Figura 33-b). Em seguida calcula-se a maior distância entre os pontos médios e a borda da mão identificando os pontos A, B e C, como ilustra a Figura 33-c.

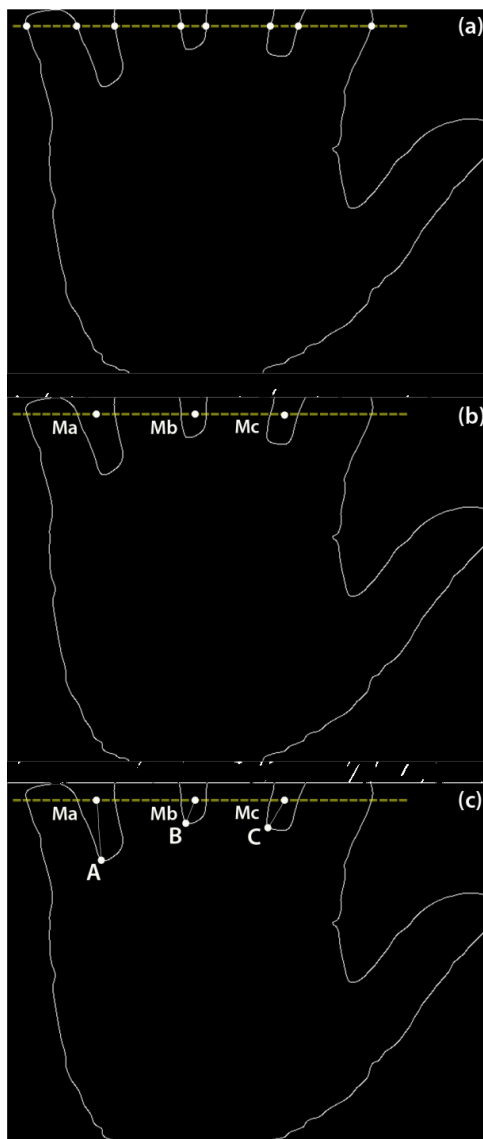


Figura 33 - Identificação dos pontos A, B e C.

Uma linha reta é formada entre o primeiro e o último ponto (A – C), a inclinação da imagem é descoberta através da distância entre esses dois pontos (Figura 34). Em seguida, a imagem cinza sofre uma rotação a partir do ponto A, utilizando o ângulo oposto encontrado entre os pontos A – C (Figura 35). Após esta normalização as imagens ficam todas na mesma posição e a ROI é identificada.

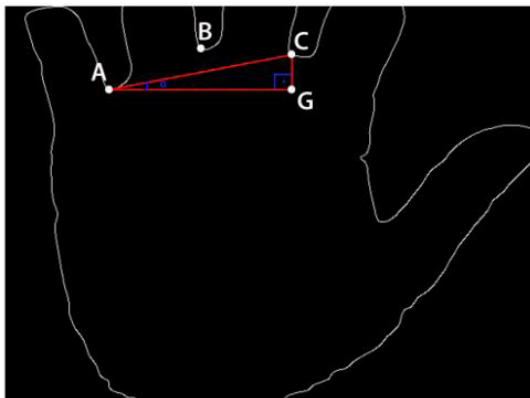


Figura 34 - Identificação da inclinação da Imagem



Figura 35 - Normalização da Imagem

Para obtenção da região de interesse, usamos a distancia entre os pontos A – C para definir um lado do quadrado na palma da mão, esse lado é denominado L.

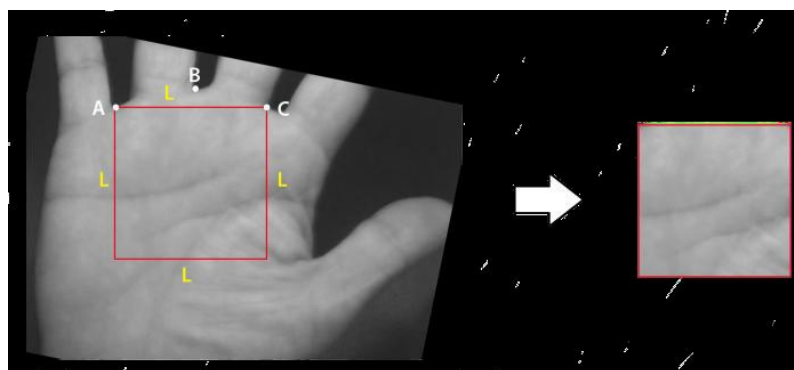


Figura 36 - Extração do ROI.

Após a definição da ROI, o método LBP é aplicado para a extração dos dados biométricos, Na primeira vez a ROI é dividida em uma matriz 3x3 formando 9 regiões de tamanhos variáveis, para depois o LBP ser aplicado em cada região, conforme é descrito na seção 2.5 deste trabalho. Cada histograma corresponde a um vetor de tamanho 256, e os nove histogramas são concatenados e armazenados, assim é formado um vetor de tamanho 2304 (9*256), o valor deste vetor é o dado biométrico de cada imagem. Finalmente os dados biométricos extraídos são armazenados em um banco de dados.

A estrutura da programação do *software* está descrita no Apêndice M, sendo demonstrada a relação entre a linguagem C com *opencv* e a interface desenvolvida em *Delphi*.

Portanto, a metodologia proposta nesta pesquisa apresenta uma solução viável para o problema. No capítulo seguinte, a análise dos resultados é descrita.

4 TESTES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem a intenção de validar a usabilidade do sistema e a conformidade dos requisitos do sistema, sendo necessário realizar alguns testes para garantir a minimização de possíveis erros no software. Os testes realizados e seus resultados são descritos nas subseções a seguir.

4.1 TESTE DE USABILIDADE

A Interação Homem Máquina (IHC) tem como meta produzir sistemas usáveis e seguros, bem como sistemas funcionais. Sendo a usabilidade um conceito crucial em IHC que visa tornar os sistemas fáceis de aprender e de usar, a qualidade ergonômica da interface com o usuário foi avaliada.

Esta avaliação utilizou-se como ferramenta o Ergolist. O Ergolist possui 18 critérios elementares passíveis de uma aplicação prática e objetiva disponível em rede [51]. Os critérios avaliados e que constam no Ergolist foram os seguintes:

- 1) Presteza: Verifica se o sistema informa e conduz o usuário durante a interação;
- 2) Agrupamento por localização: Verifica se a distribuição espacial dos itens traduz as relações entre as informações;
- 3) Agrupamento por formato: Verifica os formatos dos itens como meio de transmitir associações e diferenças;
- 4) Feedback: Verifica a qualidade do feedback imediato às ações do usuário;
- 5) Legibilidade: Verifica a legibilidade das informações contidas nas telas do sistema;
- 6) Concisão: Verifica o tamanho dos códigos e termos apresentados e introduzidos no sistema;

- 7) Ações mínimas: Verifica a extensão dos diálogos estabelecidos para a realização dos objetivos do usuário;
- 8) Densidade Informacional: Avalia a densidade de informações contida nas telas do sistema;
- 9) Ações Explícitas: Verifica se é o usuário quem comanda explicitamente as ações do sistema;
- 10) Controle do Usuário: Avalia as possibilidades do usuário controlar o encadeamento e realização das ações;
- 11) Flexibilidade: Verifica se o sistema permite personalizar as apresentações e os diálogos;
- 12) Experiência do usuário: Avalia se os usuários com diferentes níveis de experiência têm possibilidades iguais de obter sucesso em seus objetivos;
- 13) Proteção contra erros: Verifica se o sistema oferece oportunidades para o usuário prevenir erros;
- 14) Mensagens de erro: Avalia a qualidade das mensagens de erro enviadas aos usuários;
- 15) Correção de erros: Verifica as facilidades dadas para que o usuário possa corrigir os erros cometidos;
- 16) Consistência: Avalia se é mantida uma coerência no projeto de códigos, telas e diálogos com o usuário;
- 17) Significados: Avalia se os códigos e denominações são claros e significativos para os usuários;
- 18) Compatibilidade: Verifica a compatibilidade do sistema com as expectativas e necessidades do usuário em sua tarefa.

Esses critérios estão organizados conforme a Tabela 4, e foram analisadas as telas do sistema conforme mostra as Figuras 37, 38, 39 e 40.



Figura 37 - Tela principal

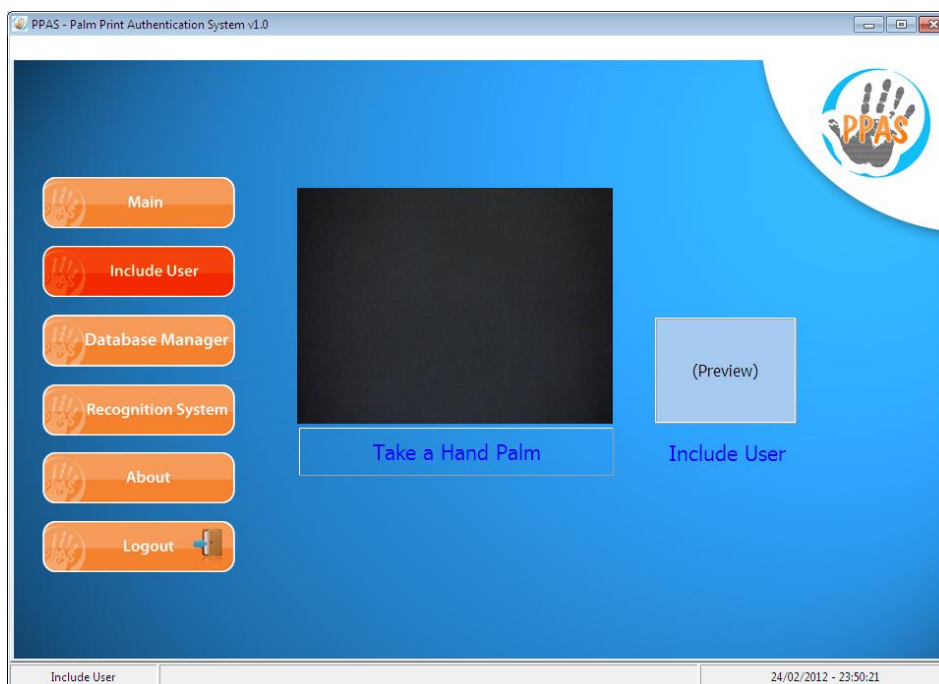


Figura 38 - Tela de incluir novo usuário

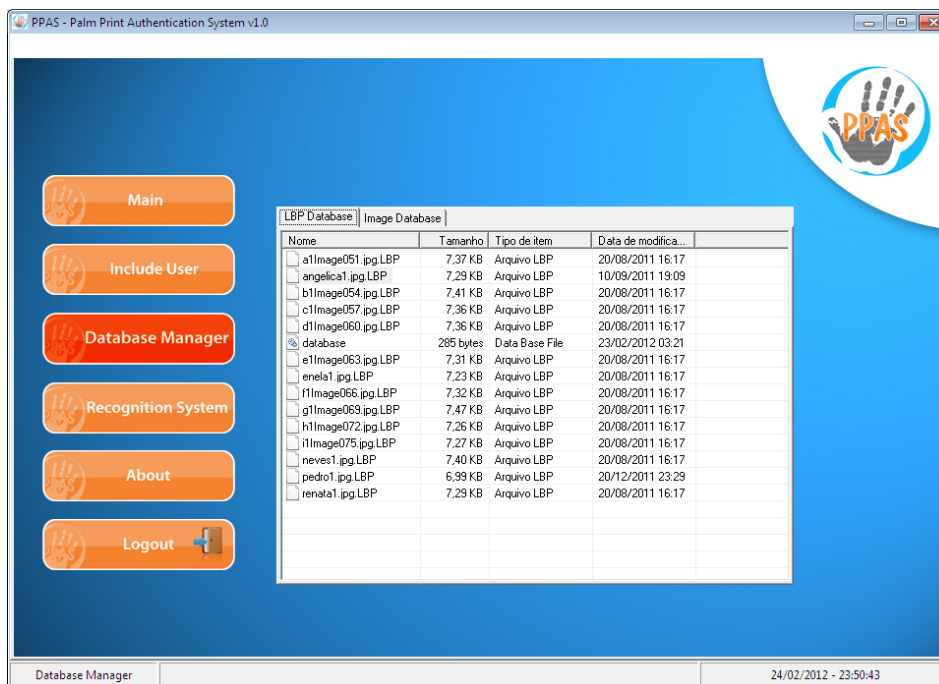


Figura 39 - Tela de gerenciar a base de dados

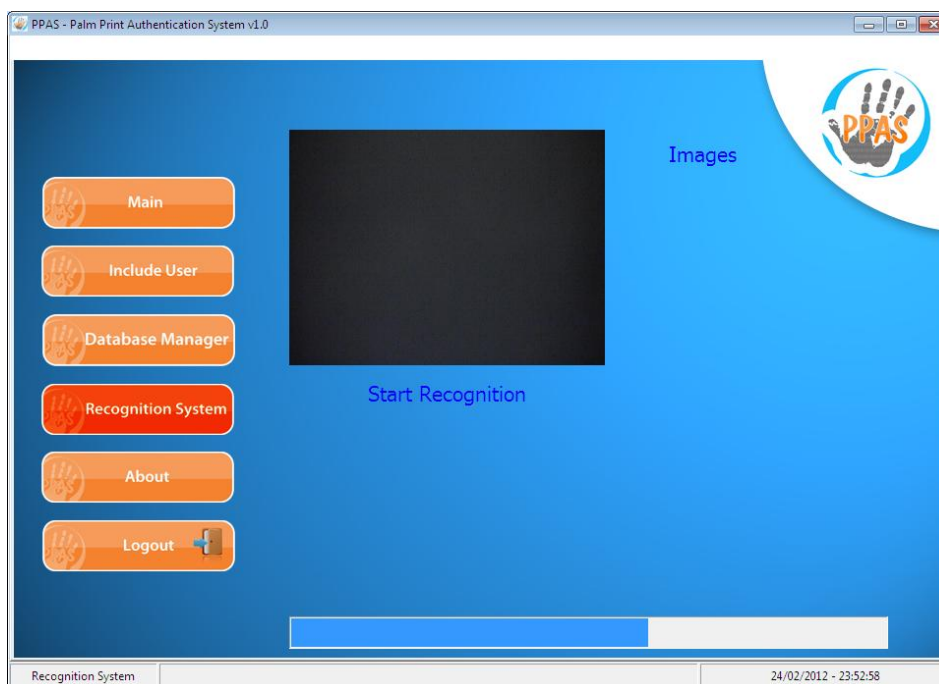


Figura 40 - Tela de reconhecimento

	TELA PRINCIPAL (FIGURA 37)	TELA NOVO USUÁRIO (FIGURA 38)	TELA BASE DE DADOS (FIGURA 39)	TELA RECONHECIMENTO (FIGURA 40)
Presteza	Critério atendido. Informa e conduz o usuário.	Critério atendido. Informa e conduz o usuário.	Não indica como o arquivo pode ser excluído.	Critério atendido. Conduz o usuário para iniciar o reconhecimento.
Agrupamento por Localização	Critério atendido. Os objetos estão bem localizados.	Critério atendido. Os objetos estão bem localizados.	Critério atendido. Os objetos estão bem localizados.	Critério parcialmente atendido. Os objetos não estão bem localizados nessa tela.
Agrupamento por Formato	Não se aplica. Não há diferença e associação entre os itens.	Não se aplica. Não há diferença e associação entre os itens.	Critério atendido. Os arquivos são separados pela base de dados de LBP e de imagens.	Não se aplica. Não há diferença e associação entre os itens.
Feedback	O critério é atendido. Há diferenciação de cor no botão e auxílio no rodapé da página.	O critério é atendido. Há diferenciação de cor no botão e auxílio no rodapé da página.	O critério é atendido. Há diferenciação de cor no botão e auxílio no rodapé da página.	O critério é atendido. Há diferenciação de cor no botão e auxílio no rodapé da página.
Legibilidade	Critério atendido. As informações da tela são legíveis.	Critério atendido. As informações da tela são legíveis.	Critério atendido. As informações da tela são legíveis.	Critério atendido. As informações da tela são legíveis.
Concisão	Não se aplica. Não há termos ou códigos na tela.	Não se aplica. Não há termos ou códigos na tela.	Não se aplica. Não há termos ou códigos na tela.	Não se aplica. Não há termos ou códigos na tela.
Ações Mínimas	Critério atendido. As ações feitas pelo usuário para concluir as tarefas, são mínimas.	Critério atendido. São poucos os passos para incluir um novo usuário.	É preciso clicar com o botão direito do mouse para poder excluir um arquivo.	Critério atendido. Os passos são mínimos para o reconhecimento.
Densidade Informacional	Critério atendido. Não há muitos objetos na tela.	Critério atendido. Não há muitos objetos na tela.	Critério atendido. Não há muitos objetos na tela.	Critério atendido. Não há muitos objetos na tela.
Ações Explícitas	Critério atendido. Cada ação solicitada pelo usuário é explícita.	Critério atendido. Cada ação solicitada pelo usuário é explícita.	Critério parcialmente atendido. Faltam algumas explicações.	Critério parcialmente atendido. Faltam algumas explicações.

Controle do Usuário	Não se aplica. Não há processo em andamento.	Falta uma opção de CANCELAR ou VOLTAR.	Falta uma opção de CANCELAR ou VOLTAR.	Falta uma opção de CANCELAR ou VOLTAR.
Flexibilidade	Não se aplica. A interface não precisa ser flexível ao usuário.	Não se aplica. A interface não precisa ser flexível ao usuário.	Não se aplica. A interface não precisa ser flexível ao usuário.	Não se aplica. A interface não precisa ser flexível ao usuário.
Experiência do Usuário	Critério atendido. A interface é simples quanto à experiência do usuário para a interação.	A experiência do usuário deve ser mediana para a interação com a interface.	A experiência do usuário deve ser mediana para a interação com a interface.	A experiência do usuário deve ser mediana para a interação com a interface.
Proteção contra erros	Não se aplica. Não há campo editável nesta tela.	Não se aplica. Não há campo editável nesta tela.	Não se aplica. Não há campo editável nesta tela.	Não se aplica. Não há campo editável nesta tela.
Mensagens de erro	Não se aplica.	Não se aplica.	Não há mensagens de erro.	Critério atendido. A mensagem de erro aparecerá caso o reconhecimento não seja possível.
Correção de erros	Não se aplica.	Critério atendido. É possível tirar uma nova foto da palma da mão antes de incluir o usuário.	Não se aplica.	Não é possível tirar outra foto da mão caso ocorra um erro de reconhecimento.
Consistência	Critério atendido. As telas possuem o mesmo formato e a mesma localização dos botões.	Critério atendido. As telas possuem o mesmo formato e a mesma localização dos botões.	Critério atendido. As telas possuem o mesmo formato e a mesma localização dos botões.	Critério atendido. As telas possuem o mesmo formato e a mesma localização dos botões.
Significados	Critério atendido. As denominações são claras.	Critério atendido. As denominações são claras.	Critério atendido. As denominações são claras.	Critério atendido. As denominações são claras.
Compatibilidade	Critério atendido. A interface é compatível com a necessidade do usuário.	Critério atendido. A interface é compatível com a necessidade do usuário.	A necessidade do usuário não atendida devido à falta de botões para editar ou excluir um arquivo.	Critério atendido. A interface é compatível com a necessidade do usuário.

Tabela 4 - Critérios do Ergolist [51]

Portanto, conforme os dados analisados na Tabela 4, a maioria dos critérios foram atendidos adequadamente.

4.2 TESTE DO MÉTODO BIOMÉTRICO PROPOSTO

Esta validação é feita através da análise de comparação entre os histogramas. Um experimento com 30 usuários cadastrados foi feito. A comparação é processada com 30 iterações multiplicando pelo tamanho do histograma LBP que é de 2304 características. Este valor é obtido por 9 regiões e multiplicada por 256 (número do tipo de valor produzido pela LBP). Neste caso, a análise de comparação é feita com 69.150 iterações. Além disso, a definição de um limiar para a decisão de reconhecimento esta sendo analisada.

O protocolo de validação é apresentado em três etapas: a primeira etapa é definir e avaliar os limiares, usando Qui-Quadrado e Correlação de Pearson, tabelas do Apêndice K. A segunda etapa é validar os limiares encontrados anteriormente. E a terceira etapa é avaliar a taxa de velocidade de reconhecimento.

4.2.1 Definição e Análise do Limiar de Decisão

Limiar de decisão é um número pré-definido (valor de corte) para que o sistema retorne se o usuário é considerado reconhecido ou impostor.

Foram analisadas 435 comparações, resultado da combinação de 30 pessoas diferentes para a identificação dos limites do reconhecimento usando por Qui-Quadrado e Correlação de Pearson (Apêndice K).

O uso de maior quantidade de imagens (30) para a definição do limiar de decisão é em função da estratégia de evitar ao máximo que pessoas impostoras obtenham acesso ao sistema.

Qui-Quadrado é a combinação do histograma da imagem de entrada com os histogramas dos modelos de referência. A maior similaridade é identificada quando os valores estão mais próximo de zero, usando a equação 5.

$$X^2(H^P, H^G) = \sum_{i=0}^l \frac{(H_i^P - H_i^G)^2}{(H_i^P + H_i^G)} \quad (5)$$

Onde P representa o histograma de dados observados (imagem de entrada) e G os dados do histograma esperado (imagem de referência).

Correlação de Pearson é o método que avalia o grau de correlação entre o histograma de entrada e os histogramas de referência. Assim, o coeficiente com valor mais próximo de 1 tem maior grau de correlação.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (6)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (7)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \quad (8)$$

Em comparação com o Qui-Quadrado, os cinco valores mais baixos são 2979, 3206, 3593, 3920 e 3920 e o valor mais alto é 17.045. A tabela 5 mostra o valor de corte definido como 2900 por aproximação, pois o menor valor é 2979 e o maior valor é 17.045.

Comparação	Análise de Qui-Quadrado	
	Resultado	Classificação
Mesma pessoa	<=2900	Verdadeiro Positivo (usuário cadastrado é reconhecido)
Pessoa diferente	<=2900	Falso Positivo (usuário não cadastrado é)

Comparação	Análise de Qui-Quadrado	
	Resultado	Classificação
		reconhecido)
Mesma pessoa	>2900	Falso Negativo (usuário cadastrado não reconhecido)
Pessoas diferentes	>2900	Verdadeiro Negativo (usuário que não está cadastrado não é reconhecido)

Tabela 5 - Comparação com Qui-Quadrado.

Na Correlação de Pearson, os cinco maiores valores são: 98,98%, 97,84%, 97,58%, 97,41%, 97,36%. Os resultados obtidos mostram que a maior taxa é 98,98% e a menor taxa é de 74,4% para pessoas diferentes. Assim, o valor de corte definido, por aproximação, neste teste é de 99% para limiar de decisão (Tabela 6).

Comparação	Análise de Pearson	
	Resultado	Classificação
Mesma pessoa	>=99%	Verdadeiro Positivo (usuário cadastrado é reconhecido)
Pessoa diferente	>=99%	Falso Positivo (usuário não cadastrado é reconhecido)
Mesma pessoa	<99%	Falso Negativo (usuário cadastrado não reconhecido)
Pessoas diferentes	<99%	Verdadeiro Negativo (usuário que não está cadastrado não é reconhecido)

Tabela 6 - Comparação com Correlação de Pearson.

4.2.2 Validação do Limiar de Decisão

Para validação do limiar de decisão (Tabela 5 e Tabela 6), a matriz de confusão foi empregada com 3 imagens de cinco pessoas diferentes. A Figura 41

ilustra os resultados do Qui-Quadrado e a Figura 42 da Correlação de Pearson. As diferenças de cores representam o valor de corte: a cor verde é considerada reconhecida e a vermelha como não reconhecido.

Pode-se observar que os resultados de desempenho do método Qui-Quadrado são significativamente melhores do que os resultados da Correlação de Pearson.

A fim de facilitar a compreensão dos dados, a Tabela 7 mostra o resumo das matrizes de confusão com base nos valores de corte.

	A	B	C	D	E
A	1.913	9.141	5.710	7.184	7.981
B	8.441	2.167	9.865	5.085	4.566
C	7.642	13.247	2.459	10.664	9.024
D	6.539	5.368	7.626	1.929	4.579
E	7.204	5.817	6.937	4.288	2.598

(a)

	A	B	C	D	E
A	1.876	8.248	6.171	6.726	8.247
B	8.330	1.612	10.213	5.318	4.388
C	7.755	12.615	2.840	10.276	9.571
D	6.610	4.870	7.929	2.148	4.731
E	7.048	5.773	7.423	4.260	2.819

(b)

	A	B	C	D	E
A	1.833	8.935	5.728	7.305	7.794
B	8.154	2.233	9.902	5.102	4.880
C	6.476	11.172	2.253	8.893	8.133
D	6.704	5.835	7.981	2.460	4.775
E	8.119	4.596	7.954	4.662	1.713

(c)

Figura 41 - Matriz de Confusão do Qui-Quadrado.

	A	B	C	D	E
A	98,8%	82,5%	91,3%	85,7%	80,7%
B	84,1%	97,7%	89,1%	90,7%	90,7%
C	87,4%	85,2%	98,0%	86,5%	90,9%
D	86,4%	89,4%	89,4%	98,6%	90,3%
E	83,2%	86,6%	90,3%	91,1%	96,4%

(a)

	A	B	C	D	E
A	99,1%	85,3%	90,1%	85,8%	80,1%
B	84,0%	98,9%	87,5%	90,6%	90,9%
C	87,2%	86,6%	97,4%	87,0%	90,7%
D	86,2%	91,3%	88,4%	98,2%	90,4%
E	82,3%	87,6%	89,1%	92,1%	96,3%

(b)

	A	B	C	D	E
A	99,1%	83,4%	90,9%	85,4%	81,1%
B	86,0%	97,5%	89,7%	91,1%	89,7%
C	89,5%	85,4%	98,3%	87,3%	88,7%
D	86,3%	89,3%	89,0%	97,5%	90,6%
E	81,5%	89,7%	89,8%	90,9%	98,7%

(c)

Figura 42 - Matrizes de Confusão do Pearson.

Classificação	Análises	
	Comparação Qui-Quadrado	Correlação Pearson
Verdadeiro Positivo (TP)	15	2
Falso Positivo (FP)	0	0
Verdadeiro Negativo (TN)	60	60
Falso Negativo (FN)	0	13

Tabela 7 - Resumo das Matrizes de Confusão.

Com base na Tabela 7, algumas medidas [57] também podem ser observadas, tais como:

- Precisão: a proporção de predições corretas, sem considerar o que é positivo (P) e o que é negativo (N).

$$(TP+TN) / (P+N)$$

- Sensibilidade: a proporção de verdadeiros positivos.

$$TP / (TP+FN)$$

- Especificidade: a proporção dos negativos verdadeiros.

$$TN / (TN+FP)$$

- Preditividade positiva: a proporção de verdadeiros positivos em contraste com todas as previsões positivas.

$$TP / (TP + FP)$$

- Preditividade negativa: a proporção de verdadeiros negativos, em contraste com todas as previsões negativas.

$$TN / (TN+FN)$$

Após essas medições, é gerado as taxas de precisão, sensibilidade, especificidade, preditividade positiva e negativa, para posterior análise como mostra a Tabela 8.

Taxas	Análises	
	Qui-Quadrado	Pearson
Precisão	100%	82.67%
Sensibilidade	100%	13.33%
Especificidade	100%	100.00%
Preditividade positiva	100%	100.00%
Preditividade negativa	100%	82.19%

Tabela 8 - Taxas de medições.

As Tabelas 7 e 8 mostram que a Correlação de Pearson não é eficiente no reconhecimento em histogramas LBP e a primeira fase do teste com 435 comparações foram cruciais para a conclusão. Por outro lado, se o limite não está

bem definido no primeiro teste com as imagens diferentes, o método de correlação pode passar sem qualquer problema, pois a linha de corte poderia ser definida em 96%, e, portanto, também seria aprovado.

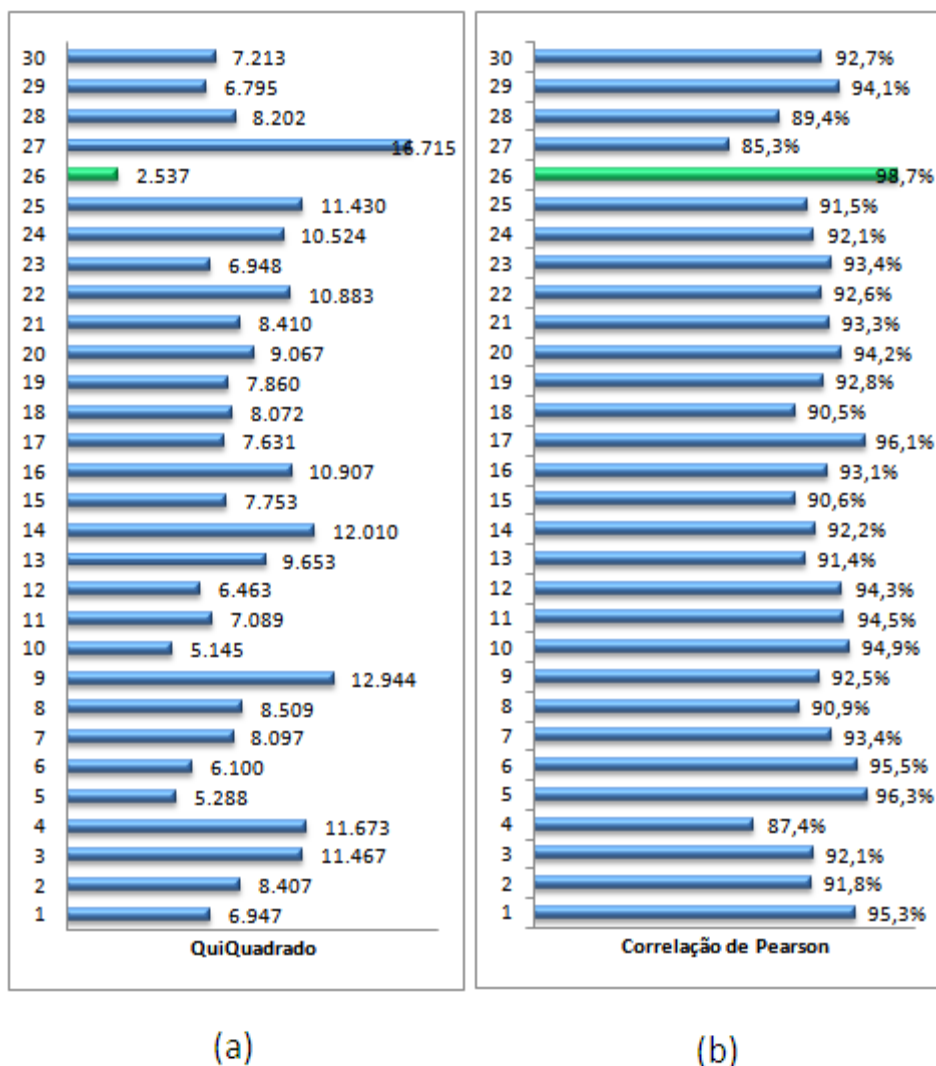


Figura 43 - Exemplo de Reconhecimento com base no limiar de decisão: Comparação (a) Qui-Quadrado e (b) Correlação Pearson.

Uma visão geral do método proposto pode ser observada através dos gráficos na Figura 43, o resultado correto dos limiares de reconhecimento utilizando o Qui-Quadrado e Pearson. Existem 30 imagens de referência registrado no sistema de reconhecimento e o usuário da posição 26 foi identificado corretamente. Cada gráfico de barras representa o resultado da comparação usando cada método.

4.2.3 Análise e Velocidade de Reconhecimento

A última etapa é analisar a velocidade de reconhecimento utilizando o melhor método e, neste caso, Qui-Quadrado foi escolhido.

A análise foi feita utilizando diversas medições do tempo atual do computador. A diferença entre os valores de tempo representa o intervalo entre cada etapa. Foram feitas 20 medidas e a média armazenada para ser mostrada.

Com base neste teste experimental, os resultados do Qui-Quadrado são robustos. A simulação é feita com 50, 500 e 5.000 imagens para a extração do tempo de cada etapa da metodologia proposta e os resultados são apresentados na Tabela 9.

Tempo de Processamento	Número de Imagens		
	50	500	5000
(a) Aquisição de Imagem	0.001 s	0.001 s	0.001 s
(b) Pré-processamento de Imagem	0.026 s	0.027 s	0.026 s
(c) Segmentação e Extração de Características	0.038 s	0.038 s	0.040 s
(d) Interpretação e Reconhecimento	0.004 s	0.032 s	0.310 s
Tempo Total de Execução	0.069 s	0.098 s	0.377 s

Tabela 9 - Tempo de processamento de metodologia.

Podemos notar na Tabela 9 que as etapas (a), (b) e (c) tem a variação mínima no tempo, pois são independentes de pessoas cadastradas no sistema PPAS. Na etapa (d) observa-se que a variação é proporcional ao número de usuários registrados (número de imagens). Assim, o tempo total de execução obtido neste teste é de 0,377 segundos por comparação entre 5000 imagens, com 2.304 características por usuário usado.

Desta forma, podemos verificar que o sistema proposto é viável após os testes de validação. No capítulo a seguir, é apresentado o sistema proposto, desde a sua instalação até o reconhecimento biométrico da palma da mão.

5 APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE

O software desenvolvido a partir desse trabalho foi denominado PPAS - *Palm Print Authentication System*. Este capítulo mostra os procedimentos de instalação do software e como utilizá-lo, apresentando suas principais funcionalidades.

Os requerimentos mínimos para o funcionamento do sistema são:

- Windows XP ou superior (32 bits);
- Conexão USB;
- 1 GB de memória RAM;
- Processador de no mínimo 1.5 GHz;
- Disco rígido de no mínimo 40 GB com espaço livre de 300 MB.

5.1 INSTALAÇÃO

Para a instalação do *software* os seguintes passos devem ser seguidos:

PASSO 1: O Setup.exe deve ser executado;

PASSO 2: O idioma a ser utilizado durante a instalação deve ser escolhido e a opção OK deve ser selecionada (Figura 44);

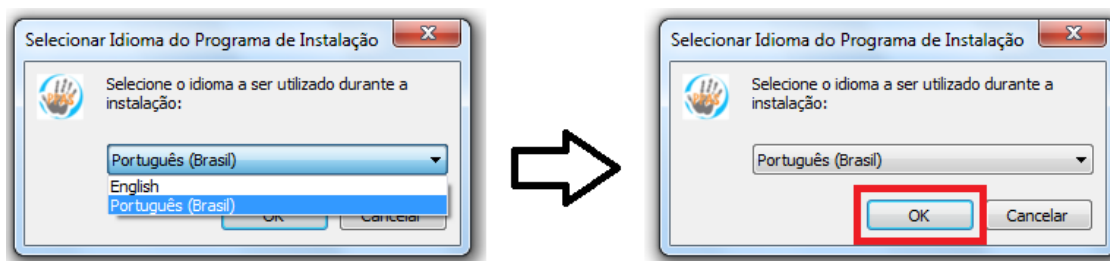


Figura 44 - Passo 2 da instalação do *software*

O assistente de instalação do software será aberto automaticamente e dará algumas informações sobre a instalação.

PASSO 3: Clique em “Avançar” (Figura 45)

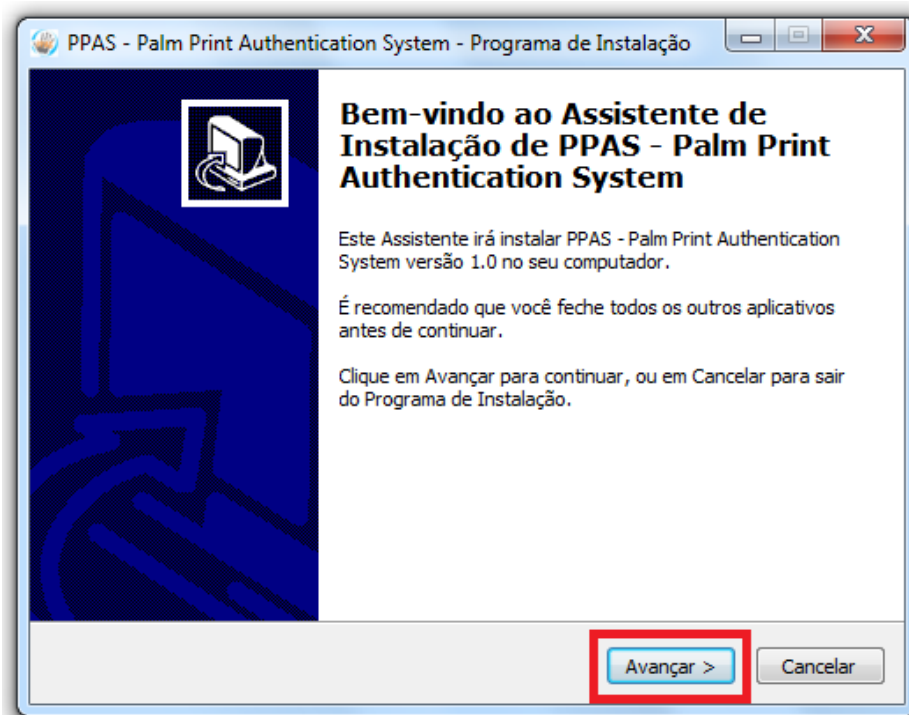


Figura 45 - Passo 3 da instalação do *software*

O assistente de instalação pedirá para indicar em que pasta do Menu Iniciar deve-se salvar os atalhos do programa. Como default o instalador define uma pasta chamada PPAS dentro de Computador/Disco Local/Arquivos de Programa

PASSO 4: Escolha em que pasta os atalhos do programa devem ser salvos, ou deixe a pasta default, e clique em “Avançar” (Figura 46)

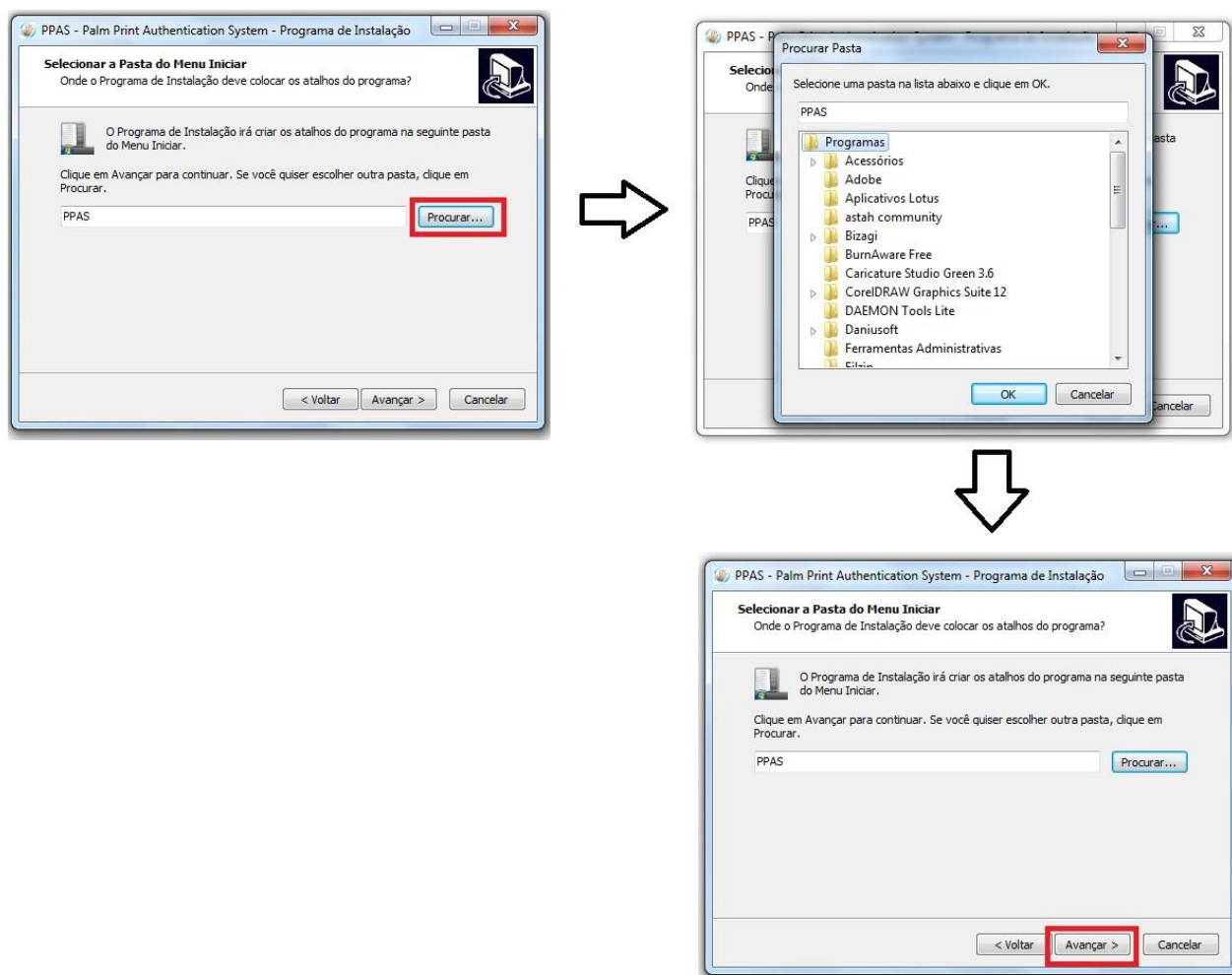


Figura 46 - Passo 4 da instalação do software

O assistente de instalação perguntará se deseja criar um ícone do software na área de trabalho.

PASSO 5: Caso deseje que o assistente crie o ícone selecione a *combo box* "Criar um ícone na Área de Trabalho", caso contrário clique em "Avançar" (Figura 47)

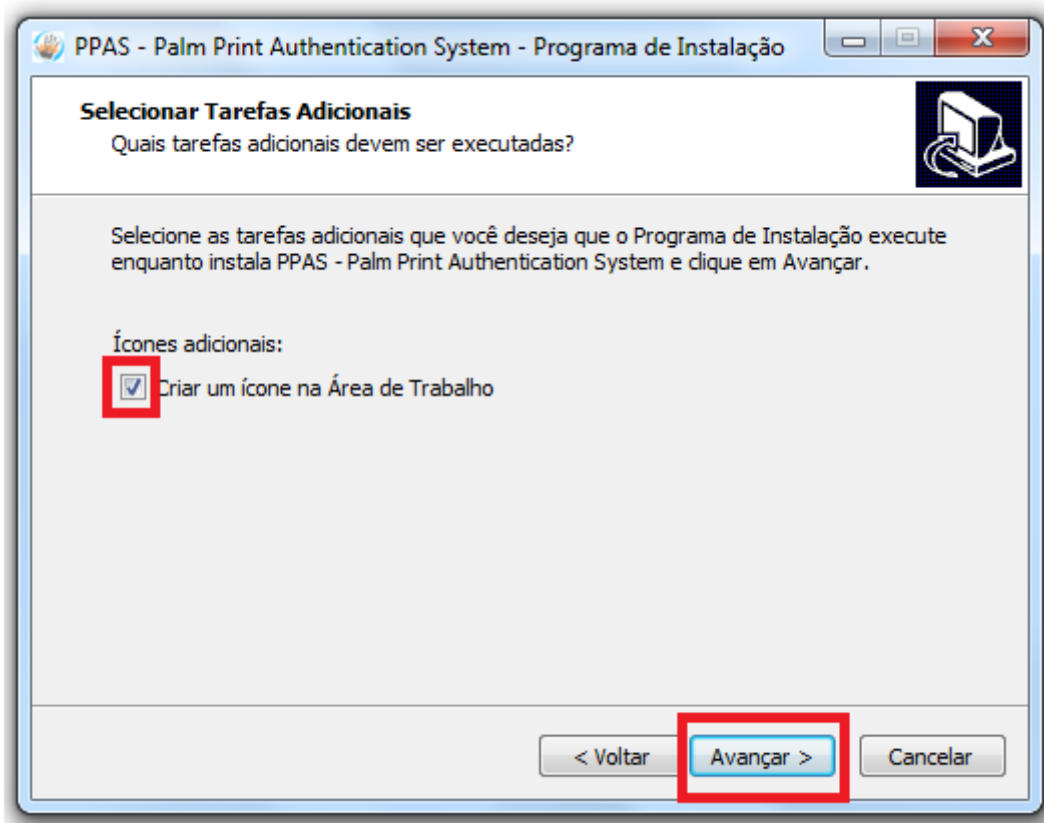


Figura 47 - Passo 5 da instalação do *software*

O Instalador estará pronto para iniciar a instalação.

PASSO 6: Clique em “Instalar” para que o processo de instalação seja iniciado (Figura 47)

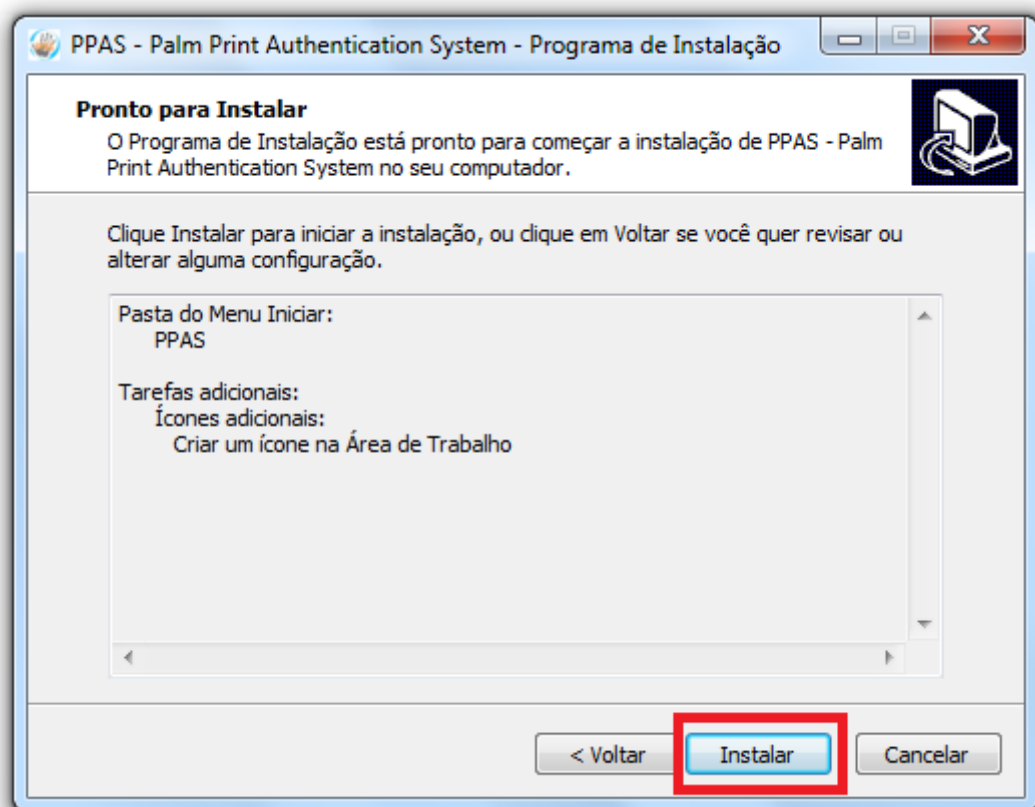


Figura 48 - Passo 6 da instalação do *software*

O processo de instalação será iniciado, esse processo pode demorar alguns segundos (Figura 49).

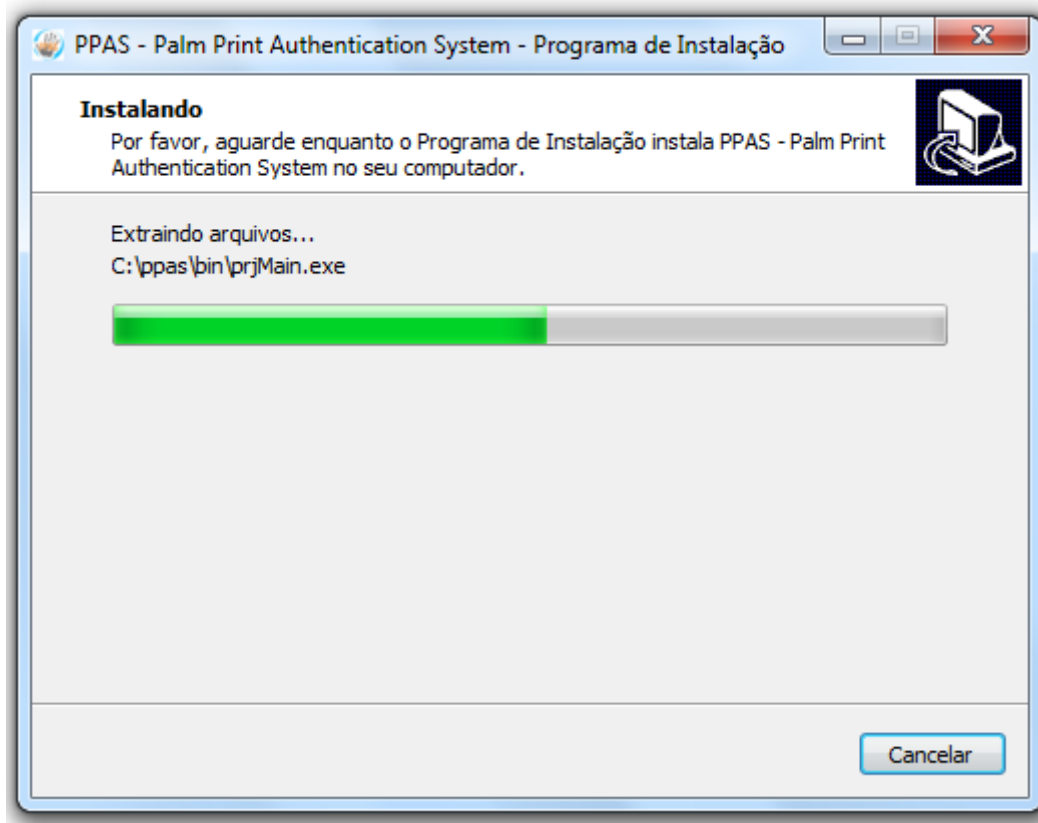


Figura 49 - Passo 7 da instalação do software

Quando a instalação for concluída o instalador mostrará a mensagem: “Finalizando o Assistente de Instalação de PPAS – *Palm Print Authentication System*”.

PASSO 7: Caso queira executar o software deixe a *combo box* “Executar PPAS – *Palm Print Authentication System*” marcada e clique em “Concluir”, caso contrário desmarque a *combo* e clique em “Concluir” (Figura 50).

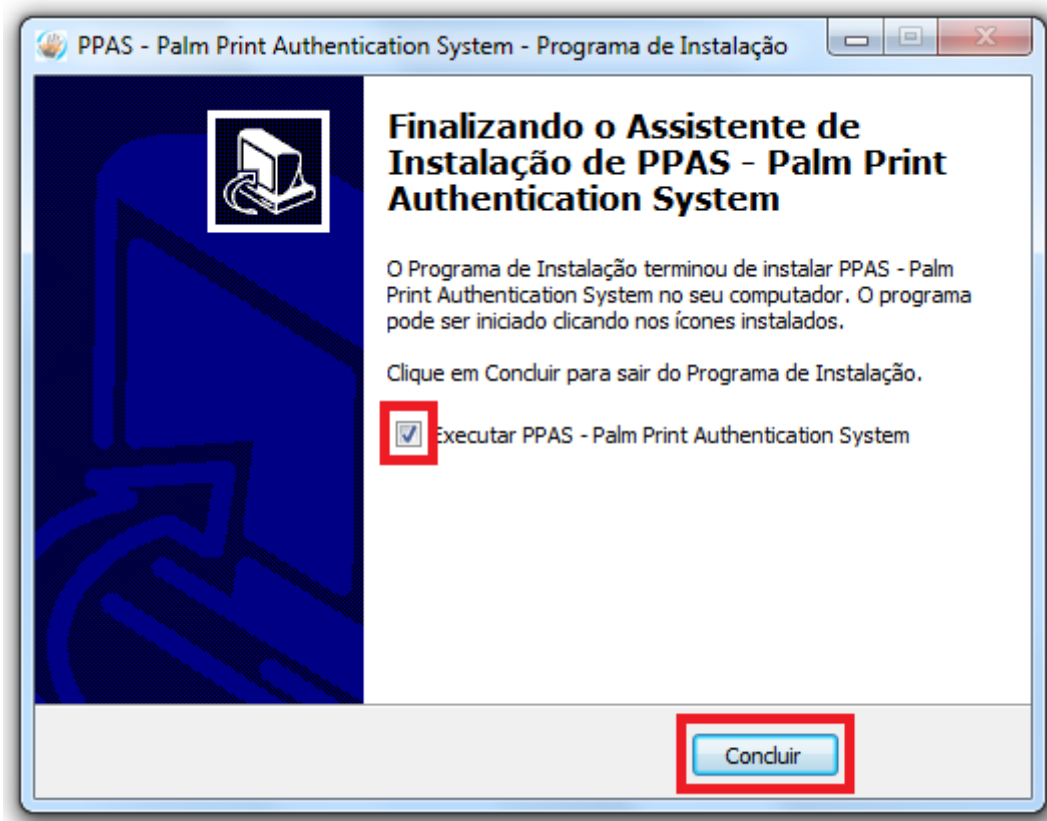


Figura 50 - Passo 8 da instalação do *software*

Após a execução destes passos, o *software* PPAS já estará instalado e pronto para ser utilizado.

5.2 UTILIZAÇÃO

A finalidade do *software* desenvolvido é o reconhecimento humano através de uma imagem da palma da mão, obtida através de uma *webcam*. Para tanto o *software* possui três módulos com as seguintes funcionalidades:

- *Include User* (Incluir Usuário);
- *Recognition System* (Sistema de Reconhecimento);

- *Database Manager* (Gerenciador da Base de Dados);

A seguir cada funcionalidade é explicada detalhadamente.

5.2.1 Include User

Este módulo tem a funcionalidade, como o próprio nome diz, para incluir um novo usuário no sistema. Para que essa inclusão ocorra, o administrador do sistema deve selecionar a opção “*Include User*” na tela principal, conforme ilustra a Figura 51.



Figura 51 - Tela principal

Após a seleção, outra tela para inclusão do usuário será aberta, o usuário deve posicionar a mão direita no dispositivo e a opção “*Take a hand palm*” deve ser acionada e depois “*Include User*” para finalizar o armazenamento da imagem. (Figura 52).

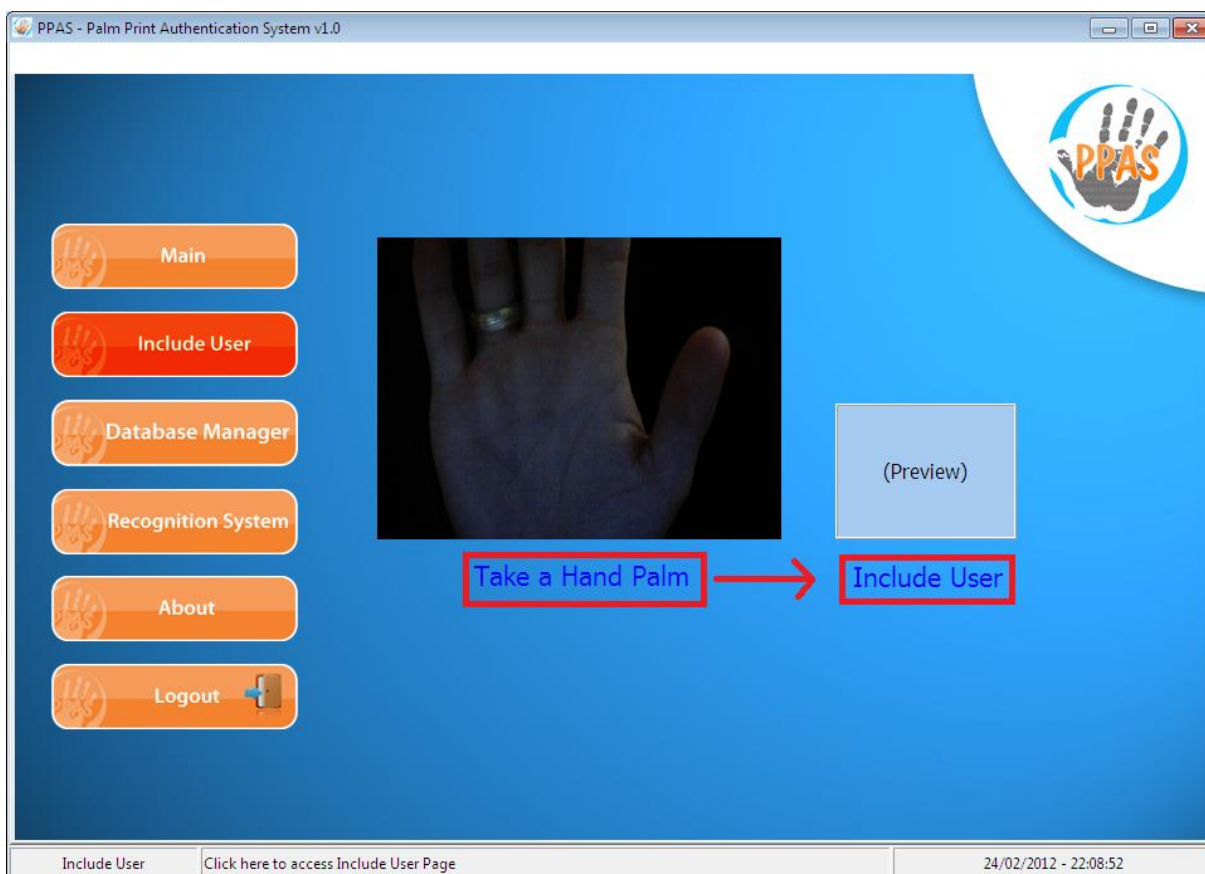


Figura 52 - Aquisição da imagem

O sistema então irá solicitar o “*username*” (sobrenome) do usuário, que deve ser preenchido e clicar em OK (Figura 53).

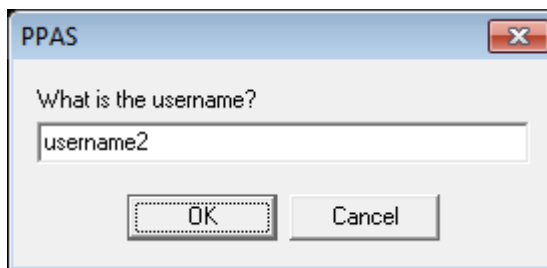


Figura 53 - Registro do *username* do usuário

Uma mensagem avisando que o usuário foi incluído com sucesso será dada (Figura 54).

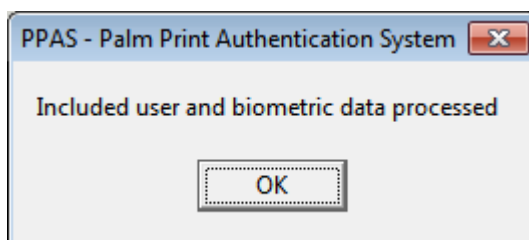


Figura 54 - Mensagem de inclusão do usuário

Após esse procedimento os dados do usuário já constarão na base de dados do *software*.

5.2.2 Recognition System

Para que o *software* faça o reconhecimento de um usuário a opção "*Recognition System*" deve ser escolhida na tela principal.

Na tela de reconhecimento o usuário deve posicionar a mão em frente à câmera e o administrador selecionar "*Start Recognition*" (Figura 55).



Figura 55 - Tela de iniciação do reconhecimento

Se os dados biométricos do usuário estão armazenados na base de dados do *software*, uma mensagem de acesso permitido será apresentada, juntamente com o *username* registrado no momento de inclusão do usuário (Figura 56)

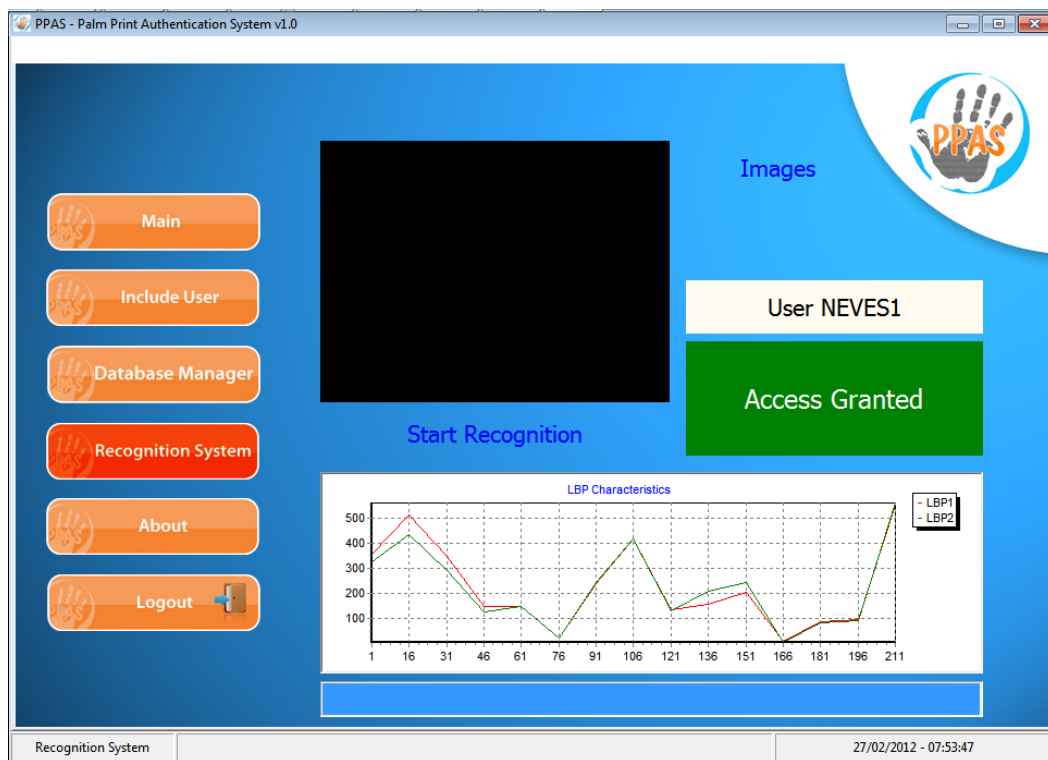


Figura 56 - Tela com acesso concedido

Caso o usuário ainda não esteja registrado na base de dados, uma mensagem de acesso negado será dada (Figura 57).

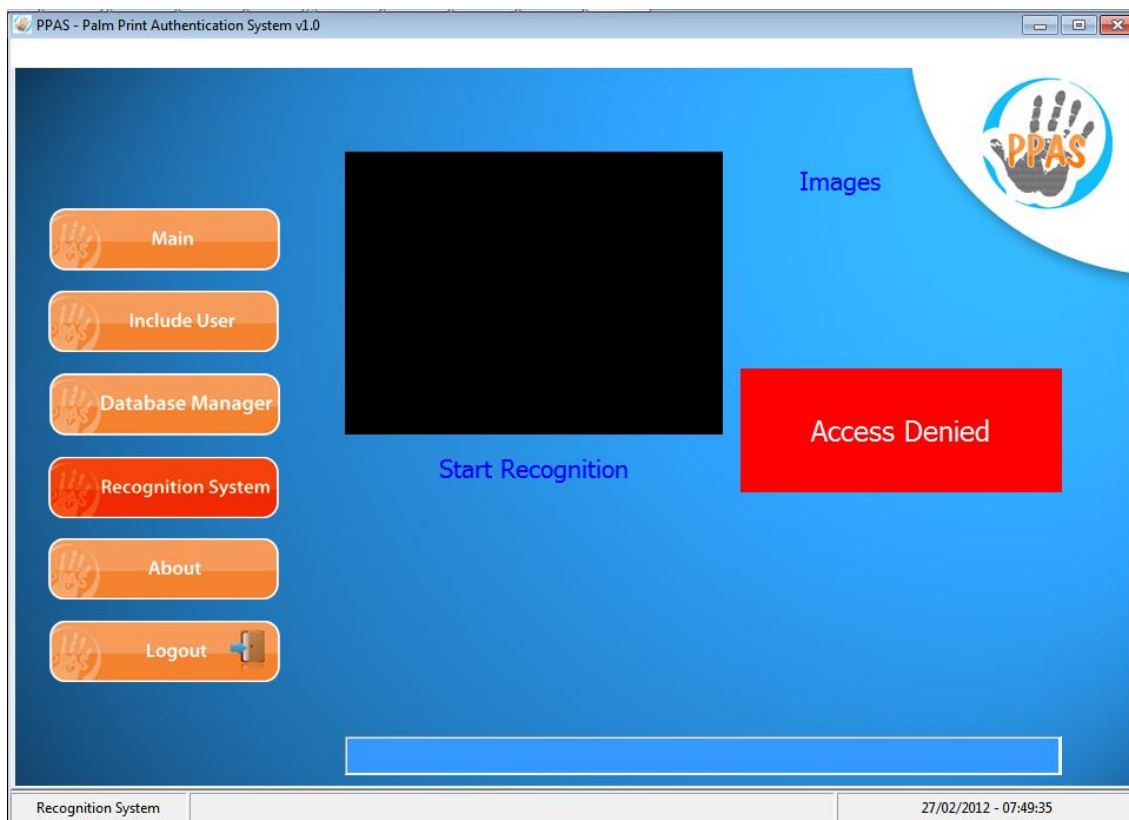


Figura 57 - Tela com acesso negado

Nessa opção do menu (*Recognition System*) pode-se observar as etapas do processamento da imagem, clicando em “*Images*”. Essa tela exhibe passo a passo do processamento digital da imagem, a extração dos dados biométricos, usando o LBP (Figura 58).

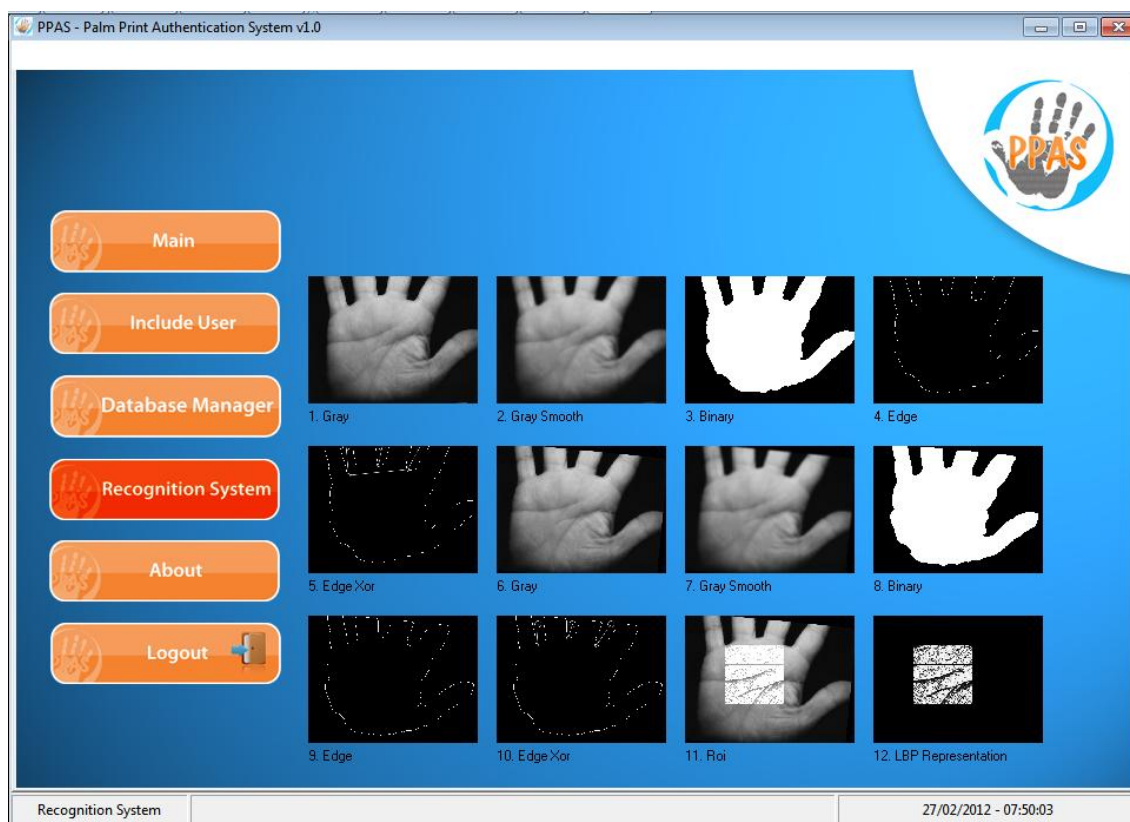


Figura 58 - Imagens das etapas do processamento biométrico

Ainda nessa opção, um gráfico que faz a comparação das características do LBP registradas no sistema com a imagem fornecida é exibido. Esse gráfico tem como finalidade mostrar a similaridade dos dados biométricos comparados. (Figura 59)



Figura 59 - Comparação de características extraídas pelo LPB

Seguindo as etapas acima descritas, o reconhecimento biométrico pode ser feito através de uma imagem da palma da mão.

5.2.3 Database Manager

Para acessar este item basta clicar em “*Database Manager*” na tela principal.

Esse item exibe os arquivos biométricos salvos na base de dados do LBP e os arquivos digitais da palma da mão salvos na base de imagem. Este módulo tem como finalidade o controle dos registros no sistema. (Figura 60 e 61).

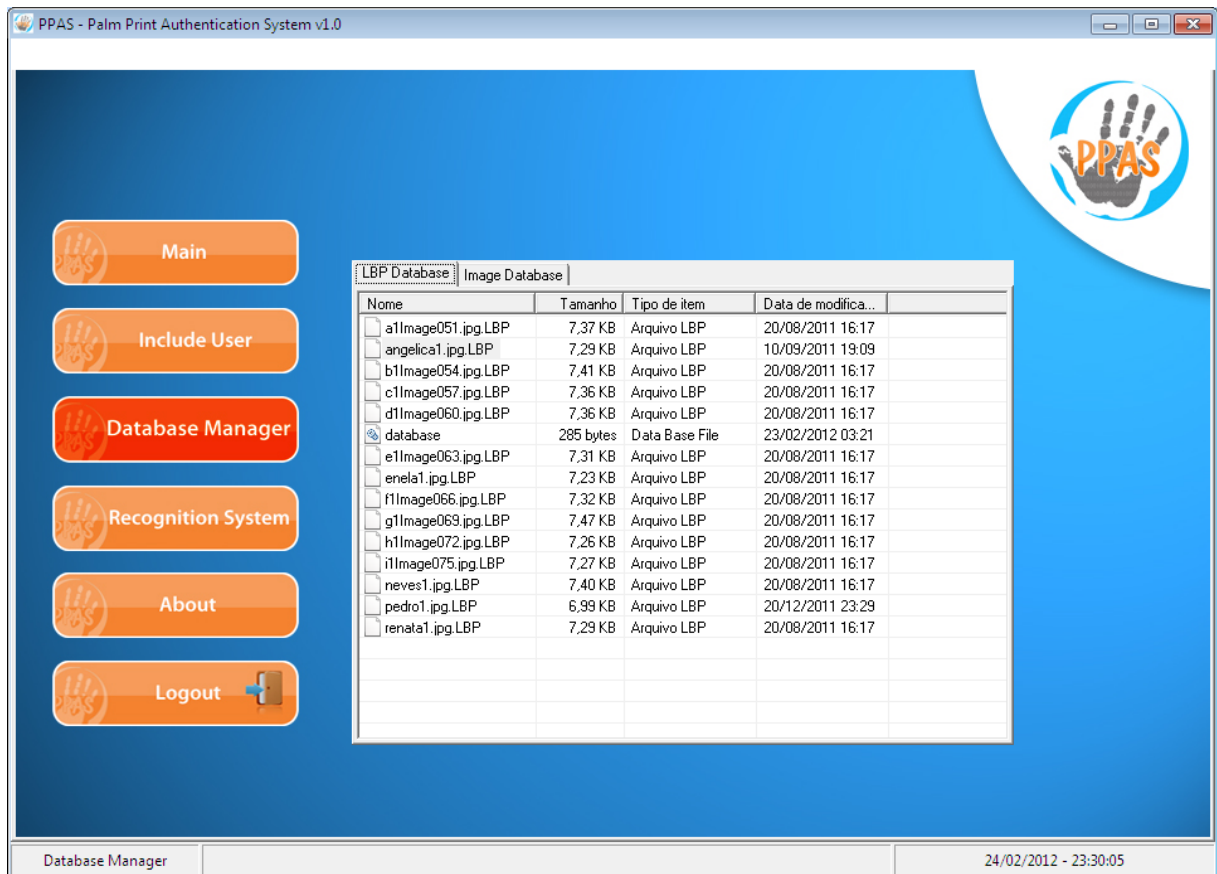


Figura 60 - Base de dados do LBP

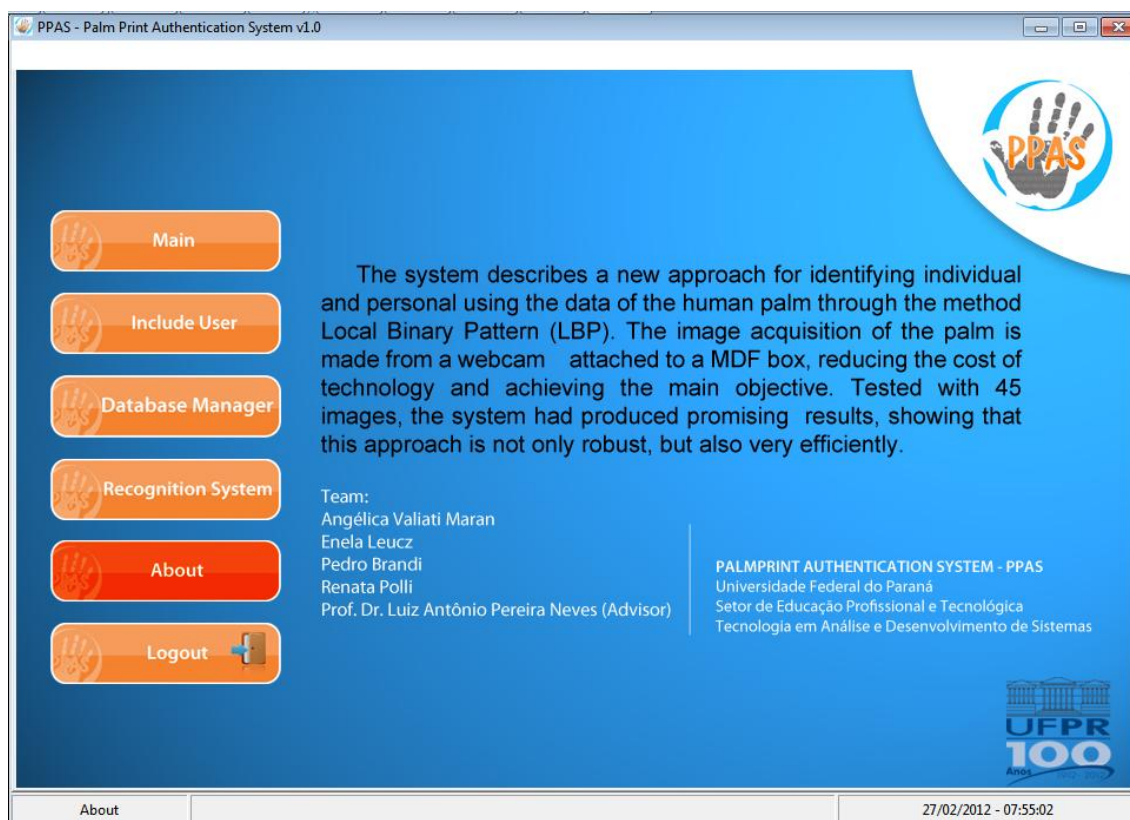


Figura 62 - Tela da descrição do sistema

Para finalizar o sistema, seleciona o botão “Logout” que apresentará as imagens dos integrantes do desenvolvimento do projeto e uma mensagem de confirmação de *logout* (Figura 63).

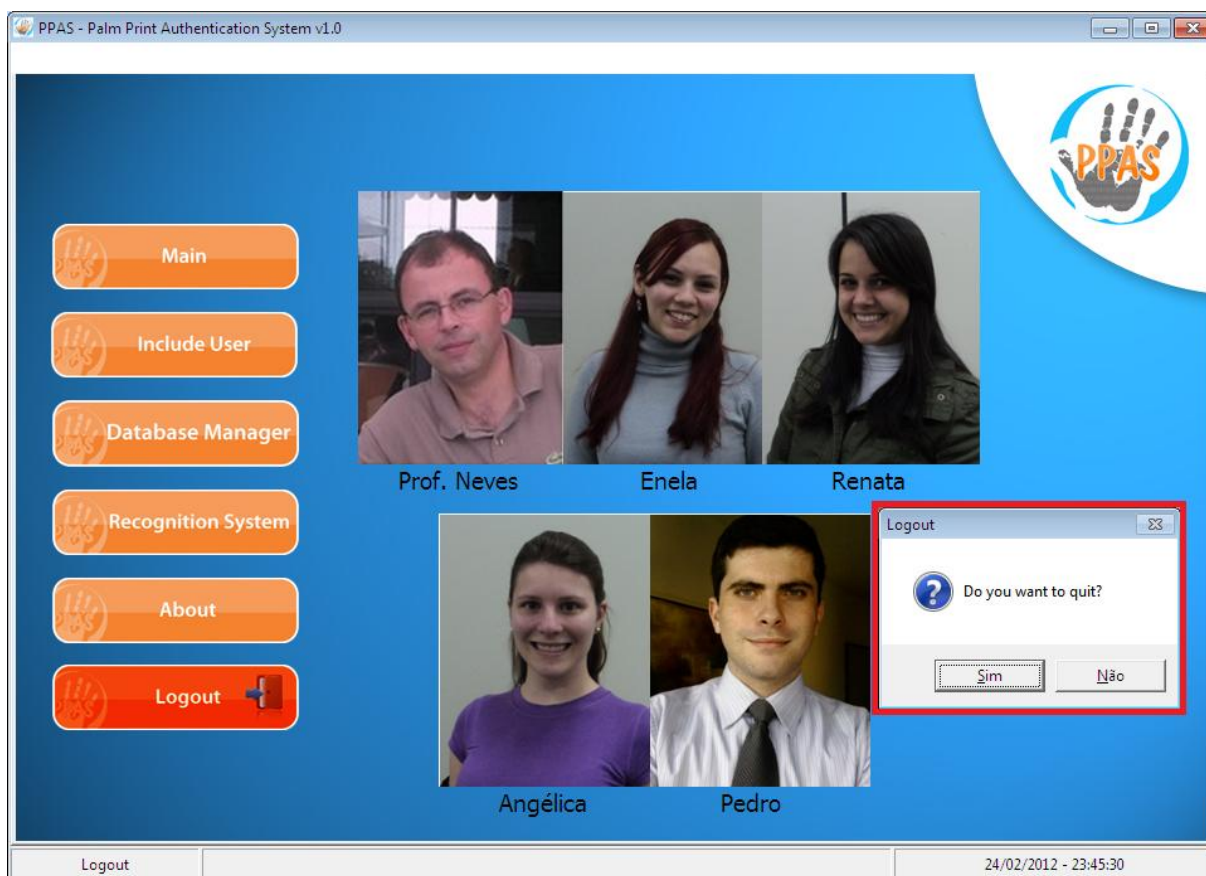


Figura 63 - Tela de finalização do sistema

Portanto, o sistema PPAS é um sistema interativo, de boa navegabilidade e a identificação biométrica é apresentada de forma clara através das imagens da etapa de processamento biométrico e, além disso, robusta e rápida. No próximo capítulo, tem-se a conclusão desta pesquisa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta um sistema para reconhecimento humano através de características biométricas extraídas da palma da mão. Com base em estudos bibliográficos e uma pesquisa de campo, a maior contribuição desta pesquisa foi a concepção de um dispositivo de reconhecimento biométrico de baixo custo e a construção de uma ferramenta computacional denominada PPAS – “*Palm Print Authentication System*”.

Para extrair os dados biométricos do reconhecimento da palma da mão, foi utilizado o algoritmo de textura “Local Binary Pattern” (LBP). A metodologia mostrou-se significativa e promissora com 100% da taxa de precisão, utilizando o método Qui-Quadrado e de 82,67% pela Correlação de Pearson. Essa última taxa significa que o método proposto não reconheça corretamente o usuário, mas não se engana de falsos positivos (identificando a pessoa errada).

Além disso, é importante ressaltar que os resultados obtidos por testes de velocidade de execução, usando o método Qui-Quadrado, mostrou-se eficaz. Os resultados adquiridos estão descritos no capítulo 4 dessa pesquisa e também no artigo intitulado “*A Proposal for the Hand Palm Identification, using Local Binary Pattern*”, publicado no periódico internacional IJAEST [59].

O presente estudo permite concluir que:

- A sociedade tem um percentual de aceitabilidade e confiabilidade alto em reconhecimentos biométricos;
- Existe carência de dispositivos com alta acertabilidade no mercado;
- O dispositivo confeccionado a partir de uma *webcam* e placas de MDF, atende a necessidade para obtenção de imagens para efetivo registro e reconhecimento;
- O objetivo de se confeccionar um dispositivo de baixo custo foi atendido;
- O *software* desenvolvido normaliza as imagens, obtidas a partir do dispositivo, processa e extrai as características biométricas;

- Foi possível criar gráficos estatísticos a partir da análise dos resultados.

Portanto, os objetivos expostos foram todos atingidos e o sistema PPAS apresenta como uma solução viável para identificação biométrica humana.

Para estudos futuros, a implementação de bases maiores de imagens e uso de dados geométricos da palma da mão tais como: largura da mão e altura dos dedos, podem ser incorporados como dados biométricos. E, ainda, o aprimoramento da metodologia na sua portabilidade, usando *webcams* de diferentes tipos, como por exemplo, as acopladas em notebooks também podem ser um recurso alternativo de reconhecimento a partir do *software* PPAS. Além disso, utilizar tecnologias móveis como *iphone* e *ipad* são excelentes meios para a evolução do sistema proposto.

REFERÊNCIAS

- [1] - FONTANA, D. R.; MARIM, L. R. Sistema de Autenticação/Identificação Pessoal Biométrica Através da Palma da Mão com o Auxílio de Redes Neurais Artificiais. **Encontro de iniciação científica e pós-graduação do ITA – XV ENCITA, 14**, São José dos Campos, 2009.
- [2] - WU, X.; ZHANG, D.; WANG, K.; HUANG, B. Palmprint classification using principal lines. **Pattern Recognition**, 2003, p. 1987-1998.
- [3]- ARAÚJO, E. C. J. de; SOUZA, L. V. de. **A Biometria como Mecanismo Seguro de Identificação e Autenticação de Indivíduos em Sistemas de Informação**. Disponível em: <<http://www.fatecjp.com.br/revista/artigo05.pdf>>. Acesso em: 19 Jul. 2011.
- [4]- Biometria. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/904479/Biometria>>. Acesso em: 19 Jul. 2011.
- [5]- ROMANO, S. M. V. **Sistemas Biométricos Aplicados a Segurança da Informação**: uma abordagem conceitual sobre os principais dados biométricos. Disponível em: <<http://www.fortec.edu.br/mkt/artigo5.pdf>>. Acesso em: 19 Jul. 2011.
- [6]- JAIN, A. K.; ROSS, A.; PRABHAKAR, S. An Introduction to Biometric Recognition. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, v. 14, n. 1, Jan. 2004. Disponível em: <http://www.csee.wvu.edu/~ross/pubs/RossBioIntro_CSVT2004.pdf>. Acesso em: 26 Jul. 2011.
- [7] - Biometria Facial. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/biometria/biometria-facial.php>>. Acesso em: 19 Jul. 2011.
- [8] – *Logic* Engenharia de Sistemas. Disponível em: <<http://www.logicengenharia.com.br/mcamara/alunos/Biometria.pdf>>. Acesso em: 19 Jul. 2011.
- [9] – Biometria: Óculos ajudam PM a achar bandidos. Disponível em: <<http://jolubo.wordpress.com/2011/04/15/biometria-oculos-ajudam-pm-a-achar-bandidos/>>. Acesso em: 20 Jul. 2011.
- [10] - MAGALHÃES, Paulo S., SANTOS, Henrique D. **Biometria e autenticação**. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2184/1/capsi.pdf>>. Acesso em: 20 Jul. 2011.
- [11] – CANEDO, J. A. Biometria das veias da mão. Disponível em: <<http://www.forumbiometria.com/artigos/36-geral/48-biometria-das-veias-da-mao-hand-veins.html>>. Acesso em: 9 Ago 2011.

[12] - Banco Bradesco. Disponível em: <<http://www.bradescoseguranca.com.br/>>. Acesso em: 20 Jul. 2011.

[13]- LAURINO, Luiz S. **Arquiteturas para Reconhecimento de Voz em Sistemas Embarcados**. 2004. 11 f. Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGC) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

[14]- NOGUEIRA, Aislan C. A.; STOCO, Felipe N.; AZEVEDO, João R. C. de. **Biometria Aplicada ao Reconhecimento de Padrões**. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seacIV/SI/Poster/Biometria.pdf>>. Acesso em: 19 Jul. 2011.

[15]- LOPES, A. Biometria Parte 3. Disponível em: <http://www.imasters.com.br/artigo/218/seguranca/biometria_-_parte_3/>. Acesso em: 19 Jul. 2011.

[16] – BURSZTYN, V. S. Biometria: Análise de Assinaturas. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/assinat/index.html>. Acesso em: 19 Jul. 2011.

[17]- PAVEZI, R. S. **Dinâmica da Digitação aplicada a um ambiente WEB**. 2007. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Departamento de Informática e Estatística - INE , Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

[18] - KHAN, M.H.M.; KHAN, N.A.M. A New Method to Extract Dorsal Hand Vein Pattern using Quadratic Inference Function. **International Journal of Computer Science and Information Security**, v.6, n. 3, pp 26-30, 2009.

[19] - NIENNATTRAKU, V.; RATANAMAHATANA, C. A. Making Hand Geometry Verification System More Accurate Using Time Series Representation with R-K Bando Learning. **Journal, Publisher**, Location, Date, pp. 1-10.

[20] - RIBARC, S.; FRATRIC, I. A Biometric Identification System Basead on Eigenpalm and Eigenfinger Features. **IEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 27, n. 11, novembro 2005.

[21] - Li, F.; LEUNG, M.K.H.; CHIAN, C.S. Making Palm Print Matching Mobile. **International Journal of Computer Science and Information Security**, v.6, n. 2, pp 1-9, 2009.

[22] - MAHESH, P.K.; SHANMUKHASWAMY, M.N. An Efficient Process of Human Recognition Fusing Palmprint and Speech features. **International Journal of Computer Science and Information Security**, v.6, n. 11, pp 1-6, Set. 2010.

[23] - KUMAR, A.; SHEN, H.C. **Recognition of Palmprints using Eigenpalm**. Department of Computer Science, Hong Kong University of Science and Technology.

[24] – BAKINA, I. Palm Shape Comparison for Person Recognition. **VISAPP – International Conference on Computer Vision Theory and Applications**, pp. 5-11, Mar. 2011.

- [25] – JEMAA, S. B.; HAMMAMI, M. Palmprint recognition based on regions selection. **VISAPP – International Conference on Computer Vision Theory and Applications**, pp. 320-325, Mar. 2011.
- [26] - GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. Editora Edgard Blucher, 2000.
- [27] - SCURI, A. E. **Fundamentos da Imagem Digital**. Rio de Janeiro, 1999.
- [28] - Análise de Imagens e Visão Computacional. Disponível em: <http://www.cbpf.br/cat/pdsi/aulas_html/Aula2_Analise_Imagens_arquivos/frame.htm>. Acesso em: 19 Ago. 2011.
- [29] - Visão Computacional, Imageamento, Computação Gráfica. Disponível em: <http://milenioimpa.br/novo/portugues/areas_visao.htm>. Acesso em: 19 Ago. 2011.
- [30] MILANO, D. de; HONORATO, L. B. **Visão Computacional**. 2010. 7 f. Monografia (Trabalho para a disciplina Introdução a Inteligência Artificial) - Faculdade de Tecnologia (FT), UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2010.
- [31] - A Free Experimental System for Image Processing. Disponível em: <<http://imlab.sourceforge.net/>>. Acesso em: 19 Ago. 2011.
- [32] - ZTW Tecnologia. Disponível em: <<http://www.ztw.com.br/?gclid=CODxk-e626oCFY8j7AodAy5J9Q>>. Acesso em: 19 Ago. 2011.
- [33] - OJALA, T.; PIETIKAINEN, M.; HARWOORK, D. A comparative Study of texture measures with classification based on feature distribution. **Pattern Recognition**, v. 29, n. 1, p. 51-59, 1996.
- [34] - WANG, L.; HE, D.C. Texture classification using texture spectrum. **Pattern Recognition**, v. 23, p. 905-910, 1990.
- [35] - OJALA, T.; PIETIKAINEN, M.; MAENPAA, T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. **IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 27, n. 7, p. 971-987, 2002.
- [36] - Local Binary Patterns. Disponível em: <http://www.scholarpedia.org/article/Local_Binary_Patterns>. Acesso em: 15 Ago. 2011.
- [37] - MARCEL, S.; RODRIGUEZ, Y.; HEUSCH, G. On the Recent Use of Local Binary Patterns for Face Authentication. Disponível em: <<http://infoscience.epfl.ch/record/146137/files/marcel-ijivp-2007.pdf>>. Acesso em: 15 Ago. 2011.
- [38] - AHONEN, T.; PIETIKAINEN, M. Face recognition with local binary patterns. **Proceedings of European Conference on Computer Vision**. p. 469-481, 2004.

- [39] - MASCARO, A. A. **Segmentação de Imagens de Mamografias Digitais**. 2007. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia da Computação) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2007.
- [40] - MAREGONI, M.; STRINGHINI, D.. **Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV**. Revista RITA, v. XVI, n. 1, 2009.
- [41] - LIMA, J. P. S. do M. et. al. **Reconhecimento de Padrões em Tempo Real Utilizando a Biblioteca OpenCV**. Revista RITA, v. XVII, n. X, 2010.
- [42] – *Homepage* do Prof. Luiz Antônio Pereira Neves. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/lapneves/Home>>. Acesso em: 20 Ago. 2011.
- [43] - Open Computer Vision Library. Disponível em: <<http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>>. Acesso em: 20 Ago. 2011.
- [44] – BYTHEWAY, A. **The Information Management Body of Knowledge**, South Africa, 2004.
- [45] - GUEDES, Gilleans T. A. **UML 2 – Guia Prático**. Editora Novatec, 2007.
- [46] - Expectativas positivas para o mercado de biometria. Disponível em: <<http://cfsec.com.br/biometria-mercado/expectativas-positivas-para-o-mercado-de-biometria/>>. Acesso em: 13 Dez. 2011.
- [46] - Projeto de Software com Astah. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/post-18442-Projeto-de-Software-com-Astah*.html>. Acesso em: 09 Fev. 2012.
- [48] - FERREIRA, B. Introdução à linguagem C. Disponível em: <http://www.cultura.ufpa.br/ferreira/Disciplinas/Paradigmas/Apostila_C.pdf>. Acesso em: 09 Fev. 2012.
- [49] - SOUZA, G. R. de. Linguagem Delphi. Disponível em: <<http://www.cefetrn.br/~givanaldo/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=disciplinas:delphi:aula01.pdf>>. Acesso em: 09 Fev. 2012.
- [50] - Sistemas de Info.com. Disponível em: <<http://www.sistemasdeinfo.com/index.php?/ResumosInform%C3%A1ticaBasica/resumo-linguagem-delphi-informatica-basica.html>>. Acesso em: 09 Fev. 2012.
- [51] – Ergolist: Menu de Checklist. Disponível em: <<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/check.htm>>. Acesso em: 13 Fev. 2012.
- [52] – Questionário: Conhecimento e aceitação do uso de tecnologias biométricas. Disponível em: <<https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dFhoT2hLQXdIZIQ4WVl4dGhpZIR1NFE6MQ>>.

- [53] – Astah. Disponível em: <<http://astah.net/editions/professional>>. Acesso em: 14 Fev. 2012.
- [54] – Microsoft Office. Disponível em: <<http://office.microsoft.com/pt-br/>>
- [55] - RITCHIE, D.; KERNIGHAN, B. C - **A Linguagem de Programação**. Editora Campus, 1986.
- [56] – OTSU, N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v.9, n. 1, pp. 62-66, 1979.
- [57] – SABATTINI, R. M. E. **Um Programa para o Cálculo da Acurácia, Especificidade e Sensibilidade de Testes Médicos**. Revista Informédica, v. 2 (12), pp. 19-21, 1995
- [58] - WINTERLE, P. **Vetores e Geometria Analítica**. Editora Makron Books, São Paulo, 2000.
- [59] – POLLI, R. M. et. al. A Proposal for the Hand Palm Identification, using Local Binary Pattern. **IJAEST International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies**, vol.9, n. 2, pp. 302-309, 2011. Disponível em: <<http://www.ijaest.iserp.org/archieves/16-Aug-1-15-11/Vol-No.9-Issue-No.2/25.IJAEST-Vol-No-9-Issue-No-2-A-proposal-for-the-Hand-Palm-Identification,-using-Local-Binary-Pattern-302-309.pdf>>.

APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA

- Justificativa do Projeto

A obtenção de características biométricas possibilita o reconhecimento humano de forma segura e assertiva, esse reconhecimento pode ser utilizado em inúmeros casos como restrição de acesso a espaços, bens ou serviços.

A percepção da necessidade de sistemas de reconhecimentos biométricos com baixo custo e precisão nos resultados (fato que reflete na segurança do *software*) levou a confecção desse projeto.

- Objetivo

A principal meta será elaborar um sistema que utilize uma *webcam*, método este que poderá resultar em menores custos de produção do sistema. Além de um produto final com pouco investimento, um *software* buscando mais segurança e eficácia será desenvolvido.

- Descrição do Projeto

O desenvolvimento desse projeto deverá ter como prazo máximo de finalização a data 10 de fevereiro de 2012. Os integrantes da equipe irão pesquisar e elaborar um método eficaz para tratamento de imagem digital e reconhecimento biométrico baseado na palma da mão. Este trabalho será desenvolvido sob orientação do Professor Luiz Antônio Pereira Neves.

- Identificação e atribuições do Gerente de Projetos

O Professor Luiz Antônio Pereira Neves será o gerente do projeto, tendo autoridade para utilizar os recursos financeiros da equipe, conforme limitação do orçamento do projeto.

- Riscos de Alto Nível

O projeto poderá ter como principal dificuldade a normalização das imagens capturadas pelo dispositivo e a elaboração de um método para extração das características biométricas da imagem.

- Requisitos para Aprovação

Assertividade de reconhecimento acima de 85%, equipamento para confecção do dispositivo abaixo de R\$500,00.

- Resumo do Orçamento

Webcam – R\$ 100,00

Caixa em MDF- R\$ 150,00

A equipe que irá elaborar o sistema não terá nenhuma forma de recompensa, pois este projeto não visa fins lucrativos.

- Patrocinadores

A equipe não possui patrocinador, sendo assim os custos devem ser dividido entre os integrantes da equipe.

APÊNDICE B – DECLARAÇÃO DO ESCOPO

- Descrição do Escopo do Produto

DESCRIÇÃO MACRO DO SISTEMA: O sistema inicia quando um usuário registra seus dados biométricos. Para que isso ocorra o usuário deve submeter à mão no dispositivo para que a mesma seja fotografada e tenha sua imagem processada. Os dados biométricos extraídos nesse momento são relacionados com o usuário e salvos em uma base de dados. Em um segundo momento, o usuário é autenticado submetendo sua mão novamente ao dispositivo. A nova imagem da palma da mão é processada e os dados extraídos são comparados com os já existentes na base de dados. O usuário será reconhecido caso esteja registrado no sistema.

- Entregas do Projeto

MARCO 1	Termo de Abertura
MARCO 2	Declaração de Escopo, Plano do Projeto;
MARCO 3	Produto Proposto;
MARCO 4	Produto Proposto Testado;
MARCO 5	Produto Proposto Homologado.

- Exclusões do Projeto
 - Não serão realizadas integrações com outros sistemas;
 - Requisitos não descritos não serão desenvolvidos nessa etapa do projeto;
 - O *software* não contemplará funcionalidades como: reconhecimento biométrico através de qualquer outro dado biométrico que não seja extraído da palma da mão.

- Restrições do Projeto

Esse projeto restringe o cronograma, o projeto será entregue em no máximo 6 meses. Não será disponibilizado para esse projeto mais que 4 recursos humanos em

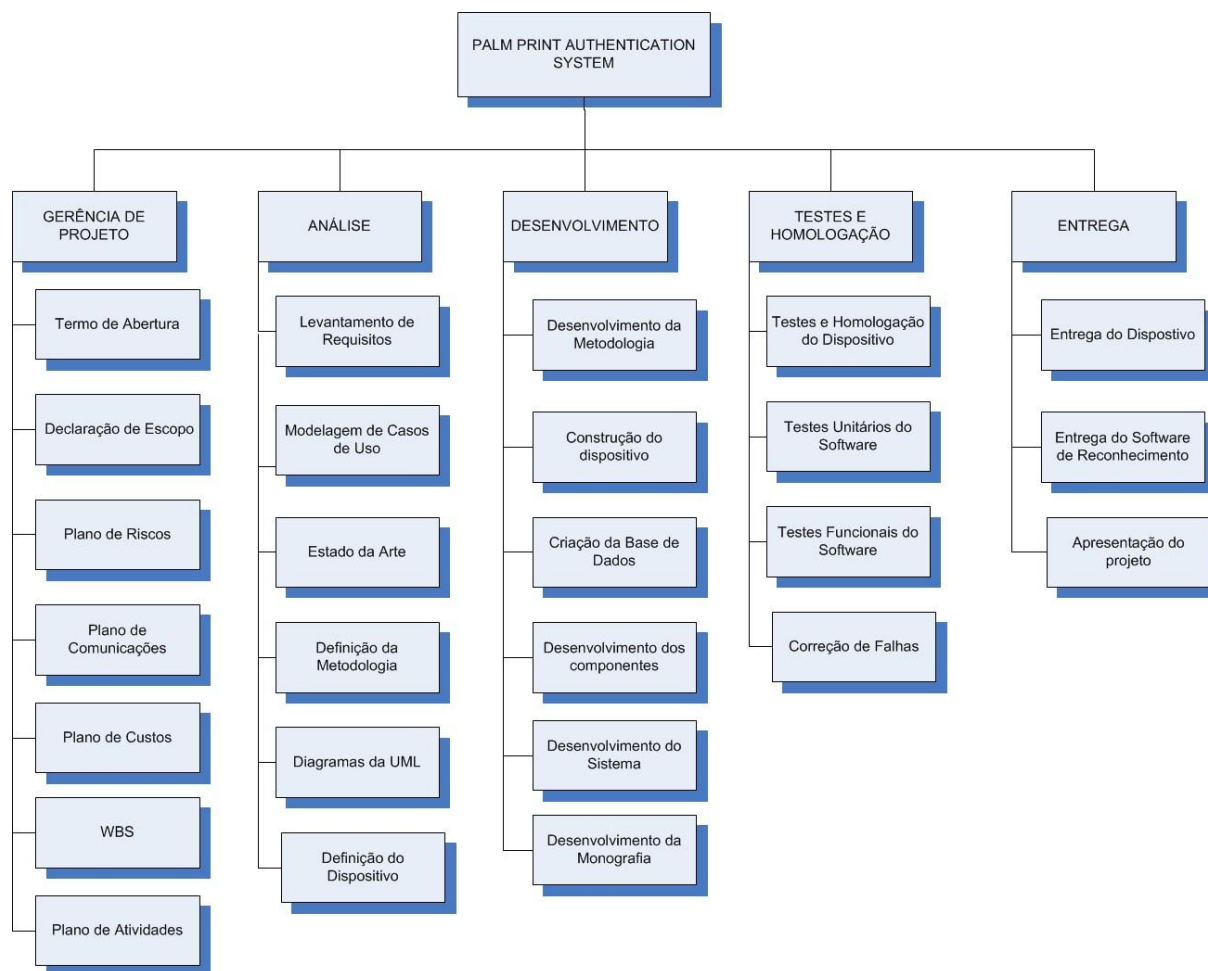
período parcial e o presente projeto não atenderá funcionalidades não descritas nessa declaração. O projeto será desenvolvido e testado, em sua maioria, nas dependências da Universidade Federal do Paraná.

- Premissas do Projeto

As preocupações do cliente, no uso da ferramenta proposta, são:

- Prover equipamentos para a ligação com o dispositivo;
- Integrar o dispositivo com qualquer outro sistema;
- Disponibilizar servidor de banco de dados para o sistema.

APÊNDICE C - WBS



Nesse projeto optou-se por dividir o trabalho em 5 fases, sendo elas: Gerência de Projetos, Análise, Desenvolvimento, Testes e Homologação e Entrega. Dessa forma, conseguiu-se englobar as principais atividades de cada fase hierarquicamente.

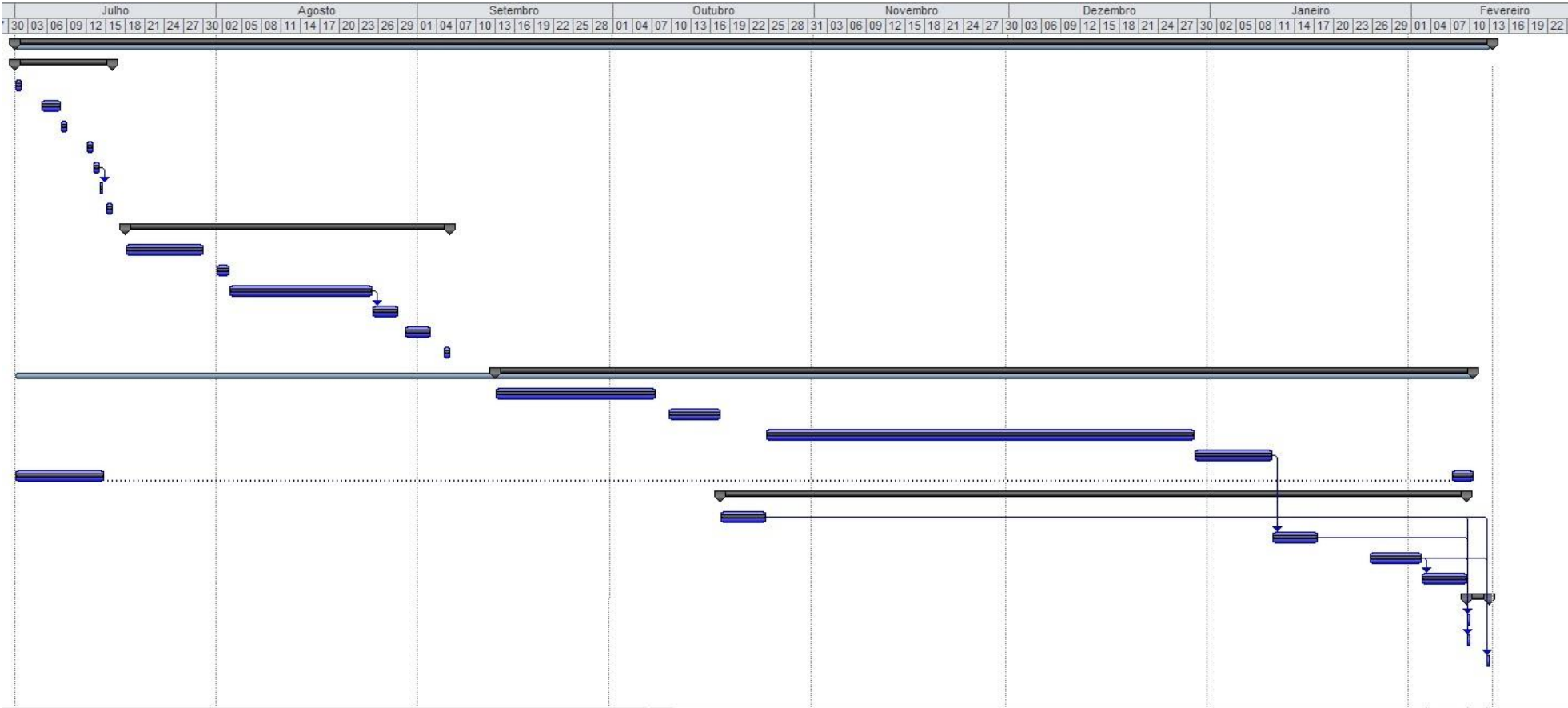
A primeira fase aborda todos os planos suficientes para gerar um Plano Geral do Projeto, onde o escopo, riscos, comunicação, custos e atividades são descritas. Na segunda etapa atividades como definição dos requisitos, estudo bibliográfico, definição da metodologia, diagramas da UML como documentação do *software* e demais definições são feitas. A terceira etapa trata-se do desenvolvimento do *software* e do dispositivo de reconhecimento, além da criação da monografia. A

etapa 4 aborda a validação do *software* e do dispositivo, enfim, a quinta etapa trata da entrega e apresentação do *software*

APÊNDICE D – PLANO DE ATIVIDADES E GRÁFICO DE GANTT

	Nome da tarefa	% concluída	Duração	Início	Término	Status	Predecessora
1	PROJETO FINAL	64%	228 dias	Sex 01/07/11	Seg 13/02/12	Atrasada	
2	Gerência de Projeto	89%	15 dias	Sex 01/07/11	Sex 15/07/11	Atrasada	
3	Termo de Abertura	100%	4 hrs	Sex 01/07/11	Sex 01/07/11	Concluída	
4	Elaboração da Declaração de Escopo	100%	20 hrs	Ter 05/07/11	Qui 07/07/11	Concluída	
5	Elaboração do Plano de Riscos	100%	4 hrs	Sex 08/07/11	Sex 08/07/11	Concluída	
6	Elaboração do Plano de Comunicação	100%	4 hrs	Ter 12/07/11	Ter 12/07/11	Concluída	
7	Elaboração da WBS	100%	4 hrs	Qua 13/07/11	Qua 13/07/11	Concluída	
8	Elaboração do Plano de Atividades	80%	6 hrs	Qua 13/07/11	Qui 14/07/11	Atrasada	7
9	Elaboração do Plano de Custos	0%	4 hrs	Sex 15/07/11	Sex 15/07/11	Atrasada	
10	Análise	87%	51 dias	Seg 18/07/11	Ter 06/09/11	Atrasada	
11	Levantamento de Requisitos	100%	76 hrs	Seg 18/07/11	Sex 29/07/11	Concluída	
12	Modelagem dos Casos de Uso	50%	12 hrs	Seg 01/08/11	Ter 02/08/11	Atrasada	
13	Estado da Arte	100%	124 hrs	Qua 03/08/11	Qua 24/08/11	Concluída	
14	Definição da Metodologia	100%	20 hrs	Qua 24/08/11	Seg 29/08/11	Concluída	13
15	Elaboração dos Diagramas da UML	0%	28 hrs	Ter 30/08/11	Sex 02/09/11	Atrasada	
16	Definição do Dispositivo	100%	8 hrs	Seg 05/09/11	Ter 06/09/11	Concluída	
17	Desenvolvimento	64%	151 dias	Sex 01/07/11	Sex 10/02/12	Atrasada	
18	Desenvolvimento da Metodologia	100%	148 hrs	Ter 13/09/11	Sex 07/10/11	Concluída	
19	Construção do Dispositivo	100%	44 hrs	Seg 10/10/11	Seg 17/10/11	Concluída	
20	Criação da Base de Dados	100%	8 hrs	Ter 18/10/11	Qua 19/10/11	Concluída	
21	Desenvolvimento dos Componentes	100%	380 hrs	Ter 25/10/11	Qui 29/12/11	Concluída	
22	Desenvolvimento do Sistema	0%	60 hrs	Sex 30/12/11	Ter 10/01/12	Tarefa futura	
23	Desenvolvimento da Monografia	50%	321 dias	Sex 01/07/11	Sex 10/02/12	Atrasada	
24	Teste e Homologação	23%	115 dias	Ter 18/10/11	Qui 09/02/12	No Prazo	
25	Testes e Homologação do Dispositivo	100%	36 hrs	Ter 18/10/11	Seg 24/10/11	Concluída	
26	Testes Unitários de Software	0%	40 hrs	Ter 10/01/12	Ter 17/01/12	Tarefa futura	22
27	Testes Funcionais do Software	0%	44 hrs	Qui 26/01/12	Qui 02/02/12	Tarefa futura	
28	Correção de Falhas	0%	40 hrs	Qui 02/02/12	Qui 09/02/12	Tarefa futura	27
29	Entrega	0%	4 dias	Sex 10/02/12	Seg 13/02/12	Tarefa futura	
30	Entrega do Dispositivo	0%	2 hrs	Sex 10/02/12	Sex 10/02/12	Tarefa futura	25
31	Entrega do Software de Reconhecimento	0%	2 hrs	Sex 10/02/12	Sex 10/02/12	Tarefa futura	26;27
32	Apresentação do Projeto	0%	2 hrs	Seg 13/02/12	Seg 13/02/12	Tarefa futura	25;27

O Plano de Atividades desse projeto segue a mesma linha que a WBS. Está dividido por fases já citadas anteriormente e organizado por atividades. Esse diagrama traz a estimativa de duração de cada atividade, esta que foi baseada na experiência de cada integrante do presente trabalho e adaptada no cronograma proposto. A partir deste diagrama, o Gráfico de Gantt foi gerado:



APÊNDICE E – PLANO DE CUSTOS

Dados da Atividade			Alocação e Respectivos Custos dos Recursos								Total por Atividade
Nº	Atividade	Esforço Estimado (hh)	Angélica		Enela		Pedro		Renata		
			Valor Unit.	R\$ 20,00	Valor Unit.	R\$ 20,00	Valor Unit.	R\$ 20,00	Valor Unit.	R\$ 20,00	
			Qtde. Hh	R\$	Qtde. Hh	R\$	Qtde. Hh	R\$	Qtde. Hh	R\$	
1	Gerência de Projeto	-		R\$ -		R\$ -		R\$ -		R\$ -	R\$ -
2	Elaboração do Termo de Abertura	4	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	R\$ 80,00
3	Elaboração da Declaração Escopo do Projeto	20	5	R\$ 100,00	5	R\$ 100,00	5	R\$ 100,00	5	R\$ 100,00	R\$ 400,00
4	Elaboração do Plano de Riscos	4	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	R\$ 80,00
5	Elaboração do Plano de Comunicação	4	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	R\$ 80,00
6	Elaboração da WBS	4	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	R\$ 80,00
7	Elaboração do Plano de Atividades	6	2	R\$ 40,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	2	R\$ 40,00	R\$ 120,00
8	Elaboração do Plano de Custos	4	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	1	R\$ 20,00	R\$ 80,00
9	Análise			R\$ -		R\$ -		R\$ -		R\$ -	R\$ -
10	Levantamento dos Requisitos	76	19	R\$ 380,00	19	R\$ 380,00	19	R\$ 380,00	19	R\$ 380,00	R\$ 1.520,00
11	Modelagem dos Casos de Uso	12	3	R\$ 60,00	3	R\$ 60,00	3	R\$ 60,00	3	R\$ 60,00	R\$ 240,00

12	Estado da Arte	124	31	R\$ 620,00	31	R\$ 620,00	31	R\$ 620,00	31	R\$ 620,00	R\$ 2.480,00
13	Definição da Metodologia	20	5	R\$ 100,00	5	R\$ 100,00	5	R\$ 100,00	5	R\$ 100,00	R\$ 400,00
14	Elaboração dos Diagramas da UML	28	7	R\$ 140,00	7	R\$ 140,00	7	R\$ 140,00	7	R\$ 140,00	R\$ 560,00
15	Definição do Dispositivo	8	2	R\$ 40,00	2	R\$ 40,00	2	R\$ 40,00	2	R\$ 40,00	R\$ 160,00
16	Desenvolvimento			R\$ -		R\$ -		R\$ -		R\$ -	R\$ -
17	Desenvolvimento da Metodologia	148	37	R\$ 740,00	37	R\$ 740,00	37	R\$ 740,00	37	R\$ 740,00	R\$ 2.960,00
18	Construção do Dispositivo	44	11	R\$ 220,00	11	R\$ 220,00	11	R\$ 220,00	11	R\$ 220,00	R\$ 880,00
19	Criação da Base de Dados	8	2	R\$ 40,00	2	R\$ 40,00	2	R\$ 40,00	2	R\$ 40,00	R\$ 160,00
20	Desenvolvimento dos Componentes	380	95	R\$ 1.900,00	95	R\$ 1.900,00	95	R\$ 1.900,00	95	R\$ 1.900,00	R\$ 7.600,00
21	Desenvolvimento do Sistema	60	15	R\$ 300,00	15	R\$ 300,00	15	R\$ 300,00	15	R\$ 300,00	R\$ 1.200,00
22	Desenvolvimento da Monografia	100	25	R\$ 500,00	25	R\$ 500,00	25	R\$ 500,00	25	R\$ 500,00	R\$ 2.000,00
23	Testes e Homologação	-				R\$ -		R\$ -		R\$ -	R\$ -
24	Testes e Homologação do Dispositivo	36	9	R\$ 180,00	9	R\$ 180,00	9	R\$ 180,00	9	R\$ 180,00	R\$ 720,00
25	Testes Unitários do Software	40	10	R\$ 200,00	10	R\$ 200,00	10	R\$ 200,00	10	R\$ 200,00	R\$ 800,00
26	Testes Funcionais do Software	44	11	R\$ 220,00	11	R\$ 220,00	11	R\$ 220,00	11	R\$ 220,00	R\$ 880,00
27	Correção de Falhas	40	10	R\$ 200,00	10	R\$ 200,00	10	R\$ 200,00	10	R\$ 200,00	R\$ 800,00
28	Entrega	-				R\$ -		R\$ -		R\$ -	R\$ -

29	Entrega do Dispositivo	1	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	R\$ 12,00
30	Entrega do <i>Software</i> de Reconhecimento	1	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	R\$ 12,00
31	Apresentação	1	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	0,15	R\$ 3,00	R\$ 12,00
Total		1220		R\$ 6.089,00		R\$ 6.069,00		R\$ 6.069,00		R\$ 6.089,00	R\$ 24.316,00
Custos materiais											
1	Notebook										R\$ 1.500,00
2	Notebook										R\$ 1.500,00
3	Notebook										R\$ 1.500,00
4	Notebook										R\$ 1.500,00
5	WebCam										R\$ 100,00
6	Material para Confeção do Dispositivo										R\$ 150,00
	Custos com materiais										R\$ 6.250,00
Custo Total do Projeto = Pessoal + Materiais											
R\$ 30.566,00											

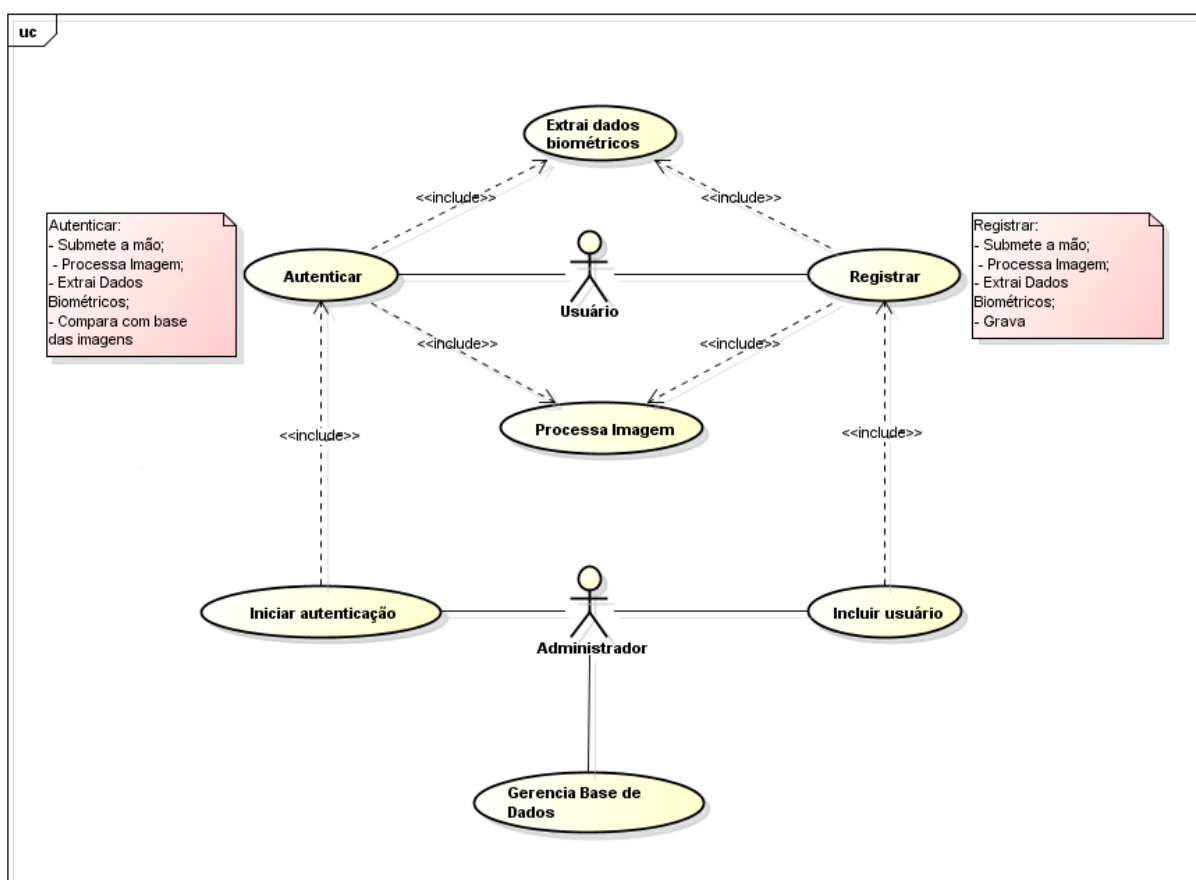
APÊNDICE F – PLANO DE COMUNICAÇÃO

Grupo de Interessados	Foco	O que este grupo precisa saber	Método	Quando
Internos ao projeto				
Equipe do Projeto	Planejar e distribuir as tarefas	Status do projeto	Reuniões com o orientador	Há cada fim de tarefa haverá reunião
Orientador	Supervisionar cada tarefa	Se está como deveria e passa dicas	E-mails ou reuniões	Quando necessário
Equipe do Projeto	Desenvolver o <i>software</i>	Técnicas de desenvolvimento	E-mails, conversas por mensagens instantâneas ou reuniões.	Quando necessário
Equipe do Projeto	Compartilhar conhecimento técnico	APIS, métodos e teorias	Livros e e-mails	Durante o desenvolvimento
Equipe do Projeto	Andamento de testes	Protótipo pronto ou <i>software</i>	Reuniões com supervisor	Durante a fase de testes
Equipe do Projeto	Troca de metodologias e informações	Novos métodos e processos	E-mails, conversas por mensagens instantâneas ou reuniões.	Durante o primeiro semestre de 2011
Pré-banca	Análise do projeto	Projeto pronto ou quase	Pré-avaliação	No final do projeto

APÊNDICE G – PLANO DE RISCOS

Nº	Condição	Consequência	Ação	Probabilidade	Impacto	Classificação
1	Metodologia de análise e reconhecimento das imagens falha	Reiniciar a elaboração da parte principal do projeto	Pesquisas na UFPR	Moderado	Alto	6
2	Dificuldade técnica na linguagem de programação	Codificação mais complicada e assim com possíveis erros	Aulas de reforço da linguagem	Moderado	Moderado	5
3	Alta complexidade do algoritmo utilizado	Dificuldade na construção do sistema	Estudo de pesquisas já existentes sobre o algoritmo	Moderado	Alto	6
4	Necessidade de grandes alterações no sistema	Metodologia insuficiente	Pesquisas de métodos	Moderado	Alto	6
5	Segurança insuficiente	Baixa segurança no sistema, dados perdidos ou modificados	Um novo método para sanar está deficiência	Alta	Alto	7
6	Problemas de comunicação	Duplicidade de tarefas ou não execução de tarefas	Trocas de e-mail com frequência	Moderado	Baixo	4
7	Confiabilidade baixa	A taxa de erro na identificação elevada	Estudo de um método mais eficiente	Moderado	Moderado	5
8	Desistência no grupo	Acumulo de tarefas e responsabilidades para o restante do grupo	Incentivos morais	Moderado	Alto	6
9	Não cumprimento dos prazos das tarefas estabelecidas	Atraso no início da tarefa posterior	E-mails cobrando as tarefas	Alta	Moderado	6

APÊNDICE H - DIAGRAMA E ESPECIFICAÇÕES DOS CASOS DE USO



Casos de Uso

UC01: Incluir usuário

- Descrição: este caso de uso serve para que o administrador possa cadastrar os usuários;
- Pré-condições: NA
- Pós-Condições: Após o fim normal deste caso de uso o usuário deve ter sido incluído no sistema
- Ator Primário: Administrador
- Fluxos de Eventos Principais:
 1. O administrador aciona a opção de incluir usuário;

2. O UC02 – Registrar é solicitado;
3. O usuário é incluído no sistema.
 - Fluxos Alternativos: NA
 - Fluxos de Exceção: NA

UC02: Registrar

- Descrição: este caso de uso serve para que o usuário seja registrado no sistema.
- Pré-condições: usuário possuir dado biométrico;
- Pós-Condições: após o fim normal deste caso de uso o sistema deve ter registrado o usuário.
- Ator Primário: Usuário
- Fluxos de Eventos Principais:
 1. O usuário submete a mão no dispositivo de reconhecimento;
 2. O sistema captura uma fotografia da mão do usuário;
 3. A imagem é processada e os dados biométricos são extraídos;
 4. O usuário é registrado no sistema.

UC03 – Iniciar autenticação

- Descrição: este caso de uso serve para que o usuário seja autenticado no sistema.
- Pré-condições: usuário já ter sido incluído no sistema
- Pós-Condições: após o fim normal deste caso de uso o sistema deve reconhecer o usuário
- Ator Primário: Administrador
- Fluxos de Eventos Principais:

1. O administrador aciona a opção de reconhecimento do sistema;
2. O UC 04 – Autenticar é solicitado;
3. O sistema autentica/reconhece o usuário;
 - Fluxos de Exceção: Usuário não reconhecido.

E1: O sistema não encontra o registro do usuário

1. O sistema retorna a mensagem: “User Denied”
2. O caso de uso é reiniciado

- Fluxos Alternativos:

A1: A opção de visualização das imagens, durante o processamento, é acionada:

1. O administrador seleciona a opção “Images”;
2. As imagens decorrentes do processamento de imagens é exibido.

A2: A opção de visualização das características do LBP é acionada

1. O administrador aciona a opção “LBP Characteristics”
2. Gráficos com as características são exibidos.

UC04: Autenticar

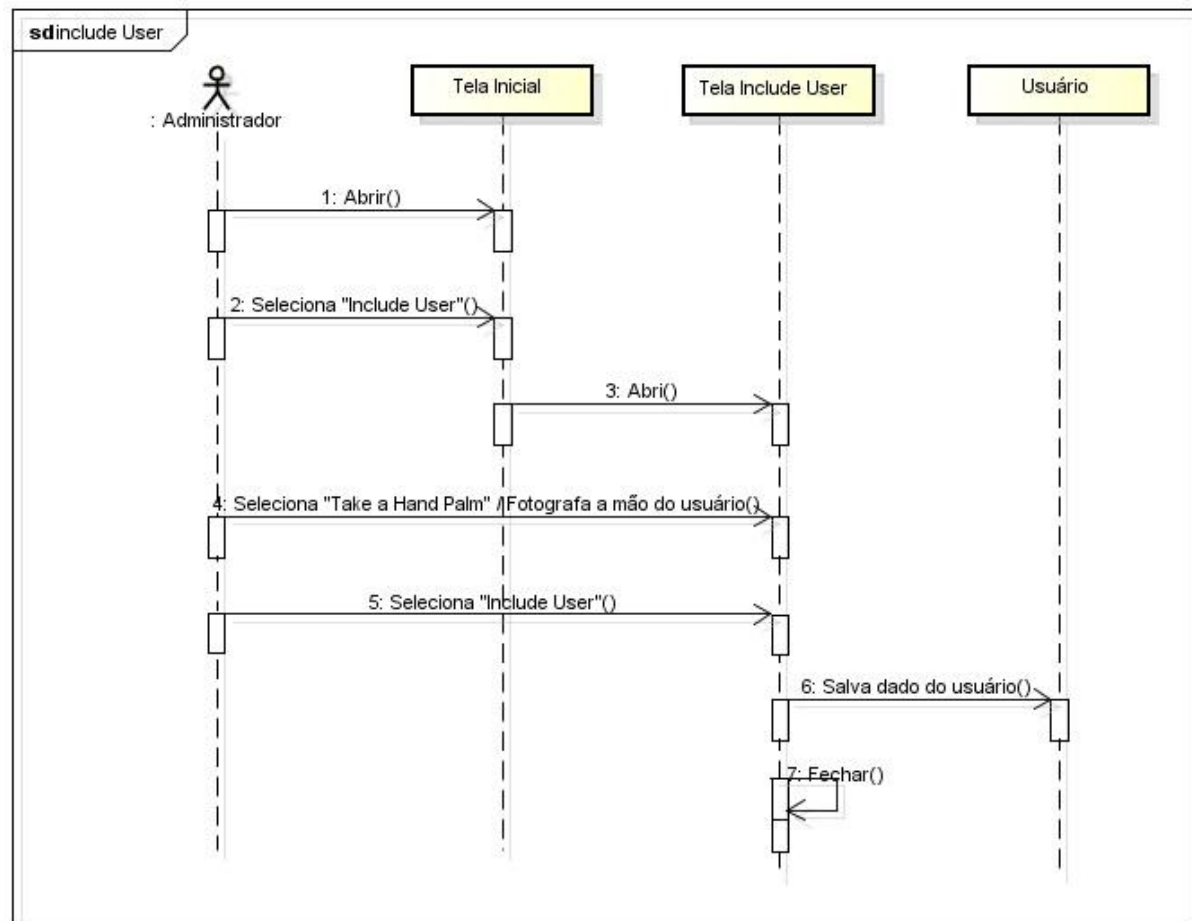
- Descrição: este caso de uso serve para que o usuário seja autenticado no sistema.
- Pré-condições: Usuário já estar registrado no sistema
- Pós-Condições: após o fim normal deste caso de uso o sistema deve autenticar o usuário.
- Ator Primário: Usuário
- Fluxos de Eventos Principais:
 1. O usuário submete a mão no dispositivo de reconhecimento;
 2. O sistema captura uma fotografia da mão do usuário;
 3. Os dados biométricos são extraídos e a imagem processada;

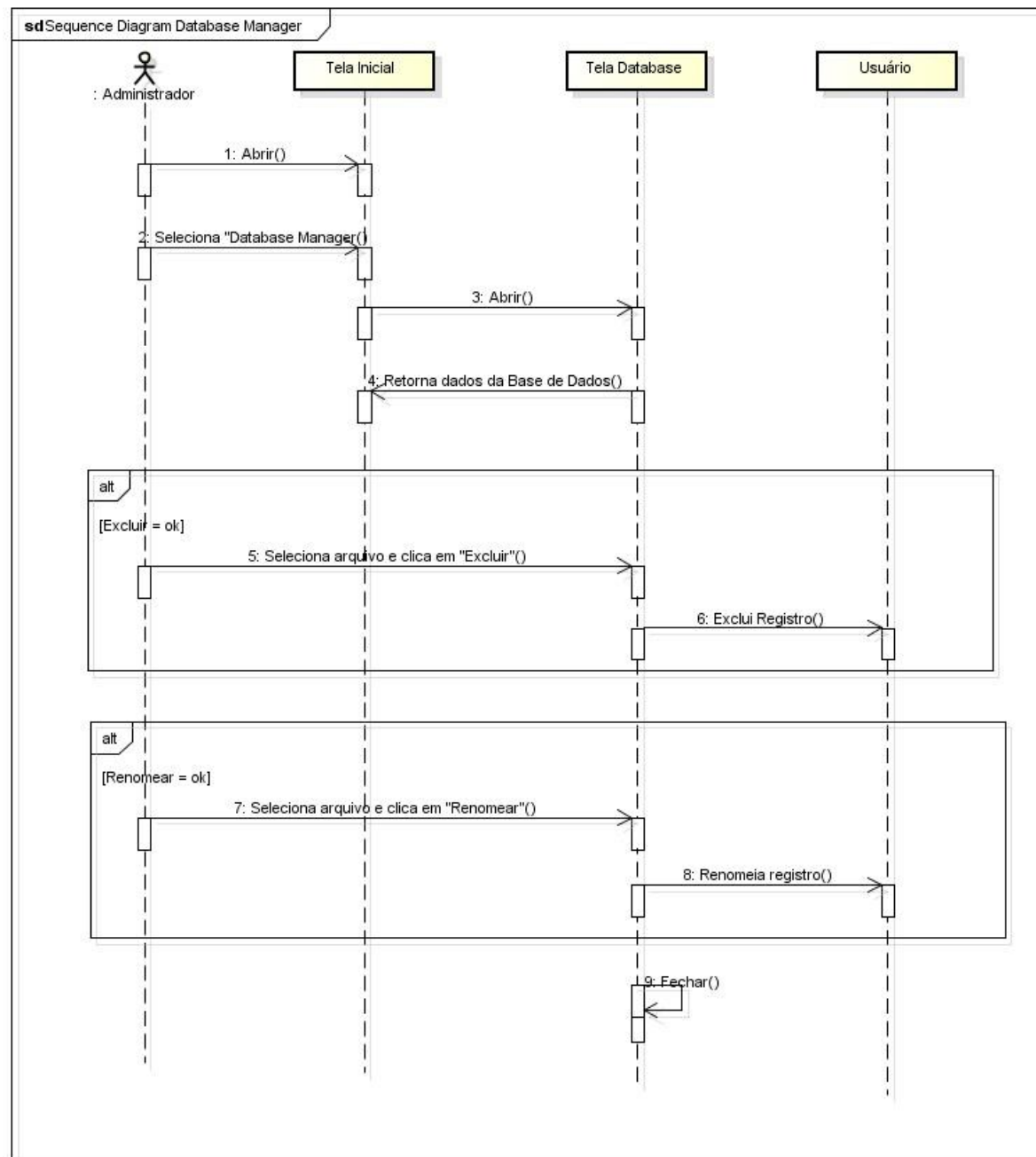
4. O sistema autentica o usuário.

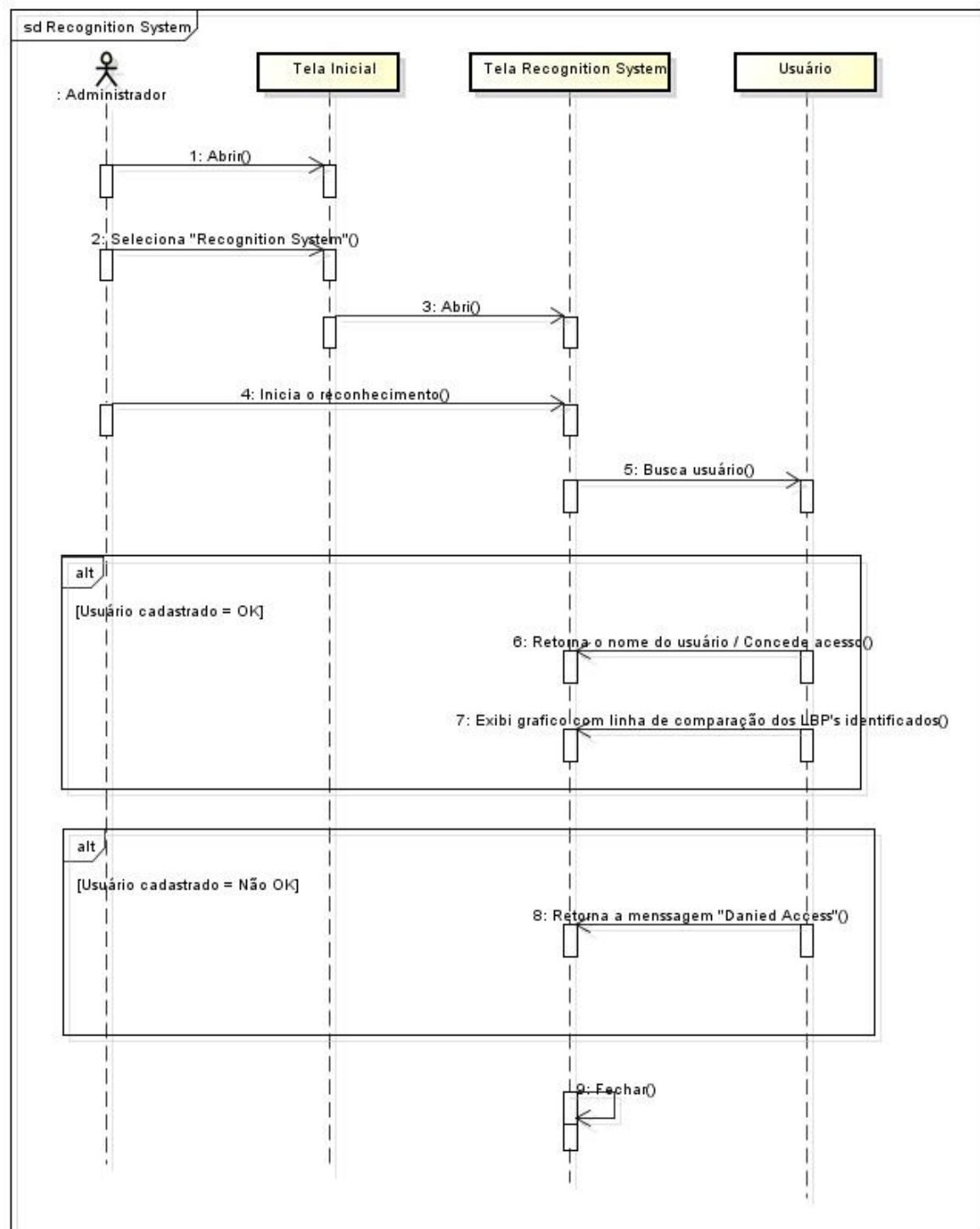
UC05: Gerencia Base de Dados

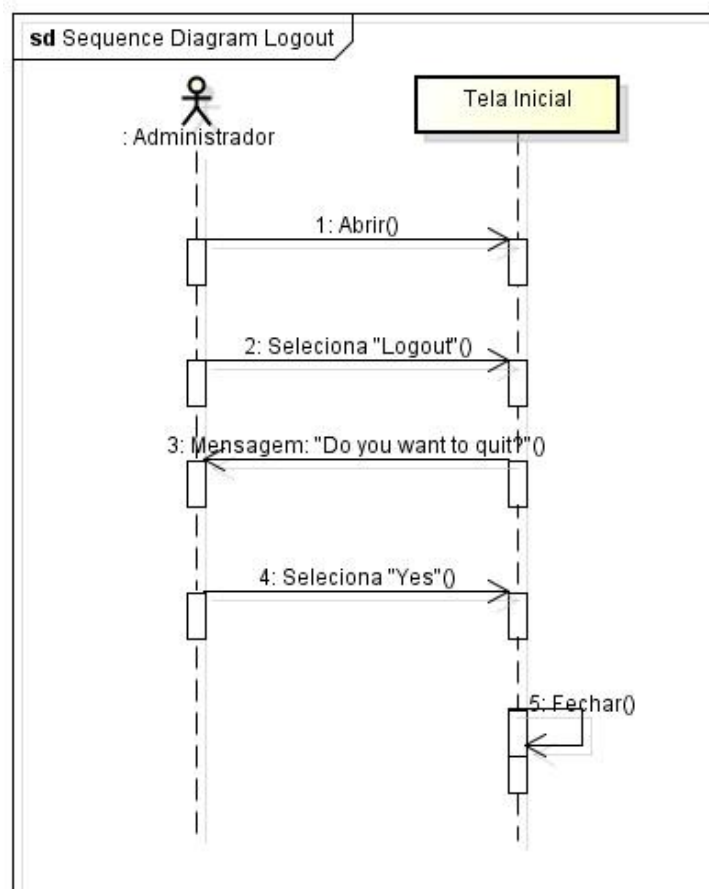
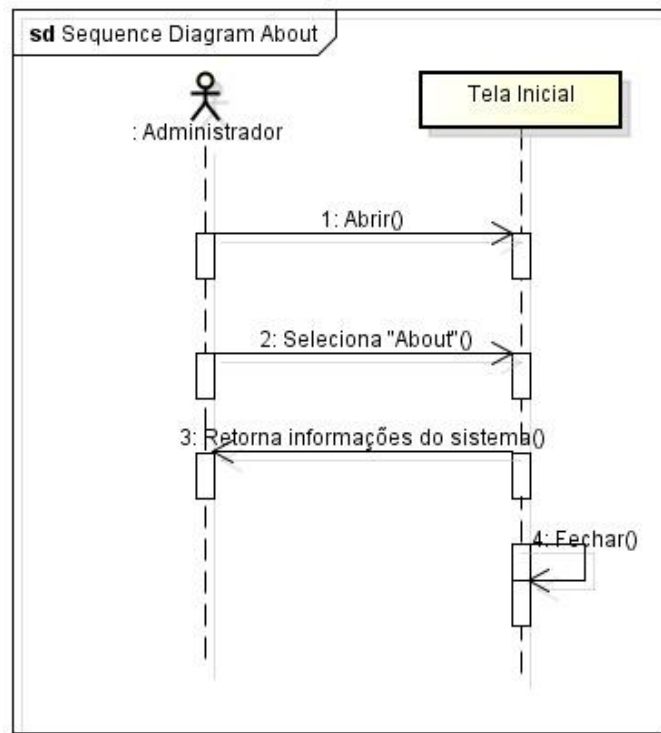
- Descrição: este caso de uso serve para que a base de dados seja gerenciada.
- Pré-condições: possuir uma base de dados.
- Pós-Condições: NA.
- Ator Primário: Administrador
- Fluxos de Eventos Principais:
 1. O usuário seleciona a opção de gerenciamento da base de dados;
 2. Os dados são exibidos;
 3. O administrador pode visualizar, renomear ou excluir qualquer dado.

APÊNDICE I - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA

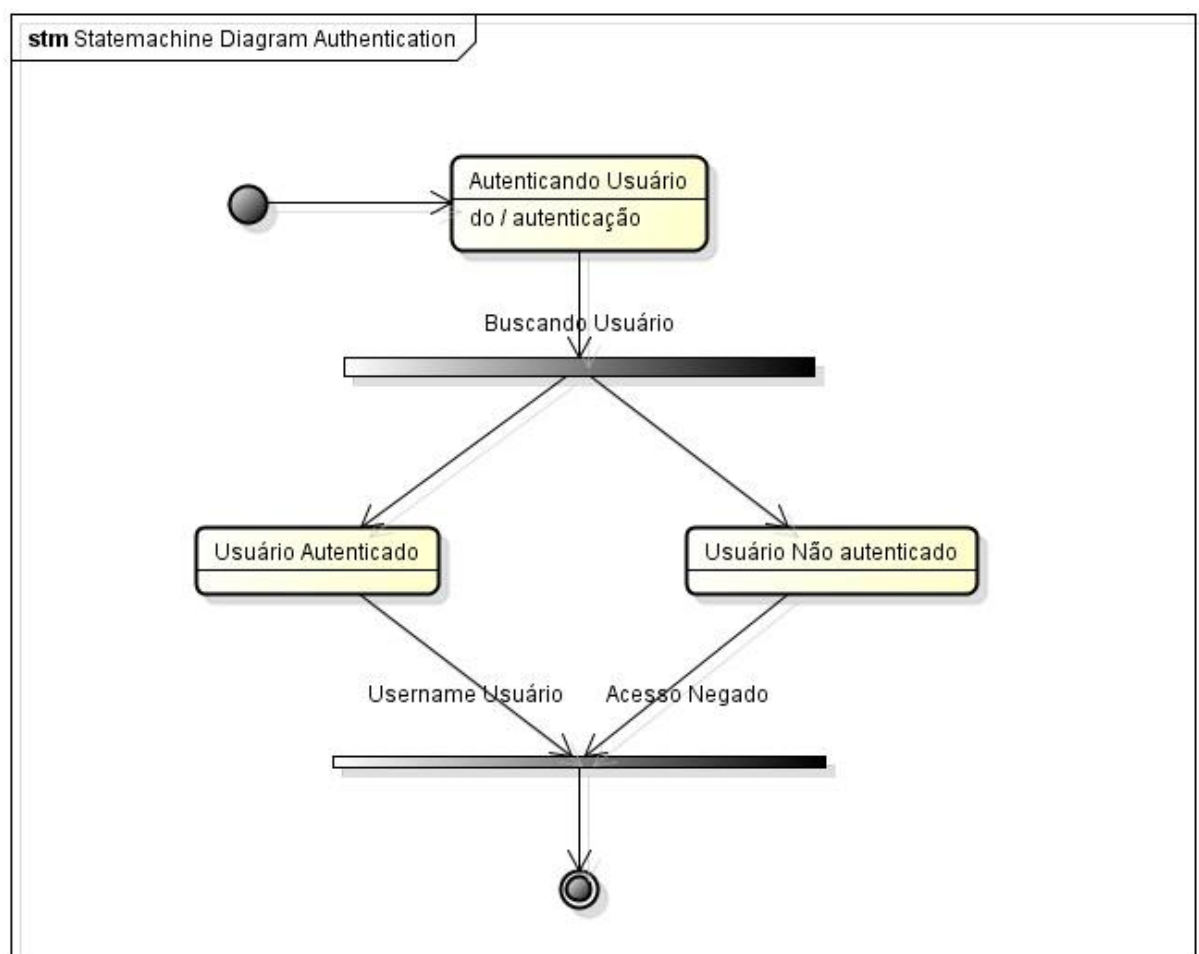
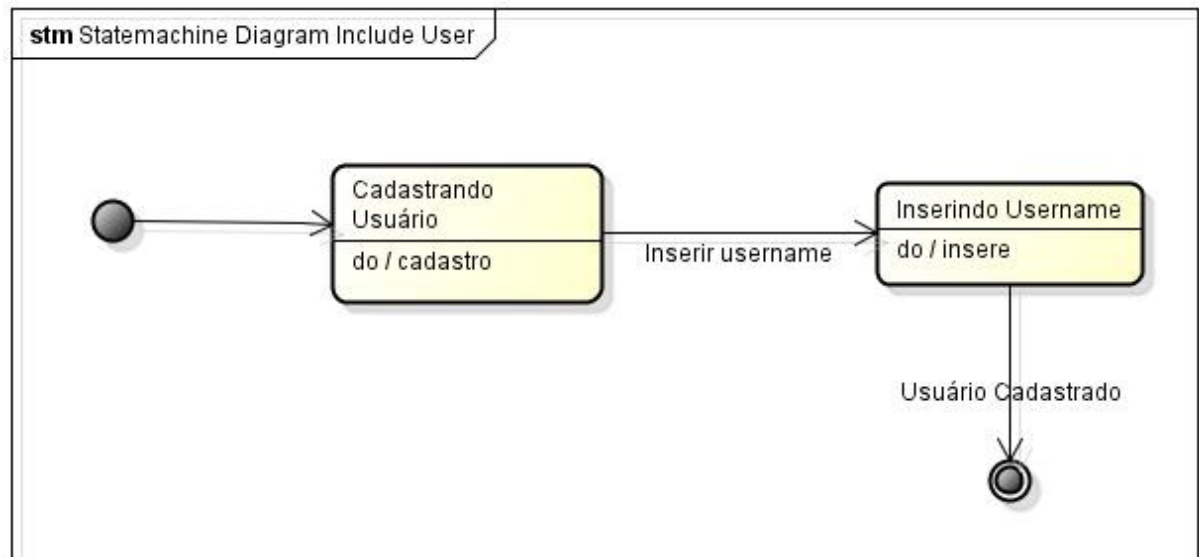








APÊNDICE J - DIAGRAMA DE ESTADO



APÊNDICE K – MATRIZ DE CONFUSÃO

Resultado da comparação com 30 imagens de pessoas diferentes pela correlação de Pearson

	img1	img2	img3	img4	img5	img6	img7	img8	img9	img10	img11	img12	img13	img14	img15	img16	img17	img18	img19	img20	img22	img23	img24	img25	img26	img28	img29	img30	img31	img33
img1	100,0%	88,8%	93,9%	86,9%	96,0%	92,9%	88,8%	88,9%	92,3%	94,7%	90,1%	91,6%	91,2%	91,9%	89,0%	92,3%	93,0%	87,1%	89,6%	92,0%	92,7%	92,2%	92,8%	92,4%	89,2%	94,6%	82,5%	84,4%	90,1%	89,2%
img2	88,8%	100,0%	90,5%	94,7%	93,0%	92,4%	87,4%	90,0%	93,3%	88,6%	91,9%	93,5%	91,3%	85,2%	89,1%	87,0%	92,4%	90,4%	92,3%	91,7%	85,7%	86,9%	89,9%	86,5%	88,9%	92,2%	89,9%	90,7%	93,5%	92,9%
img3	93,9%	90,5%	100,0%	92,5%	95,4%	92,4%	84,0%	88,3%	95,1%	93,6%	91,9%	92,7%	94,6%	93,0%	87,4%	88,0%	93,7%	85,8%	91,1%	92,2%	92,6%	94,7%	92,7%	94,7%	89,6%	91,6%	81,0%	83,0%	91,2%	90,5%
img4	86,9%	94,7%	92,5%	100,0%	90,9%	92,4%	83,7%	85,9%	92,9%	89,1%	91,4%	93,4%	93,9%	88,0%	90,5%	82,4%	90,7%	85,5%	92,8%	90,8%	86,7%	90,5%	91,8%	90,2%	89,2%	88,9%	86,4%	88,8%	89,3%	89,7%
img5	96,0%	93,0%	95,4%	90,9%	100,0%	95,8%	90,8%	90,4%	94,7%	94,9%	94,4%	94,4%	93,6%	93,9%	90,8%	93,5%	94,5%	89,6%	93,1%	95,2%	94,6%	94,7%	95,1%	94,9%	93,2%	96,3%	86,7%	89,3%	95,0%	94,0%
img6	92,9%	92,4%	92,4%	92,4%	95,8%	100,0%	92,6%	88,0%	92,3%	95,0%	96,8%	96,3%	93,9%	94,5%	93,5%	89,4%	96,3%	88,5%	96,2%	96,6%	94,1%	95,2%	96,5%	95,4%	93,1%	96,1%	84,5%	91,8%	93,1%	92,3%
img7	88,8%	87,4%	84,0%	83,7%	90,8%	92,6%	100,0%	86,4%	88,3%	92,0%	91,3%	90,5%	86,2%	89,2%	89,9%	90,1%	90,0%	85,9%	88,7%	89,3%	90,7%	90,9%	92,5%	89,1%	92,4%	93,8%	84,0%	88,4%	86,7%	86,5%
img8	88,9%	90,0%	88,3%	85,9%	90,4%	88,0%	86,4%	100,0%	93,1%	87,5%	86,5%	89,3%	86,2%	82,5%	86,1%	93,0%	86,9%	88,9%	83,5%	85,9%	81,7%	84,1%	83,7%	83,1%	86,8%	90,9%	87,1%	83,1%	89,8%	90,1%
img9	92,3%	93,3%	95,1%	92,9%	94,7%	92,3%	88,3%	93,1%	100,0%	92,5%	91,3%	92,8%	93,4%	89,5%	91,6%	91,9%	92,1%	91,5%	89,1%	89,7%	88,8%	92,4%	90,8%	90,6%	91,0%	92,0%	87,3%	86,4%	92,2%	92,8%
img10	94,7%	88,6%	93,6%	89,1%	94,9%	95,0%	92,0%	87,5%	92,5%	100,0%	95,3%	93,4%	92,1%	93,8%	92,7%	90,5%	94,8%	88,0%	92,8%	92,7%	94,6%	95,6%	95,3%	95,4%	93,6%	94,8%	82,2%	87,9%	91,4%	90,7%
img11	90,1%	91,9%	91,9%	91,4%	94,4%	96,8%	91,3%	86,5%	91,3%	95,3%	100,0%	94,8%	92,5%	92,1%	93,4%	87,8%	96,3%	90,6%	95,8%	95,8%	92,7%	93,7%	94,8%	93,4%	92,4%	95,3%	85,1%	90,9%	92,8%	93,5%
img12	91,6%	93,0%	92,7%	93,4%	94,4%	96,3%	90,5%	89,3%	92,8%	93,4%	94,8%	100,0%	96,6%	91,9%	92,4%	89,0%	94,8%	89,0%	94,3%	92,9%	90,1%	92,4%	93,2%	92,3%	92,0%	94,4%	85,9%	92,2%	92,5%	92,6%
img13	91,2%	91,3%	94,6%	93,9%	93,6%	93,9%	86,2%	86,2%	93,4%	92,1%	92,5%	96,6%	100,0%	93,1%	89,1%	85,4%	93,2%	85,6%	92,4%	91,7%	91,4%	94,2%	93,0%	93,8%	90,6%	91,6%	81,9%	86,5%	89,4%	90,8%
img14	91,9%	85,2%	93,0%	88,0%	93,9%	94,5%	89,2%	82,5%	89,5%	93,8%	92,1%	91,9%	93,1%	100,0%	88,0%	88,3%	92,7%	80,8%	92,3%	92,1%	96,0%	97,6%	96,9%	97,8%	92,2%	91,9%	74,4%	82,3%	85,8%	84,8%
img15	89,0%	89,1%	87,4%	90,5%	90,8%	93,5%	89,9%	86,1%	91,6%	92,7%	93,4%	92,4%	89,1%	88,0%	100,0%	87,3%	90,5%	92,7%	91,2%	89,0%	86,4%	89,3%	91,2%	88,6%	88,0%	91,1%	84,8%	90,1%	89,9%	90,3%
img16	92,3%	87,0%	88,0%	82,4%	93,5%	89,4%	90,1%	93,0%	91,9%	90,5%	87,8%	89,0%	85,4%	88,3%	87,3%	100,0%	89,3%	88,9%	85,9%	87,9%	87,5%	87,9%	88,6%	87,4%	90,9%	92,5%	86,4%	83,1%	89,1%	87,8%
img17	93,0%	92,4%	93,7%	90,7%	94,5%	96,3%	90,0%	86,9%	92,1%	94,8%	96,3%	94,8%	93,2%	92,7%	90,5%	89,3%	100,0%	89,8%	96,3%	96,2%	94,0%	94,0%	94,5%	93,7%	91,6%	96,1%	83,1%	87,8%	92,5%	91,6%
img18	87,1%	90,4%	85,8%	85,5%	89,6%	88,5%	85,9%	88,9%	91,5%	88,0%	90,6%	89,0%	85,6%	80,8%	92,7%	88,9%	89,8%	100,0%	87,3%	86,9%	81,3%	82,5%	84,0%	81,2%	84,5%	90,1%	88,0%	87,0%	91,5%	92,4%
img19	89,6%	92,3%	91,1%	92,8%	93,1%	96,2%	88,7%	83,5%	89,1%	92,8%	95,8%	94,3%	92,4%	92,3%	91,2%	85,9%	96,3%	87,3%	100,0%	96,2%	93,1%	93,6%	95,2%	94,1%	91,3%	94,2%	82,5%	89,2%	91,2%	89,6%
img20	92,0%	91,7%	92,2%	90,8%	95,2%	96,6%	89,3%	85,9%	89,7%	92,7%	95,8%	92,9%	91,7%	92,1%	89,0%	87,9%	96,2%	86,9%	96,2%	100,0%	94,0%	93,7%	94,9%	94,6%	91,4%	95,7%	84,0%	88,5%	93,0%	92,1%
img22	92,7%	85,7%	92,6%	86,7%	94,6%	94,1%	90,7%	81,7%	88,8%	94,6%	92,7%	90,1%	91,4%	96,0%	86,4%	87,5%	94,0%	81,3%	93,1%	94,0%	100,0%	97,4%	97,1%	97,1%	93,2%	93,7%	77,4%	83,4%	87,5%	85,4%
img23	92,2%	86,9%	94,7%	90,5%	94,7%	95,2%	90,9%	84,1%	92,4%	95,6%	93,7%	92,4%	94,2%	97,6%	89,3%	87,9%	94,0%	82,5%	93,6%	93,7%	97,4%	100,0%	97,3%	98,98%	94,1%	93,1%	78,3%	84,5%	88,0%	87,6%
img24	92,8%	89,9%	92,7%	91,8%	95,1%	96,5%	92,5%	83,7%	90,8%	95,3%	94,8%	93,2%	93,0%	96,9%	91,2%	88,6%	94,5%	84,0%	95,2%	94,9%	97,1%	97,3%	100,0%	97,4%	94,0%	94,2%	80,4%	87,4%	88,4%	87,2%
img25	92,4%	86,5%	94,7%	90,2%	94,9%	95,4%	89,1%	83,1%	90,6%	95,4%	93,4%	92,3%	93,8%	97,8%	88,6%	87,4%	93,7%	81,2%	94,1%	94,6%	97,1%	98,98%	97,4%	100,0%	93,5%	93,0%	76,8%	83,6%	88,2%	87,4%
img26	89,2%	88,9%	89,6%	89,2%	93,2%	93,1%	92,4%	86,8%	91,0%	93,6%	92,4%	92,0%	90,6%	92,2%	88,0%	90,9%	91,6%	84,5%	91,3%	91,4%	93,2%	94,1%	94,0%	93,5%	100,0%	92,4%	85,3%	88,0%	89,1%	89,0%
img28	94,6%	92,2%	91,6%	88,9%	96,3%	96,1%	93,8%	90,9%	92,0%	94,8%	95,3%	94,4%	91,6%	91,9%	91,1%	92,5%	96,1%	90,1%	94,2%	95,7%	93,7%	93,1%	94,2%	93,0%	92,4%	100,0%	86,7%	90,6%	95,0%	93,6%
img29	82,5%	89,9%	81,0%	86,4%	86,7%	84,5%	84,0%	87,1%	87,3%	82,2%	85,1%	85,9%	81,9%	74,4%	84,8%	86,4%	83,1%	88,0%	82,5%	84,0%	77,4%	78,3%	80,4%	76,8%	85,3%	86,7%	100,0%	88,7%	89,1%	87,6%
img30	84,4%	90,7%	83,0%	88,8%	89,3%	91,8%	88,4%	83,1%	86,4%	87,9%	90,9%	92,2%	86,5%	82,3%	90,1%	83,1%	87,8%	87,0%	89,2%	88,5%	83,4%	84,5%	87,4%	83,6%	88,0%	90,6%	88,7%	100,0%	92,2%	91,0%
img31	90,1%	93,5%	91,2%	89,3%	95,0%	93,1%	86,7%	89,8%	92,2%	91,4%	93,8%	92,5%	89,4%	85,8%	89,9%	89,1%	92,5%	91,5%	91,2%	93,0%	87,5%	88,0%	88,4%	88,2%	89,1%	95,0%	89,1%	92,2%	100,0%	97,2%
img33	89,2%	92,9%	90,5%	89,7%	94,0%	92,3%	86,5%	90,1%	92,8%	90,7%	93,5%	92,6%	90,8%	84,8%	90,3%	87,8%	91,6%	92,4%	89,6%	92,1%	85,4%	87,6%	87,2%	87,4%	89,0%	93,6%	87,6%	91,0%	97,2%	100,0%

Resultado da comparação com 30 imagens de pessoas diferentes pela] comparação por Qui-Quadrado.

	img1	img2	img3	img4	img5	img6	img7	img8	img9	img10	img11	img12	img13	img14	img15	img16	img17	img18	img19	img20	img22	img23	img24	img25	img26	img28	img29	img30	img31	img33
img1	-	6.660	6.557	8.179	4.843	5.189	7.541	9.098	7.205	4.979	6.807	6.656	8.577	6.920	7.595	6.817	6.130	8.780	6.851	6.432	7.599	6.782	7.686	6.855	8.927	7.588	9.828	10.125	7.107	8.157
img2	6.660	-	6.819	5.135	4.901	5.439	7.273	7.161	5.581	7.044	6.374	5.838	7.707	9.441	9.040	7.013	5.471	7.803	6.260	6.172	9.431	7.580	8.680	8.127	7.017	8.518	7.627	8.838	5.596	6.132
img3	6.557	6.819	-	6.059	5.972	6.918	11.459	10.466	5.507	7.104	6.138	8.107	7.876	6.861	11.803	8.511	5.513	10.774	6.606	5.223	7.024	4.464	10.045	4.700	8.474	11.365	8.638	13.223	6.914	7.917
img4	8.179	5.135	6.059	-	6.561	7.026	9.703	9.316	6.053	8.242	8.203	7.149	6.978	9.494	9.821	9.194	8.001	10.788	7.530	7.934	9.206	6.328	8.011	7.086	7.556	10.990	8.374	10.746	8.561	8.701
img5	4.843	4.901	5.972	6.561	-	3.921	7.139	7.121	7.168	4.247	4.805	4.884	6.183	7.447	7.658	6.792	5.345	7.313	5.523	5.220	5.980	5.711	6.213	5.481	6.781	5.319	10.015	8.046	4.176	4.677
img6	5.189	5.439	6.918	7.026	3.921	-	6.074	8.151	7.095	4.301	4.107	4.033	5.988	6.310	6.162	7.224	4.648	7.059	4.874	5.064	6.320	5.614	5.997	5.553	6.849	6.260	10.455	7.287	5.070	5.728
img7	7.541	7.273	11.459	9.703	7.139	6.074	-	7.746	8.302	6.992	8.469	6.308	10.673	9.141	7.400	6.725	8.910	9.267	9.188	9.269	10.627	8.078	8.003	9.523	7.132	8.307	11.034	7.905	8.685	8.449
img8	9.098	7.161	10.466	9.316	7.121	8.151	7.746	-	8.414	8.351	9.393	6.835	10.125	12.942	9.309	6.812	10.511	8.289	10.680	10.638	13.177	10.581	11.094	11.562	8.441	8.275	11.894	11.113	8.235	7.493
img9	7.205	5.581	5.507	6.053	7.168	7.095	8.302	8.414	-	9.018	8.052	8.578	9.883	7.578	9.744	5.090	6.955	8.644	8.360	7.204	11.102	5.167	11.859	7.524	6.537	13.373	5.430	12.419	7.358	8.032
img10	4.979	7.044	7.104	8.242	4.247	4.301	6.992	8.351	9.018	-	4.702	5.562	7.406	7.804	6.843	8.178	5.666	7.961	5.326	6.778	5.309	6.255	5.153	5.875	7.618	5.507	13.122	9.125	6.530	6.953
img11	6.807	6.374	6.138	8.203	4.805	4.107	8.469	9.393	8.052	4.702	-	6.304	7.623	7.832	8.306	8.417	3.593	6.920	4.820	4.522	5.904	6.700	7.352	6.532	8.152	6.819	10.721	9.715	5.262	5.839
img12	6.656	5.838	8.107	7.149	4.884	4.033	6.308	6.835	8.578	5.562	6.304	-	5.082	8.428	6.869	7.912	7.017	8.917	6.929	7.256	9.238	7.497	7.200	7.085	7.340	6.178	11.442	6.317	5.857	5.968
img13	8.577	7.707	7.876	6.978	6.183	5.988	10.673	10.125	9.883	7.406	7.623	5.082	-	8.758	11.141	11.297	8.481	11.664	8.082	7.982	8.117	7.469	7.900	6.612	8.591	8.841	13.736	11.623	8.236	7.854
img14	6.920	9.441	6.861	9.494	7.447	6.310	9.141	12.942	7.578	7.804	7.832	8.428	8.758	-	11.676	7.068	7.617	13.133	7.774	7.024	8.359	4.462	9.338	4.642	7.258	12.519	10.961	13.726	9.673	10.651
img15	7.595	9.040	11.803	9.821	7.658	6.162	7.400	9.309	9.744	6.843	8.306	6.869	11.141	11.676	-	9.189	8.891	6.377	8.507	10.513	11.385	10.135	8.639	11.107	11.466	8.060	13.147	8.053	8.384	8.796
img16	6.817	7.013	8.511	9.194	6.792	7.224	6.725	6.812	5.090	8.178	8.417	7.912	11.297	7.068	9.189	-	8.112	8.364	9.112	8.459	11.963	7.519	11.225	8.677	6.180	11.426	7.232	11.772	8.126	8.486
img17	6.130	5.471	5.513	8.001	5.345	4.648	8.910	10.511	6.955	5.666	3.593	7.017	8.481	7.617	8.891	8.112	-	7.085	4.054	4.051	5.814	6.379	8.686	6.769	8.545	7.858	10.126	10.972	5.740	6.764
img18	8.780	7.803	10.774	10.788	7.313	7.059	9.267	8.289	8.644	7.961	6.920	8.917	11.664	13.133	6.377	8.364	7.085	-	8.210	8.821	11.886	11.457	11.690	12.563	11.218	8.607	11.484	10.536	7.054	6.906
img19	6.851	6.260	6.606	7.530	5.523	4.874	9.188	10.680	8.360	5.326	4.820	6.929	8.082	7.774	8.507	9.112	4.054	8.210	-	4.571	6.144	6.205	7.512	5.835	8.842	7.617	11.883	11.096	6.506	7.410
img20	6.432	6.172	5.223	7.934	5.220	5.064	9.269	10.638	7.204	6.778	4.522	7.256	7.982	7.024	10.513	8.459	4.051	8.821	4.571	-	6.466	5.830	9.496	5.456	8.027	8.792	9.465	11.372	5.319	6.047
img22	7.599	9.431	7.024	9.206	5.980	6.320	10.627	13.177	11.102	5.309	5.904	9.238	8.117	8.359	11.385	11.963	5.814	11.886	6.144	6.466	-	6.355	5.830	5.937	9.388	8.324	14.899	12.908	8.900	9.792
img23	6.782	7.580	4.464	6.328	5.711	5.614	8.078	10.581	5.167	6.255	6.700	7.497	7.469	4.462	10.135	7.519	6.379	11.457	6.205	5.830	6.355	-	7.725	2.979	6.137	10.860	9.684	11.942	7.572	8.141
img24	7.686	8.680	10.045	8.011	6.213	5.997	8.003	11.094	11.859	5.153	7.352	7.200	7.900	9.338	8.639	11.225	8.686	11.690	7.512	9.496	5.830	7.725	-	7.566	9.907	6.727	16.564	10.094	10.547	10.846
img25	6.855	8.127	4.700	7.086	5.481	5.553	9.523	11.562	7.524	5.875	6.532	7.085	6.612	4.642	11.107	8.677	6.769	12.563	5.835	5.456	5.937	2.979	7.566	-	6.884	10.127	11.490	13.006	7.642	8.226
img26	8.927	7.017	8.474	7.556	6.781	6.849	7.132	8.441	6.537	7.618	8.152	7.340	8.591	7.258	11.466	6.180	8.545	11.218	8.842	8.027	9.388	6.137	9.907	6.884	-	11.469	8.923	10.718	8.290	7.740
img28	7.588	8.518	11.365	10.990	5.319	6.260	8.307	8.275	13.373	5.507	6.819	6.178	8.841	12.519	8.060	11.426	7.858	8.607	7.617	8.792	8.324	10.860	6.727	10.127	11.469	-	17.045	8.124	6.614	6.607
img29	9.828	7.627	8.638	8.374	10.015	10.455	11.034	11.894	5.430	13.122	10.721	11.442	13.736	10.961	13.147	7.232	10.126	11.484	11.883	9.465	14.899	9.684	16.564	11.490	8.923	17.045	-	13.333	9.198	10.708
img30	10.125	8.838	13.223	10.746	8.046	7.287	7.905	11.113	12.419	9.125	9.715	6.317	11.623	13.726	8.053	11.772	10.972	10.536	11.096	11.372	12.908	11.942	10.094	13.006	10.718	8.124	13.333	-	7.617	7.880
img31	7.107	5.596	6.914	8.561	4.176	5.070	8.685	8.235	7.358	6.530	5.262	5.857	8.236	9.673	8.384	8.126	5.740	7.054	6.506	5.319	8.900	7.572	10.547	7.642	8.290	6.614	9.198	7.617	-	3.207
img33	8.157	6.132	7.917	8.701	4.677	5.728	8.449	7.493	8.032	6.953	5.839	5.968	7.854	10.651	8.796	8.486	6.764	6.906	7.410	6.047	9.792	8.141	10.846	8.226	7.740	6.607	10.708	7.880	3.207	-

APÊNDICE L – PUBLICAÇÃO DE RESULTADOS EM ARTIGO

Renata Mocelin Polli* et al. / (IAEST) INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGIES
Vol No. 8, Issue No. 2, 302 - 309

A proposal for the Hand Palm Identification, using Local Binary Pattern

PalmPrint Authentication System - PPAS

Renata Mocelin Polli
Undergraduate Student of Analysis
and System Development Tech
renata.m.polli@gmail.com

Enela Leucz da Silva
Undergraduate Student of Analysis
and System Development Tech
enelaleucz@hotmail.com

Angélica Valiati Maranhão
Undergraduate Student of Analysis
and System Development Tech
angelicavalati@gmail.com

Pedro Santos Brandi
Undergraduate Student of Analysis
and System Development Tech
psbrandi@gmail.com

Jouglas Alves Tomaschitz
Graduate Student of Bioinformatics
Master
jouglas.t@gmail.com

Dra Íris Hass and Dr Luiz
Antônio Pereira Neves
Professors
irishassm@gmail.com
neves@ufpr.br

Federal University of Paraná - UFPR
Department of Technological and Professional Education
Federal University of Paraná - UFPR
Curitiba, Paraná, Brazil

Abstract— This paper presents a new biometric identification system based on the Human Palm, called PPAS which means PalmPrint Authentication System. The proposed system describes a new approach for individual personal identification using human palm data through Local Binary Pattern (LBP) method. The proposed methodology is divided into four steps: image acquisition by a regular webcam, image preprocessing for image normalization, segmentation for biometric extraction and human interpretation. The proposed system has been tested with 45 different images. Experimental tests prove promising results, showing that proposed approach is not only robust but also quite efficient.

Keywords: biometrics, hand palm, LBP method, digital image processing, image segmentation, mathematical morphology

I. INTRODUCTION

Biometrics is the individual's recognition based on biological and behavioral characteristics. It is a relatively new technology around the world; however this technology has been widely adopted in recent years. At the moment the market has been expanded to private and corporate investments no

In the current researches, there are interesting studies of biometric systems, using the human hand. For example, Khan and Khan [5] proposed the identification of users and authentication using the veins mapping that can be obtained from infrared methods. Other authors [1] [2] [4] [6] [7] use hand geometry, applying geometric calculations in the hand's shape as biometric data. Moreover, there are several ways of image acquisition, such as use of scanners, digital cameras and CDC cameras.

Reviewing the literature about palm's fingerprints, it is clear that a challenge for biometrics is the hand position for image acquisition. For example, Leung and Chiang [4] propose to extract the image region of interest (ROI), showing that with geometric calculations can be extracted from the biometric palm with any placement of the fingers and hand rotation. In the Bakina's proposition [10] is used a web cam for image acquisition and considered that the fingers can be taken together or separately/apart, there aren't restrictions for any of the cases or rotation of the hand. Key points are used as biometric data, starting from the top of the fingers to final wrist. These points are extracted from a circular composition of

APÊNDICE M – ESTRUTURA DE DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Dois executáveis são gerados a partir da linguagem C utilizando *opencv*.

- a) ppas_client.exe
- b) ppas_recognition.exe

O “ppas_client.exe” recebe o caminho da imagem salva do dispositivo como argumento e realiza o pré-processamento, segmentação e retorna um arquivo “.LBP” com os histogramas gerados a partir do LBP.

O “ppas_recognition.exe” recebe o caminho da imagem salva do dispositivo como argumento e realiza o pré-processamento, segmentação, comparação com histogramas da base de dados utilizando o Qui-Quadrado, interpretação através do limiar definido em 2900 e retorna um arquivo “result.txt” com possíveis usuários reconhecidos (identificados pelo nome do arquivo referente ao usuário).

As telas desenvolvidas em *Delphi* interagem com os arquivos desenvolvidos em linguagem C da seguinte maneira:

Include User:

1. Sistema *Delphi* salva a imagem em “c:\ppas\temp\palm.bmp”
2. Sistema *Delphi* executa “ppas_client.exe palm.bmp” para obter o arquivo “.LBP”
3. Sistema *Delphi* pergunta o nome do usuário que vai ser incluído.
4. Sistema *Delphi* troca o nome do arquivo “palm.bmp” e “palm.bmp.LBP” para o nome do usuário.
5. Sistema *Delphi* move os arquivos para as seguintes pastas:
 “user.bmp” para “c:\ppas\images”
 “user.bmp.LBP” para “c:\ppas\database”

Database Manager:

1. Sistema *Delphi* mostra os arquivos que estão nas pastas “c:\ppas\images” e “c:\ppas\database”, com opções de exclusão e troca de nome.

Recognition System:

1. Sistema *Delphi* salva a imagem em “c:\ppas\temp\palm.bmp”
2. Sistema *Delphi* executa “ppas_recognition.exe palm.bmp” para obter o arquivo

“.LBP” e o arquivo “result.txt”.

3. Sistema *Delphi* verifica se o arquivo result.txt apresenta conteúdo.

4. Se reconhecido, o sistema mostra o arquivo LBP de referência da base de dados e o arquivo recém colhido da mão em formato gráfico. Além disso, uma mensagem “Access Granted”.

5. O sistema *Delphi* verifica se o arquivo “result.txt” está vazio. Neste caso apenas a mensagem “Access Denied” é mostrada.