

**CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA  
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**RAFAEL GHEZZI NAKAMOTO**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO RECONHECIMENTO DA ÍRIS  
POR MEIO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS**

**Marília, 2012**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA  
FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO RECONHECIMENTO DA ÍRIS  
POR MEIO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Monografia apresentada ao Centro  
Universitário Eurípides de Marília como parte  
dos requisitos necessários para a obtenção do  
grau de Bacharel em Sistemas de Informação.  
Orientador: Prof. Ms. Leonardo C. Botega

**Marília, 2012**



CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – AVALIAÇÃO FINAL**

Rafael Ghezzi Nakamoto

**ESTUDO DE VIABILIDADE DO RECONHECIMENTO DA ÍRIS POR MEIO DE DISPOSITIVOS  
MÓVEIS**



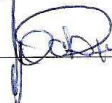
Banca examinadora da monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação do UNIVEM/F.E.E.S.R., para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Nota: 5.0 ( cinco )

Orientador: Leonardo Castro Botega

1º. Examinador: Rodolfo Barros

2º. Examinador: Fábio Dacêncio Pereira

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

Marília, 17 de dezembro de 2012.

## **DEDICATÓRIA**

Em memória ao meu avô Moacir Rodrigues, que muito desejou que eu concluísse uma graduação, mas chegou o momento em que ele não pode mais estar ao meu lado presente, mas estará sempre em meu coração e em meu pensamento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por todas as conquistas e decepções que tive até o presente momento.

Agradeço a Fabiana Medina, uma pessoa muito especial na minha vida hoje e sempre. Te Amo Morena!

Agradeço ao meu orientador Prof. Ms. Leonardo Botega que não desistiu de me ajudar na conclusão deste projeto.

Agradeço também a todos os professores que não mediram esforços para transmitir experiências e conhecimentos, possibilitando meu crescimento profissional e humano.

Agradeço a todos os meus amigos pelos momentos de descontração e estudo sem os quais não seria possível chegar até a conclusão desta etapa.

Por fim, faço um agradecimento geral a todos que de forma direta e indireta passaram pela minha vida e me ajudaram a ser uma pessoa um pouco melhor.

"É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota." (Theodore Roosevelt)

## RESUMO

Hoje uma das condições mais importantes associada ao ser humano é a segurança, cada vez mais pretende-se garantir a autenticidade das pessoas. É nesse contexto que os sistemas biométricos surgem como forma de solucionar esse problema. O uso do reconhecimento da Íris é um dos métodos mais completo e robusto da atualidade. Neste trabalho, apresenta-se um algoritmo para localização rápida da Íris. Para o reconhecimento da Íris necessita-se de uma aquisição e localização adequada da imagem. Para isso a imagem passa por uma fase de normalização, essa normalização consiste na aplicação de filtros para conseguir um retorno confiável que por fim resultara na criação de uma assinatura biométrica do indivíduo.

**Palavras-chave:** íris, biometria, algoritmo, reconhecimento, assinatura, filtros.

## **ABSTRACT**

Today one of the most important conditions related to human is security. Increasingly is intended to ensure the authenticity of people. It is in this context that biometric systems arise as a way to solve this problem. The use of iris recognition is one of the most complete and robust today. This paper presents an algorithm for rapid location of the Iris. For the iris recognition is necessary to purchase and proper location of the image. To this the image passes through a phase of standardization. Such normalization involves the application of filter to achieve reliable results and finally it will result in the creation of a biometric signature of the individual.

**Keywords:** biometric, iris, recognition, algorithm, signature, filter.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo do Processo.....	13
Figura 2 Sistema biométrico genérico.....	16
Figura 3 Taxas de precisão de sistemas biométricos .....	18
Figura 5 - Íris.....	22
Figura 6 - Etapas padrão do reconhecimento da íris .....	28
Figura 7 - Operador integro-diferencial .....	29
Figura 8 - Imagem segmentada usando o operador integro-diferencial.....	30
Figura 9- Esquema do modelo <i>Daugman Rubber Sheet</i> .....	31
Figura 10 - Exemplo de ÍrisCode .....	32
Figura 11- Equação de Hamming.....	33
Figura 12 - Equação da distância de Hamming.....	33
Figura 13 - Representação de como é realizado o deslocamento dos bits dos <i>templates</i> para atingir invariância à rotação. Ao final dos deslocamentos menor distância é a selecionada como grau de dissimilaridade entre os padrões. ....	34
Figura 14 - Tabela com descrição detalhada da base de dados de imagens	
UBIRIS.v2.....	40

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Comparação de Métodos.....	40
---------------------------------------	----

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Comparação entre alguns métodos biométricos.....	25
Quadro 2 - Principais vantagens e desvantagens.....	26

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 BIOMETRIA .....	15
2.1 História da Biometria.....	15
2.2 Identificação Biométrica .....	16
2.2.1 Confiabilidade.....	17
2.3 Métodos Biométricos .....	18
2.3.1 Reconhecimento da impressão digital .....	19
2.3.2 Reconhecimento através das veias da palma da mão.....	20
2.3.3 Reconhecimento facial .....	21
2.3.4 Reconhecimento de íris .....	21
2.3.5 Reconhecimento da retina.....	22
2.3.6 Reconhecimento da geometria da mão .....	23
2.3.7 Reconhecimento da voz.....	23
2.3.8 Reconhecimento da dinâmica de digitação .....	24
2.3.9 Reconhecimento da assinatura manuscrita.....	24
2.4 Comparação entre Medidas Biométricas Mais Comuns.....	25
3 RECONHECIMENTO DA ÍRIS .....	27
3.1 Etapas do Reconhecimento da Íris .....	28
3.2 Segmentação da Íris .....	28
3.3 Normalização da Íris .....	30
3.4 Extração das Características.....	32
3.5 Comparação das Características .....	32
4 DESENVOLVIMENTO .....	35
4.1 Arquitetura .....	35
4.2 Kernel .....	36
4.3 Bibliotecas.....	37
4.4 RunTime .....	38
4.1 Framework de Aplicativo .....	38
5 RESULTADOS .....	39
REFERÊNCIAS Bibliográficas.....	43

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra Biometria provém do grego *Bio*, vida, e *metrón*, medida. É portanto, uma “medida da vida”. A Biometria é o ramo da ciência que estuda a mensuração dos seres vivos. Pode ser definida como uma medida de vida baseada nas características únicas de cada indivíduo, sejam estas características físicas ou comportamentais e que são únicas em cada ser. (PINHEIRO, 2008).

Deste modo, tecnologias biométricas são basicamente métodos automáticos de verificação ou identificação de um indivíduo baseados em características fisiológicas ou comportamentais.

Historicamente os processos de identificação sempre foram foco de discussões e estudos. Alphonse Bertillon, em meados do século XVIII, desenvolveu o primeiro sistema biométrico chamado antropometria, esse sistema baseava-se em uma combinação de medidas físicas de acordo com um conjunto de regras pré-definidas. (John Daugman, 1993).

A busca por maior segurança nesses processos de identificação do indivíduo incentiva estudiosos do mundo todo a trabalhar em projetos avançados, criando e utilizando os mais avançados dispositivos reconhecedores, autenticadores e identificadores. A Biometria, é uma área de reconhecimento de padrões que estuda as características de cada indivíduo e suas propriedades. Tem sido uma área em constante expansão, tendo como grande causa a necessidade de cada vez mais preservar a identidade e garantir a identificação e segurança de cada ser. Entre as mais variadas características fisiológicas, o uso da íris humana como meio de identificação têm provado ser um dos métodos mais promissores da atualidade.

A melhoria e o avanço tanto da tecnologia, quanto dos algoritmos de identificação, têm motivado muitas pesquisas voltadas para as técnicas de reconhecimento de íris. Um sistema de reconhecimento de íris, contém, em geral, um bloco de localização cujo objetivo é o fornecimento da informação correspondente à íris (Wildes, 1997), (John Daugman, 1993). Um sistema de identificação pessoal deve ser executado em tempo real e, portanto é necessário que o tempo de detecção e processamento da íris seja pequeno.

O processo de identificação biométrica de qualquer indivíduo deve utilizar-se do seguinte fluxo: captura de uma amostra biométrica de dados, extração de características e por fim a comparação. A captura consiste na aquisição de uma amostra dessa característica. A fase de extração de características é a fase onde se faz uso das propriedades para se criar uma assinatura biométrica. Por fim é na fase da comparação que se obtém o resultado final. Esse

resultado pode ser fornecido de dois modos, consoante o sistema, dando uma resposta afirmativa ou negativa relativamente à identidade da pessoa ou simplesmente identificando-a, dizendo de quem se trata.

Mais concretamente para a fase do reconhecimento de íris, e após a captação da amostra biométrica, a imagem do olho contendo a íris é processada de modo a separar a íris do restante da imagem. Essa etapa é denominada de segmentação. A íris segmentada é então normalizada, onde possui um formato mais favorável para as demais etapas. As fases de extração de características e de classificação são idênticas às mencionadas no parágrafo anterior. (WILDES, 1997).

No processo de classificação pode-se obter um valor quantitativo de semelhança. Esse valor indica o quanto uma assinatura é semelhante à outra. A Figura 1 representa de modo geral o fluxo sequencial do processo.

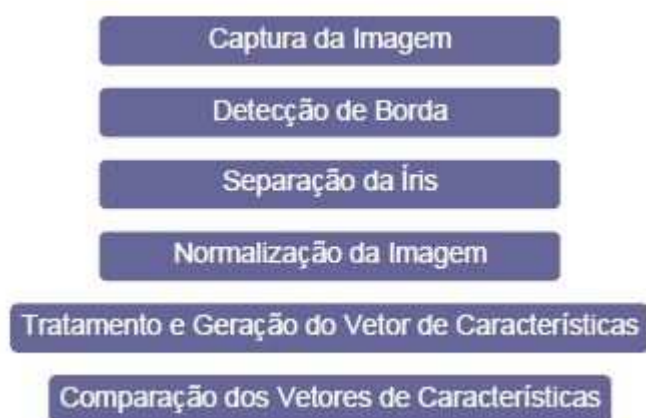


Figura 1 - Fluxo do Processo (VIGLIAZZI, 2006)

A segmentação da íris para qualquer tipo de imagens, inclusive imagens com ruído. O processo de normalização introduz duas vertentes distintas: a vertente a uma e a duas dimensões, que irá facilitar os processos seguintes. Estas duas vertentes são independentes. Após a normalização, é feita uma análise ao ruído existente na imagem recebida e avaliado o seu desempenho para a seguinte fase da extração de características. Esta fase aplica-se apenas a imagens normalizadas de duas dimensões, sendo que a sua aplicação é opcional. Após a normalização, as imagens podem passar logo à fase da extração de características. É então na fase de extração de características, onde é proposta a utilização de alguns filtros. Esta fase termina com a criação da assinatura biométrica binária, que comparada com as restantes, irá responder à etapa de classificação da íris e conseqüentemente ao reconhecimento biométrico positivo ou negativo, ou simplesmente identificando o indivíduo. Os conceitos envolvendo cada etapa do fluxo do processo apresentado acima são mostrados no capítulo 2 a fim de

embasar algumas técnicas usadas em sistemas de reconhecimento de íris,

Esta pesquisa visa uma análise detalhada dos métodos de identificação pessoal moderno baseado em biometria. Por ser uma tecnologia em ascensão, o reconhecimento biométrico da íris humana será o foco dessa dissertação.

## 2 BIOMETRIA

A Biometria originada do grego *Bio*(vida) e *metrón*(medida) é o uso de características biológicas em mecanismos de identificação. Entre essas características tem-se a íris, a retina, a impressão digital, a voz, a face, a geometria da mão, etc. O uso de características biológicas para identificação se mostra como uma idéia viável porque cada pessoa possui as características mencionadas diferentes umas das outras (PINHEIRO, 2008).

Pode-se definir a Biometria como sendo as mensurações fisiológicas e/ou características de comportamentos que podem ser utilizadas para verificação de identidade de um indivíduo. Com a possibilidade de medir as particularidades dos seres vivos, abre-se uma grande gama de opções, para confirmar a identificação de um indivíduo, permitindo ampliar cada vez mais os tipos de ferramentas para a área de segurança.

### 2.1 História da Biometria

Ao contrário do que se pensa a biometria não é um conceito inédito. Inédito é apenas sua aplicação em sistemas computacionais. Sabe-se, por exemplo, que na época dos faraós do antigo Egito, já se usavam características físicas de pessoas para diferencia-las umas das outras (VIGLIAZZI, 2006).

Existem diversas referências sobre indivíduos sendo identificados por características físicas como uma cicatriz, critérios de mensuração física ou a combinação de características mais complexas como cor dos olhos, altura e assim por diante. Estas seriam freqüentemente utilizadas no setor de agricultura onde grãos e provisões seriam estocados em uma central de reposições e aguardavam por movimentações futuras após identificação dos proprietários. Com certeza eles não estavam lidando com um número de indivíduos que se lida hoje, mas os princípios básicos de reconhecimento são similares.

Os governantes chineses no século II a.C. já usavam as impressões digitais para lacrar documentos importantes. Na dinastia Tang (618-907 d.C.) estas impressões eram grafadas em placas de barro para confirmar a identidade do indivíduo em transações comerciais, sendo um dos primeiros registros históricos onde esta técnica identificou positivamente uma pessoa. Desde então o uso da impressão digital evoluiu e passou a ser



empregada em grandes escala, tornando-se o principal método para comprovar de forma inegável a identidade de uma pessoa. Mas somente mais tarde, no final do século XIX, o sistema de impressão digital criado pelo britânico William James Herschel, baseado nos trabalhos do antropólogo inglês Francis Galton, provou cientificamente que as impressões digitais não mudam no curso da vida de um indivíduo e nenhuma digital é exatamente igual à outra.

Neste período houve um pico de interesse em pesquisas criminalísticas na tentativa de relacionar características físicas com tendências criminais, passando a ser utilizadas para trabalhos de cunho judicial. Isto resultou em uma variedade de dispositivos para mensuração sendo produzidos e muitas informações sendo coletadas (PINHEIRO, 2008).

A partir do século XX, a biometria passou a ser usada em documentos de identidade, como é o caso do RG (Registro Geral) no Brasil.

Hoje em dia, os recursos tecnológicos permitem uma grande evolução em relação às técnicas de biometria passíveis de utilização, pois as novas ferramentas de captura, armazenamento e comparação possibilitam o desenvolvimento e aplicação de novas técnicas biométricas.

## 2.2 Identificação Biométrica

A forma genérica de identificação biométrica, apresentada na Figura 2 abaixo, demonstra as várias fases, independentemente do tipo biométrico que será utilizado. Existem dois procedimentos diferentes: registrar um indivíduo na base de dados através de um novo cadastro e identificar um indivíduo comparando-o com os demais existentes na base de dados.

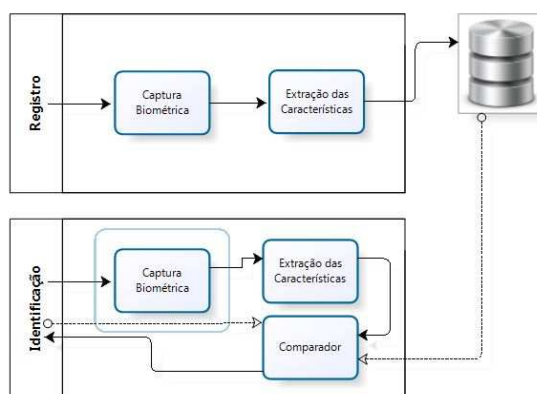


Figura 2 Sistema biométrico genérico Fonte própria.

No procedimento de registrar uma nova identidade é realizado a captura de uma representação biométrica, que varia conforme a característica biométrica que se extrai do indivíduo. Segue-se então a fase de extração das características, uma das mais relevantes em todo o processo. Para facilitar a identificação e o armazenamento na base de dados, é criada uma assinatura biométrica a partir da representação digital que é representada unicamente pela pessoa que fez o registo.

No caso da identificação, isto é, reconhecimento de uma pessoa que já tenha um registo prévio na base de dados, o processo inicial da captura e da extração de características é idêntico ao do registo. A diferença acontece porque ao invés de ser armazenado em uma base de dados, a assinatura biométrica captada é comparada envolvida com outras assinaturas. O resultado final dessa comparação é o grau de similaridade das assinaturas que indica a identidade do indivíduo.

Na fase do reconhecimento biométrico, a etapa da comparação pode ser classificada conforme o número de verificações. Uma pessoa pode afirmar-se como sendo o indivíduo X, sendo que o comparador fará recurso à base de dados e a partir desse processo fará a comparação da medida biométrica capturada com a medida biométrica da pessoa que se diz ser quem é. Esta forma é conhecida como reconhecimento positivo, pois verifica se uma pessoa é quem diz ser. O outra forma é o de tentar identificar quem é o indivíduo, comparando a assinatura obtida com todas as outras existentes na base de dados, gerando como resultado final a identidade ou simplesmente informando que o indivíduo não existe na base de dados (CARREIRA, 2009)

### **2.2.1 Confiabilidade**

Referente à identificação biométrica, o nível de precisão definido no algoritmo de comparação afeta diretamente na identificação do indivíduo. A análise realizada é muito mais que um simples "sim" ou "não" retornado pelo sistema. É de extrema importância avaliar e estudar possíveis erros e falhas na identificação, conclui-se que é preferível negar o acesso ou autorização de alguém em um determinado sistema do que permitir um intruso. Sendo assim a precisão dos sistemas biométricos é medida através das taxas de falsa aceitação (FAR - *False Acceptance Rate*) e falsa rejeição (FRR - *False Rejection Rate*). As taxas FAR e FRR podem ser configuradas de acordo com os níveis de segurança requerido, o valor limite para

tolerância a estas taxas é crítica no desempenho do sistema, pois a negação causa frustração, gerada pela não identificação de um usuário autêntico, por outro lado a falsa permissão gera fraude no sistema, permitindo acesso a um indivíduo impostor.

Por vez existe a possibilidade de utilizar-se a taxa de cruzamento conhecida como medida crítica (EER - Equal Error Rate). Ela é o ponto onde a FAR cruza-se com a FRR. Na figura 3 é possível visualizar as taxas de false aceitação e falsa rejeição.

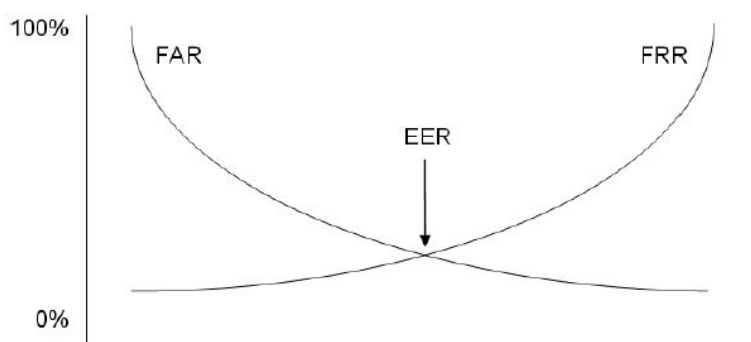


Figura 3 Taxas de precisão de sistemas biométricos.  
Fonte: MAIOLA, 2005

### 2.3 Métodos Biométricos

As formas e características biométricas de cada indivíduo possibilitam a utilização das mais diversas técnicas de identificação, pois todo ser humano tem características físicas e comportamentais passíveis de identificação. Os sistemas biométricos se dividem de acordo com as características escolhidas para identificação. Essas características normalmente utilizadas para identificação dos indivíduos são (VIGLIAZZI, 2006):

- Impressão digital: Atualmente é um dos métodos de identificação mais utilizados, que basicamente consiste na aquisição da formação dos sulcos na pele dos dedos e das palmas das mãos de um indivíduo;
- Veias da palma da mão: é baseado na formação e desenho das veias existentes na palma da mão;
- Reconhecimento facial: é por natureza o método de reconhecimento utilizado entre os seres humanos;
- Íris: baseia-se na análise e comparação dos anéis existentes em torno da pupila;
- Retina: são identificadas através dos vasos da retina. É uma forma muito

segura, pois os vasos são únicos em cada olho, oferecendo assim uma dificuldade muito grande de modificação ou duplicação;

- Geometria das mãos e dedos: baseia-se nas medidas das mãos, como tamanho, forma da palma, largura e comprimento dos dedos;
- Reconhecimento de voz: é a combinação de biometrias comportamental e fisiológica. Pois as características se baseiam nas formas e tamanho das cordas vocais, da boca, dos lábios, da cavidade nasal, ou seja, nos órgãos usados na síntese do som;
- Dinâmica de digitação: é a medida da velocidade de digitação;
- Assinatura: Vem sendo utilizada por muitos anos é a forma de assinar de um indivíduo, onde revela-se sua identidade e vem sendo muito bem aceita ao longo dos anos nas transações legais e comerciais;
- DNA: possui característica biométrica única para cada indivíduo, por isto é muito utilizado em aplicações forenses;
- Termogramas de face, mãos e veias da mão: esta técnica de identificação utiliza o calor emitido pelo corpo, contudo, a captura de termogramas em ambientes não controlados é muito complexa.

Tudo que for mensurável em termos de vida é passível de se criar uma técnica biométrica viável. Mas o foco deste trabalho é o método de reconhecimento da Íris. Dentro deste contexto, nas próximas seções serão apresentadas de forma resumida as técnicas biométricas relacionadas acima.

### **2.3.1 Reconhecimento da impressão digital**

Conforme Vigliuzzi (2006) denomina-se impressão digital como a representação da epiderme do dedo, caracterizada por um conjunto de linhas que fluem frequentemente paralelas e resultam particularidades convergentes. Estas linhas possuem micro-particularidades que são chamadas de minúcias, determinadas essencialmente pela terminação ou pela bifurcação das linhas do cume. Assim, a combinação das minúcias constitui a base da maioria dos algoritmos para comparação da impressão digital.

A impressão digital é caracterizada pelo desenho formado por vales e cristas na ponta dos dedos, formada desde o feto e apresenta poucas mudanças com a idade. Este desenho

formado pela impressão digital possui pontos característicos que permitem a sua identificação (CANEDO, 2003).

Dentre as características básicas da impressão digital, encontram-se as linhas de Cume, o Vale, o Ponto de União, o Núcleo Superior, a Bifurcação, o Núcleo Interior e o Delta (VIGLIAZZI, 2006).

Em relação ao método de captura de impressão digital, existem dois métodos: o de tinta no papel (*ink in paper*) que se caracteriza em colocar o dedo em tinta para depois ser pressionado e rolado no papel a fim de ser escaneado (TESDECO, 2003) e o segundo método, por meio de leitores, que é caracterizado pelo uso de um sistema eletrônico de geração de dados, considerado mais eficiente que o método anterior. A função do leitor biométrico é de capturar a imagem dos aspectos físicos extraídos da impressão digital a ser processada pelo algoritmo (CANEDO, 2003).

Por fim, o sistema automatizado de identificação de impressões digitais (*Automated Fingerprint Identification System - AFIS*) é um sistema que visa garantir a unicidade da identificação de um indivíduo, trazendo agilidade ao processo de identificação através do mapeamento de impressões digitais. Esta tecnologia é capaz de identificar um único indivíduo a partir de um banco de dados contendo milhões de indivíduos que usam de uma até dez impressões digitais. Para Pinheiro (2008), a AFIS pode ser considerado um tipo diferenciado de tecnologia biométrica pela impressão digital, muito eficiente e que se desenvolve em ambientes estritamente definidos. Porém, os AFIS podem levar mais tempo do que a maioria dos sistemas biométricos para efetivar uma comparação, de acordo com o tamanho do banco de dados biométrico consultado.

### **2.3.2 Reconhecimento através das veias da palma da mão**

O sistema biométrico por meio do reconhecimento das veias da palma da mão fornece a autenticação segura da identidade do indivíduo, pois se trata de uma técnica baseada em uma característica interna do corpo (VIGLIAZZI, 2006). É considerado um sistema biométrico que não existe a necessidade de contato direto com dispositivo de captura, o que facilita a sua utilização em locais públicos.

Na autenticação, são observados padrões vasculares da mão que são considerados subjetivos, dentre eles a singularidade, a estabilidade, a independência de contaminações e cicatrizes ou outros fatores externos.

No que diz respeito ao método de captura das veias da palma da mão, é utilizado um pequeno leitor com facilidade e rapidez ao usar. A captura é realizada em menos de meio segundo para registro ou comparação. Portanto, esse sistema biométrico é considerado seguro, rápido e preciso, pois é utilizada uma quantidade mínima de luz infravermelha para ler padrão de característica das veias (FUJITSU, 2009), além de ser superior a outras soluções biométricas como a leitura de impressões digitais ou da retina (PORTAL DA SEGURANÇA, 2009).

### **2.3.3 Reconhecimento facial**

Para ser realizado o reconhecimento facial, a imagem tem que ser ocupada inteiramente, sem ser obstruída por outros objetos e sem nenhuma desordem adicional do fundo que possa confundir o algoritmo de reconhecimento. Os programas mapeiam a geometria e as proporções da face por meio de registros de vários pontos delimitadores na face, sendo possível visualizar proporções, distâncias e formas de cada elemento do rosto (VIGLIAZZI, 2006). O método para a captura de imagens é realizado por meio de uma câmera ou máquina fotográfica, uma vez que a imagem obtida pode ser colorida ou monocromática. Após a centralização dos pontos da face, obtem-se o *template* para armazenamento ou para comparação com o banco de dados.

O reconhecimento facial dá-se pelos pontos principais como os olhos, nariz, queixo, maçãs do rosto, orelhas, lábios, dentre outros. Para se obter melhor fidedignidade no reconhecimento, são utilizadas medidas do rosto que nunca se alteram, mesmo perante cirurgias plásticas: distância entre os olhos; distância entre boca, nariz e os olhos; queixo, boca e linha dos cabelos. Esse tipo de reconhecimento é considerado acessível e aplicável (VIGLIAZZI, 2006).

### **2.3.4 Reconhecimento de íris**

O reconhecimento da íris é realizado de acordo com as características subjetivas da mesma como o tecido que divide a íris em uma maneira radial, que são estabelecidas de forma permanente no oitavo mês de gestação. É considerada uma identificação biométrica estável e

segura, pois as características não se alteram com o envelhecimento do indivíduo, visto que a íris apresenta uma complexidade considerada única (VIGLIAZZI, 2006). A íris, caracterizada pela parte colorida do olho e em torno da pupila, apresenta 249 pontos de diferenciação que podem utilizados no processo de reconhecimento (PINHEIRO, 2008).

Essa técnica ainda, é considerada por ter um excelente desempenho, pois a codificação, comparação e tomada de decisão são processadas digitalmente, diminuindo o tempo de resposta da identificação. Porém, exige a colaboração do indivíduo para a coleta (PINHEIRO, 2008).

O método utilizado para a captura da imagem da íris é realizado por meio de uma câmera, com a presença de luz visível e infravermelha. Para que a captura da característica da íris seja realizada da melhor forma, o indivíduo deve estar dentro do campo de visão da câmera.

Sendo assim, os procedimentos para o reconhecimento da íris são divididos em três etapas (PINHEIRO, 2008):

1ª etapa: aquisição da imagem da íris na imagem capturada;

2ª etapa: aplicação do algoritmo de extração que isola o padrão da íris da pupila;

3ª etapa: processo de extração das características para gerar o *Iriscode*, que é o registro a ser armazenado no banco de dados ou o exemplar a ser comparado com o registro do banco de dados.



Figura 4 - Íris

### 2.3.5 Reconhecimento da retina

No reconhecimento da retina são realizados procedimentos que utilizam as características dos vasos sanguíneos encontrados na retina do olho, ou seja, na membrana mais interna do globo ocular. É considerada uma identificação precisa do indivíduo (PINHEIRO, 2008), pois os vasos desta membrana formam padrões únicos.

Segundo Vigliuzzi (2006), o reconhecimento da retina é um método que apresenta alta precisão e segurança, porém como o método de reconhecimento de íris, o indivíduo tem que olhar fixamente para um ponto de luz de infravermelho até que a câmera focalize os

padrões e os capture, além de apresentar um alto custo de implementação (PINHEIRO, 2008).

No que diz respeito ao método de captura de imagem da retina, é realizado por meio de um *scanner*, o qual utiliza um laser de baixa intensidade para medir os padrões dos vasos sanguíneos da retina, delimitando a pupila e definindo quais são os pontos importantes para a identificação.

### **2.3.6 Reconhecimento da geometria da mão**

Para a realização deste reconhecimento, são utilizadas características físicas da mão (COSTA, 2007), por meio da forma geométrica como: comprimento, largura, espessura, curvatura, localização relativa destas características.

Essa técnica é considerada menos segura e fidedigna, pois as características não são suficientemente descritivas para a identificação do indivíduo (PINHEIRO, 2008). Porém, o sistema apresenta baixo custo de implementação e o armazenamento do padrão biométrico pode ser realizado em qualquer tipo de cartão disponível devido à redução de tamanho do *template*.

A captura da imagem é realizada por meio de um sistema que apresenta a colocação apropriada da mão direita do usuário em uma superfície de cinco pinos, com uma fonte clara, uma câmera e um único espelho (COSTA, 2007).

É utilizado um algoritmo que envolve a extração das medidas das larguras e dos comprimentos dos dedos em várias posições, assim definindo o vetor de características da mão do indivíduo, com o cálculo e registro das medidas (VIGLIAZZI, 2006).

### **2.3.7 Reconhecimento da voz**

A técnica de reconhecimento da voz é considerada vulnerável e imprecisa, pois apresenta interferência de aspectos internos e externos como ruídos e estado emocional do indivíduo (PINHEIRO, 2008). Como o objeto de análise é a voz, serão considerados padrões harmônicos e reproduções de sequências predefinidas de voz, levando-se em consideração a forma do intervalo vocal, que modifica o índice espectral de uma onda acústica enquanto passa por meio dele, resultando na fala.



Para o reconhecimento da voz, são analisadas características da fala como texto fixo, dependente do texto, independente do texto e conversacional. A captura dá-se por meio de microfone ou telefone para aquisição da característica biométrica do usuário, uma vez que o mesmo deve pronunciar uma palavra ou frase para iniciar o processo de reconhecimento. Assim, é utilizado um algoritmo que segmenta este áudio em pequenos pedaços conhecidos com fonemas, ou seja, os sons da fala, gerando o padrão biométrico.

### **2.3.8 Reconhecimento da dinâmica de digitação**

É uma técnica considerada de baixo custo, transparente ao usuário, porém insegura, pois se baseia no comportamento do ser humano ao digitar um texto em um teclado (VIGLIAZZI, 2006). Dentre as características para o reconhecimento da dinâmica da digitação, são observadas: o intervalo de tempo entre o pressionamento de teclas consecutivas; o tempo que uma tecla fica pressionada; o tempo total da digitação; a frequência da digitação de teclas erradas; o hábito de usar teclas diferentes do teclado.

A captura de dados para o reconhecimento é por meio da própria digitação, ou seja, no momento de digitação é realizada a identificação do usuário no sistema (PINHEIRO, 2008).

### **2.3.9 Reconhecimento da assinatura manuscrita**

A técnica de reconhecimento da assinatura manuscrita é conhecida por utilizar a assinatura do indivíduo para confirmar a sua identidade em documentos (PINHEIRO, 2008). É considerada uma técnica de biometria comportamental por analisar como o indivíduo realiza a sua assinatura. Engloba assim as seguintes características: Velocidade da escrita; Pontos de Pressão; Inclinação das letras; Espaçamento entre as letras; Ritmo; Toques sucessivos na superfície do papel e Aceleração.

Os procedimentos para a captura são realizados por meio de dois tipos de sistemas (PINHEIRO, 2008): Sistemas Dinâmicos e Sistemas Estáticos. No sistema dinâmico a assinatura é efetuada num dispositivo eletrônico preparado para sua captura e no sistema estático a assinatura é impostada em documentos de papel. Para o processo estático, consiste

nos métodos de solarização, realce de imagens e limiarização.

## 2.4 Comparação entre Medidas Biométricas Mais Comuns

A utilização de um método biométrico depende muito do nível de segurança desejado, o custo de implantação e em alguns casos o nível de aceitabilidade por parte de alguns usuários. O Quadro 1 faz uma comparação entre alguns métodos biométricos e seus respectivos requisitos básicos.

**Quadro 1 - Comparação entre alguns métodos biométricos.**

	Face	Impressão	Íris	Voz
Universalidade	Alto	Médio	Alto	Médio
Singularidade	Baixo	Alto	Alto	Baixo
Permanência	Médio	Alto	Alto	Baixo
Coletabilidade	Alto	Médio	Médio	Médio
Desempenho	Baixo	Alto	Alto	Baixo
Aceitabilidade	Alto	Médio	Baixo	Alto
Proteção	Baixo	Alto	Alto	Baixo

Fonte: VIGLIAZZI, 2006.

No reconhecimento facial, a singularidade é muito baixa, pois a distância entre os pontos faciais se repetem com muita frequência, o que reflete diretamente na taxa de desempenho e de proteção.

No reconhecimento por impressão digital, a universalidade é mediana, pois as mãos estão expostas ao ambiente de trabalho da maioria dos seres humanos, podendo ocasionar, por exemplo, na perda ou modificação das impressões, o que dificulta a coleta, por esse motivo a coletabilidade é classificada como mediana. No caso da aceitabilidade, o valor também se torna mediano devido ao fato da coleta da impressão digital estar diretamente relacionado a investigações policiais, o que causa certa desconfiança e recusa por parte de algumas pessoas.

Devido a dificuldade da coleta o reconhecimento por meio da íris tem aceitabilidade baixa e coletabilidade mediana, sendo necessário em alguns casos, equipamento específico para coleta e o medo de danos por parte de alguns usuários no momento da coleta.

Já o reconhecimento por voz, a sensibilidade ao ambiente e a condições emocionais do usuário são responsáveis pelo baixo desempenho e permanência. A baixa segurança esta relacionada a possibilidade de se usar gravações como forma de autenticação.

Atualmente o reconhecimento por meio da impressão digital têm sido muito utilizado

em várias aplicações como controle de acesso, caixas eletrônicos, vídeo locadoras e etc.

Duas de suas principais vantagens são a agilidade e a confiança, aliada ao baixo custo e o pequeno tamanho dos equipamentos óticos utilizados.

No caso do reconhecimento pela Íris a segurança é a principal vantagem. A margem de erro é praticamente nula e a íris é praticamente imutável durante os anos de vida de um ser humano. Não sofre alterações devido a sujeiras e cicatrizes e pessoas que utilizam lentes de contato podem usar o reconhecimento por íris sem comprometer o desempenho e a segurança.

A grande desvantagem em sistemas de reconhecimento pela íris está no custo de implantação e aceitabilidade.

Portanto além dos comparativos básicos apresentados, é de extrema importância ter em mente as principais vantagens e desvantagens de cada sistema biométrico para que seja realizado uma escolha de melhor custo/benefício.

Abaixo o Quadro 2 mostra as principais vantagens e desvantagens de alguns métodos apresentados.

**Quadro 2 - Principais vantagens e desvantagens.**

Sistema Biométricos	Vantagem	Desvantagem
Face	Qualquer imagem pode ser utilizada no processo de identificação	O uso de óculos de sol, barba ou bigode pode interferir na identificação.
Voz	Custo de implantação	Muito sensível ao ambiente bem como às condições emocionais
Íris	Alto grau de segurança	Alto custo de implantação
Impressão Digital	Baixo custo de implantação	A impressão digital pode ser copiada

### 3 RECONHECIMENTO DA ÍRIS

Serão apresentados neste capítulo os métodos para localização, segmentação, normalização, extração de característica e comparação da íris. O métodos relacionados são uma implementação do trabalho apresentado na literatura de John Daugman, onde a comparação é baseada em uma medição de distância de Hamming entre representações, calculada a partir das características codificadas nas representações (DAUGMAN, 1992; 2001). Este método é utilizado como referência nessa monografia.

Complementando esta abordagem, foi proposto um algoritmo para identificação de indivíduos, compreendendo os processos da localização e segmentação da região de interesse da íris, extração e codificação de características e comparação biométrica.

Quando se deseja estabelecer um processo de reconhecimento por meio da Íris um grande desafio é estabelecido no momento da detecção das áreas que se pretendem analisar, vencido o desafio inicial temos a realização do processamento da detecção da pupila.

Muitos métodos de diversos autores (Wildes, 1997; Daugman, 1993, 2004; Ma L; Tan T; Wang YH; Zhang, 2003; Proenca H; Alexandre LA, 2006; Yu L; Zhang D; Wang KQ; 2007) são apresentados para resolução destes problemas e todos eles se baseiam na captação da imagem do olho com um resolução variável, à qual podemos aplicar uma sequência de operações de forma a adquirir as informações cruciais para o reconhecimento da íris. Segundo Daugman (1993) essas imagens devem ser registradas na região do infravermelho ou como alternativa a região visível do espectro. Essas operações são divididas da seguinte forma:

- Segmentação da imagem: que consiste na localização e extração do segmento da imagem que contém a íris.
- Normalização: Conversão do segmento da imagem da íris.
- Codificação e Correspondência: Conversão dos dados referentes ao segmento de imagem da íris numa estrutura de dados mais simples que facilite a pesquisa e obtenção de correspondência num curto espaço de tempo.

Localizar a íris não é uma tarefa trivial uma vez que a sua intensidade é próxima à da esclerótica é muitas vezes obscurecida por cílios e as pálpebras. No entanto, devido ao seu tamanho padrão e sombra escura uniforme, é relativamente fácil de se localizar. A pupila e a íris podem ser aproximadas concentricamente e isso oferece um ponto de entrada confiável para detecção automática por meio de algoritmos computacionais.

### 3.1 Etapas do Reconhecimento da Íris

É a partir deste tópico que será realizada uma apresentação detalhada da metodologia adotada e das várias etapas do reconhecimento da íris. Essas etapas serão analisadas em detalhe seguidas pelos métodos utilizados nessa dissertação.

São inúmeras as metodologias propostas nas etapas do reconhecimento de íris, no entanto podemos resumir todas as metodologias no esquema representado na Figura 6, salvo na etapa de comparação onde esse processo tem como objetivo ser substituído pela a comparação 1:1 (um-para-um) ao invés de n:1 (muitos-para-um), tornando assim a resposta e o processamento do reconhecimento da íris mais ágil, uma vez que não dependemos de uma base de dados e sim de uma única comparação para ser validada, tornando o banco de dados totalmente dispensável nesse modelo.

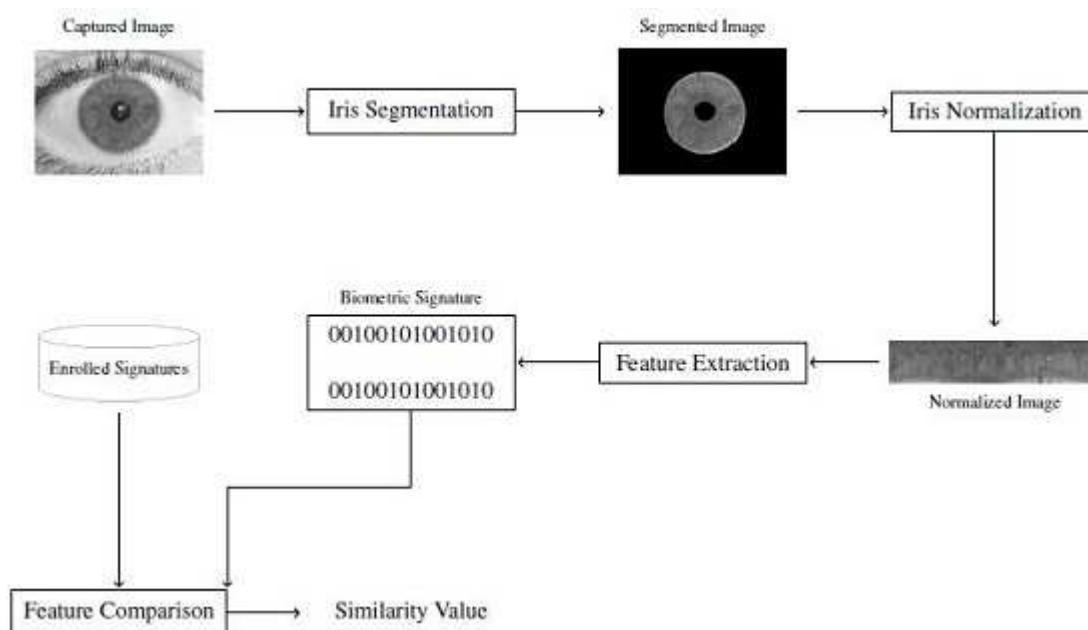


Figura 5 - Etapas padrão do reconhecimento da íris.  
Fonte: HUGO, 2006

### 3.2 Segmentação da Íris

A etapa de segmentação é a etapa responsável pela determinação da região da íris presente em uma imagem. Essa etapa é um processo comum em todos os sistemas de reconhecimento de íris e é extremamente importante para que seja apenas a íris a ser

comparada no reconhecimento.

Esta região, em forma de coroa circular, é normalmente aproximado por dois círculos: um para a fronteira da íris (esclerótica que é o tecido branco do olho) e outra para a borda pupila/íris, parte interior à primeira.

A forma aproximadamente circular da íris sugere métodos de localização baseados na detecção de círculos para obter os limites esclérico e pupilar.

Embora estas abordagens tenham excelentes resultados em imagens cooperativas, o mesmo não se verifica em imagens não-cooperativas, apesar desta modelagem, nem sempre é possível assumir que os dois círculos são concêntricos. Por exemplo, se na imagem o olho estiver virado para o lado ou se houver bastante ruído. Pálpebras e cílios normalmente produzem oclusão nas partes superior e inferior da íris e reflexões especulares e sombras também podem corromper sua textura.

Uma técnica de segmentação bem sucedida deve localizar e tratar estes aspectos. A segmentação é o processo mais importante (crítico) em um sistema de reconhecimento, pois, dados que possam representar falsamente uma região de íris corrompem os modelos biométricos, resultando em taxas de reconhecimento ruins.

Em seguida será detalhado um dos métodos mais relevantes de segmentação da íris.

Método de John Daugman - Proposto em 1993, todo o processo de reconhecimento apresentado por Daugman em (DAUGMAN, 1993) foi e continua a ser um algoritmo de referência e de grande sucesso.

Ele apresenta um método baseado num operador integro-diferencial para localizar ambas as fronteiras interna e externa.

Para localizar as bordas da pupila e íris, Daugman propôs a utilização do operador integro-diferencial onde ele assume que as bordas da pupila e da íris podem ser aproximadas por dois círculos (não necessariamente concêntricos). Desta forma, o operador comporta-se como um detector de bordas circular.

O operador integro-diferencial usado é o seguinte:

$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\delta}{\delta r} \oint_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right|$$

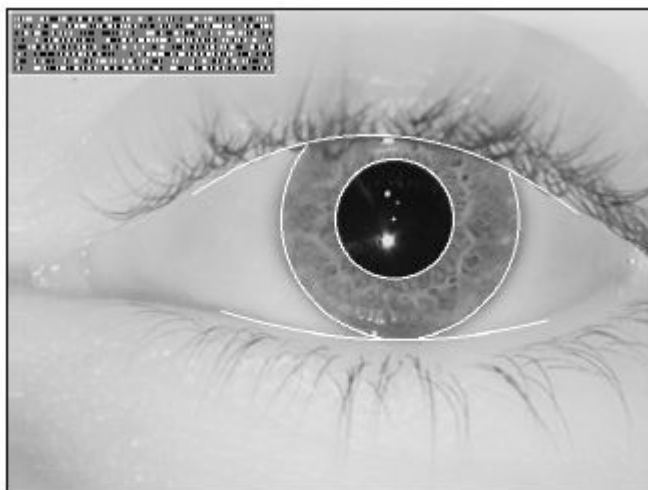
**Figura 6** - Operador integro-diferencial

Na imagem  $I(x; y)$  o operador procura no domínio  $(x; y)$  pelo valor máximo na derivada parcial amaciada, aumentando o raio  $r$ , do contorno integral de  $I(x; y)$  normalizado,

com centro em  $(x_0; y_0)$ . Onde  $*$  denota a operação de convolução e  $G^\delta(r)$  representa a função de amaciamento através de um filtro Gaussiano de escala  $\delta$ . De um modo simplificado, este operador procura na imagem amaciada por um filtro Gaussiano num espaço  $N^3((x_0; y_0; r))$ , o centro  $(x_0; y_0)$  e raio  $r$  da circunferência com maior valor de contraste comparado com as circunferências vizinhas de raio maior e menor. O operador é utilizado na procura de ambas fronteiras circulares da íris, a interior e a exterior. Este método mostra ser mais eficaz, quanto maior for a separabilidade ou contraste da entre a íris e esclera, ou entre a íris e a pupila.

Depois de determinados os limites circulares da íris, é utilizada uma variante do operador de modo a detectar arestas curvilíneas pertencentes às pálpebras superiores e inferiores.

O resultado da segmentação utilizando o operador integro-diferencial é exibido na Figura 8.



**Figura 7** - Imagem segmentada usando o operador integro-diferencial

Fonte: Daugman, 1993

### 3.3 Normalização da Íris

A normalização é a etapa na qual a região da íris é transformada para auxiliar a extração de suas características e permitir que comparações possam ser realizadas facilmente.

Entretanto, a primeira dificuldade surge do fato de que nem todas as imagens de íris possuem o mesmo tamanho. A distância do olho em relação a câmera afeta o tamanho da íris e pequenas mudanças na iluminação fazem com que a pupila se contraia ou dilate, causando algumas variações na área da região da íris. Inclinações da cabeça, movimentação do olho e

uma possível rotação da câmera são outras fontes de dificuldades.

Com esse processo podemos evitar ou minimizar as variações referente estes problemas, obtendo-se assim uma imagem da íris invariante ao tamanho da imagem capturada sob diferentes condições.

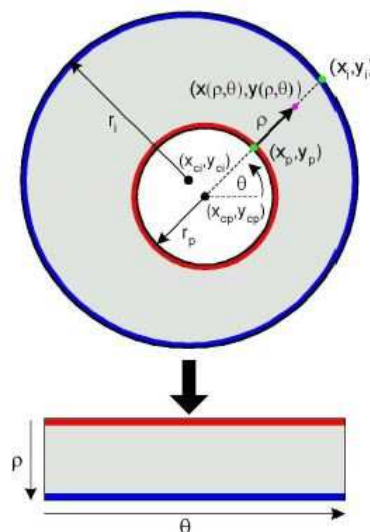


Figura 8- Esquema do modelo *Daugman Rubber Sheet*

John Daugman descreve em (DAUGMAN, 1993; DAUGMAN, 2004), uma metodologia de normalização, denominado de *rubber sheet model*.

Neste modelo, ele lida com contrações e dilatações da pupila para criar uma representação uniforme da região da íris correspondente e um par de coordenadas  $(r; \theta)$  onde  $r \in (0; 1)$  e  $\theta \in (0; 2\pi)$ .

O mapeamento da imagem da íris  $I(x; y)$  de coordenadas cartesianas  $(x; y)$  para coordenadas polares não concêntricas  $(r; \theta)$  pode ser representado através de

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow$$

onde  $x(r; \theta)$  e  $y(r; \theta)$  são definidos como combinações lineares de ambos os conjuntos dos pontos  $(\chi_p(\theta); \gamma_p(\theta))$  das fronteiras interior e exterior ao longo do perímetro exterior da íris  $(\chi_s(\theta); \gamma_s(\theta))$ , detectado na etapa da segmentação, através de

$$x(r, \theta) = (1 - r)x_p(\theta) +$$

$$y(r, \theta) = (1 - r)y_p(\theta) +$$



### 3.4 Extração das Características

É na etapa de extração de características que se faz uso das propriedades da íris para criar uma assinatura biométrica. Como referido anteriormente, a estrutura da íris possui texturas abundantes e complexas que podem ser extraídas para a codificação da íris. Também nesta secção abordar-se-ão os métodos mais comuns de extração de características.

Para extrair informação sobre a íris, John Daugman utiliza, como descreve em (DAUGMAN, 1993), filtros de Gabor de duas dimensões.

Os filtros são do tipo:

$$G(x, y) = e^{-\pi[(x-x_0)^2/\alpha^2+(y-y_0)^2/\beta^2]} \cdot e^{-2\pi i[u_0(x-x_0)+v_0(y-y_0)]}$$

onde  $(x_0; y_0)$  definem a posição da imagem,  $(\alpha; \beta)$  são o filtro largura e comprimento e  $(u_0; v_0)$  especificam a modulação, com frequência espacial  $w_0 = \sqrt{u_0^2 + v_0^2}$ .

A transformada de Fourier 2D,  $F(u; v)$ , de um filtro 2D de Gabor tem a mesma forma mas com parâmetros trocados:

$$F(u, v) = e^{-\pi[(u-u_0)^2/\alpha^2+(v-v_0)^2/\beta^2]} \cdot e^{-2\pi i[x_0(u-u_0)+y_0(v-v_0)]}$$

Para cada bit resultante da parte real e da parte imaginária, o seu valor é avaliado e transformado num valor binário. Cor branca, assumida pelo valor 0, representa valores negativos e 1, cor preta, para valores positivos. Obtém-se assim o que Daugman denomina de *irisCode*.

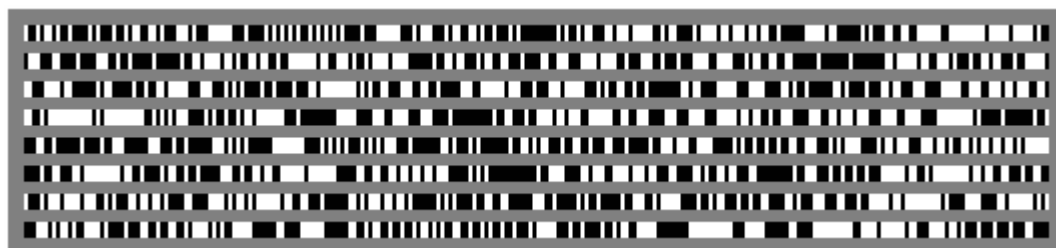


Figura 9 - Exemplo de ÍrisCode

### 3.5 Comparação das Características

Os diferentes padrões de codificação definem cada indivíduo. Quando duas codificações de padrões de íris são comparados, o resultado dessa comparação deve informar

o grau de similaridade ou dissimilaridade existente entre as duas codificações. Para que decisões possam ser tomadas com alto grau de confiança, o resultado dessas comparações precisam ser os mais distintos e separados possível.

A distância de Hamming opera sobre duas sequências de bits, calculando a quantidade de bits que divergem. Considerando B e C duas cadeias de bits de mesmo comprimento n, a distância de Hamming entre elas é calculada através da equação:

$$HD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (B(j) \oplus C(j)),$$

Figura 10- Equação de Hamming

onde  $\oplus$  representa uma operação ou-exclusivo (XOR) e o  $1/n$  é um fator de normalização para que a distância de Hamming fique confinada ao intervalo (0; 1).

Qualquer codificação que gere uma cadeia de bits pode utilizar esta medida na etapa de comparação.

Daugman modifica a equação, de modo a desconsiderar áreas ruins (corrompidas) definidas na máscara de ruído. A nova distância de Hamming é calculada por:

$$HD = \frac{\|(iriscodeA \oplus iriscodeB) \cap mascaraA \cap mascaraB\|}{\|mascaraA \cap mascaraB\|}$$

Figura 11 - Equação da distância de Hamming

onde *iriscodeA*, *iriscodeB* são os *templates* de duas íris e *mascaraA*, *mascaraB* são suas respectivas máscaras de ruído. Os operadores  $\oplus$  e  $\cap$  representam as operações lógicas XOR e AND, respectivamente. O fator presente no denominador determina a quantidade de bits válidos, ou seja, aqueles que não foram identificados como ruído, para normalizar a distância de Hamming (de forma análoga a explicada anteriormente).

Devido à natureza das operações, as comparações realizadas no sistema de Daugman são executadas de forma muito rápida. Os computadores mais modernos permitem realizar operações entre sequências de 64 bits em um único ciclo de máquina. Outro fator importante reside no fato de poder utilizar processamento paralelo para distribuir a busca por um padrão, impactando diretamente na escalabilidade do sistema. Este procedimento é melhor aproveitado em situações de reconhecimento (identificação), no qual é necessário executar uma grande quantidade de comparações. Acredita-se que a maior parte do sucesso comercial

do algoritmo de Daugman deva-se a este conjunto de fatores além, é claro, da sua alta precisão.

A normalização dos *templates* proporciona invariância à translação e à escala. A invariância à rotação é atingida deslocando os bits que compõem o *template* para a direita e para a esquerda, selecionando a combinação que apresente a menor distância de *hamming*.

Este procedimento é sugerido por (Daugman, 2004), e corrige desalinhamentos que porventura existam no padrão normalizado. A Figura 10 mostra como ocorre o deslocamento e seu efeito no cálculo da distância de *Hamming*. Observe que para cada deslocamento os bits devem saltar duas posições.

A equação da distância de *Hamming* permite, ao menos teoricamente, que valores entre 0,0 e 1,0 sejam obtidos. O valor zero para a HD corresponde ao caso onde todos os bits das duas sequências são iguais. Inversamente, uma  $HD = 1$  é obtida quando todos os bits do *template* são diferentes.

No cenário ideal, a comparação entre *templates* de uma mesma íris resultaria em uma  $HD = 0,00$ . Na prática, entretanto, este valor se aproxima, mas não chega a ser exatamente zero, uma vez que o processo de normalização não é perfeito, sem falar da possível interferência causada por ruídos não detectados.

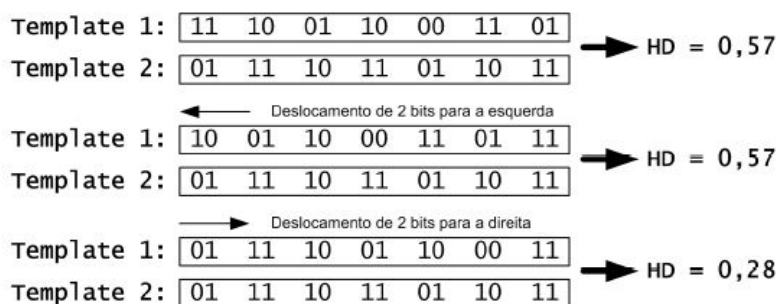


Figura 12 - Representação de como é realizado o deslocamento dos bits dos *templates* para atingir invariância à rotação. Ao final dos deslocamentos menor distância é a selecionada como grau de dissimilaridade entre os padrões.

No caso de comparações realizando *templates* de íris não correlacionadas (de indivíduos diferentes), o valor esperado para a distância de *Hamming* é próxima a 0,5. Este valor decorre do fato de que a correspondência entre as sequências binárias apresenta comportamento altamente aleatório, com probabilidade de 50% para cada bit possuir valor 0 ou 1. Dessa forma é muito provável que, para padrões não correlacionados, seus bits divirjam em 50%, resultando em uma  $HD = 0,5$  (DAUGMAN, 2004).

## 4 DESENVOLVIMENTO

Framework de desenvolvimento é uma estrutura que utiliza um conjunto de códigos, classes, funções, métodos, construída para dar suporte à criação de aplicativos de uma determinada plataforma ou linguagem.

A construção de aplicativos Android pode ser realizada com as mesmas ferramentas utilizadas no desenvolvimento de aplicativos Java. O framework de desenvolvimento do Android oferece bibliotecas e funcionalidades específicas da plataforma para criação de aplicações móveis e algumas das principais bibliotecas já conhecidas e utilizadas no desenvolvimento de aplicativos Java.

O ambiente de desenvolvimento oferece vários subsistemas e aplicativos que auxiliam na construção dos aplicativos Android, como o emulador, o debugger e o plugin para IDE MotoDev.

### 4.1 Arquitetura

É importante conhecer a arquitetura da plataforma, seus principais componentes, bibliotecas e subsistema, para poder identificar as limitações e dependências na criação de um aplicativo para dispositivo móvel.

O Android é uma plataforma que inclui: Sistema operacional, middleware, e aplicativos. Sua arquitetura é dividida em Kernel, Bibliotecas, runtime, framework e aplicativos, como mostrado na Figura abaixo:



Figura 14: Arquitetura Android

Fonte: DevMedia, 2012

## 4.2 Kernel

Os dispositivos móveis, assim como os computadores e outros dispositivos eletrônicos, possuem arquiteturas distintas entre si. Para que um sistema consiga operar com diferentes tipos de hardware, se fazem necessários os sistemas operacionais.

Segundo Tanenbaum (2003), um sistema operacional deve ser capaz de gerenciar o processador, memória e outros dispositivos de entrada e saída, além de fornecer, aos programas de usuário, uma interface mais simplificada com o *hardware*.

Nos casos dos dispositivos móveis, a tendência de criação de sistemas operacionais, é crescente, justamente pela necessidade do gerenciamento dos recursos que os smartphones disponibilizam, como processamento e memória.

Além disso, é necessário que a criação de software não seja apenas para um único modelo de celular ou smartphone, mas para um determinado sistema operacional, ficando este

responsável por gerenciar as particularidades de cada dispositivo.

O Android utiliza o kernel do Linux, que é responsável pelos serviços de segurança, gerenciamento de memória, processos, rede e drivers, este é ultimo componente é muito importante, pois garante que o desenvolvedor não precisará se preocupar em como acessar ou gerenciar dispositivos específicos do celular, produzindo assim uma abstração entre o hardware e o software.

### **4.3 Bibliotecas**

Durante o desenvolvimento de programas, existem rotinas básicas que muitas vezes são comuns em muitos softwares, como abrir arquivos, realizar cálculos aritméticos, que não são o foco principal do desenvolvedor.

Para se evitar a reescrita dos códigos de funções e rotinas que se repetem ou possuem altas complexidades, existem as bibliotecas. As bibliotecas possuem códigos e dados que auxiliam na execução de serviços e permite a separação de partes do programa (modularização).

O Android possui um conjunto de bibliotecas, disponíveis para a criação de seus aplicativos como a System C Library, Media Libraries, Surface Manager, Lib Webcore, SGL, 3D libraries, Freetype e SQLite. Tais bibliotecas permitem a manipulação de vídeos, imagens, sons animações, banco de dados, etc.

#### **System C Library**

Por ser baseada em Linux é necessário que o Android possua uma biblioteca que defina as chamadas ao sistema. Essa biblioteca suporta padrões ISO C e POSIX, com apoio as variantes do Unix como BSD e System V, no Android a biblioteca é uma BSD (Berkeley Software Distribution) do padrão C (Foundation, 2007).

#### **Surface Manager**

Biblioteca que gerencia o acesso ao subsistema de display do dispositivo, é capaz de compor gráficos em 2D e 3D a partir de aplicações de camada múltiplas.

## 4.4 RunTime

Uma aplicação Android é interpretada de maneira análoga ao byte-code Java, com a diferença que o Android gera códigos Dalvik Executáveis (.dex), e não os byte-code (.class) do Java, tais códigos são interpretados pela Máquina Virtual Dalvik (MVD) (Project, 2009).

Criada por Dan Bornstein, a MVD é uma alteração da Máquina Virtual Java (JVM), a qual é otimizada para os objetivos que o Android visa suprir (Bornstein, 2008).

Após a compilação, todos os arquivos .dex e outros recursos utilizados pela aplicação (exemplo: imagens, sons, etc.), são compactados em um arquivo do tipo .apk (Android Package File), sendo este arquivo, a aplicação finalizada e pronta para ser distribuída e instalada em qualquer dispositivo com Android, (Lecheta, 2009).

A MVD também é incluída no SDK do Android, onde transformam os códigos das classes Java (.class) em códigos Dalvik executáveis (.dex), que posteriormente serão executado pelo emulador Android (Bornstein, 2008).

## 4.1 Framework de Aplicativo

Além das bibliotecas, os desenvolvedores têm à sua disposição diversos outros componentes que o Android disponibiliza como, o provedor de conteúdo, gerenciador de janela, telefone, recursos, atividades e muitos outros.

A possibilidade de acesso e modificação dos componentes do Android é um diferencial, em relação a outras plataformas para dispositivos móveis. Tais componentes permitem que as aplicações criadas possam interagir com todo o sistema do celular, podendo o usuário/desenvolvedor, alterar qualquer componente que faça parte do sistema para que esse se adeque as suas necessidades ou as do aplicativo que se estão desenvolvendo. Os componentes permitem a interoperabilidade entre os vários subsistemas do celular.

Por exemplo, um aplicativo pode acessar a agenda de contatos e realizar uma chamada, capturar uma imagem pela câmera, descobrir qual a localização do celular, etc. No endereço do site Android Open Project, (<http://www.source.android.com>), pode-se obter toda a documentação e se ter acesso aos códigos da plataforma Android (Google Inc., 2008b).

O framework de aplicativo fornece componentes que auxiliam na implementação dos programas, permitindo a criação de listas, grades, caixas de texto, botões, etc. Alguns

componentes se destacam (Google Inc., 2008a), tais como:

- O provedor de conteúdo, que gerencia o acesso aos dados realizados pelos aplicativos;
- O gerenciador de notificações, que habilita os aplicativos a exibirem informações e avisos na barra de status do aparelho, assim como a reagirem as notificações recebidas;
- O gerenciador de atividades, que gerencia o ciclo de vida das aplicações e permite sua execução em segundo plano.

## **5 RESULTADOS**

O algoritmo desenvolvido por J. Daugman foi avaliado utilizando informações da base de dados UBIRIS.v1 e UBIRIS.v2, com ela foi possível avaliar de forma confiável o desempenho e a funcionalidade do algoritmo de J. Daugman. A base de dados UBIRIS.v2 possui cerca de 11.102 imagens com resolução de 800x600 pixel com 24 bits de profundidade de cor. Foram capturadas imagens de aproximadamente 260 indivíduos, resultando um total de mais de 500 íris diferentes. 2% dos participantes são asiáticos, 8% de origem africana e 90% caucasianos. A cor da íris é dada pela pigmentação presente (quanto maior a pigmentação mais escura se caracteriza a íris). 18.3% das íris são claras), 42.6% possuem uma pigmentação média e 39.1% pesada (olhos escuros). 54% dos voluntários são do sexo masculino e 45.6% feminino. 6.6% voluntários tem idade inferior 21 anos, 32.9% entre 21 e 30, 23.8% entre 26 e 30, 21% entre 31 e 35 e 15.7% com idade superior a 35 anos. A figura 14 apresenta detalhes de forma resumida da base de dados.



UBIRIS v2.0					
Detalhes das imagens cortadas manualmente					
Número total de imagens	11 102				
Dimensões	Largura		Altura		
	800		600		
Formato	.tiff				
Profundidade de cor	24 bit				
Voluntários					
Indivíduos	261				
Número de íris	522				
Etnia	Caucasiana	Asiática	Africana		
	90 %	2 %	8 %		
Pigmentação da íris	Leve	Média	Pesada		
	18.3 %	42.6 %	39.1 %		
Género	Masculino		Feminino		
	54.4 %		45.6 %		
Idade	Intervalos				
	[0,20]	[21,25]	[26,30]	[31,35]	[36,99]
	6.6 %	32.9 %	23.8 %	21.0 %	15.7 %

Figura 13 - Tabela com descrição detalhada da base de dados de imagens UBIRIS.v2  
Fonte: UBIRIS, 2012

O processo de identificação de um indivíduo por meio da íris foi abordado em detalhes, tendo sido descritos todos os passos necessários à construção de um algoritmo. De forma básica, um sistema de reconhecimento de íris é composto por quatro etapas: (1) aquisição da imagem, (2) segmentação da íris, (3) normalização e (4) comparação das características. Foi abordado em cada etapa as técnicas clássicas referenciadas por Daugman.

A Tabela 1 mostra uma comparação apresentada entre os métodos existentes. Acrescentou-se o resultado do algoritmo desenvolvido, levando-se em conta as mesmas características nos testes e experimentos realizados. O algoritmo foi executado tendo-se como base o algoritmo de Daugman e modificado no módulo de segmentação. O sistema tem a configuração de FAR=0% e um FRR=0.13%.

**Tabela 1 - Comparação de Métodos**

Método	Precisão	Temp Médio	Tempo Mínimo	Tempo Máximo
Daugman	98.60%	6.56s	6.23s	6.99s
Wildes	99.90%	8.28s	6.34s	12.54s
Jiali Cui	99.54%	0.2426s	0.1870s	0.3290s
Proposto	99.70%	2.66s	2.10s	3.22s

O método desenvolvido por Daugman é extremamente robusto, uma vez que seus

resultados são de difícil comparação, pois não são relatadas melhorias computacionais nos seus métodos, mas os artigos mostram uma enorme confiabilidade de 100% de precisão. O esquema de reconhecimento de íris possui um bloco de localização, e ao longo do processo esse bloco permanece inalterado. Esse bloco está baseado no processo íntegro-diferencial descrito acima de forma detalhada, o tempo de processamento desse bloco referente ao processo total de reconhecimento, representa 57.7%.

No algoritmo utilizado é aceito apenas a informação útil da íris com a finalidade de conservar a concentricidade e passar para uma normalização de menor custo computacional, que garanta um resultado final homogêneo.

Para um reconhecimento da íris, a informação de entrada sempre será extremamente importante, portanto se ocorrer perda de dados na captação da íris, na outra etapa da do processo também haverá. A melhoria no resultado final do processo esta relacionada diretamente à melhoria na entrada de dados.

O algoritmo utilizado executa o processo de localização da íris, encontra o centro, os limites da íris e também os limites da pupila satisfatoriamente e com uma velocidade de processamento muito satisfatória relacionado à outros algoritmos existentes. O algoritmo proposto tem boa precisão e desempenho, a utilização de alguns filtros ajudaram à obter melhores resultados finais.

## 6 CONCLUSÕES

A biometria é sem dúvida umas das áreas em constante desenvolvimento, na qual tem sido muito estudada, analisada e explorada.

Sendo a íris umas das características humanas com melhores condições para a implementação de sistemas biométricos, esta monografia tem como finalidade demonstrar seu modo de funcionamento e propor um novo algoritmo para implementação.

Sendo que todo processo esta baseado na grande e vasta literatura existente. Mais importante do que os resultados e valores obtidos pelos métodos nesta tese, é a percepção de cada processo do reconhecimento por meio da íris e quais as metodologias utilizadas para implementação. É nesse contexto que se quis apresentar um algoritmo alternativo para o desenvolvimento de um sistemas de reconhecimento de íris. O resultado obtido nesta monografia pode ser inferior aos resultados pretendidos referentes aos métodos já existentes, mas a relação precisão e velocidade é bastante satisfatório.

É claro, que a etapa de segmentação é uma das etapas mais discutidas nas literaturas devido à sua grande importância no processo de reconhecimento. Através de uma segmentação bem realizada e estruturada, as etapas restantes corresponderão com melhores resultados, e um desempenho final mais favorável.

Finalizado a fase de realização de experiências e a percepção dos pontos cruciais de cada etapa, é objetivo futuro a otimização das etapas de segmentação como de extração das características de cada indivíduo.

Como reforçado anteriormente nesta monografia, um método de segmentação robusto é uma das principais causas para obter bons resultados nas demais etapas.

Contornar o método e a utilização da normalização proposto e patenteado por John Daugman através da implementação de um novo método é outro objetivo futuro, bem como aplicar o algoritmo utilizado em novas bases de dados e por fim estudar técnicas para identificação e remoção de cílios, pálpebras e outras fontes de ruído na aquisição da íris.

A elaboração desta monografia é um dos princípios base para o desenvolvimento de uma aplicação alternativa de reconhecimento de íris.

Os resultados obtidos para o sistema de reconhecimento de íris desenvolvido nesta monografia corroboram a ideia de que os métodos biométricos de identificação baseados no reconhecimento de íris são precisos e confiáveis para serem utilizados em situações que demandem baixas taxas de erro e alta confiabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daugman J.** How iris recognition works. *Ieee T Circ Syst Vid.* 2004 Jan;14(1):21-30.
- Daugman JG.** High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence. *Ieee T Pattern Anal.* 1993 Nov;15(11):1148-61.
- H. Proença and L.A. Alexandre.** The NICE.I: Noisy iris challenge evaluation - part i. In *Biometrics: Theory, Applications, and Systems, 2007. BTAS 2007. First IEEE International Conference on*, pages 1–4, Sept. 2007.
- Hugo Proença and Luís Alexandre.** UBIRIS: A noisy iris image database. *Image Analysis and Processing – ICIAP 2005*, pages 970–977, 2005.
- Hugo Proença, Sílvio Filipe, Ricardo Santos, João Oliveira, and Luís A. Alexandre.** The UBIRIS.v2: A database of visible wavelength images captured on-the-move and at-a-distance. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 99(1), 5555.
- Hugo Proença.** Towards Non-Cooperative Biometric Iris Recognition. PhD thesis, Universidade da Beira Interior, Janeiro 2007.
- J. Daugman,** “High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence,” *IEEE Trans. Pattern Analy Machine Intell.*, vol. 15, pp. 1148–1161, Nov. 1993.
- J. Daugman.** How iris recognition works. *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, 14(1):21–30, 2004.
- J. G. Daugman,** "Biometric personal identification system based on iris analysis", United States Patent, Patent Number: 5 291 560, 1994.
- J. G. Daugman,** "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15, no. 11, pp. 1148–1161, 1993.
- J. G. Daugman,** "How Iris Recognition Works", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 21–30, 2004.
- J. G. Daugman.** High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 15(11):1148–1161, 1993.
- John Daugman.** High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, 15(11), 1993.

- John Daugman.** High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence, 1993. Disponível em: <<http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000/>>.
- L. Ma, Tieniu Tan,** “Personal Identification Based on Iris Texture Analysis”. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 12, December 2003.
- Ma L, Tan T, Wang YH, Zhang DX.** Personal identification based on iris texture analysis. Ieee T Pattern Anal. 2003 Dec;25(12):1519-33.
- Monro DM, Rakshit S, Zhang D.** DCT-based iris recognition. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. 2007 Apr;29(4):586-95.
- PINHEIRO, José Mauricio.** Biometria nos Sistemas Computacionais – Você é a Senha. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- Proenca H, Alexandre LA.** A method for the identification of inaccuracies in pupil segmentation. First International Conference on Availability, Reliability and Security, Proceedings. 2006:224-8.
- VIGLIAZZI, Douglas;** “Biometria: Medidas de Segurança – 2ª. edição” Florianópolis: Visual Books,2006.
- W. Boles,** “A security system based on human iris identification using wavelet transform,” Engineering Applications of Artificial Intelligence. Feb. 1998.
- Wildes RP.** Iris recognition: An emerging biometric technology. P Ieee. 1997 Sep;85(9):1348-63.
- Wildes,** 1997; Daugman, 1993, 2004; Ma L; Tan T; Wang YH; Zhang, 2003; Proenca H; Alexandre LA, 2006; Yu L; Zhang D; Wang KQ; 2007)
- Wildes, R.P,** “Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology,” Proceedings of the IEEE, vol. 85, no. 9, 1997, 9, pp 1348-1363.
- Yu L, Zhang D, Wang KQ.** The relative distance of key point based iris recognition. Pattern Recogn. 2007 Feb;40(2):423-30.
- MAIOLA, Ricardo Inácio;** “Protótipo de Sistema para Autenticação de Impressões Digitais Utilizando O Modelo de Redes Neurais Artificiais Cascade Correlation” Trabalho de conclusão de curso submetido à Universidade Regional de Blumenau, Blumenau-2005.
- Google Inc.** (2008b). Android open source. <http://source.android.com>.
- Bornstein, D.** (2008). Dalvik virtual machine. <http://www.dalvikvm.com>
- Foundation, F. S.** (2007). The gnu c library. <http://www.gnu.org/software/libc>
- Google Inc.** (2008a). Android - an open handset alliance project. <http://code.google.com/android/toolbox/custom-components.html>

**Lecheta, R. R.** (2009). Google Android - Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK. Editora Novatec, 1st edition.

**Project, A. O. S.** (2009). What is android? <http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html>

**Tanenbaum, A. S.** (2003). Sistemas Operacionais Modernos. Editora Pearson, 2 edition. São Paulo.