



Ministério da Justiça



**UnB**



Centro de Apoio ao  
Desenvolvimento  
Tecnológico



**latitude**  
Laboratório de tecnologias da tomada de decisão

Termo de Cooperação/Projeto:

**Acordo de Cooperação Técnica  
FUB/CDT e MJ/SE  
Registro de Identidade Civil –  
Replanejamento e Novo Projeto Piloto**

Documento:

**Relatório Técnico do Sistema  
Biométrico do Programa RIC:  
Panorama Geral Sobre Biometria**

Data de Emissão:

**13/03/2014**

Elaborado por:

**Universidade de Brasília – UnB  
Centro de Apoio ao Desenvolvimento  
Tecnológico – CDT  
Laboratório de Tecnologias da Tomada  
de Decisão – LATITUDE.UnB**

## MINISTÉRIO DA JUSTIÇA

**José Eduardo Cardozo**  
Ministro

**Márcia Pelegrini**  
Secretária Executiva

**Hélvio Pereira Peixoto**  
Coordenador Suplente do Comitê Gestor do SINRIC

### EQUIPE TÉCNICA

**Beatriz Merguiso Garrido**  
**Celso Pereira Salgado**  
**Clênio Guimarães Belluco**  
**Felipe Bragança Itaborahy**  
**Fernando Teodoro Filho**  
**Jhon Kennedy Férrer Lima**  
**José Alberto Sousa Torres**  
**Marcelo Martins Villar**  
**Narumi Pereira Lima**  
**Paulo Cesar Vieira dos Santos**  
**Raphael Fernandes de Magalhães Pimenta**  
**Rodrigo Borges Nogueira**  
**Rodrigo Gurgel Fernandes Távora**  
**Sara Lais Rahal Lenharo**

## UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**Ivan Marques Toledo Camargo**  
Reitor

**Paulo Anselmo Ziani Suarez**  
Diretor do Centro de Apoio ao Desenvolvimento  
Tecnológico – CDT

**Rafael Timóteo de Sousa Júnior**  
Coordenador do Laboratório de Tecnologias da  
Tomada de Decisão – LATITUDE

### EQUIPE TÉCNICA

**Flávio Elias Gomes de Deus**  
(Pesquisador Sênior)  
**William Ferreira Giozza**  
(Pesquisador Sênior)  
**Adriana Nunes Pinheiro**  
**Adriano de Souza Paiva**  
**Andréia Campos Santana**  
**Andreia Guedes Oliveira**  
**Cristiane Faiad de Moura**  
**Daniela Carina Pena Pascual**  
**Danielle Ramos da Silva**  
**Debora Nobre de Castro**  
**Egmar Alves da Rocha**  
**Fábio Lúcio Lopes Mendonça**  
**Fábio Mesquita Buiati**  
**Gilvan Fortalesa Ribeiro**  
**João Luiz Xavier M. de Negreiros**  
**Johnatan Santos de Oliveira**  
**José Carneiro da Cunha Oliveira Neto**  
**José Elenilson Cruz**  
**Julie Christine Tende Franco**  
**Kelly Santos de Oliveira Bezerra**  
**Luciano Pereira dos Anjos**  
**Luciene Pereira de Cerqueira Kaipper**  
**Luiz Claudio Ferreira**  
**Marcos Vinicius Vieira da Silva**  
**Maria do Socorro Rocha**  
**Michelle F. da Veiga Carvalho Chaves**  
**Pedro Augusto Oliveira de Paula**  
**Pedro Victor Marques Cruz**  
**Roberto Mariano de Oliveira Soares**  
**Sergio Luiz Teixeira Camargo**  
**Soleni Guimarães Alves**  
**Willian Ferreira Giozza**  
**Wladimir Rodrigues da Fonseca**

## HISTÓRICO DE REVISÕES

| Data       | Versão | Descrição                                                                   | Autor          |
|------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 18/11/2013 | 0.1    | Versão inicial                                                              | Equipe Técnica |
| 19/12/2013 | 0.2    | Correção e inclusão de conteúdo                                             | Equipe Técnica |
| 29/01/2014 | 0.3    | Inclusão de novo conteúdo                                                   | Equipe Técnica |
| 12/02/2014 | 0.4    | Inclusão de novo conteúdo e mudança de estrutura                            | Equipe Técnica |
| 13/03/2014 | 0.5    | Mudança de estrutura, inclusão de novo conteúdo e revisão completa do texto | Equipe Técnica |



Universidade de Brasília – UnB  
Campus Universitário Darcy Ribeiro - FT – ENE – Latitude  
CEP 70.910-900 – Brasília-DF  
Tel.: +55 61 3107-5598 – Fax: +55 61 3107-5590

## SUMÁRIO

|        |                                                              |    |
|--------|--------------------------------------------------------------|----|
| 1      | INTRODUÇÃO .....                                             | 9  |
| 2      | TECNOLOGIAS BIOMÉTRICAS.....                                 | 11 |
| 2.1    | INTRODUÇÃO.....                                              | 12 |
| 2.2    | CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS .....                            | 14 |
| 2.3    | TRAÇOS BIOMÉTRICOS .....                                     | 16 |
| 2.3.1  | DNA .....                                                    | 23 |
| 2.3.2  | Caligrafia.....                                              | 25 |
| 2.3.3  | Face .....                                                   | 27 |
| 2.3.4  | Geometria da Mão.....                                        | 30 |
| 2.3.5  | Impressão Digital .....                                      | 32 |
| 2.3.6  | Impressão Palmar .....                                       | 35 |
| 2.3.7  | Íris .....                                                   | 37 |
| 2.3.8  | Orelha.....                                                  | 41 |
| 2.3.9  | Padrão de Digitação .....                                    | 43 |
| 2.3.10 | Retina .....                                                 | 45 |
| 2.3.11 | Veias da Mão .....                                           | 47 |
| 2.3.12 | Voz .....                                                    | 50 |
| 2.4    | ESTUDOS COMPARATIVOS .....                                   | 52 |
| 2.5    | SISTEMAS MULTI-BIOMÉTRICOS .....                             | 53 |
| 2.5.1  | Taxonomia.....                                               | 54 |
| 2.5.2  | Vantagens .....                                              | 56 |
| 2.5.3  | Escolhendo um sistema multi-biométrico.....                  | 57 |
| 2.5.4  | Considerações Finais: Sistema Multi-Biométrico é mais? ..... | 60 |
| 2.6    | PROCESSOS DO SISTEMA BIOMÉTRICO .....                        | 60 |
| 2.6.1  | Aquisição .....                                              | 61 |
| 2.6.2  | Processamento.....                                           | 61 |
| 2.6.3  | Armazenamento .....                                          | 61 |
| 2.6.4  | Verificação / Identificação .....                            | 62 |
| 2.6.5  | Decisão.....                                                 | 63 |
| 2.6.6  | Considerações Finais.....                                    | 63 |
| 2.7    | NORMAS E PADRÕES BIOMÉTRICOS .....                           | 63 |

|       |                                                                                |     |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7.1 | ISO/IEC.....                                                                   | 64  |
| 2.7.2 | BioAPI .....                                                                   | 70  |
| 2.7.3 | NIST .....                                                                     | 70  |
| 2.7.4 | Considerações Finais.....                                                      | 71  |
| 3     | MERCADO DE BIOMETRIA .....                                                     | 72  |
| 3.1   | EVOLUÇÃO DO MERCADO GLOBAL .....                                               | 72  |
| 3.2   | MERCADO GLOBAL POR TECNOLOGIA .....                                            | 75  |
| 3.3   | MERCADO DE RECONHECIMENTO DE ÍRIS.....                                         | 76  |
| 3.4   | CICLO DE ADOÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS .....                                     | 77  |
| 3.5   | CONSIDERAÇÕES FINAIS: MAIS CUSTO, MAIS BENEFÍCIO? .....                        | 78  |
| 4     | SISTEMAS MULTI-BIOMÉTRICOS CIVIS DE OUTROS PAÍSES .....                        | 80  |
| 4.1   | América .....                                                                  | 81  |
| 4.2   | EUROPA .....                                                                   | 85  |
| 4.3   | ÁFRICA .....                                                                   | 88  |
| 4.4   | ÁSIA.....                                                                      | 89  |
| 4.5   | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                     | 90  |
| 5     | CARACTERÍSTICAS BRASILEIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS<br>BIOMÉTRICOS..... | 94  |
| 5.1   | DEMOGRAFIA DO BRASIL.....                                                      | 94  |
| 5.1.1 | Particularidades da População Brasileira .....                                 | 95  |
| 5.1.2 | População Rural .....                                                          | 96  |
| 5.1.3 | Número de Diaristas.....                                                       | 97  |
| 5.1.4 | População Cega.....                                                            | 98  |
| 5.1.5 | Considerações Finais.....                                                      | 99  |
| 5.2   | LEGISLAÇÃO BRASILEIRA EM ANÁLISE BIOMÉTRICA.....                               | 100 |
| 6     | RECOMENDAÇÕES E JUSTIFICATIVAS .....                                           | 101 |
| 7     | CONCLUSÃO .....                                                                | 103 |
| 8     | ANEXO I – TÉCNICAS DE FUSÃO EM SISTEMAS MULTI-BIOMÉTRICOS .....                | 104 |
| 9     | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                | 129 |

## ABREVIACÕES

|      |                                             |
|------|---------------------------------------------|
| ABIS | Automated Biometric Identification System   |
| AFIS | Automated Fingerprint Identification System |
| CER  | Crossover Equal Rate                        |
| DET  | Detection Error Trade-off                   |
| EER  | Equal Error Rate                            |
| FAR  | False Acceptance Rate                       |
| FRR  | False Rejection Rate                        |
| FTE  | Failure to Enroll                           |
| GAR  | Genuine Acceptance Rate                     |
| ROC  | Receiver Operating Characteristics          |
| SDK  | Software Development Kit                    |

## FIGURAS

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Taxonomia dos sistemas multi-biométricos .....                        | 54 |
| Figura 2 - Processos do sistema biométrico .....                                 | 61 |
| Figura 3 - Comitês ISO IEC .....                                                 | 65 |
| Figura 4 – Subcomitês ISO/IEC JTC 1/SC 37 .....                                  | 66 |
| Figura 5 - Receita anual da indústria de biometria (2009-2014) .....             | 73 |
| Figura 6 - Volume de mercado por tecnologia biométrica (2009-2014) .....         | 73 |
| Figura 7 - Receita anual da indústria de biometria (2009-2017) .....             | 74 |
| Figura 8 - Divisão de mercado por região em 2017 .....                           | 75 |
| Figura 9 - Mercado global por tecnologia biométrica (2007-2015) .....            | 76 |
| Figura 10 - Receita anual do mercado de reconhecimento de íris (2007-2015) ..... | 77 |
| Figura 11 - Ciclo de adoção de novos produtos pelos consumidores .....           | 78 |
| Figura 12 – Infográfico dos sistemas biométricos no mundo .....                  | 91 |
| Figura 13 – Crescimento da população brasileira .....                            | 94 |
| Figura 14 – Pirâmide etária brasileira .....                                     | 95 |
| Figura 15 – População rural brasileira .....                                     | 97 |
| Figura 16 – Percentual da população com deficiência .....                        | 99 |

## TABELAS

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Características das tecnologias biométricas .....                  | 14 |
| Tabela 2 - Andado: vantagens e desvantagens .....                             | 19 |
| Tabela 3 - Assinatura: vantagens e desvantagens.....                          | 21 |
| Tabela 4 - DNA: vantagens e desvantagens .....                                | 24 |
| Tabela 5 - Escrita: vantagens e desvantagens .....                            | 26 |
| Tabela 6 - Face: vantagens e desvantagens .....                               | 29 |
| Tabela 7 - Geometria da mão: vantagens e desvantagens .....                   | 31 |
| Tabela 8 - Impressão digital: vantagens e desvantagens .....                  | 34 |
| Tabela 9 - Impressão palmar: vantagens e desvantagens .....                   | 36 |
| Tabela 10 - Iris: vantagens e desvantagens .....                              | 39 |
| Tabela 11 - Orelha: vantagens e desvantagens.....                             | 42 |
| Tabela 12 - Padrão de digitação: vantagens e desvantagens .....               | 44 |
| Tabela 13 - Retina: vantagens e desvantagens .....                            | 46 |
| Tabela 14 - Veias da mão: vantagens e desvantagens .....                      | 48 |
| Tabela 15 - Voz: vantagens e desvantagens .....                               | 51 |
| Tabela 16 - Comparação das tecnologias biométricas segundo Alina Klokova..... | 52 |
| Tabela 17 - Comparação das tecnologias biométricas segundo Anil Jain.....     | 53 |
| Tabela 18 - Grupo de trabalho 1 (WG1) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37.....       | 67 |
| Tabela 19 - Grupo de trabalho 2 (WG2) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37.....       | 67 |
| Tabela 20 - Grupo de trabalho 3 (WG3) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37.....       | 68 |
| Tabela 21 - Grupo de trabalho 4 (WG4) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37.....       | 68 |
| Tabela 22 - Grupo de trabalho 5 (WG5) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37 .....      | 69 |
| Tabela 23 - Grupo de trabalho 6 (WG6) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37.....       | 69 |
| Tabela 24 - Sistemas biométricos da América Central e América do Sul .....    | 81 |
| Tabela 25 - Sistemas biométricos da Europa .....                              | 85 |
| Tabela 26 - Sistemas biométricos da África.....                               | 88 |
| Tabela 27 - Sistemas biométricos da Ásia .....                                | 89 |

## 1 INTRODUÇÃO

A Secretaria Executiva (SE/MJ), vinculada ao Ministério da Justiça (MJ), é responsável por viabilizar o desenvolvimento e a implantação do novo Registro de Identidade Civil, instituído pela Lei nº 9.454, de 7 de abril de 1997, regulamentado pelo Decreto nº 7.166, de 5 de maio de 2010.

Atualmente, a República Federativa do Brasil conta com sistema de identificação de seus cidadãos amparado pela Lei nº 7.116, de 29 de agosto de 1983. Essa lei assegura validade nacional às Carteiras de Identidade, ou Cédulas de Identidade, emitidas por sistemas estaduais não integrados e confere também autonomia gerencial às Unidades Federativas no que concerne à expedição e controle dos números de registros gerais emitidos para cada documento. Essa condição de autonomia, ao contrário do que pode parecer, fragiliza o sistema de identificação, já que dá condições ao cidadão de requerer legalmente até 27 (vinte e sete) cédulas de identidades diferentes. Com essa facilidade legal, inúmeras possibilidades de utilização indevida e até fraudulenta se apresentam de maneira silenciosa, pois, na grande maioria dos casos, os Institutos de Identificação das Unidades Federativas não dispõem de protocolos e aparato tecnológico para identificar as duplicações de registro vindas de outros estados, ou até mesmo do seu próprio arquivo datiloscópico. Consoante aos fatos, os Institutos de Identificação não trabalham interativamente para que haja trocas de informações de dados e geração de conhecimento para manuseio inteligente e seguro para identificação e individualização do cidadão em prol da sociedade.

Com foco na busca de soluções para tais problemas, o Programa RIC prevê a administração central dos dados biográficos e biométricos dos cidadãos no Cadastro Nacional de Registro de Identificação Civil (CANRIC) e ABIS (*Automated Biometric Identification System*), respectivamente. A provisão desse novo modelo sustenta a não duplicação de registros e a consequente identificação unívoca dos cidadãos brasileiros natos e naturalizados. O Programa RIC, portanto, visa aperfeiçoar o sistema de identificação e individualização do cidadão brasileiro nato e naturalizado com vistas a um funcionamento eficaz da gestão de dados da sociedade, os quais agregam valor à

|                    |                     |                                                                                                         |           |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.9/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

cidadania, à gestão administrativa, à simplificação do acesso aos serviços disponíveis ao cidadão e à segurança pública do país.

O Programa RIC, vinculado à Secretaria Executiva (SE/MJ), constituiu o Subprojeto de Controle Biométrico, responsável por oferecer diretrizes sobre a aplicabilidade de um sistema de identificação biométrico para o RIC. São objetivos principais deste subprojeto.

- Estudo de padrões e normas biométricas nacionais e internacionais, os quais assegurem a interoperabilidade de dispositivos, fabricantes, sistemas e processos a serem utilizados pelo sistema RIC de identificação.
- Estudo de sistemas biométricos de outros países, considerando questões como população, traços biométricos coletados, idade de coleta, entre outras.
- Especificação de um sistema de identificação biométrico e suas biometrias, o qual atenda aos requisitos do Programa RIC e à população brasileira.
- Estudo e análise de desempenho utilizando diferentes modalidades biométricas.
- Elaboração de recomendações e justificativas para o uso de diferentes biometrias.

Este documento está organizado da seguinte forma. Inicialmente, é apresentado um embasamento teórico dos sistemas biométricos com referência aos documentos técnico-científicos mais relevantes da área de biometria. Subsequentemente, a tecnologia biométrica é abordada em uma linguagem simplificada. E por último, são apresentadas sugestões, recomendações e justificativas técnicas, compiladas no intuito de auxiliar uma tomada de decisão.

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.10/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 2 TECNOLOGIAS BIOMÉTRICAS

A identificação digital vem revolucionando as diversas relações da sociedade. Partindo do pressuposto de que para ser formalmente reconhecido pelo estado, um cidadão tem de ter no mínimo uma Certidão de Nascimento e/ou um Registro Geral (RG) para ter acesso a serviços básicos como: saúde, educação, emprego formal, serviços financeiros e direito ao voto, é cada vez mais importante para qualquer país ter todos os seus habitantes devidamente cadastrados. A propósito, diversos países em desenvolvimento trabalham arduamente no sentido de reduzir falhas na identificação da população – principalmente em localidades remotas (Alan Gelb, 2013b).

Segundo uma pesquisa realizada pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), aproximadamente 230 milhões de crianças (cerca de 40% de todos os recém-nascidos) não possuem registro de nascimento (Unicef, 2013). No Brasil, a taxa de registro civil de nascimento cresceu na última década, saindo de 64% em 2000 para 93% em 2010, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). A taxa é maior que a média mundial (65%) e próxima da média dos países da região da América Latina e Caribe (92%).

Mais do que um papel, um cartão ou um número, muitos programas de identificação civil têm usado tecnologia avançada para garantir não só uma identificação convencional, mas para comprovar que quem está de posse do documento é de fato a pessoa que diz ser. Essa preocupação, no sentido de evitar improbidades, tem justificado o crescente avanço, em anos recentes, da identificação biométrica em países da América (com destaque para Argentina, Colômbia, Chile, Equador e México), da Ásia (com destaque para Índia e Indonésia) e Europa (com destaque para Alemanha, Bélgica, Espanha, Portugal e República Checa).

Há vantagens tanto para o cidadão como para a sociedade e governo em ser identificado pelo o que você é (biometria), ao invés do que você tem ou sabe (cartões ou senhas), visto que não há como esquecer um traço biométrico inerente a si próprio.

O trabalho de pesquisa ora apresentado tem como objetivo principal ser um ponto de suporte e referência. O conteúdo desse relatório inclui os seguintes tópicos.

- Revisão da tecnologia biométrica.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.11/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

- Processos do sistema biométrico.
- Comparação detalhada das principais biometrias conhecidas atualmente.
- Descrição das normas e padrões biométricos.
- Análise de custo-benefício das tecnologias biométricas.
- Análise de desempenho.
- Sistemas biométricos multimodais.
- Sistemas de identificação biométricos de países da América do Sul, África, Europa e Ásia.
- Legislação brasileira em análise biométrica.
- Demografia do Brasil.
- Sumário Executivo com recomendação e justificativa do uso de diferentes biometrias.

## 2.1 INTRODUÇÃO

Tecnologia biométrica é a tecnologia de medição e análise de dados biológicos. Este campo tem sido estudado, desde o início do século XIX, por meio da análise estatística de fenômenos quantitativos pertinentes a objetos de estudo das ciências biológicas. Atualmente, esse termo passou a ser também utilizado para designar as novas tecnologias da moderna ciência da informação na autenticação/identificação de um indivíduo a partir da análise de suas características individuais, biológicas, comportamentais e cognitivas (Anil Jain, 2011).

Essa tendência acaba por promover um verdadeiro investimento no estudo das características biológicas, as quais auxiliam na identificação das pessoas. Há pesquisas sobre diferentes características biológicas cujas medidas (i.e., biometrias) possibilitam a identificação do indivíduo por meio da impressão digital, face, íris, retina, palma da mão, veias da mão, assinatura, padrão de digitação, voz, orelha, dentre outras (Anil Jain, 2002).

As biometrias mais utilizadas incluem a impressão digital, reconhecimento de face, íris, assinatura e até a leitura das veias da mão (Anil Jain, 2008). A impressão digital, por exemplo, vem sendo usada por mais de um século, enquanto a íris é objeto de estudo há pouco mais de uma década, sendo aplicada em sistemas de identificação civil em países como Índia, México e Indonésia.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.12/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

Muitos fatores devem ser levados em conta quando se busca implementar um sistema de identificação baseado em biometria, tais como dimensão e escala do projeto, riscos de segurança, custo associado, número de indivíduos, entre outros. Sistemas biométricos de identificação são usados em inúmeros lugares para melhorar a segurança ou conveniência dos cidadãos. No Brasil, a emissão de passaporte<sup>1</sup> e o novo cadastramento eleitoral<sup>2</sup> já contam com sistemas biométricos automatizados.

Além disso, muitas empresas como academias, entidades governamentais e instituições financeiras também adotam tais sistemas para acesso às suas instalações ou utilização de seus serviços.

Uma aplicação promissora de sistema biométrico seria atender aos beneficiários do programa Bolsa Família, o qual já possui mais de 14,1 milhões de famílias cadastradas em território nacional (Marta, 2011). O Ministério do Desenvolvimento Social aponta que mais de 50 milhões de pessoas, ou seja, mais de 25% da população brasileira, são atendidas pelo Bolsa Família. Dessa população beneficiária do programa, a grande maioria utiliza o caixa eletrônico apenas no momento de resgate do benefício, sendo muito comum o esquecimento das senhas, causando dificuldades de acesso, dispêndio de tempo para a execução, tanto da instituição financeira como do cidadão, além de facilitar fraudes. Por exemplo, com a implantação de sensores biométricos nos caixas eletrônicos, o Banco do Brasil<sup>3</sup>, o Bradesco<sup>4</sup> e o Itaú<sup>5</sup> estão reduzindo drasticamente esse problema, contribuindo para um grande avanço democrático na inclusão social.

Pode-se concluir, portanto, que sistemas biométricos cujas principais características são rapidez, simplicidade, praticidade e eficácia, têm um grande potencial de implementação no Brasil.

<sup>1</sup> Passaporte Eletrônico, Polícia Federal, [www.dpf.gov.br/servicos/passaporte/passaporte-eletronico/passaporte-eletronico](http://www.dpf.gov.br/servicos/passaporte/passaporte-eletronico/passaporte-eletronico)

<sup>2</sup> Recadastramento Biométrico, Tribunal Superior Eleitoral, <http://www.tse.jus.br/eleitor/recadastramento-biometrico>

<sup>3</sup> BB lança terminal de autoatendimento futurista, <http://tv.estadao.com.br/videos/bb-lanca-terminal-de-autoatendimento-futurista,214833,254,0.htm>

<sup>4</sup> Bradesco - Senhas e Dispositivos de Segurança, <http://www.bradesco.com.br/html/classic/como-usar/senhas-e-dispositivos-de-seguranca.shtm>

<sup>5</sup> Itaú Biometria, [www.italu.com.br/imprensa/releases/com-biometria-cliente-italu-pode-sacar-sem-uso-do-cartao.html](http://www.italu.com.br/imprensa/releases/com-biometria-cliente-italu-pode-sacar-sem-uso-do-cartao.html)

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.13/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.

É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS

As características biométricas podem ser divididas em duas classes principais, a saber.

- **Fisiológicas** estão relacionadas com a forma do corpo. Os exemplos incluem impressão digital, reconhecimento facial, geometria da mão e da palma e de reconhecimento da retina e íris, entre outras.
- **Comportamentais** estão relacionados ao comportamento de uma pessoa. Características estabelecidas usando a biometria com a verificação de assinatura, andado, padrão de digitação e voz.

Vários estudos comparativos surgiram nos últimos anos (Anil Jain, 1999; Delac, 2004; Anil Jain, 2002 e Anil Jain, 2004) destacando as principais características biométricas, conforme listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das tecnologias biométricas

| Característica | Descrição                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Universalidade | O indivíduo deve possuir o traço biométrico.                                                                                                                                                                                          |
| Singularidade  | Distinção que separa os traços biométricos individualmente a partir de outro.                                                                                                                                                         |
| Permanência    | O traço biométrico deve ser invariante o suficiente ao longo do tempo a ponto de não prejudicar a forma de identificação utilizada, ou seja, pode haver variações, desde que as mudanças não afetem no resultado final da comparação. |
| Coletabilidade | Facilidade de aquisição ou coleta do traço biométrico, atendendo aos formatos de dados das normas para facilitar o posterior processamento e armazenamento.                                                                           |
| Desempenho     | Velocidade, precisão e robustez da tecnologia utilizada.                                                                                                                                                                              |

|                |                                                                                                                    |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aceitabilidade | Relacionado com a aceitação dos indivíduos em participar do sistema biométrico oferecendo seus traços biométricos. |
| Evasão         | Facilidade com o que o traço biométrico possa ser copiado ou falsificado.                                          |

Como as biometrias estão atualmente em diferentes estágios de desenvolvimento, encontra-se mais conteúdo informativo sobre as biometrias mais desenvolvidas, devido ao maior número de fontes e referências.

A respeito da característica *desempenho*, cabe um esclarecimento. Quantificar os níveis de precisão das tecnologias biométricas é uma tarefa complexa, não só pelo grande número de métricas utilizadas, mas pela dificuldade de se obter esses dados num amplo universo de fabricantes destes dispositivos de autenticação.

Diferentes métricas podem ser utilizadas para calcular a precisão de uma biometria, sendo as três mais comuns.

**FRR** - *False Reject Rate* (Taxa de Falsa Rejeição): quando o serviço de reconhecimento biométrico não identifica uma pessoa que está cadastrada no sistema. Portanto:

**Quanto menor a FRR, mais facilmente uma pessoa conseguirá ser identificada.**

**FAR** - *False Acceptance Rate* (Taxa de Falsa Aceitação): quando o serviço de reconhecimento biométrico identifica incorretamente uma pessoa que não está cadastrada no sistema. Portanto:

**Quanto menor a FAR, maior será a eficácia do sistema.**

A configuração do valor limite para tolerância aos erros FRR e FAR é crítica no desempenho de um sistema de identificação. A falsa rejeição causa frustração e a falsa aceitação causa fraude.

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.15/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

Como esses dois fatores são mutuamente dependentes, um ponto de equilíbrio deve ser encontrado, o qual corresponde ao valor EER - Equal Error Rate (Taxa de Erro Equivalente) ou CER - Crossover Error Rate (Taxa de Intersecção de Erros). Dessa forma:

**Quanto menor for a EER ou CER, mais preciso será o sistema biométrico.**

De acordo com os estudos realizados, nem sempre é possível obter o CER dos traços biométricos considerados, principalmente das biometrias menos utilizadas. Além disso, a precisão de um sistema biométrico é influenciada pelo tamanho da amostragem analisada, pela qualidade da coleta, pelo algoritmo utilizado, entre outros fatores.

O Anexo I deste presente documento contém informação detalhada sobre desempenho em sistemas biométricos.

## 2.3 TRAÇOS BIOMÉTRICOS

Cabe então, conhecermos as biometrias mais comuns, quais as vantagens que cada uma oferece e, principalmente, que qualquer escolha de biometrias venha a atender ao perfil e as necessidades da população brasileira. Com isso, é possível indicar as melhores biometrias, de forma a garantir um ótimo desempenho, e o mais importante, a aceitação e satisfação dos cidadãos.

A seguir são descritas as características de 14 biometrias, as quais são as modalidades biométricas oficiais do Programa de Certificação Profissional em Biometria do IEEE<sup>6</sup> e também as biometrias avaliadas no prestigiado estudo de reconhecimento biométrico (Anil Jain, 2004).

1. Andado.
2. Assinatura.
3. DNA.
4. Caligrafia.
5. Face.

<sup>6</sup> [http://www.ieeebiometricscertification.org/free-demo/IEEE\\_CBP\\_module2\\_sample.pdf](http://www.ieeebiometricscertification.org/free-demo/IEEE_CBP_module2_sample.pdf)

6. Geometria da Mão.
7. Impressão Digital.
8. Impressão Palmar.
9. Íris.
10. Orelha.
11. Padrão de Digitação.
12. Retina.
13. Veias da Mão.
14. Voz.

Essas biometrias são apresentadas e comparadas a seguir segundo os seguintes critérios técnicos:

- descrição da biometria;
- permanência;
- precisão;
- custo (ordem de grandeza);
- fraude;
- vantagens e desvantagens;
- aplicabilidade ao Programa RIC.

## Descrição

A forma de andar (*gait*) é um traço biométrico, o qual permite o reconhecimento de pessoas pela maneira de caminhar do indivíduo. O reconhecimento é feito, entre outras coisas, considerando o peso do indivíduo, a postura, o comprimento do corpo, o calçado utilizado e o período e a fase do ciclo de movimento (Lee, 2002). Cada pessoa tem seu próprio padrão de caminhar e há evidências de que é possível identificá-la pela maneira que caminha (Yoo and Nixon 2011).

Entre as vantagens oferecidas no reconhecimento da forma de andar, destacam-se a facilidade da coleta e a aceitabilidade do indivíduo no momento da coleta do traço biométrico, já que é considerada como uma coleta não invasiva, pois possibilita a extração de características biométricas à distância.

Entretanto, como desvantagens, é uma tecnologia biométrica ainda em fase experimental, apresentando baixa permanência e baixa precisão.

## Permanência

O traço biométrico andado apresenta baixa permanência já que depende de uma série de fatores tais como: estado de ânimo, roupas, se a pessoa está carregando algum objeto ou caixa, superfície, ângulos de visão da câmera, mudança do ciclo de movimento no decorrer da vida, etc.

## Precisão

Segundo um trabalho de pesquisa realizado pela Universidade Federal do Paraná, os autores conseguem atingir uma taxa média de reconhecimento de aproximadamente 90% das amostras analisadas (Nunes, 2011) para uma população de 100 pessoas. Outro estudo, realizado por (Yoo and Nixon 2011), apresenta uma taxa de reconhecimento da forma de andar de 97% para uma população de 30 pessoas e uma taxa de 84% considerando 100 pessoas. Com esses dados, nota-se claramente que a precisão da biometria não é apropriada para sistemas de identificação em grande escala, na ordem de 200 milhões de indivíduos.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.18/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## Custo

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

## Fraude

Um estudo realizado pela empresa Accenture juntamente com a Universidade de Ciência e Tecnologia da Noruega (Mjaaland, 2011) propôs a imitação da forma de andar de 50 indivíduos a fim de verificar o quão fácil seria fraudar o reconhecimento do andado. Os resultados demonstram que o sistema foi fraudado em 6.2% dos casos, o que é considerado aceitável para sistemas de identificação de pequena escala, segundo os autores.

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 2 - Andado: vantagens e desvantagens

| Vantagens        | Desvantagens        |
|------------------|---------------------|
| ▪ Não invasivo   | ▪ Baixa precisão    |
| ▪ Fácil coleta   | ▪ Baixa permanência |
| ▪ Alta aceitação |                     |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Devido as desvantagens, anteriormente mencionadas, como a baixa permanência e a baixa precisão no reconhecimento, a forma de andar não é, no momento, uma biometria indicada para um sistema nacional de identificação civil de grande escala.

## Descrição

Os sistemas de verificação de assinatura normalmente são classificados de duas formas: estático e dinâmico. Na verificação estática, é considerada apenas a imagem da assinatura feita por meio de uma caneta normal. Por outro lado, a verificação dinâmica de assinatura (*Dynamic Signature Verification* - DSV) utiliza imagens capturadas por dispositivos com superfícies próprias (*tablets* e *pads*) e canetas óticas, observando a forma como o indivíduo assina o próprio nome.

O sistema estático ainda é muito utilizado, visto que é método mais comum na apuração da veracidade visual, na qual é feita a comparação da amostra recolhida com a amostra apresentada e, caso seja similar, é aprovada. No Brasil, tradicionalmente a assinatura tem sido usada a título de comparação em caixas de supermercado e também em bancos na verificação de autenticidade de cheques, porém sem qualquer rigor científico na análise, apresentando taxas de erros elevadas

Zimmer, 2008

Zimmer, Alessandro. "Sistema biométrico híbrido para verificação de assinaturas manuscritas." (2008).

Referente ao sistema dinâmico, as principais características extraídas são: a velocidade e a aceleração da mão ao assinar, o ângulo e a pressão na qual a caneta é segurada, o tempo que se leva para assinar, o número de vezes que a caneta é levantada do papel e movimentos aéreos. Todas essas informações podem ser extraídas e consideradas como características comportamentais únicas (Plamondon, 1989).

Uma das primeiras patentes em verificação dinâmica de assinatura foi publicada em 1987 (Asbo, 1987) e desde então tem sido aplicada principalmente na identificação de indivíduos e na verificação da autenticidade de documentos formais. Com o passar dos anos e consequentemente a evolução da tecnologia, surgiram métodos de validação mais avançados, que levam em consideração outros fatores como: formato das letras, aceleração e pressão aplicada ao escrever, dentre outros (Nanni, 2010).

## Permanência

Ao contrário dos métodos biométricos fisiológicos (como impressão digital,

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.20/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.

É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

reconhecimento facial, reconhecimento da retina e íris), os quais sofrem pouca ou nenhuma variação no decorrer da vida de uma pessoa, a assinatura pode sofrer variação com o passar dos anos, apresentando dessa forma, baixa permanência.

## Precisão

Segundo um trabalho de pesquisa realizado por Anil Jain, 2002), foi possível atingir uma taxa de falsa rejeição de aproximadamente 2.8% e uma taxa de falsa aceitação de 1.6%, para uma população de 102 pessoas. Outro estudo, realizado por Monroe, 2000), apresenta uma taxa de reconhecimento da assinatura variando de 83% a 92% para uma população de 63 pessoas.

## Custo

O custo da coleta de assinatura é considerado baixo, devido a considerável utilização da coleta do traço biométrico em cartórios, bancos, institutos de identificação, entre outros.

## Fraude

Os tipos mais comuns de fraude no reconhecimento da assinatura incluem a falsificação simples, a falsificação aleatória e a falsificação habilidosa, na qual a qualidade da falsificação vai aumentando de acordo com a técnica utilizada. Também existe uma nova categoria que está sendo estudada pelos pesquisadores: a assinatura executada por robô (Freitas, 2011).

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 3 - Assinatura: vantagens e desvantagens

| Vantagens       | Desvantagens                                        |
|-----------------|-----------------------------------------------------|
| ▪ Não invasivo  | ▪ Variação com o passar dos anos                    |
| ▪ Baixo custo   | ▪ Alta taxa de rejeição na comparação automatizada  |
| ▪ Boa aceitação | ▪ Fácil adulteração considerando o rigor da análise |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

A assinatura é uma biometria recomendada para ser uma biometria complementar, não sendo recomendada sua utilização como biometria primária, já que os métodos de reconhecimento automatizado de assinatura digital ainda não oferecem precisão suficiente à identificação da pessoa em um sistema de individualização de grande escala. Atualmente, a verificação de autenticidade de uma assinatura é um processo que exige um nível de observação e comparação acurado, feito por profissional devidamente capacitado. Portanto, tal procedimento de validação compromete sua utilização como ferramenta para individualização de uma pessoa dentro de uma vasta população, como é o caso do Brasil.

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.22/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

### 2.3.1 DNA

#### Descrição

O reconhecimento do DNA como análise biométrica é um sistema completamente seguro, dada a impossibilidade de adulterar o material genético humano. Por outro lado, o processo é bastante caro e intrusivo, necessitando de um tempo significativo para se criar uma identificação por DNA. Críticos sequer consideram o DNA como uma tecnologia biométrica (Anil Jain, 2004). Atualmente, é mais utilizado em testes de paternidade e em processos criminais, já que se podem extrair o DNA de quase todos os tecidos, incluindo cabelos, unhas, ossos, dentes e fluídos sanguíneos.

#### Permanência

Trata-se do traço biométrico que apresenta a melhor permanência entre todas as tecnologias biométricas.

#### Precisão

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

#### Custo

A tecnologia de reconhecimento de DNA é considerada de custo elevado, segundo (Anil Jain, 2004; Ross et al, 2006).

#### Fraude

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.23/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 4 - DNA: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                           | Desvantagens                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Alta confiabilidade</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Baixa aceitação</li></ul>                        |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Alta precisão</li></ul>       | <ul style="list-style-type: none"><li>Intrusivo</li></ul>                              |
|                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>Comparação não é feita de forma online</li></ul> |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Por ser uma tecnologia não apropriada para sistemas de identificação de grande escala, além de apresentar um custo muito elevado, o reconhecimento do DNA não é aplicável ao Programa RIC.

### 2.3.2 Caligrafia

#### Descrição

Proveniente do termo “*handwriting*” em inglês, a caligrafia tem um comportamento bastante similar à assinatura, entretanto, apresenta algumas particularidades em relação às técnicas de implementação e às áreas de aplicação. A caligrafia é usada, principalmente, para estabelecer a autoria de documentos escritos à mão e tem como finalidade verificar a autenticidade de um texto manuscrito.

A caligrafia é única e distinta para cada pessoa. Para identificar os indivíduos pela caligrafia, de forma automática, é suficiente a análise de apenas três linhas de texto (Falat, 2002). Sendo a caligrafia o traço biométrico, o processo de análise da caligrafia tem recebido diferentes denominações, sendo grafotecnia ou perícia grafotécnica os mais comuns.

Segundo o dicionário Aulete<sup>7</sup>, grafotecnia é a técnica que consiste no exame de textos, manuscritos ou não, para constatar a sua autenticidade, autoria e origem.

Para a realização do confronto do gesto gráfico da escrita, o profissional da perícia grafotécnica considera as seguintes características: autenticidade ou espontaneidade, contemporaneidade, adequabilidade e quantidade. Essas comparações são realizadas tanto a olho nu quanto utilizando ferramentas, tais como scanners de alta resolução, microscópios, softwares específicos, lupas, câmeras fotográficas, entre outros.

As áreas mais comuns do uso da perícia grafotécnica são criminal, da engenharia e área médica.

#### Permanência

A permanência, característica inerente a que o traço biométrico deve ser invariante o suficiente ao longo do tempo, apresenta significado inverso na caligrafia. Isso se deve ao fato de que como não existem duas pessoas exatamente iguais, também não há escritos de pessoas diferentes com idêntica fisionomia. Ou seja, se dois escritos são rigorosamente iguais, uma é falsa, produzida, por decalque ou digitalização, que são os métodos mais comumente utilizados na falsificação.

<sup>7</sup> <http://aulete.uol.com.br/>

## Precisão

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

## Custo

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

## Fraude

De acordo com o autor Falat, no livro titulado Produção da Prova Pericial Grafotécnica no Processo Civil, publicado em 2012, as falsificações mais comuns na escrita são:

- a) livre ou imitação exercitada;
- b) por imitação de memória;
- c) por imitação servil;
- d) por decalque ou;
- e) sem imitação ou livre.

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 5 - Escrita: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                      | Desvantagens                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Não invasivo</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Relacionado com a prática criminal</li><li>▪ Alta taxa de rejeição na comparação automatizada</li><li>▪ Fácil adulteração considerando o rigor da análise</li></ul> |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Apesar de ser uma biometria conhecida e bastante utilizada, ainda está muito relacionada a área criminal. Além disso, o reconhecimento de escritos necessita de um profissional de perícia grafotécnica e de equipamentos especializados na verificação da autenticidade, o que é inviável para um projeto de individualização de uma população inteira.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.26/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

### 2.3.3 Face

#### Descrição

A face é uma das biometrias mais aceitáveis e conhecidas no mundo, por se tratar de uma das formas mais comuns de identificação, que se baseia nos traços do rosto das pessoas. Os seres humanos têm grande facilidade em reconhecer o rosto das pessoas sem nenhum problema.

Entretanto, esse processo de reconhecimento tem de ser feito por computadores, de forma automatizada, e para isso é necessário o mapeamento de vários pontos identificadores e delimitadores da face, conhecidos como pontos nodais. Como exemplo, a distância entre os olhos, o tamanho do nariz, características da orelha, entre outros. No total, pode-se realizar a captura de aproximadamente 80 pontos nodais da face do ser humano (Anil Jain, 2005). Essa captura pode ser realizada utilizando imagens em duas dimensões buscando e analisando os pontos, ou em três dimensões, pelas quais se obtém uma melhor precisão.

Um sistema de reconhecimento facial consta de três etapas (Zhao, 2003).

1. Captura: coleta dos pontos nodais do indivíduo gerando uma assinatura biométrica facial.
2. Normalização da assinatura facial para que tenha o mesmo padrão das assinaturas faciais já existentes.
3. Comparação da assinatura facial com as já existentes no banco de dados e geração de uma nota de similaridade.

Apesar de reconhecimento facial ser prático, alguns inconvenientes podem prejudicar a identificação de uma pessoa, já que o sistema registra as características geométricas da face. Dessa forma, o uso de bigode, óculos de sol, chapéus ou bonés e até mesmo expressões faciais podem dificultar o processo de reconhecimento. No entanto, continua sendo de grande valia devido ao reconhecimento em interações visuais.

#### Permanência

Durante as diferentes etapas da vida de um ser humano, como a infância, adolescência, fase adulta e terceira idade, ocorrem várias modificações nos pontos nodais

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.27/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

da face, o que resulta em uma biometria com baixa permanência. Outro fator a ser levando em conta é a possibilidade de mutação através de acidentes ou procedimentos como cirurgias plásticas, e utilização de produtos de rejuvenescimento.

## Precisão

Um dos estudos de maior prestígio sobre a precisão dos algoritmos de reconhecimento facial é elaborado pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST - *National Institute of Standards and Technology*) (Grother, 2010). O fato de ser um estudo feito por uma agência independente, traz bastante credibilidade aos resultados. Da informação disponibilizada, pode-se concluir que os algoritmos estão muito mais precisos, já que em 2010, conseguiu-se uma taxa de falsa aceitação (FAR) de apenas 0,003% comparado com o valor de 0,79% obtido no ano de 1993. A população considerada para estes testes foi de 1,6 milhões de indivíduos e foram avaliados algoritmos de empresas como NEC<sup>8</sup>, Sagem Morpho<sup>9</sup>, entre outras.

Em outro estudo, dessa vez realizado pela empresa Akiyama<sup>10</sup>, provedora do Kit Bio do sistema biométrico adotado no Brasil pelo TSE (Tribunal Superior Eleitoral), o sistema de reconhecimento da face apresenta uma taxa de falsa aceitação (FAR) de 3% em ambientes reais de implementação. Esse reconhecimento é feito utilizando câmeras de vigilância para detecção de faces, e comparando-as com um banco de dados apontando similaridades.

## Custo

Considerando os preços dos sensores e o software de controle, (De Moraes, 2006) avalia a tecnologia de reconhecimento de face de duas dimensões como sendo uma tecnologia de custo médio-baixo.

Da mesma forma, em uma comparação entre as principais tecnologias biométricas, (Alina Klokova, 2010) considera que o reconhecimento facial de duas dimensões apresenta um custo médio-baixo, similar ao custo de implementação da tecnologia de impressão digital.

Em relação ao custo dos equipamentos e sensores que realizam a captura, utilizando

<sup>8</sup> <http://www.nec.com/en/global/solutions/security/technologies/>

<sup>9</sup> <http://www.morpho.com/?lang=en>

<sup>10</sup> <http://www.akiyama.com.br/site/>

técnicas de terceira dimensão, Rabia, 2009) considera a tecnologia de reconhecimento de face como uma tecnologia ainda com alto custo.

## Fraude

A face é uma das biometrias mais fáceis de serem fraudadas. Vários métodos são empregados no momento da falsificação da autenticidade de um indivíduo. Os três principais tipos de fraude são a utilização de maquiagem, a utilização de máscaras e a realização de cirurgias plásticas, sendo as duas últimas as mais eficazes. Outro tipo de fraude possível, no caso da face, ocorre quando há o reconhecimento das características da face em irmãos gêmeos (Geradts, 2006).

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 6 - Face: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                                                          | Desvantagens                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Biometria menos intrusiva de todas as biometrias</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ O ambiente de coleta deve seguir um determinado padrão</li></ul>                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Custo médio-baixo</li></ul>                                | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Relativamente fácil de fraudar</li></ul>                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Boa precisão</li></ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Obstrução da face como: cabelo, sombra, luz, chapéu, cicatrizes, etc., podem prejudicar o reconhecimento</li></ul> |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Como ocorre com a assinatura (na qual há a facilidade do reconhecimento em interações visuais e, também, por questões culturais), a face é uma biometria recomendada para ser uma biometria complementar do Programa RIC.

## 2.3.4 Geometria da Mão

### Descrição

Os sistemas de reconhecimento baseados na geometria da mão, como o nome sugere, referem-se a análise da estrutura geométrica da mão, sendo uma das mais antigas ferramentas biométricas utilizadas para a autenticação automática de uma pessoa, sendo amplamente utilizados em controles de acesso em aeroportos, hotéis, escritórios, salas-cofre, entre outros. Dentre as características analisadas nesse tipo de reconhecimento estão o tamanho dos dedos, espessura e largura da palma da mão e a distância entre os dedos.

Embora essas características não variem muito em uma população, elas podem ser utilizadas para a autenticação de um indivíduo (Ross, 1999). A técnica de reconhecimento da geometria da mão é muito simples, fácil de usar e relativamente barata (Anil Jain, 2004).

### Permanência

Uma das principais desvantagens dessa tecnologia biométrica refere-se a permanência e deve-se ao fato de que a geometria da mão sofre alterações durante a vida de um ser humano, com a idade, perda ou ganho de peso e até mesmo com o tipo de trabalho executado, dentre outros.

### Precisão

Segundo Kumar, 2003), são poucos os dados técnicos relativos a sistemas biométricos baseados na geometria da mão. No entanto, neste trabalho publicado pelo autor, foi apresentado um sistema com valores de FRR e FAR de 8,34% e 5,29% respectivamente.

Segundo Magalhães, 2003), a tecnologia de reconhecimento da mão ainda está longe da maturidade. Quando combinada com outros fatores inerentes à mão, como as linhas da palma, os valores melhoram consideravelmente, não pela precisão da representação mas por fatores ligados aos algoritmos de decisão.

No estudo realizado pela empresa Akyiama, o sistema de reconhecimento de

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.30/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

geometria da mão apresenta uma taxa de falsa aceitação (FAR) de 0,2% em ambientes reais de implementação.

## Custo

Segundo os trabalhos de Anil Jain, 2004) e de De Moraes, 2006), a tecnologia de reconhecimento da geometria da mão é uma tecnologia barata.

## Fraude

A utilização de um recorte de papel da mão original e o uso de moldes de plástico são as técnicas mais utilizadas como tentativa de fraude desse tipo de biometria (Geradts, 2006).

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 7 - Geometria da mão: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                           | Desvantagens                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Boa aceitação</li></ul>       | <ul style="list-style-type: none"><li>Sensor de grande tamanho</li></ul>                     |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Desempenho razoável</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Inviável para pessoas que padecem de artrite</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Baixo custo</li></ul>         |                                                                                              |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Como relatado em Matos, 2011) e Anil Jain, 2004), o reconhecimento da geometria da mão, como identificador biométrico é uma solução viável para aplicações de controle em grupos de dimensões não muito elevadas. Além disso, o fato de ser uma tecnologia que apresenta baixa permanência faz com que a mesma não seja aplicável para utilização no Programa RIC.

### 2.3.5 Impressão Digital

#### Descrição

O reconhecimento da impressão digital tem sido usado desde o final do século XIX e é a tecnologia mais difundida no mundo da biometria devido à sua confiabilidade. A formação das impressões digitais acontece nos primeiros sete meses de gestação e permanecem intactas por toda a vida, embora a União Europeia recomende a coleta somente a partir dos 7 anos de idade (European Commission, 2013). Devido ao fato das impressões digitais serem únicas, inclusive entre gêmeos univitelinos, elas se tornam ideais para a identificação pessoal (Anil Jain, 2004).

As impressões digitais são formadas por ranhuras e sulcos (ou vales), os quais em sua formação apresentam diferenças conhecidas como pontos de minúcias, partes em que os sulcos se dividem ou terminam de forma abrupta. É por meio das características das minúcias que uma pessoa pode ser identificada, garantindo a unicidade das impressões digitais. Tipicamente, uma coleta de boa qualidade gera uma imagem contendo entre 40 e 100 minúcias (Hong, 1998).

No início, o reconhecimento de impressões digitais era feito de forma manual e o processo era extremamente moroso. Para contornar esse problema, surgiram os sistemas automatizados de identificação de impressões digitais na década de 70, em especial o AFIS (*Automated Fingerprint Identification System*) devido aos esforços realizados nos EUA pelo FBI (*Federal Bureau of Investigation*) no processo de automatização e digitalização dos dados biométricos de suas bases. O AFIS é um sistema informatizado usado na comparação de uma impressão digital coletada com impressões digitais previamente arquivadas em um banco de dados.

Segundo Maltoni, (2009), os algoritmos, a principal referência em reconhecimento de impressão digital para verificação de impressões digitais, possuem três etapas:

- captura das impressões digitais por meio de leitores biométricos;
- extração dos atributos únicos gerando o modelo (*templates*) biométrico;
- comparação da amostra capturada com o banco de dados de modelos.

#### Permanência

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.32/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

Um ponto forte da impressão digital é a sua permanência, já que os traços biométricos permanecem inalteráveis durante praticamente todo o ciclo de vida do indivíduo. No entanto, eventualmente, dependendo da atividade profissional executada, os traços biométricos da impressão digital são alterados, chegando até ao desaparecimento, como em casos de constante utilização de produtos químicos ou de trabalhos manual e rural.

## Precisão

A precisão nos sistemas de reconhecimento de impressão digital está muito relacionada com a qualidade da coleta realizada. Normalmente, o alto número de falsas rejeições se deve a um cadastramento pouco hábil, com captura parcial ou distorcida da impressão digital. Dessa forma, ao tentar reconhecer uma impressão digital, o sistema indicará que a imagem coletada ainda não foi cadastrada.

O sistema de reconhecimento de impressão digital, da empresa Akyiama, apresenta uma taxa de falsa aceitação (FAR) de 0,02% em ambientes reais de implementação.

Um estudo que tem bastante prestígio é a competição realizada pelo NIST sobre a qualidade dos algoritmos de reconhecimento de impressões digitais. O último foi realizado em 2006<sup>11</sup>, com a participação de mais de 53 entidades entre empresas de desenvolvimento de algoritmos biométricos, universidades e desenvolvedores independentes. 70 algoritmos foram avaliados e o melhor apresentou uma taxa EER de 2.15%.

## Custo

Por ser a tecnologia biométrica mais difundida em sistemas de identificação, o custo de implementação é considerado baixo. Segundo a empresa brasileira Griaule, a qual desenvolve de softwares de reconhecimento de impressão digital, o custo do AFIS é de R\$10 por pessoa cadastrada<sup>12</sup>. Esse é o valor somente da licença do software, havendo de adicionar gastos com hardware, serviço e comunicação.

## Fraude

<sup>11</sup> <http://bias.csr.unibo.it/fvc2006/>

<sup>12</sup> [http://www.griaulebiometrics.com/pt-br/press\\_room?page=1](http://www.griaulebiometrics.com/pt-br/press_room?page=1)

Normalmente é utilizado um dedo falso de silicone ou algum outro tipo de plástico para reproduzir a digital. Casos em que há a utilização do dedo amputado da pessoa não se mostram tão eficazes, funcionando apenas em alguns poucos leitores (normalmente mais antigos, sem identificação de vivacidade) (Geradts, 2006).

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 8 - Impressão digital: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                                      | Desvantagens                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Baixo custo de implementação</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Biometria de contato (invasivo)</li></ul>                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Alta aceitação</li></ul>               | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ As vezes ainda é relacionado com sistema de identificação criminal</li></ul>                         |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Alta precisão</li></ul>                | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Problema na coleta de pessoas com doenças ou problemas nas minúcias como a população rural</li></ul> |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

O uso da tecnologia de reconhecimento da impressão digital é fortemente aplicável ao Programa RIC, por ser uma tecnologia madura, de baixo custo, com boa precisão e de alta aceitabilidade por parte da população.

### 2.3.6 Impressão Palmar

#### Descrição

Os traços biométricos da palma da mão têm, praticamente, as mesmas características da impressão digital. A formação da impressão palmar também acontece nos primeiros sete meses de gestação, permanecendo intacta por toda a vida (Han, 2003).

A impressão palmar é formada por ranhuras e sulcos (ou vales) na superfície da palma da mão, os quais garantem a identificação de um indivíduo. No entanto, a aplicação desta técnica em grande escala é difícil em função de vários fatores, desde a coleta, o tamanho dos arquivos gerados (capacidade de armazenamento) e o número de pontos comparáveis na análise.

Segundo o FBI, o reconhecimento de palma da mão tem sido mais lento no processo de automatização do reconhecimento devido a algumas restrições na capacidade de computação e tecnologias de detecção de vivacidade do traço biométrico (FBI *PalmPrint*).

#### Permanência

Assim como a impressão digital, um ponto forte da impressão palmar é a sua permanência, já que os traços biométricos permanecem inalteráveis durante praticamente todo o ciclo de vida do indivíduo.

#### Precisão

Pesquisadores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) fizeram um experimento no ano de 2009 utilizando 76 amostras da palma da mão. Os resultados da pesquisa mostram que o sistema de reconhecimento de impressão palmar alcançou um nível de acerto de aproximadamente 99% (Fontana, 2009). Um estudo anterior, dessa vez realizado por pesquisadores da China (Wu, 2003), mostra uma taxa de acerto de 99.02% no reconhecimento da impressão palmar em uma população de 300 amostras.

#### Custo

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.35/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## Fraude

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 9 - Impressão palmar: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                                                     | Desvantagens                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Características similares a impressão digital</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Relacionado com sistema de identificação criminal</li><li>Problema na coleta de pessoas com doenças</li><li>Não é indicada para sistemas de grande escala</li></ul> |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Por ser uma tecnologia não apropriada para sistemas de identificação de grande escala, a palma da mão não é uma biometria aplicável ao Programa RIC.

### 2.3.7 Íris

#### Descrição

A leitura da íris examina os anéis coloridos (músculos) e pontos existentes em torno da pupila, contendo um padrão complexo e aleatório que é único para cada indivíduo. A íris começa a ser formada no terceiro mês de gestação e aos oito meses, praticamente, todas as estruturas e padrões já estão formados (Daugman, 2004).

A íris direita de um indivíduo é diferente da íris esquerda e isso a torna uma das biometrias mais precisas de todas. A probabilidade de uma íris ser idêntica a outra é aproximadamente 1 em  $10^{72}$ . Essa baixa probabilidade, praticamente, garante que não há nenhuma íris idêntica a outra no mundo (Delac, 2004). Até mesmo pessoas cegas podem ter a íris reconhecida por um sistema. A explicação é muito simples, e se deve ao fato de que o reconhecimento se baseia nas formas da íris, independente se a pessoa possui visão ou não. Sendo assim, uma pessoa pode ter a vista totalmente comprometida e, mesmo assim, a íris mantém sua forma e pode ser utilizada em um sistema biométrico (Daugman, 2004).

Um questionamento muito comum é se a utilização de lentes de contatos pode influenciar ou não o sistema de identificação pela íris. Quando a lente de contato utilizada for a gelatinosa, o sistema de reconhecimento não é afetado, já que esta não altera em nada a imagem da íris (possibilita a identificação das bordas da pupila e da íris, além de não alterar em nada os cílios e as sobrancelhas). Porém, quando se trata de lentes de contato *patterned* que são lentes de contato customizadas, estas cobrem o tecido da íris, impossibilitando o reconhecimento da mesma. Caso seja utilizado esse tipo de lente, o sistema deverá reconhecer a lente fora do padrão e negar qualquer acesso (Murar, 2013).

Além da utilização de lentes de contato, outro fator que pode influenciar a precisão do reconhecimento de íris são as possíveis doenças oculares e patologias relacionadas. Em um estudo em que analisaram 54 pessoas que sofriam com alguma dessas doenças, foi possível observar que o sistema é bem resistente à maioria dos casos (edema na córnea, conjuntivite e pacientes que passaram pelo tratamento de iridotomia). A falha do sistema só foi verificada em casos de inflamação aguda da íris (Baker et al, 2009; Baker et al, 2010).

## Permanência

Uma das principais vantagens da tecnologia de reconhecimento de íris é sua permanência durante o tempo. A íris permanece a mesma desde um ano de idade até a morte do indivíduo, não sofrendo nenhum efeito com a idade (Anil Jain, 2004 e Anil Jain, 2011).

No ano de 2012, a Universidade Notre Dame publicou dois estudos (Fenker, 2011; Fenker 2012) revelando que a íris degradava ao passar dos anos, o que afetaria sua permanência. Em julho de 2013, o NIST publicou um extenso relatório<sup>13</sup> alegando que a íris definitivamente não sofre nenhuma degradação com o passar dos anos.

## Precisão

Em um estudo realizado pela empresa Akyiama, o sistema de reconhecimento da íris apresenta uma taxa de falsa aceitação (FAR) de 0,00077%% em ambientes reais de implementação.

Entretanto, o estudo mais significativo consta do relatório publicado pelo comitê biométrico da Índia (UIDAI 2012a), no qual mostra-se a precisão desse tipo de biometria considerando a coleta das duas íris concomitantemente com a coleta das 10 impressões digitais e da face. O mais importante é que a amostra considerada nesse estudo é muito relevante já que foi considerada uma população de 84 milhões de pessoas. Os resultados demonstram uma taxa de falsa aceitação de apenas 0,057% e uma taxa de falsa rejeição de 0,035%.

Um estudo realizado pelo NIST (Iris Exchange (IREX) IV)<sup>14</sup> no ano de 2013 com 66 algoritmos de reconhecimento de íris, considerando uma amostra de 4 milhões de imagens de íris, mostra resultados que confirmam que a íris é a tecnologia mais apropriada para sistemas de identificação de grande escala devido à excelente precisão e rapidez no reconhecimento.

## Custo

<sup>13</sup> [http://biometrics.nist.gov/cs\\_links/iris/irexVI/irex\\_report.pdf](http://biometrics.nist.gov/cs_links/iris/irexVI/irex_report.pdf)

<sup>14</sup> <http://www.nist.gov/itl/iad/ig/irex.cfm>

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.38/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

Apesar de haver poucos dados públicos sobre o custo real de implementação de um sistema de reconhecimento da íris, um fato muito relevante para o mercado foi a adoção do uso da íris pelo governo indiano. O próprio comitê biométrico do projeto de identificação civil da Índia considerou que se o país adotasse a tecnologia de reconhecimento de íris, o preço dos equipamentos sofreria uma queda acentuada devido à imensa escala do projeto (UIDAI 2012d). Além da Índia, o México e a Indonésia, também, adotam a captura das imagens da íris nos seus sistemas de identificação.

## Fraude

As fraudes mais comuns ocorrem no momento da identificação. Uma pessoa pode, perfeitamente, utilizar uma foto de um olho para passar pelo reconhecimento de íris. Para evitar esse tipo de fraude, os equipamentos de reconhecimento de íris mais atuais possuem uma luz infravermelha para iluminar o olho do indivíduo e detectar a pupila em movimento. Comumente, podem ser realizados dois tipos de verificação: por meio de um *software* que analisa (baseado em algoritmos programados) as características usadas para diferenciar as íris na imagem fornecida pelo sensor e por meio de uma abordagem que utiliza o *hardware*, principalmente, observando a oscilação permanente da pupila quando exposta à iluminação.

Outras técnicas de fraude são: a utilização de lentes de contato personalizadas e a remoção do olho da pessoa. Essa última não é eficaz, já que depois de retirado, o olho se deteriora rapidamente (Geradts, 2006).

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 10 - Iris: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                                                                                                                                  | Desvantagens                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Imutável com o passar dos anos</li></ul>                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Custo relativamente alto para pequenos sistemas de identificação</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Custo em queda devido a massificação do uso de equipamentos nos projetos de grande escala como Índia, Paquistão e México</li></ul> |                                                                                                                    |

- Alta precisão

## Aplicabilidade ao Programa RIC

O reconhecimento da íris é uma tecnologia recente, considerando outras já sedimentadas. Entretanto, tem despertado bastante atenção de fabricantes e de vários governos em todo o mundo. Dentre os principais benefícios em utilizar a íris está o aumento da precisão no reconhecimento de indivíduos, pelo fato da inclusão, nos programas de identificação de pessoas que não possuem impressões digitais, aumentando a população coberta pelo sistema.

O uso da íris é aplicável ao Programa RIC devido às vantagens anteriormente mencionadas e ao fato do sistema RIC ser considerado um projeto de grande escala.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.40/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

### 2.3.8 Orelha

#### Descrição

O reconhecimento das características da orelha é uma técnica bastante recente, desenvolvida por cientistas da Universidade de Southampton (Abaza, 2013). Segundo o estudo realizado, o sistema trabalha com um técnica que transforma raios em imagens, analisando a forma como a luz reflete nos objetos. Com isso, ele é capaz de analisar e extrair recursos tubulares por meio da imagem, como a hélice – o aro curvo exterior da orelha.

A coleta dos traços biométricos é feita de forma não intrusiva, ou seja, não há contato algum com equipamentos de leitura. A sua localização na parte lateral da cabeça torna a sua detecção mais fácil e mais rápida, sem que haja intervenção do indivíduo. Ainda de acordo com os cientistas, a orelha apresenta características muito ricas que as tornam uma biometria de grande precisão e que pode ser utilizada no reconhecimento biométrico.

#### Permanência

Segundo Raposo, 2012), a estrutura da orelha não sofre alterações ao longo do tempo. Estudos médicos mostram que apesar de a orelha crescer após o nascimento, esse crescimento é feito de forma uniforme e proporcional. Por apresentar características ricas e estáveis, os traços biométricos da orelha são preservados desde o nascimento até a fase adulta.

#### Precisão

Segundo os descobridores da biometria da orelha, essa técnica tem índice de sucesso de 99,6% na identificação das pessoas (Abaza, 2013).

#### Custo

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

#### Fraude

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.41/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 11 - Orelha: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                         | Desvantagens                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Não intrusivo</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Problemas na coleta com o excesso de /falta de luminosidade, movimento, pose, entre outros</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Boa permanência</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Inexistência de estudos de precisão em ambientes de grande escala</li></ul>                          |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Por ser uma tecnologia não apropriada para sistemas de identificação de grande escala, a orelha não é aplicável ao Programa RIC.

### 2.3.9 Padrão de Digitação

#### Descrição

A técnica de reconhecimento do padrão de digitação é conhecida como *Keystroke Dynamics*, como descrita por Joyce, 1990), e melhorada em Monroe, 1997), Monroe, 2000). Basicamente, consiste no monitoramento do comportamento do indivíduo no processo de digitação.

O sistema possui um funcionamento bem simples. Na primeira coleta, o indivíduo deve digitar uma mesma frase ou texto por um determinado número de vezes. Entre as características analisadas estão o tempo que as teclas permanecem pressionadas, o intervalo de digitação, o tempo total de digitação, a frequência da digitação de teclas erradas, entre outras.

O sistema de reconhecimento do padrão de digitação normalmente trabalha em modo adaptativo, de forma a ajustar-se a qualquer mudança de comportamento do indivíduo. Segundo Magalhães, 2005), o padrão de digitação não é uma biometria recomendada para projetos de grande escala, devido à baixa precisão apresentada, sendo pouco confiável.

#### Permanência

No trabalho realizado por Anil Jain, 2004), a permanência do padrão de digitação é considerada ruim. Isso se deve ao fato de que o indivíduo pode sofrer mudanças no comportamento no momento da digitação ao passar dos anos.

#### Precisão

Segundo o trabalho realizado por Magalhães, 2005), a técnica de reconhecimento do padrão de digitação pode alcançar um EER de 5,58%. Segundo o autor, a ausência de padrões ou modelos de comparação (*benchmarks*) limita o estudo de precisão das propostas existentes. Em um estudo mais recente, Ahmed, 2013) consegue resultados mais satisfatórios. Em uma população de 53 indivíduos, a taxa de falsa aceitação (FAR) encontrada é de apenas 0,0152%, a taxa de falsa rejeição (FFR) de 4,82% e um EER de 2,46%. Apesar de a precisão encontrada ser bastante expressiva, a amostra considerada

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.43/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

é pequena.

## Custo

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

## Fraude

A única maneira encontrada para fraudar o teste seria a tentativa de imitar o padrão da assinatura do indivíduo (Geradts, 2006).

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 12 - Padrão de digitação: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                                   | Desvantagens                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Transparente ao indivíduo</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Demora no processo de cadastramento</li><li>▪ Pouco confiável</li><li>▪ Não recomendado para projetos de grande escala</li></ul> |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Por ser uma tecnologia não apropriada para sistemas de identificação de grande escala, o padrão de digitação não deve ser considerado para o Programa RIC.

### 2.3.10 Retina

#### Descrição

A retina humana é um tecido fino composto por células neuronais, as quais estão localizadas na porção posterior do olho. Devido à estrutura complexa dos tubos capilares, os quais abastecem a retina com o sangue, a retina de cada pessoa é única, o que faz dela uma das biometrias mais seguras e precisas. A rede de vasos sanguíneos na retina não é inteiramente determinada pelos genes e, portanto, mesmo os gêmeos idênticos não possuem um padrão semelhante (Anil Jain, 2004).

O reconhecimento da retina registra o desenho dos vasos sanguíneos dentro do olho. Para a coleta, o indivíduo deve ficar imóvel e olhar para a câmera de leitura, a qual emite uma luz branca por, aproximadamente, cinco segundos. Essa leitura é considerada difícil, incômoda e invasiva. Esses fatores, juntamente com o alto preço da tecnologia, têm afetado negativamente a aceitação da retina como identificador biométrico.

#### Permanência

A retina, geralmente, permanece inalterada desde o nascimento até a morte do indivíduo, tornando-a uma biometria com excelente permanência. Entretanto, algumas doenças podem afetar os padrões de retina como a diabetes, glaucoma, doenças degenerativas da retina ou cataratas (Damico, 2007).

#### Precisão

A maioria dos estudos realizados (Anil Jain, 2002; Anil Jain, 2004; Anil Jain, 2008) considera a retina como uma biometria que possui taxa de erro praticamente zero, sendo uma biometria totalmente precisa e segura.

#### Custo

Trata-se de uma biometria extremamente cara, devido à necessidade de equipamentos especiais de leitura (Langenderfer, 2005).

#### Fraude

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.45/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 13 - Retina: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                                                   | Desvantagens                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Alta precisão</li></ul>                               | <ul style="list-style-type: none"><li>Alto custo dos equipamentos</li></ul>                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Praticamente impossível de ser falsificada</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>Leitura difícil e incômoda pois é necessário olhar fixamente para um ponto de luz</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Praticamente imutável com o passar dos anos</li></ul> |                                                                                                                                   |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Por ser uma tecnologia extremamente cara e de leitura invasiva, a retina não é aplicável ao Programa RIC.

### 2.3.11 Veias da Mão

#### Descrição

O padrão formado pelos vasos sanguíneos permite que uma pessoa possa ser identificada biometricamente. A coleta das características das veias da mão é realizada da seguinte forma: um sensor biométrico irradia raios infravermelhos e a radiação refletida pela mão é capturada pelo sensor. Esse tipo de sistema não necessita de contato direto com o sensor, sendo considerado como um sistema pouco invasivo (Im, 2001).

O fato de as veias da mão estarem sob a pele e serem praticamente invisíveis ao olho humano, faz com que seja uma biometria relativamente difícil de fraudar. Isso, juntando-se as propriedades de singularidade e a boa precisão no reconhecimento, faz das veias da mão uma excelente tecnologia para a identificação biométrica pessoal.

Um típico sistema, o qual realiza o reconhecimento de veias de mão, é composto por cinco etapas: aquisição da imagem, melhoramento da imagem, segmentação dos padrões da veia, extração das características e validação (Wang, 2008).

Recentemente, além do uso do padrão das veias da mão, alguns cientistas, como Wang, 2008) também tem utilizado as minúcias extraídas da parte de trás da mão. Para cada imagem da parte de trás da mão, existem 13 minúcias, incluindo 7 pontos de bifurcação e 6 pontos de finalização. Os resultados apresentados no trabalho indicam que as minúcias nos padrões das veias da mão podem ser utilizados de forma eficiente na verificação de identidade.

#### Permanência

Alguns estudos evidenciam que os padrões das veias são geralmente estáveis para adultos (20-50 anos de idade), mas depois começam a apresentar problemas devido ao declínio na força dos ossos e músculos (Anil Jain, 2010; Nadort, 2007). Existem várias doenças, como diabetes, aterosclerose, ou tumores, que podem afetar os padrões de veias e torná-los grossos ou finos.

Também segundo os autores, durante a vida do indivíduo, o esqueleto humano cresce na primeira fase e encolhe nas últimas fases. A função das redes vasculares é fornecer oxigênio para todos os locais do corpo e, portanto, adapta-se ao tamanho do corpo. Outros câmbios vasculares estão relacionados às condições meteorológicas, à atividade

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.47/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

física e à ingestão de álcool.

## Precisão

A Fujitsu alega que, utilizando uma base de 140.000 mãos, atingiu uma taxa de falsa aceitação (FAR) de 0,00008% para uma taxa de falsa rejeição (FRR) de 0,01%, o que significa que 1 em cada 10000 pessoas não serão reconhecidas pelo sistema, enquanto 1 em cada 1.250.000 serão reconhecidas falsamente como outra pessoa<sup>15</sup>.

No estudo realizado pela empresa Akyiama, o sistema de reconhecimento das veias da mão apresenta uma taxa de falsa aceitação (FAR) de 0,15% em ambientes reais de implementação.

## Custo

A tecnologia de reconhecimento das veias da mão ainda possui um custo médio-alto de implementação<sup>16</sup>.

## Fraude

Podem ser utilizadas impressões com desenhos dos formatos de veias de um indivíduo autorizado caso não existam testes de vivacidade. Quando ocorre esse tipo de teste, a tentativa de fraude é realizada utilizando uma luva de látex colocada em uma garrafa (esse tipo de fraude normalmente é detectada pelo sistema) (Geradts, 2006).

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 14 - Veias da mão: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                                  | Desvantagens                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>Alta precisão</li></ul>              | <ul style="list-style-type: none"><li>Custo médio-alto</li></ul>                                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Difícil de ser falsificada</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Imutável somente entre os 20 e 50 anos de idade</li></ul> |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Não intrusivo</li></ul>              |                                                                                                 |

<sup>15</sup> <http://www.fujitsu.com/br/news/pr/2006/20060310.html>

<sup>16</sup> <http://computerworld.com.br/seguranca/2013/03/14/bradesco-testa-biometria-no-internet-banking-para-substituicao-de-senhas/>

## Aplicabilidade ao Programa RIC

A tecnologia de reconhecimento das veias da mão apresenta várias vantagens como alta precisão, dificuldade de ser fraudada e é uma biometria não invasiva. Entretanto, entre os pontos negativos pode-se destacar a permanência e o alto custo da tecnologia, os quais são dois fatores cruciais no Programa RIC. Devido a esse fator limitante e ao estado atual da tecnologia, o reconhecimento das veias da mão não é aplicável ao Programa RIC.

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.49/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

### 2.3.12 Voz

#### Descrição

Nos sistemas de reconhecimento de voz são analisados o formato e o tamanho das seguintes características: tratos vocais, boca, cavidade nasal e lábios. As características da voz humana são invariantes para um indivíduo, entretanto a parte comportamental da fala de uma pessoa varia no tempo devido à idade, condições de saúde e ao estado emocional (Anil Jain, 2004).

A voz não é uma tecnologia biométrica que apresenta grande singularidade e não é apropriada para sistemas de identificação de grande escala. Os casos mais comuns do uso do reconhecimento da voz ocorrem em sistemas comerciais de telemarketing ou em grandes organizações para o direcionamento de chamadas telefônicas recebidas.

#### Permanência

Segundo Anil Jain, 2004), a voz apresenta baixa permanência, podendo sofrer alterações no decorrer dos anos de vida do indivíduo.

#### Precisão

Segundo a empresa Akyiama, o sistema de reconhecimento da voz apresenta uma taxa de falsa aceitação (FAR) de 2% em ambientes reais de implementação.

#### Custo

A informação não foi encontrada na busca bibliográfica ora apresentada.

#### Fraude

Gravações de alta qualidade é a maneira mais utilizada para tentar burlar um sistema de reconhecimento de voz. Vale ressaltar que para evitar esse tipo de fraude, normalmente, são utilizadas conversas diferentes, já que assim as gravações não teriam sentido (Geradts, 2006).

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.50/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## Vantagens e Desvantagens

Tabela 15 - Voz: vantagens e desvantagens

| Vantagens                                                            | Desvantagens                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Não intrusivo</li></ul>      | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pouco confiável para projetos de grande escala</li></ul>                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Verificação rápida</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Problemas com ruídos no ambiente</li></ul>                                    |
|                                                                      | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Problemas inerentes à saúde do cidadão como ronquidão, fadiga, etc.</li></ul> |
|                                                                      | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Demora no processo de cadastramento</li></ul>                                 |
|                                                                      | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pode ser gravada e usada</li></ul>                                            |
|                                                                      | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Baixa precisão</li></ul>                                                      |

## Aplicabilidade ao Programa RIC

Por ser uma tecnologia não apropriada para sistemas de identificação de grande escala, o reconhecimento de voz não é aplicável ao Programa RIC.

## 2.4 ESTUDOS COMPARATIVOS

Considerando-se as características das biometrias apresentadas na seção anterior, observa-se que nenhuma biometria atende de forma satisfatória todos os itens avaliados. Vários trabalhos científicos tem comparado as características das biometrias existentes.

Por exemplo, o trabalho da Universidade de Southampton (Alina Klokova, 2010) cujos resultados são ilustrados na Tabela 16 considera nove biometrias, sendo a íris e a impressão digital, as que recebem melhores notas.

Tabela 16 - Comparação das tecnologias biométricas segundo Alina Klokova

**Fonte:** Alina Klokova, "Comparison of Various Biometric Methods", Interactive Multimedia Systems, Electronics and Computer Science, University of Southampton, 2010. Link: <http://mms.ecs.soton.ac.uk/2011papers/4.pdf>.

(H = Alta, M = Média, L = Baixa)

| Identifier/Criteria | Universality | Uniqueness | Permanence | Collectability | Performance | Acceptability | Circumvention |
|---------------------|--------------|------------|------------|----------------|-------------|---------------|---------------|
| DNA                 | H            | H          | H          | L              | H           | L             | L             |
| Ear                 | M            | M          | H          | M              | M           | H             | M             |
| Face                | H            | L          | M          | H              | L           | H             | H             |
| Fingerprint         | M            | H          | H          | M              | H           | M             | M             |
| Hand Geometry       | M            | M          | M          | H              | M           | M             | M             |
| Hand vein           | M            | M          | M          | M              | M           | M             | L             |
| Iris                | H            | H          | H          | M              | H           | L             | L             |
| Retina              | H            | H          | M          | L              | H           | L             | L             |
| Voice               | M            | L          | L          | M              | L           | H             | H             |

Um dos estudos comparativos mais referenciados e prestigiados no meio acadêmico encontra-se em Anil Jain, 2004). Anik K. Jain<sup>17</sup> é professor e especialista em biométrica na Universidade Estadual de Michigan. O autor tem várias patentes e livros em reconhecimento biométrico e participou como consultor no projeto de identificação indiano<sup>18</sup>, o maior do mundo na atualidade. A Tabela 17 lista as principais características e critérios dos padrões de biometria, segundo o referido autor.

<sup>17</sup> <http://www.cse.msu.edu/~jain/>

<sup>18</sup> <http://in.news.yahoo.com/reowned-biometrics-expert-professor-anil-k--jain.html>

Tabela 17 - Comparação das tecnologias biométricas segundo Anil Jain

| <b>Comparação das tecnologias biométricas</b><br><b>(A = Alta, M = Média, B = Baixa)</b>                                                                                                          |                |               |             |                |            |                |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|-------------|----------------|------------|----------------|--------|
| <b>Adaptado de:</b> Jain, Anil K., Arun Ross, and Salil Prabhakar. "An introduction to biometric recognition." Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on 14.1 (2004): 4-20. |                |               |             |                |            |                |        |
| Biometria                                                                                                                                                                                         | Universalidade | Singularidade | Permanência | Coletabilidade | Desempenho | Aceitabilidade | Evasão |
| Andado                                                                                                                                                                                            | M              | B             | B           | A              | B          | A              | M      |
| Assinatura                                                                                                                                                                                        | B              | B             | B           | A              | B          | A              | A      |
| Caligrafia                                                                                                                                                                                        | B              | B             | B           | A              | B          | A              | A      |
| DNA                                                                                                                                                                                               | A              | A             | A           | B              | A          | B              | B      |
| Face                                                                                                                                                                                              | A              | B             | M           | A              | B          | A              | A      |
| Geometria da mão                                                                                                                                                                                  | M              | M             | M           | A              | M          | M              | M      |
| Impressão Digital                                                                                                                                                                                 | M              | A             | A           | M              | A          | M              | M      |
| Impressão Palmar                                                                                                                                                                                  | M              | A             | A           | M              | A          | M              | M      |
| Iris                                                                                                                                                                                              | A              | A             | A           | M              | A          | B              | B      |
| Orelha                                                                                                                                                                                            | M              | M             | A           | M              | M          | A              | M      |
| Padrão de Digitação                                                                                                                                                                               | B              | B             | B           | M              | B          | M              | M      |
| Retina                                                                                                                                                                                            | A              | A             | M           | B              | A          | B              | B      |
| Veias da mão                                                                                                                                                                                      | M              | M             | M           | M              | M          | M              | B      |
| Voz                                                                                                                                                                                               | M              | B             | B           | M              | B          | A              | A      |

De acordo com as Tabelas 16 e 17, fica claro que nenhuma biometria consegue atender a todos os pontos de maneira excelente<sup>19</sup>. Devido a isso, o uso de sistemas multi-biométricos, ou seja, sistemas biométricos que unem várias biometrias têm se apresentado como uma ótima solução para sistemas de identificação de grande escala, como será comentado na Seção 2.5.

## 2.5 SISTEMAS MULTI-BIOMÉTRICOS

A grande maioria dos sistemas biométricos existentes, tipicamente, emprega uma única modalidade biométrica, sistemas conhecidos como uni-biométricos (Ross, 2008). Como demonstrado na seção anterior, não existe a biometria perfeita. Sendo assim, os novos sistemas biométricos de identificação têm considerado o uso de mais de um tipo de

<sup>19</sup> Na Tabela 17, a última coluna se refere a evasão, onde a letra A representa que o sistema é mais fácil de ser fraudado e a letra B significa que o sistema é menos suscetível a falsificações.

biometria, conhecidos como sistemas multi-biométricos. Portanto, nesta seção dar-se-á ênfase aos sistemas multi-biométricos na identificação e no reconhecimento de indivíduos.

### 2.5.1 Taxonomia

Os sistemas multi-biométricos se caracterizam, basicamente, por consolidar múltiplas fontes de informação. Baseando na natureza dessas fontes, o sistema pode ser classificado em seis categorias distintas (Ross, 2008; Ross et al, 2006 E Anil Jain, 2007b), conforme ilustrado na Figura 1.

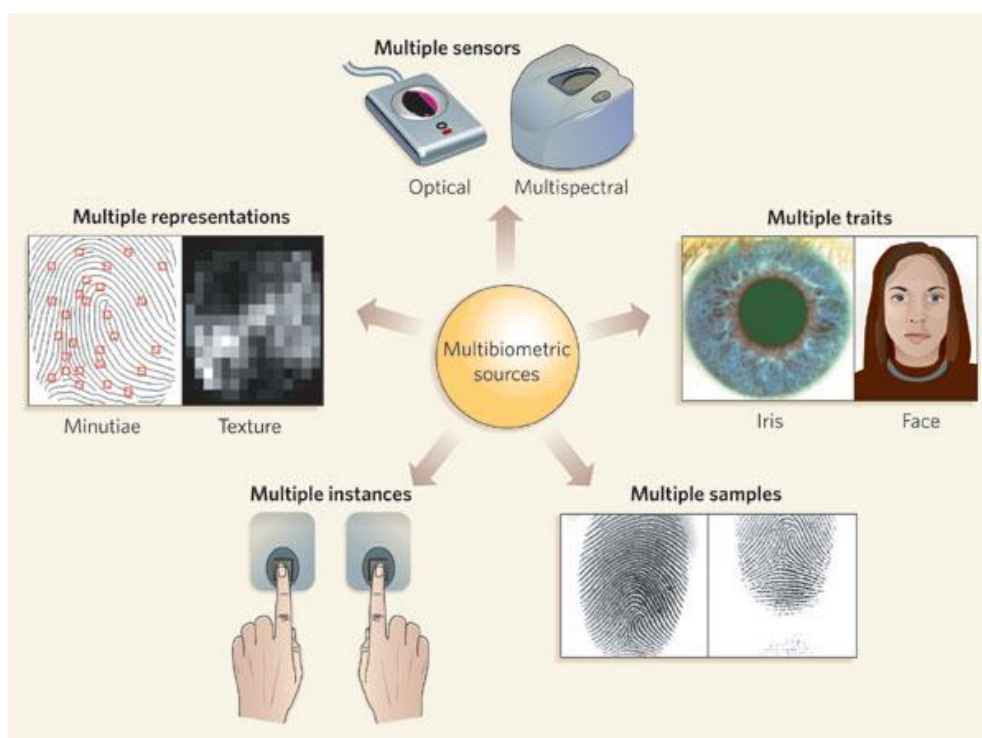


Figura 1 - Taxonomia dos sistemas multi-biométricos

Fonte: Jain, Anil K. "Technology: biometric recognition." Nature 449.7158 (2007): 38-40.

- a) **Multi-sensores:** nos sistemas conhecidos como multi-sensores, um traço biométrico pode ser capturado por diferentes tipos de sensores, cada um coletando uma característica diferente. Por exemplo, no caso da biometria facial, há leitores que realizam a captura utilizando imagens de 2D e leitores mais avançados que obtém imagens tridimensionais da face. Em alguns casos,

o uso de múltiplos sensores também ajuda na coleta de dados que são considerados complementares.

- b) **Multi-algoritmos:** também conhecidos como multi-representações, esse tipo de sistema usa diferentes algoritmos para a aquisição do dado biométrico, cada um extraindo características diferentes, o que pode melhorar o desempenho do sistema no momento da identificação. Por exemplo, o reconhecimento da impressão digital pode utilizar as minúcias assim como a informação de textura. Entretanto, esse tipo de sistema pode aumentar a complexidade computacional tanto em processamento quanto em armazenamento.
- c) **Multi-instâncias:** nesses sistemas, são consideradas mais de uma instância do mesmo traço biométrico. Por exemplo, a captura de mais de uma impressão digital ou da íris dos dois olhos de um mesmo indivíduo. Esses sistemas podem apresentar uma boa relação custo-benefício se um único sensor é capaz de adquirir todas as instâncias consideradas. Naturalmente, também melhoram a precisão do sistema como um todo.
- d) **Multi-amstras:** nesses sistemas, um único sensor pode ser utilizado para a aquisição de múltiplas amostras do mesmo traço biométrico. A ideia é obter uma representação mais completa das características do traço que está sendo analisado. Por exemplo, no caso da captura da face, o sistema multi-amstras pode capturar uma imagem frontal da face, assim como imagens laterais da face do indivíduo.
- e) **Multimodal:** sistemas multimodais são aqueles que consideram a aquisição de mais de um traço biométrico, por exemplo, face, impressão digital e assinatura. Entre as vantagens oferecidas por este tipo de sistemas estão o aumento da cobertura da população cadastrada, bem como o aumento da evasão e da robustez do sistema, as quais permitem a diminuição do número de fraudes, apresentando, assim, melhora no desempenho, quando configurado

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.55/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

corretamente (Ross, 2008). Entretanto, o custo de desenvolvimento deste tipo de sistemas pode ser relativamente maior, já que é necessário o uso de mais sensores.

- f) **Híbridos:** como o próprio nome diz, os sistemas híbridos combinam várias das características dos outros cinco sistemas discutidos anteriormente.

## 2.5.2 Vantagens

Segundo Ross, 2008), os sistemas multi-biométricos possuem inúmeras vantagens em relação aos sistemas que utilizam uma única biometria. Destacam-se os seguintes benefícios.

- a) **Universalidade:** sistemas multi-biométricos melhoram significativamente o problema conhecido como não-universalidade, encontrado nos sistemas uni-biométricos. A universalidade é a característica na qual o indivíduo deve possuir o traço biométrico que está sendo coletado. Como exemplo, pode-se ilustrar o caso de que se um indivíduo não tem as impressões digitais coletadas, a coleta de outro traço biométrico, como a íris, pode permitir que ele faça parte do sistema biométrico, aumentando, assim, o número de indivíduos que podem ser cadastrados no sistema.
- b) **Precisão:** sistemas multi-biométricos podem ter desempenho superior aos sistemas tradicionais, melhorando as taxas de falsa aceitação e falsa rejeição simultaneamente. De modo geral, este melhor desempenho está intensamente influenciado pelas técnicas de fusão. Uma análise detalhada da precisão de sistemas multi-biométricos é feita no Anexo I, no qual são apresentados os quatro níveis principais de fusão de dados em sistemas multi-biométricos, a saber: amostra, características, nota e decisão.
- c) **Filtro de relevância:** em um sistema no qual é realizada a coleta de dois

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.56/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

traços biométricos, a impressão digital, por exemplo, pode ser utilizada para computar um primeiro filtro e, dessa forma, obter uma lista de possíveis candidatos dentro de uma grande base de dados. O uso da face pode ajudar a determinar a identidade final da lista de candidatos obtida.

- d) **Robustez a fraude:** o uso de sistemas multi-biométricos dificulta (ou quase impossibilita) a tentativa de fraudes, já que para ter acesso ao sistema ou ser autenticado, o impostor deve fraudar múltiplos traços biométricos. Além disso, o administrador do sistema biométrico pode utilizar a técnica de pergunta-resposta solicitando a autenticação com diferentes traços biométricos de forma aleatória. De certa forma, esse mecanismo assegura a comunicação com um indivíduo real no momento da identificação.
- e) **Diminuição do ruído da coleta:** quando a coleta de um determinado traço biométrico contém algum tipo de ruído (quando não é feita a captura de todas as características essenciais), poderá se recorrer a outro traço biométrico que tenha sido coletado sem ruídos e isso ajuda no momento da autenticação. A boa qualidade da coleta de cada traço biométrico é imprescindível para o ótimo funcionamento do sistema.
- f) **Tolerância a falhas:** sistemas multi-biométricos são vistos como tolerante a falhas, permitindo o funcionamento mesmo que haja algum problema (sensor, *software*, etc.) na coleta de um traço biométrico. Essa característica é especialmente útil em sistemas de identificação de grande escala.

### 2.5.3 Escolhendo um sistema multi-biométrico

Os sistemas biométricos desenvolvidos para aplicações de grande escala, ou seja, aqueles capazes de suportar centenas de milhões de indivíduos, apresentam uma série de desafios. Tais sistemas são capazes de apoiar os programas nacionais de identificação ou melhorar a segurança interna de países com grande população como, por exemplo, Índia, México, Indonésia e Brasil.

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.57/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.

É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

A seleção de modalidades biométricas para aplicações em grande escala depende do ajuste de características como o desempenho, a conveniência/facilidade de aquisição, o custo, a compatibilidade com sistemas de identificação legados, a segurança e a privacidade da informação (Ross et al, 2006; Ross and Anil, 2004). A seguir são descritas essas características.

- a) **Custo:** o custo de desenvolvimento de um sistema biométrico considera componentes diretos e indiretos. Os componentes diretos incluem *hardware* (sensores, servidores, memória, etc) e *software* (interfaces, SDKs, verificadores, banco de dados, etc.). Os sensores devem ser baratos e instalados utilizando a estrutura já existente. Também há custos indiretos como a instalação do sistema, o treinamento e a manutenção, a aceitação do indivíduo e o retorno sobre o investimento.
- b) **Interoperabilidade:** como os sistemas biométricos estão sendo cada vez mais utilizados em uma ampla gama de aplicações, é necessário que eles tenham interoperabilidade entre diferentes tecnologias biométricas, como sensores, algoritmos, fornecedores e fabricantes. Um sistema biométrico não pode mais operar considerando que o mesmo sensor, o mesmo algoritmo, ou as mesmas condições de funcionamento vão estar disponíveis durante todo o ciclo de vida do projeto. O sistema biométrico deve ser altamente interoperável para autenticar indivíduos que usem sensores de diferentes fornecedores, assim como *hardware* e plataformas de *software*. O sistema deve empregar o uso, o desenvolvimento e a implantação de instalações comuns de troca de dados e os formatos de intercâmbio de dados biométricos entre diferentes fornecedores, a partir de diferentes localizações geográficas. Isto reduz, significativamente, a necessidade de desenvolvimento de *software* adicional, reduzindo custos e aumentando a eficiência.
- c) **Conveniência de uso:** um sistema de biometria deve ser de fácil uso. Qualquer problema ou preocupação com questões de saúde ou higiene oriundos do uso contínuo de sensores biométricos podem influenciar a aceitação do indivíduo final.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.58/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

Algumas modalidades biométricas são mais fáceis de adquirir do que outras e requerem menos cooperação do indivíduo durante a aquisição de dados. Fatores humanos e questões ergonômicas continuarão a ter um papel importante na implantação dos sistemas biométricos de grande escala.

- d) **Segurança:** os sistemas biométricos são vulneráveis a possíveis violações de segurança, fraude, e ataques maliciosos. Esses sistemas devem, portanto, oferecer um alto grau de proteção a várias vulnerabilidades decorrentes de falhas intrínsecas das tecnologias biométricas. Um dos principais problemas de segurança no sistema se trata da segurança do modelo *template*, o qual é o arquivo que contém os dados mais importantes da coleta da biometria.
- e) **Irrevogabilidade da biometria:** os traços biométricos são únicos de cada indivíduo e não podem ser modificados como ocorre normalmente com as senhas tradicionais, nas quais o usuário pode solicitar a mudança quando bem desejar. Uma vez que esse traço biométrico seja divulgado ou capturado de forma não autorizada, não há como solicitar um novo.
- f) **Precisão do sistema:** um sistema biométrico deve ser calibrado de acordo com as necessidades de cada projeto. Essa configuração normalmente é feita em termos de aceitação e rejeição de indivíduos. Como essas duas características não são complementares, deve-se encontrar um ponto de equilíbrio entre flexibilidade e segurança do sistema biométrico.
- g) **Requisitos técnicos:** espaço de armazenamento, tempo de resposta, processamento, desempenho global, mecanismos de segurança, entre outros são parâmetros técnicos do sistema biométrico (*hardware* e *software*), os quais devem ser analisados e não, simplesmente, limitados a escolha de um fabricante de leitor de uma determinada tecnologia biométrica.
- h) **Amplitude de aplicação:** sistemas biométricos, normalmente, são desenhados para uso em aplicações que envolvem uma quantidade considerável de indivíduos,

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.59/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

na ordem de milhões. Portanto, é de extrema importância ter atenção a amplitude de aplicação do sistema biométrico a ser desenvolvido, a fim de diminuir o nível de impacto proveniente de qualquer erro ou má escolha do sistema biométrico.

#### 2.5.4 Considerações Finais: Sistema Multi-Biométrico é mais?

Esta seção objetivou apresentar características operacionais e riscos dos processos nos sistemas multi-biométricos. Foram apresentadas, também, as vantagens desse tipo de sistemas em relação aos sistemas uni-modais.

A escolha dos traços biométricos para um sistema biométrico de identificação de grande escala é crítica e depende de vários fatores como custo, desempenho, segurança, conveniência de uso, entre outros. Esse tipo de sistema tem se tornado referência entre as implementações mais recentes como a Índia, México, Indonésia, Peru, Argentina, entre outros. A utilização de um sistema multi-biométrico visa:

- aumentar a precisão global do sistema;
- oferecer mais segurança contra fraudes e ataques maliciosos, exigindo que o impostor tenha de violar duas ou mais biometrias;
- incrementar a amostra populacional cadastrada, no caso de algum indivíduo não possuir uma determinada biometria.

## 2.6 PROCESSOS DO SISTEMA BIOMÉTRICO

Um sistema biométrico é, essencialmente, um motor de reconhecimento de padrões, o qual usa a representação de traços humanos como elemento de entrada. Um sistema biométrico pode ser dividido nos seguintes processos (Anil Jain, 2007a): aquisição, processamento, armazenamento, verificação/identificação e decisão, como mostra a Figura 2.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.60/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

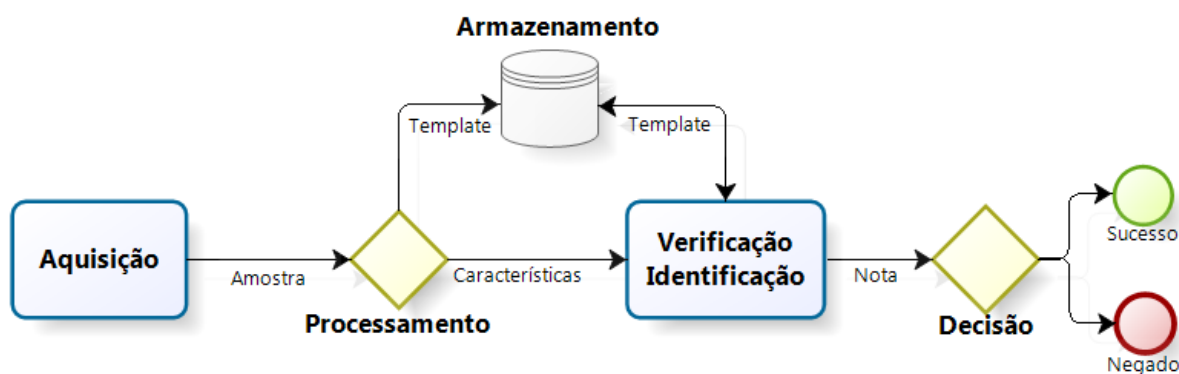


Figura 2 - Processos do sistema biométrico

### 2.6.1 Aquisição

Inicialmente, cada indivíduo deve ser cadastrado no sistema. Esse processo consiste na captura, processamento e armazenamento de uma característica biológica do indivíduo que é usada, posteriormente, na verificação ou identificação do indivíduo.

O traço biométrico do indivíduo é, tipicamente, adquirido por um dispositivo de *hardware*, conhecido como sensor ou leitor biométrico. A aquisição é a etapa origem da maioria dos erros nos sistemas biométricos, já que erros na aquisição dos dados biométricos, normalmente, propagam-se ao resto do sistema e incrementa a possibilidade de falha no sistema em geral.

### 2.6.2 Processamento

A grande maioria dos sensores biométricos produz imagens analógicas, as quais, necessariamente, devem ser convertidas em imagens digitais, para que, dessa forma, possam ser processadas por um computador. É justamente nessa etapa que o sistema biométrico extrai as informações mais importantes do traço biométrico relevantes ao processo de autenticação e/ou verificação.

### 2.6.3 Armazenamento

Uma vez que a representação digital é gerada na etapa anterior, essa informação deve ser armazenada. A característica biométrica armazenada no formato digital é

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.61/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

denominada modelo ou *template*, em inglês. Vários dispositivos biométricos podem realizar a captura simultânea de múltiplas características (por exemplo, face e íris) durante o processo de aquisição para contabilizar graus de variação na medida destas características. Uma vez que o indivíduo está registrado e seus dados biométricos estão armazenados no sistema, os dispositivos biométricos são usados na verificação ou identificação do indivíduo.

#### 2.6.4 Verificação / Identificação

No momento da autenticação do indivíduo, o traço biométrico é lido pelo sensor biométrico e a informação analógica fornecida é convertida em digital que, por sua vez, é comparada com a amostra biométrica armazenada. Tipicamente, a amostra coletada não é exatamente igual a amostra armazenada, devido a ocorrências de variações na leitura. Entretanto, se a amostra lida estiver dentro de certo intervalo de confiança, é considerada válida. Um algoritmo de comparação é usado para determinar se o indivíduo que está realizando a autenticação é o mesmo que foi previamente registrado no banco de dados. Esse processo pode ser realizado de duas formas, a saber.

**Verificação (1:1):** é um processo de combinação de um-para-um (1:1) e funciona realizando a comparação entre uma amostra coletada e a amostra armazenada no banco de dados. A localização do registro da pessoa é feita por meio da comparação de outro campo, como o nome ou qualquer outro dado biográfico, ou mesmo por meio da digitação de uma senha. Depois de localizado, o indivíduo tem sua identidade confirmada.

**Identificação (1:N):** é um processo de combinação de um-para-muitos (1:N). O indivíduo não precisa confirmar quem é. A sua amostra biométrica é tomada e comparada a uma já existente na base de dados registrada ou arquivada de todos os indivíduos. Em alguns casos, o sistema não consegue identificar apenas um indivíduo, e sim uma lista de candidatos que possuem as características mais próximas à amostra coletada. Quando é encontrada a melhor combinação, o utilizador é "identificado" como um utilizador pré-existente, ou seja, o sistema finalmente encontra quem é. Esse é considerado o método mais complexo, pois, o *software* deverá identificar pontos de coincidência de uma imagem em um banco de dados contendo todos os modelos (*templates*) armazenados no sistema.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.62/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

Isso faz com que sejam consumidos maiores recursos do sistema.

### 2.6.5 Decisão

Após o processo de verificação, o algoritmo de comparação produz um resultado, informando o grau de similaridade com a amostra armazenada. Caso o resultado apresente um valor dentro do limiar de confiança, o indivíduo então é autenticado e recebe uma resposta afirmativa do sistema. O limiar de confiança pode ser configurado pelo administrador do sistema biométrico, aumentando ou diminuindo o nível do valor de aceitação. Caso esse valor seja muito baixo, o sensor biométrico autentica indivíduos incorretamente. Por outro lado, caso esse valor seja muito alto, os indivíduos genuínos podem ter problemas na autenticação.

Devido a esse fato, são de extrema importância a definição e a configuração do limiar na etapa de decisão, valor este que pode ser ajustado e adaptado de acordo com as necessidades do sistema de identificação biométrica.

### 2.6.6 Considerações Finais

Esta seção objetivou apresentar os processos do sistema de reconhecimento biométrico: aquisição, processamento, armazenamento, verificação/identificação e decisão. A descrição de cada uma das etapas visou aclarar a importância do processo de coleta dos dados biométricos, a geração do modelo, como é realizado o processo de armazenamento, a diferença entre verificação (1:1) e identificação (1:N) e, finalmente, o mecanismo de decisão.

O sucesso ou a negação da autenticação de um indivíduo em um sistema biométrico depende da configuração apropriada em cada uma das etapas mencionadas.

## 2.7 NORMAS E PADRÕES BIOMÉTRICOS

Normas e padrões são muito importantes no âmbito da biometria, tendo um papel fundamental na adoção e na implementação de tecnologias biométricas. Do ponto de vista técnico, padrões asseguram interoperabilidade entre produtos e processos. A padronização incrementa a confiança dos indivíduos, criando um mercado para a

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.63/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

indústria, sendo também um indicativo da maturidade da tecnologia ( PODIO, Fernando Podio, 2013).

O rápido desenvolvimento de tecnologias biométricas e a implementação de sistemas biométricos de identificação, de grande escala, geram questões críticas como a dependência de um único fabricante, interoperabilidade entre equipamentos, garantia, compatibilidade futura com as normas, entre outras questões. A utilização de normas e padrões reduz os riscos mencionados além de levar a uma popularização da tecnologia, aumentando a concorrência entre fabricantes, reduzindo preços de equipamentos e promovendo a inovação do setor. A seguir, são apresentadas as normas e padrões biométricos mais difundidas.

### 2.7.1 ISO/IEC

O organismo ISO (International Organization for Standardization) juntamente com a IEC (International Electrotechnical Commission) criaram em conjunto um comitê chamado JTC (Joint Technical Committee), responsável pela criação de normas e padrões. Em junho de 2002, foi criado um subcomitê para o desenvolvimento de padrões de biometria, o ISO/IEC JTC 1/SC 37<sup>20</sup>, conforme organograma ilustrado na Figura 3.

Com o crescente interesse dos países pela adoção da biometria em sistemas de identificação, o SC 37 cresceu rapidamente nos últimos anos, contando com a participação de 28 países como membros participantes (África do Sul, Alemanha, Austrália, Cingapura, China, Coreia, Dinamarca, Egito, Espanha, Estados Unidos, França, Finlândia, Índia, Israel, Itália, Japão, Malásia, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, Rússia, Reino Unido, República Checa, Suécia, Suíça, Tailândia e Ucrânia,) e 13 como países observadores (Áustria, Bélgica, Bósnia, Canadá, Gana, Holanda, Hungria, Indonésia, Irã, Irlanda, Quênia, Romênia e Sérvia).

Dentro da própria ISO existem outros comitês técnico, os quais estão envolvidos com biometria, como por exemplo:

- TC68 (Financial Services);
- SC17 (Cards & Personal Identification) ;

20

[http://www.iso.org/iso/home/standards\\_development/list\\_of\\_iso\\_technical\\_committees/iso\\_technical\\_committee\\_participation.htm?commid=313770](http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee_participation.htm?commid=313770)

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.64/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

- SC27 IT Security Techniques).

O subcomitê JTC1 SC37 mantém uma estreita relação com os subcomitês mencionados anteriormente para uma coordenação das forças-tarefas, evitando trabalho duplicado.

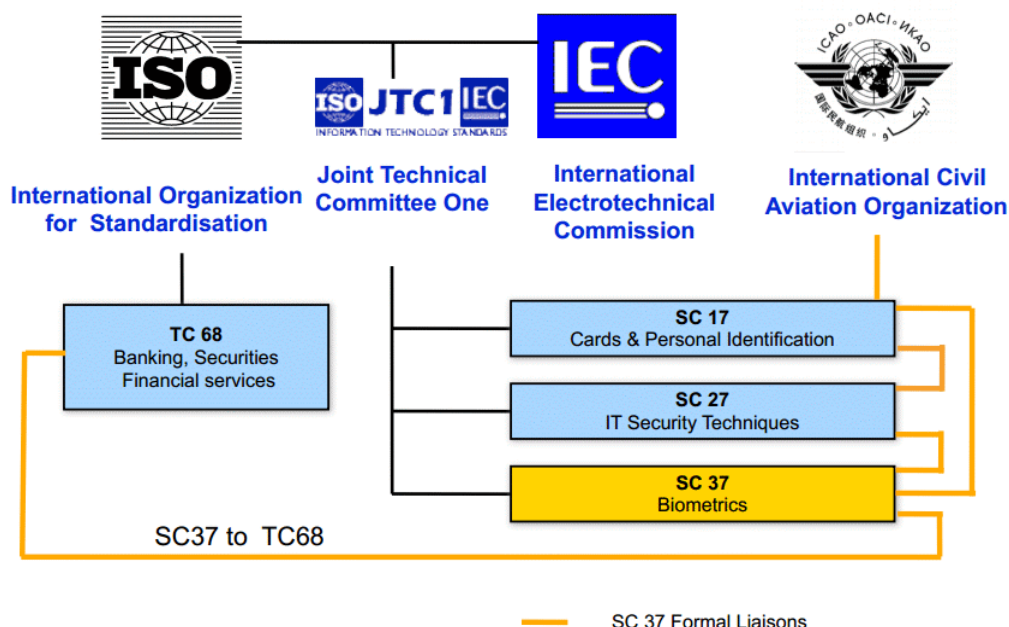


Figura 3 - Comitês ISO IEC

Fonte: [http://www.iso.org/iso/iso\\_technical\\_committee.html?commid=313770](http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee.html?commid=313770)

O subcomitê SC 37 está dividido nos seguintes seis grupos de trabalho<sup>21</sup> (WG – *Working Groups*), (Figura 4):

<sup>21</sup> [http://www.iso.org/iso/iso\\_technical\\_committee.html?commid=313770](http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee.html?commid=313770)

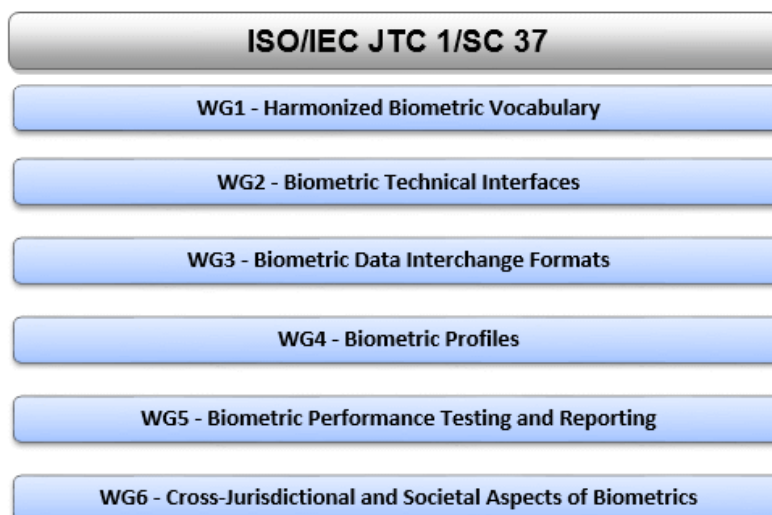


Figura 4 – Subcomitês ISO/IEC JTC 1/SC 37

**WG1 (*Harmonized Biometric Vocabulary*):** Estabelece uma descrição sistemática dos conceitos no campo da biometria relativos ao reconhecimento dos seres humanos e normaliza termos variantes em uso nos padrões biométricos pré-existent, esclarecendo, assim, o uso de termos neste campo.

**WG2 (*Biometric Technical Interfaces*):** Aborda as interfaces e interações necessárias entre os componentes biométricos e subsistemas, bem como a possível utilização de mecanismos de segurança para proteger os dados armazenados e os dados transferidos entre sistemas.

**WG3 (*Biometric Data Interchange Formats*):** Especifica o conteúdo, significado e representação do formato de dados biométricos, os quais são específicos para uma biometria dada. Padrões de qualidade da amostra biométrica e relatórios técnicos: especifica termos e definições que são úteis para a especificação, utilização e controle de qualidade das imagens e define o propósito, intenção e interpretação dos índices de qualidade de imagem para uma modalidade biométrica. Neste subcomitê se encontram as normas ISO/IEC 19794, sendo as mais utilizadas pelos países nos sistemas de identificação.

**WG4 (*Biometric Profiles*):** Une os vários padrões de base biométrica de uma

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.66/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

maneira consistente e desenvolve relatórios técnicos de apoio à implementação de tecnologias biométricas.

**WG5 (Biometric Performance Testing and Reporting):** Especifica métricas de cálculo de desempenho de biometrias, abordagens para testes de desempenho e requisitos para validação dos resultados dos testes.

**WG6 (Cross-Jurisdictional and Societal Aspects of Biometrics):** Aborda as aplicações das tecnologias biométricas, especificamente no que diz respeito à acessibilidade, saúde e segurança e suporte a requisitos legais.

Em janeiro de 2014, o ISO/IEC JTC 1/SC 37 tinha 87 normas publicadas em biometria<sup>22</sup> (incluindo emendas). As Tabelas 18 a 23 listam os padrões publicados pela ISO / IEC JTC 1/SC 37, as quais estão divididas pelos grupos de trabalho.

Tabela 18 - Grupo de trabalho 1 (WG1) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37

| Número               | Título                                                      |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| ISO/IEC 2382-37:2012 | Information technology -- Vocabulary -- Part 37: Biometrics |

Tabela 19 - Grupo de trabalho 2 (WG2) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37

| Número                          | Título                                                                                      |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO/IEC 19784-1:2006            | Biometric application programming interface -- Part 1: BioAPI specification                 |
| ISO/IEC 19784-1:2006/Amd 1:2007 | BioGUI specification                                                                        |
| ISO/IEC 19784-1:2006/Amd 2:2009 | Framework-free BioAPI                                                                       |
| ISO/IEC 19784-1:2006/Amd 3:2010 | Support for interchange of certificates and security assertions, and other security aspects |
| ISO/IEC 19784-2:2007            | BioAPI - Part 2: Biometric archive function provider interface                              |
| ISO/IEC 19784-4:2011            | BioAPI - Part 4: Biometric sensor function provider interface                               |
| ISO/IEC 19785-1:2006            | Common Biometric Exchange Formats Framework                                                 |

22

[http://www.iso.org/iso/home/standards\\_development/list\\_of\\_iso\\_technical\\_committees/iso\\_technical\\_committee.htm?cmmid=313770](http://www.iso.org/iso/home/standards_development/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?cmmid=313770)

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.67/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

|                      |                                                                              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                      | Part 1: Data element specification                                           |
| ISO/IEC 19785-2:2006 | Part 2: Procedures for the operation of the Biometric Registration Authority |
| ISO/IEC 19785-3:2007 | Part 3: Patron format specifications                                         |
| ISO/IEC 19785-4:2010 | Part 4: Security block format specifications                                 |
| ISO/IEC 24708:2008   | BioAPI Interworking Protocol                                                 |
| ISO/IEC 24709-1:2007 | Conformance testing for the BioAPI                                           |
|                      | Part 1: Methods and procedures                                               |
| ISO/IEC 24709-2:2007 | Part 2: Test assertions for biometric service providers                      |
| ISO/IEC 24709-3:2011 | Part 3: Test assertions for BioAPI frameworks                                |
| ISO/IEC 29141:2009   | Tenprint capture using BioAPI                                                |

Tabela 20 - Grupo de trabalho 3 (WG3) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37

| Número                | Título                                                                                          |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | Biometric data interchange formats                                                              |
| ISO/IEC 19794-1:2011  | Part 1: Framework                                                                               |
| ISO/IEC 19794-2:2011  | Part 2: Finger minutiae data                                                                    |
| ISO/IEC 19794-3:2006  | Part 3: Finger pattern spectral data                                                            |
| ISO/IEC 19794-4:2011  | Part 4: Finger image data                                                                       |
| ISO/IEC 19794-5:2011  | Part 5: Face image data                                                                         |
| ISO/IEC 19794-6:2011  | Part 6: Iris image data                                                                         |
| ISO/IEC 19794-7:2007  | Part 7: Signature/sign time series data                                                         |
| ISO/IEC 19794-8:2011  | Part 8: Finger pattern skeletal data                                                            |
| ISO/IEC 19794-9:2011  | Part 9: Vascular image data                                                                     |
| ISO/IEC 19794-10:2007 | Part 10: Hand geometry silhouette data                                                          |
| ISO/IEC 19794-11:2013 | Part 11: Signature/sign processed dynamic data                                                  |
| ISO/IEC 19794-14:2013 | Part 14: DNA data                                                                               |
| ISO/IEC 29109-1:2009  | Conformance testing methodology for biometric data interchange formats defined in ISO/IEC 19794 |
| ISO/IEC 29159-1:2010  | Biometric calibration, augmentation and fusion data -- Part 1: Fusion information format        |

Tabela 21 - Grupo de trabalho 4 (WG4) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37

| Número             | Título                                                                                                  |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014                                                                                     |
|                    | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx |
|                    | Confidencial.                                                                                           |

Pág.68/137

|                      |                                                                                                                              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO/IEC 24713-1:2008 | Biometric profiles for interoperability and data interchange<br>Part 1: Overview of biometric systems and biometric profiles |
| ISO/IEC 24713-2:2008 | Part 2: Physical access control for employees at airports                                                                    |
| ISO/IEC 24713-3:2009 | Part 3: Biometrics-based verification and identification of seafarers                                                        |

Tabela 22 - Grupo de trabalho 5 (WG5) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37

| Número                  | Título                                                                                    |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO/IEC 19795-1:2006    | Biometric performance testing and reporting<br>Part 1: Principles and framework           |
| ISO/IEC 19795-2:2007    | Part 2: Testing methodologies for technology and scenario evaluation                      |
| ISO/IEC TR 19795-3:2007 | Part 3: Modality-specific testing                                                         |
| ISO/IEC 19795-4:2008    | Part 4: Interoperability performance testing                                              |
| ISO/IEC 19795-5:2011    | Part 5: Access control scenario and grading scheme                                        |
| ISO/IEC 19795-6:2012    | Part 6: Testing methodologies for operational evaluation                                  |
| ISO/IEC 19795-7:2011    | Part 7: Testing of on-card biometric comparison algorithms                                |
| ISO/IEC DIS 29120-1.2   | Machine readable test data for biometric testing and reporting -- Part 1: Test reports    |
| ISO/IEC CD 29120-2      | Machine Readable Test Data for biometric testing and reporting -- Part 2: Test Input Data |

Tabela 23 - Grupo de trabalho 6 (WG6) da norma ISO/IEC JTC 1/SC 37

| Número                | Título                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISO/IEC TR 24741:2007 | Biometrics tutorial                                                                                                                                                                    |
| ISO/IEC DIS 24779-1   | Cross jurisdictional and societal aspects of implementation of biometric technologies --<br>Pictograms, icons and symbols for use with biometric systems<br>Part 1: General principles |
| ISO/IEC CD 24779-2    | Part 2: Fingerprint applications                                                                                                                                                       |
| ISO/IEC CD 24779-4    | Part 4: Fingerprint application                                                                                                                                                        |
| ISO/IEC DIS 24779-9   | Part 9: Vascular applications                                                                                                                                                          |
| ISO/IEC PDTR 29194    | Biometrics - Guide on designing accessible and inclusive biometric systems                                                                                                             |

### 2.7.2 BioAPI

O consórcio BioAPI (*Biometric Application Programming Interface*)<sup>23</sup> foi fundado em 1998 e está formado por vários fabricantes de equipamentos, institutos de pesquisa, universidades e agências governamentais. O consórcio define um conjunto de interfaces à nível de programação, a qual permite a interação entre diferentes sistemas biométricos independentemente da tecnologia utilizada e reduz a complexidade no desenvolvimento de aplicações biométricas. O consórcio está, atualmente, inserido dentro do comitê SC 37, no subgrupo WG2.

### 2.7.3 NIST

O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST - *National Institute of Standards and Technology*) é uma agência governamental não-regulatória da administração de tecnologia do Departamento de Comércio dos Estados Unidos. A missão do instituto é promover a inovação e a competitividade industrial dos Estados Unidos, promovendo normas e padrões internacionais.

A primeira norma de biometria foi criada pelo NIST em 1986, no Laboratório de Tecnologia da Informação (ITL – *Information Technology Laboratory*)<sup>24</sup> para facilitar a troca de imagens de impressões digitais, face e outras biometrias. A norma é conhecida como “ANSI/NIST-ITL standard Data Format for the Interchange of Fingerprint, Facial, and Other Biometric Information – Part 1”. Essa norma passou por revisões nos anos 1993, 1997, 2000, 2007 e 2011. A versão corrente da norma é a ANSI/NIST-ITL 2011 e incorpora intercâmbio de dados para impressão digital, face, palma da mão, íris, cicatrizes, tatuagens e outras futuras modalidades<sup>25</sup>. Entre as entidades que utilizam as normas do NIST estão o FBI (*Federal Bureau of Investigation*), o Departamento de Defesa dos EUA e a Interpol.

<sup>23</sup> <http://www.bioapi.org/>

<sup>24</sup> <http://www.nist.gov/itl/>

<sup>25</sup> Data Format for the Interchange of Fingerprint Facial, & Other Biometric Information - Part 1 (ANSI/NIST-ITL 1-2011).

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.70/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.

É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

#### 2.7.4 Considerações Finais

Esta seção objetivou apresentar as normas e padrões biométricos mais conhecidos e utilizados atualmente. A utilização de normas e padrões reduz os riscos no momento da implementação de um sistema de identificação biométrico de grande escala, evitando a dependência de um único fabricante, garantindo, assim, a interoperabilidade entre equipamentos e, assegurando a compatibilidade futura com as normas, entre outras questões. A padronização é de suma importância para a adoção de uma tecnologia. Quaisquer que sejam as biometrias utilizadas no RIC, estas devem ser embasadas em padrões aceitos internacionalmente.

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.71/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

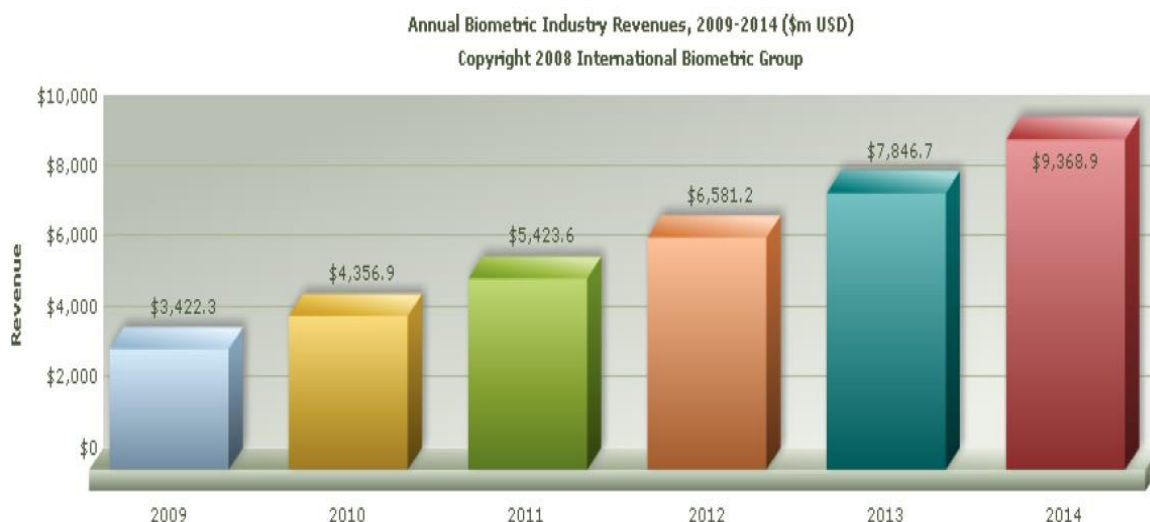
### 3 MERCADO DE BIOMETRIA

Os custos de instalação e a viabilidade técnica estão entre os principais entraves para a adoção do cadastramento biométrico na identificação civil de um país. O custo de um sistema biométrico era alto até bem pouco tempo atrás. Agora, a situação começa a mudar.

Com a adoção do uso de biometrias em sistemas civis de identificação de diversos países e as tendências de mercado, como a queda do preço do *hardware* e a vontade dos consumidores de usar outros mecanismos como uma forma de autenticação com dispositivos de computação, estão ajudando a impulsionar o interesse pelos leitores de impressão digital e íris, resultando em uma queda substancial no preço das tecnologias biométricas (Alan Gelb, 2013b).

#### 3.1 EVOLUÇÃO DO MERCADO GLOBAL

O relatório de pesquisa do *International Biometrics Group* (IBG)<sup>26</sup> prevê um grande crescimento do mercado global de biometria em 2014. As Figura 5 e Figura 6 ilustram o crescimento da receita anual da indústria de biometria e a divisão do mercado por tecnologia entre o período de 2009 e 2014, respectivamente (Kumaralingam, 2011).



<sup>26</sup> Página web oficial: <https://ibgweb.com/>

Figura 5 - Receita anual da indústria de biometria (2009-2014)

Fonte: Biometrics - A Vision for the Future, HCL, 2011

| Market Volume by Technology |               |               |               |               |               |             |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|                             | 2009          | 2010          | 2011          | 2012          | 2013          | 2014        |
| Finger Print                | 971           | 1380.9        | 1740.1        | 2064.1        | 2422.9        | 2827.2      |
| AFIS/ Live Scan             | 1309.1        | 1489.9        | 1816.5        | 2154.4        | 2525.9        | 2965.8      |
| Iris                        | 174.4         | 287.8         | 360.8         | 480.5         | 578.3         | 730.3       |
| Hand Geometry               | 62            | 62.8          | 63.7          | 68.2          | 76            | 85          |
| Middleware                  | 275           | 327.7         | 413.8         | 525.2         | 625.2         | 732.6       |
| Face                        | 390           | 510.8         | 675.4         | 848.5         | 1097.3        | 1417.8      |
| Voice                       | 103.8         | 109.3         | 113.5         | 136.3         | 167.5         | 189.7       |
| Vascular                    | 83            | 102.1         | 132.2         | 172.2         | 199.5         | 235.7       |
| Others                      | 54            | 85.6          | 107.5         | 131.8         | 154.2         | 184.9       |
| <b>Total</b>                | <b>3422.3</b> | <b>4356.9</b> | <b>5423.5</b> | <b>6581.2</b> | <b>7846.8</b> | <b>9369</b> |

Figura 6 - Volume de mercado por tecnologia biométrica (2009-2014)

Fonte: Biometrics-A Vision for the Future, HCL, 2011

De acordo com o relatório do IBG, algumas previsões de mercado devem ser observadas, a saber.

- A receita global do mercado de biometria é projetada para crescer de US\$3.42 bilhões em 2009 para US\$9.37 bilhões em 2014, em parte devido a programas governamentais de identificação e programas de gerenciamento/controle de fronteiras;
- O reconhecimento por impressão digital incluindo AFIS é dominante: 2/3 do mercado de biometria;
- A receita anual de reconhecimento de íris é projetada para valores em torno de US\$730 milhões em 2014;
- Ásia e América do Norte serão provavelmente os maiores mercados globais para produtos e serviços de biometria;
- O reconhecimento pelas veias da mão deverá desempenhar um papel maior

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.73/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

em aplicações de controle de acesso, compreendendo mais de 10% do mercado.

Um estudo de mercado mais recente, elaborado pela empresa norte-americana Acuity Market Intelligence<sup>27</sup>, mostra aspectos semelhantes de crescimento, conforme ilustrado nas Figura 7 e Figura 8. De acordo com o estudo realizado, algumas previsões de mercado devem ser observadas:

- o mercado de biometria irá ter um crescimento anual por volta de 19.69%, atingindo US\$10.8 bilhões em 2017;
- a região da América do Sul e Central terá o maior crescimento durante o período de previsão, com um crescimento de 39,46% e a dominância do mercado global mudará da Europa e dos EUA para a Ásia. Em 2017, a região Ásia-Pacífico vai gerar a maior fatia das receitas para a indústria de biometria, com mais de 32% das receitas globais;
- durante 2009-2014, as tecnologias AFIS e impressão digital continuarão dominantes no mercado. Entretanto, em 2017 o reconhecimento por íris e por face começarão a rivalizar com as tecnologias dominantes e juntas representarão 33% da receita global.

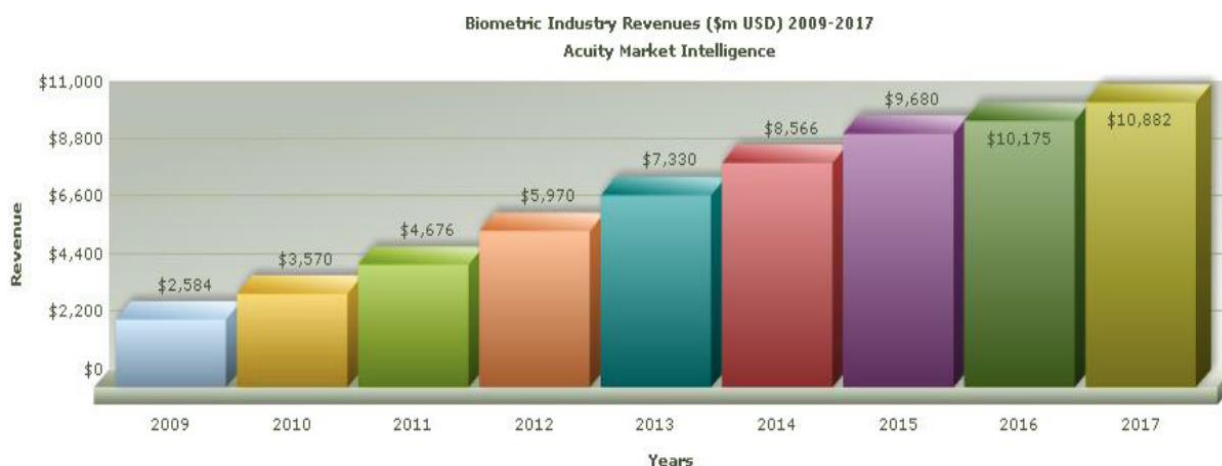


Figura 7 - Receita anual da indústria de biometria (2009-2017)

<sup>27</sup> Acuity é uma empresa que presta assessoria na área de pesquisa e previsão de mercado. Foi fundada em 2001 para oferecer previsão de mercado para o mercado de biometria. Entre os clientes estão 3M, FBI, Gemalto, IBM, IrisID, NEC, NIST, Safran Morpho, entre outros. Site oficial: <http://www.acuity-mi.com/>

(De: Biometrics-A Vision for the Future, HCL, 2011)

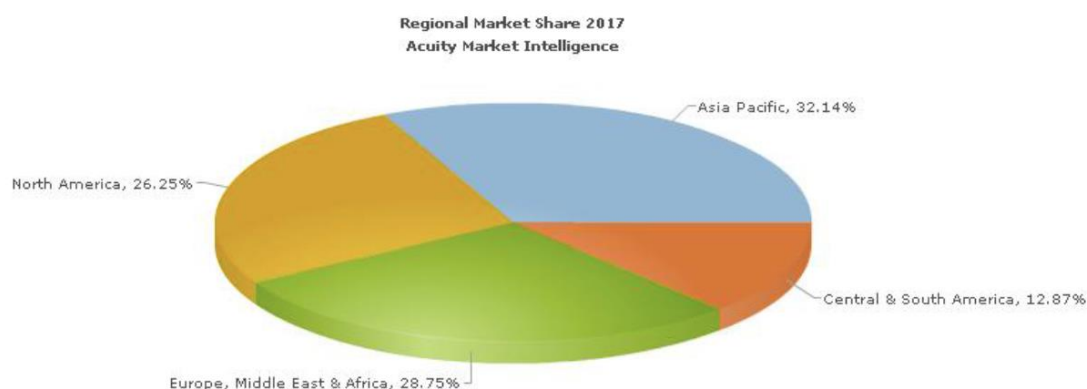


Figura 8 - Divisão de mercado por região em 2017

Fonte: Biometrics - A Vision for the Future, HCL, 2011

### 3.2 MERCADO GLOBAL POR TECNOLOGIA

A Figura 9 traz dados interessantes e que merecem uma análise mais detalhada. Nota-se um grande aumento de participação de mercado das tecnologias de veias da mão, íris e assinatura no ano de 2015 comparado com o ano de 2007. A participação da biometria de veias da mão avança de 3% em 2007 para 10% em 2015. No caso da íris, essa participação vai de 7% a 16%. E por último, a assinatura passa de 1% em 2007 a 10% em 2015. Também se pode inferir que AFIS e impressão digital continuarão, ainda, dominando o mercado mundial de biometria com uma participação de mais de 30% do mercado.

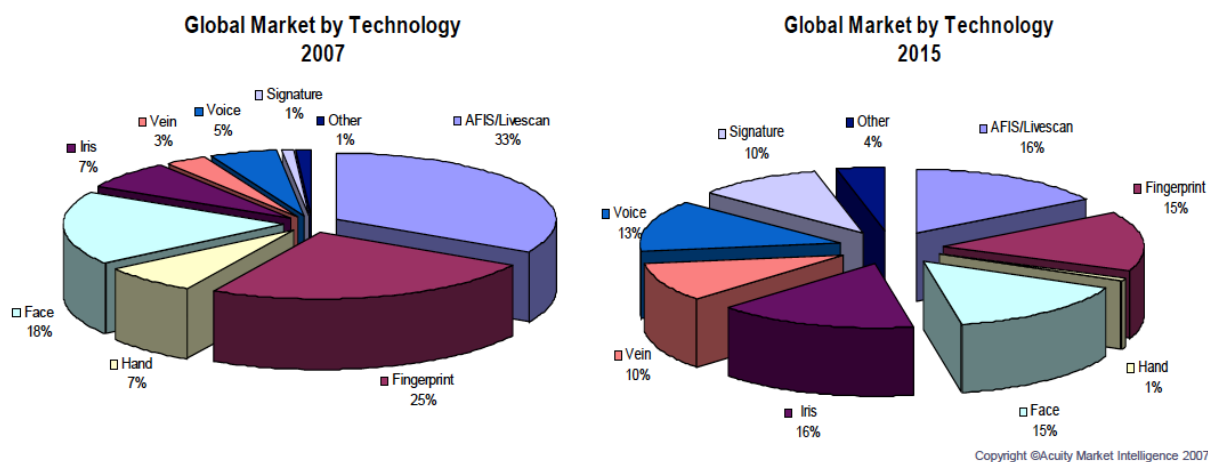


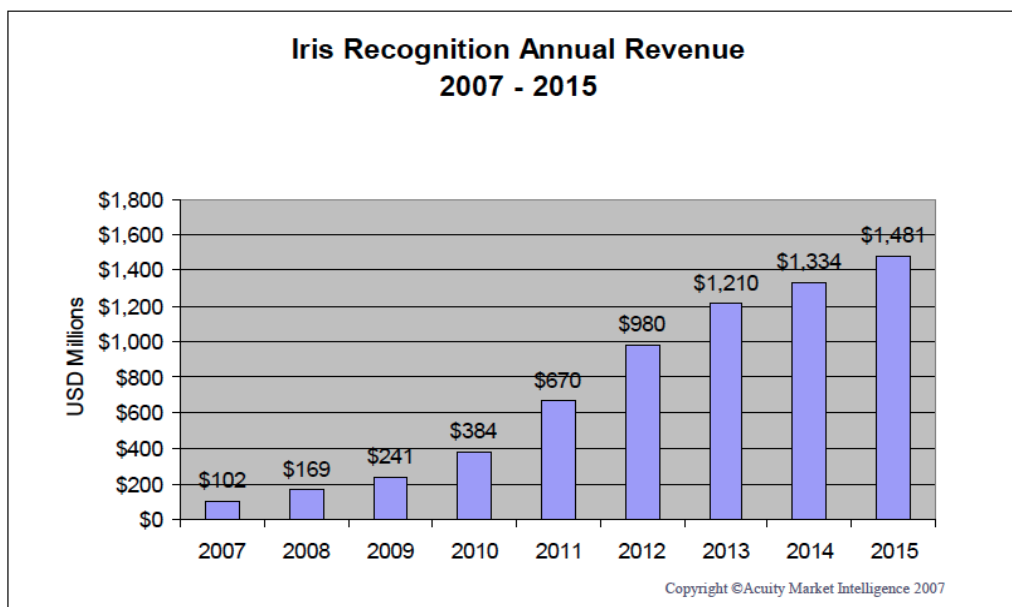
Figura 9 - Mercado global por tecnologia biométrica (2007-2015)

Fonte: The Transformation of the Iris Recognition Market 2007-2020, Acuity Market Intelligence, 2011

Apesar de não oferecer um estudo de mercado dedicado integralmente a biometria, a empresa Gartner<sup>28</sup>, líder mundial em pesquisa e recomendação sobre tecnologia, até 2016, acredita que 30% das organizações mundiais usarão autenticação biométrica por meio de dispositivos móveis. Essa taxa, atualmente, é de apenas 5%, segundo o relatório publicado em fevereiro de 2014<sup>29</sup>.

### 3.3 MERCADO DE RECONHECIMENTO DE ÍRIS

A Figura 10 apresenta o crescimento do mercado de reconhecimento de íris, baseado nos dados de pesquisa de mercado da empresa Acuity. Um fator determinante para o crescimento do reconhecimento da íris foi a quebra da patente. A patente americana da íris expirou em 2005 e a patente mundial em 2007 (Patente Iris, 2006). Após esse período, a adoção e uso da tecnologia cresceu vertiginosamente, aumentando a receita de mercado de tecnologias baseadas em íris, levando, também, a uma queda de preço dos equipamentos. Por esses motivos, foi considerada essa análise do mercado global de reconhecimento de íris.



<sup>28</sup> Gartner é uma empresa de consultoria tecnológica fundada em 1979 e atualmente trabalha com mais de 10.000 empresas em todo o mundo. Site oficial: <http://www.gartner.com/>

<sup>29</sup> <http://www.gartner.com/newsroom/id/2661115>

### Figura 10 - Receita anual do mercado de reconhecimento de íris (2007-2015)

Fonte: The Transformation of the Iris Recognition Market 2007-2020, Acuity Market Intelligence, 2011)

Pode-se observar na Figura 10 que a receita anual de mercado de reconhecimento de íris vem crescendo de forma acentuada desde o ano 2007, chegando a uma previsão de volume de 1,4 bilhão de dólares em 2015.

Outro fator relevante foi que o próprio comitê biométrico do projeto de identificação civil da Índia considerou que se o país adotasse a tecnologia de reconhecimento de íris, o preço dos equipamentos sofreria uma queda acentuada devido a imensa escala do projeto (UIDAI 2012d).

## 3.4 CICLO DE ADOÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS

O uso de biometria tem encontrado uma utilização mundial e tem penetrado em vários mercados, mas as tecnologias de biometria ainda estão evoluindo em direção ao uso em grande escala. Como toda nova tecnologia, ela possui um ciclo de adoção. De acordo com a classificação de adoção de tecnologias do sociólogo, escritor e professor Everett M. Rogers, em seu livro *"Diffusion of Innovations"* (Rogers, 2010), os consumidores podem ser classificados em: inovadores (entusiastas), adotantes iniciais (visionários), maioria inicial (pragmáticos), maioria tardia (conservadores) e retardatários (céticos), conforme ilustra a Figura 11.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.77/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

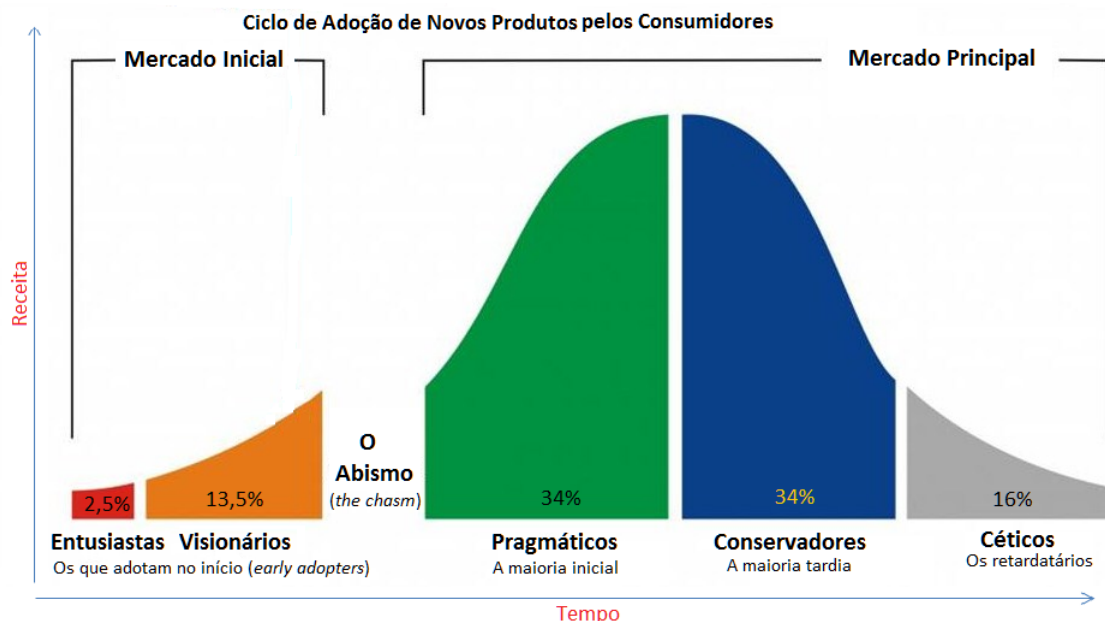


Figura 11 - Ciclo de adoção de novos produtos pelos consumidores

Fonte: <http://neigrando.files.wordpress.com/2013/01/atravessando-o-abismo.png?w=660&h=365>

Baseado nessa classificação de adoção de tecnologia, o mercado de biometria se encontra, de acordo com a pesquisa de mercado da empresa Acuity, na fase de maioria inicial, com 34% de indivíduos pragmáticos, já dentro do mercado principal. Essa é a fase ideal para o lançamento de um projeto de grande escala já que o preço da tecnologia está mais baixo e a aceitação dos indivíduos é média-alta.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS: MAIS CUSTO, MAIS BENEFÍCIO?

Esta seção objetivou apresentar uma análise do mercado de biometria, abrangendo desde o mercado global biométrico até o mercado de reconhecimento por tecnologia. Como se pode ver nos gráficos apresentados, o reconhecimento da íris, das veias da mão e da voz tem ganhado espaço no mercado nos últimos anos. Entretanto, a tecnologia de reconhecimento de impressões digitais ainda continua sendo a líder de mercado em todo o mundo, sendo a biometria mais utilizada nos sistemas de identificação.

O custo ainda continua sendo um fator primordial na escolha das biometrias a serem utilizadas no cadastramento biométrico na identificação civil de um país. Devido ao

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.78/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

crescente interesse pela biometria mundialmente, o preço dos equipamentos tem se tornado mais acessíveis, facilitando a implementação de um sistema biométrico de grande escala.

|                    |                     |                                                                                                            |                   |
|--------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa<br>RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.79/137</b> |
|--------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 4 SISTEMAS MULTI-BIOMÉTRICOS CIVIS DE OUTROS PAÍSES

Em se tratando de casos de uso no mundo, listam-se, a seguir, algumas implementações de outros países considerando questões como população, tipos de biometria adotados, idade de registro, entre outras.

Em primeiro lugar são listados os sistemas biométricos da América Central e América do Sul em que já se pode adiantar que a maioria dos países está trabalhando na implementação de um sistema biométrico multimodal. Depois far-se-á um detalhamento de sistemas utilizados na Europa, África e Ásia, dando destaque para o projeto da Índia devido a sua escala. Os sistemas considerados são os que estão em estado avançado de desenvolvimento.

Os itens resumidos para cada país são:

- nome, página oficial e características básicas do projeto;
- população;
- biometrias coletadas;
- idade de cadastramento;
- observações como:
  - custo de emissão do cartão;
  - validade do documento;
  - início do projeto;
  - estado atual;

Tabela 24 - Sistemas biométricos da América Central e América do Sul

| País                                                                                                                                                                                                | Projeto                                                                                                                                                                    | População  | Biometrias                                                                                                                                      | Idade de Cadastramento                                                                  | Observações                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>América</b>                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                                                                                 |                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Argentina</b>                                                                                                                                                                                    | <p><b>Nome:</b><br/><i>DNI Tarjeta</i></p> <p><b>Órgão emissor</b><br/>RENAPER (<i>Registro Nacional de Personas</i>)</p> <p><b>Página web</b><br/>www.nuevodni.gov.ar</p> | 40.117.096 | <p>- Digital (10 dedos)</p> <p>- Face</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>No nascimento</p>                                                | <p>- Nascimento</p> <p>- Atualização de 5 a 8 anos</p> <p>- Atualização aos 14 anos</p> | <p><b>- Custo:</b><br/>Gratuito para recém-nascidos e 35 pesos (R\$5) para os outros casos</p> <p><b>- Validade:</b><br/>15 anos</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>2011</p> <p><b>- Estado Atual:</b><br/>32 milhões de indivíduos cadastrados</p> <p><b>Observações:</b><br/>- Integrado com a base SIBIOS -<i>Sistema Federal de Identificación Biométrica para la Seguridad</i><br/>- A partir de 1º de janeiro de 2015 será o único documento de identidade válido</p> |
| <b>Bolívia</b>                                                                                                                                                                                      | <p><b>Nome:</b><br/><i>Cédula de Identidad</i></p> <p><b>Órgão emissor</b><br/>SEGIP<br/>(<i>Servicio General de Identificación Personal</i>)</p>                          | 10.027.254 | <p>- Digital (2 dedos)</p> <p>- Face</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>Planta do pé do recém-nascido para evitar tráfico de crianças</p> | <p>- Desde o nascimento</p> <p>- Qualquer idade</p>                                     | <p><b>- Custo:</b><br/>16 bolivianos (R\$2.3)</p> <p><b>- Validade:</b><br/>Não encontrado</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>Junho de 2011</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Projeto: MJ/SE-RIC   Emissão: 13/03/2014   Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx   <b>Pag. 81/137</b></p> <p>Confidencial.</p> |                                                                                                                                                                            |            |                                                                                                                                                 |                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |            |                                                                                                                                                            |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p><b>Página web</b><br/><a href="http://www.segip.gob.bo">www.segip.gob.bo</a></p>                                                                                                                                                                                                                             |            |                                                                                                                                                            |                                                                                  | <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>- 6.023.922 de indivíduos cadastrados.<br/>- Em fevereiro de 2014 inicia entrega de cartões com chips</p>                                                                                                                                       |
| Chile    | <p><b>Nome e Órgão emissor:</b><br/><i>Servicio de Registro Civil e Identificación</i></p> <p><b>Página web</b><br/><a href="http://www.srcei.cl">www.srcei.cl</a></p>                                                                                                                                          | 16.634.603 | <p>- Digital (10 dedos)<br/>- Face</p> <p>- <b>Coleta da biometria:</b><br/>Obrigatória para todos, inclusive para menores com idade superior a 6 anos</p> | <p>- A partir dos 6 anos (opcional)<br/>- A partir dos 18 anos (obrigatório)</p> | <p>- <b>Custo:</b><br/>3600 pesos chilenos (R\$6.75)</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>5 a 10 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Não encontrado</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>- Emissão de cartões com chips desde setembro de 2013.<br/>- Número não encontrado</p> |
| Colômbia | <p><b>Nome:</b><br/><i>Tarjeta de identidad azul biométrica</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/><i>Registraduría Nacional del Estado Civil</i></p> <p><b>Página web</b><br/><a href="http://www.registraduria.gov.co/-Tarjeta-de-Identidad-.html">www.registraduria.gov.co/-Tarjeta-de-Identidad-.html</a></p> | 47.704.427 | <p>- Digital (10 dedos)</p> <p>- <b>Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 7 anos</p>                                                                   | <p>- Aos 7 anos<br/>- Renovação aos 14 anos</p>                                  | <p>- <b>Custo:</b><br/>Grátis</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>7 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Agosto de 2008</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>3.833.136 de indivíduos cadastrados</p>                                                                            |
| Equador  | <p><b>Nome e Órgão emissor:</b><br/>Registro Civil</p> <p><b>Página web</b><br/><a href="http://www.registrocivil.gob.ec">www.registrocivil.gob.ec</a></p>                                                                                                                                                      | 15.761.731 | <p>- Digital (10 dedos)<br/>- Face<br/>- Assinatura Digital</p>                                                                                            |                                                                                  | <p>- <b>Custo:</b><br/>R\$10</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>10 anos</p>                                                                                                                                                                                                        |

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.82/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

|                  |                                                                                                                                                                                                                       |             |                                                                                                                                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                                                                                                                                                                                                       |             |                                                                                                                                         |                                                                    | <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>2010</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>7.586.025 de indivíduos cadastrados</p>                                                                                                |
| <b>Guatemala</b> | <p><b>Nome:</b><br/>DPI (<i>Documento Personal de Identificación</i>)</p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>Emitido por <i>Registro Nacional de Personas</i> (Renap)</p> <p><b>Página web</b><br/>www.renap.gob.gt</p>     | 15.400.000  | <p>- Digital (10 dedos)<br/>- Face<br/>- Assinatura Digital</p> <p>- <b>Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 7 anos</p>            | <p>- 0 a 12 anos: DPI dourado<br/>- 13 e 17 anos: DPI prateado</p> | <p>- <b>Custo:</b><br/>85Q (R\$10)</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>Não encontrado</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Agosto de 2010</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>10 milhões de indivíduos cadastrados</p> |
| <b>México</b>    | <p><b>Nome:</b><br/><i>Cédula de Identidad Personal</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>RENAPO (<i>Registro Nacional de Población e Identificación Personal</i>)</p> <p><b>Página web</b><br/>www.renapo.gob.mx/</p> | 112.336.538 | <p>- Assinatura Digital<br/>- Digital (10 dedos)<br/>- Face<br/>- Iris</p> <p>- <b>Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 4 anos</p> | - Para menores de 18 anos (4 a 17)                                 | <p>- <b>Custo:</b><br/>Grátis</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>6 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Janeiro de 2009</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>6.6 milhões de indivíduos cadastrados</p>            |
| <b>Peru</b>      | <p><b>Nome:</b><br/><i>Documento Nacional de Identidad Electrónico</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>RENIEC (<i>Registro Nacional de Identificación y Estado Civil</i>)</p> <p><b>Página web</b></p>               | 30.135.875  | <p>- Digital (10 dedos)<br/>- Face</p> <p>- <b>Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 18 anos</p>                                    | - Maiores de 18 anos                                               | <p>- <b>Custo:</b><br/>40 Sol (R\$14)</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>8 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Não encontrado</p>                                                                             |

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.83/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

[www.reniec.gob.pe/portal/acercaDni.htm](http://www.reniec.gob.pe/portal/acercaDni.htm)

**- Estado Atual:**  
Emissão a partir de julho de 2013

**Observações:**  
- Cartão com chip e certificado digital

|                    |                     |                                                                                                         |                   |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.84/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 4.2 EUROPA

Tabela 25 - Sistemas biométricos da Europa

| País               | Projeto                                                                                                                                                                                         | População           | Biometrias                                                                                                | Idade de Cadastramento | Observações                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Europa             |                                                                                                                                                                                                 |                     |                                                                                                           |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Alemanha           | <p><b>Nome:</b><br/><i>German National Identity Card</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/><i>Não encontrado</i></p> <p><b>Página web:</b><br/><i>http://www.personalausweisportal.de/EN</i></p> | 80.548.000          | <p>- Face</p> <p>- Digital: 2 dedos (opcional)</p> <p>- Coleta da biometria:<br/>A partir dos 16 anos</p> | - A partir dos 16 anos | <p>- <b>Custo:</b><br/>16 anos: grátis<br/>+24 anos: 28 euros</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>6 e 10 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Novembro de 2010</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>+60 milhões de indivíduos cadastrados</p> <p>- <b>Observações:</b><br/>Cartão com chip e certificado digital. Dados biométricos são opcionais.</p> |
| Bélgica            | <p><b>Nome:</b><br/><i>EID</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/><i>Não encontrado</i></p> <p><b>Página web:</b><br/><i>http://eid.belgium.be/en</i></p>                                         | 11.099.554          | <p>- Digital (dedos indicadores)</p> <p>- Face</p> <p>- Coleta da biometria:<br/>A partir dos 12 anos</p> | - A partir dos 12 anos | <p>- <b>Custo:</b><br/>17 euros</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>5 e 10 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>2005</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>Não disponível</p>                                                                                                                                                                           |
| Projeto: MJ/SE-RIC |                                                                                                                                                                                                 | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx   |                        | Pág.85/137                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

|                         |                                                                                                                                                                                                       |            |                                                                                                                                          |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Espanha</b>          | <p><b>Nome:</b><br/><i>Documento Nacional de Identidad electrónico (DNIe)</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/><i>Polícia Nacional</i></p> <p><b>Página web:</b><br/><i>www.dnielectronico.es</i></p> | 46.704.314 | <p>- Digital (dedos índices)</p> <p>- Face</p> <p>- Assinatura Digital</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 14 anos</p> | <p>- Desde o nascimento</p> <p>- Qualquer idade</p> | <p><b>- Observações:</b><br/>Cartão com chip e certificado digital</p> <p><b>- Custo:</b><br/>6.7 euros</p> <p><b>- Validade:</b><br/>2, 5 e 10 anos</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>Março de 2006</p> <p><b>- Estado Atual:</b><br/>38 milhões de indivíduos cadastrados</p> <p><b>- Observações:</b><br/>Cartão com chip e certificado digital</p> |
| <b>Estônia</b>          | <p><b>Nome:</b><br/><i>Estonian identity card</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>Não encontrado</p> <p><b>Página web:</b><br/><i>www.id.ee/?lang=en</i></p>                                         | 1.324.814  | <p>- Face</p> <p>- Assinatura Digital</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 15 anos</p>                                  | - A partir dos 15 anos                              | <p><b>- Custo:</b><br/>não disponível</p> <p><b>- Validade:</b><br/>10 anos</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>Maio de 2000</p> <p><b>- Estado Atual:</b><br/>1.213.100 milhões de indivíduos cadastrados</p> <p><b>- Observações:</b><br/>Cartão com chip e certificado digital</p>                                                                    |
| <b>República Tcheca</b> | <p><b>Nome:</b><br/><i>Electronic identity card</i></p> <p><b>Órgão emissor:</b></p>                                                                                                                  | 10.513.209 | <p>- Digital (10 dedos)</p> <p>- Face</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 15 anos</p>                                  | - A partir dos 15 anos                              | <p><b>- Custo:</b><br/>não disponível</p> <p><b>- Validade:</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|          |                                                                                                                                                |            |                                                                                                     |                       |                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p><i>Ministry of the interior of the Czech Republic</i></p> <p><b>Página web:</b><br/>www.mvcr.cz</p>                                         |            |                                                                                                     |                       | <p>5 e 10 anos</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>2010</p> <p><b>- Estado Atual:</b><br/>Não disponível</p> <p><b>- Observações:</b><br/>Cartão com chip</p>                                                                           |
| Portugal | <p><b>Nome:</b><br/>Cartão de Cidadão</p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>Não encontrado</p> <p><b>Página web:</b><br/>www.cartaodecidadao.pt</p> | 10.642.000 | <p>- Digital (2 dedos)<br/>- Face</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 12 anos</p> | - A partir dos 6 anos | <p><b>- Custo:</b><br/>15 euros</p> <p><b>- Validade:</b><br/>5 anos</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>2007</p> <p><b>- Estado Atual:</b><br/>+8.6 milhões</p> <p><b>- Observações:</b><br/>Cartão com chip e certificado digital</p> |

## 4.3 ÁFRICA

Tabela 26 - Sistemas biométricos da África

| País    | Projeto                                                                                                                                                                                    | População   | Biometrias                                                                                                                  | Idade de Cadastro      | Observações                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| África  |                                                                                                                                                                                            |             |                                                                                                                             |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Gambia  | <p><b>Nome:</b><br/>GAMBIS<br/>(The Gambia Biometric Identification System)</p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>Não encontrado</p> <p><b>Página web:</b><br/>www.gambis.gm</p>                | 1.883.051   | <p>- Face</p> <p>- Digital (2 dedos)</p> <p>- <b>Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 18 anos</p>                      | - A partir de 18       | <p>- <b>Custo:</b><br/>200 Gambia Dalasi (R\$5.2)</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>10 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Julho de 2009</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>300.000 indivíduos registrados</p>                                                     |
| Nigéria | <p><b>Nome:</b><br/>National Identification Number (NIN)</p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>National Identity Management Commission (Nimc)</p> <p><b>Página web:</b><br/>www.nimc.gov.ng</p> | 174.507.539 | <p>- Assinatura</p> <p>- Face</p> <p>- Digital (10 dedos)</p> <p>- <b>Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 16 anos</p> | - A partir dos 16 anos | <p>- <b>Custo:</b><br/>grátis</p> <p>- <b>Validade:</b><br/>5 e 10 anos</p> <p>- <b>Início do projeto:</b><br/>Julho de 2013</p> <p>- <b>Estado Atual:</b><br/>Não disponível</p> <p>- <b>Observações:</b><br/>Cartão com chip<br/>Parceria com Visa e MasterCard</p> |

## 4.4 ÁSIA

Tabela 27 - Sistemas biométricos da Ásia

| País      | Projeto                                                                                                                                                                                                                | População     | Biometrias                                                                                                            | Idade de Cadastramento                                                      | Observações                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ásia      |                                                                                                                                                                                                                        |               |                                                                                                                       |                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Índia     | <p><b>Nome:</b><br/>UIDAI (<i>Unique Identification Authority of India</i>)</p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>Indian Government</p> <p><b>Página web:</b><br/><a href="http://uidai.gov.in">http://uidai.gov.in</a></p> | 1.220.800.358 | <p>- Face</p> <p>- Digital (10 dedos)</p> <p>- Iris</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>Aos 5 e aos 15 anos</p>  | <p>- A partir do nascimento</p> <p>- Coleta biométrica:<br/>5 e 15 anos</p> | <p><b>- Custo:</b><br/>Grátis</p> <p><b>- Validade:</b><br/>10 anos</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>Janeiro de 2009</p> <p><b>- Estado Atual:</b><br/>750 milhões de números emitidos</p> <p><b>- Observações:</b><br/>Não há cartão, somente um número 3 ABIS de diferentes empresas (NEC, L1 e Sagen Morhpo)</p> |
| Indonésia | <p><b>Nome:</b><br/>E-KTP Program</p> <p><b>Órgão emissor:</b><br/>Não encontrado</p> <p><b>Página web:</b><br/><a href="http://www.e-ktp.com/">http://www.e-ktp.com/</a></p>                                          | 246.864.191   | <p>- Face</p> <p>- Digital (10 dedos)</p> <p>- Iris</p> <p><b>- Coleta da biometria:</b><br/>A partir dos 16 anos</p> | <p>- A partir dos 16 anos ou casamento</p>                                  | <p><b>- Custo:</b><br/>não encontrado</p> <p><b>- Validade:</b><br/>não encontrado</p> <p><b>- Início do projeto:</b><br/>Janeiro de 2009</p> <p><b>- Estado Atual:</b><br/>143 milhões de números emitidos</p> <p><b>- Observações:</b><br/>- 17.504 ilhas, sendo 6000 desabitadas</p>                                   |

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.89/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Tabelas 24, 25, 26 e 27 trazem dados interessantes e que merecem uma análise detalhada. **Dentro da amostra analisada**, podemos inferir que:

- foram analisados 18 países, sendo 8 da América do Sul, 6 da Europa, 2 da África e 2 da Ásia;
- 8 países da América do Sul já possuem um sistema de identificação biométrico seja em fase de projeto ou em fase de execução;
- a idade de coleta dos dados biométricos se divide nas seguintes proporções:
  - nascimento: 12%
  - 4 a 10 anos: 29%
  - 11 a 17 anos: 47%
  - +18 anos: 12%
- a coleta da íris é realizada em 3 países, Índia, Indonésia e México. Apesar do número de países que adotou a íris ainda não ser representativo dentre os 18 avaliados, uma questão chama a atenção, a população desses países. Índia possui população de 1.2 bilhões, Indonésia tem população de 246 milhões e por último México com 112 milhões. A soma da população dos 3 países ultrapassa os 1.46 bilhões de habitantes. Pode-se concluir que em países com grande população, que necessitam de projetos de sistema de identificação de grande escala, o uso da íris juntamente com a impressão digital foi primordial para garantir a identificação de toda a população;
- 95% dos países analisados emitem um cartão ou documento, muitos deles com certificado digital utilizados no processo de autenticação;
- 38% dos países emitem o cartão sem nenhum custo ao cidadão;
- Somente a Índia não emite cartão (é emitido um número composto de 12 dígitos).

A Figura 12 resume as principais características dos sistemas biométricos dos países analisados.

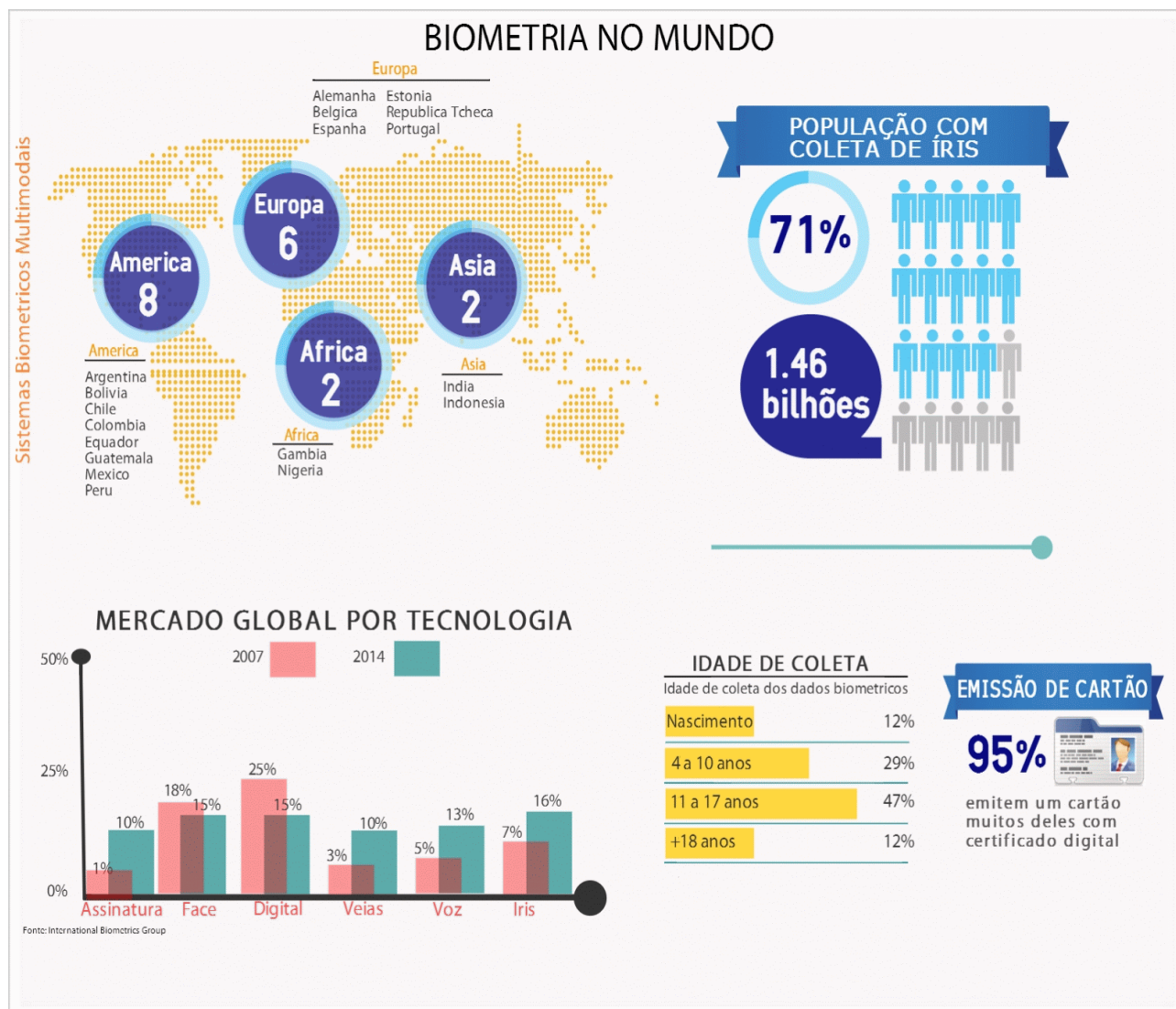


Figura 12 – Infográfico dos sistemas biométricos no mundo

## Caso Índia

Como comentado no início dessa seção, são descritos alguns detalhes do grandioso sistema de identificação biométrico da Índia, o qual já se tornou referência mundial, devido à sua escala e complexidade.

Em 2009, a Índia lançou um ambicioso programa para atender cada um de seus 1,2 bilhão de residentes com um número único de identificação (UID), conhecido como *Aadhaar*. Para tal, é realizada a coleta de três dados biométricos: impressões digitais (10 dedos pousada/batida), leitura da íris (ambos os olhos), e uma imagem do rosto.

O sistema de identificação biométrico da Índia é o maior banco de dados biométrico do mundo, com mais de 750 milhões de pessoas já registradas pela Autoridade Única de Identificação da Índia (UIDAI).

O governo indiano pretende atender uma grande parte da população que está desassistida pelos programas sociais. Cerca de 440 milhões de indianos se encontram abaixo da linha da pobreza. O país conta com uma série de programas sociais, os quais sofrem com a corrupção e a burocracia. Grande número dos cidadãos pobres da Índia não tem identidade, contas bancárias ou até mesmo endereço fixo. Com isso, muitas vezes, esse dinheiro acaba nas mãos de famílias de classe média. O UID pretende garantir a essas pessoas acesso aos serviços de bem-estar bem como reduzir a fraude.

A população não é obrigada a fazer o cadastramento, porém alguns serviços sociais estão vinculados a esse cadastro. Provavelmente, no futuro, o UID será o principal meio de identificação usado pelo país.

Por ser um sistema robusto, maduro e de grande escala, a infraestrutura tecnológica, o sistema de banco de dados, os equipamentos biométricos e os procedimentos de identificação adotados pelo governo indiano são um caso relevante a ser analisado no âmbito do RIC.

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.92/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

|                    |                     |                                                                                                            |                   |
|--------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa<br>RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.93/137</b> |
|--------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 5 CARACTERÍSTICAS BRASILEIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS BIOMÉTRICOS

Nessa seção, dar-se-á ênfase a algumas características brasileiras para a implementação de sistemas biométricos. Em primeiro lugar, é feito um estudo da demografia brasileira e suas particularidades relacionadas as limitações presentes na população brasileira e as possíveis implicações no processo de cadastramento no sistema biométrico de identidade civil. Em segundo lugar, a legislação brasileira em análise biométrica é analisada.

### 5.1 DEMOGRAFIA DO BRASIL

De acordo com o último censo do IBGE, realizado em 2010, o Brasil possui aproximadamente 194 milhões de habitantes. Ocupando, assim, a quinta posição mais populosa do mundo, ficando atrás de países como China (1,3 bilhão), Índia (1,1 bilhão), Estados Unidos (314 milhões), e Indonésia (229 milhões).

Na década de 1970, o Brasil possuía menos da metade da população atual, contando com 90 milhões de habitantes, como ilustra a Figura 13. Previsões apontam que em 2050 o Brasil terá 260 milhões de brasileiros com expectativa de vida de 81,3 anos.



Figura 13 – Crescimento da população brasileira

Fonte: Folha de São Paulo

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.94/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

O Brasil possui no seu território uma desigual distribuição populacional. As regiões Sudeste, Nordeste e Sul apresentam os maiores percentuais com 42,13%, 27,83% e 14,36% do total, respectivamente. As regiões com menor povoamento são a Região Norte com 15.864.454 habitantes e Centro-Oeste, com pouco mais de 14 milhões de habitantes.

Os dados do Censo 2010 do IBGE apontam que, no máximo em 40 anos, o país terá taxa de natalidade mais baixa e, com isso, uma média de idade maior. Por gênero, os homens correspondem a 49% da população brasileira e as mulheres a 51%, como mostra a Figura 14.



Figura 14 – Pirâmide etária brasileira

Fonte: Folha de São Paulo

#### 5.1.1 Particularidades da População Brasileira

Por ser um país de grande dimensão (área geográfica e população total), os residentes brasileiros apresentam certas peculiaridades, descritas nessa seção. Essas peculiaridades estão relacionadas, principalmente, a dificuldades na etapa de cadastramento dos dados biométricos, não necessariamente significando que o problema de fato vá ocorrer. Dessa forma, os seguintes grupos são considerados.

- População rural: pode apresentar problemas nas impressões digitais devido

|                    |                     |                                                                                                         |            |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.95/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

ao trabalho com equipamentos pesados;

- População composta por diaristas: também podem apresentar problemas nas impressões digitais devido ao manuseio de produtos químicos;
- População cega: pode apresentar problemas na leitura facial.

A seguir, passa-se a descrever as características de cada um dos grupos identificados.

### 5.1.2 População Rural

A população urbana em 2010 era de 84,4% (161 milhões de habitantes) e a população rural 15,6% (30 milhões de habitantes) do total. Em 1960, a sociedade, diferentemente do Censo de 2010, era predominantemente rural, com 44,7% da população urbana e 55,3% da população rural. Para se comparar, internacionalmente, o grau de urbanização no mundo há poucos anos ultrapassou 50%. Na União Europeia, há desde países com 61%, como Portugal, até outros como a França, com 85% da sua população morando em região urbana. No BRIC<sup>30</sup>, o Brasil é o que possui maior grau de urbanização, pois a Rússia tem 73%, a China, 47% e a Índia, apenas 30%. Os EUA possuem grau de urbanização pouco menor do que o do Brasil: 82%.

A divisão da população urbana e rural por estado no Brasil, de acordo com o mesmo Censo de 2010, pode ser verificada na Figura 15.

Apesar da diminuição gradativa da população rural nas últimas décadas, a amostra ainda é bastante representativa, cerca de 30 milhões de pessoas. Devido ao trabalho manual com equipamentos pesados, produtos tóxicos, entre outros, essa população pode apresentar problemas na identificação das impressões digitais. Entretanto, não há estudos que confirmam a porcentagem da população brasileira com esse tipo de problema. A Figura 15 pode indicar, de alguma forma, as regiões do país onde pode haver mais problemas no momento da coleta dos dados biométricos.

<sup>30</sup> Sigla que se refere a Brasil, Rússia, Índia, China, que se destacam no cenário mundial como países em desenvolvimento

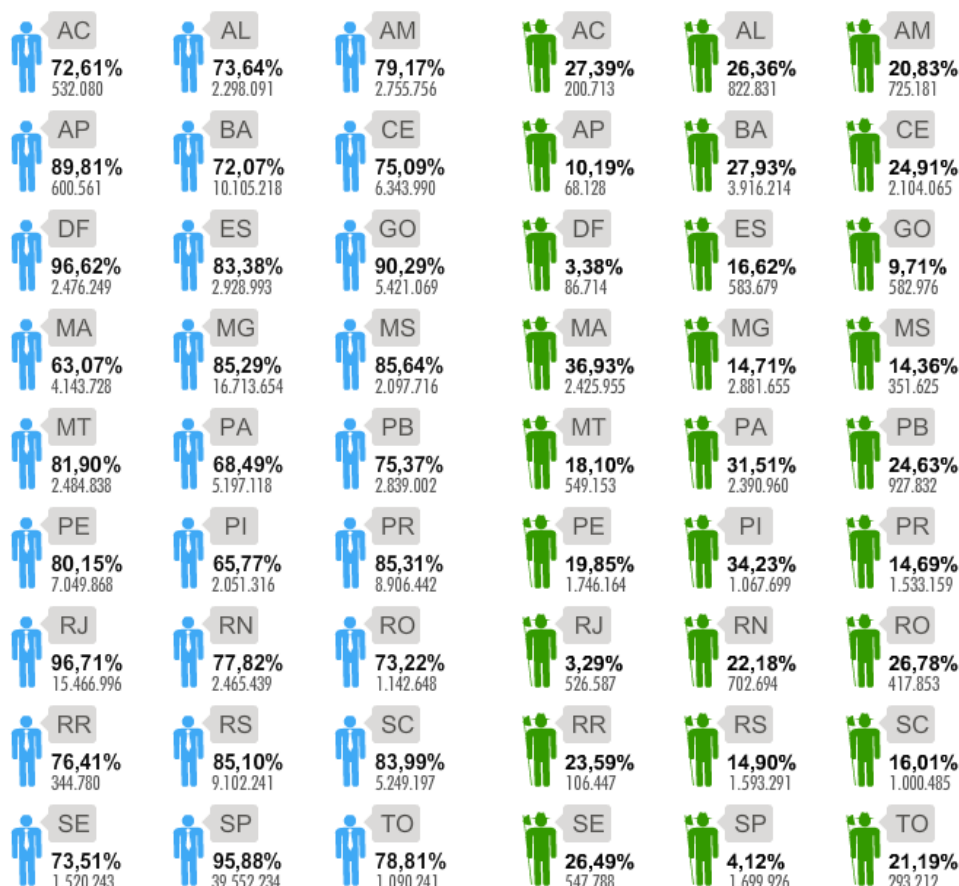


Figura 15 – População rural brasileira

### 5.1.3 Número de Diaristas

Após a aprovação da Lei das domésticas, a qual fornece novos direitos às empregadas domésticas, o número de diaristas trabalhando sem carteira assinada só vem aumentando. Segundo um estudo divulgado pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), o número de trabalhadoras domésticas diaristas praticamente dobrou nos últimos dez anos. Entre 6,7 milhões de empregadas domésticas no Brasil (2009), cerca de 2 milhões são diaristas.

Como acontece com a população rural, as diaristas também podem apresentar problemas na identificação das impressões digitais, devido ao trabalho manual com produtos tóxicos. Entretanto, não há estudos que confirmam a porcentagem da população brasileira com esse tipo de problema.

#### 5.1.4 População Cega

No Censo Demográfico de 2010, as perguntas formuladas buscaram identificar as deficiências visual, auditiva e motora, com seus graus de severidade, por meio da percepção da população sobre sua dificuldade em enxergar, ouvir e locomover-se, mesmo com o uso de facilitadores como óculos ou lentes de contato, aparelho auditivo ou bengala, e a deficiência mental ou intelectual (IBGE, 2010).

A investigação dos graus de severidade de cada deficiência permitiu conhecer a parcela da população com deficiência severa, a qual se constitui no principal alvo das políticas públicas voltadas para a população com deficiência. São consideradas com deficiência severa visual, auditiva e motora as pessoas que declararam ter grande dificuldade ou que não conseguiam ver, ouvir ou se locomover de modo algum, e para aquelas que declararam ter deficiência mental ou intelectual.

Os resultados do Censo Demográfico 2010 apontaram 45.606.048 milhões de pessoas que declararam ter, pelo menos, uma das deficiências investigadas, correspondendo a 23,9% da população brasileira. Dessas pessoas, 38.473.702 (84,3%) se encontravam em áreas urbanas e 7.132.347 (15,7%), em áreas rurais.

No Brasil, existem mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual, sendo 582 mil cegas e 6 milhões com baixa visão. A quantidade percentual de cada deficiência com os dados do Censo Demográfico de 2010 é mostrada na Figura 16:

| Sexo<br>e<br>grupos de idade | Distribuição percentual da população residente (%) |                                                            |             |            |            |                          |                                          |
|------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------|------------|------------|--------------------------|------------------------------------------|
|                              | Total<br>(1) (2)                                   | Tipo de deficiência                                        |             |            |            |                          |                                          |
|                              |                                                    | Pelo menos<br>uma das<br>deficiências<br>enumeradas<br>(1) | Visual      | Auditiva   | Motora     | Mental ou<br>intelectual | Nenhuma<br>destas<br>deficiências<br>(3) |
| <b>Total</b>                 | <b>100,0</b>                                       | <b>23,9</b>                                                | <b>18,8</b> | <b>5,1</b> | <b>7,0</b> | <b>1,4</b>               | <b>76,1</b>                              |
| 0 a 14 anos                  | 100,0                                              | 7,5                                                        | 5,3         | 1,3        | 1,0        | 0,9                      | 92,5                                     |
| 15 a 64 anos                 | 100,0                                              | 24,9                                                       | 20,1        | 4,2        | 5,7        | 1,4                      | 75,0                                     |
| 65 anos ou mais              | 100,0                                              | 67,7                                                       | 49,8        | 25,6       | 38,3       | 2,9                      | 32,3                                     |
| <b>Homens</b>                | <b>100,0</b>                                       | <b>21,2</b>                                                | <b>16,0</b> | <b>5,3</b> | <b>5,3</b> | <b>1,5</b>               | <b>78,8</b>                              |
| 0 a 14 anos                  | 100,0                                              | 7,3                                                        | 4,8         | 1,4        | 1,0        | 1,0                      | 92,7                                     |
| 15 a 64 anos                 | 100,0                                              | 22,2                                                       | 17,1        | 4,5        | 4,5        | 1,6                      | 77,8                                     |
| 65 anos ou mais              | 100,0                                              | 64,6                                                       | 47,3        | 28,2       | 30,9       | 2,8                      | 35,4                                     |
| <b>Mulheres</b>              | <b>100,0</b>                                       | <b>26,5</b>                                                | <b>21,4</b> | <b>4,9</b> | <b>8,5</b> | <b>1,2</b>               | <b>73,5</b>                              |
| 0 a 14 anos                  | 100,0                                              | 7,8                                                        | 5,9         | 1,3        | 1,0        | 0,7                      | 92,2                                     |
| 15 a 64 anos                 | 100,0                                              | 27,6                                                       | 23,1        | 4,0        | 6,8        | 1,2                      | 72,4                                     |
| 65 anos ou mais              | 100,0                                              | 70,1                                                       | 51,7        | 23,6       | 44,0       | 3,0                      | 29,9                                     |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

Figura 16 – Percentual da população com deficiência

Como comentado na Seção 2.2.9, na descrição das características biométricas da íris, a cegueira não necessariamente afeta o seu reconhecimento. Entretanto, vale a pena mencionar nesse documento a porcentagem da população que sofre de algum problema visual. Como o censo não revela com precisão a origem dessas deficiências, é interessante considerar essa porcentagem da população, na qual pode haver problemas no momento da coleta dos dados biométricos.

### 5.1.5 Considerações Finais

Esta seção objetivou apresentar detalhes da demografia brasileira e apresentar dados referentes a uma parte da população, como os trabalhadores rurais, as diaristas e os cidadãos com deficiência visual, possuidora de características especiais podendo não apresentar todos os traços biométricos, influenciando no processo de coleta dos dados biométricos pelo Programa RIC.

## 5.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA EM ANÁLISE BIOMÉTRICA

A cada dia que passa mais empresas, estabelecimentos e entidades governamentais fazem uso de um sistema biométrico para a identificação de pessoas. Mecanismos como o uso da impressão digital já são encontrados em planos de saúde, parques de diversões, controle de entrada de edifícios, academias, instituições financeiras, entre outros. O dado biométrico precisa ser guardado com a máxima proteção, para evitar, inclusive, a possibilidade de seu extravio e uso indevido por terceiros. Mas qual é o estado atual sobre os aspectos jurídicos sobre os sistemas biométricos no Brasil?

Por se tratar de um assunto relativamente recente, não há uma legislação brasileira própria sobre o assunto. Entretanto, o uso da biometria está diretamente relacionado aos conceitos de intimidade, privacidade e imagem do indivíduo. Dessa forma, se aplica o princípio constitucional previsto no Artigo 5, inc. X da Constituição Federal de 1988:

“ ...

*Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes:*

*X - são invioláveis a intimidade, a vida privada, a honra e a imagem das pessoas, assegurado o direito a indenização pelo dano material ou moral decorrente de sua violação;*

...”

Mesmo diante da inexistência de uma norma legislativa específica, o governo tem acompanhado a constante alteração dos valores sociais, especialmente em razão das novas tecnologias. Por fim, a biometria é uma boa solução para questões de autenticação de identidade, mas deve ser feita de forma adequada, segura e legal adotando uma política de segurança com avaliação dos riscos para os *templates* biométricos e a adoção de controle de segurança que minimizem os riscos de vazamento de informação.

|                    |                     |                                                                                                         |                    |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.100/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 6 RECOMENDAÇÕES E JUSTIFICATIVAS

O Brasil, assim como outros países que estão avaliando o uso da biometria para a construção de um sistema de identificação civil, encontra-se em fase inicial na busca de um modelo biométrico adequado as características do país e da população.

Em relação às biometrias mais conhecidas, a impressão digital tem a maior aceitação, sendo também a mais utilizada, seja no âmbito civil ou seja criminal. A face é uma biometria bastante utilizada para a identificação manual de um indivíduo, entretanto, não oferece precisão suficiente para a identificação automatizada de uma população de aproximadamente 200 milhões de habitantes como é o caso do Brasil, sendo útil apenas como uma biometria complementar. Além da impressão digital e da face, os dados biográficos também podem ser utilizados no processo de identificação, embora não sejam tão confiáveis quanto as biometrias. Outra biometria que tem despertado bastante interesse são as veias da mão. No entanto, como se pode ver no decorrer desse relatório, as veias da mão não são adequadas para um sistema nacional de identificação civil em função da estabilidade dos padrões das veias, ou seja, são geralmente estáveis para adultos entre 20 e 50 anos de idade (Anil Jain, 2010; Nadort, 2007), mas depois começam a apresentar problemas devido à diminuição na força dos ossos e músculos. Existem várias doenças, como diabetes, aterosclerose, ou tumores, que podem afetar os padrões de veias e torná-los grossos ou finos, dificultando o reconhecimento.

Por último, também se observa que a íris é uma biometria consolidada em projetos de grande escala e vem sendo estudada e utilizada nos últimos anos, tornando-se importante juntamente com a impressão digital e a face. Diferentes estudos científicos relatam que a íris é a biometria que apresenta maior precisão, é mais promissora e eficaz para sistemas de identificação de grande escala (Daugman, 2004; Goldstein et al, 2008; Ashbourn, 2011).

Finalmente, é possível combinar modalidades diferentes de biometria a fim de aumentar ainda mais a precisão na identificação, como é o caso dos sistemas conhecidos como multimodais. Como exemplo, o comitê biométrico indiano publicou três relatórios (UIDAI 2012a, UIDAI 2012b e UIDAI 2012c) descrevendo o desempenho do sistema biométrico multimodal (face, impressão digital e íris) de uma amostra populacional de 84 milhões de cidadãos e verificou que a união das três biometrias citadas melhora a

|                    |                     |                                                                                                         |             |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.101/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.

É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

precisão global do sistema, apontando identidades duplicadas em mais de 99.96% dos casos.

Diante das características mencionadas, a tomada de decisão no sentido de adquirir ou desenvolver sistemas biométricos é crítica, pois a comunidade alvo de indivíduos tende a ser expressiva e bastante diversificada. Nesse sentido, com os objetivos de minimizar, a níveis aceitáveis, os riscos e fornecer dados técnicos para embasar a melhor escolha, é que se destaca a importância da avaliação de sistemas biométricos, seja por meio de estudos técnico-científicos ou seja por meio de casos de uso de outros países com características semelhantes ao Brasil.

Tendo como referência todo o trabalho desenvolvido e os conceitos abordados nesse documento, **o Subprojeto de Controle Biométrico é capaz de fazer as seguintes recomendações.**

1. Adoção de um sistema de identificação multi-biométrico, o qual ofereça melhor precisão e desempenho na identificação do cidadão brasileiro, além de aumentar a precisão do sistema, permitir, também, incrementar a amostra populacional cadastrada, no caso de algum indivíduo não possuir uma determinada biometria;
2. Adoção de um sistema multi-biométrico composto pelas imagens da impressão digital dos 10 dedos, uma fotografia digital, e as duas íris, todos seguindo padrões internacionais, de modo a identificar de forma 'unívoca' o cidadão brasileiro;
3. Aderência ao conjunto de padrões ISO/IEC 19794, responsável pela padronização de normas de biometrias como a impressão digital, face e íris por serem normas reconhecidas, amplamente aceitas e utilizadas em sistemas biométricos de identificação civil de diversos países como (Argentina, Índia, Indonésia e México);
4. É imperativo que o processo de cadastramento dos indivíduos siga os procedimentos adequados de controle, qualidade e auditoria segundo as normas e padrões estabelecidos.

## 7 CONCLUSÃO

O uso de vários traços biométricos como impressão digital, íris e foto incrementa tanto a precisão do sistema quanto a garantia de cadastramento de toda a população brasileira. É recomendável fazer a coleta da totalidade das biometrias, aqui sugeridas, a ter de, em um futuro próximo, refazer a coleta para biometrias adicionais. A qualidade da coleta também é de suma importância para assegurar a unicidade do cadastro do cidadão. Esse procedimento deve ser realizado por meio de avaliações laboratoriais feitas por laboratório de testes independentes, tecnicamente competentes, com experiência comprovada e que consiga, por meio sistêmicos e metodológicos, mostrar resultados técnicos com alto nível de confiabilidade.

De forma resumida, o Subprojeto de Controle Biométrico, responsável por oferecer diretrizes sobre a aplicabilidade de um sistema de identificação biométrico para o RIC, sugere a adoção de um sistema multi-biométrico, atendendo às normas e padrões de biometria internacionais e garantindo a identificação da integralidade da população brasileira.

|                    |                     |                                                                                                         |                    |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | <b>Pág.103/137</b> |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

## 8 ANEXO I – TÉCNICAS DE FUSÃO EM SISTEMAS MULTI-BIOMÉTRICOS

De modo geral, um sistema multimodal mostra melhor desempenho que os subsistemas individuais. Este desempenho está intensamente influenciado pela técnica de fusão. Neste contexto não faz sentido indicar uma técnica como universalmente melhor.

Um sistema biométrico é, em essência, um sistema que engloba reconhecimento de padrões e classificação. Como tal, este sistema é probabilístico, no sentido de que a saída do sistema, i.e., a classificação de um usuário como genuíno ou impostor, é baseada em uma nota (*score*) atribuída à amostra submetida pelo usuário, a qual representa o grau de semelhança entre essa amostra e o gabarito de comparação. Logo o sistema é sujeito a certa probabilidade de erro. A incerteza em sistemas biométricos advém de vários fatores: qualidade da amostra coletada, posicionamento com respeito ao sensor, robustez dos algoritmos do sistema, alteração do traço biométrico no decorrer do tempo, e outros.

A Tabela I.i. apresenta algumas definições usadas neste documento.

Tabela I.i. Definições utilizadas nesse anexo.

| Nome                           | Descrição                                                                                                                  |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Usuário                        | Pessoa que se submete ao processamento pelo sistema biométrico;                                                            |
| Traço ( <i>trait</i> )         | Propriedade biométrica avaliada (e.g., impressão digital, imagem da íris, formato da palma da mão);                        |
| Amostra                        | Aquisição única de um traço do usuário;                                                                                    |
| Usuário genuíno                | Usuário cuja identidade corresponde à identidade declarada;                                                                |
| Usuário impostor               | Usuário cuja identidade não corresponde à identidade declarada;                                                            |
| Modelo ( <i>template</i> )     | Conjunto de características essenciais ( <i>features</i> ) extraídas da amostra (e.g., minúcias de uma impressão digital); |
| Equiparador ( <i>matcher</i> ) | Algoritmo que compara o modelo extraído da amostra com o modelo do gabarito guardado no sistema;                           |

|                                     |                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nota (score)                        | Número atribuído pelo equiparador a uma amostra, que representa o seu grau de semelhança (ou dissemelhança) com o gabarito, que pode ser guardado no banco de dados do sistema, ou em um dispositivo fornecido pelo usuário; |
| Sistema multimodal (ou multi-traço) | Sistema biométrico que utiliza informação de traços diferentes (e.g., impressão digital e imagem de íris;                                                                                                                    |

Definem-se dois modos de operação em sistemas biométricos: modo de verificação e modo de identificação. Em modo de verificação (sistema 1:1), o sistema deve responder se o usuário é quem ele declara ser. Em modo de identificação (sistema 1:N) o sistema deve determinar quem é o usuário, dentro de N possíveis identidades.

### Figuras de mérito em sistemas biométricos

Sejam  $f_g$  e  $f_i$  as funções densidade de probabilidade (fdp) de notas atribuídas aos usuários genuínos e impostores, como mostra a Figura I.i:

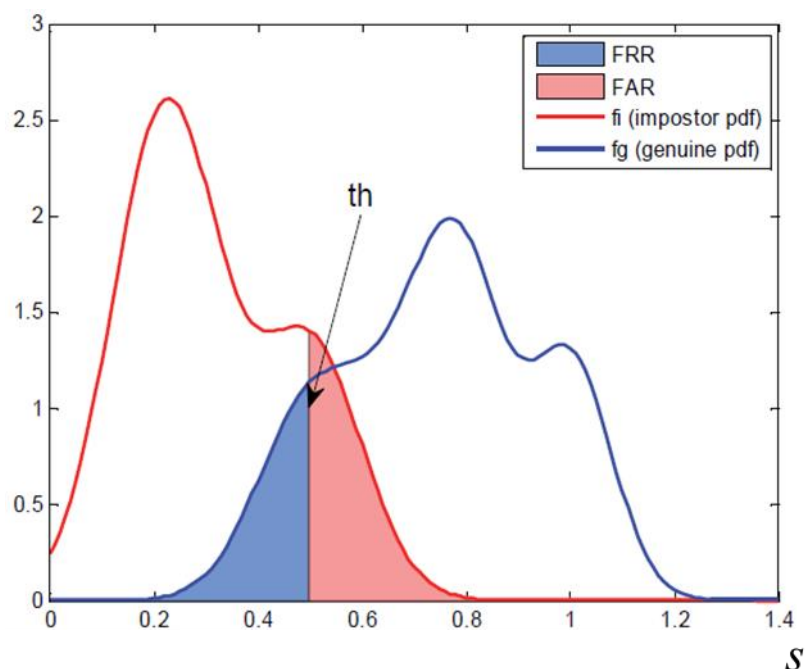


Figura. I.i: Esboço ilustrativo de funções densidade de probabilidade  $f_g$  e  $f_i$ .

(De: Chetty, Yang: “Advanced Biometric Technologies”, InTech, 2011)

É possível observar na Figura I.i que existe uma região em que as duas funções fdps se sobrepõem. Essa região caracteriza as probabilidades de erro do sistema. O limiar de decisão (*threshold*) indica o valor de nota, a partir do qual um usuário é classificado como genuíno pelo sistema. Define-se a taxa de falsa rejeição (*false rejection rate*, FRR) como:

$$FRR(s) = \int_{-\infty}^{th} f_g(s) ds, \quad (1)$$

a qual corresponde à porção de usuários genuínos, erroneamente classificados como impostores pelo sistema.

A taxa de aceitação falsa é definida como:

$$FAR(s) = \int_{th}^{\infty} f_i(s) ds, \quad (2)$$

a qual representa a porção de usuários impostores, erroneamente classificados como genuínos.

A Figura I.i mostra as regiões de integração correspondentes a FRR e FAR. Evidentemente, observa-se que essas regiões dependem do valor do limiar estabelecido, e que existe uma relação de compromisso entre FRR e FAR. As regras para estabelecimento do limiar podem variar dependendo da aplicação do sistema. As possíveis regras são: minimização de erro total do sistema (FRR+FAR), taxa de erro equivalente (FRR=FAR), ou requisito predeterminado para uma das taxas (e.g.,  $FAR \leq 10^{-2}$ ).

Em uma figura de mérito comum, o compromisso de erro de detecção (*detection error trade-off*, DET), traça a curva de FRR em função de FAR, comumente, em escala logarítmica. Um exemplo de DET para três diferentes sistemas é mostrado na Figura I.ii:

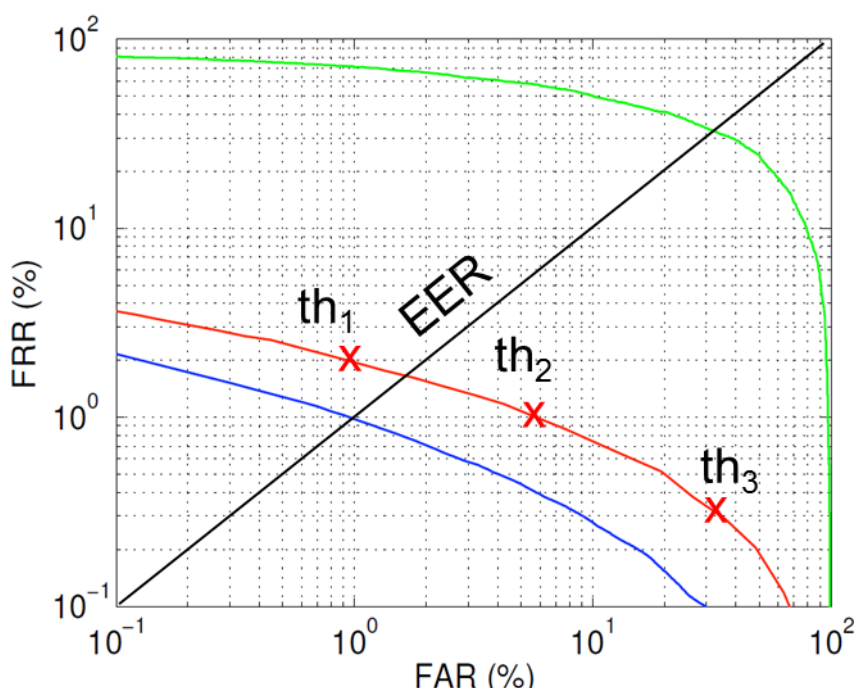


Figura I.ii: Exemplo de curvas DET

(De: Akhtar: "Security of Multimodal Biometric Systems Against Spoof Attacks", PhD thesis, 2012)

Ademais, a Figura I.ii mostra valores diferentes para o limiar de decisão. Esses valores definem o ponto de operação do sistema. O traço diagonal na figura corresponde à taxa de erro equivalente (*equal error rate*, *EER*), em que  $FRR = FAR$ . Em geral, sistemas cujas curvas DET são mais próximas à origem (e. g., curva azul na Figura I.ii) apresentam melhor desempenho.

Outro parâmetro comumente utilizado é a taxa de aceitação genuína (*genuine acceptance rate*, *GAR*), definida como:

$$GAR(s) = \int_{th}^{\infty} f_g(s) ds = 1 - FRR. \quad (3)$$

A curva das características do receptor (*receiver operating characteristics*, *ROC*) é outra figura de mérito comum, que traça a GAR em função da FAR. Um exemplo das curvas ROC é mostrado na Figura I.iii.

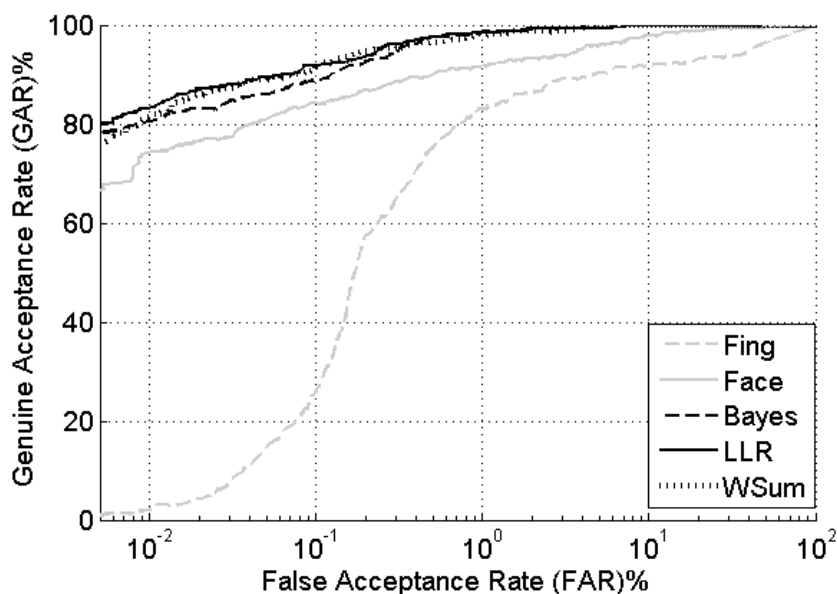


Figura I.iii: Exemplo de curvas ROC.

(De: Rodriguez *et. al.*: “Evaluation of Biometric Spoofing in a Multimodal System”, IEEE BTAS/ICBC, 2010)

Aqui, sistemas com melhor desempenho são representados por curvas ROC na parte superior do gráfico (e.g., fusão LLR e WSum na Figura I.iii). Em termos de conteúdo informativo, as curvas DET e ROC são equivalentes.

### Níveis de fusão em sistemas biométricos multimodais

Existem quatro níveis principais de fusão de dados em sistemas biométricos multimodais, a saber.

- **Nível de amostra:** a fusão no nível de amostra é, normalmente, utilizada quando existe mais de uma amostra de um determinado traço, como em sistema multi-amostra e multissensorial, principalmente para combater o ruído e baixa qualidade da amostra. Outra possibilidade é fusão de amostras de traços diferentes, porém, altamente correlacionados. Por exemplo, criação de um modelo tridimensional de face a partir das imagens frontal e lateral.
- **Nível de características:** a fusão no nível de características pode ser vantajosa para sistemas de múltiplos algoritmos. Considere um exemplo em que uma amostra de impressão digital é processada por dois algoritmos diferentes de extração de minúcias: o primeiro é mais robusto, por exemplo,

que a qualidade de imagem, e o segundo, ao posicionamento do dedo. A fusão permite criar um modelo de minúcias mais completo, juntando os resultados extraídos por ambos os algoritmos, ou rejeitar minúcias falsas. Embora exista a possibilidade de criar um modelo a partir de características essenciais de traços diferentes (como em sistema multimodal), como face e impressão digital. Porém, esta abordagem não é utilizada devido à sua complexidade (Anil Jain, 2005b).

- **Nível de nota:** a fusão no nível de nota é ideal para sistemas biométricos multimodais, porque representa a melhor relação de compromisso entre o conteúdo informativo e a complexidade (Anil Jain, 2005b). Portanto, a maior parte de trabalhos científicos concentra-se na fusão no nível de nota.
- **Nível de decisão:** a fusão no nível de decisão é orientada, principalmente, aos sistemas de identificação de grau M, em que o sistema identifica M possíveis usuários para a amostra submetida, classificados pela probabilidade.

O funcionamento de diferentes níveis de fusão é mostrado esquematicamente na Figura. I.iv.

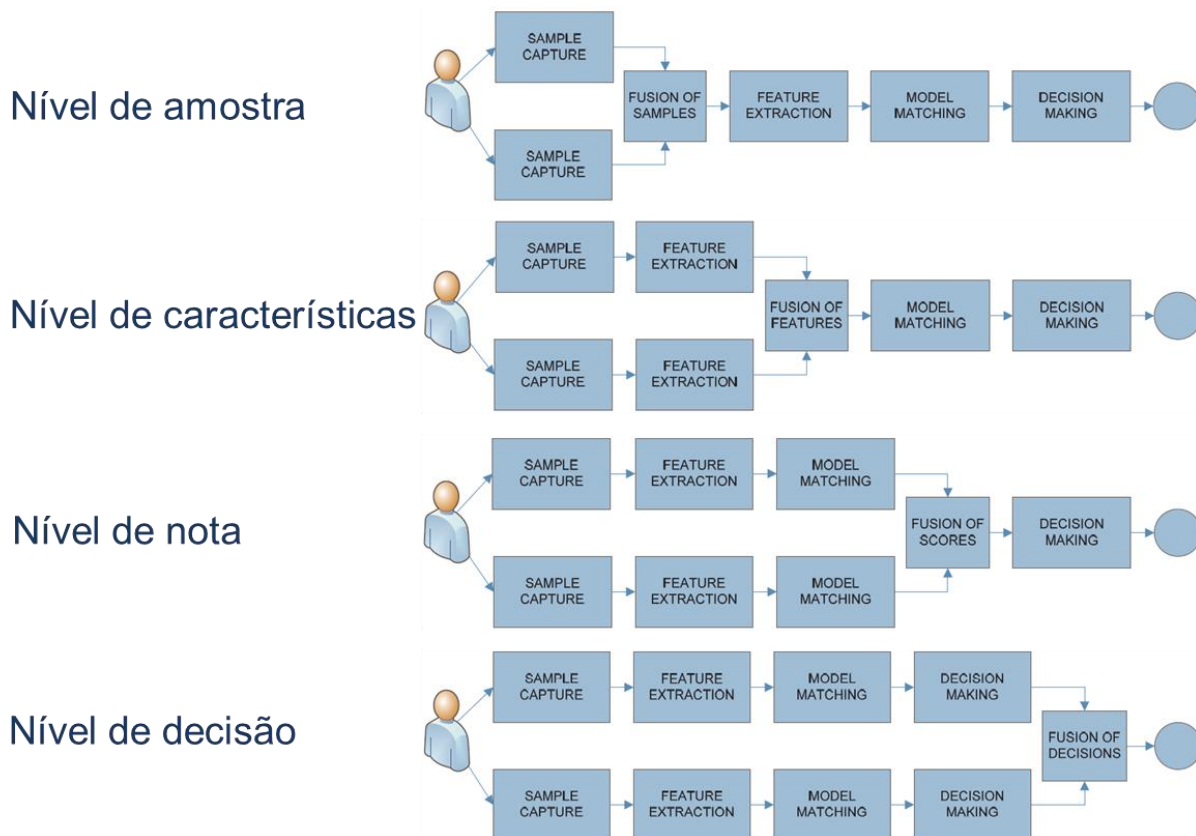


Figura I.iv: Níveis de fusão de dados em sistemas biométricos multimodais.

(De: Chetty, Yang: "Advanced Biometric Technologies", InTech, 2011)

## Fusão no nível de nota: classificação

As técnicas de fusão no nível de nota podem ser classificadas em três grupos (Ross et al, 2006):

- fusão baseada em transformação;
- fusão baseada em classificador;
- fusão baseada em densidade de probabilidades.

Na fusão baseada em transformação, as notas produzidas pelos traços individuais são normalizadas de acordo com uma regra, e depois combinadas para produzir uma nota final.

Na fusão baseada em classificador não há necessidade de normalizar as notas individuais, já que são tratadas como vetor único no espaço M-dimensional (em que M é o número de traços utilizados pelo sistema). O problema de fusão, então, torna-se um

|                    |                     |                                                                                                         |             |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.110/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

problema de agrupamento (*clustering*): atribuição do vetor de notas do usuário a uma das classes, genuíno ou impostor.

A fusão baseada em densidade de probabilidades requer conhecimento das distribuições de densidade de probabilidade de notas individuais. A classificação é feita utilizando métodos probabilísticos, como o teste da verossimilhança.

## TÉCNICAS DE FUSÃO

### Fusão baseada em transformação

Na fusão de nota baseada em transformação, as notas individuais, primeiramente, são normalizadas de modo a serem compatíveis para a combinação. Isto se deve ao fato de diferentes modos produzirem notas em escalas diferentes. Inclusive, dependendo da arquitetura do sistema, as notas individuais podem ser atribuídas para o grau da semelhança da amostra com o modelo, ou, ao contrário, ao grau de diferença entre eles. Após serem normalizadas, as notas são combinadas de acordo com uma regra específica.

A fase de normalização é feita por uma técnica de transformação, a qual tem um grande impacto sobre o desempenho do sistema. A seguir são apresentadas algumas das técnicas de normalização principais utilizadas em sistemas biométricos multimodais.

Seja  $N$  o número total de notas produzidas pelo equiparador de um módulo individual, e seja  $s_j$  a nota atribuída pelo equiparador à  $j$ -ésima amostra. A normalização mais simples resulta da transformação *min-max*, em que a  $j$ -ésima nota normalizada,  $s_{j,\text{norm}}$  é dada por:

$$s_{j,\text{norm}} = \frac{s_j - \min_{i=1 \dots N} s_i}{\max_{i=1 \dots N} s_i - \min_{i=1 \dots N} s_i}. \quad (4)$$

A vantagem da transformação min-max é que ela mantém o formato de distribuição original das notas, apenas escalando-o para dentro dos limites de intervalo  $[0, 1]$ . O problema desta transformação é uma alta sensibilidade aos discrepantes (*outliers*), algumas notas isoladas muito distantes da média que apresentam um desvio consideravelmente maior que o padrão. Isto é porque os valores  $\min s_i$  e  $\max s_i$  na Equação (4) que estabelecem o intervalo de transformação são obtidos a partir dos

*outliers*.

A regra da normalização Z-score é dada por:

$$S_{j,norm} = \frac{S_j - \mu}{\sigma}, \quad (4)$$

em que  $\mu$  é a média das notas 1:N, e  $\sigma$  é o desvio padrão. Em geral, Z-score tem um bom desempenho para transformar distribuições gaussianas e semelhantes. Z-score não é adequada, por exemplo, para normalizar a distribuição das notas da impressão digital dos usuários genuínos, que em certas faixas exibe características quase-uniformes.

A transformação pela mediana, insensível aos *outliers*, é dada por:

$$S_{j,norm} = \frac{S_j - \text{median}_{i=1}^N S_i}{\text{median}_{i=1}^N |S_j - \text{median}_{i=1}^N S_i|}, \quad (5)$$

em que o termo no denominador é chamado *desvio absoluto da mediana*, (MAD). A transformação pela mediana, também, tem baixo desempenho para distribuições não gaussianas (Ross et al, 2006).

Duas técnicas baseadas em funções sigmóide são a função sigmóide dupla e o estimador de tangente hiperbólico. A função sigmóide dupla é dada por:

$$S_{j,norm} = \begin{cases} \frac{1}{1 + \exp\left(-2\left(\frac{S_j - \tau}{\alpha_1}\right)\right)} & \text{se } S_j < \tau, \\ \frac{1}{1 + \exp\left(-2\left(\frac{S_j - \tau}{\alpha_2}\right)\right)} & \text{caso contrário} \end{cases}, \quad (6)$$

em que  $\tau$  é o ponto de operação, e  $\alpha_{1,2}$  definem as bordas da região linear da função. A regra de transformação pelo estimador de tangente hiperbólico é:

$$S_{j,norm} = \frac{1}{2} \left\{ \tanh\left(0.01 \left(\frac{S_j - \mu_H}{\sigma_H}\right)\right) \right\}, \quad (7)$$

em que  $\mu_H$  e  $\sigma_H$  são a média e o desvio padrão estimados pelo estimador de Hampel (Tiku, 2004). (Ross et al, 2006) mostram a seguinte tabela que caracteriza o desempenho de várias técnicas de normalização de notas:

|                    |                     |                                                                                                         |             |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.112/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

Tabela I.ii. Características de técnicas de normalização

| Técnica          | Robustez a outliers | Eficiência |
|------------------|---------------------|------------|
| Min-max          | Não                 | Alta       |
| Z-score          | Não                 | Alta       |
| Mediana e MAD    | Sim                 | Moderada   |
| Sigmóide dupla   | Sim                 | Alta       |
| Estimadores Tanh | Sim                 | Alta       |

Na Tabela I.ii, por eficiência entende-se a proximidade ao desempenho ótimo.

Após serem normalizadas, as notas individuais são combinadas. Semelhante às técnicas de normalização, as técnicas de combinação também têm um grande impacto sobre o desempenho do sistema. As regras mais comuns são: regra de soma, regra de produto, regra de soma ponderada, regra de mínimo, regra de máximo, etc. Para o uso de regra da soma ponderada, calcula-se o peso atribuído para o  $j$ -ésimo traço da seguinte forma:

$$w_j = \frac{1 - (FAR_j + FRR_j)}{M - \left( \sum_{i=1}^M FAR_i + FRR_i \right)}, \quad (8)$$

em que  $M$  é o número total de módulos empregados no sistema. Desta forma, maior peso é atribuído ao traço que apresenta menor erro total ( $FAR + FRR$ ), e.g., mais confiável. Outras regras podem ser utilizadas dependendo das necessidades do sistema. Assim, a regra de máximo representa uma abordagem otimista, minimizando a taxa de rejeição falsa, porém, aumentando a probabilidade de aceitação de um impostor. Por outro lado, a regra de mínimo, representa uma abordagem pessimista, reduzindo a probabilidade de aceitação errônea de impostor, mas aumentando a taxa de rejeição falsa.

Figura I.v mostra as curvas ROC de diferentes técnicas de transformação de notas,

|                    |                     |                                                                                                         |             |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.113/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Confidencial.

avaliadas usando três diferentes métodos de combinação. Os traços do sistema são imagem de face, impressão digital e geometria da palma da mão. Em geral, não existe uma regra favorita para todas as situações, pois elas são altamente influenciadas pelas características das distribuições individuais. As regras de combinação, ademais, são influenciadas pela paridade de desempenho dos módulos individuais, a confiança e a qualidade desses sistemas. É possível observar, também, pela Figura I.v que a interação entre as regras de normalização e de combinação afeta o desempenho.

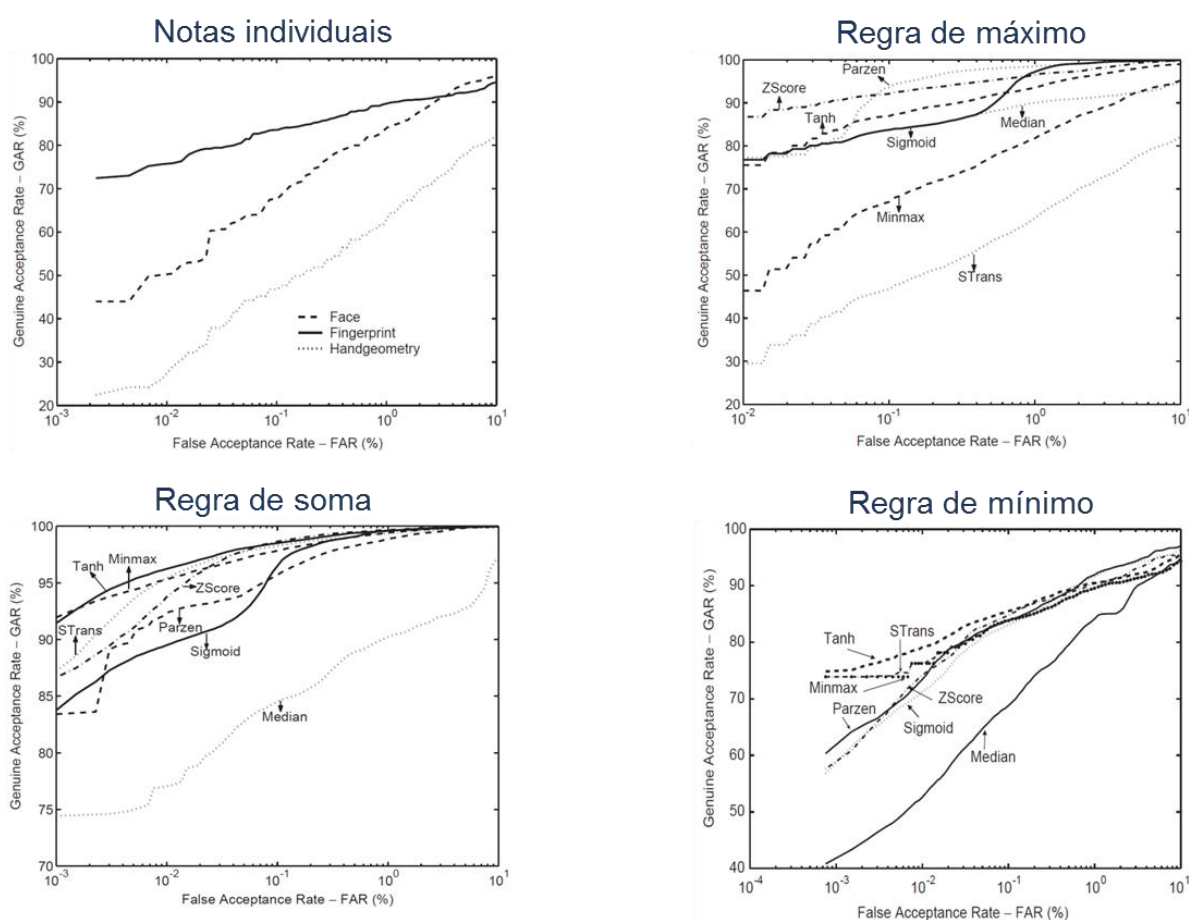


Figura I.v: Desempenho de diferentes técnicas de normalização de nota, avaliadas para um sistema tri-modal, composto por imagem de face, impressão digital e geometria da palma da mão. As técnicas são avaliadas para três diferentes regras de combinação: regra de soma, regra de máximo, e regra de mínimo.

(De: Jain, *et. al.*: "Score normalization in multimodal biometric systems", Journal of Pattern Recognition, 2005)

## Fusão baseada em classificador

Na fusão de nota baseada em classificador o conjunto de M notas, atribuídas às amostras do usuário pelos equiparadores individuais, são vistos como um único vetor no

|                    |                     |                                                                                                         |             |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.114/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

espaço M-dimensional. Este vetor deve ser classificado como pertencente à classe genuína ou à classe impostora. Um exemplo dessa classificação nos espaços bi e tridimensionais é mostrado na Figura I.vi. As amostras de treinamento cujas classes são conhecidas formam os *clusters* genuíno e impostor, e o objetivo do classificador é encontrar uma fronteira que minimize o erro na classificação de um novo vetor de notas.

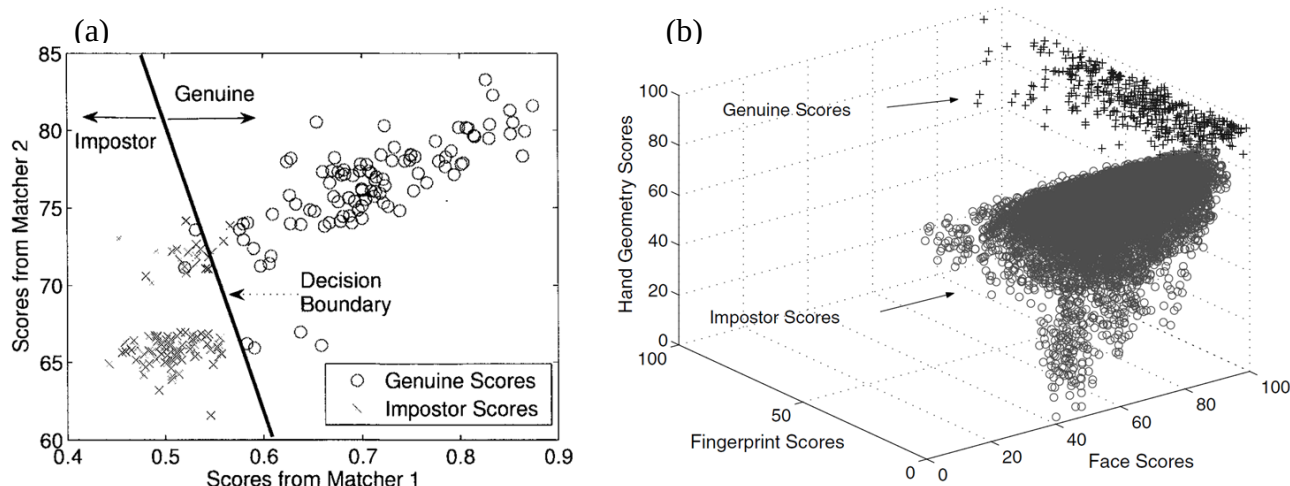


Figura I.vi: Exemplos ilustrativos de fusão por classificadores para sistemas biométricos multimodais de dois (a) e três (b) módulos. As notas individuais formam vetores no espaço bi e tridimensional respectivamente. Os clusters correspondentes às classes genuína e impostora são formados pelos dados de treinamento. O classificador deve encontrar a fronteira de decisão que minimize o erro.

(De: Ross, Jain: "Information fusion in biometrics", Pattern Recognition Letters, 2003)

Tal fronteira de decisão é mostrada na Figura I.vi para um caso bidimensional. Aqui, a fronteira é dada por uma reta, resultante de um classificador linear. No entanto, a fronteira de decisão pode assumir outras formas, dependendo do classificador utilizado. Em geral, existe uma relação de compromisso entre o treinamento de um classificador e a sua habilidade de generalização, ligada à robustez aos *outliers*, discutida acima. Ou seja, um classificador pode ser treinado até o ponto de resultar em zero erro para a sequência de amostras de treinamento, porém, o seu desempenho para o conjunto de dados diferentes será comprometido. Este fenômeno também é conhecido como superapropriado (*overfitting*).

Duas observações adicionais devem ser feitas. Primeiramente, como observado na Figura I.vi, as notas dos equiparadores dos módulos individuais não precisam ser normalizadas. Também, os classificadores existentes são geralmente projetados para

reduzir os erros de atribuição de um vetor de notas a um *cluster*. Em termos de biometria, são projetados para reduzir o erro total (FRR+FAR). O desempenho desses sistemas em pontos de operação diferentes deve ser investigado em mais detalhes.

A seguir são apresentados alguns classificadores que foram avaliados em sistemas biométricos multimodais.

Um classificador citado frequentemente é chamado máquina de vetores de suporte (*support vector machine, SVM*). O conceito de SVM é minimizar o risco estrutural, em vez de procurar minimizar o risco empírico (YACOUB Ben-Yacoub, 1999). Isto é, SVM procura minimizar os limites de erro, e não o próprio erro para os dados de treinamento. Seja  $D$  um conjunto formado por vetores de notas  $\mathbf{x}_k$  que pertencem ao indicador de classe binário  $y_k$ , em que  $k$  é o ponto particular entre  $N$  pontos no espaço  $M$ -dimensional:

$$D = \{(\mathbf{x}_k, y_k) \mid k = 1, \dots, N\}, \mathbf{x}_k \in \mathbb{R}^M, y_k \in \{+1, -1\}. \quad (9)$$

Seja, também,  $f$ , uma função que mapeia os pontos do espaço  $\mathbb{R}^M$  às classes de  $y$ :

$$\begin{aligned} f : \mathbb{R}^M &\rightarrow \{+1, -1\} \\ \mathbf{x}_k &\rightarrow y_k. \end{aligned} \quad (10)$$

Foi demonstrado que a função  $f$  que define a superfície de separação ótima é dada por (Ben-Yacoub, 1999):

$$f(\mathbf{x}) = \text{sign} \left( \sum_i \alpha_i y_i K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}) + b \right), \quad (11)$$

em que  $K(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  é uma função simétrica definida positiva chamada kernel,  $b$  é o bias estimado pela sequência de treinamento, e  $\alpha_i$  são soluções de um problema de programação quadrática (QP), não detalhado aqui. As funções kernel definem a forma da superfície de decisão. Dois exemplos são kernel polinomial de grau  $d$ , e kernel gaussiano:

$$\begin{aligned} K(\mathbf{x}, \mathbf{y}) &= (\mathbf{x}^t \mathbf{y} + 1)^d \\ K(\mathbf{x}, \mathbf{y}) &= \exp \left\{ -g \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|^2 \right\}. \end{aligned} \quad (12)$$

Outra classe de classificadores, chamados classificadores discriminantes lineares,

|                    |                     |                                                                                                         |             |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.116/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

procura projetar os vetores desde o espaço M-dimensional a uma linha, de acordo com a direção dada pelo vetor  $\mathbf{w}$ . Um exemplo particular é o Discriminador Linear de Fisher, desenvolvido por R. Fisher em 1936, o qual procura maximizar a razão entre o espalhamento entre classes diferentes e o espalhamento dentro das classes. Sejam duas classes,  $C_1$  e  $C_2$ , e sejam  $n_1$  e  $n_2$  as quantidades de pontos no espaço  $R^M$  pertencentes a essas classes, respectivamente. Define-se uma média M-dimensional para cada classe como:

$$\mathbf{m}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{\mathbf{x}_i \in C_j} \mathbf{x}_i, \quad (13)$$

e define-se a matriz de espalhamento para cada classe como:

$$\mathbf{S}_j = \sum_{\mathbf{x}_i \in C_j} (\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_j)(\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_j)^t. \quad (14)$$

Já a matriz de espalhamento entre classes é definida por:

$$\mathbf{S}_b = (\mathbf{m}_2 - \mathbf{m}_1)(\mathbf{m}_2 - \mathbf{m}_1)^t. \quad (15)$$

Portanto, dado o vetor de direções  $\mathbf{w}$ , a função de custo do critério de Fisher para projeção de dados  $y = \mathbf{w}^t \mathbf{x}$  é:

$$J(\mathbf{w}) = \frac{\mathbf{w}^t \mathbf{S}_b \mathbf{w}}{\mathbf{w}^t (\mathbf{S}_1 + \mathbf{S}_2) \mathbf{w}}. \quad (16)$$

O vetor de direção ótima é dado por:

$$\mathbf{w}_{opt} = (\mathbf{S}_1 + \mathbf{S}_2)^{-1} (\mathbf{m}_1 - \mathbf{m}_2). \quad (17)$$

Outro grupo de classificadores são os classificadores por árvore de decisão. A estrutura básica de uma árvore de decisão é mostrada na Figura I.vii. Uma árvore de decisão é composta pelo nó-raiz, pelos nós intermediários, pelos ramos e pelas folhas. O nó-raiz e os nós intermediários correspondem a uma decisão, segunda qual, um ou outro ramo é escolhido. Comumente, as decisões baseiam-se em limiares estabelecidos. Finalmente, as folhas indicam a classe para um dado caminho pela árvore.

|                    |                     |                                                                                                         |             |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Projeto: MJ/SE-RIC | Emissão: 13/03/2014 | Arquivo: 20140313 MJ RIC - RT do Sistema Biometrico do Programa RIC_Panorama Geral Sobre Biometria.docx | Pág.117/137 |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

Confidencial.

Este documento foi elaborado pela Universidade de Brasília (UnB) para a MJ/SE.  
É vedada a cópia e a distribuição deste documento ou de suas partes sem o consentimento, por escrito, da MJ/SE.

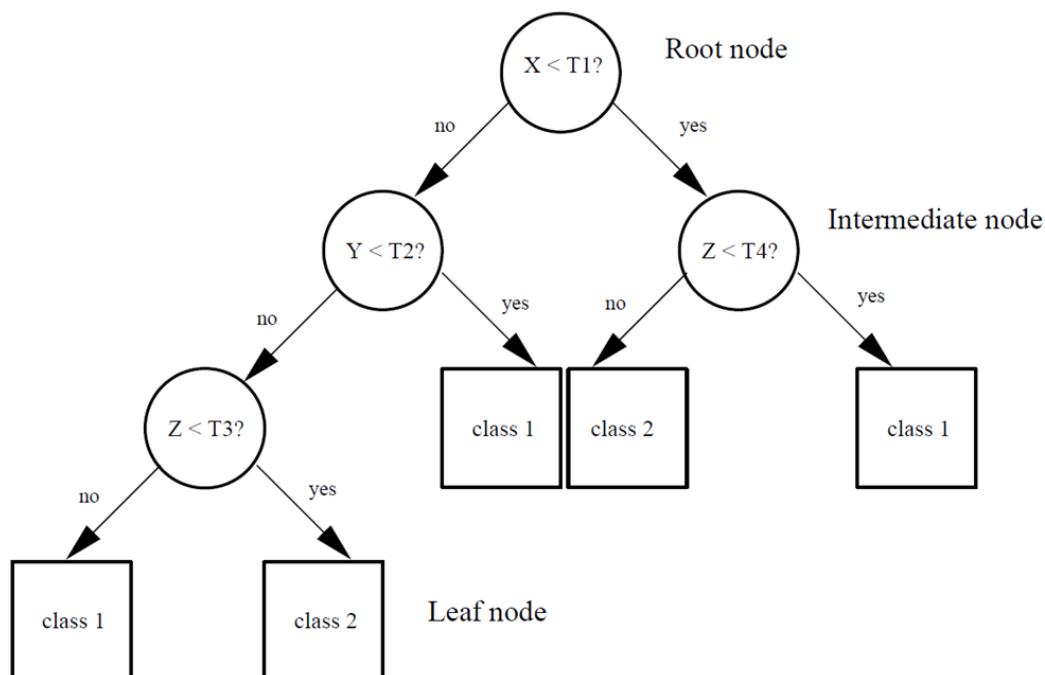


Figura I.vii: Exemplo de uma árvore de decisão. Os nós raiz e intermediários indicam decisões tomadas sequencialmente, conforme os valores de limiares T1-4.

(De: "Comparing decision fusion paradigms using k-NN based classifiers, decision trees and logistic regression in a multi-modal identity verification application", in Proc. of 2nd Int'l Conf. on Audio- and Video-based Person Authentication, 1999)

Um classificador baseado em árvore de decisão permite uma submissão sequencial das amostras, podendo reduzir o tempo de processamento do sistema, dispensando alguns traços, caso a decisão baseada em menor conjunto de traços atenda ao critério de confiabilidade dado pelos limiares de decisão.

Evidentemente, existem diversos modos de construção de uma árvore de decisão. Um bom algoritmo de construção da árvore deve minimizar o seu tamanho, mantendo uma alta confiabilidade dos resultados. Um tal classificador, chamado ID3, foi proposto por Ross Quinlan em 1979. A sigla ID significa dicotomizador iterativo (*iterative dichotomizer*). No contexto de sistemas biométricos multimodais foi estudada uma versão melhorada deste algoritmo, conhecido como C4.5, proposto por Quinlan. A ideia básica dos classificadores de Quinlan é construir árvores de decisão de modo a obter nós correspondentes aos traços mais informativos nas posições mais elevadas na topologia da árvore. Seja o conjunto de duas classes, genuína e impostora e seja o conjunto de M traços do sistema:

$$Class\{gen, imp\}; Traits\{trait_1, trait_2, \dots, trait_M\}. \quad (18)$$

Define-se a entropia de uma classe como:

$$H(Class) = -p(gen)\log_2(p(gen)) - p(imp)\log_2(p(imp)), \quad (19)$$

em que  $p(.)$  denota a probabilidade do evento  $(.)$ . Define-se a entropia condicional de uma classe dada à nota do  $i$ -ésimo traço como:

$$H(Class | trait_i) = -p(gen | trait_i)\log(p(gen | trait_i)) - \\ - p(imp | trait_i)\log(p(imp | trait_i)). \quad (20)$$

Por último, define-se o ganho do  $i$ -ésimo traço em relação a uma classe como:

$$Gain(trait_i, Class) = H(Class) - H(Class | trait_i), \quad (21)$$

Desse modo, a cada passo o algoritmo escolhe o traço com o maior ganho como o novo nó-raiz. Os familiares com a teoria da informação podem perceber que o ganho do traço é precisamente a informação mútua entre o traço e a classe. Assim, o algoritmo prioriza os traços de maior fidelidade.

Uma observação importante é que uma árvore de decisão pode ser muito sensível aos ataques *spoof* (ataques contra o próprio sensor, como em caso de réplica de impressão digital em silicone, ou utilização de fotografias de um usuário genuíno contra o sensor de um sistema de reconhecimento facial), já que neste caso é suficiente falsificar apenas o traço da maior entropia para que o sistema classifique um impostor como usuário genuíno com alta confiabilidade.

Outro classificador de implementação simples é o classificador de  $K$  vizinhos mais próximos (*K nearest neighbors*, *K-NN*). O princípio de funcionamento é mostrado na Figura I.viii. Dadas as classes impostora e genuína, representadas pelos quadrados azuis e triângulos vermelhos na figura, obtém-se primeiramente a distribuição de vetores de notas das amostras de treinamento no espaço  $M$ -dimensional. Logo, um novo vetor de notas (círculo central) será classificado como pertencente a certa classe, se entre os  $K$  vizinhos mais próximos a ele (em termos de distância euclidiana) a maioria fosse desta mesma classe. Na Figura I.viii, para  $K=3$ , o círculo central é classificado como pertencente à classe de triângulos, já que há dois triângulos entre os três vizinhos mais próximos (região delimitada pela circunferência sólida). No caso de  $K=5$ , o mesmo círculo é

classificado como um quadrado, já que há três quadrados, correspondentes à maioria, entre os cinco vizinhos mais próximos (região delimitada pela circunferência tracejada).

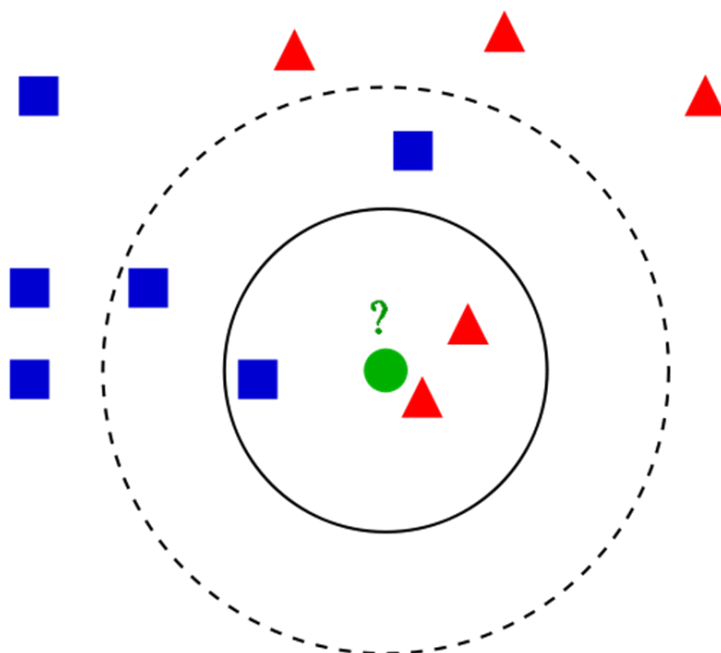


Figura I.viii: Princípio de funcionamento do classificador K-NN. Os quadrados azuis e triângulos vermelhos são vetores de notas das duas classes das amostras de treinamento. Uma nova amostra é classificada segundo a classe da maioria dos K vetores vizinhos mais próximos. Para K=3 (região dentro do círculo sólido), o vetor círculo verde é classificado como triângulo, já para K=5 (região dentro do círculo tracejado), o vetor é classificado como quadrado.

Outro classificador de interesse é a rede neural de *perceptron* multicamadas, que visa simular o processo de tomada de decisão de cérebro humano. Uma rede neural é ilustrada na Figura I.ix.

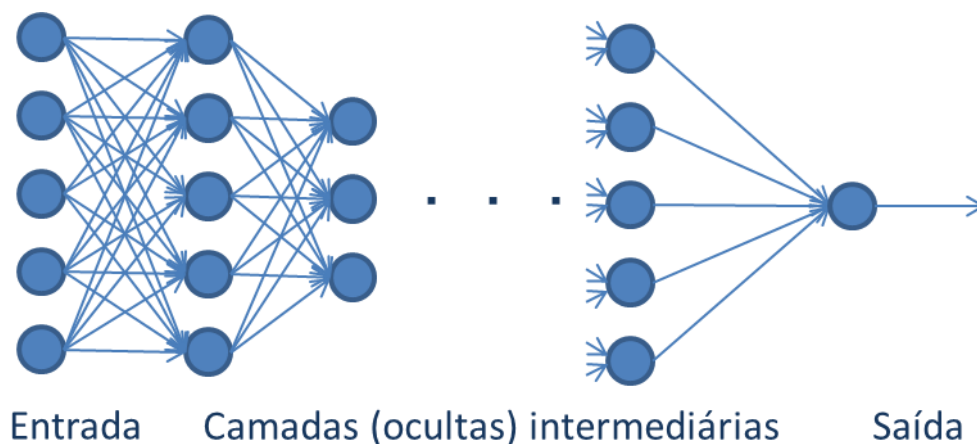


Fig. I.ix: Rede neural *perceptron* multicamadas.

Os nós da rede representam os *perceptron*, elementos-base cuja função de ativação é, comumente, uma função sigmóide não linear, como:

$$\phi(v_i) = \tanh(v_i) \quad \text{ou} \quad \phi(v_i) = \left(1 + e^{-v_i}\right)^{-1}, \quad (22)$$

em que  $v_i$  é a soma ponderada das entradas, e  $\phi(v_i)$  é a saída do perceptron. A rede neural é comumente do tipo rede sem realimentação (*feedforward*), com todos os *perceptrons* das camadas anteriores conectados a todos os *perceptrons* da próxima camada. Porém, outras arquiteturas, como de rede recorrente, são possíveis. O processo de treinamento de uma rede neural se resume em atribuição de pesos para cada *perceptron* da rede.

O algoritmo “consagrado” utilizado em redes de *perceptrons* multicamadas é o algoritmo *Backpropagation*, baseado no gradiente descendente segundo o critério de erro quadrático mínimo, que propaga o sinal de erro através da rede do fim para o início usando a regra da cadeia de modo recorrente. Assim, os pesos de todos os *perceptrons* individuais são atualizados a cada iteração. Geralmente, o desempenho de uma rede de *perceptron* multicamadas varia fortemente com a sua arquitetura (número de camadas ocultas e número de nós em cada camada). Ademais, o treinamento deste tipo de redes tende a ser computacionalmente complexo.

Ben-Yacoub, 1999) realizou um estudo comparativo de desempenho de alguns algoritmos de fusão baseados em classificadores para um sistema biométrico bimodal, com reconhecimento de voz e imagem da face. As curvas ROC são mostradas na Figura

I.x. Na Figura I.x (a), o algoritmo utilizado para o reconhecimento de voz é dependente do texto, e na Figura I.x (b) o algoritmo é independente do texto. Os algoritmos avaliados foram: SVM com *kernel* gaussiano (SVM gaussian); SVM com *kernel* polinomial (SVM Poly); discriminador linear de Fisher (Fisher LD); *perceptron* multicamadas (MLP); e um classificador bayesiano, baseado em densidade de probabilidades.

Neste experimento, a rede neural de *perceptron* multicamadas teve o pior desempenho, enquanto o classificador bayesiano e SVM com *kernel* polinomial obtive o melhor desempenho. Note que o classificador linear de Fisher teve desempenho quase-ótimo na configuração (a), mas piorou o desempenho significativamente em comparação com os melhores algoritmos na configuração (b). Esse resultado enfatiza a importância de otimização de método de fusão para um sistema biométrico específico.

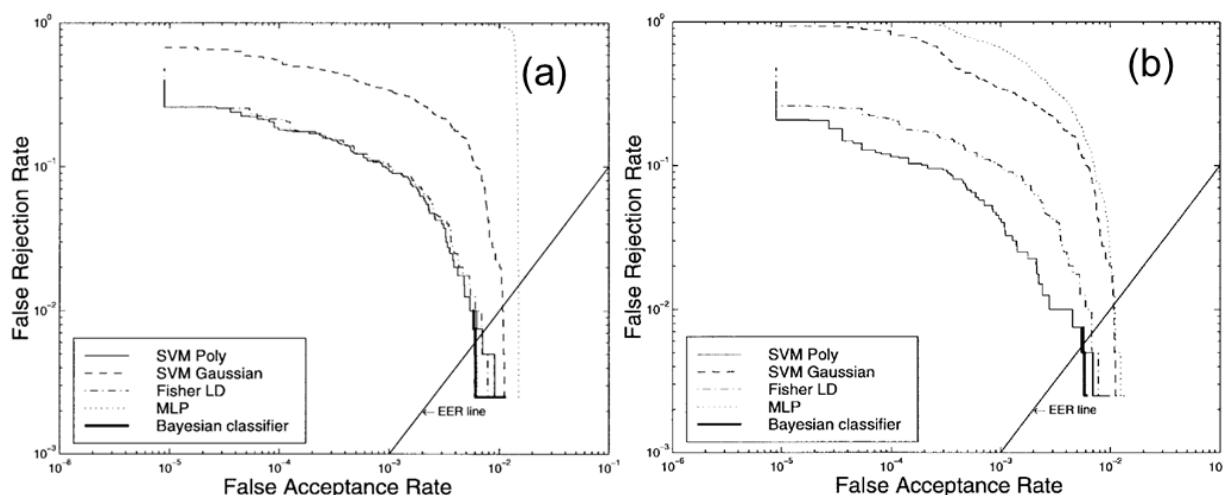


Figura I.x: Comparação de desempenho de vários classificadores em sistema bimodal de imagem de face e reconhecimento de voz dependente (a) e independente (b) de texto: SVM com *kernel* gaussiano (SVM gaussian); SVM com *kernel* polinomial (SVM Poly); discriminador linear de Fisher (Fisher LD); *perceptron* multicamadas (MLP); classificador bayesiano (Bayesian classifier).

(De: Ben-Yakoub *et. al.*: "Fusion of Face and Speech Data for Person Identity Verification", IEEE Trans. On Neural Networks, 1999)

## Fusão baseada em densidade de probabilidades

Quando as distribuições de probabilidades de notas dos traços individuais são conhecidas, a teoria de probabilidade pode ser usada para estabelecer um critério de

classificação. Sejam  $s_1, s_2, \dots, s_M$  as notas obtidas pelos módulos individuais do sistema multimodal. O teste da razão de verossimilhança (*Likelihood Ratio Test, LR Test*) é definido como (Nandakumar, 2008):

$$\frac{P(gen | s_1, s_2, \dots, s_M)}{P(imp | s_1, s_2, \dots, s_M)} \geq \eta, \quad (23)$$

em que  $P(gen | s_1, s_2, \dots, s_M)$  é a probabilidade do usuário ser genuíno dadas as M notas  $s_1, s_2, \dots, s_M$ ,  $P(imp | s_1, s_2, \dots, s_M)$  é a probabilidade do usuário ser impostor dadas as mesmas notas, e  $\eta$  é o limiar de decisão. Utilizando a regra de Bayes, obtêm-se as probabilidades *a posteriori*:

$$P(gen | s_1, s_2, \dots, s_M) = \frac{p(s_1, s_2, \dots, s_M | gen)P(gen)}{p(s_1, s_2, \dots, s_M | gen)P(gen) + p(s_1, s_2, \dots, s_M | imp)P(imp)}; \quad (24)$$

e

$$P(imp | s_1, s_2, \dots, s_M) = \frac{p(s_1, s_2, \dots, s_M | imp)P(imp)}{p(s_1, s_2, \dots, s_M | gen)P(gen) + p(s_1, s_2, \dots, s_M | imp)P(imp)}. \quad (25)$$

O denominador em Equações (24-25) representa a probabilidade de obter as M notas  $s_1, s_2, \dots, s_M$ . Logo, o teste de verossimilhança pode ser escrito como:

$$\frac{P(gen | s_1, s_2, \dots, s_M)}{P(imp | s_1, s_2, \dots, s_M)} = \frac{p(s_1, s_2, \dots, s_M | gen)P(gen)}{p(s_1, s_2, \dots, s_M | imp)P(imp)}. \quad (26)$$

Em seguida, são admitidas duas hipóteses:

- as probabilidades *a priori* de um usuário ser genuíno ou impostor são iguais. Isto é:

$$P(gen) = P(imp); \quad (27)$$

- as notas dos traços diferentes são independentes, e portanto:

$$P(s_1, s_2, \dots, s_M | classe) = \prod_{j=1}^M p(s_j | classe). \quad (28)$$

Assim,

$$\frac{P(gen | s_1, s_2, \dots, s_M)}{P(imp | s_1, s_2, \dots, s_M)} = \frac{\prod_{j=1}^M p(s_j | gen)}{\prod_{j=1}^M p(s_j | imp)}. \quad (29)$$

As expressões  $p(s_j | gen)$  e  $p(s_j | imp)$  do lado direito da igualdade na Equação 29 são as densidades de probabilidade de usuários genuínos e impostores do  $j$ -ésimo traço. Logo, o teste da razão de verossimilhança é dado por:

$$\text{Genuíno se } \frac{\prod_{j=1}^M f_{gen}(s_j)}{\prod_{j=1}^M f_{imp}(s_j)} \geq \eta; \text{ Impostor se } \frac{\prod_{j=1}^M f_{gen}(s_j)}{\prod_{j=1}^M f_{imp}(s_j)} < \eta. \quad (30)$$

O problema principal na utilização do teste LR é a estimação correta das densidades de probabilidade  $f_{gen}(s_j)$  e  $f_{imp}(s_j)$ , já que estas distribuições tendem ser muito variadas. Figura I.xi ilustra as distribuições para as imagens de face e impressão digital dos usuários genuínos e impostores, obtidas experimentalmente.

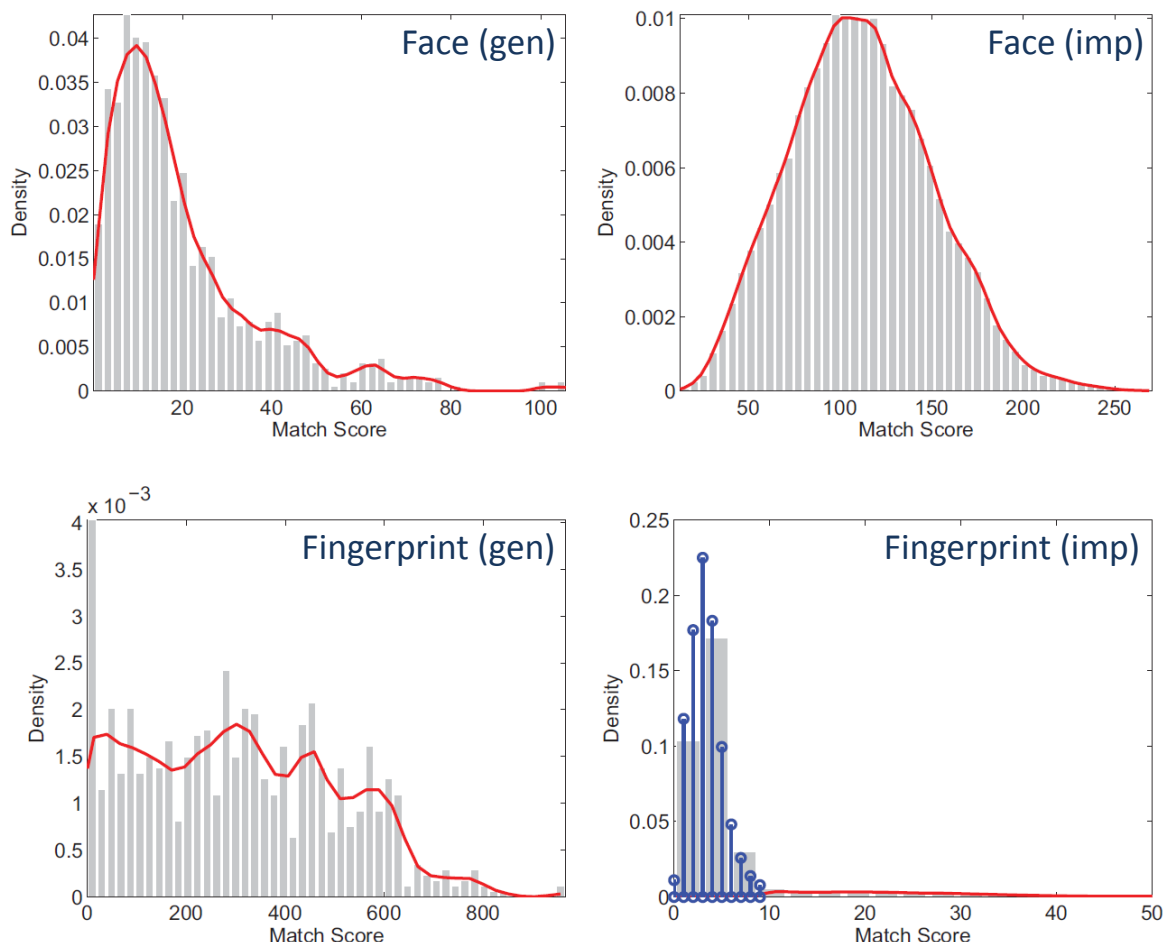


Figura I.xi: Distribuições densidade de probabilidade para imagens de face e impressões digitais dos usuários genuínos e impostores.

(De: Nandakumar: “Multibiometric Systems: Fusion Strategies and Template Security”, Michigan State University, PhD Thesis 2008)

Uma técnica para modelar uma fdp desconhecida é usando o modelo de mistura de gaussianas (*Gaussian mixture model, GMM*). A formulação matemática do modelo é dada por:

$$\hat{f}_{class} = \sum_{k=1}^{Ng} w_k N(\mu_k, \sigma_k), \quad (31)$$

em que  $Ng$  é o número de gaussianas na mistura,  $w_k$  é o peso atribuído à  $k$ -ésima gaussiana, e a expressão  $N(\mu_k, \sigma_k)$  representa a distribuição normal com a média  $\mu_k$  e o desvio padrão  $\sigma_k$ .

Figura I.xii ilustra a aproximação de uma fdp por meio de mistura de três e dez gaussianas.

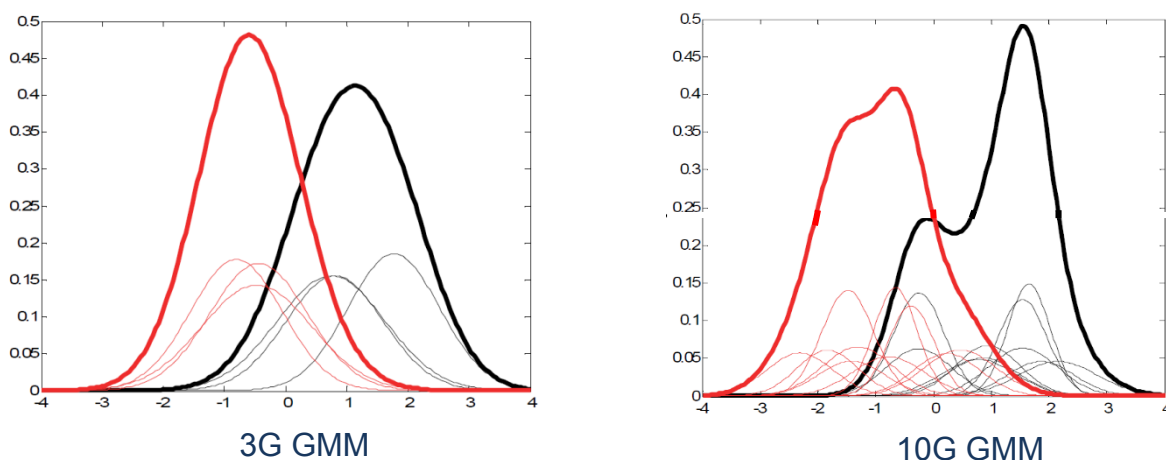


Figura I.xii: Aproximação de distribuições densidade de probabilidade por meio de mistura de três e dez gaussianas.

(De: Chetty, Yang: “Advanced Biometric Technologies”, InTech, 2011)

Outra técnica de modelar uma fdp é a estimação de densidade por *kernel* (*kernel density estimation, KDE*), conhecida também como o método de janela de Parzen. Dadas as observações de notas  $s_1, s_2, \dots, s_N$ , a expressão matemática da estimação por KDE é:

$$\hat{f}_h(s) = \frac{1}{Nh} \sum_{j=1}^N K\left(\frac{s - s_j}{h}\right), \quad (32)$$

em que  $h$  é o fator de suavização e  $K$  é uma função *kernel*. Diversas funções *kernel* são comumente usadas: uniforme, triangular, gaussiana, Epachnikov entre outras.

Figura I.xiv mostra o desempenho do teste LR para dois sistemas multimodais diferentes. O sistema da Figura I.xiv (a) é constituído dos módulos de imagem de face, impressão digital e geometria de mão. O sistema da Figura I.xiv (b) é constituído de duas imagens de face e duas impressões digitais. O objetivo do experimento da Figura I.xiv (b) era avaliar o desempenho do sistema em que as notas dos diferentes traços são correlacionadas, como no caso das imagens de face frontal e lateral.

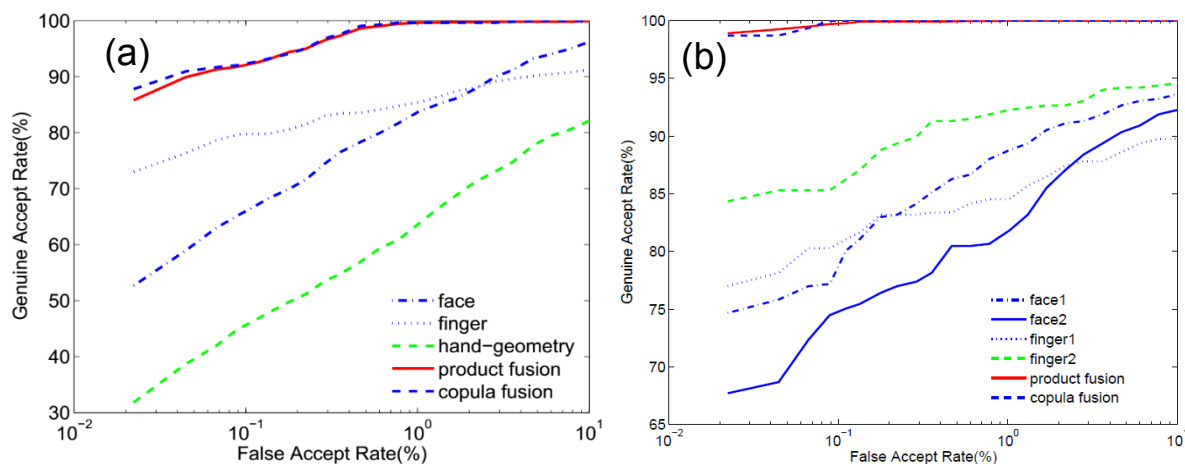


Figura I.xiv: Desempenho das técnicas de fusão baseadas em fdp.

(De: Dass *et. al.*: “A Principled Approach to Score Level Fusion in Multimodal Biometric Systems”, In Proc. AVBPA 2005)

Além da fusão pelo teste LR como na Equação 30 (identificado na figura como “product fusion”), a Figura I.xiv (b) também mostra o desempenho de um teste modificado que leva em conta correlação entre as notas de traços diferentes (identificado na figura como “copula fusion”), baseado em funções copula. Claramente, a inclusão da correlação entre notas de traços diferentes não possui uma notável influência no desempenho do sistema.

## Considerações Finais

Este anexo apresentou um estudo das técnicas de fusão em sistemas biométricos multimodais. Normalmente, nesses sistemas a fusão é feita no nível de nota, que apresenta melhor relação de compromisso entre o conteúdo informativo e a complexidade.

As diferentes técnicas de fusão no nível de nota podem ser classificadas em três grupos: fusão baseada em transformação, fusão baseada em classificador e fusão baseada em densidade. Essas técnicas apresentam abordagens diferentes para inclusão na fusão. Tais parâmetros, como a confiabilidade e a robustez das notas dos traços individuais, apresentam, também, diferentes níveis de complexidade.

De modo geral, um sistema multimodal mostra melhor desempenho que os subsistemas individuais. Este desempenho está intensamente influenciado pela técnica de fusão. Neste contexto não faz sentido indicar uma técnica como universalmente

melhor. O desempenho das técnicas de fusão depende fortemente de tais fatores como as distribuições de notas dos usuários impostor e genuíno, da acurácia da estimação dessas distribuições, da similaridade entre o desempenho dos subsistemas, etc. Portanto, as técnicas de fusão devem ser avaliadas para um sistema específico.

Para uma maior precisão do sistema, recomenda-se também esforços no momento da coleta, sendo normalmente a etapa origem da maioria dos erros nos sistemas biométricos.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abaza, 2013 Abaza, Ayman, et al. "A survey on ear biometrics." ACM Computing Surveys (CSUR) 45.2 (2013): 22.
- Ahmed, 2013 Ahmed, Ahmed A., and Issa Traore. "Biometric Recognition Based on Free-Text Keystroke Dynamics." (2013): 1-1.
- Alan Gelb, 2013a Gelb, Alan, and Julia Clark. "Performance Lessons from India's Universal Identification Program" Center for Global Development, Washington DC, 2013.
- Alan Gelb, 2013b Gelb, Alan, and Julia Clark. "Identification for Development: The Biometrics Revolution." Center for Global Development, Washington DC, 2013.
- Alemanha German National Identity Card,  
<http://www.personalausweisportal.de/EN>
- Alina Klokova, 2010 Alina Klokova, "Comparison of Various Biometric Methods", Interactive Multimedia Systems, Electronics and Computer Science, University of Southampton, 2010. Link: <http://mms.ecs.soton.ac.uk/2011/papers/4.pdf>.
- Anil Jain, 1999 Jain, Anil K., Ruud M. Bolle, and Sharath Pankanti, eds. Biometrics: personal identification in networked society. Springer, 1999.
- Anil Jain, 2002 Jain, Anil K., Friederike D. Griess, and Scott D. Connell. "On-line signature verification." Pattern recognition 35.12 (2002): 2963-2972.
- Anil Jain, 2004 Jain, Anil K., Arun Ross, and Salil Prabhakar. "An introduction to biometric recognition." Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on 14.1 (2004): 4-20.
- Anil Jain, 2005 Jain, Anil K., and Stan Z. Li. Handbook of face recognition. New York: springer, 2005.
- Anil Jain, 2005b A. Jain, K. Nandakumar, A. Ross. "Score Normalization in Multimodal Biometric Systems", The Journal of Pattern Recognition Society, vol 38, pp. 2270 – 2285, 2005.
- Anil Jain, 2007a Jain, Anil K., Patrick Flynn, and Arun A. Ross. Handbook of biometrics. Springer, 2007.

Anil Jain, 2007b Jain, Anil K. "Technology: biometric recognition." Nature 449.7158 (2007): 38-40

Anil Jain, 2008 Jain, Anil K., and Sharath Pankanti. "Beyond fingerprinting." Scientific American 299.3 (2008): 78-81.

Anil Jain, 2010 Jain, Anil K., and Ajay Kumar. "Biometrics of next generation: An overview." Second Generation Biometrics (2010).

Anil Jain, 2011 Jain, Anil K., Arun A. Ross, and Karthik Nandakumar. Introduction to biometrics. Springer, 2011.

Argentina DNI Tarjeta, <http://www.nuevodni.gov.ar/>

Asbo, 1987 Asbo, Einar L., and Hardy Tichenor. "Method and apparatus for dynamic signature verification." U.S. Patent No. 4,646,351. 24 Feb. 1987.

Ashbourn, 2011 Ashbourn, Julian. Guide to Biometrics for Large-scale Systems: Technological, Operational, and User-related Factors. Springer, 2011.

Baker et al, 2009 Baker, Sarah E., et al. "Contact lenses: handle with care for iris recognition." Biometrics: Theory, Applications, and Systems, 2009. BTAS'09. IEEE 3rd International Conference on. IEEE, 2009.

Baker et al, 2010 Baker, Sarah E., et al. "Degradation of iris recognition performance due to non-cosmetic prescription contact lenses." Computer Vision and Image Understanding 114.9 (2010): 1030-1044.

Bélgica <http://eid.belgium.be/en/>

Ben-Yacoub, 1999 S. Ben-Yacoub, Y. Abdeljaoued, E. Mayoraz: "Fusion of Face and Speech Data for Person Identity Verification". IEEE trans. on Neural Networks, 1999.

Bolivia Cédula de Identidad, [www.segip.gob.bo](http://www.segip.gob.bo)

Chile Servicio de Registro Civil e Identificación, <http://www.srcei.cl/>

Colômbia Tarjeta de identidad azul biométrica, <http://www.registraduria.gov.co/-Tarjeta-de-Identidad-.html>

Damico, 2007 Damico, Francisco Max. "Angiogênese e doenças da retina." Arquivo Brasileiro de Oftalmologia 70.3 (2007): 547-553.

Daugman, 2004 J. Daugman, "How Iris Recognition Works" University of Cambridge, January 2004.

De Moraes, 2006 De Moraes, Alexandre Fernandes. "Método para avaliação da tecnologia biométrica na segurança de aeroportos." Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo (2006).

Delac and Mislav 2004 Delac, Kresimir, and Mislav Grgic. "A survey of biometric recognition methods." Electronics in Marine, 2004. Proceedings Elmar 2004. 46th International Symposium. IEEE, 2004.

Delac, 2004 Delac, K.; Grgic, M., "A survey of biometric recognition methods," Electronics in Marine, 2004. Proceedings Elmar 2004. 46th International Symposium, vol., no., pp.184,193, 18-18 June 2004

Dinakardas et al, 2013 Dinakardas, C. N., S. Perumal Sankar, and Nisha George. "A multimodal performance evaluation on two different models based on face, fingerprint and iris templates." Emerging Trends in VLSI, Embedded System, Nano Electronics and Telecommunication System (ICEVENT), 2013 International Conference on. IEEE, 2013.

Equador <http://www.registrocivil.gob.ec/>

Espanha Documento Nacional de Identidad electrónico (DNIE), <http://www.dnielectronico.es/>

Estônia Estonian identity card, <http://www.id.ee/?lang=en>

European Comission, 2013 JRC Technical Report: Fingerprint Recognition for Children. European Commission Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen, Digital Citizen Security Unit, September 2013.

Falat, 2002 Falat, Luiz Roberto Ferreira; Falat, Luiz Roberto Ferreira; Rebello Filho, Hildebrando Magno; Rebello Filho, Hildebrando Magno, "Entendendo o Laudo Pericial Grafotécnico e a Grafoscopia". Editora Juruá, 2002, I.S.B.N.: 8536202238.

Falat, 2012 Falat, Luiz Roberto Ferreira, "Produção da Prova Pericial Grafotécnica no Processo Civil", Editora Juruá, 2012, ISBN-10: 8536238348.

FBI PalmPrint [http://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints\\_biometrics/biometric-center-of-excellence/files/palm-print-recognition.pdf](http://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/biometric-center-of-excellence/files/palm-print-recognition.pdf)

Fenker 2012 Fenker, Samuel P., and Bowyer, Kevin W. "Analysis of template aging

in iris biometrics." Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2012 IEEE Computer Society Conference on. IEEE, 2012.

- Fenker, 2011 Fenker, Samuel P., and Kevin W. Bowyer. "Experimental evidence of a template aging effect in iris biometrics." Applications of Computer Vision (WACV), 2011 IEEE Workshop on. IEEE, 2011.
- Fernando Podio, 2013 F. Podio, "Advances in Biometric Standardisation – Addressing Global Market Requirements for Biometric Standards". International Journal of Biometrics (IJB) 5 (1): 5–19, [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=909998](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=909998), 2013.
- Fontana, 2009 Fontana, Danilo Rodrigues, and Luiz Roberto Marim. "Sistema de Autenticação/Identificação pessoal biométrica através da palma da mão com o auxílio de redes neurais artificiais." Instituto Tecnológico da Aeronáutica–ITA, São José dos Campos, SP (2009).
- Freitas, 2011 Freitas, C. O. A. ; Volpi Neto, A.. "Técnicas forenses nos crimes de falsidade documental: Assinatura realizada por robô?". Âmbito Jurídico. v. 40, p. 1-22, 2011.
- Gâmbia The Gambia Biometric Identification System, <http://www.gambis.gm/>
- Geradts, 2006 Geradts, Zeno, and P. Sommer. "Forensic implications of identity management systems." FIDIS WP6 Deliverable 6 (2006).
- Goldstein et al, 2008 Goldstein, James, et al. "Large-scale Biometrics Deployment in Europe: Identifying Challenges and Threats." JRC Scientific and Technical Reports (2008).
- Grother, 2010 Patrick J. Grother, George W. Quinn and P. Jonathon Phillip, "Report on the Evaluation of 2D Still-Image Face Recognition Algorithms", NIST Interagency Report 7709, June 2010.
- Guatemala Guatemala DPI - Documento Personal de Identificación, <http://www.renap.gob.gt/>
- Han, 2003 Han, Chin-Chuan, et al. "Personal authentication using palm-print features." Pattern Recognition 36.2 (2003): 371-381.
- Hong, 1998 Hong, Lin, Yifei Wan, and Anil Jain. "Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation." Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on 20.8 (1998): 777-789.

|                    |                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IBGE, 2010         | IBGE, Censo Demográfico. "Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência." Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro (2010).                                                               |
| Im, 2001           | Im, Sang-Kyun, et al. "A biometric identification system by extracting hand vein patterns." Journal-Korean Physical Society 38.3 (2001): 268-272.                                                                                         |
| Índia              | UIDAI, <a href="http://uidai.gov.in/">http://uidai.gov.in/</a>                                                                                                                                                                            |
| Indonésia          | Indonesia, <a href="http://www.e-ktp.com/">www.e-ktp.com/</a>                                                                                                                                                                             |
| ISO 19794-1        | ISO/IEC 19794-1:2006 - Biometric data interchange formats – Part 2: Finger minutiae data.                                                                                                                                                 |
| ISO 19794-5        | ISO/IEC 19794-5:2005. Biometric data interchange formats – Part 5: Face image data.                                                                                                                                                       |
| ISO 19794-6        | ISO/IEC 19794-6:2005. Biometric data interchange formats – Part 6: Iris image data.                                                                                                                                                       |
| Joyce, 1990        | Joyce, Rick, and Gopal Gupta. "Identity authentication based on keystroke latencies." Communications of the ACM 33.2 (1990): 168-176.                                                                                                     |
| Kumar, 2003        | Kumar, A., Wong, D. C. M., Shen, H. C. e Jain, A. K., Personal Verification using Palmprint and Hand Geometry Biometric, Proc. of 4th Int'l Conf. on Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication (AVBPA), Guildford, UK, 2003. |
| Kumaralingam, 2011 | Kumaralingam R and Rahul G, "Biometrics - A Vision for the Future" HCL, 2011.                                                                                                                                                             |
| Langenderfer, 2005 | Langenderfer, Jeff, and Stefan Linnhoff. "The emergence of biometrics and its effect on consumers." Journal of Consumer Affairs 39.2 (2005): 314-338.                                                                                     |
| Lee, 2002          | Lee, Lily, and W. Eric L. Grimson. "Gait analysis for recognition and classification." Automatic Face and Gesture Recognition, 2002. Proceedings. Fifth IEEE International Conference on. IEEE, 2002.                                     |
| Lumini and Nanni,  | Lumini, Alessandra, and Loris Nanni. "When Fingerprints Are Combined with Iris-A Case Study: FVC2004 and CASIA." IJ Network Security 4.1 (2007): 27-34.                                                                                   |

Magalhães, 2003 Magalhães, Paulo Sérgio, and Henrique Dinis dos Santos. "Biometria e autenticação." (2003).

Magalhães, 2005 Magalhães, Paulo Sérgio. "Estudo dos padrões de digitação e sua aplicação na autenticação biométrica." Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2005.

Maltoni, 2009 Maltoni, Davide, et al. Handbook of fingerprint recognition. Springer, 2009.

Marta, 2011 Marta Mourão Kanashiro, "Biometria no Brasil e o Registro de Identidade Civil: novos rumos para identificação". Tese de doutorado da Universidade de São Paulo, 2011.

Matos, 2011 Da Silva Matos, Hélder José. "Reconhecimento Biométrico Baseado na Geometria da Mão." (2011).

México Cédula de Identidad Personal, [www.renapo.gob.mx/](http://www.renapo.gob.mx/)

Mjaaland, 2011 Mjaaland, Bendik B., Patrick Bours, and Danilo Gligoroski. "Walk the walk: attacking gait biometrics by imitation." Information Security. Springer Berlin Heidelberg, 2011. 361-380.

Monrose, 1997 Monrose, Fabian, and Aviel Rubin. "Authentication via keystroke dynamics." Proceedings of the 4th ACM conference on Computer and communications security. ACM, 1997.

Monrose, 2000 Monrose, Fabian, and Aviel D. Rubin. "Keystroke dynamics as a biometric for authentication." Future Generation computer systems 16.4 (2000): 351-359.

Monrose, 2000 Monrose, Fabian, and Aviel D. Rubin. "Keystroke dynamics as a biometric for authentication." Future Generation computer systems 16.4 (2000): 351-359.

Murar, 2013 Murar, Juliano Ferreira Jorge. "Detecção de vivacidade em sistemas de reconhecimento de íris." Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2013.

Nadort, 2007 Nadort, A.: The Hand Vein Pattern Used as a Biometric Feature. Master's thesis, Netherlands Forensic Institute, Amsterdam (2007).

Nandakumar, 2008 K. Nandakumar: "Multibiometric Systems: Fusion Strategies and Template Security", Michigan State University, PhD Thesis 2008.

Nanni, 2010 Nanni, Loris, et al. "Combining local, regional and global matchers for a template protected on-line signature verification system." Expert Systems with Applications 37.5 (2010): 3676-3684.

Nigéria <http://www.nimc.gov.ng/>

Nunes, 2011 Nunes, Rodrigo Alves. "Avaliação de técnicas para o reconhecimento de pessoas pela forma de andar (Gait Recognition)." (2011).

Patente Iris, 2006 Iris recognition takes steps into a brave new world, Biometric Technology Today, Volume 14, Issue 2, February 2006, Pages 1-2, ISSN 0969-4765, [http://dx.doi.org/10.1016/S0969-4765\(06\)70459-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-4765(06)70459-3).

Perú Documento Nacional de Identidad Electrónico, <http://www.reniec.gob.pe/portal/acercaDni.htm>

Plamondon, 1989 Plamondon, Rejean, and Guy Lorette. "Automatic signature verification and writer identification—the state of the art." Pattern recognition 22.2 (1989): 107-131.

Portugal Cartão de Cidadão, <http://www.cartaodecidadao.pt/>

Rabia, 2009 Jafri, Rabia, and Hamid R. Arabnia. "A Survey of Face Recognition Techniques." JIPS 5.2 (2009): 41-68.

Randive, 2013 Randive, Dipti. "Iris and Fingerprint Fusion for Biometric Identification." International Journal of Computer Applications 77 (2013).

Raposo, 2012 Raposo, Rui Gabriel. "Reconhecimento Biométrico da Orelha Análise de Factores de Qualidade de Imagem." Dissertação de mestrado. Universidade da Beira Interior, Portugal, 2012.

República Checa Electronic identity card, [www.mvcr.cz](http://www.mvcr.cz)

Rogers, 2010 Rogers, Everett M. Diffusion of innovations. Simon and Schuster, 2010.

Ross and Anil, 2004 Ross, Arun, and Anil K. Jain. "Multimodal biometrics: An overview" Proceedings of 12th European Signal Processing Conference. 2004.

Ross et al, 2006 Ross, Arun Abraham, Karthik Nandakumar, and Anil K. Jain. Handbook of multibiometrics. Vol. 6. Springer, 2006.

Ross, 1999 Ross, Arun, and A. K. Jain. "A prototype hand geometry-based verification system." Proceedings of 2nd Conference on Audio and Video Based Biometric Person Authentication. 1999.

Ross, 2008 Ross, Arun, Karthik Nandakumar, and Anil K. Jain. "Introduction to multibiometrics." Handbook of biometrics. Springer US, 2008. 271-292.

Tiku, 2004 M. Tiku, A. Akkaya. "Robust Estimation and Hypothesis Testing", New Age International LTDA, 2004.

UIDAI 2012a Uidai, Role of Biometric Technology in Aadhaar Authentication. Authentication Accuracy Report: Unique Identification Authority of India.

UIDAI 2012b Uidai, Role of Biometric Technology in Aadhaar Authentication. IRIS Authentication Accuracy - PoC Report: Unique Identification Authority of India.

UIDAI 2012c Uidai, Role of Biometric Technology in Aadhaar Enrollment: Unique Identification Authority of India.

UIDAI 2012d Uidai, Ensuring Uniqueness: Collecting iris biometrics for the Unique ID Mission.

Unicef, 2013 Every Child's Birth Right: Inequities and trend in birth registration, UNICEF, December 2013.

Wang, 2008 Wang, Lingyu, Graham Leedham, and David Siu-Yeung Cho. "Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics." Pattern recognition 41.3 (2008): 920-929.

Wu, 2003 Wu, Xiangqian, David Zhang, and Kuanquan Wang. "Fisherpalms based palmprint recognition." Pattern recognition letters 24.15 (2003): 2829-2838.

Yoo and Nixon 2011 Yoo, Jang-Hee, and Mark S. Nixon. "Automated Markerless Analysis of Human Gait Motion for Recognition and Classification." ETRI Journal 33.2 (2011).

Zhao, 2003 Zhao, Wenyi, et al. "Face recognition: A literature survey." Acm Computing Surveys (CSUR) 35.4 (2003): 399-458.

Zimmer, 2008 Zimmer, Alessandro. "Sistema biométrico híbrido para verificação de assinaturas manuscritas." (2008).

Universidade de Brasília – UnB

Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT

Laboratório de Tecnologias da Tomada de Decisão – LATITUDE

[www.unb.br](http://www.unb.br) – [www.cdt.unb.br](http://www.cdt.unb.br) – [www.latitude.eng.br](http://www.latitude.eng.br)