



Identificação biométrica de recém-nascidos

Biometric identification of newborns

Identificación biométrica de recién nacidos

Rubisley de Paula Lemes¹, Olga Regina Pereira Bellon², Luciano Silva³, Monica Nunes Lima Cat⁴

RESUMO

Descritores:

Identificação Biométrica;
Impressões Digitais;
Recém-nascidos

Objetivo: Sistema biométrico que possa ser efetivamente utilizado para identificação neonatal através do uso de cristas dactiloscópicas em alta-resolução da superfície palmar. **Método:** O uso do padrão das cristas é um problema desafiador tanto pela reduzida espessura das cristas papilares dos recém-nascidos quanto pela sua fragilidade. Portanto, o sistema utiliza um protocolo próprio de aquisição de imagens, métodos e algoritmos exclusivamente desenvolvidos para o propósito de identificação destes indivíduos. **Resultado:** Experimentos foram realizados em imagens coletadas de 250 recém-nascidos do Hospital Universitário da Universidade Federal do Paraná (HC-UFPR). Quando se analisa imagens que apresentam boa qualidade (20 bebês), os resultados mostram que o método proposto é promissor. **Conclusão:** O sistema biométrico proposto para identificação de recém-nascidos é relativamente fácil de usar e os resultados mostram a viabilidade desta abordagem. Para melhorar o desempenho do reconhecimento, as imagens devem possuir resolução adequada e um protocolo de coleta apropriado deve ser seguido.

ABSTRACT

Keywords: Biometric
Identification;
Dermatoglyphics;
Newborns

Objective: Biometric system that can be effectively used for newborn identification through papillary ridges extracted from high-resolution images of palmar surface. **Method:** The use of friction ridge patterns is challenging due to both the small size of newborn's papillary ridges and their fragility. Therefore, the system uses an own image acquisition protocol, as well as, methods and algorithms specially developed to the purpose of newborns identification. **Results:** Experiments were performed on images collected from 250 newborns at the University Hospital (Universidade Federal do Paraná). When considering the good quality palmar images (20 newborns), the results show that the proposed approach is promising. **Conclusion:** The biometric system proposed for newborn identification is relatively easy to use and shows the feasibility of this approach. To improve the recognition performance, the images must have appropriate resolution and an appropriate image acquisition protocol should be followed.

RESUMEN

Descriptorios:
Identificación Biométrica;
Dermatoglfia; Recién
Nacidos

Objetivo: Sistema biométrico que puede ser utilizado efectivamente para identificación neonatal mediante el uso de las cristas dactilares en alta resolución de la superficie palmar. **Método:** El uso del estándar de las cristas es un problema desafiante tanto por la reducida espesura de las cristas papilares de los recién nacidos como por su fragilidad. Por tanto, el sistema utiliza un protocolo propio de adquisición de imágenes, métodos y algoritmos exclusivamente desarrollados para el propósito de identificación de estos individuos. **Resultado:** Los experimentos fueron realizados en imágenes recolectadas de 250 recién nacidos del Hospital Universitario de la Universidad Federal de Paraná (HC-UFPR). Cuando se analizan imágenes que presentan buena calidad (20 recién nacidos), los resultados muestran que el método propuesto es prometedor. **Conclusión:** El sistema biométrico propuesto para identificación de recién nacidos es relativamente fácil de usar y los resultados muestran la viabilidad de este enfoque. Para mejorar el rendimiento del reconocimiento, las imágenes deben tener una resolución adecuada y un protocolo adecuado de adquisición de imágenes se deben seguir.

¹ Doutoranda no Departamento de Informática na Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba (PR), Brasil.

² Doutora em Engenharia Elétrica, Professora no Departamento de Informática na Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba (PR), Brasil.

³ Doutor em Informática, Professor no Departamento de Informática na Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba (PR), Brasil.

⁴ Doutora em Pediatria, Professora no Departamento de Pediatria na Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba (PR), Brasil.

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, cerca de 78 milhões de nascimentos ocorrem por ano⁽¹⁾. A identificação de recém-nascidos é crucial para evitar trocas, roubo, tráfico e até mesmo adoções ilegais, um problema recorrente em maternidades de todo o mundo. Estatísticas mostram que dentre os 3 milhões de nascimentos que ocorrem anualmente no Brasil acontece uma troca de bebê a cada 6.000 nascimentos. Nos Estados Unidos, ocorrem aproximadamente 4,2 milhões de nascimentos por ano e uma incidência de 23.000 trocas anuais⁽²⁻³⁾. No entanto, a população mundial de crianças com idade entre 0-5 anos é de cerca de 500 milhões⁽⁴⁾. Quantos casos de trocas de recém-nascidos, sequestro de crianças e adoções ilegais ocorrem a cada ano, especialmente em países pobres?

Este artigo propõe um sistema inovador para o problema desafiador da identificação neonatal. Este trabalho utiliza informações datiloscópicas extraídas de imagens em alta-resolução e tem como principais contribuições o estudo/implementação de um protocolo de aquisição de imagens da superfície palmar/plantar, desenvolvimento de técnicas apropriadas de processamento de imagens e técnicas adaptadas ao reconhecimento dos recém-nascidos.

Identificação de Recém-nascidos

Trocas de bebês e adoções ilegais são problemas globais e abordagens tradicionais tais como braceletes de identificação e impressões plantares coletadas utilizando tinta e papel, não fornecem o nível de segurança requerido⁽⁵⁻⁶⁾.

No mundo real, uma série de situações demanda autenticação pessoal, não existindo dúvida de que soluções biométricas são as mais importantes para este tipo de tarefa. Quanto ao problema desafiador do reconhecimento de recém-nascidos, os sistemas biométricos também são com certeza a melhor opção. Tais sistemas são tecnologias consolidadas, que apresentam grande aceitação por parte dos usuários, apresentam baixos custos e taxas de reconhecimento significativas.

Entretanto, existem poucos estudos na área da identificação neonatal. Os sistemas biométricos comercialmente disponíveis são usados para identificação de adultos⁽⁷⁾, e não apresentam boa resposta quando aplicados à identificação de recém-nascidos. Portanto, a busca por soluções biométricas para este grupo tão especial, tornaria mais completo todo o conhecimento acerca das tecnologias biométricas. Além disso, a utilização de sistemas biométricos eficazes em rodoviárias, aeroportos, maternidades e hospitais, ajudariam com certeza na redução dos índices de troca de bebês, adoções ilegais e tráfico de crianças.

Métodos de identificação

Um dos métodos não biométricos mais utilizados é a colocação de pulseiras com códigos de identificação, logo após o nascimento. Entretanto, tal método pode ser fraudado alterando-se ou removendo-se a pulseira, além disso, o método não serve para uma futura identificação da criança.

Outro método bastante popular, inequívoco e

frequentemente empregado é a identificação utilizando o DNA. Entretanto, o método ainda demanda laboratórios sofisticados e não pode ser utilizado em tempo real. Além disso, não é capaz de diferenciar gêmeos univitelinos, e é potencialmente invasivo⁽⁷⁾.

Reconhecimento facial com taxas altas de eficiência ainda é uma tarefa difícil até mesmo quando aplicado a adultos⁽⁸⁾. Isto ocorre porque tais sistemas são suscetíveis às variações de iluminação, pose e expressão. Além disso, a face de recém-nascidos também sofre drásticas mudanças nos primeiros dias e meses de vida, tornando difícil o reconhecimento de dado indivíduo no futuro utilizando esta mesma característica.

Embora o reconhecimento por íris obtenha taxas expressivas de reconhecimento em adultos⁽⁹⁾, não é recomendável sua utilização em bebês, uma vez que dificilmente abrem seus olhos. Além disso, deve-se evitar qualquer contato do olho do recém-nascido com tais dispositivos. Outro fato relevante é que o padrão da íris somente se estabiliza depois do segundo ano de vida da criança⁽⁵⁾.

Entretanto, quando se considera a captura de imagens de impressões digitais, impressões palmares e plantares, estudos reportam que é uma tarefa desafiadora coletar tais imagens de recém-nascidos⁽⁵⁻⁶⁾. Este problema reside basicamente no fato de que os sensores não apresentam resolução adequada às especificidades das impressões digitais em recém-nascidos. Tais impressões digitais demandam um sensor com resolução de no mínimo 1500ppi. Com base nisso, Weingaertner et al. desenvolveram um sensor com alta resolução (1400ppi) para capturar impressões palmares e plantares de recém-nascidos⁽⁵⁾. Com este novo sensor, duas imagens de 106 recém-nascidos foram coletadas. Papiloscopistas do Instituto de Identificação do Paraná (IIPR) examinaram as imagens e obtiveram uma taxa de reconhecimento manual de 67,7% e 83% utilizando impressões plantares e palmares respectivamente.

No entanto, até então, a grande maioria dos métodos de identificação de recém-nascidos não apresentavam sistemas automáticos que pudessem ser efetivamente utilizados para o propósito de identificação e/ou verificação.

Neste sentido, Bharadwaj et. al.⁽¹⁰⁾ introduzem um estudo preliminar sobre a utilização de reconhecimento facial, de forma automática, na identificação de recém-nascidos utilizando algoritmos já consolidados em adultos, como SURF e LBP. Para medir o desempenho da abordagem proposta, 374 imagens de 34 bebês foram coletadas em até 15 horas após o nascimento. Os resultados experimentais mostram que o reconhecimento facial é factível, conseguindo atingir uma taxa de identificação por rank-1 de 86,9%. Entretanto, os autores sugerem como trabalho futuro a coleta de imagens dos recém-nascidos depois de certo tempo e analisar a eficiência do reconhecimento facial neste caso desafiador.

Outro artigo propõe um sistema on-line de autenticação de recém-nascidos utilizando impressões plantares⁽⁴⁾. No estágio de reconhecimento, quatro abordagens conhecidas como *Ordinal Code*, *Binary Orientation Co-occurrence Vector*

(BOCV), *Competitive Code* e *Robust Line Orientation Code* (RLOC) são utilizadas⁽⁴⁾. Os autores coletaram 1.938 impressões plantares de 101 recém-nascidos. Os mesmos autores também desenvolveram outras abordagens que utilizam *Band Limited Phase-Only Correlation* (BLPOC) e vários métodos representativos de redução de dimensionalidade como o PCA e o LDA⁽¹¹⁻¹²⁾. Resultados experimentais demonstraram que o sistema proposto pode ser eficaz no processo de reconhecimento. Entretanto, como os algoritmos e abordagens utilizadas se baseiam essencialmente na orientação das linhas principais, há indícios de que tais características podem se modificar no decorrer do crescimento, não sendo permanente tanto quanto as cristas papilares⁽⁵⁾.

Sendo assim, cristas papilares presentes em impressões digitais, impressões palmares e plantares são bem mais atrativas para o reconhecimento neonatal. As cristas papilares já estão completamente formadas após a décima oitava semana de gestação⁽¹³⁾. Portanto, seria possível coletar informações datiloscópicas de todos os recém-nascidos. Entretanto, tais cristas papilares são, em média, 2,5 a 3 vezes menores do que em adultos, devendo ser adquiridas com resolução de no mínimo 1500ppi para que possam ser observadas⁽⁵⁾. Caso sejam analisados recém-nascidos prematuros, tal exigência sobe para 2400ppi⁽⁵⁾.

Identificação por Impressões Plantares

Desde muito tempo, a identificação de recém-nascidos tem sido praticada mundo afora através da aquisição de impressões plantares utilizando tinta e papel. Este método de aquisição é recomendado pelo *Federal Bureau of Investigation*⁽¹⁴⁾. No Brasil, este procedimento é exigido por lei, porque é esperado que qualquer dúvida sobre a identidade do bebê ou de sua mãe possa ser sanada utilizando-se estas características biométricas.

Mas na maioria dos casos, o uso de impressões plantares para propósitos de identificação não é factível devido a problemas de ilegibilidade. De acordo com uma série de pesquisadores^(5-6,15-17), é extremamente difícil coletar impressões plantares com boa qualidade. Isto se deve basicamente as seguintes razões⁽⁵⁾: (1) materiais e técnicas inadequadas são utilizados na captura (tinta, papel, cilindro); (2) a pele dos recém-nascidos é coberta por uma substância oleosa que dificulta o processo de coleta; (3) equipe de enfermagem despreparada; (4) as cristas papilares possuem espessura bem menor do que em adultos, chegando a ser de 3 a 5 vezes menores; (5) as cristas são muito frágeis o que pode facilmente gerar deformações.

Shepard et al.⁽¹⁵⁾, apresentaram em 1966 uma análise de 102 impressões plantares de 51 recém-nascidos. Uma das impressões foi coletada logo após o nascimento e a outra cinco ou seis semanas após. Tais impressões plantares foram analisadas por papiloscopistas do Departamento de Justiça do Estado da Califórnia (*California State's Department of Justice*). No entanto tal análise levou a conclusão de que apenas 10 bebês puderam ser realmente identificados. Entretanto, a maioria dessas 20 impressões que foram corretamente emparelhadas não possuía nitidez

suficiente para permitir a emissão de um laudo que fosse judicialmente aceitável.

Um trabalho muito interessante foi apresentado por Mamede⁽¹⁶⁾. Neste trabalho foram analisadas 205 impressões plantares coletadas utilizando-se cinco substâncias desengordurantes antes do processo de coleta das impressões. As substâncias analisadas quanto à eficácia na remoção do verniz caseoso foram: benzina, metanol, éter etílico, toluol e clorofórmio. Quanto à legibilidade das imagens, apenas uma (0,49%) foi considerada ótima, 57,07% foram consideradas boas, 22,93% foram consideradas regulares e 19,51% constituíram-se de borrões. Portanto, os autores concluíram que a utilização de substâncias desengordurantes antes do procedimento de coleta produz sim melhores resultados. Dentre as substâncias analisadas, a benzina e o toluol proporcionaram melhores resultados, ao passo que o metanol foi a menos eficiente.

De acordo com Thompson et al.⁽¹⁷⁾, a impressão plantar não serve para propósitos de identificação dos recém-nascidos e o procedimento de coleta destas imagens deveria ser abandonado por gerar um custo desnecessário, apesar da importância de se realizar um reconhecimento eficaz dos recém-nascidos.

Entretanto, outros dizem que a prática do treinamento adequado e utilização de materiais adequados deve ser a base para se obter impressões plantares com qualidade necessária ao reconhecimento. Esta conclusão pode ser alcançada ao analisarmos o trabalho de Cat⁽⁶⁾, que forneceu treinamento e material adequado aos profissionais responsáveis pela coleta de impressões plantares na maternidade do Hospital de Clínicas da UFPR.

Por outro lado, os resultados apresentados por Weingaertner et al.⁽⁵⁾ mostram que as impressões palmares resultam em imagens de melhor qualidade do que as impressões plantares mesmo sendo as impressões palmares mais difíceis de serem adquiridas, uma vez que os recém-nascidos não abrem facilmente suas mãos.

MÉTODOS

Por causa das razões apresentadas anteriormente, decidimos utilizar as cristas papilares presentes na palma da mão dos recém-nascidos. Isto se deve principalmente ao fato de que são não invasivas, possuem alta disponibilidade, possuem grande aceitação por parte do usuário. Além disso, são sem dúvida as características mais utilizadas e estudadas. Porém, algumas dificuldades marcam a aquisição destas imagens. No entanto, este artigo mostra que a sua aplicação pode sim ser viável, caso sejam seguidos corretamente protocolos de aquisição, sejam utilizados tanto equipamentos apropriados quanto métodos de reconhecimento adaptados às características dos recém-nascidos.

Aquisição e Classificação das Imagens

O objetivo do trabalho é um sistema on-line e automático que utiliza cristas papilares de impressões palmares em alta-resolução. Utilizamos um sensor

comercialmente disponível (*CrossMatch LSCAN 1000P*) cuja resolução é o mais próximo possível do mínimo exigido (1500ppi).

Coletamos durante nove meses, impressões palmares e plantares de 250 recém-nascidos na maternidade do Hospital das Clínicas da Universidade Federal do Paraná (HC-UFPR). Coletamos 2.442 imagens (4964 X 5120 pixels, 256 níveis de cinza, 1000ppi), 1.221 impressões palmares e 1.221 impressões plantares, formando a base de dados NB_ID. As imagens foram coletadas entre uma e 48 horas após o nascimento. As coletas foram realizadas sempre por duas pessoas, sendo uma enfermeira da maternidade responsável por manusear o bebê, acalmado-o e segurando-o de forma segura e agradável. A outra pessoa era um dos autores deste trabalho, responsável por manipular o computador, o sensor, bem como instruir e treinar a equipe de enfermeiras a respeito dos procedimentos de coleta.

Para realizarmos as coletas, primeiramente tivemos que obter a autorização do conselho de ética do hospital, o que não foi uma tarefa muito difícil uma vez que a presente pesquisa propõe uma solução para um problema ainda desafiador e não solucionado. Tão importante quanto, era obtermos a autorização dos pais da criança. Portanto, antes de realizarmos o procedimento de coleta, explicávamos todo o processo de coleta, objetivos do projeto e importância do reconhecimento biométrico para a segurança de seus filhos.

Para medir a qualidade das imagens coletadas (Fig. 1), utilizamos o método proposto por⁽¹⁸⁾ classificando-as em: (1) boa; (2) normal; (3) seca; (4) úmida.

Os resultados da classificação automática mostraram que 5% das impressões palmares e somente 1,5% das impressões plantares possuem qualidade suficiente (imagens classificadas como “boas”) para satisfazer os requisitos do reconhecimento automático. As imagens também foram classificadas manualmente nestes cinco níveis de qualidade, resultando em 4,3% das impressões palmares e 2,1% das impressões plantares classificadas como boas.

Uma das causas da baixa taxa de imagens classificadas como “boas” pode estar relacionado ao protocolo executado durante as coletas. Portanto, objetivando desenvolver um protocolo eficaz, o primeiro passo é apropriadamente preparar a palma da mão do recém-nascido para remover a substância oleosa e prover uma superfície limpa. Desta forma, para coletar imagens com boa qualidade, concluímos que o melhor protocolo deve ser o seguinte: (I) é necessário usar álcool como primeiro passo de limpeza; (II) para garantir um bom processo de limpeza, um segundo estágio com água e sabão é necessário; (III) a mão precisa ser seca utilizando papel toalha; (IV) é muito importante ter um tempo de exposição rápido e aplicar pressão moderada da superfície palmar/plantar sobre o sensor.

Processamento das Imagens

De modo a obter as características necessárias ao processo de identificação, a abordagem para processamento das imagens possui os seguintes estágios: (1) definição do Menor Retângulo Envolvente (MRE), (2) correção da orientação da imagem, (3) remoção dos

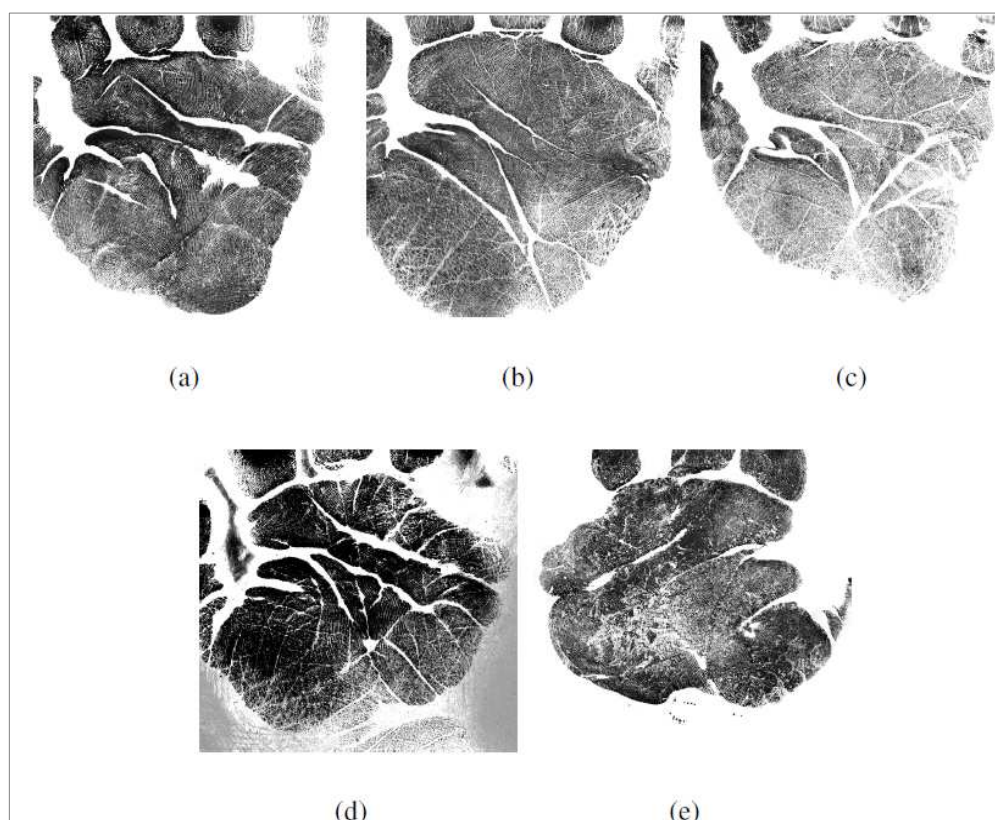


Figura 1 - Classificação: (a) boa, (b) normal, (c) seca, (d) úmida, (e) borrada.

dedos, (4) segmentação da Região de Interesse (RI), (5) *Short Time Fourier Transform*⁽¹⁹⁾, (6) Estimação do campo direcional (CD), (7) estimação da frequência, (8) Filtro de Gabor (FG), (9) detecção dos trirrádios (DT).

No estágio 1, O MRE é detectado para eliminar áreas sem importância e evitar processamento desnecessário nos estágios seguintes⁽²⁰⁾. No estágio 2, o MRE é utilizado para retificar a orientação da imagem⁽²⁰⁾. No estágio de remoção dos dedos, os pontos “b” e “c” são utilizados para definir o ponto “e” (nova origem - Fig. 2a) e “f”⁽²⁰⁾. A partir desta nova origem, algumas parábolas são traçadas para encontrar a que melhor remove os dedos (Fig. 2b - Parábola verde). Em seguida, toda a imagem abaixo e a esquerda do ponto “f” é descartada para extrair a RI, ou seja, a região da impressão digital logo abaixo dos dedos⁽²⁰⁾ (Figura 2c).

No estágio 5 utilizamos uma importante operação de reconstrução da imagem baseada em *Short Time Fourier Transform* (STFT)⁽¹⁹⁾ (Fig. 3b). Esta técnica é mais eficiente para a reconstrução do que o Filtro de Gabor⁽²¹⁾ que depende criticamente da correta estimação da orientação e frequência das cristas. O STFT é capaz de simultaneamente prover informações mais robustas tanto de orientação (campo direcional - CD) quanto de frequência (estágios 6 e 7). Para melhorar a qualidade da

reconstrução, no estágio 8, aplicamos o Filtro de Gabor⁽²¹⁾ utilizando-se as informações mais robustas de orientação e *frequência* obtidas com o STFT, resultando assim em cristas com melhor definição (Fig. 3d).

Por último, no estágio 9, utilizamos o algoritmo Índice de Poincare⁽⁷⁾ para extrair os trirrádios (Fig. 3d). Os estágios 2 e 9 são importantes para melhorar a performance do matching, uma vez reduzem as diferenças de orientação e translação entre duas impressões palmares.

Algoritmos de Reconhecimento

Para o reconhecimento dos recém-nascidos, utilizamos uma abordagem híbrida combinando um algoritmo de registro de imagem (*Simulated Annealing* – AS)⁽²²⁾ e outro baseado em textura orientada (*FingerCode* - FC)⁽²³⁾. A abordagem híbrida proposta possui dois estágios: (1) identificação e (2) verificação. No primeiro estágio, é feita uma filtragem da base de dados, onde o FC procura pelas cinco amostras mais parecidas (Rank5) com a amostra de entrada. Por fim, a abordagem baseada em SA (por ser computacionalmente mais cara, porém mais robusta) atesta se uma destas amostras selecionadas refere-se ao par da amostra de entrada.

Para criar o molde de autenticação, um algoritmo de esqueletização é executado na imagem reconstruída para

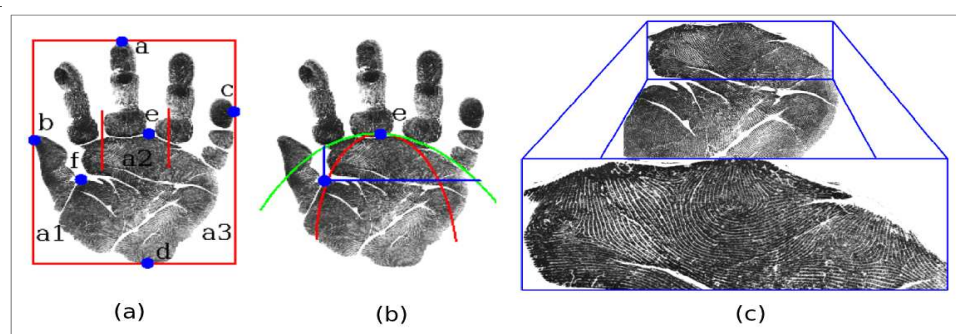


Figura 2. Processamento de imagens: (a)-(c) MRE, remoção dos dedos e RI.

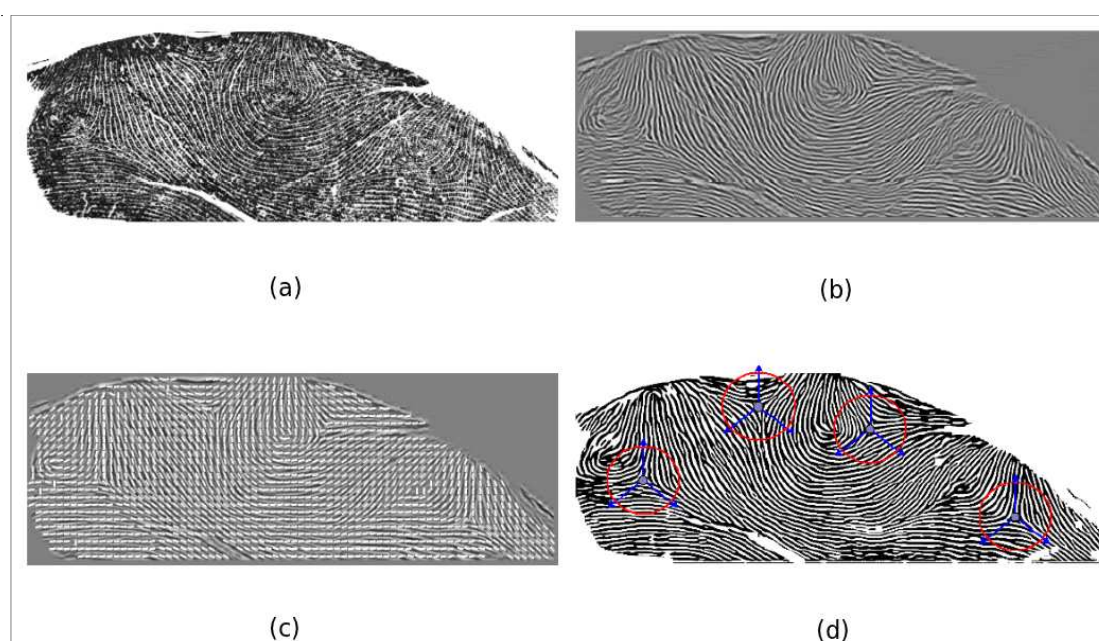


Figura 3. Processamento de imagens: (a) RI, (b) STFT, (c) CD, (d) FG e DT.

gerar um mapa afinado das cristas e extrair as minúcias⁽²¹⁾. Os moldes incluem $(n + C_{(n,2)})$ sub-moldes (ou seja, pontos de referência), onde “n” é o número de trirrádios detectados e $C_{(n,2)}$ é o número de possíveis combinações de “n” trirrádios tomados 2 a 2 (sem repetição, ordem não importa). Chamamos estes $C_{(n,2)}$ sub-moldes de Regiões Médias (RM), ou seja, a média das coordenadas entre dois trirrádios.

Os sub-moldes somente incluem as informações dentro de uma RI com raio de 200 pixels em torno de cada sub-molde. Fig. 4 exemplifica somente a RI em torno dos trirrádios. Cada sub-molde inclui: ponto de referência (coordenadas e orientação), pontos de cristas e minúcias (coordenadas, orientação (CD) e distância radial para o ponto de referência). Complementando, oito componentes orientados (0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90°, 112.5°, 135° e 157.5°) são extraídos utilizando-se um banco direcional de Filtros Gabor na RI setorizada em torno do ponto de referência, gerando um vetor de características⁽²³⁾.

Tanto na abordagem FC quanto SA, a palma da mão é dividida em quatro regiões de igual tamanho. Teoricamente, existe um trirrádio na impressão palmar abaixo de cada dedo, ou seja, quatro regiões interdigitais⁽¹³⁾. Objetivando calcular a similaridade entre duas imagens, o matching é executado somente entre sub-moldes do mesmo tipo (trirrádios ou RM) e pertencentes à mesma região, resultando em $(n + C_{(n,2)})$ possíveis testes para o FC e $(n + C_{(n,2)})$ para o SA. Dentre estes $(n + C_{(n,2)})$ escores resultantes do FC, o matching (Distância Euclidiana entre dois vetores de característica) que gerar o menor escore será o selecionado. Dentre os $(n + C_{(n,2)})$ escores do SA, o de maior similaridade será o selecionado.

Partindo de um pré-alinhamento obtido através do registro dos pontos de referência (Fig. 5a), o SA analisa soluções vizinhas buscando o melhor alinhamento, que é computado como sendo a maximização do número de minúcias e pontos sobrepostos. Duas minúcias ou pontos correspondentes são considerados sobrepostos se eles satisfazem as seguintes propriedades: devem estar dentro

de uma região circular com raio $r_{Minúcias} = 10$ e $r_{Pontos} = 1$; devem possuir direções equivalentes, ou seja, a diferença entre suas orientações (θ_{1} e θ_{2}) deve ser menor que $\theta = 10^\circ$; devem possuir distâncias radiais equivalentes, ou seja, a diferença entre suas respectivas distâncias radiais (rad_1 e rad_2) deve ser menor que $rad_{dist} = 10$. Fig. 5 mostra um exemplo de registro utilizando a abordagem proposta, onde podemos ver a eficiência do pré-alinhamento (Fig. 5a), a precisão do alinhamento final (Fig. 5b).

No SA, a similaridade entre sub-moldes é definida através da combinação do número de pontos sobrepostos S_R e o número de minúcias sobrepostas S_M . Estes escores (S_R e S_M) geram um escore final $S_{(R+M)} = (\alpha_1 * S_M) + (\alpha_2 * S_R)$, onde α_1 e α_2 variam no intervalo $[0,0 ; 1,0]$. Os limiares foram selecionados empiricamente através de tentativa e erro, no qual foram selecionados os limiares que forneceram as melhores taxas de reconhecimento.

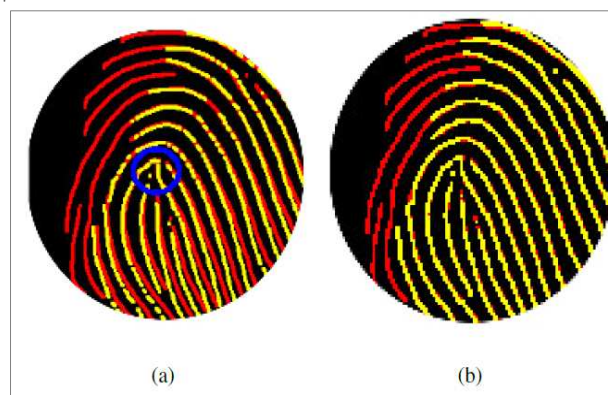


Figura 5 - Registro de imagens: (a) pré-alinhamento, (b) alinhamento final.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido a problemas de ilegibilidade, somente impressões palmares de 20 recém-nascidos puderam ser usadas nos experimentos. Selecionamos as três melhores

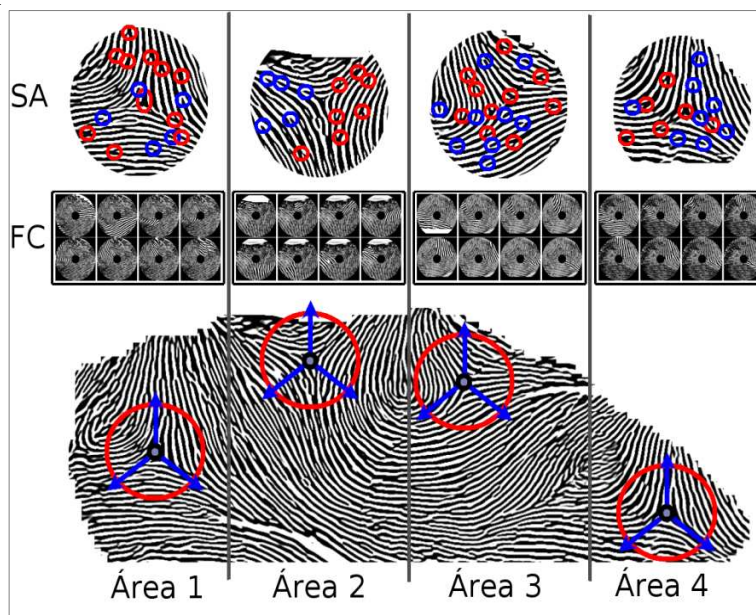


Figura 4 - Geração dos templates.

imagens de cada um destes 20 recém-nascidos, de acordo com o algoritmo de classificação, totalizando 60 impressões palmares classificadas como “boas”. Para verificar a viabilidade da identificação automática, executamos experimentos de verificação e identificação (Tabela 1) baseados em Rank e FAR⁽⁷⁾.

Os trirrádios nas impressões palmares foram escolhidos baseando-se em análises automáticas do número de trirrádios detectados nas amostras dos 20 bebês. Em mais de 80% das amostras, três ou mais trirrádios foram detectados. Decidimos também utilizar as regiões entre dois trirrádios (Regiões Médias – RM) para melhorar a qualidade do matching. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos utilizando-se trirrádios (DP - *delta points* ou trirrádios) e RM.

Como pode ser visto na Tabela 1, o SA apresenta os melhores resultados em ambos os experimentos. Entretanto, considerando Rank5 para o FC e 0% FAR para o SA (0% FAR garante que o SA aceitará somente amostras verdadeiras), obtivemos 81% de taxa correta de reconhecimento. Desta forma, a abordagem híbrida pode melhorar a taxa de aceitação quando comparada aos resultados de uma ou outra abordagem isoladamente (66% e 71% para FC e SA respectivamente), como pode

ser visto também através do trabalho publicado por Lemes et. Al.⁽²⁴⁾.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta resultados preliminares sobre a utilização de imagens datiloscópicas em alta-resolução para a identificação automática de recém-nascidos. Experimentos iniciais em impressões palmares de 20 bebês mostram que o processo de identificação automática é possível, embora seja difícil. A abordagem proposta mostrou-se viável uma vez que é não-invasiva e de fácil aplicação. Para melhorar o desempenho do reconhecimento, dois requerimentos principais devem ser seguidos: (1) as imagens devem possuir resolução apropriada para capturar informações datiloscópicas, e (2) um protocolo de coleta apropriado deve ser seguido para melhor aquisição das imagens. Cabe ressaltar que o projeto encontra-se em fase de aprimoramento, objetivando desenvolver um sensor com capacidade de pelo menos 2000ppi uma vez que o melhor equipamento comercialmente disponível é capaz de oferecer no máximo 1000ppi. Posteriormente o protótipo será testado em uma das maiores maternidades da cidade.

Tabela 1 - Resultados do reconhecimento em impressões palmares.

	FC (DP + RM)	FC DP	FC RM	SA (DP + RM)	SA DP	SA RM
0% FAR	66%	55%	49%	71%	58%	62%
Rank1	84%	72%	67%	95%	93%	85%
Rank5	94%	83%	86%	98%	98%	97%
Rank10	95%	88%	92%	98%	98%	98%

REFERÊNCIAS

- Dados recém-nascidos. [citado 2012 ago 13]. Disponível em http://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table_population.php
- Dados recém-nascidos. [citado 2012 ago 13]. Disponível em http://www.census.gov/compendia/statab/cats/births_deaths_marriages_divorces/births.html
- Dalton J, Kim I, Lim B. RFID Technologies in Neonatal Care. White Paper by Intel Corporation, LG CNS, ECO Inc and WonJu Christian Hospital; 2005.
- Jia W, Cai H, Gui J, Hu R, Lei Y, Wang X. Newborn footprint recognition using orientation feature. *Neural Computing and Applications* 2011; 1-9.
- Weingaertner D, Bellon ORP, Silva L, Cat MNL. Newborn's biometric identification: can it be done? *Proc. VISAPP 2008*; 200-205.
- Cat MNL. Método FootScanAge para Determinação da Idade Gestacional [Dissertação]. Curitiba (PR). Universidade Federal do Paraná; 2003.
- Bolle RM, Connell JH, Pankanti S, et al. *Guide to Biometrics*. Springer; 2003.
- Li SZ, Jain AK. *Handbook of Face Recognition*. NY: Springer; 2004.
- Daugman J. New methods in iris recognition. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics B*. 2007; 37(5):1167-1175.
- Bharadwaj S, Bhatt HS, Singh R, Vatsa M, Singh SK. Face recognition for newborns: A preliminary study. *IEEE International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS) 2010*; 1:1-6.
- Jia W, Hu R, Gui J, Lei Y. Newborn footprint recognition using band-limited phase-only correlation. *Lecture Notes in Computer Science (Medical Biometrics) 2010*; 6165:83-93.
- Jia W, Gui J, Hu R, Lei Y, Xiao X. Newborn footprint recognition using subspace learning methods. *Lecture Notes in Computer Science (Advanced Intelligence Computing Theories and Applications) 2010*; 6215:447-453.
- Cummins H, Midlo C. *Fingerprints, palms and soles*. NY: Dover Publications; 1943.
- Stapleton ME. Best foot forward: Infant footprints for personal identification. *Law Enforcement Bulletin* 63; 1999, FBI.
- Shepard KS, Erickson T, Fromm H. Limitations of footprinting as a means of infant identification. *Pediatrics* 1966; 37(1).
- Mamede VM, Pelá NTR, Silveira E. Eficiência do uso de agentes desengordurantes na tomada de impressões plantares de recém-nascidos. *Revista Brasileira de Enfermagem* 1978; 31(4):508-516.
- Thompson JE, et al. Footprinting the newborn: not cost-effective. *Journal of Pediatrics* 1981; 99:797-798.
- Wu C, Tulyakov S, Govindaraju V. Image quality measures for fingerprint image enhancement. *Lecture Notes in Computer Science* 2006; 4105: 215-222.
- Chikkerur S, Cartwright AN. Fingerprint enhancement using STFT analysis. *Pattern Recognition* 2007; 40(1):198-211.
- Silva L, Bellon ORP, Lemes RP, Meira JA, and Cat MNL. An image processing tool to support gestational age determination. *Proc. IEEE CBMS 2006*; 867-874.
- Hong L, Wan Y, Jain AK. Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation. *IEEE Trans. on PAMI* 1998; 20(8):777-789.
- Kirkpatrick S, Gelatt C, Vecchi M. Optimization by simulated annealing. *Science* 1983; 220:671-680.
- Jain AK, Prabhakar S, Hong L, Pankanti S. Filterbank-based fingerprint matching. *IEEE Trans. on Image Processing* 2000; 9(5):846-859.
- Lemes RP, Bellon ORP, Silva L, Jain AK. Biometric recognition of newborns: Identification using palmprint. *International Joint Conference on Biometrics 2011*; 1-6.