

UM ESTUDO COMPARATIVO DAS TÉCNICAS SIFT E ASIFT PARA RECUPERAÇÃO DE IMAGENS POR CONTEÚDO EM BASE DE DADOS DE TATUAGENS

TIAGO B. RORIZ*, KELLY A. DE S. GAZOLLI*, FLÁVIO G. PEREIRA†, KARIN S. KOMATI*

*Coordenação de Informática - Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) campus Serra

†Coordenação de Automação - Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) campus Serra
Rodovia ES-010, Km 6,5, Manguinhos, Serra, ES - Brasil. 29173-087

Emails: tiagobassini@gmail.com, kasouza@ifes.edu.br, flavio.garcia@ifes.edu.br, kkomati@ifes.edu.br

Abstract— Nowadays one of the problems faced by law enforcement agencies is the one of identifying criminals. A study conducted by the Military Police of Bahia shows that tattoos are used by criminals not only for personal identification, but also for identifying and asserting the crimes committed by an individual or a criminal organization to which the individual belongs. The goal of this work is to quantitatively compare two different techniques for characteristics extraction for identification of images containing tattoos: SIFT and ASIFT. The images used in the work were kindly provided by the Civil Police for academic research use only. Those images were organized in seven categories of fourty images each. According to our results, the SIFT method yielded better results, by a small margin, for the experiments with similar images, partial tattoo images and images in different scales. As for the ASIFT method, it yielded better results, also by a small margin, for the experiments with random images, and provided much better results for inclined images. With these results, one may conclude that, for practical applications, where invariance of vantage point will be required, the ASIFT method is better suited for the purpose of identifying a tattoo by means of many images, like the ones provided by cellphones and security cameras, since in a real scenario the images will not be in the same inclination and position as they were when they were acquired and added to the police database.

Keywords— SIFT, ASIFT, Tatoo database, Content-Based Image Retrieval.

Resumo— Atualmente, um dos problemas da segurança pública é a dificuldade no reconhecimento de criminosos. Um estudo realizado pela Polícia Militar na Bahia mostra que mais de 60% dos detentos do sexo masculino têm algum tipo de tatuagem. O objetivo deste trabalho foi comparar quantitativamente duas técnicas de extração de características, SIFT e ASIFT, para identificação de imagens de tatuagens. As imagens utilizadas neste trabalho foram cedidas pela Delegacia de Homicídios e Proteção à Pessoa da Polícia Civil para serem utilizadas apenas para fins acadêmicos. Ao final, foi criado um acervo de cento e vinte imagens de tatuagens, que foram divididos em três conjuntos contendo quarenta imagens cada (denominadas BASE, SEMELHANTE e ALEATÓRIAS). A partir do primeiro conjunto de imagens, denominada BASE, aplicaram-se transformações de rotação (ROTAÇÃO), alterações de tamanho (TAMANHO), recorte (PARCIAL) e alteração de ponto de vista (INCLINAÇÃO), gerando mais quatro diferentes conjuntos de imagens. O conjunto SEMELHANTE possui tatuagens semelhantes ao BASE, mas não são as mesmas tatuagens e o conjunto ALEATÓRIAS são as imagens que não são relacionadas com as tatuagens de BASE. O conjunto BASE foi incluído no sistema como a base de dados, e os demais conjuntos foram utilizados como imagens de consulta. Nos resultados obtidos, o método ASIFT foi muito melhor no experimento com imagens inclinadas e obteve resultados similares nos outros experimentos. Logo, pode-se concluir que para aplicações onde a invariância de ponto de vista é necessária, o método ASIFT se enquadra melhor na pesquisa de uma tatuagem por meio de imagens um pouco diferente da tatuagem original contida na base de dados.

Palavras-chave— SIFT, ASIFT, Base de dados de tatuagens, Recuperação de imagem por conteúdo.

1 Introdução

Biometria é o estudo da medição e análise de dados biológicos, mas também é definida como o método automático de identificação pessoal usando traços distintos ou vetor de características, criando uma assinatura biométrica (Woodward et al., 2003). O grande objetivo desta área de estudo é preservar a identidade e garantir segurança.

Nos Estados Unidos, o BCOE (*Biometric Center of Excellence*) do FBI (*Federal Bureau of Investigation*), muito conhecido por seus serviços de identificação de impressão digital e identificação de DNA, investe cada vez mais no desenvolvimento de aplicações e num banco de dados de biometria. Esta base de dados se mostrou uma

ferramenta fundamental na solução de vários crimes. No evento “2012 Biometric Consortium Conference & Technology Expo”, o FBI apresentou a inclusão de mais uma medida biométrica, a base de dados de tatuagens do BCOE (Phillips, 2012).

No Brasil, uma base de dados de tatuagens também auxiliaria a polícia, pois segundo Alden (da Silva, 2012), autor da “Cartilha de Orientação Policial da Secretaria de Segurança Pública do Estado da Bahia”, estima-se que na população carcerária brasileira, mais de 60% dos detentos do sexo masculino tenham algum tipo de tatuagem. Há um código que associa a tatuagem à quais crimes foram cometidos, grupos organizados nas quais pertence ou mesmo a posição hierárquica dentro de tais grupos.

O processo de identificação biométrica, em geral, possui dois subsistemas, um para inclusão de dados e outro para consulta (Figura 1, retirado e adaptado de (Razente, 2009)). O subsistema de inclusão de dados é responsável por armazenar tanto a amostra biométrica original quanto a assinatura biométrica. Geralmente, esse processo é realizado uma única vez para cada amostra e para cada descritor, sendo possível armazenar outros dados via anotação e interação humana. Os vetores armazenados são usados posteriormente no processamento de consultas.

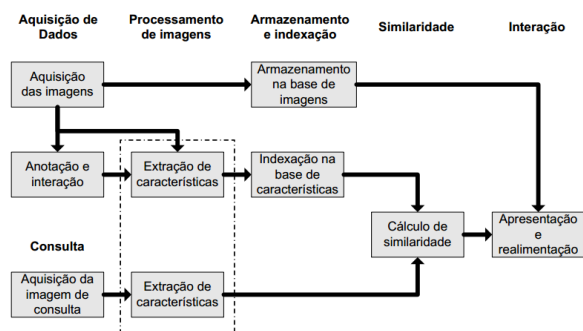


Figura 1: Processo de identificação biométrica.

Para realizar uma consulta, a amostra de pesquisa deve passar pelo mesmo processo de extração de características da inclusão do dado. Depois é realizado o cálculo de similaridade entre este vetor de características pesquisado com os existentes na base de dados. Finalmente, o resultado é apresentado, podendo estar ordenado de acordo com o grau de similaridade. Quando o tipo de entrada de um sistema biométrico é uma imagem (ou parte de uma imagem), este sistema também é classificado como um “Sistema de Recuperação de Imagens por Conteúdo” (*Content-Based Image Retrieval* - CBIR) (da Silva Torres and Falcão, 2006). De acordo com (Datta et al., 2008), um sistema CBIR se resume a dois problemas intrínsecos: o de como representar matematicamente uma imagem (extração de características) e como avaliar a similaridade (algoritmos de comparação de características) do conteúdo das imagens.

A proposta deste trabalho é desenvolver um sistema de identificação biométrica por recuperação de imagem baseada em conteúdo aplicado a uma base de dados de imagens de tatuagens cedida pela Polícia Civil, utilizando duas técnicas de extração de descritores e comparando quantitativamente os seus resultados.

Das várias técnicas existentes para extração de vetores de características, optou-se pelos métodos SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) (Lowe, 2004) e ASIFT (*Affine Scale Invariant Feature Transform*) (Yu and Morel, 2011), pois ambos apresentam um certo nível de invariância em escala, translação, rotação e/ou ponto de vista. Estas invariâncias são relevantes, pois num ambi-

ente de uso policial, a imagem de pesquisa de tatuagem provavelmente estará em uma escala, posição e ponto de vista diferente da qual foi coletada ou mesmo, além disso, a imagem da tatuagem de pesquisa poderá ser apenas parte da imagem original.

2 Referencial Teórico

Nos sistemas CBIR, as imagens são recuperadas pelo seu conteúdo visual fazendo com que seja desnecessária a identificação da imagem através de texto ou palavras chaves. Os métodos de extração de características de imagens utilizam descritores, que representam o conjunto de pixels de uma imagem através de um vetor de características, que representam alguns componentes das imagens relacionadas, tais como a cor, ou forma, ou textura (da Silva Torres and Falcão, 2006).

De acordo com (Andrade, 2012) os tipos de características podem ser classificados em características globais e características locais. Nas características globais se considera a informação de toda a imagem, logo são pouco adequados para localizar detalhes, além de serem pouco robustos a deformações nas imagens. Exemplos: área, perímetro, descritores de Fourier e momentos de Hu.

Já os descritores locais são computados sobre características locais de imagens: regiões, fronteiras ou pontos de interesse. Repetibilidade é a qualidade mais importante para uma técnica que extraí características locais, essa propriedade diz respeito ao fato de que uma imagem pode sofrer transformações geométricas ou radiométricas ou afins e, ainda assim, as mesmas características visuais são encontradas. Na prática, isso significa que as regiões, segmentos de contorno, código de cadeia, detecção de cantos, concavidades ou pontos de interesse extraídos devem ter sofrido as mesmas transformações para recair sobre os mesmos objetos. Pontos de interesse são pontos da imagem que podem ser univocamente localizados, são as características mais populares, devido a sua robustez. Uma vez que um ponto é detectado, uma pequena região em torno do ponto é utilizada para computar o descritor.

O algoritmo SIFT (Lowe, 2004) é um método para extração de descritores locais que representam características distintas, e podem ser usados para se comparar regiões em imagens diferentes. O SIFT é capaz de transformar uma imagem em uma coleção de vetores de características locais, e esses vetores são invariantes em escala, iluminação, a ocorrência de ruídos de imagem, translação, rotação e a pequenas mudanças de perspectiva. Um detalhe importante do método SIFT é a geração de uma grande quantidade de descritores que conseguem representar uma grande faixa de uma imagem em relação a escalas e localizações.

O método ASIFT (Yu and Morel, 2011) herda

os benefícios do SIFT, sendo melhor que o método SIFT em relação à invariância do ponto de vista. O ASIFT foi proposto como uma extensão do SIFT com o objetivo de obter um algoritmo mais robusto quanto às variações de pontos de vista, preservando as outras invariâncias. O diferencial na proposta do método ASIFT é utilização da “simulação de pontos de vista” no lugar da normalização.

De forma resumida, pode-se dizer que o algoritmo ASIFT inicia com duas imagens, uma é denominada B e a outra de A. O objetivo é achar as instâncias de B presentes em A. São aplicadas transformações nas imagens selecionadas para simular as possíveis distorções causadas pela mudança de ponto de vista da câmera. As transformações são realizadas mediante as variações dos parâmetros de inclinação e rotação. Uma a uma, as sub-imagens B_i são simuladas e comparadas com as sub-imagens A_i utilizando o algoritmo SIFT e procurando as duas imagens que apresentem melhor correspondência. Um dos problemas enfrentados pelo método ASIFT é a dificuldade em reconhecer um objeto na presença de padrões repetitivos e grande mudança de contraste (PÉREZ, 2011).

Neste trabalho optou-se por trabalhar com as técnicas locais, SIFT e ASIFT, por serem invariantes com relação a deformações nas imagens, que podem ocorrer quando uma pessoa tirar uma foto de uma tatuagem e esta foto não estiver no mesmo ângulo da foto armazenada na inclusão. Outra situação é quando se tem apenas uma parte da tatuagem e o anseio é que o resultado da consulta retorne alguma(s) imagem(ns) armazenada(s) na base de dados que contenha esta imagem parcial. Logo, a técnica baseada em descritor local é melhor para tal situação, isto é, é melhor para realizar a correspondência entre imagens.

3 Metodologia

O sistema, denominado TATOO-AFIM foi desenvolvido utilizando a biblioteca Java OpenIMAJ. As duas técnicas de extração de características, SIFT e ASIFT, foram implementadas, bem como o cálculo de similaridade entre imagens através da distância euclidiana. O sistema desenvolvido fornece interface com o usuário, gravação dos resultados em arquivos e plotagem das imagens resultantes. Com este sistema foram executados todos os experimentos, que são descritos a seguir.

3.1 Casos de Testes

Para elaboração dos experimentos, estudaram-se os desafios relatados pelo representante do FBI, Eric M. Phillips, sobre a construção da base de dados de tatuagens do BCOE (Phillips, 2012), que listou quatro casos de teste:

1) Caso de Teste 1 - **Identificação de Tatuagem**: situação na qual se tem a mesma tatuagem, a mesma pessoa e igual localização no corpo, só que a imagem foi capturada em instantes diferentes e em condições diferentes, um exemplo é mostrado na Figura 2.



Figura 2: Exemplos do Caso de Teste 1: Identificação de tatuagem.

2) Caso de Teste 2 - **Similaridade de Tatuagem**: situação na qual a tatuagem é similar, mas são tatuagens feitas em pessoas diferentes e/ou localização no corpo, um exemplo é mostrado na Figura 3.



Figura 3: Exemplo de Caso de Teste 2: Similaridade de tatuagem

3) Caso de Teste 3 - **Similaridade de Região de Interesse**: situação em que se tem uma imagem de tatuagem que pode ser parte de outra tatuagem maior. Pode ser da mesma pessoa ou em pessoas diferentes e/ou localização diferente no corpo. Um exemplo é mostrado na Figura 4 na qual a imagem da cruz Ankh é uma parte da tatuagem da foto maior.

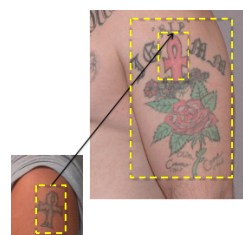


Figura 4: Exemplo de Caso de Teste 3: Similaridade de região de interesse.

4) Caso de Teste 4 - **Similaridade com Mistura de Mídias**: pesquisa que une os três casos de testes descritos, além de usar esboços, graffiti e desenhos a mão como imagens de entradas (Figura 5, retirado de (Han and Jain, 2013)).

3.2 Divisão da Base de Dados

As imagens utilizadas neste trabalho foram cedidas pela Delegacia de Homicídios e Proteção à Pessoa da Polícia Civil para serem utilizadas apenas para fins acadêmicos. Todas as imagens apre-



Figura 5: Exemplo de Caso de Teste 4: Similaridade com mistura de mídias.

sentam a resolução de 96 dpi e tamanhos diversos. Foram retiradas as imagens repetidas, desfocadas, que possuíam nomes de pessoas, frases específicas, com muito ruído e em partes íntimas do corpo. Exceto pela própria tatuagem, tentou-se ao máximo retirar as outras formas de identificar o portador da tatuagem a fim de preservar o anonimato, apenas as partes das tatuagens de cada imagem foram utilizadas.

Ao final, foi criado um acervo de 120 (cento e vinte) imagens de tatuagens, que foram divididos em 3 (três) conjuntos contendo 40 (quarenta) imagens cada (denominadas BASE, SEMELHANTE e ALEATÓRIAS). A partir do primeiro conjunto de imagens, denominada BASE, aplicaram-se transformações de rotação (ROTAÇÃO), alterações de tamanho (TAMANHO), recorte (PARCIAL) e alteração de ponto de vista (INCLINAÇÃO), gerando mais 4 (quatro) diferentes conjuntos de imagens. O primeiro conjunto de dados foi incluído no sistema TATOO-AFIM como a base de pesquisa, e os demais conjuntos foram utilizados como imagens de consulta.

Segue uma descrição de cada conjunto:

- Primeiro Conjunto (BASE): Conjunto que foi incluído na base de dados do sistema para comparação com os demais grupos.
- Segundo Conjunto (SEMELHANTE): O segundo conjunto contém imagens que possuem elementos semelhantes ao primeiro conjunto, porém não se tratando da mesma imagem. Por exemplo, pretende-se avaliar se a imagem '014.jpg' do conjunto BASE será confundida com a imagem '048.jpg' do conjunto SEMELHANTE (Figura 6).
- Terceiro Conjunto (ALEATÓRIAS): O terceiro conjunto possui imagens aleatórias sem qualquer relacionamento com as imagens do primeiro conjunto.
- Quarto Conjunto (PARCIAL): O quarto conjunto foi obtido utilizando as imagens do primeiro conjunto e editando, para que fossem selecionadas partes das imagens utilizadas como consulta, veja um exemplo, na Figura 7, na qual a imagem de consulta 'p020.jpg' é a parte que contém a estrela da imagem original '020.jpg'.

- Quinto Conjunto (TAMANHO): No quinto conjunto foi aplicada uma alteração no tamanho das imagens do primeiro conjunto, ampliando ou reduzindo as dimensões das imagens. Um exemplo é mostrado na Figura 8.
- Sexto Conjunto (ROTAÇÃO): O sexto conjunto consiste das imagens do primeiro conjunto com a aplicação de rotações nas imagens. As rotações aplicadas foram de 90°, 180° ou 270°, aleatoriamente. A Figura 9(a) é a imagem '017.jpg' do conjunto BASE rotacionada de 90°.
- Sétimo Conjunto (INCLINAÇÃO): Neste conjunto foram aplicadas mudanças na inclinação, simulando variações de ponto de vista nas imagens do primeiro conjunto. A Figura 9(b) é a imagem '017.jpg' do conjunto BASE inclinada.



Figura 6: Imagens do primeiro e segundo conjuntos respectivamente.

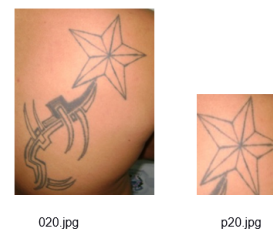
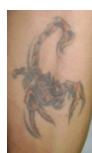


Figura 7: Imagens do primeiro e quarto conjuntos respectivamente.



Figura 8: Exemplo da associação de imagem do primeiro e quinto conjuntos.

Assim, o quinto (TAMANHO), o sexto (ROTAÇÃO) e o sétimo (INCLINAÇÃO) conjuntos avaliam o “Caso de Teste 1 - Identificação de Tatuagem”, o segundo conjunto (SEMELHANTE) avalia o “Caso de Teste 2 - Similaridade de Tatuagem”, o quarto conjunto (PARCIAL) avalia o “Caso de Teste 3 - Similaridade de Região de Interesse”. Não é objetivo deste trabalho avaliar o “Caso de Teste 4”.



(a)



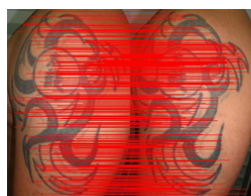
(b)

Figura 9: Exemplos de imagens do sexto e sétimo conjuntos.

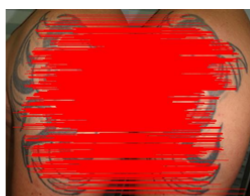
4 Resultados e Discussão

Nesta seção são apresentados os resultados dos experimentos conforme os conjuntos de testes especificados, e com isso avaliar a taxa de acerto para cada técnica e para cada conjunto de imagens, observando as suas peculiaridades. Segundo Lowe (2004) é necessário um mínimo de 3 (três) correspondências para considerar que ocorreu correspondência entre a imagem de pesquisa e a imagem da base de dados.

- Primeiro Conjunto (BASE): as duas técnicas, SIFT e ASIFT, obtiveram 100% de acerto em seus resultados. Foi observado que a quantidade de pontos correspondentes encontrados pela técnica ASIFT foi maior que o encontrado pelo SIFT em 28 das 40 imagens, ou seja, em 70% dos casos. Em um caso, pela técnica ASIFT foram encontrados 2432 pontos de correspondência contra 524 da técnica SIFT (Figura 10).



SIFT: 524 pontos



ASIFT: 2432

Figura 10: Imagem das correspondências entre imagens com o método SIFT e ASIFT.

- Segundo Conjunto (SEMELHANTE): foi constatado que não ocorreu sequer uma correspondência entre as imagens pela técnica SIFT. Na técnica ASIFT ocorreu apenas uma exceção, mostrada na Figura 11. Esta resposta foi incorreta, pois as imagens não são similares. Com isso pode-se concluir que os dois métodos possuem resultados satisfatórios para o “Caso de Uso 2 - Similaridade de Tatuagem”, pois mesmo similares são imagens de pessoas diferentes, logo não deve haver correspondência.

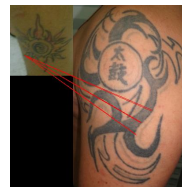


Figura 11: Único resultado do segundo conjunto considerado similar pelo método ASIFT.

- Terceiro Conjunto (ALEATÓRIAS): os resultados do ASIFT demonstraram que não existem correspondências entre as imagens do conjunto de testes e a base de dados de tatuagens. Já o resultado do SIFT mostrou única imagem que apresentou 5 (cinco) pontos de correspondência, resultado mostrado na Figura 12, visivelmente incorreto.

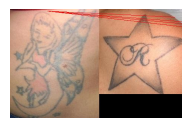


Figura 12: Único resultado do segundo conjunto considerado similar pelo método ASIFT.

- Quarto Conjunto (PARCIAL): a técnica SIFT apresentou 36 (trinta e seis) correspondências, enquanto a técnica ASIFT obteve 33 (trinta e três). No primeiro experimento, a quantidade de pontos correspondentes encontrados pela técnica ASIFT foi maior do que a encontrado pela SIFT, já neste experimento, o resultado se inverteu, somente 12 imagens na técnica ASIFT tiveram quantidade de correspondências superior ao do SIFT.
- Quinto Conjunto (TAMANHO): a técnica SIFT apresentou maior eficácia, com correspondência de 100% entre as 40 imagens analisadas. Já a técnica ASIFT apresentou 37 (trinta e sete) correspondências.
- Sexto Conjunto (ROTAÇÃO): neste experimento, as imagens de consulta passaram por uma transformação de rotação, e o resultado esperado é que as técnicas sejam invariantes a esta transformação e portanto, retornem a imagem da base que originou a imagem de consulta. Ambas as técnicas apresentaram 100% de acerto.
- Sétimo Conjunto (INCLINAÇÃO): a técnica ASIFT apresentou resultados melhores, obtendo correspondência entre 25 (vinte e cinco) imagens, enquanto a técnica SIFT apresentou correspondência somente com uma imagem.

Resumindo os resultados dos testes na Tabela a seguir:

	Caso de Uso 2 Similaridade de Tatuagem			Caso de Uso 3 Similaridade de Região de Interesse		Caso de Uso 1 Identificação de Tatuagem	
	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4	Conjunto 5	Conjunto 6	Conjunto 7
	Base	Semelhante	Aleatórias	Parcial	Tamanho	Rotação	Inclinação
SIFT	40/40	Zero Correspondências	1 Falso Positivo	36/40	40/40	40/40	1/40
ASIFT	40/40 - Mais Pontos	1 Falso Positivo	Zero Correspondências	33/40	37/30	40/40	25/40

Figura 13: Resultado resumido dos experimentos.

Com isso pode-se concluir que no resultado dos seis primeiros conjuntos analisados, o método SIFT apresentou resultados melhores, mas com pequena diferença. No entanto, no resultado do último conjunto, a técnica ASIFT se mostra muito superior em se tratando de imagens que apresentem grande variação da inclinação do ponto de vista da imagem referência da base de dados, conforme referencial teórico.

5 Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi comparar quantitativamente duas técnicas de extração de características, SIFT e ASIFT, para identificação de imagens de tatuagens. Nos resultados obtidos, o método SIFT teve resultados melhores, com pequena diferença, nos experimentos se imagens semelhantes, imagens parciais e imagens em escalas diferentes. Já o ASIFT foi melhor, com pouca diferença no experimento de imagens aleatórias, e foi muito melhor no experimento com imagens inclinadas, simulando pontos de vistas diferentes.

Pode-se concluir que para fins práticos, onde a invariância de ponto de vista será necessária, o método ASIFT melhor se enquadra no objetivo de reconhecer criminoso por meio de imagens diversas, como, celular, câmera de vigilância. O ASIFT possui resultados similares semelhantes a outra técnica, na maioria dos experimentos e resultados expressivamente melhores em um experimento que é visto como fundamental para a aplicação desejada.

É importante ressaltar que a resolução das imagens cedidas pela Polícia Civil são baixas. Em trabalho cooperativo futuro, espera-se criar uma base de imagens de alta resolução a fim de catalogar e identificar os criminosos que possuem tatuagens. Dessa forma, poder-se-á, em trabalhos posteriores, criar uma aplicação que apoie a polícia investigativa a reconhecer criminosos reincidentes.

Este trabalho não levou em consideração o custo computacional de cada técnica utilizada, tanto para a extração dos descritores, quanto para o cálculo de similaridade entre as imagens. Futuramente, pretende-se melhorar o tempo de resposta para que o sistema possa ser usado em sistemas de videomonitoramento, além disso,

pretende-se investir em um sub-sistema para localização de tatuagens em uma imagem. Também pretende-se estudar outras técnicas de extração de características, bem como método para fusão das mesmas. A melhoria da base de dados de testes também é considerada, incluindo variações quanto à iluminação.

Referências

- Andrade, F. d. S. P. d. (2012). *Combinação de descritores locais e globais para recuperação de imagens e vídeos por conteúdo*, PhD thesis, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- da Silva, A. J. L. (2012). *Tatuagem: Desvendando Segredos*, Magic Gráfica, Salvador, BA.
- da Silva Torres, R. and Falcão, A. X. (2006). Content-based image retrieval: Theory and applications, *RITA: Revista de Informática Teórica e Aplicada* **13**(2): 161–185.
- Datta, R., Joshi, D., Li, J. and Wang, J. Z. (2008). Image retrieval: Ideas, influences, and trends of the new age, *ACM Computing Surveys* **40**(2).
- Han, H. and Jain, A. K. (2013). Tattoo based identification: Sketch to image matching, *2013 International Conference on Biometrics (ICB)*, pp. 1–8.
- Lowe, D. G. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints, *International Journal of Computer Vision* **60**(2): 91–110.
- Phillips, E. M. (2012). Fbi biometric center of excellence: Image based tattoo/symbol matching initiatives, http://biometrics.org/bc2012/presentations/DOJ/DOJ_Tue_1105-1130_Phillips.pdf.
- Razente, H. L. (2009). *Adequando consultas por similaridade para reduzir a descontinuidade semântica na recuperação de imagens por conteúdo*, PhD thesis, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- Woodward, J. D., , Horn, C., Gatune, J. and Thomas, A. (2003). *Biometrics: A Look at Facial Recognition*, Documented briefing / RAND, RAND Corporation, Santa Monica, CA. RAND Public Safety and Justice.
- Yu, G. and Morel, J.-M. (2011). ASIFT: An Algorithm for Fully Affine Invariant Comparison, *Image Processing On Line* **1**: 1–28.