

Análise da Extração de Atributos do Algoritmo SURF em Espécies de Peixe

Artigo Completo

Marcelo Rafael Borth (UFMS – Instituto Federal de Mato Grosso do Sul) marceloborth@gmail.com

Hemerson Pistori (UCDB – Universidade Católica Dom Bosco) pistori@ucdb.br

Ariadne Barbosa Gonçalves (UCDB – Universidade Católica Dom Bosco) ariadne.gon@gmail.com

Uéilton Freitas (UFMS – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul) freitas.ueliton@gmail.com

Resumo:

Estudos relacionados às atividades que envolvem pesca e aquicultura estão em ascensão em virtude da sua importância como alimento para os seres humanos. Dentro desse contexto, existem vários problemas a serem tratados para que ecólogos e profissionais da área possam atuar de forma mais automatizada, mediante o uso de sistemas computacionais. Na área de Visão Computacional existe o problema clássico de extração e descrição de atributos de uma imagem, o qual ajuda muito em uma aplicação de reconhecimento de padrões e identificação de objetos em uma imagem, por exemplo. Para esse tipo de problema existem algoritmos de extração de características como o SURF (*Speeded-UP Robust Features*) que faz a extração e descrição dos pontos de interesse que tentam ser invariantes a rotação. Este artigo faz o uso da técnica do algoritmo SURF e a análise dos resultados a partir de duas implementações: o SURF no *ImageJ* e uma implementação em Java do algoritmo do projeto *jopensurf*. A técnica é aplicada e analisada em imagens de peixes.

Palavras-chave: Peixes, Extração de Atributos, SURF.

1 Introdução

Os peixes possuem um papel importante no Brasil, uma vez que o país possui uma costa marítima com aproximadamente 8,5 mil quilômetros de extensão. Suas vitaminas e minerais são essências para uma alimentação nutritiva e saudável, uma vez que possui um baixo teor de gordura quando comparadas às outras carnes. A gordura presente no peixe proporciona uma série de benefícios no combate e prevenção de doenças. Conforme apresenta o Ministério de Pesca e Aquicultura (MPA), em média, cada brasileiro consome 9 quilos de pescado anualmente, entretanto o total recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) é 12 quilos (PORTAL DA SAÚDE, 2012). Assim, por meio de ações que promovam a importância do produto, o órgão quer elevar o seu consumo. Por essa razão, sua produção é cada vez mais valorizada, principalmente como alimento para os seres humanos.

Informações sobre tamanho, peso, quantidade, espécies, comportamento das espécies de peixes, dentre outros, influenciam o impacto orçamentário do governo em programas de revitalização de rios como, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do rio São Francisco. Por essa razão, alternativas são propostas para reduzir os efeitos das atividades inadequadas a respeito das espécies de peixe. Assim, informações que tratam sobre a distribuição, quantificação e migração de espécie de peixes são críticas para ecologistas, estudiosos do meio ambiente, órgãos governamentais e empresas do pescado. Outras situações podem envolver profissionais da área e, também, leigos, uma vez que em um determinado ambiente a pessoa tenta identificar a espécie de peixe, seja para uso profissional

ou entretenimento como, na visitação de um aquário.

Nesse contexto, a criação de softwares para monitorar os peixes ou o seu ambiente, possibilita a adoção de alternativas ou ações específicas para atuarem desde o controle preventivo da ictiofauna até a criação de soluções para o pescador. Assim, para os mais variados tipos de problemas são possíveis criar sistemas computacionais para melhorar, aperfeiçoar, ou acelerar o processo que, muitas vezes são realizados manualmente por seres humanos. Na área relacionada à extração de características dos peixes e a classificação de espécies é possível criar soluções que facilitem e dê maior precisão aos processos de identificação realizados manualmente. Com o uso da Visão Computacional (VC) é possível automatizar a tomada de decisões com base em imagens capturadas por uma câmera, pois essa é uma área de pesquisa que inclui métodos de aquisição, processamento, análise e reconhecimento de imagens.

Para ajudar na resolução de problemas citados anteriormente, algoritmos de extração de atributos podem ser usados. Existem várias soluções apresentadas na literatura que realizam esse processo, tais como: o SURF (BAY *et al.*, 2006), o SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) (MIKOLAJCZYK *et al.*, 2001), e o BOW (*Bag-of-Words*) (CSURKA *et al.*, 2004). É nesse contexto que este artigo tenta fornecer sua contribuição, em que faz uma análise da extração de atributos do algoritmo SURF baseando-se em imagens de diferentes espécies de peixe. Analisar a extração de atributos pode ajudar em vários fatores, por exemplo, em um sistema de classificação de espécies de peixe, jogos educacionais para reconhecimento de espécies peixes, comparação de espécies de peixes automaticamente por um algoritmo, dentre outros. Diferente do que acontece no trabalho que envolve a extração de características, a qual se baseia em procedimentos manuais de alto custo, baixa eficiência e baixa exatidão, este trabalho apresenta a análise de uma abordagem para a extração de características de imagens de peixes e o casamento de padrões baseados em imagens mediante o uso de algoritmos de Visão Computacional. As imagens analisadas foram adquiridas na Internet.

Este artigo está organizado da seguinte forma: inicialmente é apresentada uma breve conceitualização sobre a área de Visão Computacional. A seguir é apresentado com o algoritmo de extração de atributos chamado SURF e, apresentada a análise do algoritmo de extração de atributos para a comparação em espécies de peixe. E, por fim, são apresentadas as considerações finais.

2 Visão Computacional

A Visão Computacional é uma área de pesquisa que inclui métodos de aquisição, processamento, análise e reconhecimento de imagens. Os algoritmos de Visão Computacional são baseados em técnicas de processamento e análise de imagens, as quais permitem extrair informações a partir de imagens (GONZALEZ e WOODS, 2007; TRUCCO e VERRI, 1998; FORSYTH *et al.*, 2012). Essa é uma área que são desenvolvidos vários algoritmos com o objetivo de obter informações a partir de imagens, visando automatizar tarefas que são realizadas normalmente pela visão humana. As técnicas aplicadas no processamento e análise de imagens possibilitam extrair informações visuais como, forma, cor e textura, com o objetivo de identificar características das imagens para a utilização em um sistema de reconhecimento de padrões.

Com o uso da Visão Computacional é possível automatizar a tomada de decisões com base em imagens capturadas por uma câmera (SHAPIRO e STOCKMAN, 2001). Atualmente,

é usada em uma grande variedade de aplicações, tais como: reconhecimento de caracteres, reconhecimento de objetos, sensores de movimento, segurança automotiva, vigilância, reconhecimento da íris humana, reconhecimentos de impressões digitais, biometria, dentre outros. Dentro da Visão Computacional existe a área de extração de informação de uma imagem que possibilita extrair e identificar pontos de interesse relevantes para realizar o reconhecimento de uma imagem.

3 *Speeded-UP Robust Features (SURF)*

O SURF, proposto por Bay *et al.* (2006), apresenta um algoritmo rápido e robusto para extração e descrição de pontos de interesse¹ de uma imagem. O SURF foi parcialmente inspirado pelo algoritmo SIFT. Entretanto, os autores afirmam que sua versão padrão traz pontos de interesse mais representativos e é mais rápido se comparado ao algoritmo SIFT. Sua implementação busca ser invariante a rotação da imagem, o que é muito importante para a comparação entre pontos de interesse em imagens distintas existentes nos sistemas que exigem reconhecimento de objetos. Por exemplo, em um sistema de classificação de espécies de peixe, ao ser capturadas as fotografias, os peixes podem estar em N diferentes ângulos, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1: Variância na rotação de imagens de peixe (Fonte: Grupo INOVISÃO²).

A proposta do algoritmo SURF traz a discussão sobre a solução do problema da identificação de pontos de interesse em uma imagem e, também, como estabelecer pontos de interesse em comuns em duas imagens distintas. Os passos principais do algoritmo são: (i) extração do(s) ponto(s) de interesse; e, (ii) descrição do(s) ponto(s) de interesse. Nesse contexto, Bay *et al.* (2006) apresenta as principais contribuições dessa abordagem:

- Detecção rápida de pontos de interesse em uma imagem em diferentes escalas passível de execução em sistemas de tempo real em máquinas comuns (PCs);
- Um poderoso descritor baseado na Transformada de Haar (*Haar wavelet*) em que utiliza imagem integral de forma eficiente com custo computacional reduzido;
- Um método de detecção de segmentos de correspondências em duas imagens; e,
- Uma estratégia para a construção de um modelo 3D para auxiliar na detecção de outros pontos de interesse não previstos anteriormente.

¹ Também conhecido na literatura como *keypoints* ou pontos-chave.

² Disponível em: <<http://inovisao.weebly.com/>>. Acesso em jul. 2013.

3.1 Análise do algoritmo SURF no *ImageJ*

O *ImageJ*³, desenvolvido pela *National Institute of Mental Health*, é um aplicativo para realizar análise e processamento de imagens. O *ImageJ* possui suporte a vários formatos de imagens como, TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS, *raw*, etc. Sua execução pode ocorrer em diversas plataformas (Windows, Linux, Unix). Além disso, possui uma interface de programação relativamente simples. No site do projeto⁴ pode ser encontrada a documentação completa do software, *plugins* já desenvolvidos por outros pesquisadores, fóruns, etc.

Detectar os pontos de interesse do algoritmo SURF no *ImageJ* é bem simples. O *ImageJ* permite alterar os parâmetros de execução do algoritmo. Logo, para os testes apresentados a seguir, foram utilizadas 4 camadas por octetos e, cada octeto, por sua vez, variou em quatro tamanhos (variação de escala). O valor do *threshold* adotado foi de 0,001. Na Figura 2 (A) é exemplificado a identificação dos pontos de interesse de uma imagem de peixe a partir da implementação padrão do SURF (utilizando as características de invariância) e, na Figura 2 (B) é exemplificado a identificação dos pontos de interesse alterando os parâmetros do algoritmo para não ser invariante a rotação. Percebe-se nitidamente a diferença de ambas, uma vez que na primeira os pontos de interesse identificados possuem uma direção aleatória, baseado na variação de sua intensidade e, na segunda, a direção é sempre para a mesma direção.

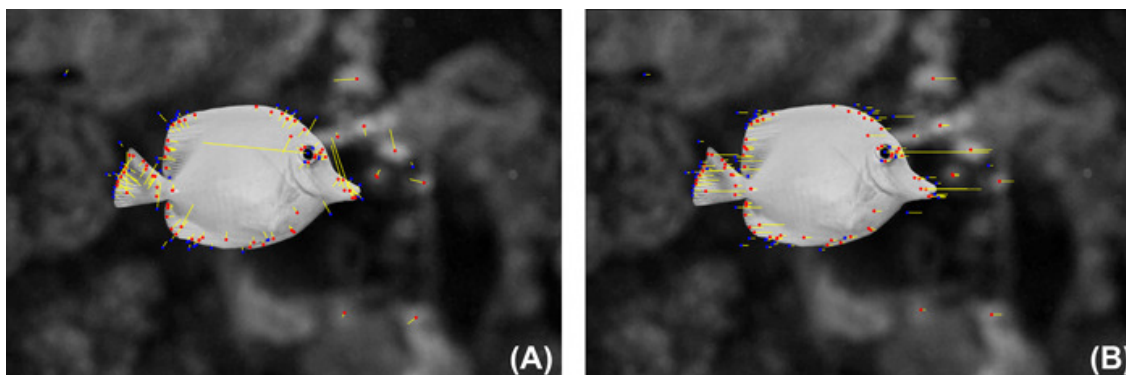


Figura 2: Exemplo de detecção dos pontos de interesse usando a implementação do algoritmo SURF no *ImageJ* (Fonte: Foto de Rê Sarmiento, 2013⁵).

Também, foi realizada a comparação ao alterar os valores de *threshold* para a detecção de pontos de interesse na imagem da Figura 2. Quando o valor adotado foi de 0,008 foi identificado apenas um ponto de interesse. Esse foi o valor mais alto ainda com a detecção de pontos de interesse no peixe. Entretanto, não é um parâmetro interessante elevar tanto essa configuração. Por outro lado, conforme o valor do *threshold* aumenta, o número de pontos de interesse também aumenta, porém a maioria deles são insignificantes ou ruídos. Além disso, os pontos de interesse se tornaram bem menos significantes. Portanto, em um sistema que utiliza a extração de atributos é necessário avaliar muito bem o valor do *threshold* para a sua execução.

³ Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>>. Acesso em jul. 2013.

⁴ O endereço do *website* do projeto *fishcv* é <http://trac.gpec.ucdb.br/wiki/site_fishcv/>. Acesso em jul. 2013.

⁵ Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/resarmiento/8747338359/>>. Acesso em ago. 2013.

O número de oitavas (*octave*), por sua vez, foi testado com valores 3 e 4. Nesse caso, quando utilizado 3 oitavas foi detectado 36 pontos de interesse e ao utilizar 4 foi detectado 42. Contudo, o número de pontos de interesse detectados que não eram do peixe (ruídos) foi de 11 e 12, respectivamente. Além disso, ao testar o número de camadas (*layers*) com 3 e 4, foi identificado 24 e 42 pontos de interesse, respectivamente. Ao utilizar 3 camadas não foi obtido um resultado tão interessante se comparado a 4 camadas.

Foi realizada também uma comparação entre uma imagem colorida e uma em tons de cinza (8-bits) para verificar a semelhança de detecção de ambas. Percebeu-se que em imagens coloridas são detectados mais pontos de interesse se comparado à detecção de uma mesma imagem em tons de cinza. Entretanto, analisando os pontos detectados, acredita-se que exista mais ruídos ou pontos que não são úteis para o reconhecimento do objeto ao processar imagens coloridas provavelmente pela variação maior de intensidade do fundo da imagem.

A seguir é apresentada a aplicação de identificação de pontos de interesse em imagens de um peixe de espécie *Yellow tang*. Foi feita a rotação da Figura 2 baseando-se em seu eixo central, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° e 90°, respectivamente, e apresentada conforme mostra a Figura 3.

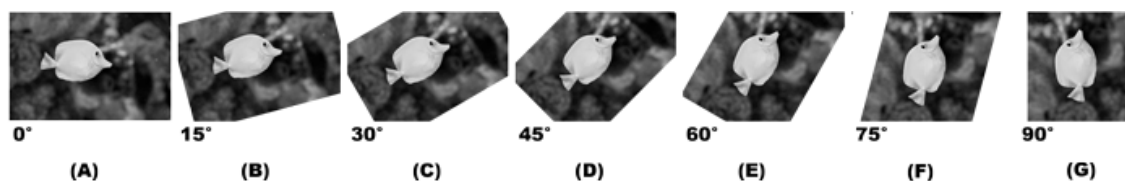


Figura 3: Rotação da imagem do peixe *Yellow tang* para verificar a identificação dos pontos de interesse baseando-se na sua variância (Fonte: Foto de Rê Sarmento, 2013).

A partir das imagens rotacionadas, foram identificados os pontos de interesse de cada imagem baseando-se na detecção por cor e por escala de cinza. O resultado dessa detecção é apresentado na Figura 4. A partir da análise do total de pontos de interesse identificados na espécie rotacionada, é possível perceber que a imagem que obteve maior número de pontos de interesse foi a Figura 3 (E), imagem rotacionada a 60°. Além disso, percebe-se que a cada rotação a quantidade de pontos de interesse se altera, mostrando que o algoritmo não é 100% invariante a rotação, mas sim uma tentativa robusta de ser totalmente invariante.

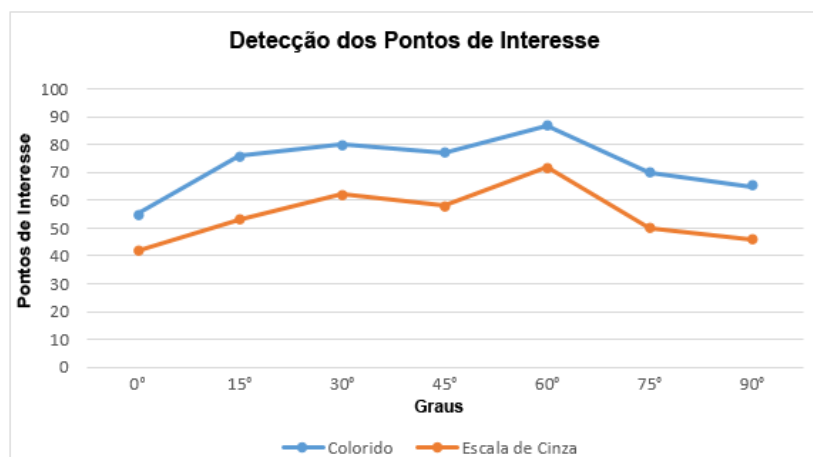


Figura 4: Identificação dos pontos de interesse para a espécie de peixe *Yellow tang* rotacionada de 0° a 90° (Fonte: Dados da pesquisa).

O algoritmo SURF, ao detectar cada ponto de interesse (usando técnicas como *Laplacian of Gaussians*, *Harris-Laplace*, *Hessian matrix*, etc.) também gera uma descrição (um vetor de números). Essa descrição é importante para o processamento computacional, uma vez que é uma forma do computador tentar inferir resultados em cima das informações extraídas da imagem. O número de descritores por imagem também é variável, ou seja, depende das variações de intensidade que ocorrem na imagem. Entretanto, eles precisam ser diferenciáveis e ao mesmo tempo robusto o suficiente para não representar um ruído. Além disso, O processamento do SURF no *ImageJ* extrai e fornece outras informações, tais como: *octave*, *layers*, pontos de interesses candidatos, pontos de interesse finais, etc.

No próximo teste é realizada a extração de atributos de um peixe conhecido popularmente de Acara-disco (*Symphysodon sp.*), ilustrado na Figura 5. As suas principais características são as suas cores e o formato de disco de seu corpo. Foram extraídos 520 pontos de interesse na imagem, o que mostra que ela possui vários detalhes que, nesse caso, são de textura. Além disso, percebe-se que, mesmo sem realizar a segmentação do objeto na imagem, a extração de atributos não detectou nenhum ponto de interesse que não estava no peixe.

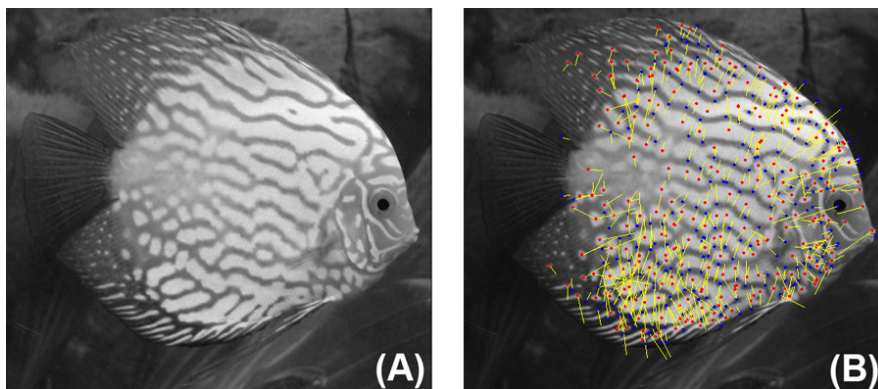


Figura 5. (A) Imagem original de um Acara-disco; (B) Imagem após a detecção de atributos pelo algoritmo SURF (Fonte: Foto de Anka Zolnierzak, 2004⁶).

No teste a seguir foi realizado a extração de atributos de um Acara bandeira (*Pterophyllum scalare*) e de um Tricogaster azul (*Trichogaster trichopterus*), conforme ilustrado na Figura 6. Embora tenha sido identificado 124 pontos de interesse para o Tricogaster azul para 170 do Acara bandeira, o Tricogaster azul teve uma maior variação em suas intensidades, uma vez que o tamanho das direções dos pontos de interesse, em geral, são maiores. Além disso, foram identificados vários pontos de interesse ruidosos para o peixe Tricogaster azul, alguns deles são encontrados no fundo da imagem.

⁶ Disponível em: <<http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=view&id=142051>>. Acesso em jul. 2013.

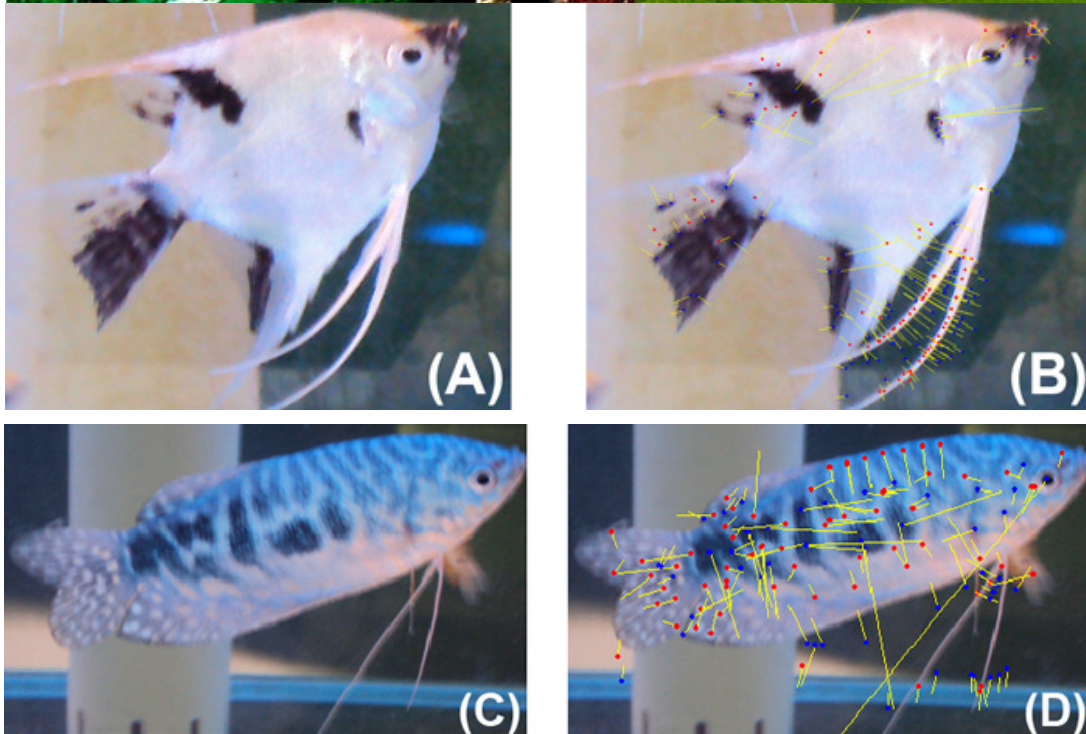


Figura 6. (A) Imagem do Acara bandeira (Fonte: Foto Grupo INOVISÃO); (B) Imagem apresentando os pontos de interesse do Acara bandeira da Figura 6 (A); (C) Imagem do peixe Tricogaster azul (Fonte: Foto Grupo INOVISÃO); (D) Imagem apresentando os pontos de interesse do peixe Tricogaster azul da Figura 6 (C).

3.2 Análise do algoritmo SURF baseado na implementação em Java do projeto *jopensurf*⁷

O SURF também possui a característica de comparar duas imagens ou tentar fazer a identificação de um objeto contido em uma imagem em comparação com outras imagens. Por exemplo, extrair pontos de interesse de uma imagem e, posteriormente, comparar esses pontos de interesse com outra imagem. Se os pontos de interesse forem semelhantes, significa que o objeto da primeira imagem provavelmente está presente na segunda imagem. Logo, para gerar o grau de semelhança entre os pontos de interesse é utilizado o cálculo da distância de Mahalanobis ou Euclidiana.

O casamento entre pontos de interesse foi testado nesse trabalho. Baseando-se na implementação do SURF no *ImageJ* foi difícil encontrar casamento de pontos de interesse com imagens diferentes umas das outras, mesmo quando o peixe era da mesma espécie. Para ocorrer o casamento foi necessário reduzir o valor do *threshold* para quase zero. Por outro lado, o autor conseguiu bons resultados de identificação quando comparada a imagem com qualquer uma de suas rotações (de 0° a 90°) apresentadas previamente.

Para apresentar a comparação entre a detecção dos pontos de interesse foi utilizado à implementação do algoritmo SURF na linguagem Java por meio do projeto *jopensurf*. Esse projeto é uma implementação baseada no algoritmo SURF. A implementação do algoritmo possibilita a identificação dos pontos de interesse entre duas imagens, realizando também a

⁷ Disponível em: <<https://code.google.com/p/jopensurf/>>. Acesso em jun. 2013.

comparação de ambas. Na Figura a seguir é apresentado um exemplo de imagens capturadas em aquário real, em que é feita a comparação dos pontos de interesse entre as duas imagens do peixe *Kinguio sp.* Em ambas as imagens são apresentados os pontos de interesse semelhantes e, também, cada ponto de interesse de uma imagem que é similar a algum outro da outra imagem são ligados entre si.

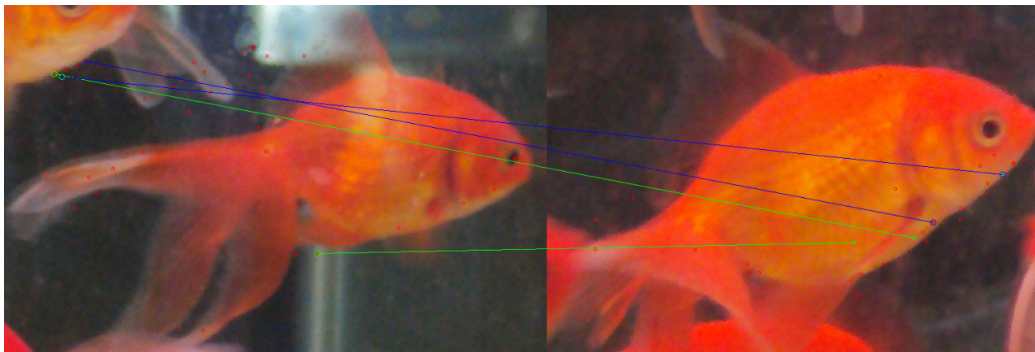


Figura 7. Detecção dos pontos de interesse similares entre duas imagens da espécie *kinguio* (Fonte: Grupo INOVISÃO).

Na Figura 8 é apresentada a correspondência dos pontos de interesse entre duas imagens da espécie *Yellow tang* (apresentada anteriormente na Figura 2), uma imagem original (sem rotação) e outra com rotação de 30°. Percebe-se que ocorreu o casamento para vários pontos de interesse entre as imagens.

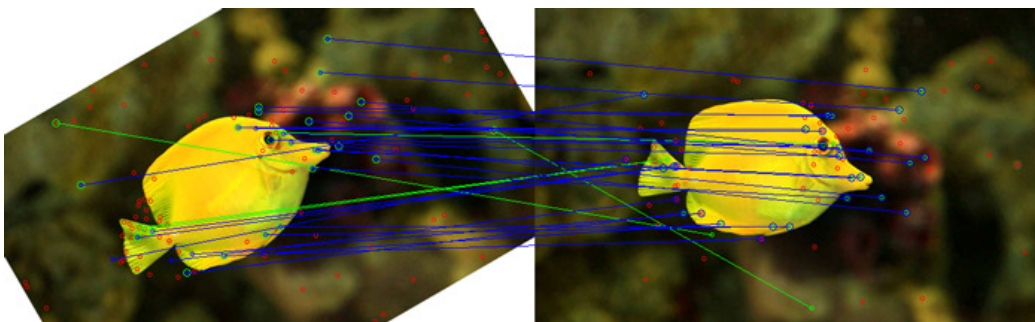


Figura 8. Detecção dos pontos de interesse similares entre duas imagens da espécie *Yellow tang* com rotação de 30° (Fonte: Foto de Rê Sarmento, 2013).

Na Figura 9 é realizado o casamento de pontos de interesse entre duas imagens da mesma espécie (apresentada anteriormente na Figura 2), porém nesse momento a rotação da imagem é de 75°. Percebe-se que o algoritmo SURF conseguiu manter a invariância na maioria dos pontos de interesse, pois ao comparar os resultados da Figura 8 com a Figura 9 é possível visualizar que vários pontos de interesse detectados na primeira imagem também foram detectados na segunda.

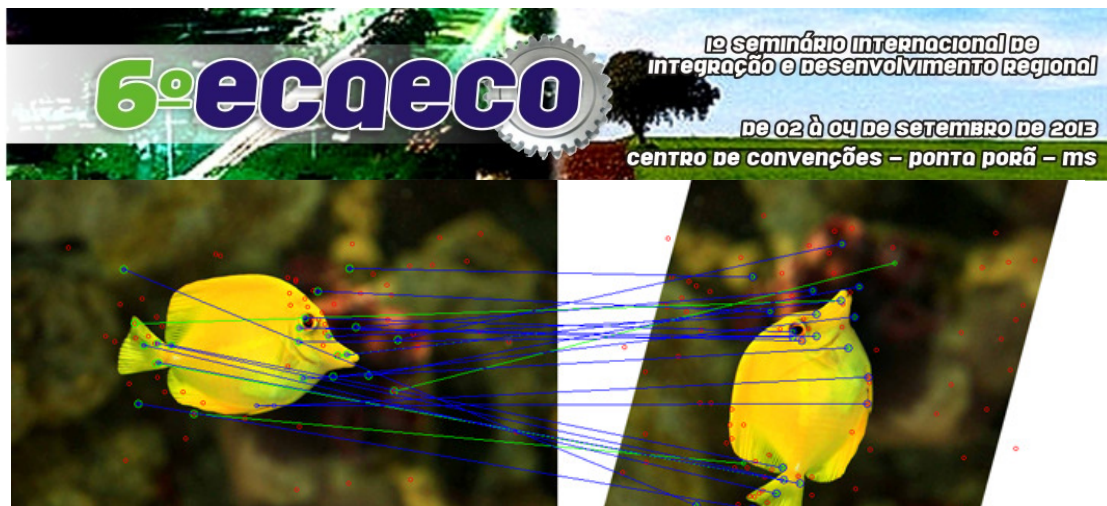


Figura 9. Detecção dos pontos de interesse similares entre duas imagens da espécie *Yellow tang* com rotação de 75° (Fonte: Foto de Rê Sarmiento, 2013).

4 Considerações Finais

Situações como, liberação de agrotóxicos em rios, esgotos das cidades, liberação de resíduos em ambientes inadequados e construção de barragens, podem afetar a distribuição, abundância e a cadeia alimentar, possibilitando, assim, a redução ou eliminação da ictiofauna local (GODINHO e GODINHO, 1994; WOYNAROVICH, 1991). Assim, sistemas computacionais para a detecção e reconhecimento de espécies de peixes podem influenciar na tomada de decisões para diversos tipos de pessoas e promover o crescimento e fortalecimento regional. Este trabalho faz uma análise da extração dos atributos do algoritmo SURF se baseando em imagens de espécies de peixe. O trabalho buscou analisar a quantidade e a qualidade de atributos extraídos nas imagens. Para isso, foi trabalhado o algoritmo SURF no *ImageJ* e, também, uma implementação em Java baseado no projeto *jopensurf*. Ao executar a implementação em Java do projeto foi possível visualizar a correspondência (*matching*) entre as imagens. Foram obtido resultados satisfatórios ao testar o *matching* com imagens distintas da mesma espécie de peixe, imagens com pouca e com muita rotação em seu eixo central, uma vez que vários pontos de interesse detectados foram correspondidos entre as imagens.

Percebe-se que para o conjunto de espécie de peixes selecionado, grande parte dos pontos de interesse que foram selecionados fazem parte da textura do peixe, realces com alto grau de contraste, bordas, olho ou cauda. Em alguns casos foram detectados pontos de interesse correspondentes ao fundo da imagem. Esse tipo de problema pode ser corrigido aplicando a técnica de segmentação de imagem antes da extração dos pontos de interesse com o objetivo de remover todo o conteúdo não relevante ao objeto em questão.

Como trabalhos futuros, pretende-se criar um software para uso de profissionais em que tarefas manuais rotineiras em indústrias de pescadao como, catalogação de espécies de peixe, poderão ser automatizadas. O grupo pretende estender o projeto objetivando a criação de um aplicativo a ser utilizado diretamente de um dispositivo móvel, celular e/ou *tablet* para realizar a classificação de espécies de peixe. Diferentemente de abordagens semelhantes que utilizam uma câmera fixa para realizar a captura das imagens dos peixes e realizar o reconhecimento de espécie. A nova abordagem será utilizada em problemas reais de importância para o estado do Mato Grosso do Sul, os quais estão relacionados com a produção sustentável em agropecuária. Uma vez que essa aplicação esteja em pleno funcionamento, irá fornecer grande contribuição para ecólogos, biólogos, estudantes, pesquisadores, engenheiros, instituições governamentais, empresários de pescadao, dentre outros, na automatização da indentificação das espécies de peixes

5 Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro da Universidade Católica Dom Bosco, UCDB, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, onde contou com bolsas de estudos. Os autores também agradecem a empresa Flor de Liz que forneceu seu espaço para tirar fotografias de alguns peixes e a jornalista Rê Sarmento que gentilmente cedeu a imagem do peixe *Yellow tang* para utilização neste trabalho.

6 Referências

- BAY, H.; TUYTELAARS, T.; VAN GOOL, L. J. *SURF: Speeded up robust features*. In European Conference on Computer Vision, pp. 404-417, 2006.
- CSURKA, G. et al. *Visual categorization with bags of keypoints*. In ECCV04 workshop on Statistical Learning in Computer Vision, pp. 59-74, 2004.
- FORSYTH, D. A.; PONCE, J. *Computer Vision: A Modern Approach*. 2 ed. Prentice Hall, 2012.
- GODINHO, H.; GODINHO, A. *Fish Communities in Southeastern Brazilian River Basins Submitted to Hydroelectric Impoundments*. Acta Lim. Brasiliensia, v.5, p.187-197, 1994.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, E. R. *Digital Image Processing*. 3 ed. Prentice Hall, 2007.
- MIKOLAJCZYK, K.; SCHMID, C. *Indexing Based on Scale Invariant Interest Points*. Proc. Eighth Int'l Conf. Computer Vision, pp. 525-531, 2001.
- PORTAL DA SAÚDE. **Ministério da Saúde incentiva consumo regular de peixe**, 2012. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/portalsaude/noticia/6934/162/ministerio-da-saude-incentiva-consumo-regular-de-peixe.html>>. Acessado em: 14/06/2013.
- SHAPIRO, L.; STOCKMAN, G. *Computer vision*. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- TRUCCO, E.; VERRI, A. *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*. Prentice Hall, 1998.
- WOYNAROVICH, E. *The Hydroelectric Power Plants and the Fish Fauna*. Verh. Int. Verein. Limnol, v.24, p.2531-2536, 1991.