

Deteção automática de armadilhas de pesca em imagens SAR com uso de informações de pontos característicos SIFT

Breno Ricardo de Araújo Leite¹
Paulo Fernando Ferreira Silva Filho¹
Elcio Hideiti Shiguemori¹

¹Instituto de Estudos Avançados – IEAv
Trevo Coronel Aviador José Alberto Albano do Amarante – n° 1 – Putim
12228-001 – São José dos Campos - SP, Brasil
{breno, silvafilho, elcio}@ieav.cta.br

Abstract. Fishing is one of the oldest activities in Brazil, but it seems that the practice has not yet been enough to avoid it to be carried out in such a way, especially predatory with regard to illegal fishing. Allied to this fact, there is a difficulty in overseeing the vast geographical extent of a country with continental dimensions, but with insufficient material and human resources to fulfill its mission. To minimize this deficiency, it is necessary to develop methodologies and tools that enable the rapid, low-cost monitoring, i.e. with the use of remote sensing data. The objective of this work is to prove the applicability of Synthetic Aperture Radar images of R-99 aircraft (SAR R-99) for the automatic detection and mapping of illegal fishing traps, in order to provide protection to fauna and assist in the fight against predatory fishing. Through a review of the literature, it was observed that SAR R-99 brings together potential and capabilities better than the sensors used by other countries in mapping fishing traps. This question was put into practice during operation coordinated by CENSIPAM, which proved the effectiveness of SAR R-99 to detect such targets. But to solve the problem of insufficient resources in overseeing the vast geographical extent of a country with continental dimensions is proposed the Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) algorithm. SIFT has demonstrated great potential and the techniques employed in this work are promising, because at various points the traps were identified correctly.

Palavras-chave: image processing; SAR R-99, SIFT, processamento de imagens, SAR R-99, SIFT.

1. Introdução

Presente desde o período colonial, a pesca é uma das atividades mais antigas praticadas no Brasil, que teve início com a única motivação de satisfazer as necessidades básicas de alimentação, mas que incorporou novas funcionalidades com o passar dos anos e com as novas tecnologias que incrementaram as possibilidades de atuação do pescador, com direcionamento ao aumento da produção, não somente para a satisfação de suas necessidades básicas alimentares, mas também de suas necessidades materiais.

Entretanto, o crescimento urbano e a demanda do mercado têm gerado reflexos diretos nos meios e nos modos de produção pesqueira, o que tem levado à diminuição da quantidade de recursos naturais e à queda da oferta destes recursos para o consumo.

Apesar da pesca ser uma das atividades mais antigas desenvolvidas pelo homem, parece que o tempo de prática ainda não foi suficiente para evitar que ela seja realizada de forma predatória, principalmente no que concerne à pesca ilegal, realizada de forma desordenada e com petrechos irregulares que, mormente, tendem a capturar espécies muito menores que as permitidas pelo órgão fiscalizador competente (Brasil, 2008), além de desrespeitar os períodos de defeso, necessário para garantir a cadeia reprodutiva das espécies.

Aliado a esse fato, tem-se a dificuldade em fiscalizar a vasta extensão geográfica de um país com dimensões continentais, com a sua riqueza biológica e a diversidade e complexidade de seus ecossistemas, mas que conta com recursos materiais e humanos insuficientes para cumprir sua missão constitucional. Para minimizar essa deficiência, faz-se necessário desenvolver metodologias e ferramentas que possibilitem o mapeamento e monitoramento rápido e de baixo custo. Nesse contexto, pode-se considerar como imprescindível a utilização de dados de sensores remotos (Souza Filho et al., 2005, 2006).

Muitos satélites são utilizados para estudar os oceanos e o monitoramento ambiental marinho é essencial para compreender por que os estoques de peixes estão diminuindo no mundo todo, inclusive no Brasil. Existe uma relação entre a variabilidade dos estoques pesqueiros e a variabilidade das condições naturais dos oceanos, como efeitos causados pelos ciclos naturais do planeta ou por fatores de origem antrópica. O sensoriamento remoto pode ser usado para estimar diversos parâmetros, como a temperatura da superfície do mar, concentração de clorofila, altura do nível do mar, ondas, correntes marinhas, ventos e outros, além do monitoramento das embarcações pesqueiras (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006) ou mapeamento de armadilhas ilegais de pesca, especificamente com o uso de Radares de Abertura Sintética (Travaglia et al., 2004).

Portanto, o objetivo desse trabalho é comprovar a aplicabilidade das imagens do Radar de Abertura Sintética da aeronave R-99 para a detecção e mapeamento de armadilhas ilegais de pesca e automatizar a detecção dessas estruturas utilizando-se de técnicas computacionais. Neste trabalho são utilizadas informações de pontos característicos e descritores SIFT (Lowe, 2004). A escolha pelo algoritmo SIFT se deu devido à sua robustez em imagens com ruídos e variações de rotação e de escala, muito comuns nas imagens consideradas.

1.1 Radar de Abertura Sintética da aeronave R-99

O Radar de Abertura Sintética da aeronave R-99 (SAR R-99) possui dois conjuntos de antenas (Banda L e Banda X), conforme observado na Figura 1, que operam de maneiras distintas, habilitando o sensor a executar diversas missões, com uma grande variedade de modos de operação.



Figura 1. Localização das antenas das Bandas L e X do SAR R-99.

A Banda L opera na frequência de 1.28 GHz, possui comprimento de onda de 23 cm, resolução espacial de 3m, 6m e 18m, destina-se exclusivamente ao modo Mapeamento (stripmap) e possui capacidade multipolarimétrica, ou seja, transmite e recebe os sinais nas quatro polarizações (HH, VV, HV, VH).

Por sua vez, a Banda X opera na frequência de 9.3 GHz, com comprimento de onda de apenas 3 cm, possui a mesma resolução espacial da Banda L, porém transmite e recebe os sinais somente na polarização HH. Além de atuar no modo Mapeamento, ela também permite ao operador os modos de Vigilância, para monitoramento de objetivos, e Interferometria, para geração de mapas 3D e Modelos Digitais de Elevação (Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação, 2008).

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo está localizada à nordeste do estado do Pará, na Baía do Caeté, região também conhecida como Estuário de Bragança (Figura 2).



Figura 2. Área de estudo destacada em verde, na Baía do Caeté, próxima da cidade de Bragança. Fonte: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (2006).

A atividade de pesca no Estuário de Bragança é caracterizada por ser do tipo artesanal, mas apesar disso é responsável por 50% da produção pesqueira do estado do Pará e supre os mercados de Belém, São Luís e Fortaleza. Mesmo depois da introdução das redes de *nylon*, os tradicionais métodos de pesca, como o curral e a tapagem (armadilhas construídas para aprisionar os peixes), ainda são largamente utilizados. Os tipos de curral encontrados na região são conhecidos por enfiador (ou enfia), coração e cachimbo e os tipos de tapagem são zangaria, caçoiera e tarrafa. A atividade de pesca artesanal mais comumente praticada é com o uso do curral de enfia (Barletta et al, 1998).

Esses métodos de pesca, entretanto, frequentemente estão em condição irregular, seja pelo tamanho da malha (indivíduos capturados são menores que o permitido), pela época do ano (espécies sob defeso), pelo próprio tipo de petrecho (pesca com fuzarca) ou simplesmente pelo uso desordenado, representando perigo à navegação e aos recursos pesqueiros.

Já existem pesquisas publicadas sobre o mapeamento de petrechos de pesca com o uso de SAR, como o estudo de Travaglia et al (2004), que utilizou imagens dos sensores ERS-2 SAR e RADARSAT-1 SAR para identificar armadilhas de pesca no Golfo de *Lingayen*, nas Filipinas. Na ocasião, os resultados alcançados foram muito positivos, variando de 70% a 90% de acerto, dependendo do tipo de armadilha.

Cabe ressaltar que a resolução espacial dos sensores ERS-2 SAR e RADARSAT-1 SAR é de 12,5 metros e 6,25 metros, respectivamente, e ambos possuem somente uma polarização (VV e HH, respectivamente) (European Space Agency, 2013; Canadian Space Agency, 2013).

Tendo em vista que o SAR R-99 opera com uma resolução espacial muito superior aos sensores citados (3 metros) e possui capacidade multipolarimétrica, era esperado que as armadilhas de pesca fossem mais facilmente detectadas na imagem, possibilitando inclusive que algumas estruturas pudessem ser localizadas e identificadas visualmente.

Entretanto, se considerarmos a dificuldade em fiscalizar a vasta extensão geográfica de um país como um Brasil, que conta com recursos materiais e humanos insuficientes para cumprir sua missão, fica evidente o quanto impraticável torna-se trabalhar na localização desses petrechos sem o auxílio de técnicas computacionais para detecção automática.

Para possibilitar a identificação e a localização das armadilhas de pesca, uma vez que os currais apresentam uma geometria específica, foi aplicado um algoritmo de casamento de padrões, para a localização automática dos mesmos. Entretanto, sabe-se que a combinação de currais em uma imagem pode tomar diversas formas diferentes, o que pode trazer um desafio a mais para a localização automática. Para tentar contornar este problema, mais de um padrão foi utilizado no processo de casamento.

O principal algoritmo utilizado foi o SIFT (Scale-Invariant Feature Transform). Ele é um algoritmo baseado em pontos característicos que segue três principais passos para o reconhecimento de objetos: Primeiro ele localiza pontos característicos da imagem em questão (Lowe, 2004), em seguida calcula os descritores destes pontos (Lowe, 2004) e finalmente faz um casamento dos padrões entre o da imagem em questão e o padrão de imagem treinado.

A localização dos pontos característicos usa como entrada para o algoritmo apenas a imagem a ser testada. O algoritmo, então, seleciona pontos específicos, que são chamados de pontos característicos, de acordo com a transformada de Hough e a diferença de Gaussianas (DoG). São pontos que apresentam por principal característica a invariância à escala. A invariância quanto a rotação é obtida pela DoG. A saída desta parte do algoritmo é um conjunto de pontos característicos (Lowe, 2004).

O cálculo dos descritores usa os pontos característicos recém-calculados e a imagem de entrada para avaliar a vizinhança destes pontos, em relação a aspectos estatísticos e de invariância, formando um vetor de atributos, cujos valores variam entre os inteiros 0 e 255 (Lowe, 2004).

Na Terceira fase, de casamento de padrões, o algoritmo utiliza os descritores recém-calculados e os descritores previamente calculados da imagem de treinamento, que é o padrão a ser identificado. Para cada ponto característico, o vetor formado pelos descritores é tomado como uma coordenada n-dimensional em um espaço de atributos. O algoritmo, portanto, através de uma função de distância, tenta encontrar pontos que mais se aproximam na imagem do padrão e na imagem testada, formando pares de pontos (P,Q), onde P pertence a imagem do padrão e Q, na imagem testada. Um conjunto de duplas de possíveis casamentos, então é testada e avaliada pela distância nesse espaço n-dimensional, para se avaliar e considerar um efetivo casamento do padrão (Lowe, 2004).

3. Resultados e Discussão

Todas as imagens e resultados a seguir foram obtidos durante a Operação Tralhoto 1, coordenada pelo Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), na figura do Centro Regional de Belém (CR/BE). As imagens do SAR R-99 foram coletadas com 3 metros de resolução espacial, nas quatro polarizações, e os alvos identificados pelo SAR foram investigados *in loco*, para certificação e validação da ferramenta proposta, como se pode observar nas Figuras a seguir.

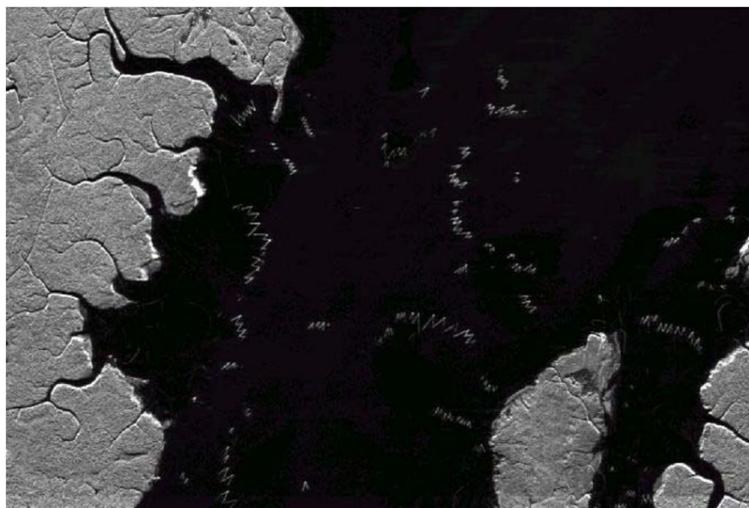


Figura 3. Imagem SAR da Baía do Caeté, com destaque para os inúmeros petrechos de pesca. Fonte: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (2006).



Figura 4. Na imagem SAR é possível perceber três armadilhas de pesca, alinhadas lateralmente, e a imagem da direita permitiu identificá-las como sendo do tipo curral de enfia. Fonte: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (2006).



Figura 5. Comparando-se as duas imagens, pode-se cogitar que o SAR permite inferir quais armadilhas estão ativas e quais estão inativas, de acordo com a intensidade do sinal radar de retorno. Fonte: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (2006).

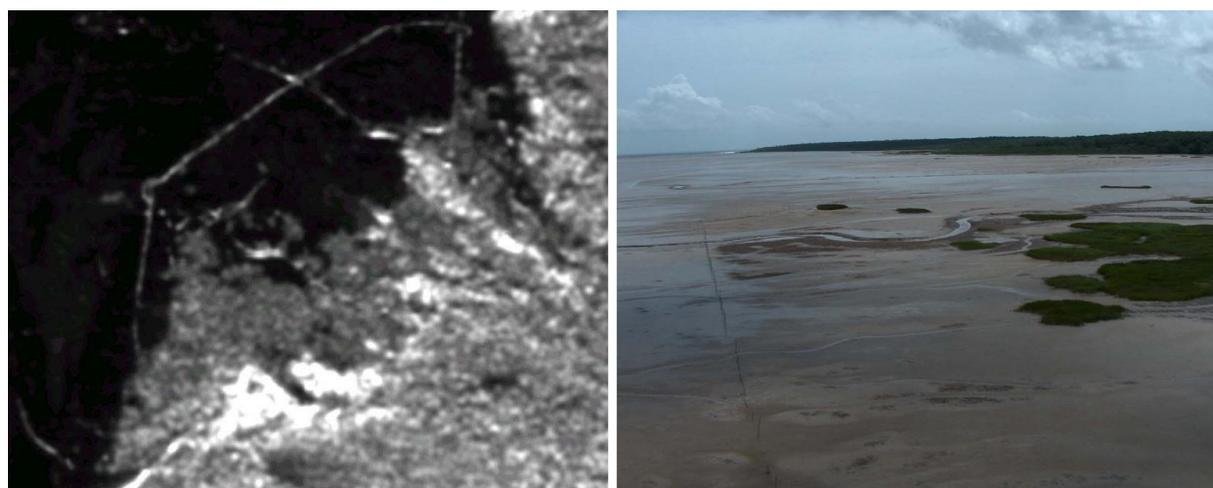


Figura 6. As redes apoiadas também foram facilmente identificadas na imagem SAR (esquerda). Fonte: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (2006).



Figura 7. Apesar de serem estruturas pequenas e quase submersas, as redes de arrasto puderam ser localizadas, principalmente pelo seu desenho característico na superfície da água. Fonte: Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (2006).

Conforme pode ser observado nas Figuras acima, diversas estruturas foram corretamente localizadas pelo SAR R-99, desde as redes de arrasto ou apoiadas, como os currais de enfia e as próprias embarcações pesqueiras, porém esse método visual de busca não é muito efetivo, principalmente em se tratando de identificar rapidamente objetos tão pequenos em áreas de grande extensão, além da demanda de agir em pronta-resposta aos delitos que estão sendo praticados, fatores que justificam o uso do SIFT.

O algoritmo foi efetivo no reconhecimento dos padrões de currais, conseguindo reconhecer algumas cadeias que se apresentavam na imagem de teste, indicadas pelos retângulos. As armadilhas foram identificadas mesmo com variações em rotação, escala e formatos. Observa-se, porém, que há ainda uma grande quantidade de falsos negativos na imagem (currais não reconhecidos pelo algoritmo) e apenas dois reconhecimentos falsos positivos (Figura 8).

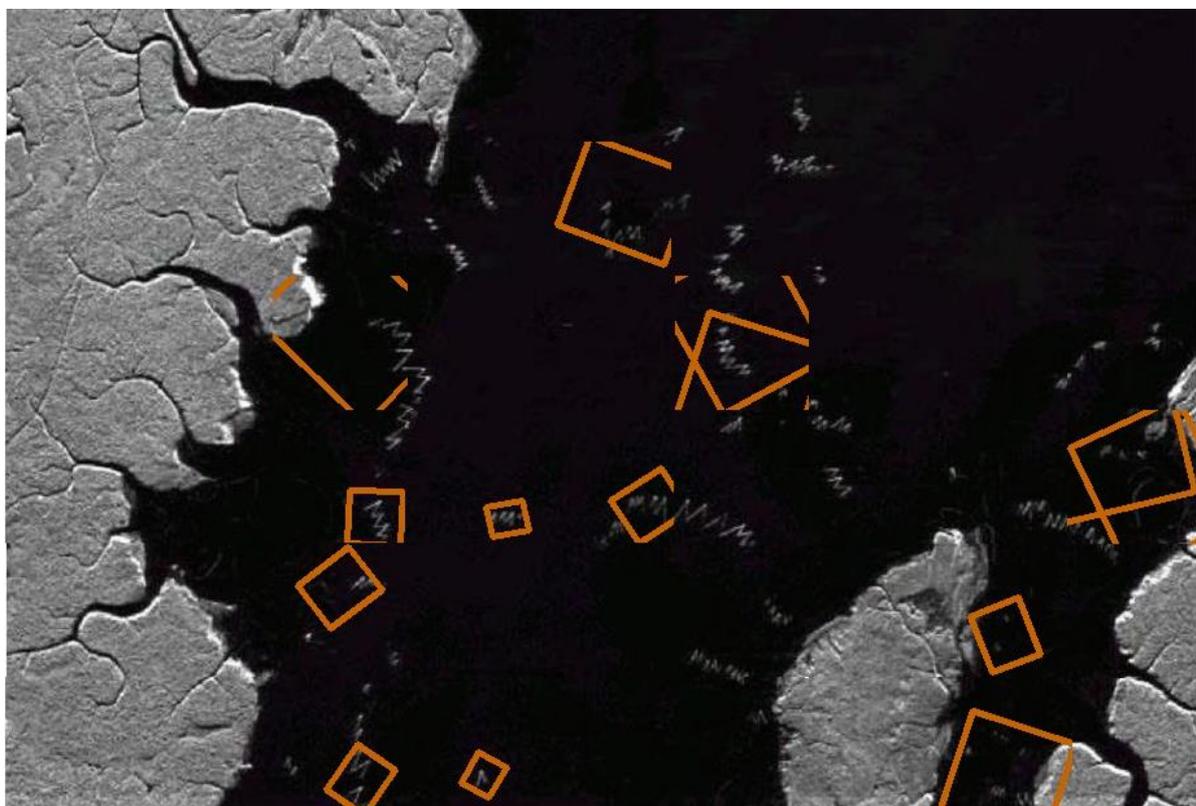


Figura 8. Imagem gerada com os resultados do SIFT. Os retângulos alaranjados identificam as armadilhas que o algoritmo identificou automaticamente.

Um possível aspecto relativo a tal resultado se dá pela baixa qualidade da imagem, principalmente das imagens utilizadas como padrão de curral.

4. Conclusões

Neste trabalho foi apresentada a aplicabilidade das imagens do SAR da aeronave R-99 para a detecção automática de armadilhas ilegais de pesca, demonstrando ser uma ferramenta em potencial para suplantiar as dificuldades de falta de recursos humanos e materiais na vigilância marítima de um país de proporções continentais, como o Brasil.

O uso de informações extraídas pelo algoritmo SIFT obteve um bom resultado na identificação de armadilhas, quanto ao número de falsos positivos, mesmo com variações em rotação, escala e formatos. No entanto, ainda não foi capaz de identificar todas as armadilhas, principalmente devido ao padrão dos currais.

Este trabalho ainda está em desenvolvimento e as técnicas poderão ser trabalhadas futuramente, para superar as deficiências apresentadas nesse estudo.

Referências Bibliográficas

BARLETTA, M.; BERGAN, A. B.; PAUL, U. S. Description of the fisheries structure in the mangrove-dominated region of Bragança (State of Para, North Brazil). *Ecotropica*, Bremen, n. 4, p. 41-53, 1998. Disponível em:

<http://www.gtoe.de/public_html/publications/pdf/4-1-2/Barletta%20et%20al.%201998%20Ecotropica%204_41-53.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2013.

BRASIL. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/D6514.htm>. Acesso em: 25 mar. 2013.

CANADIAN SPACE AGENCY. RADARSAT-1 Canada's Earth Observation Satellite. Disponível em: <<http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat1/>>. Acesso em: 31 mar. 2013.

CENTRO GESTOR E OPERACIONAL DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA. O sistema aerotransportado do SIPAM. In: SEMINÁRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTUDO DOS ECOSISTEMAS COSTEIROS TROPICAIS, 2006, Belém. Anais...Belém: UFPA, 2006. Disponível em: <http://www.piatammar.ufpa.br/downloads/SIPAM_Rodolfo.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2013

EUROPEAN SPACE AGENCY. ERS-2 SAR Characteristics. Disponível em: <<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/ers/instruments/sar>>. Acesso em: 31 mar. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Brasil precisa de satélites para a gestão e conservação dos estoques pesqueiros. In: SEMINÁRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À PESCA (SSRP), 1., 2006, São José dos Campos. Anais...São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/consideracoes_I_SSRP_final.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2013.

LOWE, D.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*, v. 60, n. 2, 2004.

SEGUNDO ESQUADRÃO DO SEXTO GRUPO DE AVIAÇÃO. Manual do Operador do Radar de Abertura Sintética. Anápolis, GO, 2008.

SOUZA FILHO, P. W. M.; PARADELLA, W. R.; SOUZA JÚNIOR, C.; VALERIANO, D. M.; MIRANDA, F. P. Sensoriamento Remoto e recursos naturais da Amazônia. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 58, n. 3, set. 2006. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252006000300016&script=sci_arttext>. Acesso em: 26 mar. 2013.

SOUZA FILHO, P. W. M.; GONÇALVES, F. D.; BEISL, C. H.; MIRANDA, F. P.; ALMEIDA, E. F.; CUNHA, E. R. Sistema de Observação Costeira e o papel dos sensores remotos no monitoramento da costa norte brasileira, Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, v. 57, n. 2, 2005. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/135/118>>. Acesso em: 26 mar. 2013.

TRAVAGLIA, C.; PROFETI, G.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; LOPEZ, N. A. Mapping coastal aquaculture and fisheries structures by satellite imaging radar: case study of the Lingayen Gulf, the Philippines. *FAO Fisheries Technical Paper*, n. 459. Rome, FAO. 2004. 45p. Disponível em : ftp://ftp.fao.org/fi/document/gisfish/studycase11travagliaetal/studycase11travagliaetal_00.pdf. Acesso em: 29 mar. 2013.