

Patrulha Marítima apoiada por técnicas de extração de informações de dados de satélites

Rafael L. Paes^{1,2}, João A. Lorenzetti², Douglas F. M. Gherardi²

¹Instituto de Estudos Avançados – IEAv
Rodovia dos Tamoios Km 5,5 – 12228-840 – São José dos Campos – SP, Brasil

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Divisão de Sensoriamento Remoto

Jardim da Granja - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil

Resumo — Este trabalho tem o objetivo de apresentar uma proposta conceitual de patrulhamento das Águas Jurisdicionais Brasileiras através da visão do macro para o micro-cenário, utilizando imagens satélite como base de informações. Desta forma, atuar-se-á mais cientificamente, eficientemente e menos ocasionalmente. Isto é, o início das operações dar-se-á a partir de regiões onde se tem o conhecimento de alvos ou outras ocorrências e não simplesmente de maneira ostensiva e aleatória. Para tanto, será feita uma breve revisão bibliográfica das algumas possibilidades de extração de dados relevantes de imagens de satélites para a atividade fim da Aviação de Patrulha.

Palavras-chaves — detecção de alvos, escaterômetros, manchas de óleo, oceanografia por satélites, ondas internas, patrulha marítima, redes neurais, sensoriamento remoto, temperatura do mar, vento de superfície.

I. INTRODUÇÃO

O patrulhamento das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) é uma atividade que a Força Aérea Brasileira (FAB) e a Marinha do Brasil (MB) desenvolvem com o objetivo de garantir a soberania nacional, além de visar o cumprimento de tratados, leis, normas, etc., nacionais e internacionais. Todavia, em relação à porção marítima das AJB, há uma extensa área a perscrutar. São aproximadamente 4,5 milhões de km², já considerando o fato da extensão para 300NM na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) conforme o tamanho da plataforma continental [1]. Esta é uma área muito extensa e de tráfego marítimo intenso e com perspectivas de aumentar. Este fluxo de navios e embarcações está fortemente ligado à economia brasileira. [2] Com base na análise feita pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a navegação de longo curso está vinculada ao comércio exterior. A Tabela I exibe a movimentação de alguns dos principais portos brasileiros. Conforme mostrado em [3], pode-se observar na Tabela II um aumento contínuo no saldo da balança comercial nacional nos últimos anos. Como consequência, vê-se um aumento da participação das exportações na movimentação portuária nacional, passando de 78,57% em 2004 para 82,46% em 2005. Sendo estes os dados mais recentes disponibilizados ao domínio público.

Paes, R. L., rlpaes@dsr.inpe.br, Tel +55-12-39475370, Fax +55-12-39475370. Lorenzetti, J. A. loren@dsr.inpe.br, Tel +55-12-3945-6485, Fax +55-12-3945-6449. Gherardi, D. F. M., douglas@dsr.inpe.br, Tel +55-12-3945-6508, Fax +55-12-3945-6449.

TABELA I – MOVIMENTAÇÃO NOS PRINCIPAIS PORTOS – 2003
DADOS MAIS RECENTES DISPONIBILIZADOS AO DOMÍNIO PÚBLICO -

| Porto | Movimentação em 2003 (no. navios) | Tipo de Navegação |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Paranaguá - PR | 210 | |
| Rio de Janeiro - RJ | 1865 | |
| Santos - SP | 3587 | Longo Curso |
| Suape - PE | 233 | |
| Tubarão - ES | 806 | |

FONTE: ANTAQ

TABELA II – SALDO DA BALANÇA COMERCIAL NACIONAL

| Ano | Saldo em milhões US\$ |
|------------|-----------------------|
| DEZ -2003 | 2750,846 |
| DEZ - 2004 | 3508,385244 |
| DEZ - 2005 | 4329,975703 |
| DEZ - 2006 | 5051,689781 |
| JUN - 2007 | 3815,134166 |

FONTE: IPEADATA.

Tradicionalmente, as aeronaves da Força Aérea realizam o patrulhamento em coerência com a trajetória dos navios de patrulha da Marinha do Brasil, definindo uma área. Resumidamente, a determinação desta área é feita em função de normas nacionais e tratados internacionais de segurança das embarcações, da vida humana e de preservação do meio ambiente.

Porém, tanto a FAB, quanto a MB têm três fatores complicadores para a verificação efetiva e minuciosa das AJB: área muito extensa, aumento do tráfego marítimo em função da intensificação de atividades comerciais e recursos aeronavais limitados para a magnitude deste problema.

Sendo assim, propõe-se uma nova metodologia de patrulhamento marítimo que parte do princípio da visão do macro para o micro-cenário de vigilância marítima. Isto é, o macro-cenário seria uma região observada por satélite, muito mais extensa do que aquela normalmente percorrida em uma missão realizada pelos meios aeronavais. Por meio de técnicas de extração de dados de satélites seria possível estipular nesta região subáreas onde estariam os fenômenos ou eventos a perscrutar. O micro-cenário seria esta subárea, ou o conjunto delas, no qual haveria a real necessidade da presença dos meios interceptadores. Ratifica-se o uso desta metodologia, além dos fatores citados anteriormente, também pelo fato de que constantemente há dispêndios percorrendo aleatoriamente certas áreas sem a obtenção de nenhum tipo de contato com os elementos do objetivo da missão.

Para tornar a vigilância do tráfego marítimo ainda mais eficiente seria ideal que os alvos detectados na imagem fossem confrontados com as informações de cinemática enviadas pelos próprios navios mercantes ao sistema do órgão controlador e que os meios aeronavais atuassem na confirmação *in situ* do cruzamento destes dados.

Portanto, a aplicação da metodologia proposta evitaria esforços desnecessários, focando a atuação dos meios aeronavais para as sub-regiões que contém os objetivos. Isto contribuiria para ações mais proativas e menos reativas em relação à vigilância e controle desta área e a um custo menor.

A aquisição de informações providas de satélites dar-se-á através de imagens em várias faixas do espectro eletromagnético, além de outras fontes como dados de escaterômetro, ou informações meteorológicas. Com a concatenação dessas informações haverá subsídios suficientes para uma tomada de decisão sobre o emprego eficiente dos recursos. Assim, com esta metodologia reduzir-se-á a ocasionalidade com que ocorrem as detecções de tráfego marítimo, bem como os flagrantes de ilícitos, otimizando a atividade de patrulhamento sistemático.

A seguir discorrer-se-á sobre algumas práticas e técnicas de imageamento por satélites que poderão auxiliar as atuais atividades de vigilância.

II. OCEANOGRAFIA POR SATÉLITES

Sensoriamento Remoto é a ciência e a arte de extrair-se informações sobre um meio, através de dispositivos sensores, sem estar em contato direto com o mesmo. De acordo com [4], a oceanografia por satélites está fundamentada na extração de dados oceanográficos sem necessariamente se lançarem equipamentos *in situ* conforme é feito convencionalmente. Esta vertente da oceanografia apresenta algumas limitações tais como a restrição de uso dos sensores ópticos (faixas do visível e infravermelho do espectro mediante) em condições de cobertura de nuvens. Dados *in situ* são também necessários para se realizar a calibração dos dados e validação de algoritmos.

Ainda segundo [4], observa-se que a oceanografia por satélites lida com parâmetros relativos à superfície do mar, enquanto que tradicionalmente trata-se o oceano tridimensionalmente. Entretanto, para muitas aplicações, a camada oceânica superficial é a mais importante. Embora na faixa do visível seja possível se obter informação oceânica referente a algumas dezenas de metros de profundidade, é justamente desta lâmina milimétrica superficial do oceano que provém as informações no infravermelho e microondas.

Particularmente, para aplicações em microondas é possível extrair informações de uso civil e militar, como: vento de superfície, presença de hidrocarbonetos, e a de detecção de alvos diretamente, ou via suas manifestações de ondas externas e internas.

Descreve-se a seguir algumas das principais aplicações de interesse para o patrulhamento das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB).

III – ALGUMAS APLICAÇÕES DE INTERESSE PARA O PATRULHAMENTO MARÍTIMO

A) DETERMINAÇÃO DO CAMPO VENTO DE SUPERFÍCIE

O vento é o principal forçante de alguns processos dinâmicos e termodinâmicos que acontecem na camada superior dos oceanos, como as correntes superficiais, as ondas e os processos de interação oceano-atmosfera [5]. O campo de vento é bastante relevante para o patrulhamento pois ele afeta diretamente o campo de ondas e sua intensificação dificulta a detecção de embarcações por meio de satélites.

Para a extração do campo de vento de superfície em alta resolução espacial (500 a 1000 m), utilizam-se imagens SAR de satélites como o ENVISAT, RADARSAT e ERS. Para aplicações de caráter global, em baixa resolução espacial (12,5 a 50km), se utilizam escaterômetros, sensores ativos não-imageadores capazes de medir a dispersão das ondas de rádio e assim determinar a intensidade e direção do vento. Destaca-se nesse caso os WindScatterometers – ERS e SeaWinds – QuickSCAT. Embora os dados de vento em baixa resolução estejam disponíveis sem custo na Internet, particularmente para aplicações costeiras há a necessidade de vento em alta resolução espacial. Esta é a razão para o empenho da comunidade científica em extrair estes dados de imagens SAR.

A extração do campo de velocidade do vento a partir de imagens SAR é possível, pois o aumento da velocidade do vento na superfície marinha causa um aumento da sua rugosidade nas escalas espaciais de ondas capilares ou de gravidade curtas (de milímetros a alguns centímetros) responsáveis pelo retroespalhamento do sinal de radar, processo denominado de ressonância Bragg [6]. Ainda, o sinal retroespalhado é máximo quando o vento e a direção de visada do radar estão alinhados e o vento sopra em direção ao feixe radar.

ALGORITMOS DE DETECÇÃO DO CAMPO DE VENTO

Na literatura encontram-se diversas fontes e métodos de detecção dessa variável. Em geral, utiliza-se o modelo CMOD4, que relaciona o sinal do radar, dado em valores de retroespalhamento normalizado, ou sigma-zero (σ^0) a intensidade e direção do vento e ao ângulo de incidência do feixe radar na superfície. Através dos valores de sigma-zero (σ^0) extraídos das imagens SAR e sendo conhecidos o valor do ângulo entre a direção de visada do radar e o vento e o ângulo de incidência do feixe de radar na superfície será possível obter a intensidade do vento com bons níveis de confiança.

B) DETECÇÃO DE HIDROCARBONETOS NO MAR

De acordo com [7], a presença de hidrocarbonetos pode ser caracterizada qualitativamente para observação visual em ordem decrescente de espessura da seguinte maneira: Mousse (marrom e espessa); Slick (oleosa preta ou marrom); Sheen (fina prateada e brilhosa); e Rainbow (multicolorida, fina e bem visível).

Técnicas de detecção de óleo no mar tem sido testadas nas faixas do visível, no infravermelho termal e em microondas.

A detecção de óleo no mar no visível é normalmente feita quando a mancha de óleo coincide com a região de brilho do

sol na água (sun glitter). Os sensores infravermelhos termais captam a energia emitida pela mancha de óleo na faixa de 8 μm a 14 μm do espectro. Apesar das manchas possuírem a mesma temperatura cinética da água, uma vez que estão em contato direto, estas apresentam emissividade diferente da água. Quanto maior a espessura da camada de óleo, maior será a resposta da radiação termal.

Os sensores de microondas detectam variações da microrrugosidade da superfície do mar através do retroespalhamento do pulso radar emitido. A presença das manchas de óleo amortecce o efeito das ondas de superfície e, conseqüentemente, reduz o efeito do retroespalhamento. Quanto mais espessa for a camada oleosa, maior será a atenuação. O resultado deste fato na imagem é a apresentação de uma porção escura contrastando com respostas mais claras das regiões adjacentes. Todavia, fenômenos naturais podem causar efeitos semelhantes à resposta do óleo no mar, sendo caracterizados como falsos alvos, cujos principais são: ausência de ventos geradores de ondas de superfície, presença de filmes biológicos, ondas internas, zonas de cisalhamento de correntes, células de chuva, relevo costeiro entre outros. Como alternativa para evitar os falsos alvos utilizam-se informações complementares como: temperatura da superfície do mar, campos de vento na superfície do mar, cor do oceano e altura de onda. Além disto, deve-se levar em conta que, como as manchas de óleo são escuras em microondas, as regiões da imagem com menor ângulo de incidência (near range) serão melhores para a detecção da mancha na imagem SAR.

ALGORITMOS DE DETECÇÃO DE ÓLEO NO MAR

De uma maneira geral, os algoritmos são baseados em detecção de regiões escuras, extração de características e classificação por árvore de decisão. A extração das características leva em consideração a geometria e a estatística de cada mancha, a detecção de bordas, o contraste entre as regiões vizinhas e a suavidade do contraste local. [8]-[10] Há algoritmos que implementam análises contextuais, avaliando informações sobre ventos instantâneos, correntes, batimetria, localização de estruturas offshore (plataformas de extração e produção, sondas de perfuração, etc) e resultado de modelagem hidrodinâmica da área de interesse.

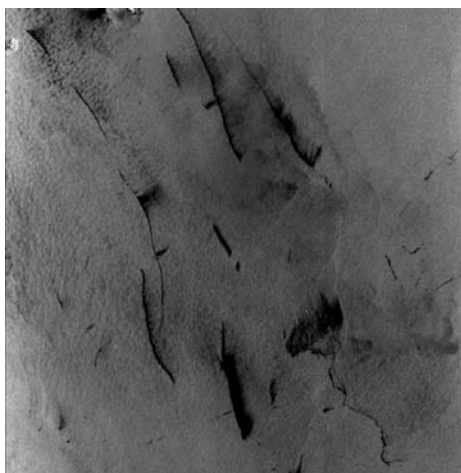


Fig. 1: Manchas de óleo apresentam resposta escura em relação às áreas mais claras adjacentes.. Fonte: Project The tropical and subtropical ocean viewed by ERS SAR [11].

C) DETECÇÃO DE ONDAS INTERNAS

Em conformidade com as explanações de [12], existem dois métodos pelos quais um veículo submerso poderia ser localizado: detecção direta e indireta. Detecção direta envolve a localização da própria estrutura. O método indireto envolve a detecção de anomalias ambientais causadas pela presença de embarcações. Por exemplo, um navio em deslocamento produz um rastro na superfície, e um submarino navegando próximo à superfície poderia produzir ondas internas.

Neste trabalho será apenas focado o método indireto. Este pode ser classificado em: efeitos físicos de superfície, efeitos ópticos e efeitos termais. Esta revisão limitar-se-á ilustrar apenas os efeitos físicos.

EFEITOS FÍSICOS DE SUPERFÍCIE

A maior característica do efeito físico de superfície é a turbulência desenvolvida por um veículo quando está em movimento. As características da turbulência serão em função da velocidade, profundidade e tamanho do veículo. Três fenômenos hidrodinâmicos são também direta ou indiretamente causados pela turbulência: cristas de Bernoulli, ondas de Kelvin e o efeito superficial das ondas internas.

A Crista de Bernoulli. Se um submarino viajar a altas velocidades próximas à superfície do oceano, produzirá tais cristas de ondas características.

As Ondas de Kelvin. São ondas geradas por navios e submarinos e são responsáveis pela turbulência em forma de "V" que pode ser vista atrás do veículo em movimento. Elas têm um ângulo de aproximadamente 39° que é independente do tamanho e da velocidade do alvo navegando.

As Ondas Internas. São variações periódicas na temperatura e na densidade da água a profundidades próximas à termoclina, uma camada oceânica na qual a temperatura cai rapidamente e a densidade aumenta bruscamente com o incremento da profundidade. O deslocamento de água associado às ondas internas é influenciado por muitos fatores, incluindo variações na pressão atmosférica, correntes oceânicas e presença de submarinos.

Em [13] apresenta-se que ondas internas não podem ser vistas diretamente como as ondulações da superfície do mar. Estas ondas geram entretanto correntes horizontais próximas à superfície que modulam as ondas capilares. Segundo [12], no caso das cristas de Bernoulli e das ondas de Kelvin, têm-se razoáveis precauções que poderiam ser tomadas para evitar-se a detecção. Seja limitando a velocidade ou permanecendo em grandes profundidades. Contudo, este não é o caso com as ondas internas, que parecem ser o efeito físico mais promissor a ser explorado para a detecção de veículos submersos em grandes áreas.

De acordo com o que é citado em [13], em geral, a turbulência do submarino movendo-se em linha reta com velocidade constante não tem longa duração. Comprimentos típicos de turbulência associados a submarinos a 125 pés de profundidade terá 100 jardas (aprox. 91,44 metros) a 6 nós e 30 jardas (aprox. 27,42 metros) de 2 a 3 nós, baseado em medidas reais.

ALGORITIMOS DE DETECÇÃO DE ONDAS INTERNAS

Dentre o material pesquisado a transformada de wavelets tem-se mostrado eficiente na detecção de ondas internas e seu comprimento de onda. A banda L tem se mostrado mais apropriada do que a banda C para esta atividade [14]-[17].

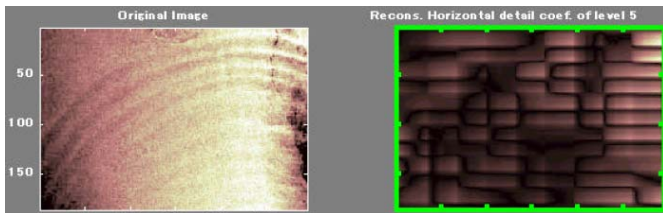


Fig. 2: Resultado da detecção pelo uso da análise de Wavelet – exemplo de reconstrução horizontal nível 5 [14].

D) DETECÇÃO DE ALVOS NA SUPERFÍCIE DO MAR

Para o controle de tráfego marítimo e para a otimização do uso de recursos no sentido de direcionar vôos para regiões onde exista a comprovada existência de contatos é que se ratifica a importância desta atividade.

Numa imagem SAR do oceano, navios presentes na cena são geralmente observados como pontos brilhantes por efeito de reflexos do pulso de radar em suas superestruturas metálicas. Embora todas as imagens SAR sejam caracterizadas por ruído speckle, estes pontos apresentam valores estatísticos que os diferenciam das regiões adjacentes. Obviamente, há a possibilidade de detecção de falsos alvos. As Ondas de Kelvin, já citadas anteriormente, são também formas de detecção auxiliar na redução de detecções errôneas [18].

Um procedimento bastante adotado, conhecido por CFAR (Constant False Alarm Rate), é uma técnica que aplica uma janela (uma máscara) móvel que determina a estatística local do ruído de fundo (clutter), que pode ser modelada para diferentes distribuições, como: distribuição K ou Gama [19]-[21]. Entretanto, resultados mostram que modelos bem ajustados ainda proporcionam algo em torno de 16% de falsos alvos. Então, para minimizar o problema pode-se efetuar análises subsequentes utilizando Redes Neurais. Dentre elas destacam-se as Redes Neurais Auto-Organizáveis de Kohonen. Como mostrado em [19][22], para se obter maior velocidade no processamento, as redes são utilizadas após implementar-se métodos estatísticos, os quais apontam para valores com alta probabilidade de detecção. Assim, evita-se que as redes percorram todos os pixels de uma imagem SAR, tomando muito tempo no processamento e dando margem à inserção de erros. As redes de Kohonen aplicadas em imagens ERS SAR (100m res. espacial) apresentam um taxa de detecção de 65%. Em imagens Radarsat no modo ScanSar Narrow (50m res. espacial) a taxa de acerto foi de 93,2% [22].

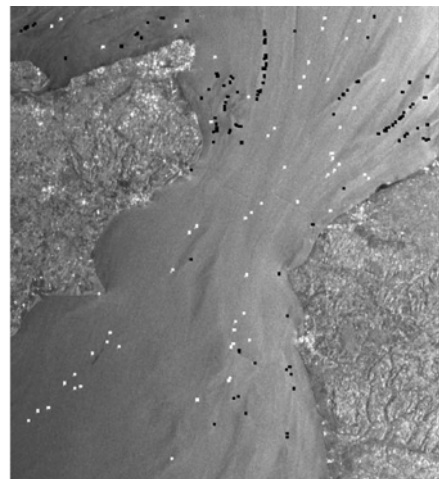


Fig. 3: Método estatístico – Pontos brancos são contatos positivos. Pontos pretos são falso alarme [21].

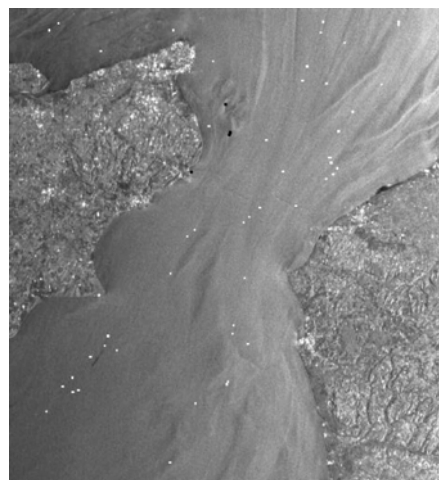


Fig. 4: Resultado da pós-análise com redes de Kohonen – Pontos brancos são contatos positivos. Pontos pretos são falso alarme [21].

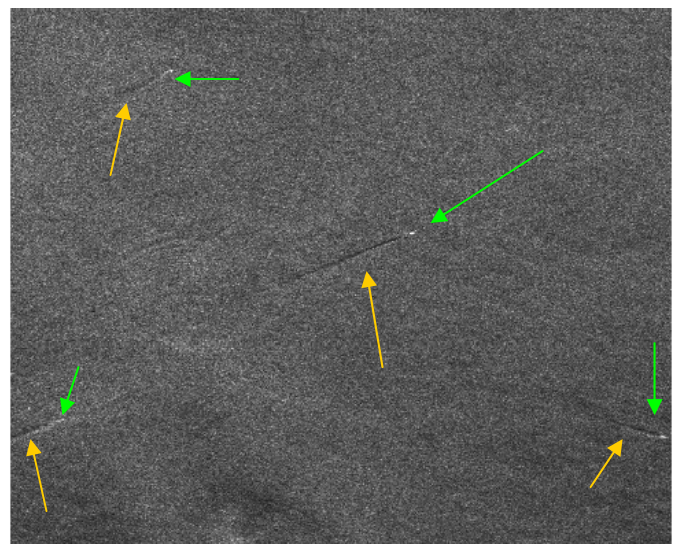


Fig. 5: Imagem ERS-1 – Pontos brilhantes são navios (seta verde) com suas esteiras de turbulência visíveis (seta amarela) [18].

IV – CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma breve revisão sobre alguns tipos de informações possíveis de serem extraídas de dados de satélites, basicamente de imagens, como: campo vento de superfície; manchas de óleo; ondas internas e detecção de

alvos. O intuito desse trabalho é fornecer subsídio técnico que contribua para uma futura implementação no país de técnicas de sensoriamento remoto orbital com vistas ao aumento da eficiência do patrulhamento marítimo executado pela Aviação de Patrulha da Força Aérea Brasileira, em apoio à Marinha do Brasil. Diante de todo o exposto, pode-se concluir que o uso do sensoriamento remoto aplicado ao patrulhamento marítimo poderia aumentar a eficiência otimizando a utilização dos recursos aeronavais alocados, tornando assim esta atividade muito mais científica do que ocasional.

REFERÊNCIAS

- [1] Site Oficial da Marinha do Brasil. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br>>. Acesso em: 13 agosto 2007.
- [2] Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso em: 13 agosto 2007.
- [3] Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – Ipeadata. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 13 agosto 2007.
- [4] R. B. Souza. “Introdução à Oceanografia por Satélites”. p. 15. In: *Oceanografia por satélites*. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 336 p. Organizador: R. B. Souza ISBN 85-86238-48-1.
- [5] Y. Du, P. W. Vachon, J. Wolfe. “Wind direction estimation from SAR images of the ocean using wavelet analysis”. *Canadian Journal of Remote Sensing*, v. 25, n. 03, p. 498-509, 2002. In: M. S. Claro e J. A. Lorenzzetti – “Estimativa do campo de velocidade do vento marinho da alta resolução por meio de imagem SAR”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4827-4832.
- [6] B. Holt. “SAR imaging of the ocean surface”. In: C. R. Jackson, J. R. Apel, (eds.) *Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual*. Washington: NOAA, 2004. v. 1, cap. 2, p. 25-79. In: M. S. Claro e J. A. Lorenzzetti – “Estimativa do campo de velocidade do vento marinho da alta resolução por meio de imagem SAR”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4827-4832.
- [7] L. S. Soler e C. H. Beisl. “Detecção de Hidrocarbonetos na Superfície do Mar por Sensoriamento Remoto”. Cap. 15. p. 220. In: *Oceanografia por satélites*. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 336 p. Organizador: R. B. Sousa. ISBN 85-86238-48-1.
- [8] A. H. S. Solberg e R. Solberg. “A large-scale evaluation of features for automatic detection of oil spills in ERS SAR images”. In: *International Geoscience and Remote Sensing Symposium '96*. Proceedings...Lincoln, 1996, IEEE Publications, Piscataway, v.3, p.1484-1486. In: L. S. Soler e C. H. Beisl. “Detecção de Hidrocarbonetos na Superfície do Mar por Sensoriamento Remoto”. Cap. 15. p. 220. In: *Oceanografia por satélites*. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 336 p. Organizador: R. B. Sousa. ISBN 85-86238-48-1.
- [9] A. H. S. Solberg e E. Volden. “Incorporation of prior knowledge in automatic classifications of oil spills in ERS SAR images”. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1997 – IGARSS'97. Anais... Remote Sensing – A scientific vision for sustainable development, 1997*, IEEE International. v.1, p.157-159. In: L. S. Soler e C. H. Beisl. “Detecção de Hidrocarbonetos na Superfície do Mar por Sensoriamento Remoto”. Cap. 15. p. 220. In: *Oceanografia por satélites*. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 336 p. Organizador: R. B. Sousa. ISBN 85-86238-48-1.
- [10] H. A. Espedal. “Detection of oil spill and natural film in the marine environment by spaceborn Synthetic Aperture Radar”, 1998. *Tese Doutorado*. Universidade de Bergen. Bergen, Noruega. In: L. S. Soler e C. H. Beisl. “Detecção de Hidrocarbonetos na Superfície do Mar por Sensoriamento Remoto”. Cap. 15. p. 220. In: *Oceanografia por satélites*. 1ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 336 p. Organizador: R. B. Sousa. ISBN 85-86238-48-1.
- [11] Site Project The tropical and subtropical ocean viewed by ERS SAR (www.ifm.uni-hamburg.de/ers-sar/). Acesso em: 16 agosto 2007.
- [12] G. G. Wren e D. May. “Detection of submerged vessels using remote sensing techniques”. In: *Australian Defense Force Journal*. N.127. nov/ dec 1997.
- [13] T. Stefanick. “Nonacoustic means of submarine detection”. In: *Appendix 3 - Strategic Antisubmarine Warfare and Naval Strategy*. Institute of Defense and Disarmament Studies. Massachusetts: Lexington Books, 1987. 383p. ISBN 0-669-14015-5.
- [14] Y. Arvelyna e M. Oshima. “Internal wave detection in SAR image”. Disponível em:<<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/sar/158.pdf>>. Acesso em: 13 agosto 2007.
- [15] J. A. Rbdenas, D. Cabarrocas, R. Garello. “Wavelet Transform of SAR Images for Internal Wave Detection and Orientation”. In: *IEEE Computer Society – Digital Library*. Disponível em: <<http://doi.ieeeecomputersociety.org/10.1109/ICIP.1997.648095>>. Acesso em: 13 agosto 2007.
- [16] M. Marghany. “Internal Wave Detection and Wavelength Estimation”. In: *IEEE Xplore*. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6246/16737/00773434.pdf?arnumber=773434>>. Acesso em: 13 agosto 2007.
- [17] M. Marghany. “Digital elevation model of internal wave detection”. In: *IEEE Xplore*. Disponível em: <ieeexplore.ieee.org/iel5/6913/18664/00860302.pdf>. Acesso em: 13 agosto 2007.
- [18] R. B. Olsen, P. W. Vachon E. T. Wahl. “Vessel detection using sir imagery: current status and some views for the future”. In: *Proceedings of the AMRS Workshop in Ship Detection in Coastal Waters*, May 31, 2000, Digby, Nova Scotia.
- [19] Q. Jiang, S. Wang, D. Ziou. “A System for Ship Detection From SAR Imagery Using Different PDF Models”. In: *Proceedings of the AMRS Workshop in Ship Detection in Coastal Waters*, May 31, 2000, Digby, Nova Scotia.
- [20] N. Robertson, P. Bird e C. Brownsword. “Ship Surveillance using RADARSAT ScanSAR images. In: *Proceedings of the AMRS Workshop in Ship Detection in Coastal Waters*, May 31, 2000, Digby, Nova Scotia.
- [21] C. Wackerman, P. Clemente-Colén, W. Pichel, K. Friedman, X. Li. “Automatic Detection of Ships Using RADARSAT-1 SAR Imagery”. In: *Proceedings of the AMRS Workshop in Ship Detection in Coastal Waters*, May 31, 2000, Digby, Nova Scotia.
- [22] S. B. Foulkes e D. M. Booth. Ship Detection in ERS and Radarsat Imagery using a Self-Organising Kohonen Neural Network. In: *Proceedings of the AMRS Workshop in Ship Detection in Coastal Waters*, May 31, 2000, Digby, Nova Scotia.