

Utilização de Imagens ENVISAT para a Detecção e Monitoramento de Acidentes Ambientais: Uma Abordagem Operacional

Patrícia Genovez¹
Alexandre Tadeu Politano²
Cristina Maria Bentz²

¹ PETROBRAS/Exploração & Produção/Unidade de Serviços e Apoio/
Controle de Contingências
Av. Amaral Peixoto, 11000, Imboassica - 27913-350 - Macaé - RJ, Brasil
genovez.salvaterra@petrobras.com.br

² PETROBRAS/CENPES - Centro de Pesquisas
Cidade Universitária, Q.7, Ilha do Fundão – 21949-900 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{cris, politano.gorceix}@petrobras.com.br

Abstract. Since 2001 PETROBRAS has been using orbital remote sensing for its sea surface monitoring program at the Campos, Santos and Espírito Santo basins - southeastern Brazilian coast. The demand of satellite images is increasing, that fact has motivated the searching and validation of new orbital resources, aiming to optimize the maximum acquisition of satellite images to the activity. On this way, this paper intends to evaluate the potential of the usage of the ENVISAT images in the current environmental monitoring system, suggesting the requirements and the strategies necessary for the acquisition and operational use of these data in Brazil.

Palavras-chave: orbital remote sensing, RADAR images, sinergy of remote sensors, environmental monitoring system, sensoriamento remoto orbital, imagens de RADAR, sinergia de sensores remotos, sistema de monitoramento ambiental

1. Introdução

Sistemas de monitoramento ambiental utilizam produtos de sensoriamento remoto como ferramenta (Bentz et al., 2005b; Gade et al., 2000) em função de requisitos como: a) produção de informações consistentes sobre locais de difícil acesso; b) possibilidade de visão sinótica sob áreas dotadas de grande extensão – como é o caso das regiões costeiras e oceânicas; c) potencial de recobrimento sistemático, e; d) capacidade para disponibilizar, de forma relativamente rápida, informações sobre eventos imprevisíveis - como é o caso de acidentes envolvendo derramamento de óleo no mar.

A experiência de implantação de um sistema de monitoramento ambiental, integrando a utilização de imagens de satélites orbitais e sobrevôos para verificação de campo, teve início a partir de 2001 na Bacia de Campos/RJ. Desde então, a atividade é desenvolvida por especialistas que têm evoluído no conhecimento da dinâmica meteo-oceanográfica da região, e no reconhecimento das áreas suscetíveis a acidentes ambientais envolvendo derramamento de óleo (Bentz et al., 2005a). A equipe tem integrantes da área de controle de contingências, responsável pela operacionalização da atividade; e do centro de pesquisas (CENPES), que apóia técnica e cientificamente a atividade. Desde 2003, com a expansão da atividade, o monitoramento se estendeu para as Bacias do Espírito Santo (ES) e Santos (SP), o que ocasionou um aumento na demanda por produtos de sensoriamento remoto.

A melhoria de um sistema de monitoramento ambiental deste porte, está diretamente relacionada; à utilização de novos satélites; à definição dos parâmetros de imageamento adequados; ao dimensionamento da frequência de aquisição das imagens, assim como à qualidade do pré-processamento, formato e tempo de entrega dos dados.

Atualmente, a capacidade máxima de aquisição do satélite Canadense RADARSAT-1 é explorada. O histórico das programações evidencia a aquisição média de 18 imagens por mês,

restando 12 dias sem imagens, portanto, sem monitoramento. Além desta evidência, o RADARSAT-1 (lançado em 1995) está 10 anos em operação, tendo ultrapassado em 5 anos sua vida útil estimada.

Atualmente os satélites RADARSAT-1 e ENVISAT são considerados os principais provedores de imagens orbitais para o monitoramento ambiental costeiro e oceânico (Brekke & Solberg, 2005). Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo, avaliar o potencial da utilização das imagens ENVISAT no atual sistema de monitoramento aéreo/orbital, evidenciando os requisitos e estratégias necessárias para a aquisição e uso operacional destes dados no Brasil.

1.1. Área de Abrangência

A área de abrangência do sistema de monitoramento compreende as Bacias de Campos, Santos e Espírito Santo (**Figura 1**). Esta região possui uma complexa dinâmica de circulação oceânica, caracterizada pela presença recorrente de feições de meso-escala como ciclones oceânicos (vórtices) e meandros (Lima & Scofanno, 1999; Stech et al., 1996).

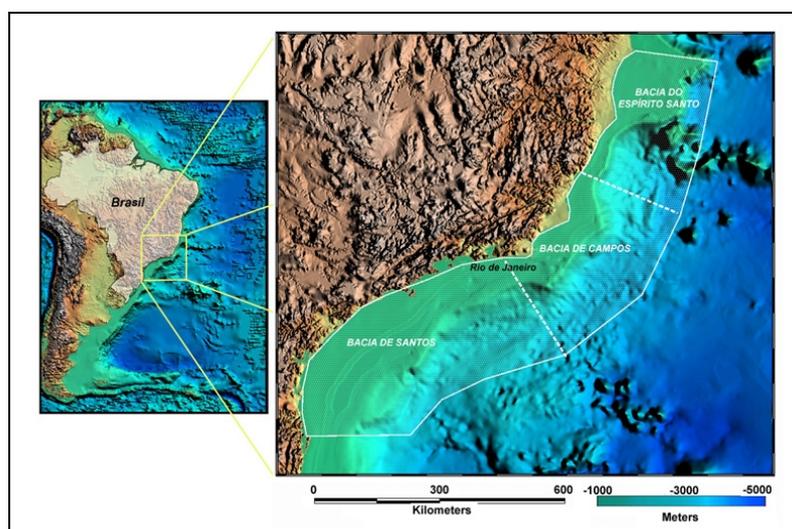


Figura 1 – Área de abrangência do monitoramento orbital.

2. Informações Técnicas: ENVISAT e RADARSAT-1

O satélite ENVISAT – *ENVIronment SATellite* foi lançado em março de 2002 pela Agência Espacial Européia (ESA¹), possui 12 sensores com capacidade inédita de aquisições simultâneas em diferentes faixas do espectro eletromagnético. Dentre os instrumentos a bordo do ENVISAT destacam-se, mediante as atividades desenvolvidas pela PETROBRAS (FONTE: *Asar Product Handbook – ESA, 2002*):

- a) o *Advanced Synthetic Aperture Radar* (ASAR) - radar de abertura sintética com múltiplas polarizações, sensor ativo capaz de imagear dia e noite, capta a textura dos alvos através da intensidade do sinal de retorno refletido (*radar backscatter*);
- b) o *MEdium Resolution Imaging Spectromer* (MERIS) – Spectrômetro Imageador de Média Resolução fornece dados sobre a coloração dos oceanos e das áreas costeiras, estes dados podem ser convertidos em medidas de concentração de clorofila-a, bem como de sedimentos em suspensão e pigmentos amarelos;

¹ *European Space Agency*

c) *Advanced Along Track Scanning Radiometer* (AATSR) – radiômetro que opera no espectro termal, capaz de fornecer imagens sobre a temperatura da superfície do mar.

Assim como o RADARSAT-1, o ENVISAT/ASAR é um sistema ativo, com capacidade de imageamento diurno e noturno, operando na Banda C com diferentes modos de imageamento, oferecendo resoluções espaciais e áreas de cobertura variados. Diferentemente do sistema de polarização VV do RADARSAT-1, o ENVISAT/ASAR é multipolarizado (HH, VV, HV e VH). A **Tabela 1** apresenta uma síntese das configurações técnicas de cada satélite.

Tabela 1 - Síntese das configurações técnicas: RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR.

CONFIGURAÇÕES	RADARSAT-1	ENVISAT/ASAR
Tipo do Sensor	Ativo	Ativo
Ano de Lançamento	1995	2002
Altitude Média (Km)	792	799,99
Resolução Temporal (Nadir)	24 dias	35 dias
Modos de Aquisição	7	5
Resolução Espacial (m)	8 a 100	10 a 150
Área da Cena (Km)	50 X 50 a 500 X 500	100 X 100 a 405 X 405
Ângulos de Incidência	10° a 60°	15° a 45°
Banda	C	C
Tipos de Polarização	HH	HH; VV; VH e HV
Entrega em Tempo Próximo do Real	Sim	é possível

Os modos de imageamento do RADARSAT-1, utilizados no monitoramento orbital são o *ScanSAR Narrow A e B*, *ScanSAR Wide* e *Extended Low I*. Para o uso operacional das imagens do sensor ASAR, o modo de imageamento mais adequado é o *Wide Swath*. Estes modos fornecem áreas de cobertura amplas, com ângulos de incidência apropriados para a detecção das ocorrências (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Configurações dos modos de imageamento dos satélites RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR adequados ao monitoramento costeiro e oceânico.

Satélite:	Sistema Sensor	Ano de Lançamento	Tempo de Revisita com Visada Lateral	Resolução Espacial (m)	Área de Cobertura (Km)	Banda e Polarização	Entrega em Tempo Quase Real
Microondas Orbital	RADARSAT-1 Modo: SCANSAR NARROW A e B	1995	11h a 3 dias ou mais	50	300 x 300	C (HH)	Operacional
	RADARSAT-1 Modo: SCANSAR WIDE			100	500 x 500		
	RADARSAT-1 Modo: EXTENDED LOW			35	170 x 170		
	ENVISAT/ASAR Modo: WIDE SWATH	2002	11h a 6 dias ou mais	150	405 x 405	C (HH / VV)	é possível

O MERIS possui 15 canais localizados na faixa do visível e do infravermelho próximo (variando entre 0,4 μ m e 1,05 μ m), fornecendo imagens com resolução espacial de 290 x 260m no formato *full resolution*, e de 1,2 x 1,04km no formato *reduced resolution*, com área de cobertura de 1500 x 1500km (FONTE: *MERIS Product Handbook – ESA, 2006*). O AATSR possui 4 canais no visível e no infravermelho próximo (variando entre 0,555 μ m e 1,6 μ m), 3 canais na região do infravermelho termal (variando entre 10 e 13 μ m) e um canal na faixa de 3,7 μ m, sua área de cobertura é de 500 x 500km com resolução espacial de 1km (FONTE: *AATSR Product Handbook – ESA, 2006*).

A possibilidade de aquisição simultânea de imagens em diferentes faixas do espectro eletromagnético representa um ganho estratégico, esperado com o uso das imagens ENVISAT. A sinergia das imagens provenientes do sensor ASAR - medindo a rugosidade da superfície do oceano - com as imagens fornecidas pelos sensores AATSR e MERIS - fornecendo informações sobre a temperatura da superfície do mar, a cor dos oceanos, a concentração de fitoplâncton e de sedimentos em suspensão - possui importância estratégica para o monitoramento costeiro e oceânico. Estas informações são úteis na diferenciação entre

os fenômenos meteo-oceanográficos e os provocados por vazamentos de óleo, reduzindo significativamente a probabilidade de falsos alarmes (Bentz et al., 2005b; Bentz et al., 2006).

A possibilidade de detecção direta de óleo nas imagens fornecidas pelo sensor MERIS, e pelo sensor AATSR na faixa do infravermelho termal, representa outra importante perspectiva para a utilização operacional dos dados ENVISAT. Segundo Biegert e Berry (1999) sensores no visível e no infravermelho próximo são capazes de detectar filmes de óleo muito finos, enquanto que filmes de óleo espessos podem ser detectados por sensores na faixa do infravermelho termal.

Desta forma, espera-se que o uso de dados ENVISAT contribua significativamente com o monitoramento costeiro e oceânico aumentando a frequência de aquisição de imagens, auxiliando a interpretação das feições detectadas, bem como oferecendo novas perspectivas para detecção de óleo na superfície do mar.

2.1. Avaliação das Imagens ENVISAT/ASAR para o monitoramento costeiro e oceânico

Com o objetivo de avaliar o potencial de uso operacional dos dados ENVISAT foram realizadas programações de imagens com diferentes fornecedores. Atualmente, não há capacidade no país para recepção e processamento de dados ENVISAT.

A aquisição integrada de imagens RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR possibilitou a verificação do ganho referente à frequência de imageamento na área de interesse. Considerando apenas imagens RADARSAT-1, durante o período de um mês, 14 dias ficariam sem imagens, incluindo na programação imagens ENVISAT/ASAR, reduziu-se para 10 os dias sem imagens. Como é possível obter mais de uma imagem em diferentes horários do dia, também se verificou um aumento do potencial de monitoramento para uma mesma data. A possibilidade de combinação variada dos horários de aquisição disponíveis resultou em intervalos mínimos de visualização da área de interesse, variando entre 13h, 9h e 4h. A **Tabela 3** evidencia a distribuição das imagens por horário, durante o mês de dezembro de 2004.

Tabela 3 –Distribuição diária das imagens RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR, considerando o horário de aquisição.

Aquisição de Dados	Horário Local	Total de Imagens por Horário	Total de Datas Monitoradas
somente RADARSAT-1	18:00	5	5
	05:00	6	6
somente ENVISAT/ASAR	09:00	1	1
	22:00	2	2
combinando ENVISAT/ASAR	09:00	1	1
	22:00	1	1
combinando RADARSAT e ENVISAT/ASAR	18:00	2	2
	22:00	2	2
combinando RADARSAT e ENVISAT/ASAR	05:00	3	3
	09:00	3	3
	09:00	1	1
	18:00	1	1
Saldo Total:		28	21

A qualidade técnica das imagens ENVISAT/ASAR, no que se refere à capacidade para detecção de óleo no mar, pôde ser constatada na **Figura 2**, que apresenta uma série de imagens RADARSAT e ENVISAT/ASAR adquiridas nos dias 21 e 22 de novembro de 2004. Nesta seqüência de imagens, o formato das manchas detectadas pelo RADARSAT-1 e pelo ENVISAT/ASAR no dia 21/11 apresentou grande semelhança. A diferença de 4h existente entre as imagens mostrou a dinâmica de deslocamento e espalhamento das manchas. A presença de um vórtice na área de afloramento da exsudação natural controlou a forma das manchas. A imagem ENVISAT/ASAR do dia 22/11 permitiu identificar a fragmentação da mancha principal. A comparação da evolução das manchas nas três imagens evidencia a

eficiência do uso combinado dos dados provenientes dos satélites RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR para a detecção e o monitoramento de óleo em áreas oceânicas.

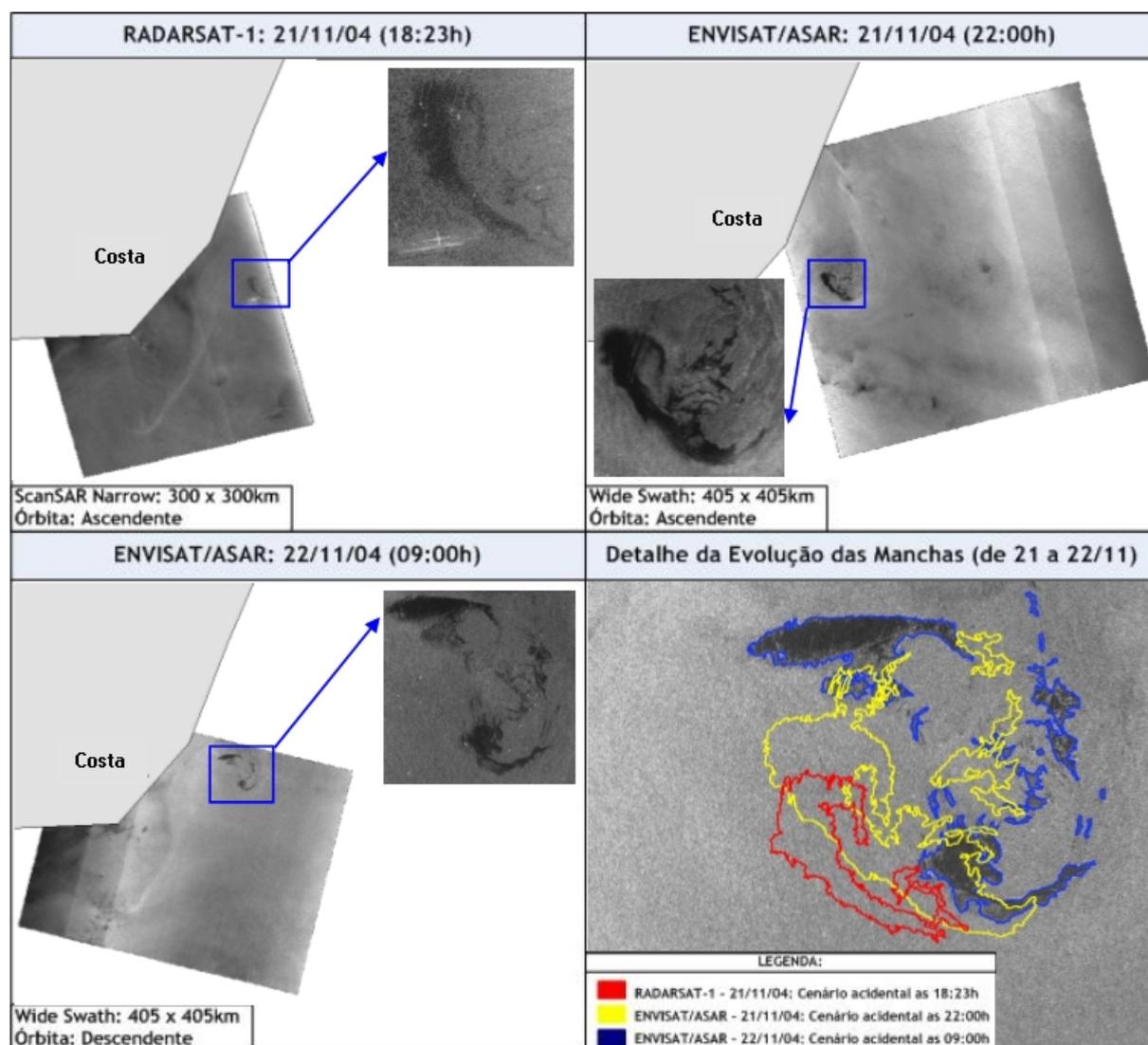


Figura 2 – Acompanhamento das feições identificadas nas imagens ENVISAT/ASAR e RADARSAT-1.

A contribuição do uso combinado das imagens RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR é relevante inclusive quando há necessidade de monitorar ocorrências de menor porte, como manchas que tendem a desaparecer em poucos dias ou horas. Nestes casos, a possibilidade de observação da área de interesse com um intervalo mínimo de 4h constitui uma opção estratégica.

A **Figura 3** apresenta imagens RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR adquiridas com um intervalo de 4h de diferença. As manchas evidenciadas na imagem das 05:00h foram identificadas na imagem das 09:00h, fornecendo subsídios para a avaliação das tendências de deslocamento e comportamento das manchas. O acompanhamento da dinâmica meteorológica é outra possibilidade interessante, no conjunto de imagens obtido verificou-se na imagem ENVISAT/ASAR uma diminuição no contraste entre as feições. Esta diferença radiométrica pode ter sido ocasionada pelo tipo de pré-processamento (*look up table*) utilizado. A disponibilidade de sensores operando com diferentes polarizações, representa

uma oportunidade para a investigação do efeito destas diferenças na detecção de óleo e fenômenos meteo-oceanográficos na superfície do mar.

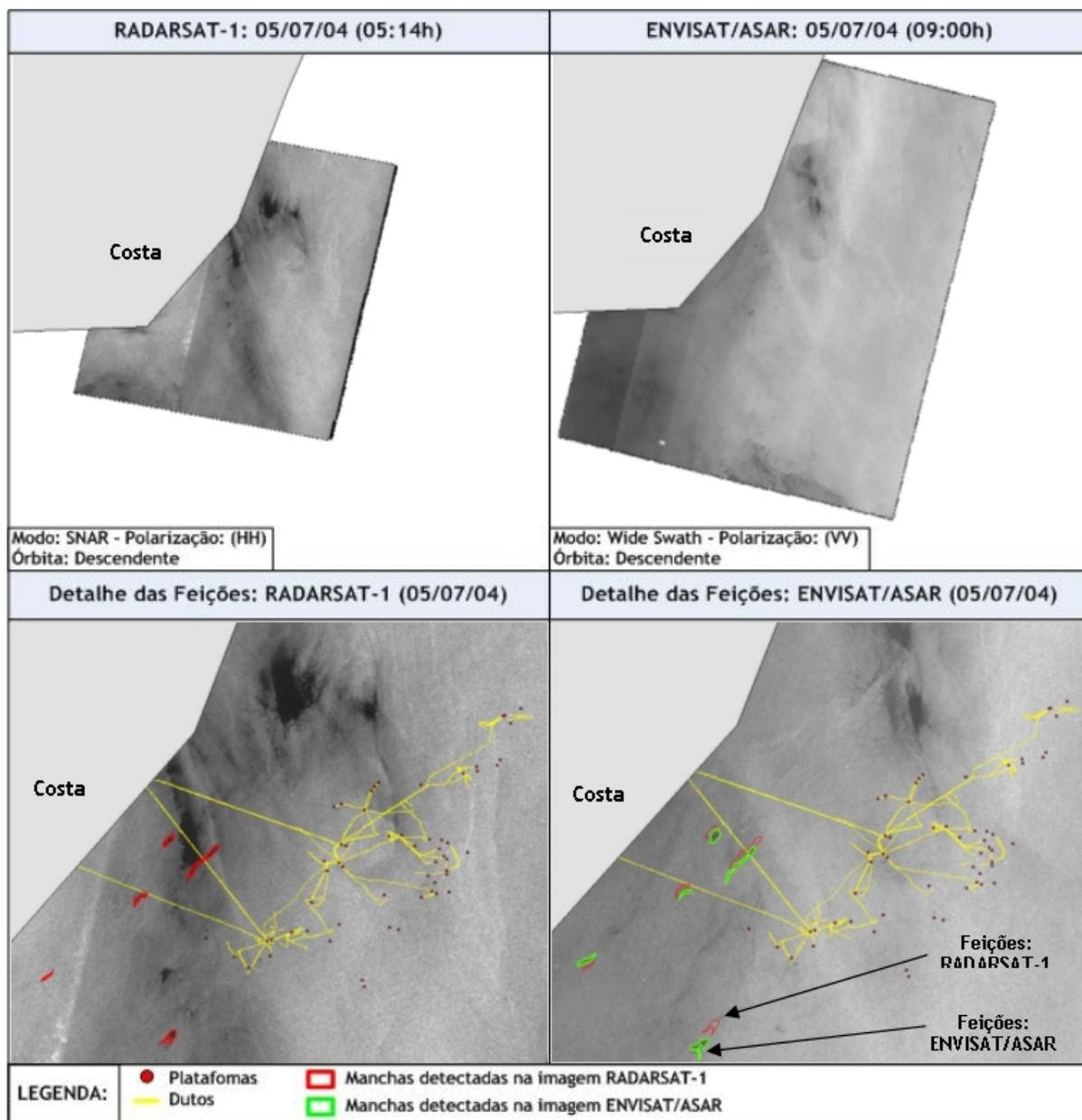


Figura 3 – Acompanhamento das feições identificadas nas imagens ENVISAT/ASAR e RADARSAT-1.

Com o objetivo de ilustrar a contribuição da aquisição das imagens dos sensores MERIS e AATSR para o atual sistema de monitoramento oceânico, a **Figura 4** ilustra uma seqüência de dados meteo-oceanográficos que auxiliam, de maneira equivalente, a interpretação das imagens obtidas em 05/07/04 (Figura 3). Foram adquiridas, para a mesma data, dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) proveniente do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) - a bordo dos satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*); e dados de concentração de clorofila-a proveniente do sensor MODIS (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*) - a bordo dos satélites Terra/Aqua.

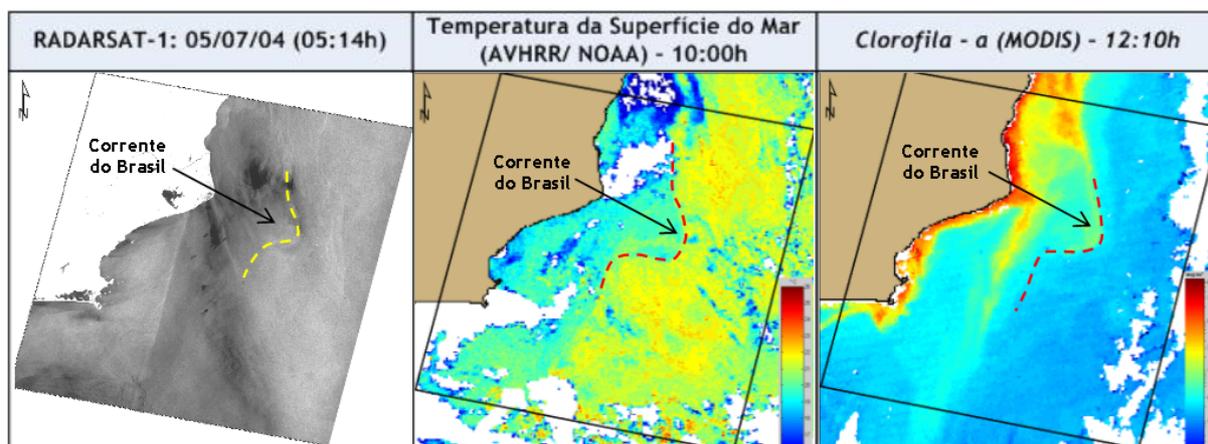


Figura 4 - Seqüência de imagens RADARSAT-1, TSM (AVHRR: NOAA) e Concentração de Clorofila-a (MODIS: Terra/Aqua).

A análise integrada dos três produtos revela a localização do braço costeiro da Corrente do Brasil (CB), facilitando a previsão da direção de deslocamento das feições identificadas. Fica evidente a associação entre as áreas mais escuras na imagem de radar e regiões com maior concentração de Clorofila-a, revelando a origem oceanográfica destas grandes manchas.

Durante os testes realizados foram verificados problemas na disponibilização em tempo próximo do real dos dados ASAR/ENVISAT, requisito indispensável à atividade (Keramitsoglou et al., 2006). Do total de imagens programadas, somente 50% foram entregues em tempo próximo do real.

Além das falhas identificadas no tempo de entrega das imagens, constatou-se que a maioria das imagens entregues no formato "Rolling Archive" (.N1) apresentaram problemas técnicos relacionados aos dados de efemérides das cenas. Foi comum a duplicação ou o deslocamento dos pontos de controle, impossibilitando o georreferenciamento adequado das imagens. Outro problema identificado foi o envio de arquivos contendo todos os dados gravados em uma mesma órbita, demandando mais tempo para acesso e processamento dos dados. A **Figura 5** exemplifica estes dois tipos de problemas, em comparação com uma imagem recebida sem problemas.

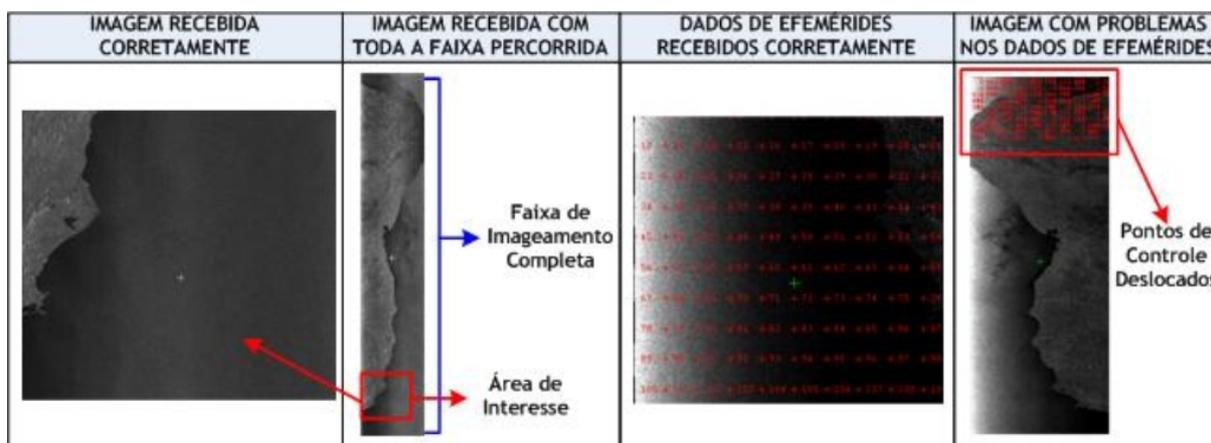


Figura 5 – Comparação entre imagens recebidas com e sem problemas de imageamento.

3. Conclusões

O presente artigo evidenciou o potencial da utilização combinada de imagens provenientes dos satélites RADARSAT-1 e ENVISAT/ASAR no monitoramento aéreo/orbital de áreas costeiras e oceânicas. A ampla possibilidade de cobertura das áreas de interesse, bem como, o aumento da frequência de imageamento mensal e diária, oferecida pela combinação dos modos de imageamento, constituem contribuições significativas para a atividade.

A capacidade de fornecimento simultâneo de imagens adquiridas no visível e no infravermelho próximo - fornecidas pelo sensor MERIS - e no infravermelho termal – fornecidas pelo sensor AATSR – possui importância estratégica, auxiliando na caracterização do contexto meteo-oceanográfico das áreas imageadas e, conseqüentemente, na identificação da natureza dos alvos reduzindo a probabilidade de falsos alarmes.

O resultado dos testes efetuados com fornecedores demonstrou que há deficiências no atendimento dos requisitos exigidos operacionalmente pela atividade. Além dos problemas identificados com a entrega em tempo próximo do real, a influência do formato de entrega dos arquivos foi enfatizada em função do tempo gasto no pre-processamento dos arquivos entregues no formato "*Rolling Archive*".

Os resultados apresentados evidenciaram que o uso operacional das imagens ENVISAT poderia ser viabilizado com a instalação de uma estação para recepção e processamento destes dados no Brasil, capaz de prover o fornecimento em tempo próximo do real.

Referências Bibliográficas

Bentz, C.M.; Politano, A.T.; Genovez, P.C; A.T. Miranda, R.S.P. "Offshore Oil Spill Detection and Monitoring in E&P Areas – An Operational Multi-Sensors Approach". **Anais**, Eighth International Conference on Health, Safety and Environment, Abu Dhabi - UAE , Abril de 2006.

_____; Politano, A.T.; Genovez, P.C. "Monitoramento Ambiental de Áreas Costeiras e Oceânicas com Múltiplos Sensores Orbitais" [CD-ROM]. In: **XXII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia - GO, Abril de 2005a.

_____; Politano, A.T.; Miranda, R.S.P.; Genovez, P.C. "*A Multi-Sensor Approach for Oil Spill and Sea Surface Monitoring in Southeastern*". **Anais**, 8th International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments. Halifax, Nova Scotia - Canadá, maio de 2005b.

Biegert, E.K.; Berry, J.L. Mapping sea surface slicks from space. **Backscatter Magazine**, August, 1999.

Brekke, C.; Solberg A. H. S. Oil Spill by Satellite Remote Sensing. **Remote Sensing of Environment**, V95, p 1-13, 2005.

European Space Agency. **MERIS Product Handbook** – ESA, Abril, 2006. Disponível em: <<http://envisat.esa.int/handbooks/>>. Acesso em: nov. 2006.

European Space Agency. **AATSR Product Handbook** – ESA, Março, 2006. Disponível em: <<http://envisat.esa.int/handbooks/>>. Acesso em: nov. 2006.

European Space Agency. **Asar Product Handbook** – ESA, Março, 2006. Disponível em: <<http://envisat.esa.int/handbooks/>>. Acesso em: nov. 2006.

Gade, M., Scholz, J., & von Viebahn, C. (2000). On the detectability of marine oil pollution in European marginal waters by means of ERS SAR imagery. **Proc. IGARSS 2000**, vol. 6 (pp. 2510– 2512).

Keramitsoglou, I.; Cartalis C.; Kiranoudis, C. T. Automatic Identification of Oil Spills on Satellite Images. **Environmental Modelling & Software**, V21, p 640-652, 2006.

Lima, J.A.M. and Scofanno, A.M., New Oceanographic Challenges in The Brazilian Deepwater Oil Fields, in: **Offshore Technology Conference** – OTC, Huston, Texas, May, 3-6, 1999.

Stech, J.L.; Lorenzetti, J.A.; de Souza, J.M.C.; Araujo, C.E.S. A mesoscale Brazil Current eddy observed through AVHRR images and current meter moorings. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**. Vol. XXXI, Part B7. Vienna, p. 650-653, 1996.