

DETECÇÃO DE EMBARCAÇÕES NO OCEANO UTILIZANDO IMAGENS RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA - SAR

Luis Gustavo Ronsani Vito ^{1,2}

¹ Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Pça. Marechal Eduardo Gomes, nº 50 - CEP: 12.228-970 - São José dos Campos, SP e luisvito@ita.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Avenida dos Astronautas, 1.758 – CEP: 12227-010 - São José dos Campos, SP e gustavoaru@hotmail.com

RESUMO

Os satélites de imageamento SAR são empregados para vigilância marítima desde que os primeiros equipamentos entraram em órbita e hoje vários sistemas de vigilância marítima que utilizam imagens SAR. Este trabalho aborda sobre a detecção de objetos no oceano com ênfase na detecção automática de embarcações com uso do Software SNAP (Sentinel Application Platform) da Agência Espacial Europeia em imagem de Radar de Abertura Sintética (*Synthetic Aperture Radar*, SAR) do Sentinel - 1A. O resultado da detecção alcançou 81,3% de acerto com uso da polarização VH, contra 75,8% na polarização VV. Esse estudo mostra ser útil para a detecção de embarcações, e potencial para utilização futuras dos resultados, de forma oportuna e econômica, por se tratar de uma ferramenta gratuita que fornece uma eficácia aceitável quando se trata de alvos localizados a uma distância da costa, podendo auxiliar muito nas detecções automáticas desses tipos de alvos.

Palavras-chave — detecção, SAR, oceano, navio, algoritmo.

ABSTRACT

SAR imaging satellites have been used for maritime surveillance since the first equipment entered orbit and today several maritime surveillance systems use SAR images. This work deals with the detection of objects in the ocean with emphasis on the automatic detection of vessels using the SNAP Software (Sentinel Application Platform) of the European Space Agency in a Synthetic Aperture Radar (SAR) image from Sentinel - 1A. The detection result reached 81.3% accuracy using the VH polarization, against 75.8% using the VV polarization. This study proves to be useful for the detection of vessels, and potential for future use of the results, in a timely and economical way, since it is a free tool that provides an acceptable effectiveness when it comes to targets located at a distance from the coast, and may help a lot in the automatic detections of these types of targets.

Key words — detection, SAR, ocean, ship, algorithm.

1. INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto por radar de abertura sintética (SAR) tornou-se um dos métodos importantes para monitoramento marítimo devido à sua vantagem na independência da luminosidade (dia e noite) e até mesmo com presença de nuvens. A detecção de navios em imagens SAR tem amplas perspectivas tanto no campo militar quanto no civil [1, 2].

Atualmente, muitas tecnologias de imagem SAR aerotransportadas e espaciais têm sido empregadas internacionalmente, resultando em um aumento de qualidade e dados de cenário em grande escala disponíveis [3, 4].

Quando trata-se de detecção utilizando as imagens SAR, diversos métodos foram criados até os dias de hoje, passando pelos métodos totalmente supervisionados e com interação essencial do analista, para validação dos alvos classificados e assim determinar a acurácia e eficácia do método, passando pelos métodos semiautônomos, onde o analista possui papel importante no treinamento do algoritmo, possibilitando o próprio sistema conseguir classificar, chegando aos métodos mais recentes e evoluídos, dos algoritmos totalmente autônomos, capazes de detectar e classificar os alvos praticamente autônomos, mas para isto dependem de um custo computacional alto com uma rede muito bem treinada, o que é motivo de muitas pesquisas recentes.

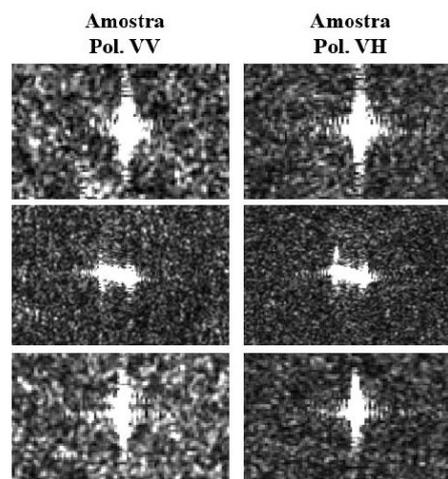


Figura 1. Amostras de imagens SAR com embarcações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta proposta segue a metodologia apontada na Figura 2, utilizando uma cena do Sentinel 1A da região do porto de Santos-SP, entre os dias 14 e 15 de agosto de 2022.

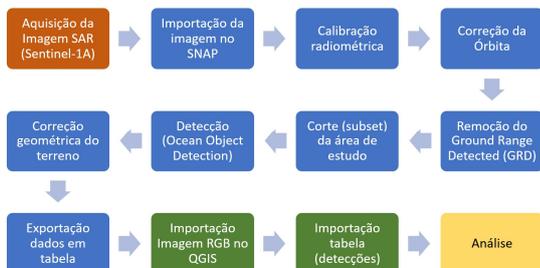


Figura 2. Metodologia do estudo.

Para a realização dos processamentos e correções das imagens, foi utilizado o software livre SNAP e para análise dos resultados o software livre QGIS.

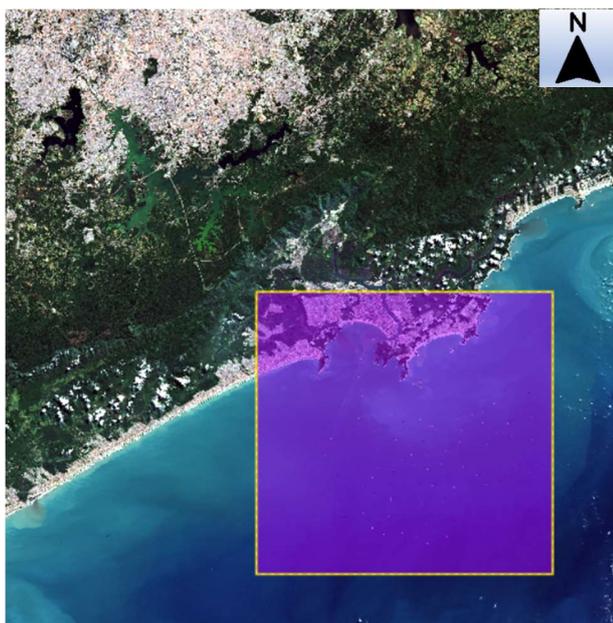


Figura 3. Área de Estudo (Sentinel-2A).

A imagem SAR escolhida neste estudo foi a Sentinel – 1A com o modo de feixe de Wide Interferométrico e polarização VH e VV. Depois de adquirida a imagem no site da ESA, passaram por seis etapas de pré-processamento, apontados na Figura 2:

- i) Calibração radiométrica sigma para gerar valores NRCS (*Normalized Radar Cross Section*);
- ii) Correção da Órbita;
- iii) Remoção do *Ground Range Detected* (GRD);

- iv) Corte (*subset*) da área de interesse;
- v) Realização da detecção de objetos e embarcações no oceano;
- vi) Correção geométrica do terreno.

O software SNAP fornece uma ferramenta que usa o algoritmo de utilização do CFAR (Constant False Alarm Rate) para detectar objetos oceânicos e permite o mapeamento rápido de detecção de navios [5].

Após realizado as etapas de pré-processamentos, os pontos dos alvos detectados pela ferramenta do SNAP, foram exportados em tabela no formato .csv e carregados no software QGIS sobre a imagem óptica do Sentinel-2A de composição RGB, com data seguinte a imagem SAR, possibilitando as devidas comparações e determinações dos falsos positivos.

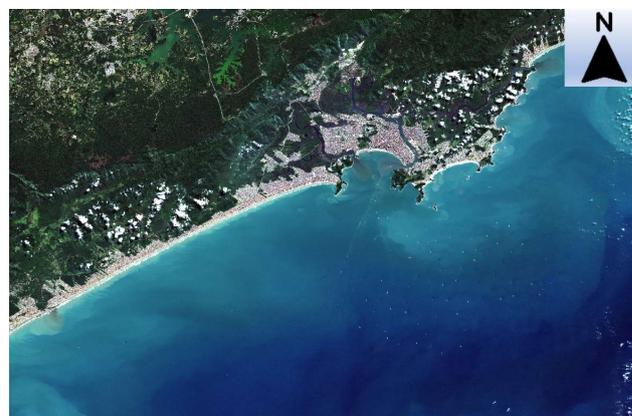


Figura 4 – Composição colorida (Sentinel-2A)

3. RESULTADOS

Devido a diferença temporal da captura da imagem radar e óptica de aproximadamente 24 horas, ocorreram deslocamentos espaciais pontuais em alguns alvos. Outro problema ocorrido foi a geração de alvos detectados na imagem radar que não estão mais presentes na imagem óptica e vice-versa.

Para efeitos de validação nesta pesquisa, aceitou-se como verdade os objetos detectados no oceano (áreas distantes da costa), pois nestas condições o algoritmo possui uma eficácia maior, praticamente sem erros, e foram considerados falsos-positivos as áreas que não existem a possibilidade de terem ocorridos a presença de embarcações (áreas costeiras com distâncias menores que 20 metros), e áreas com incidência de falsos-positivos pela existências de ilhas, ilhotas e boias de sinalização náutica e similares.



Figura 5. Imagem colorida com pontos detectados na imagem SAR.

A figura acima consiste na imagem óptica da área de estudo com os alvos detectados sobrepostos a imagem.

A ferramenta conseguiu detectar corretamente alvos do tipo embarcações, principalmente as localizadas ancoradas em frente a cidade de Santos, e embarcações em trânsito de entrada e saída do porto.

Algumas embarcações atracadas não foram identificadas, por estarem muito próximas ao terreno, e outras, devido ao tamanho e geometria foram detectadas corretamente.

Neste estudo, o algoritmo de detecção automática de objetos do software SNAP, detectou o total de 193 objetos na polarização VH. Destes, 157 (81,3%) são do tipo embarcações e foram corretamente detectados. Os demais objetos detectados, 36 objetos (18,7%) são falsos positivos do tipo “ondas na beira do mar”, que gerou ruídos que acarretaram a uma detecção errônea, e objetos são do tipo “ilhas, ilhotas, pequenas pedras e boias”. Na polarização VV, detectou 178 objetos, sendo 134 (75,8%) de acertos e 44 (24,2%) de falsos positivos.

4. DISCUSSÃO

O estudo realizado com a ferramenta de detecção automática de objetos do SNAP, apresentou boa eficácia em áreas longe da costa, degradando a medida que aproxima do continente, ocasionado pelo número de interferências, causando confusão ao algoritmo, mas, contudo, mostrou-se uma ferramenta de processamento rápido, com custo computacional baixo.

Certas manipulações nas imagens SAR e no algoritmo, realizados previamente, como exemplo, criando uma camada do tipo offset da costa e limitação de tamanho de alvos (mínimo), pode trazer resultados melhores. Para pequenas embarcações ainda há estudos e aprimoramentos a serem realizados, devido a confusão gerado pelo algoritmo com outros objetos no oceano (boias de sinalização náutica) e também de pequenas ondulações causadas pelas condições do vento no momento da aquisição da imagem.

5. CONCLUSÕES

Dados os recentes avanços e resultados produzidos pelos algoritmos de reconhecimento de imagem e detecção de objetos de aprendizado profundo, é o caminho inevitável para o futuro do monitoramento oceânico por satélite. Os recursos e possibilidades na detecção de objetos de aprendizado profundo estão aumentando rapidamente. Hoje, há uma quantidade significativa de estruturas de aprendizado profundo para escolher, algumas destacando-se mais, como a *Faster R-CNN*, *SSD*, *YOLO* e *Resnet*. A maioria deles está sendo utilizada na detecção de objetos de imagem, localizando um grande número de objetos em fotos cotidianas. Vários algoritmos estão sendo utilizados para detecção de objetos em dados aéreos, imagens de satélite óticas e SAR, em um grau crescente, obtendo bons resultados.

Mesmo com o avanço das técnicas e algoritmos de detecção de embarcações, muitas dessas utilizam imagens óticas, ou seja, dependentes das condições climáticas, nuvens, e luminosidade natural (sol). O emprego de imagens SAR nos algoritmos ainda está em evolução constante, e a ferramenta constante no Software SNAP, mesmo não sendo uma técnica de aprendizado profundo, teve um desempenho bom comparado ao custo operacional com as redes mais avançadas, assim, torna-se uma ferramenta de fácil acesso, que poderá ser melhor estudada e empregada, dependendo da finalidade do monitoramento marítimo.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Moreira, A.; Prats-Iraola, P.; Younis, M.; Krieger, G.; Hajnsek, I.; Papathanassiou, K.P. A tutorial on synthetic aperture radar. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 2013, 1, 6–43.
- [2] Reigber, A.; Scheiber, R.; Jager, M.; Prats-Iraola, P.; Hajnsek, I.; Jagdhuber, T.; Papathanassiou, K.P.; Nannini, M.; Aguilera, E.; Baumgartner, S.; et al. Very-high-resolution airborne synthetic aperture radar imaging: Signal processing and applications. *Proc. IEEE* 2013, 101, 759–783.
- [3] X. Yang *et al.*, “Automatic ship detection in remote sensing images from Google Earth of complex scenes based on multiscale rotation dense feature pyramid networks,” *Remote Sens.*, vol. 10, no. 1, p. 132, Jan. 2018.
- [4] C. Benedek, X. Descombes, and J. Zerubia. Building development monitoring in multitemporal remotely sensed image pairs with stochastic birth-death dynamics. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 34, no. 1, pp. 33–50, Jan. 2011.
- [5] Bioresita, F., Pribadi, C. B., & Firdaus, H. S. (2018, October). Ship detection in Madura Strait and Lamong Gulf using Sentinel-1 SAR data. In *Proceeding of the 3rd International Conference on Science and Technology* (pp. 13-23).