

Dados do Projeto de Pesquisa	
<b>Título do Projeto de Pesquisa:</b>	Estatística direcional na análise e estimação de campos de vento oceânicos em imagens de radar de abertura sintética
<b>Grande área/área segundo o CNPq (<a href="https://goo.gl/JB3tAs">https://goo.gl/JB3tAs</a>):</b>	Matemática/Probabilidade e Estatística
<b>Grupo de Pesquisa vinculado ao projeto:</b>	Grupo de Pesquisa em Processamento Estatístico de Imagens e Sinais
<b>Linha de pesquisa do grupo de pesquisa vinculado ao projeto:</b>	Processamento estatístico de imagens SAR
<b>Categoria do projeto:</b>	( ) projeto em andamento, já cadastrado na PRPI ( ) projeto não iniciado, mas aprovado previamente (X) projeto novo, ainda não avaliado
<b>Palavras-chave:</b>	Imagens SAR; extração de atributos; direção de vento; Estatística direcional

## 1 Introdução

Nos últimos anos o uso dos sistemas de radar de abertura sintética (SAR, do inglês *Synthetic Aperture Radar*) tem se intensificado e muitas aplicações, de interesse das comunidades científica e civil, têm surgido. Como exemplos temos, segmentação e identificação de manchas de óleo no mar [1, 2, 3, 4], mapeamento da extensão de desastres naturais como inundações [5], mapeamento de rios subterrâneos em áreas áridas [6], mapeamento de águas da superfície terrestre [7], dentre outras.

Os sistemas SAR são embarcados em satélites ou aerotransportados e seu princípio de geração de imagens tem como base o uso de ondas eletromagnéticas na faixa de microondas e, por isto, possuem algumas vantagens com relação aos sistemas óticos, como a independência à luz solar e a fatores climáticos [8]. Portanto, não necessitam de fontes externas de iluminação, o que permite sua operação vinte e quatro horas por dia. Desse modo, o sistema SAR se mostra útil e confiável no monitoramento de processos dinâmicos na superfície da Terra de forma contínua e global [9].

Essa característica dos sistemas SAR é ideal para o monitoramento e vigilância dos oceanos. Este projeto irá avançar o conhecimento fazendo a junção de duas frentes que, até o momento, tem sido pouco exploradas de forma sinérgica: Estatística direcional [10] e a análise de imagens de radar de abertura sintética. A motivação científica principal desse projeto é entender as contribuições de algumas ferramentas da Estatística direcional como instrumento eficiente para analisar e estimar campos de vento oceânicos em imagens de radar de abertura sintética.

Os algoritmos que serão desenvolvidos com essa finalidade serão guiados por atributos extraídos a partir das imagens, tais como textura. Portanto, também será investigado o uso de diferentes atributos nos algoritmos de análise e estimação de campos de vento.

Vale ressaltar que o processamento de imagens SAR já vem sendo tema de estudo do proponente, inclusive com trabalhos publicados na área [1, 4, 11]. Portanto, a execução do projeto é fundamental para dar continuidade as pesquisas do proponente com processamento de imagens SAR.

## 2 Objetivos

Além de contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, o objetivo geral desse projeto é propor uma metodologia estocástica usando ferramentas de Estatística direcional para analisar e estimar campos de vento, em regiões de costa e alto mar, em imagens de radar de abertura sintética. Dentre os objetivos específicos deste projeto, destacam-se:

- Implementação de métodos de extração de campos de vento mais utilizados na literatura, com o objetivo de comparar com a metodologia proposta.
- Gerar informação de textura para auxiliar na identificação de raias *streaks* de vento.
- Investigar outros atributos que auxiliem na identificação de *streaks* de vento. Por exemplo, entropia.
- Utilizar as ferramentas de Estatística direcional na análise e estimação de campos de vento.
- Disponibilizar os códigos dos algoritmos propostos, possibilitando a *Reproducible Research*.

## 3 Metodologia

A grande dificuldade em trabalhar com imagens SAR é a presença de um ruído com padrão granular denominado *speckle*. Por conta do ruído, as imagens SAR apresentam baixo contrastes, e esse fato impõe um maior desafio aos métodos de processamento.

O *speckle* tem natureza estocástica, portanto a representação de dados SAR será feita usando distribuições de probabilidades. Dentre os modelos conhecidos na literatura, merecem destaque as distribuições  $G_I^0$  e  $G_A^0$  propostas por Frery *et al.* [12], que descrevem imagens SAR em intensidade e amplitude, respectivamente.

Os parâmetros dessas distribuições (rugosidade, escala e número de *looks*), serão investigados, do ponto de vista da estatística direcional, como informações para auxiliar na construção de métodos para estimar campos de ventos oceânicos. Funções dos parâmetros de rugosidade, escala e número de *looks* também serão investigados, tais como entropias.

A grande vantagem em utilizar essas distribuições na representação de dados SAR é a flexibilidade das mesmas descreverem regiões homogêneas, heterogêneas e extremamente heterogêneas de imagens SAR [12]. Essa vantagem não é encontrada em algumas distribuições propostas para modelar dados SAR, tais como as distribuições  $K$  e Weibull [13].

Para estimar os parâmetros das distribuições  $G_I^0$  e  $G_A^0$ , serão investigados os dois métodos mais difundidos, que são o método de máxima verossimilhança (MV) e método dos momentos (MM) [14]. Outro método que será utilizado na estimação de parâmetros é o método conhecido como log-cumulantes, proposto por Nicolas [15].

O método de log-cumulantes é uma alternativa interessante aos métodos MM e MV pois gera estimadores fortemente consistentes, inclusive em situações em que o MM falha, e comumente envolve operações algébricas mais simples do que o MV. Além disso, o MLC é computacionalmente mais rápido que o MV e torna-se especialmente útil quando a abordagem do método MV revela-se inviável [16].

Inspirado no trabalho desenvolvido por Mejail *et al.* [17], a estimação de parâmetros será feita pixel a pixel. Esse procedimento levará a mapas de parâmetros estimados que, por sua vez, serão empregados como entradas para métodos de estimação de campos de ventos em imagens SAR. Esses experimentos serão conduzidos a partir das diferentes estimativas oriundas dos três métodos de estimação que serão abordados nesse projeto (MM, MV, MLC).

Os experimentos acima serão realizados em imagens SAR sintéticas e reais de oceano. As imagens SAR sintéticas serão construídas a partir da metodologia de geração de imagens proposta em [18]. Nesse trabalho os autores geraram imagens com ondas. A direção de ondas foi feita usando o modelo proposto por Craik *et al.* [19].

As imagens com ondas serão transformadas em imagens SAR através da contaminação das mesmas com ruído *speckle*. O procedimento de contaminação será realizado pixel a pixel, por meio da geração de variáveis aleatórias descritas pelas distribuições  $G_I^0$  e  $G_A^0$ , gerando assim imagens SAR oceânicas em intensidade e amplitude.

#### 4 Principais contribuições científicas, tecnológicas ou de inovação do projeto

A execução desse projeto é importante pois contribuirá para o avanço das pesquisas em processamento de imagens SAR. O desenvolvimento desse projeto também permitirá aos bolsistas envolvidos uma aproximação maior com a ciência, ajudando-os na formação acadêmica. Por meio da execução deste projeto pretende-se que os resultados obtidos favoreçam:

- A formação e capacitação de recursos humanos a nível de graduação (iniciação científica).
- O estabelecimento de uma metodologia estocástica que auxilie na análise e estimação de campos de ventos em imagens SAR.
- A disponibilização de técnicas de análise e estimação de campos de ventos em imagens SAR que possam ser implementadas em plataformas gratuitas, colaborando com a disseminação da cultura de códigos abertos.
- Em trabalhos futuros, a generalização da proposta para imagens SAR polarimétricas.
- A escrita de artigo científico a ser submetido em revista indexada no Qualis da CAPES.

## 5 Cronograma de execução do projeto

As atividades desse projeto serão desenvolvidas em um período de 24 meses. O acompanhamento das atividades dos bolsistas será por meio de encontros presenciais que serão agendados no decorrer da execução do projeto.

CRONOGRAMA DO PRIMEIRO ANO	
MÊS	ATIVIDADE
1, 2	Levantamento bibliográfico sobre tema da pesquisa.
2, 3	Disponibilização de material que possa, porventura, ser utilizado como apoio ao desenvolvimento das atividades dos bolsistas.
2, 3	Acompanhamento dos bolsistas: estudos sobre modelagem estatística de dados SAR.
4, 5	Orientações e auxílio na montagem de uma base de imagens SAR reais e simuladas cujas características atendam aos interesses do projeto.
6, 7	Acompanhamentos dos estudos sobre os métodos de estimação de parâmetros de distribuições de probabilidades, tais como método dos momentos, máxima verossimilhança e log-cumulantes.
8	Discussões com os bolsistas sobre a implementação computacional dos métodos de estimação de parâmetros.
9, 10	Acompanhamento dos estudos sobre as técnicas de estatística direcional. Discussões iniciais sobre a implementação computacional dessas técnicas.
11, 12	Acompanhamento dos estudos sobre as técnicas de estatística direcional. Discussões iniciais sobre a implementação computacional dessas técnicas.
CRONOGRAMA DO SEGUNDO ANO	
MÊS	ATIVIDADE
1, 2	Discutir com a equipe o uso das informações de rugosidade, escala e número de <i>looks</i> como informações de avaliação de campos de vento. Testes iniciais com imagens simuladas.
3, 4	Discutir com a equipe o uso das informações de entropias como informações de avaliação de campos de vento. Testes iniciais com imagens simuladas.
5, 6	Testes iniciais com imagens reais.
6, 7, 8	Avaliação dos resultados obtidos. Discussões iniciais sobre os resultados dos métodos para avaliar direção de ondas em imagens SAR que considerem as informações de rugosidade, escala, número de <i>looks</i> e entropias.
9, 10	Discussões sobre os resultados dos métodos para avaliar direção de ondas em imagens SAR que considerem as informações de rugosidade, escala, número de <i>looks</i> e entropias. Avaliação dos resultados obtidos, comparando com métodos mais citados na literatura.
11, 12	Orientações e auxílio aos bolsistas na escrita de artigo científico.

## Referências

- [1] MARQUES, A. M. B. R. C. P.; RODRIGUES, F. A. A.; MEDEIROS, F. N. S. A median regularized level set for hierarchical segmentation of SAR images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 14, n. 7, p. 1171–1175, 2017.
- [2] HUANG, B.; LI, H.; HUANG, X. A level set method for oil slick segmentation in SAR images. *International Journal of Remote Sensing*, v. 26, n. 6, p. 1145–1156, Mar 2005.
- [3] MARQUES, R. C. P.; MEDEIROS, F. N.; NOBRE, J. S. SAR image segmentation based on level set approach and  $G_A^0$  model. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v. 34, n. 10, p. 2046–2057, Oct 2012.
- [4] RODRIGUES, F. A. A. et al. SAR image segmentation using the roughness information. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, v. 13, n. 2, p. 146–160, Feb. 2016.
- [5] LONG, S.; FATOYINBO, T. E.; POLICELLI, F. Flood extent mapping for namibia using change detection and thresholding with SAR. *Environmental Research Lett.*, v. 9, p. 1–9, Mar. 2014.
- [6] SKONIECZNY, C. et al. African humid periods triggered the reactivation of a large river system in western sahara. *Nature communications*, p. 1–6, Nov. 2015.
- [7] XU, C.; SUI, H.; XU, F. Land surface water mapping using multi-scale level sets and a visual saliency model from SAR images. *International Journal of Geo-Information*, v. 58, p. 1–19, May. 2016.
- [8] HORTA, M. M. *Modelos de mistura de distribuições na segmentação de imagens SAR polarimétricas multi-look*. Tese (Doutorado) — Instituto de Física de São Carlos, São Carlos, São Carlos, 6 2009.
- [9] MOREIRA, A. et al. A tutorial on synthetic aperture radar. *IEEE Geoscience and remote sensing magazine*, p. 6–43, Mar. 2013.
- [10] MARDIA K. V.. JUPP, P. E. *Directional Statistics*. [S.l.]: Wiley, 2000.
- [11] NOBRE, R. H. et al. Sar image segmentation with rényi’s entropy. *IEEE Signal Processing Letters*, v. 23, p. 1551–1555, 2016.
- [12] FRERY, A. C. et al. A model for extremely heterogeneous clutter. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, v. 35, n. 3, p. 648–659, 1997.
- [13] GAO, G.; QIN, X.; ZHOU, S. Modeling SAR images based on a generalized gamma distribution for texture component. *Progress in Electromagnetics Research*, v. 137, p. 669–685, 2013.
- [14] LEHMANN, E. L. *Elements of large-sample theory*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 1999.
- [15] NICOLAS, J.-M. Introduction aux statistiques de deuxième espèce: Application des logs-moments et des logs-cumulants à l’analyse des lois d’images radar. *Traitement du Signal*, v. 19, n. 3, p. 139–167, 2002. In French.

- [16] KRYLOV, V. et al. On the method of logarithmic cumulants for parametric probability density function estimation. *IEEE Trans. on Image Processing*, v. 22, n. 10, p. 3791–3806, Oct 2013.
- [17] MEJAIL, M. E.; JACOBO-BERLLES, J. C.; FRERY, A. C. Classification of SAR images using a general and tractable multiplicative model. *International Journal of Remote Sensing*, v. 24, n. 18, p. 3565–3582, 2003.
- [18] LEITE, G. C. *Análise de campos de ventos oceânicos em imagens SAR*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 9 2011.
- [19] CRAIK, A.; GABRIEL, D. G. Stokes on water wave theory. *Annual Review of fluid mechanics*, v. 37, n. 1, p. 23–42, 2005.