



# SISTEMA DE MEDIÇÃO EXPEDITA DE ONDAS – ESTUDO DE CASO: EVENTO DE RESSACA MARÍTIMA, PRAIA DE COPACABANA

*Autores: Felipe Galdino<sup>1</sup>  
1ºTen (T) Felipe Serrano Léllis<sup>2</sup>  
CT (T) Tobias Ramalho dos Santos Ferreira<sup>3</sup>  
Luiz Alexandre A. Guerra<sup>4</sup>  
André Lima Torres Mendes<sup>5</sup>*

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade técnico-operacional do uso de um ondógrafo compacto e de baixo custo, com medição baseada em GPS, como um “Sistema de Medição Expedita de Ondas”, utilizando-se uma boia SOFAR *Spotter* V2. Para isso, realizou-se um estudo de caso em um evento de ressaca na costa do Rio de Janeiro, Praia de Copacabana, ocorrido em fevereiro de 2021, associado a um ciclone extratropical. Os dados de ondas corroboraram o Aviso de Ressaca emitido pela Marinha do Brasil, tendo sido registradas ondas maiores que 2,25 metros de altura. Os dados de onda

da *Spotter* foram validados tomando-se por referência as medições realizadas por uma boia do Projeto SiMCosta, equipada com um sensor inercial para medição da agitação marítima. Este estudo possibilitou validar um novo equipamento compacto, cujas aplicações servem tanto para a Segurança da Navegação e Salvaguarda da Vida Humana no Mar, como para Operações Navais, especialmente durante desembarques anfíbios.

## Palavras-chave:

Boia Meteoceanográfica; Oceanografia Operacional; Ressaca; Praia de Copacabana, Rio de Janeiro; *Spotter Buoy*.

<sup>1</sup> Oceanógrafo. Graduado em Oceanografia pela FURG. Analista de Dados do projeto REMO Observacional – CHM.

<sup>2</sup> Oceanógrafo. Graduado em Oceanografia pela UFES. Mestre em Oceanografia Ambiental pela UFES. Ajudante da Seção de Planejamento e Coleta de Dados Oceanográficos do CHM.

<sup>3</sup> Oceanógrafo. Graduado em Oceanografia pela UERJ. Mestre em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ. Encarregado da Seção de Planejamento e Coleta de Dados Oceanográficos do CHM.

<sup>4</sup> Oceanógrafo. Graduado em Oceanografia pela UERJ. Mestre em Geociências pela UFF. Doutor em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ. Oceanógrafo Sênior da PETROBRAS/CENPES.

<sup>5</sup> Oceanógrafo. Graduado em Oceanografia pela UERJ. Mestre em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ. Doutor em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ. Oceanógrafo Sênior da PETROBRAS/CENPES.



## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the SOFAR Spotter buoy V2 – a compact, and low cost GPS wave buoy – as an "Expeditious Wave Measurement System". This case study was carried out during a storm surge event that took place on the Coast of Rio de Janeiro, off Copacabana Beach, in February 2021. The storm surge was associated with an extratropical cyclone, which generated strong waves along Southeastern Brazilian Coast. The resulting wave data validated the Storm Surge Weather Warning issued by the Brazilian Navy Forecast Service, with wave heights above 2.25 meters. The Spotter buoy wave data were also satisfactorily compared to a reference buoy from the SiMCosta program, which uses a traditional inertial wave sensor. With this study, a new data collection approach has been validated for Navigation Safety and the Safeguarding of Human Life at Sea applications, as well as for Naval Operations, especially during amphibious landings.

## Keywords:

Meteocean Buoys; Operational Oceanography; Storm Surges; Copacabana Beach, Rio de Janeiro, Brazil; Spotter Buoy.

## 1. INTRODUÇÃO

As ondas de gravidade são a principal fonte de energia para regiões costeiras (Romeu *et al.*, 2015). O fenômeno "ressaca" refere-se a condições de ondas altas incidentes na costa, sem necessariamente ter relação com mau tempo local ou variações do nível do mar, seja astronômica ou não-astronômica (Melo *et al.*, 2016). Esse fenômeno potencializa processos de erosão na costa (Oliveira *et al.*, 2019), afetando obras de engenharia e manejo da região costeira (Romeu *et al.*, 2015), podendo causar

prejuízos sociais e econômicos (Araujo *et al.*, 2018). O conhecimento do clima de ondas em uma região costeira é essencial para o sucesso do uso e ocupação humana no local.

As ressacas são o fenômeno natural com maior histórico de geração de danos na região costeira das regiões Sul e Sudeste do Brasil, tendo uma periodicidade maior desde o outono até o início da primavera (Lins-de-Barros *et al.*, 2018). Para o Brasil, há uma extensa literatura mostrando os efeitos das ressacas na costa: Rio Grande do Sul (Oliveira *et al.*, 2019; Bach & Ferreira, 2017), Alagoas (Morais *et al.*, 2008), Ceará (Paula, 2012), Santa Catarina (Araujo *et al.*, 2018), Rio de Janeiro (Lins-de-Barros *et al.*, 2018) e São Paulo (Rodriguez *et al.*, 2016).

No Brasil, os eventos de ressaca são formados normalmente por ciclones extratropicais e subtropicais, bem como por sistemas frontais, vindos do Sul (Saraiva *et al.*, 2003; Machado *et al.*, 2019). Ao longo de sua trajetória, o desenvolvimento do ciclone é comumente acompanhado de uma intensificação do vento de quadrante sul na borda oeste desses sistemas (Gramcianinov *et al.*, 2019). Quando essas ondas formadas por esses ciclones atingem a região costeira, elas são modificadas pelos fenômenos de propagação em águas rasas e acabam gerando condições necessárias para a ocorrência da ressaca (Candella & Souza, 2013).

Há reconhecida carência de ações permanentes para a coleta de dados no mar na costa brasileira (Souza & Parente, 1988; Candella, 2019). Durante muitos anos, negligenciou-se no país a coleta operacional de dados *in situ* de ondas, focando somente em coletas pontuais relacionadas a pesquisas científicas ou atividades de exploração de petróleo. Somente após o primeiro furacão que atingiu a costa brasileira (o "Catarina", em 2004), a comunidade marítima do país percebeu a importância de ter-se um programa permanente e operacional de



coleta de dados meteoceanográficos (Costa Junior *et al.*, 2018).

Desta maneira, diante da extensa área marítima sob a responsabilidade de nosso país, a Marinha do Brasil, no esforço de tornar permanente a presença brasileira em uma rede internacional de coleta de dados meteoceanográficos, atuou para a criação de uma rede de boias: o Programa Nacional de Boias (PNBOIA) (Costa Junior *et al.*, 2018). As boias do PNBOIA operam de forma praticamente ininterrupta desde o ano 2000, apoiando os serviços de previsão meteorológica e a comunidade científica (Candella & Souza, 2013; Candella, 2016; Candella, 2019; Pereira *et al.*, 2017; Bach & Ferreira, 2017).

A área definida pela METAREA V, que se estende aproximadamente do litoral brasileiro até o meio do Atlântico, em decorrência da Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS) e de compromissos assumidos pelo Brasil, é coberta por previsões meteorológicas e avisos de mau tempo emitidos regularmente pelo Serviço Meteorológico Marinho (SMM). Os Avisos de Ressaca, de acordo com a NORMAN-19 (DHN, 2018), são emitidos pelo SMM quando há previsão de ocorrência de ondas com altura significativa ( $H_s$ ) de 2,5 metros ou superior atingindo a costa. Em virtude da carência de medições de ondas em longos trechos da costa, muitos avisos de ressaca não podem ser validados com dados coletados *in situ*, não havendo uma confirmação quantitativa dos prognósticos.

Além da Salvaguarda da Vida Humana no Mar e da Segurança da Navegação, a obtenção de dados de ondas em tempo real auxilia diretamente no planejamento e execução de operações militares (Holland *et al.*, 2004). Bachmann *et al.* (2008) revisaram a literatura relativa aos fenômenos ambientais que impactam o desembarque anfíbio e, após examinarem mais de 85 trabalhos

publicados, chegaram à conclusão de que a variável ambiental mais importante são as ondas de gravidade.

Em relação à medição de ondas, a literatura mostra que é possível realizar medições com sistemas menores e menos custosos (Soreide *et al.*, 2001). O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade técnico-operacional de uma mini-boia ondógrafo como um “Sistema de Medição Expedita de Ondas”. Para tanto, realizou-se um estudo de caso por ocasião de um evento previsto de ressaca marítima na orla da Praia de Copacabana (Rio de Janeiro), ocorrido em fevereiro de 2021. Os dados foram analisados em comparação com medições realizadas por uma boia meteoceanográfica de referência.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Evento a ser estudado

De modo a avaliar a mini-boia ondógrafo Spotter V2, foi selecionado um evento de ressaca previsto pelo SMM para a costa do Rio de Janeiro. A partir do dia 02 de fevereiro de 2021, foi prevista a ocorrência de um ciclone com capacidade para gerar ondas altas na costa desde o Rio Grande do Sul até o Rio de Janeiro.

A Figura 1 apresenta as cartas sinóticas do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) para os dias 05, 06 e 07 de fevereiro de 2021, mostrando a presença do referido sistema atmosférico. Esse sistema apresentou uma evolução rápida, com um núcleo quente até o nível de 300 hPa, bem característico de um furacão (Wang & Jiang, 2019).

De fato, no final de semana de 06 e 07 de fevereiro, ocorreu um evento de ressaca marítima no litoral S/SE do país, em virtude da ação desse ciclone extratropical formado entre o Uruguai e o Rio Grande do Sul no dia 04 de fevereiro. Este evento de ressaca



foi notificado anteriormente pelo SMM, por meio do **Aviso NR 071/2021**, emitido às 1600HMG - QUI - 04/FEV/2021: “*Ressaca entre Florianópolis (SC) e Cabo de São Tomé (RJ) a partir de 051200HMG. Ondas de SW/SE 2.5/3.0 m. Válido até 071200HMG*”.

Tendo conhecimento deste aviso de ressaca para a costa do Rio de Janeiro, foi dado início à mobilização para o experimento “Sistema de Medição Expedita de Ondas”, que consistiu em amarrar um ondógrafo *Spotter* à boia meteoceanográfica RJ-3 do

Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira (SiMCosta), a fim de se comparar e validar os dados da *Spotter*. Cabe ressaltar que o sistema de medição da RJ-3 é de tecnologia amplamente utilizada por diversas instituições, inclusive pela agência americana *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (Wilson & Siegel, 2011), e passou por uma série de testes que comprovaram a confiabilidade dos dados medidos (Shih, 2003). Trata-se, também, da mesma tecnologia utilizada atualmente no PNBOIA.

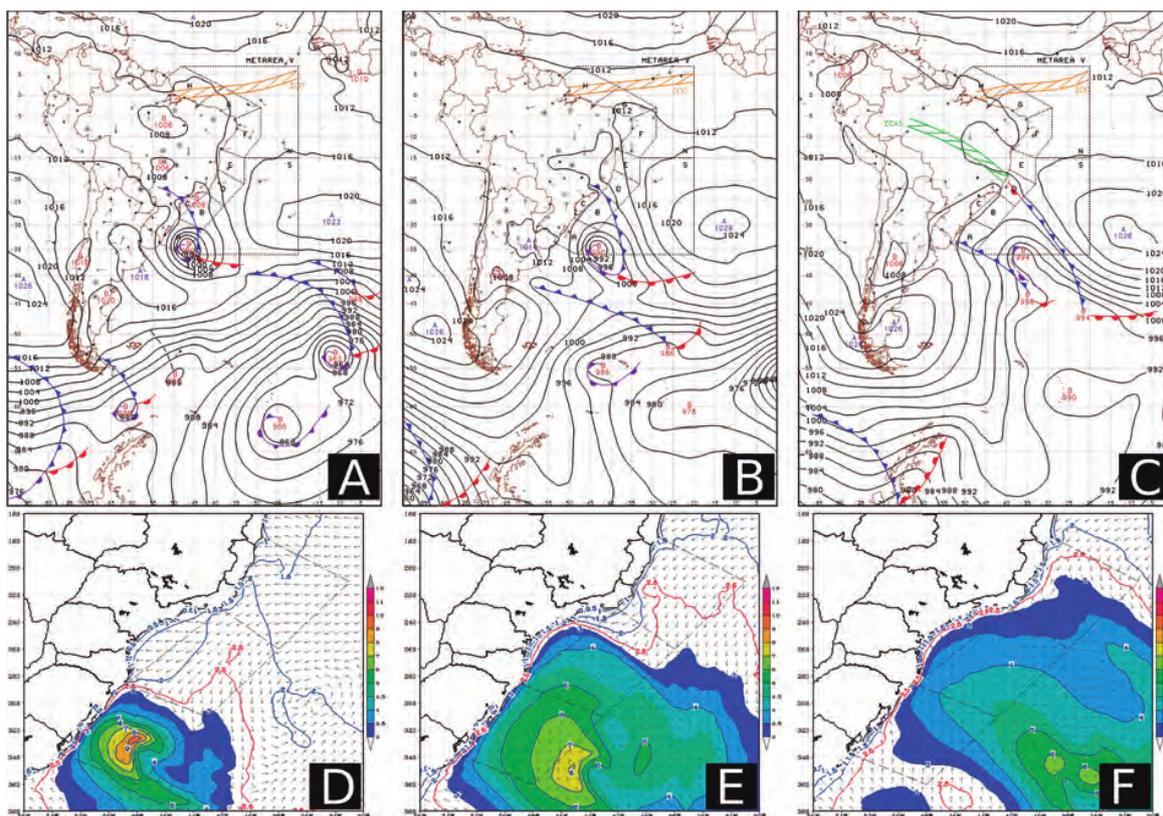


Figura 1— Configuração do evento de Ressaca Marítima durante o período analisado. Painéis A, B e C mostram as Cartas Sinóticas de 00Z dos dias 05, 06 e 07 de fevereiro de 2021, respectivamente (DHN, 2021). Os Painéis D, E e F mostram a saída do modelo numérico de ondas WaveWatch III (WWIII) forçado pelo modelo atmosférico COSMO (Consortium for Small-scale Modelling) de 00Z para os dias 05, 06 e 07 de fevereiro de 2021, respectivamente.

## 2.2 Boia *Spotter*

A boia *Spotter V2* (Figura 2), desenvolvida pela *Sofar Technologies Inc.*, incorpora um receptor de GPS de alta resolução, compacto e de baixo custo, para medição de ondas de período entre 1s e 30s, com acurácia de *heave* de aproximadamente  $\pm 2$  cm, com uma taxa de amostragem de 2,5 Hz. Esse sistema de medição transmite em tempo quase-real os seguintes dados meteorológicos e oceanográficos: direção e velocidade do vento, temperatura da superfície do mar (TSM) e parâmetros de ondas.

Diferentemente de sensores comumente utilizados para a medição de ondas (*i.e.*, acelerômetros, girômetros e

magnetômetros), a boia *Spotter* estima os parâmetros de onda através do processamento dos dados de deslocamento do casco medidos pelo GPS. O emprego de tecnologia de GPS reduz o peso e tamanho do casco, tornando o sistema muito leve e prático, facilitando, assim, o seu transporte e permitindo seu uso tanto como boia de deriva como em fundeio (Smith & Janssen, 2019).

Devido às suas reduzidas dimensões, a *Spotter* não possui sensor para medição direta de ventos. Entretanto, considerando-se que há uma intrínseca relação entre os campos de ondas e de ventos, as medições de ondas são usadas como um *proxy* para a velocidade dos ventos em águas abertas e sem obstáculos (Voermans *et al.*, 2020).



Figura 2 – Vista da boia *Spotter V2* e suas dimensões (Largura: 42 cm; Altura: 31 cm; e Peso: 5,4 kg).



### 2.3 Instalação da boia

A boia *Spotter* foi previamente testada e configurada para a medição e registro de dados a cada 30 minutos e transmissão dos mesmos a cada hora.

Com auxílio de um pequeno bote, a *Spotter* foi amarrada à boia RJ-3 do SiMCosta por meio de uma linha de talingar, que seguiu

todas as características recomendadas pelo fabricante (Sofar, 2019): um trecho de 20 metros de cabo sintético de polietileno que conecta a boia RJ-3 a um flutuador e outro trecho de 20 metros de cabo sintético de polietileno, que conecta o flutuador à *Spotter* (Figura 3).

Seguindo essa estratégia, a boia *Spotter* foi lançada no dia 04 e recolhida em 11 de fevereiro de 2021 (Figura 4).

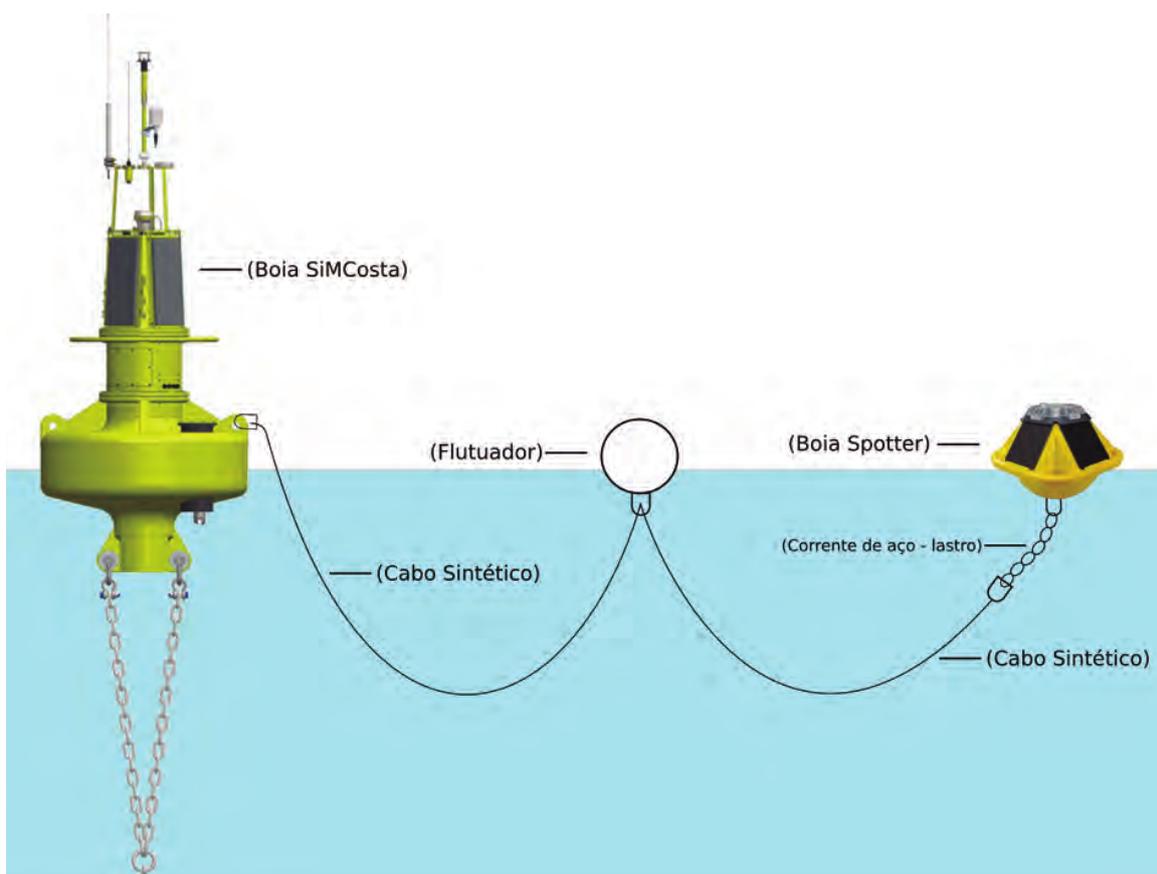


Figura 3 – Esquema da linha de talingar unindo a *Spotter* (SOFAR) à boia *WatchKeeper* (AXYS) RJ-3 do SiMCosta.



Figura 4 – Lançamento da boia Spotter e vista do sistema em operação.

## 2.4 Processamento e transmissão dos dados

Os dados transmitidos pela boia *Spotter* em tempo quase-real foram submetidos a códigos de controle de qualidade, seguindo os procedimentos descritos no PNBOIA (2019). Posteriormente, de modo a permitir a comparação da *Spotter* com a boia RJ-3, cujos dados foram obtidos diretamente no site do projeto (SiMCosta, 2021), foi preciso ajustar a data-hora dos dados para hora cheia. Para o acompanhamento dos dados e da posição da boia *Spotter*

durante a operação, foi criado um sistema *web* (Figura 5) e um sistema de alerta de posição, no qual um alarme era disparado caso a boia ultrapassasse um raio de segurança previamente definido (Figura 6). Todo o desenvolvimento do sistema de processamento, distribuição e visualização desses dados foi feito em linguagem *Python*. A criação do sistema *web* foi realizada por meio da biblioteca *Dash by Plotly*, uma solução *open source* que possibilita a criação de visualização analítica, bem como sua hospedagem na internet.

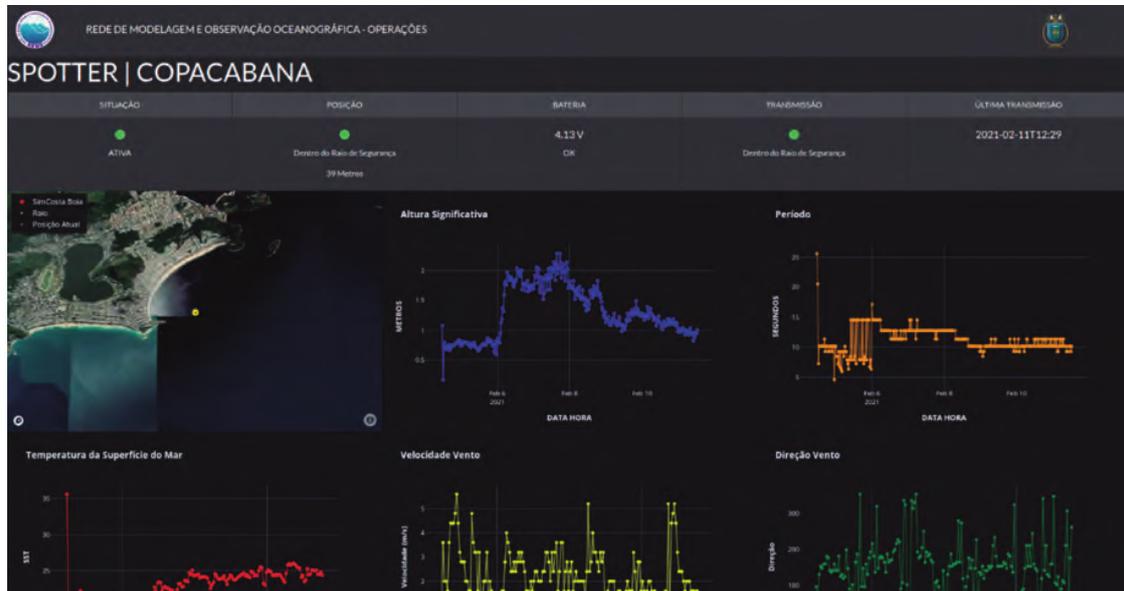


Figura 5 – Imagem do Dashboard criado para o monitoramento em tempo real da operação. Além da visualização dos dados, também foi possível checar as informações sobre sua posição e o horário da última transmissão.

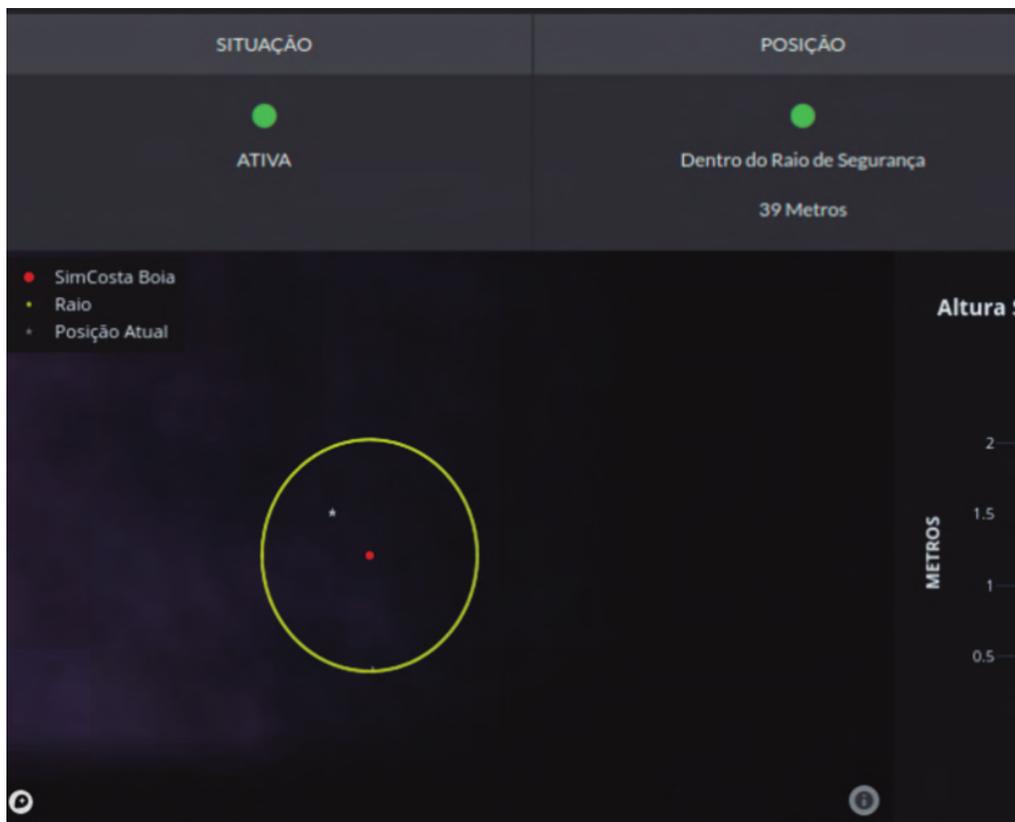


Figura 6 – Imagem do Dashboard com destaque para o raio de segurança de 90 metros em torno do local de instalação da boia.

### 3. RESULTADOS

Os resultados são apresentados em três seções a seguir: dados de temperatura, vento e ondas. Nos gráficos de série comparativos, o instante em que há uma elevação rápida nos níveis de altura significativa foi sinalizado com uma linha tracejada, mostrando o efeito da ressaca no local.

#### 3.1 Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

Antes da passagem da frente associada ao ciclone extratropical, a TSM observada sugere a influência da água mais fria advinda da ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) nas proximidades do Cabo Frio

(Rodrigues & Lorenzetti, 2001) (Figura 7).

Com a intensificação do sistema de baixa pressão do ciclone e a passagem da frente associada e consequente mudança do campo de vento, espera-se a diminuição do processo de ressurgência e a advecção da Água Tropical presente na região da quebra de plataforma, influenciada pela Corrente do Brasil, para a plataforma continental interna, por transporte de Ekman, acarretando o aumento da TSM (Ekman, 1905; Silveira *et al.*, 2000). Tal efeito foi registrado pela boia *Spotter*, que, após a passagem do sistema frontal, mediu uma variação de temperatura de +7,9°C entre os dias 04 e 10 de fevereiro. Variação similar (+7,8°C) foi medida pela boia RJ-3 no mesmo período.

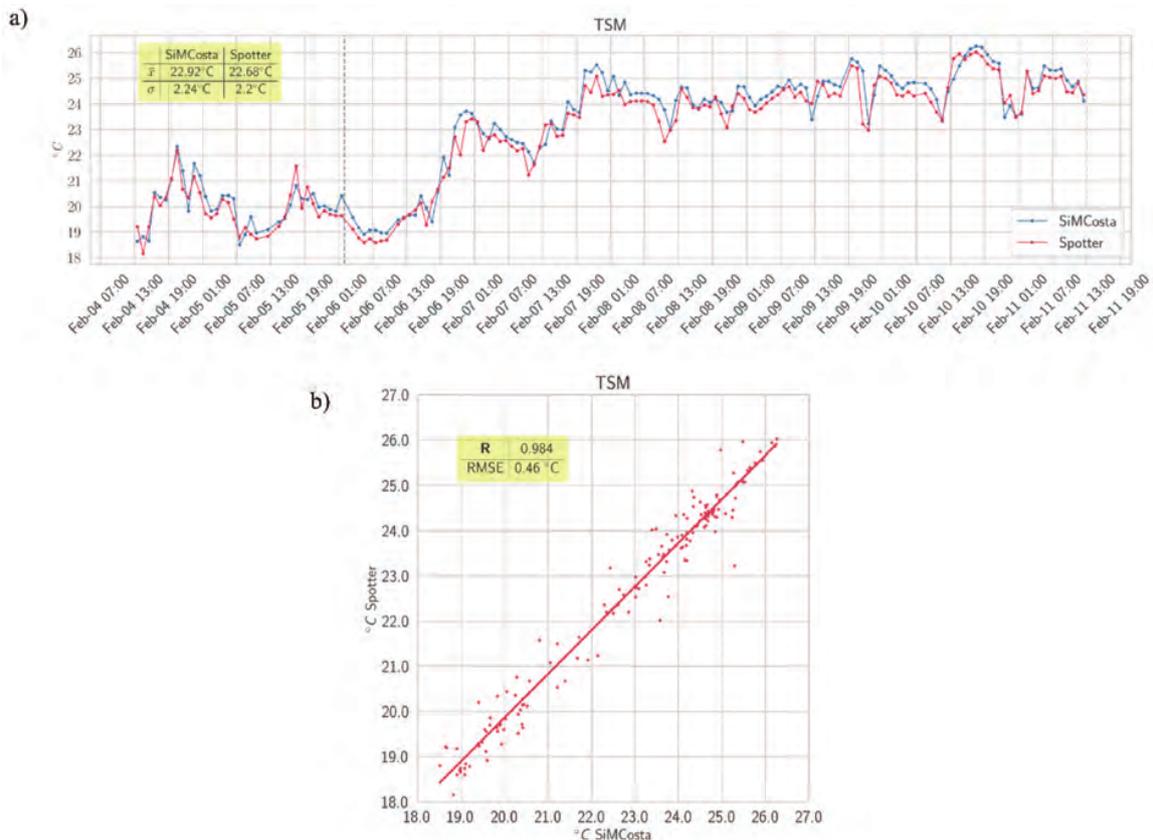


Figura 7— Painel a - Comparação entre os dados de TSM medidos pela Spotter (vermelho) e pela RJ-3 (azul). Painel b - Regressão linear e os valores para correlação de Pearson (R) e Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE).



O aumento da TSM registrado tanto pela *Spotter* quanto pela RJ-3 são corroborados pelos dados do *Multiscale Ultrahigh Resolution Sea Surface Temperature* (MUR SST) disponibilizados pelo *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) da agência espacial americana *National Aeronautics and Space*

*Administration* (NASA) (Figura 8). Os dados de TSM do MUR SST para a área de estudo apresentaram, em 04 de fevereiro, valores de TSM entre 20,9°C e 21,0°C, enquanto em 10 de fevereiro, os valores ficaram entre 25,9°C e 26,0°C, evidenciando, assim, um aumento de 5,0°C na TSM.

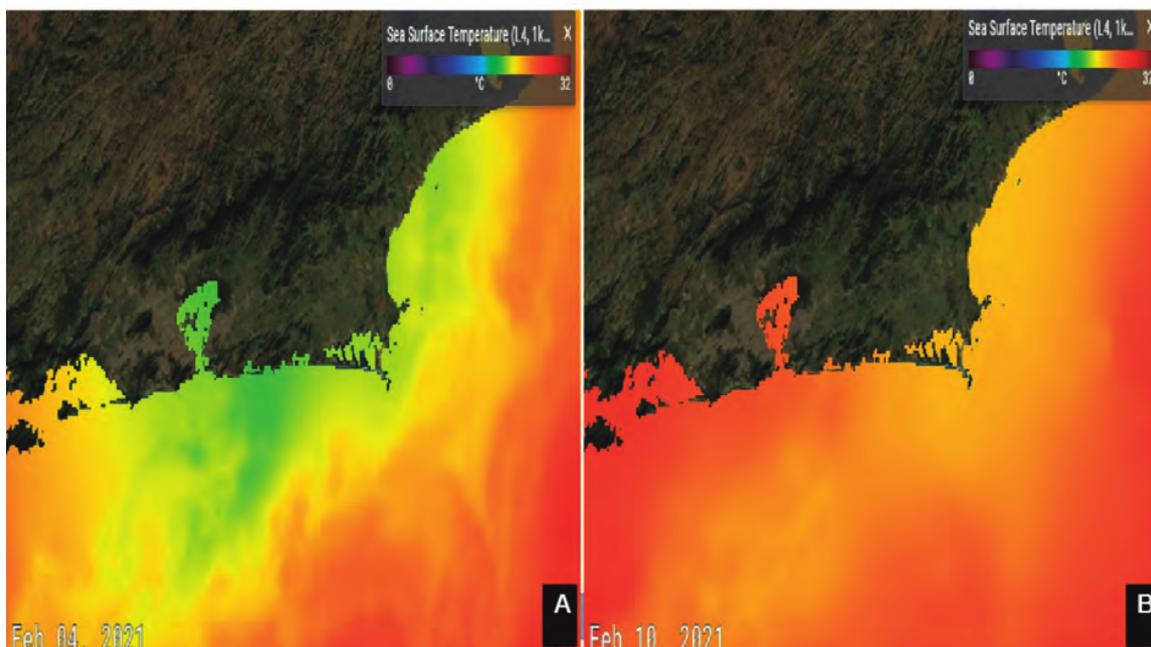


Figura 8— Variação da TSM entre os dias 04 e 10 de fevereiro. A) Ocorrência de ressurgência costeira (região em verde) antes da passagem da frente associada ao ciclone extratropical. B) Processo de ressurgência costeira interrompido após a passagem da frente associada ao ciclone extratropical e aumento da TSM junto à costa (JPL MUR MEaSURES Project, 2015).

### 3.2 Dados de Vento

O vento estimado pela boia *Spotter* a partir do campo de ondas apresentou direção predominante de S e SE, com intensidades entre 2 m/s e 6 m/s (Figura 9). Já as medições diretas de vento realizadas pela boia RJ-3 apresentaram comportamento distinto, com

maior frequência de ventos do quadrante N e maiores intensidades de WSW, com valores superiores a 7 m/s (Figura 9). Essa diferença se explica pelo fato de a boia *Spotter* não contar com um sensor para medição direta de ventos, conforme referido anteriormente. Esses valores são estimados a partir dos dados espectrais de onda (Voermans *et al.*, 2020).

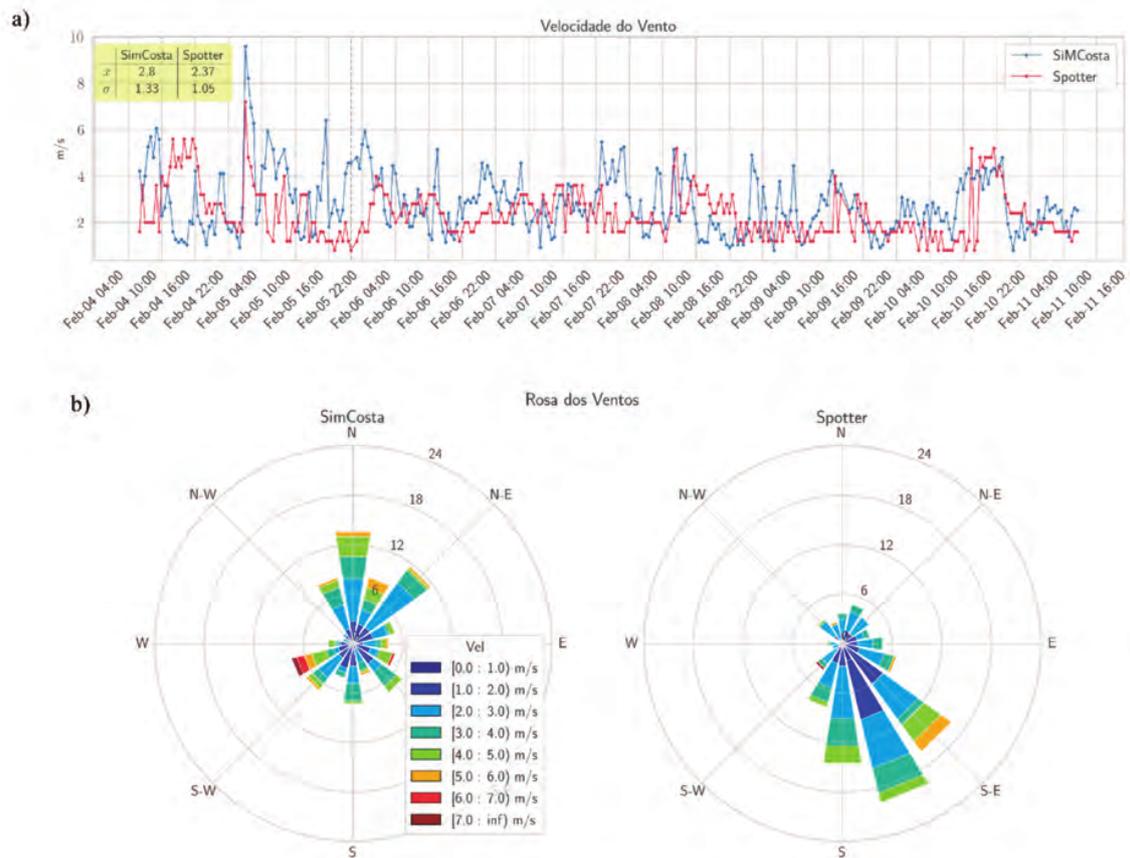


Figura 9 – Painel a: Comparação entre os dados de velocidade de vento calculados pela Spotter (vermelho) e medidos pelo SimCosta (azul). Painel b: Rosas dos Ventos com a frequência de ocorrência por direção (tamanho) e intensidade (cor).

### 3.3. Dados de Onda

Inicialmente, foi realizada uma avaliação do espectro não-direcional de ondas coletado pela boia *Spotter* (Figura 10). Nessa análise, é possível observar que até às 18 horas do dia 05 de fevereiro, o espectro de energia não apresentava um pico significativo.

Com o avanço do sistema frontal, verificou-se um aumento da energia das ondas, com períodos de pico ( $T_p$ ) em torno de 12-14 segundos, principalmente nos dias 06 e 07 de fevereiro. A partir desta última data, o evento perdeu força e o período dominante diminuiu até valores próximos a 10 segundos no final da campanha (11 de fevereiro, Figura 10).

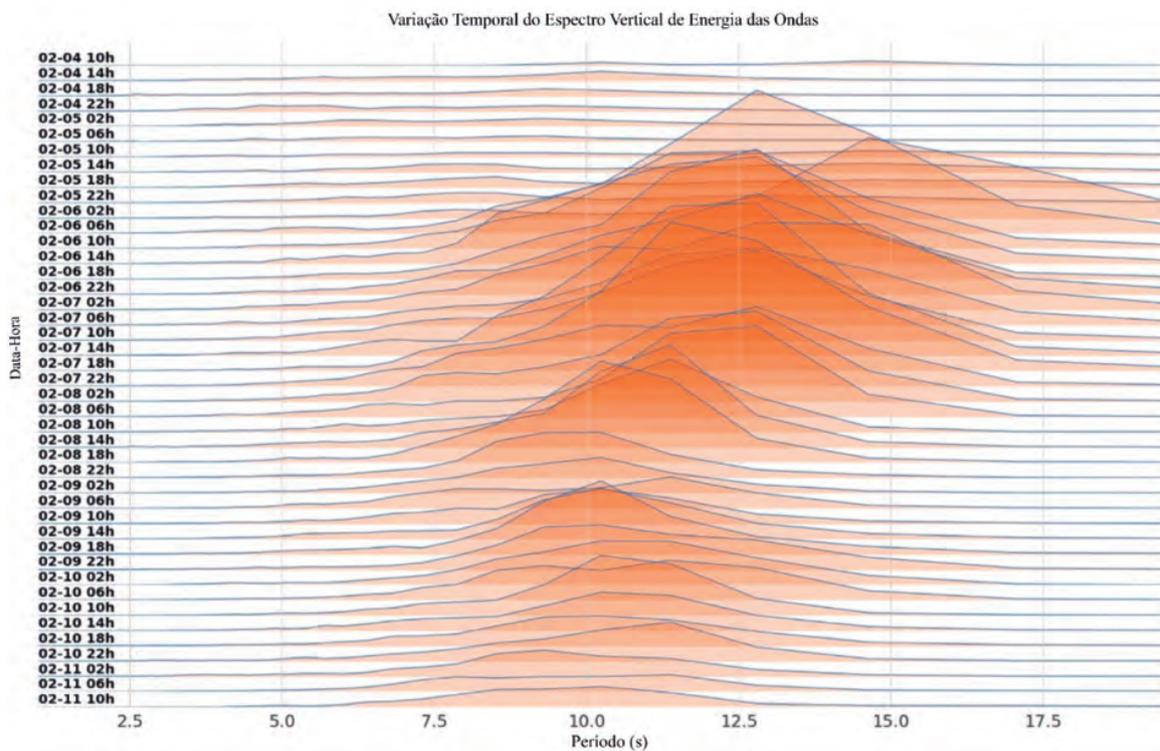


Figura 10 – Variação do espectro não-direcional de energia durante o período da campanha de medição de ondas.

A análise dos dados de  $H_s$  e  $T_p$  da boia *Spotter* permite observar o exato momento da chegada dos marulhos à Praia de Copacabana, às 22 horas do dia 05 de fevereiro (Figura 11). O maior valor de  $H_s$  foi 2,25 m. Com base na relação entre a altura máxima de onda ( $H_{max}$ ) e o  $H_s$ , calculou-se uma altura máxima individual superior a 4,5 m, o que confirmou o Aviso NR 071/2021 do SMM. Com relação ao  $T_p$ , foram observados valores superiores a 14 segundos no momento da chegada dos marulhos.

Ao compararmos os dados coletados pela *Spotter* com os da boia RJ-3, que utiliza um sensor de ondas TRIAXYS™, verificou-se boa correlação para o parâmetro  $H_s$  ( $R=0,987$ ). O mesmo não se pode afirmar a respeito da correlação de  $T_p$  ( $R=0,546$ ), cujo baixo valor de  $R$  reflete a variabilidade observada antes da chegada dos marulhos, e que também foi registrada pela RJ-3. Apesar disso, o gráfico de  $T_p$  revela que a média das medições da *Spotter* e da RJ-3 são similares durante toda a campanha, especialmente durante o evento de ressaca.

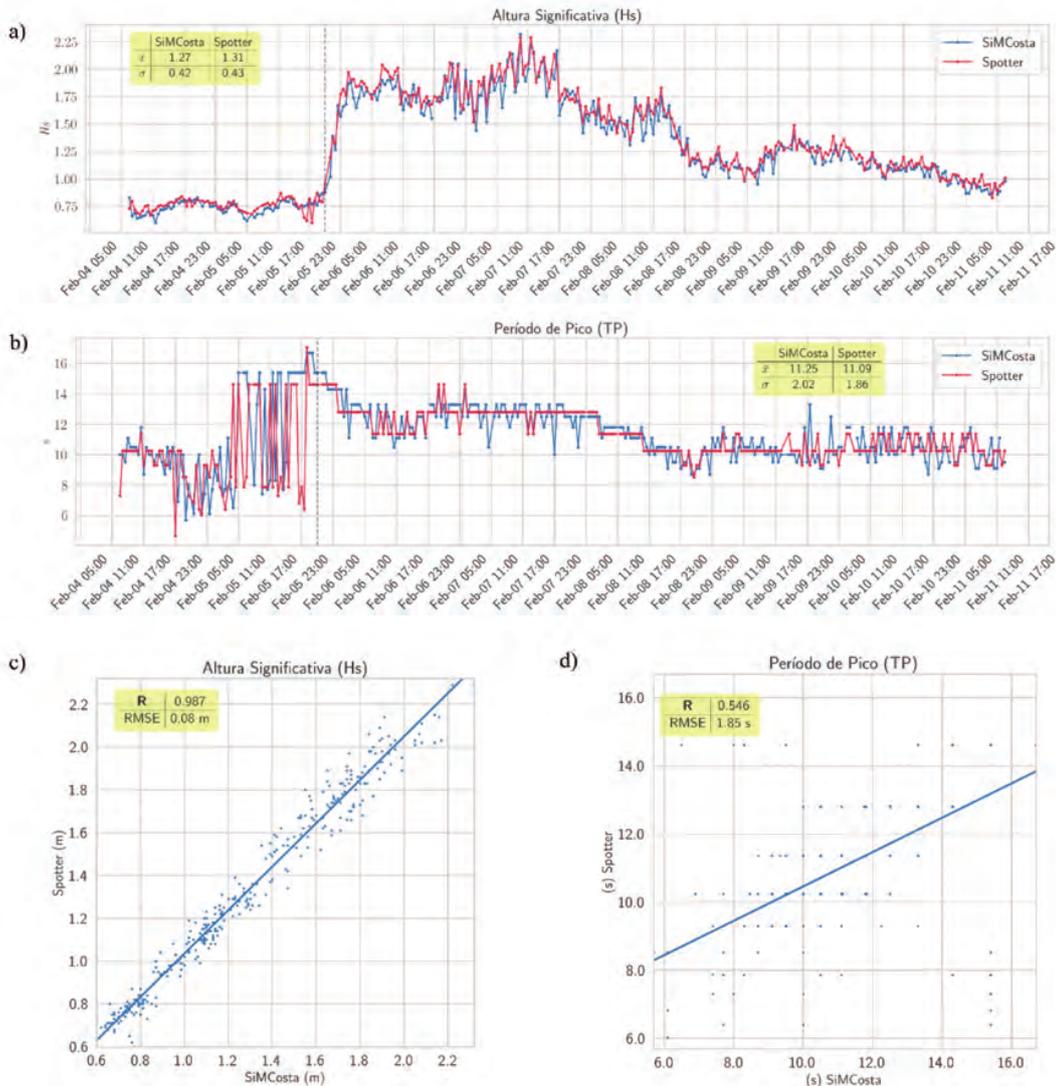


Figura 11 – Comparação entre os dados medidos pela Spotter (vermelho) e pelo SiMCosta (azul) para altura significativa (a) e período de pico (b). Regressão linear destacando a correlação de Pearson entre os dados (R) e a Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) para altura significativa (c) e período de pico (d).

Os parâmetros período médio de onda ( $T_m$ ) e direção média de onda ( $D_m$ ) também apresentaram boa correlação entre as medições ( $R=0,975$  e  $R=0,957$ , respectivamente) (Figura 12). Contudo, observou-se que os valores estimados de  $T_m$  das boias RJ-3 e Spotter apresentaram uma diferença média de 1,2s (Figura 12). Algumas hipóteses

para tal diferença foram levantadas pelo fabricante, tais como: características distintas das linhas de fundeio e diferenças no processamento de dados e na sensibilidade dos sensores em diferentes faixas de frequência. Contudo, os dados do presente experimento não permitiram explicar essa diferença constatada.

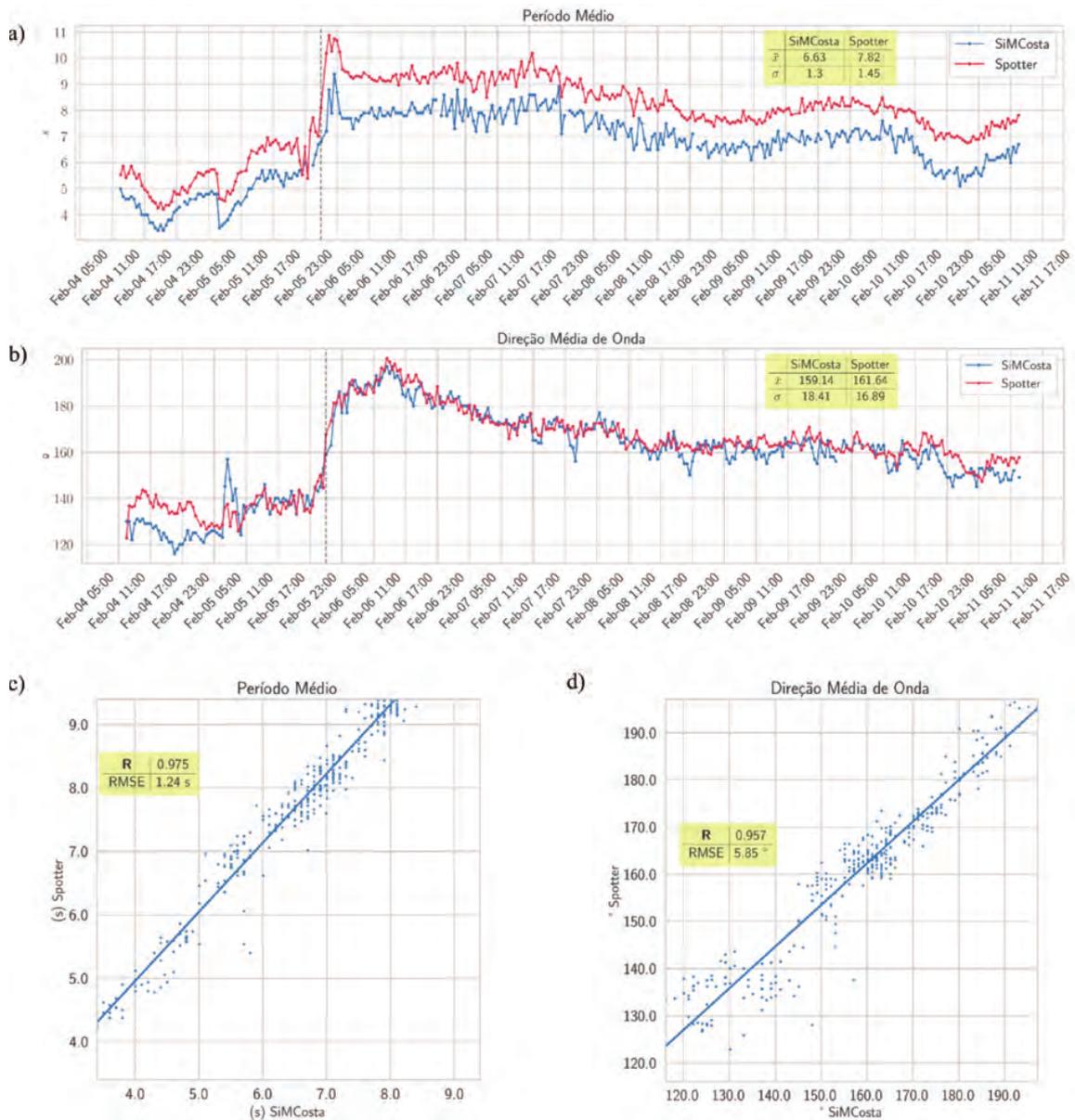


Figura 12 – Comparação entre os dados medidos pelas boias Spotter (vermelho) e RJ-3 SiMCosta (azul) para período médio (a) e direção média (b). Regressão linear destacando a correlação de Pearson entre os dados (R) e a Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) para período médio (c) e direção média (d).



#### 4. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Uma boia Spotter equipada com sensor GPS para medição de agitação marítima foi empregada no monitoramento de um evento de ressaca na costa do Rio de Janeiro. Os dados coletados foram validados tomando-se por base as medições realizadas por uma boia meteoceanográfica de referência.

A análise dos dados revelou que os parâmetros  $H_s$ ,  $T_m$  e  $D_m$ , obtidos a partir das medições realizadas pela boia Spotter, apresentaram alta correlação com os obtidos pelo sistema de referência. Com relação ao  $T_p$ , constatou-se uma baixa correlação em estados de mar de baixa energia, quando ambos os sistemas registraram uma alta variabilidade no parâmetro – fato não observado durante a ressaca. Apesar disto, os valores médios de  $T_p$  se mantiveram-se bem próximos durante toda a campanha.

O vento estimado a partir do sinal de alta frequência produzido pelo mar local medido pela Spotter não apresentou boa correlação com a medição direta realizada pela boia de referência.

Diante de tais resultados, concluímos que a boia Spotter é um equipamento adequado para monitoramento de eventos de ressaca. Considerando-se seu baixo custo de aquisição, instalação e operação, quando comparado a sistemas de referência de maior porte, a boia Spotter mostrou-se viável para emprego em campanhas de medição expeditas, tais como em operações militares

especiais em áreas costeiras, em que o conhecimento das condições ambientais resulta diretamente em vantagens operacionais.

Como perspectivas futuras, planejamos realizar experimentos de maior duração em região offshore, com o objetivo de avaliar esse sistema em estados de mar mais complexos e com diferentes estratégias de fundeio.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) e pelo Centro de Hidrografia da Marinha, com investimento de recursos oriundos das cláusulas de PD&I autorizadas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), por meio dos Termos de Cooperação No 2018/0206-1 e No 2018/0207-8, como parte do Projeto REMO. Agradecemos ao Projeto SiMCosta pela autorização para uso dos dados da boia RJ-3 e pelo apoio na instalação da boia Spotter. Agradecemos à Divisão de Previsão Numérica do CHM pelo fornecimento dos resultados dos modelos numéricos, e ao CAMR, pelo apoio logístico para o lançamento e recuperação da boia. O manuscrito deste trabalho foi revisado pelo Dr. Renato Parkinson Martins e pela Dra. Natália D'Ávila, a quem agradecemos pelos comentários e sugestões. Por fim, agradecemos ao Prof. Luciano Pezzi (INPE/DSR) e sua equipe pelo compartilhamento de informações sobre instalação da Spotter.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, T. A. A.; LÉLLIS, F. S.; CORREIA, F. R. S.; MORENO, D.; SILVA, M. V. (2018) *Análise de eventos de ressaca na costa brasileira através do fluxo de energia das ondas. Anais Hidrográficos*. Niterói (RJ): DHN, 2018.



BACH, V. R.; FERREIRA, T. (2017) A maior onda já registrada na costa brasileira. *Anais do XII Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite*.

BACHMANN, C.M.; FUSINA, R.A.; NICHOLS, C.R.; MCDERMID, J. (2008) *Environmental Support to Amphibious Craft, Patrol Boats, and Coastal Ships: An Annotated Bibliography*. Naval Research Lab, Washington DC.

BRASIL. Marinha do Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *NORMAN-19: Normas da Autoridade Marítima para as atividades de meteorologia marítima*. Niterói (RJ): DHN, 2018.

\_\_\_\_\_. Cartas sinóticas da DHN. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>> Acesso em 01 de abril de 2021.

CANDELLA, R.N.; SOUZA, S. M. L. (2013) Ondas oceânicas extremas na costa sul-sudeste brasileira geradas por ciclone com trajetória anormal em maio de 2011. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(4), 441-456.

CANDELLA, R.N. (2016) Rogue waves off the south/southeastern Brazilian coast. *Natural Hazards*, 83(1), 211-232.

\_\_\_\_\_. (2019) Characteristics of ocean waves off Fortaleza, CE, Brazil, extracted from 1-year deep-water measured data. *Ocean Dynamics*, 69(10), 1239-1251.

COSTA JUNIOR, P. R.; FERREIRA, T. R. S.; D'ÁVILA, N. L.; PUHL, P. R.; DIAS, A. N. (2018) *Brazilian National Buoy Program: Strengths and Challenges*. DBCP-34, Cidade do Cabo, África do Sul.

EKMAN, V.W. (1905) On the influence of the earth's rotation on ocean-currents. *Arkiv för matematik, astronomi och fysik* 2(11): 52 p.

GRAMCIANINOV, C.B.; HODGES, K.I.; CAMARGO, R. (2019) The properties and genesis environments of South Atlantic cyclones. *Climate Dynamics*, 53(7), pp.4115-4140.

HOLLAND, K.T.; PULEO, J.; PLANT, N.G. (2004). *Remote Characterization of Littoral Dynamics in Support of Expeditionary Warfare*. Naval Research Lab, Stennis Space Center.

JPL MUR MEaSUREs Project (2015). *GHRSSST Level 4 MUR Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis*. Ver. 4.1. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [2021-04-07], disponível em: < <https://doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ04>>.

LINS-DE-BARROS, F. M.; KLUMB-OLIVEIRA, L.; DE FRANÇA LIMA, R. (2018). Avaliação histórica da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil). *Journal of Integrated Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada*, 18(2), 85-102.

MACHADO, J. P.; MIRANDA, G. S. B.; GOZZO, L. F.; CUSTÓDIO, M. D. S. (2019). Condições



Atmosféricas Associadas a Eventos de Ressaca no Litoral Sul e do Sudeste do Brasil durante o El Niño 2015/2016. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(4), 529-544.

MELO, E.; MACHADO, D.M.; LISBOA, R.C.; ROMEU, M.A.R. (2016) Overview of tide, wind and wave conditions along the Brazilian coast for coastal engineering practice. In: *IX PIANC- COPEDEC*, 9, 2016, Rio de Janeiro. Anais... 18p.

MORAIS J.O.; PINHEIRO L.S.; CAVALCANTE A.A.; PAULA D.P.; SILVA R.L. (2008) Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: O Caso de Pontal de Maceió, Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 8(2):61–76.

OLIVEIRA, U.R.; SIMÕES, R.S.; CALLIARI, L.J.; GAUTÉRIO, B.C. Erosão de dunas sob ação de um evento extremo de alta energia de ondas na costa central e sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2019.

PAULA, D.P. (2012) *Análise dos riscos de erosão costeira no litoral de Fortaleza em função da vulnerabilidade aos processos geogênicos e antropogênicos*. Tese de doutoramento, Ciências do Mar (Gestão Costeira), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Portugal, 2012.

PEREIRA, H.P.P.; VIOLANTE-CARVALHO, N.; NOGUEIRA, I.C.M.; BABANIN, A.; LIU, Q.; PINHO, U. F.; NASCIMENTO, F.; PARENTE, C. E. Wave observations from an array of directional buoys over the southern Brazilian coast. *Ocean Dynamics*, 2017.

PNBOIA (2019) *Manual de Controle de Qualidade dos Dados do PNBOIA*. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-goos-brasil/pnboia>>. Acessado em 26 de março de 2021.

RODRIGUES, R.R.; LORENZZETTI, J. A. (2001) A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. *Continental Shelf Research*, v. 21(4): p.371-394.

RODRÍGUEZ, M.G.; NICOLodi, J.L.; GUTIÉRREZ, O.Q.; LOSADA, V.C.; HERMOSA, A.E. (2016) Brazilian coastal processes: wind, wave climate and sea level. In *Brazilian Beach Systems* (pp. 37-66). Springer, Cham.

ROMEU, M. A. R.; FONTOURA, J. A. S.; MELO, E. (2015) Typical scenarios of wave regimes off Rio Grande do Sul, southern Brazil. (Artigo - *Journal of Coastal Research*);

SARAIVA, J. M. B.; BEDRAN, C.; CARNEIRO, C. (2003) Monitoring of Storm Surges on Cassino Beach, RS, Brazil. *Journal of Coastal Research*, [s.l.], n. 35, p. 323-331.

SILVEIRA, I. C. A. DA; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S. DE; IKEDA, Y. (2000) A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48(2), 171-183.

SHIH, H.H. (2003). Triaxys Directional Wave Buoy for Nearshore Wave Measurements - Test and Evaluation Plan. *NOAA Technical Report NOS CO-OPS 38*. 40p.



SiMCosta (2021) Disponível em: <<https://simcosta.furg.br/home>>. Acesso em 05 de maio de 2021.

Smit, P. and Janssen, T.T. (2019) Innovations in Metocean Sensors. *Ocean Waves Workshop. 2*. Disponível em: <<https://scholarworks.uno.edu/oceanwaves/2019/Session2/2>>.

SOFAR INC. (2019) Disponível em: <[https://content.sofarocan.com/hubfs/Sofar\\_Mooring\\_guideline\\_10\\_14\\_19%20\(1\).pd](https://content.sofarocan.com/hubfs/Sofar_Mooring_guideline_10_14_19%20(1).pd)>. Acesso em 06 de abril de 2021.

SOREIDE, N.N.; WOODY, C.E.; HOLT, S.M. (2001) Overview of ocean based buoys and drifters: Present applications and future needs. In: *MTS/IEEE Oceans 2001. An Ocean Odyssey. Conference Proceedings* (IEEE Cat. No. 01CH37295). IEEE, 2001. p. 2470-2472.

SOUZA, M.H.S, PARENTE C.E. (1988) *Wave climate off Rio de Janeiro*. Coastal Eng Proc 1(21):261–269.

VOERMANS, J.J.; SMIT, P.B.; JANSSEN, T.T.; BABANIN, A.V. (2020) Estimating wind speed and direction using wave spectra. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(2), p.e2019JC015717.

WANG, X.; JIANG, H. (2019) A 13-year global climatology of tropical cyclone warm-core structures from AIRS data. *Monthly Weather Review*, 147(3), pp.773-790.

WILSON, W.D.; E. SIEGEL, E. (2011) *Current and wave measurements in support of the Chesapeake Bay Interpretive Buoy System, IEEE/OES 10th Current, Waves and Turbulence Measurements (CWTM)*, Monterey, CA, USA, 2011, pp. 94-99. DOI: 10.1109/CWTM.2011.5759533.

