



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
CURSO DE OCEANOGRAFIA

Rafael Dall Agnol Drehmer

**Estudo do comportamento morfodinâmico da praia de Taquarinhas/SC através  
de imagens compartilhadas por meio da ciência cidadã**

Florianópolis

2025

Rafael Dall Agnol Drehmer

**Estudo do comportamento morfodinâmico da praia de Taquarinhas/SC através  
de imagens compartilhadas por meio da ciência cidadã**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof., Dr. Pedro de Souza Pereira

Coorientadora: Ligia de Freitas Tebechrani

Florianópolis

2025

Ficha catalográfica da identificação da obra elaborada pelo autor, gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.

Drehmer, Rafael Dall Agnol

Estudo do comportamento morfodinâmico da praia de Taquarinhos/SC através de imagens compartilhadas por meio da ciência cidadã / Rafael Dall Agnol Drehmer ; orientador, Pedro de Souza Pereira, coorientadora, Ligia de Freitas Tebechrani, 2025.

70 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. linha de costa. 3. rotação praial. 4. coastsnap. I. Pereira, Pedro de Souza. II. Tebechrani, Ligia de Freitas. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Oceanografia. IV. Título.

Rafael Dall Agnol Drehmer

**Estudo do comportamento morfodinâmico da praia de Taquarinhas/SC através de  
imagens compartilhadas por meio da ciência cidadã**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de  
Bacharel em Oceanografia e aprovado em sua forma final pelo Curso Oceanografia.

Florianópolis, 16 de junho de 2025.



Coordenação do Curso

**Banca examinadora**



Prof. Pedro de Souza Pereira, Dr.

Orientador



Prof<sup>a</sup>. Mirella Borba Santos Ferreira Costa, Dr<sup>a</sup>.

Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Mauro Michelena Andrade, Dr.

Universidade do Vale do Itajaí

Florianópolis, 2025.

"Aqueles que contemplam a beleza da terra encontram reservas de força que durarão enquanto a vida durar."

(Carson, 1965, p. 100)

## RESUMO

Este trabalho investigou a variação espaço-temporal da linha de costa na praia de Taquarinhas, em Balneário Camboriú (SC), tendo como fonte de dados as imagens obtidas entre outubro de 2022 e outubro de 2024, por meio do monitoramento comunitário do projeto CoastSnap. O objetivo principal foi compreender como a linha de costa se comporta ao longo do tempo e sua resposta às variáveis oceanográficas, especificamente altura significativa das ondas, período de pico, direção de propagação e nível da maré. Foram 261 linhas de costa analisadas, sendo identificado padrões sazonais e tendência erosiva ao longo do período. A análise revelou que os recuos mais intensos ocorreram no inverno e na primavera, quando as ondas apresentaram maior potência. Além da direção de ondas, que promoveu estabilidade quando de leste e erosão de sudeste. De modo a confirmar as observações, identificou-se correlação negativa entre a largura da faixa de areia e os parâmetros de altura e período de ondas. Quanto à rotação praial, foram selecionados 6 eventos, dos quais apenas um apresentou evidências claras de rotação, onde observou-se a influência da direção das ondas na redistribuição de sedimentos e a presença de promontório. A classificação morfodinâmica da praia esteve predominantemente vinculada ao estágio refletivo, mostrando uma alta estabilidade morfodinâmica. Este estudo demonstra o potencial da utilidade da ciência cidadã como ferramenta para o monitoramento costeiro, fornecendo dados confiáveis e de baixo custo. Por fim, a pesquisa sugere a ampliação do monitoramento tanto espacial como temporal, além de integrar dados atmosféricos e oceânicos em análises futuras.

**Palavras-chave:** linha de costa; coastsnap; rotação praial.

## ABSTRACT

This study investigated the spatiotemporal variation of the shoreline at Taquarinhas Beach, in Balneário Camboriú (SC), using images obtained between October 2022 and October 2024, through community monitoring from the CoastSnap project. The main objective was to understand how the shoreline behaves over time and its response to oceanographic variables, specifically significant wave height, peak period, propagation direction, and tide level. A total of 261 shorelines were analyzed, identifying seasonal patterns and an erosive trend throughout the period. The analysis revealed that the most intense retreats occurred in winter and spring, when waves showed greater power. In addition to wave direction, which promoted stability when coming from the east and erosion when from the southeast. To confirm the observations, a negative correlation was identified between beach width and the height and period parameters of the waves. Regarding beach rotation, six events were selected, of which only one showed clear evidence of rotation, where the influence of wave direction on sediment redistribution and the presence of a headland were observed. The morphodynamic classification of the beach was predominantly linked to the reflective stage, showing high morphodynamic stability. This study demonstrates the potential usefulness of citizen science as a tool for coastal monitoring, providing reliable and low-cost data. Finally, the research suggests expanding the monitoring both spatially and temporally, in addition to integrating atmospheric and oceanic data in future analyses.

**Keywords:** shoreline; coastsnap; beach rotation.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DGPS	Differential Global Positioning System
Lidar	Light Detection and Ranging
GCPs	Ground Control Points
RTK	Real Time Kinematic

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVO DA PESQUISA</b> .....	<b>11</b>
2.1. GERAL.....	11
2.2. ESPECÍFICOS.....	11
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>12</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.2. LINHA DE COSTA.....	13
<b>3.2.1. Instalação da base CoastSnap</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2.2. Compartilhamento, recebimento e registro das imagens</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2.3. Georetificação das imagens</b> .....	<b>16</b>
3.2.3.1. Pontos de controle de solo (GCPs).....	16
3.2.3.2. Processo de retificação das Imagens.....	16
3.2.3.3. Nível do mar.....	18
<b>3.2.4. Detecção da linha de costa</b> .....	<b>19</b>
3.2.4.1. Raiz do erro quadrático médio (RSME).....	20
3.2.4.2. Rotação praial.....	21
3.2.4.3. Tendência da linha de costa.....	22
3.2.4.4. Correlação de Pearson.....	22
3.3. CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS.....	23
<b>3.3.1. Potência das ondas</b> .....	<b>24</b>
3.4. CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA.....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
4.1. CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS.....	27
4.2. LINHA DE COSTA.....	30
<b>4.2.1. Primavera 2022</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2.2. Verão 2022-2023</b> .....	<b>36</b>
<b>4.2.3. Outono 2023</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2.4. Inverno 2023</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2.5. Primavera 2023</b> .....	<b>38</b>
<b>4.2.6. Verão 2023-2024</b> .....	<b>38</b>
<b>4.2.7. Outono 2024</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2.8. Inverno 2024</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2.9. Primavera 2024</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2.10. Geral</b> .....	<b>40</b>
4.3. ROTAÇÃO DE PRAIA.....	42
4.4. MORFODINÂMICA.....	45
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50</b>
<b>APÊNDICE A - Gráficos Potência/Direção/Período/Largura/Maré Sazonais</b> .....	<b>54</b>
<b>APÊNDICE B - Gráficos dos parâmetros de ondas nos eventos de rotação</b> .....	<b>63</b>
<b>APÊNDICE C - Gráficos dos parâmetros de ondas nas alterações morfodinâmicas</b> ....	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O termo morfodinâmica foi utilizado primariamente por Wright e Thom (1977), onde os autores buscaram elucidar as interações de retroalimentação entre os processos e as respostas morfológicas na zona costeira. Entende-se como morfodinâmica a abordagem holística que analisa a interação entre a forma (morfologia) e o processo (dinâmica) (Short; Jackson, 2013). Perturbações tanto nos processos quanto na morfologia geram alterações na dinâmica praias, frequentemente causando mudanças na configuração da linha de costa, estabelecendo um ciclo de interdependência entre processos hidrodinâmicos e morfológicos (Wright; Short, 1984).

A linha de costa por sua vez é definida como a fronteira entre a terra e o oceano. Possui um comportamento de mudança contínua ao longo do tempo, devido à dinâmica sedimentar, e em especial, devido à variação das ondas e do nível do mar. Onde alterações na altura e período das ondas desempenham papel fundamental nesse comportamento, controlando a quantidade de energia que chega à face de praia e sua capacidade de erodir, transportar ou depositar sedimentos. (Boak; Turner, 2005).

As variações da linha de costa podem ser registradas por diferentes métodos, sendo divididos em in situ e remoto. Os métodos in situ envolvem medições diretas no campo, como o uso de DGPS para mapeamento da linha de costa com alta precisão. Já os métodos remotos de maneira geral permitem a obtenção de informações espaciais e temporais amplas, como exemplo o LIDAR aerotransportado, imagens de satélite, e o vídeo monitoramento, que vem se tornando uma ferramenta valiosa em estudos costeiros (Turner *et al.*, 2016).

Dentre os processos que podem alterar a configuração da linha de costa, está a rotação de praia. Que ocorre frequentemente em praias de enseada e está relacionado ao transporte de areia em suas extremidades, sendo sua ocorrência vinculada a alterações periódicas no clima de ondas, especialmente na direção das ondas. Neste processo pode haver um grande movimento da linha de costa mesmo não tendo ganho ou perda líquida de sedimentos no sistema (Klein; Benedet Filho; Schumachert, 2002).

Compreender o comportamento morfodinâmico da praia de Taquarinhas torna-se importante para a gestão adequada do espaço, identificando os padrões de

erosão e por consequência o adequado planejamento e gestão costeira frente ao aumento do nível do mar (Nicholls *et al.*, 2014).

Dada a importância de monitorar e compreender as mudanças morfodinâmicas das praias, a utilização da ciência cidadã através do projeto CoastSnap se torna uma ferramenta útil. A ciência cidadã, cujo termo surgiu na década de 1990 (Irwin, 1995), ganhou notoriedade em diversos campos da ciência, política e educação, e tem sido definida como a participação do público em partes do desenvolvimento da atividade científica (Haklay *et al.*, 2021).

Por conseguinte, o CoastSnap idealizado por Harley *et al.* (2019) foi introduzido inicialmente na Austrália em 2017, estando hoje presente em 15 países -Austrália, França, Países Baixos, Espanha, Chile, Portugal, Brasil, Moçambique, Suécia, Bélgica, Nova Zelândia, Alemanha, Canadá, Estados Unidos da América e Reino Unido- (COASTSNAP, 2024). O CoastSnap é um projeto de ciência cidadã que usa imagens provenientes de transeuntes para realizar o monitoramento de praias a partir de imagens capturadas por meio de seus celulares, dessa maneira transforma celulares comuns em dispositivos de coleta de dados para medir a resposta costeira frente a tempestades, aumento do nível do mar, modificações humanas entre outros fatores, com o benefício do engajamento e conscientização ambiental da comunidade (Harley; Kinsela, 2022).

Diante do exposto, a praia de Taquarinhas, localizada em Balneário Camboriú (SC), em virtude de ser uma área pouco urbanizada e com características morfológicas bem definidas, carece de estudos que integrem a abordagem morfodinâmica à análise da resposta da linha de costa frente às variações nas condições de ondas. A iniciativa do projeto CoastSnap permite um monitoramento contínuo, colaborativo e de baixo custo, gerando dados relevantes sobre sua dinâmica costeira. Dessa forma, justifica-se a realização do presente estudo, onde busca compreender a evolução espaço-temporal da praia podendo fornecer subsídios para ações de gestão e conservação desse ambiente.

## **2. OBJETIVO DA PESQUISA**

### **2.1. GERAL**

Compreender a evolução espaço-temporal da linha de costa e os aspectos morfodinâmicos da praia de Taquarinhas, localizada em Balneário Camboriú (SC), a partir de imagens compartilhadas nas mídias sociais.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

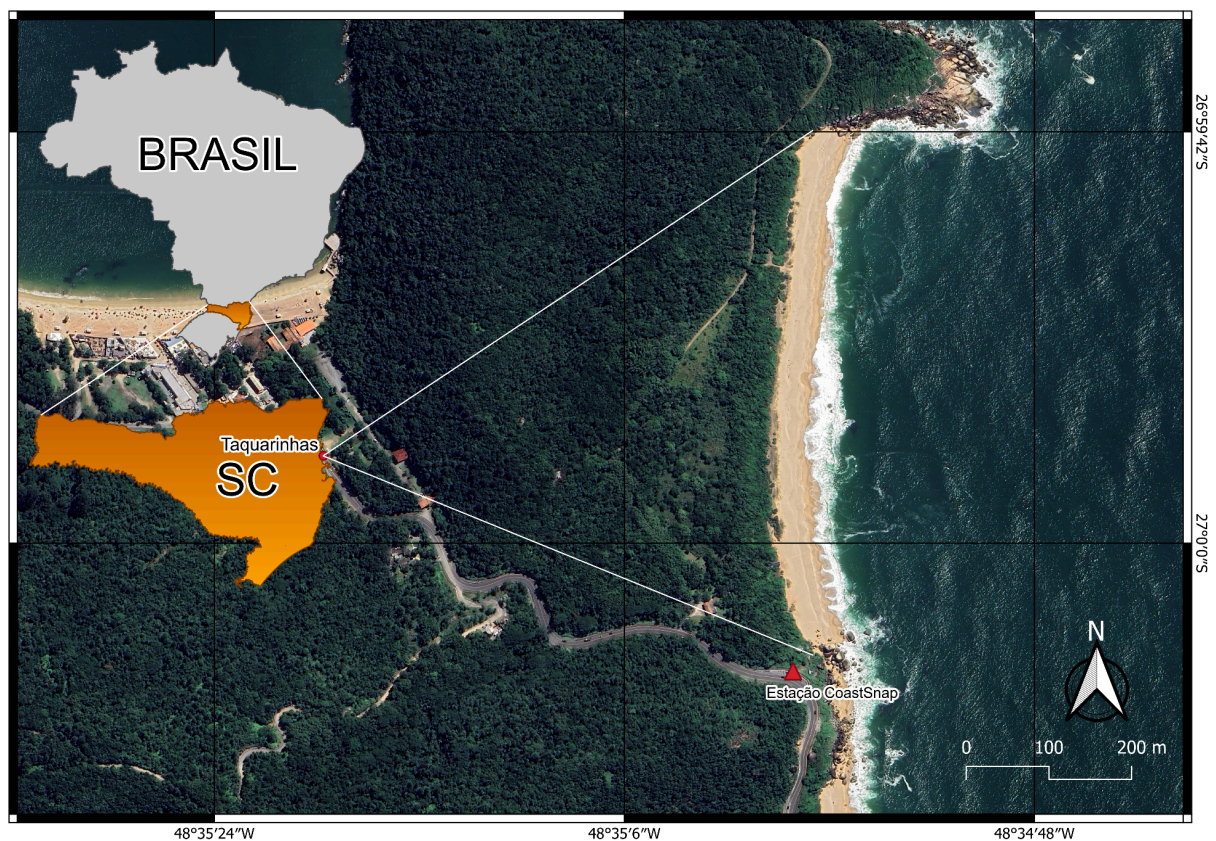
- Monitorar a linha de costa a partir das imagens compartilhadas por mídias sociais;
- Determinar a tendência da linha entre os dias 18 de outubro de 2022 e 18 de outubro de 2024;
- Analisar se existem evidências de rotação praial e, caso ocorra, determinar quais as condicionantes oceanográficas para sua ocorrência;
- Compreender a variabilidade da linha de costa frente às características de ondas;
- Identificar os estágios morfodinâmicos associados às imagens compartilhadas.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

A praia de Taquarinhas está situada entre as coordenadas  $26^{\circ} 59' 41.899''$  S  $48^{\circ} 34' 56.492''$  W e  $27^{\circ} 0' 4.183''$  S  $48^{\circ} 34' 57.205''$  W (Figura 1), no município de Balneário Camboriú, Santa Catarina. A praia é formada por depósitos marinhos e eólicos, holocênicos (Horn Filho, 2020).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autoria própria. Datum: Sirgas 2000, Basemap: Google

A orientação média da praia é N-S, sendo exposta às ondulações provenientes do quadrante SE, além de ser classificada como uma praia de enseada com granulometria de areia grossa (0,90 mm) e em seu maior tempo em estágio refletivo (Klein; Menezes, 2001).

O clima da região na classificação de Koppen é subtropical úmido (Cfa) segundo Alvares et al. (2013), influenciado pelas massas Tropical Atlântica (mTa) quente e úmida, Tropical Continental (mTc) seca e quente e Polar Atlântica (mPa)

fria e úmida. A temperatura nos meses mais quentes varia de 23,5 °C a 24,5 °C e no mês mais frio chega a média de 15,2 °C (Rech, 2003).

Os ventos de nordeste são predominantes ao longo de todo ano, com alteração para o quadrante sul no inverno e primavera, pois há um aumento da frequência e intensidade de frentes frias (Truccolo, 2011).

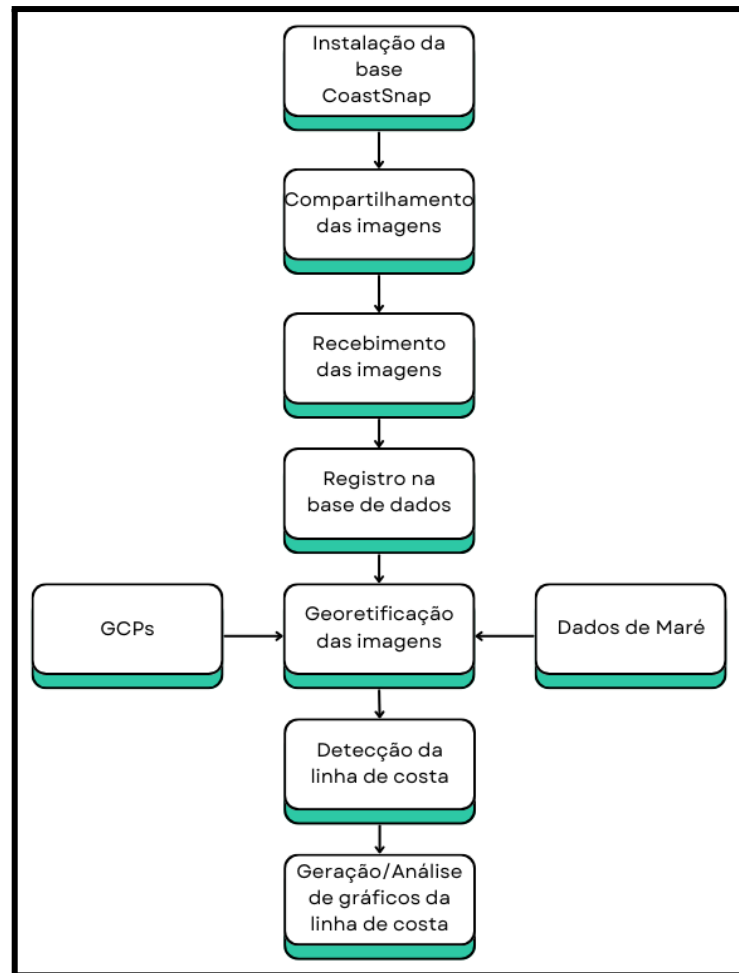
O regime de maré é semi-diurno e tem como altura média 0,8 m, sendo sua altura mínima de 0,3 e máxima 1,2 durante período de sizígia, assim sendo de micromaré (<2m) (Schettini, 1999).

Ademais, a praia de Taquarinhas faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa Brava. A APA Costa Brava foi estabelecida em 2000 pela Lei nº1.985/2000, devido a uma medida compensatória pela construção da Rodovia Rodesindo Pavan (Interpraias), sendo uma região de grande importância ecológica, social e econômica dentro de Balneário Camboriú. A APA Costa Brava é categorizada como uma unidade de uso sustentável dentro do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), permitindo a ocupação humana ao mesmo tempo em que garante a conservação ou melhoria das condições ecológicas (Ecolibra, 2016).

### 3.2. LINHA DE COSTA

Para detecção da posição da linha de costa será utilizado a metodologia do CoastSnap proposta por Harley *et al.* (2019). A Figura 2 representa o passo a passo da metodologia que será descrita.

Figura 2 - Fluxograma metodológico CoastSnap

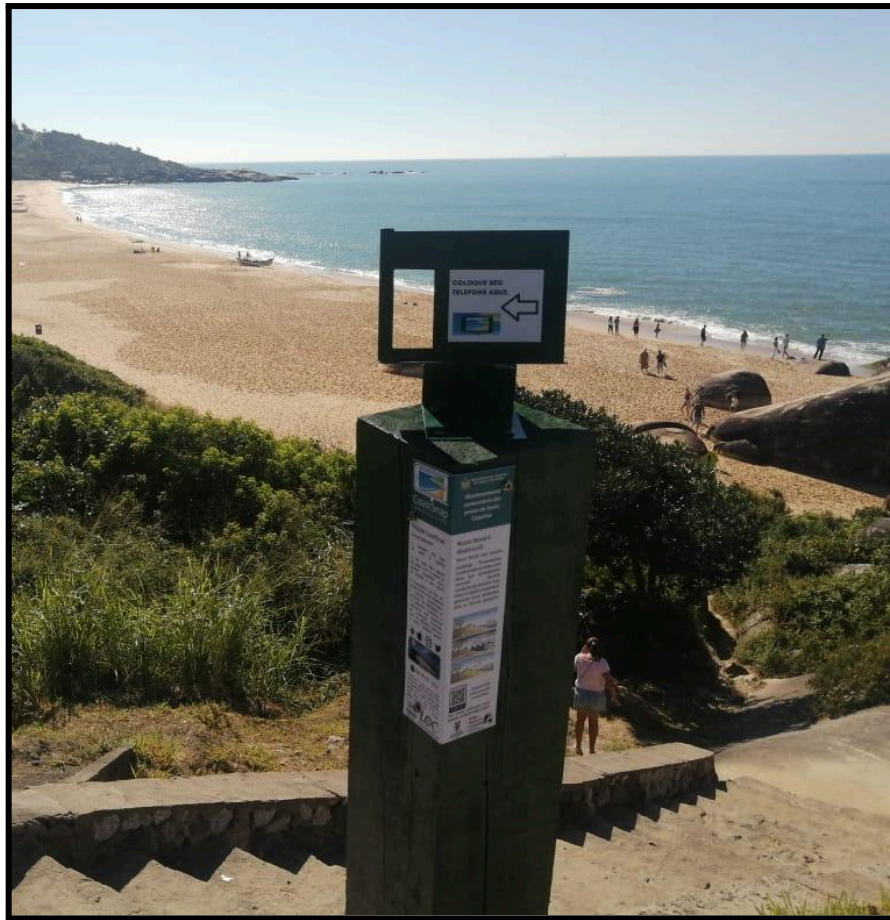


Fonte: Autoria própria

### 3.2.1. Instalação da base CoastSnap

Nesta metodologia se faz uso de instalações simples, sendo reduzida a uma estação com base de madeira e suporte para celular, bem como uma placa com instruções para o envio das imagens (Figura 3). Em geral, busca-se a instalação das mesmas em locais de fácil acesso e seguro para o público, isso para potencializar a captura e recebimento de imagens. Com essa instalação procura-se reduzir os custos de aquisição de cada posição da linha de costa. Além de limitar a posição que será colocado o celular, para restringir os ângulos e facilitar o processamento.

Figura 3 - Estação CoastSnap de Taquarinhas/SC



Fonte: Autoria própria

### 3.2.2. Compartilhamento, recebimento e registro das imagens

Para a presente análise, foram utilizados 731 dias, o equivalente a 2 anos, de aquisição de imagens desde a implementação da estação do CoastSnap em Taquarinhas, que ocorreu no dia 18 de outubro de 2022. Durante esse período, a estação recebeu 598 imagens enviadas por transeuntes que, após efetuarem a leitura da placa de instrução, tiveram a opção de compartilhá-las por diferentes meios, como Facebook, Twitter, Instagram, WhatsApp e o aplicativo para celular CoastSnap. No entanto, devido a fatores como visibilidade da praia e dos GCPs, orientação da imagem e coincidência com intervalo de nível, apenas 261 dessas imagens possibilitaram a extração da linha de costa.

Após o recebimento das imagens por um dos meios supracitados ela é registrada e renomeada com o número *epoch*, dessa maneira impossibilita a criação de nomes duplicados. Após esse passo, a imagem é cadastrada na base de dados

centralizada contendo informações como: Local, Colaborador, Data, Nome do arquivo e Plataforma.

Um passo adicional, optativo, utilizado na praia de Taquarinhas foi o realinhamento das imagens, que é um processo que ajusta e corrige a posição, rotação, escala ou distorção de uma imagem para alinhá-la a uma imagem referência.

### 3.2.3. Georetificação das imagens

#### 3.2.3.1. Pontos de controle de solo (GCPs)

Para que seja possível detectar a linha de costa, antes é necessário o levantamento de pontos de controle de solo (GCPs, *Ground Control Points*), estes, por sua vez, foram adquiridos por meio de um GPS cinemático RTK. Os pontos selecionados para controle devem ter um bom contraste, como por exemplo uma placa vermelha, para que nos passos seguintes seja fácil identificá-los. Este passo é importante, pois a partir disso as imagens passam a ter coordenadas reais.

#### 3.2.3.2. Processo de retificação das Imagens

Para transformar a imagem oblíqua (com coordenadas U e V) em uma imagem georetificada (com coordenadas x, y e z) são utilizadas algumas operações matriciais assumindo um modelo simples de câmera *pinhole*, baseada no princípio da câmara escura (Hartley; Zisserman, 2004):

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ 1 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

onde  $P$  é uma matriz de projeção  $3 \times 4$  que é definida para o modelo de câmera *pinhole* como:

$$P = KR[I | -C] \quad (2)$$

Sendo  $I$  uma matriz identidade  $3 \times 3$  e  $C$  é um vetor  $3 \times 1$  da localização da câmera em coordenadas reais ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ) e  $K$  é uma matriz  $3 \times 3$  que contém os parâmetros intrínsecos da câmera:

$$K = \begin{bmatrix} f & s & p_U \\ 0 & \gamma f & p_V \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

em que  $f$  é a distância focal da câmera,  $s$  é a inclinação,  $\gamma$  é a proporção do pixel e  $p_U$  e  $p_V$  são as coordenadas de pixel do ponto inicial.  $R$  é uma matriz de rotação  $3 \times 3$  definida em termos de azimute ( $\alpha$ ), inclinação ( $t$ ) e rotação ( $r$ ) do plano da imagem em relação às coordenadas reais (Wolf *et al.*, 2014).

A localização da câmera em coordenadas reais ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ) é extraída junto dos GCPs através do GPS RTK, assim as equações possuem 8 incógnitas ( $f$ ,  $s$ ,  $\gamma$ ,  $p_U$ ,  $p_V$ ,  $\alpha$ ,  $t$  e  $r$ ).

Para reduzir o número de incógnitas é assumido que  $p_U$  e  $p_V$  são o centro do plano da imagem e os *pixels* quadrados, portanto  $\gamma \approx 1$  e  $s = 0$ , resultando em quatro incógnitas ( $f$ ,  $\alpha$ ,  $t$ , e  $r$ ), que são resolvidas usando mínimos quadrados não lineares e pelo menos duas correspondências de coordenadas reais (GCPs) e as coordenadas da imagem, no caso de Taquarinhas foram utilizados 3 GCPs para realizar a Georetificação das imagens, o resultado deste processo é ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Exemplo do processo de georetificação da imagem. a) Imagem oblíqua da praia de Taquarinhas, em destaque os GCPs; b) Imagem retificada.



Fonte: Autoria própria

### 3.2.3.3. Nível do mar

O dado de nível do mar tem origem na praia de Laranjeiras, praia vizinha a Taquarinhas, no marégrafo instalado e mantido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), nas coordenadas 26°59'45.96"S, 48°35'20.04"W (localizado na cidade de Balneário Camboriú/SC, na porção leste da praia, adjacente ao deck de embarcações).

Buscando reduzir o efeito da maré, foi determinado um intervalo de tolerância de maré. Assim, foi calculado o nível médio de 0,65 (Figura 5), o qual tomou-se como base para delimitar a tolerância de maré. A tolerância de maré pode ser aproximada como a elevação do nível por ondas, conhecido como *setup* de ondas médio (4) (Stockdon *et al.*, 2006):

$$\eta = 0.35\beta(H_o L_o)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

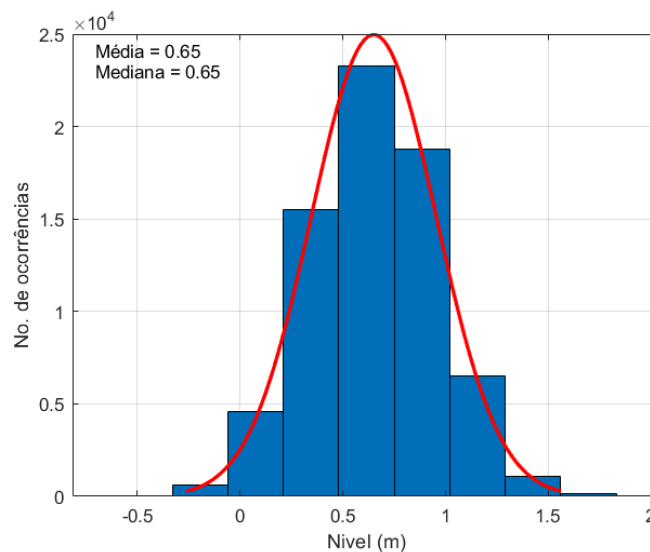
sendo  $\eta$  o *setup* de ondas médio,  $\beta$  declividade da praia,  $H_o$  altura de ondas em águas profundas e  $L_o$  o comprimento de ondas. Para o cálculo foram utilizados os

valores obtidos por Klein e Menezes (2001), sendo eles  $T = 8\text{s}$ ,  $H_b = 1,0\text{m}$  e  $\beta = 9^\circ$ , onde  $H_b$  é altura das ondas na arrebentação, foi aproximado para  $H_o$  e  $L_o$  foi calculado usando a equação (5) (Dean; Dalrymple, 1991):

$$L_o = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \quad (5)$$

Desse modo foi obtido o *setup* de ondas médio que, como demonstrado por Stockdon *et al.* (2006), pode ser aproximado como a tolerância de maré, neste caso resultando em um valor de  $\pm 0,56\text{ m}$ , assim os dados cujo nível do mar correspondente extrapolou esse intervalo de tolerância não foram considerados na análise.

Figura 5 - Histograma de nível, apresenta a média, 0,65, e a Mediana, 0,65, com a distribuição das ocorrências dos intervalos de nível em barras



Fonte: Autoria própria

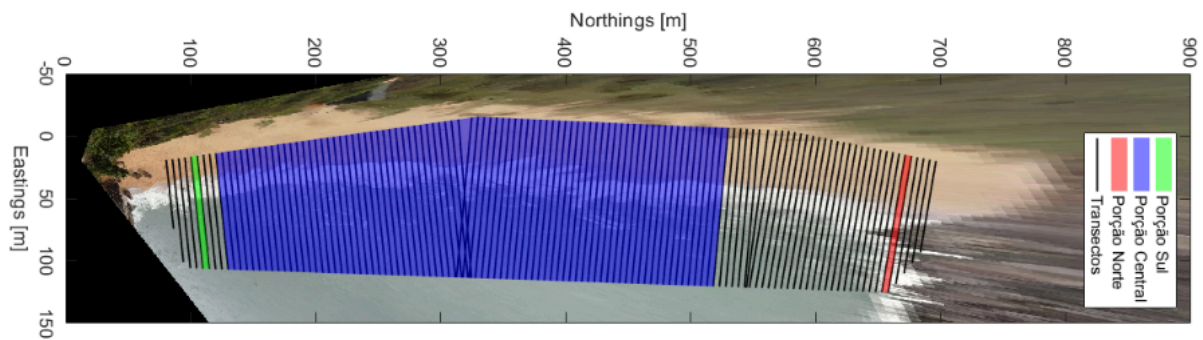
### 3.2.4. Detecção da linha de costa

Para a detecção da linha de costa é utilizado um algoritmo que detecta a diferença entre as bandas vermelha e azul, as que mais apresentaram diferença entre os *pixels* úmidos e secos. Dessa forma o indicativo da linha de costa é a linha seca-molhada (Boak; Turner, 2005; Schweitzer, 2013). Para extrair os pontos da linha de costa são criados transectos transversais à costa espaçados a cada 5 m.

Assim para cada transecto é determinado um ponto onde se encontra a linha de costa, e a ligação entre todos eles formam a linha de costa da praia. Caso tenha algum erro na identificação dos pontos eles podem ser corrigidos manualmente.

No presente estudo foram utilizados diferentes transectos para determinar a rotação e a variação da linha de costa. Para determinar a ocorrência da rotação praial foram utilizados a média entre dois transectos da porção sul e 2 transectos da porção norte, transectos 5 e 6 e transectos 118 e 119, respectivamente. Já para a determinação da variação da linha de costa foram utilizados a média entre os transectos 9 a 90 (Figura 6).

Figura 6 - Área referente aos transectos abrangidos na análise, em verde e vermelho os transectos para análise da rotação praial, sul e norte, respectivamente. Em azul, área dos transectos para análise da variação da linha de costa.



Fonte: Autoria própria

#### 3.2.4.1. Raiz do erro quadrático médio (RSME)

A comparação entre as linhas de costa geradas pelo algoritmo do CoastSnap e as coletadas pelo GPS cinemático RTK, foi realizada utilizando a raiz do erro quadrático médio, do inglês *root mean square error* (RSME), que avalia as medições reais, neste caso a linha de costa obtida pelo GPS cinemático RTK e a estimada, neste caso a linha de costa gerada pelo algoritmo do CoastSnap, seguindo a fórmula adaptada de Chai e Draxler (2014):

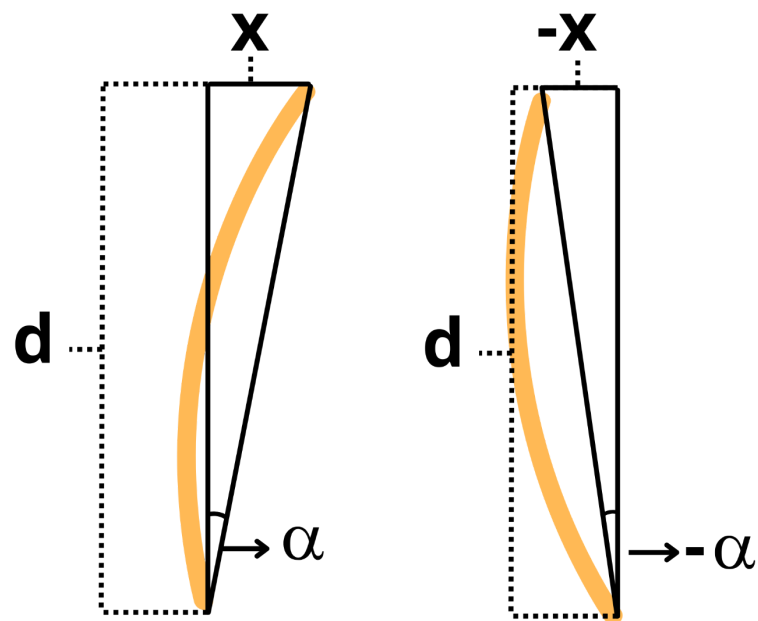
$$RSME = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m - g)^2} \quad (6)$$

Onde  $RSME$  é a raiz do erro quadrático médio,  $n$  é o número de pontos da linha de costa,  $m$  é o ponto da linha de costa medida pelo GPS cinemático RTK e  $g$  é o ponto da linha de costa estimada pelo algoritmo do CoastSnap.

#### 3.2.4.2. Rotação praial

Devido à grande quantidade de linhas de costa analisadas, tornou-se necessário compreender a magnitude e a direção dos deslocamentos das porções norte e sul. Para isso, foi utilizado o esquema de um triângulo retângulo (Figura 7), onde o cateto adjacente ( $d$ ) representa a distância ao longo da costa entre as porções norte e sul, que neste caso é 565 m. O cateto oposto ( $X$ ) é dado pela diferença entre os pontos norte e sul.

Figura 7 - Representação esquemática para o cálculo de ângulo de rotação, à esquerda rotação horária (ângulo positivo) à direita rotação anti-horária (ângulo negativo)



Fonte: Autoria própria

Com base na representação ilustrada na figura 7 é possível determinar o ângulo de rotação da praia. O ângulo será positivo para rotações no sentido horário e negativo para rotações no sentido anti-horário.

A diferença entre as porções norte e sul ( $X$ ) é expressa pela seguinte equação:

$$X = \text{Norte} - \text{Sul} \quad (7)$$

O ângulo da rotação ( $\alpha$ ) é calculado pela relação trigonométrica estabelecida entre os lados do triângulo:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{X}{d}\right) \quad (8)$$

Assim, o ângulo  $\alpha$  indica a direção e o grau de rotação da praia.

#### 3.2.4.3. Tendência da linha de costa

Para melhor avaliar o comportamento da linha de costa central, ao longo do tempo, foi realizado um ajuste linear aos dados temporais utilizando uma rotina computacional que faz o ajuste polinomial aos dados. Baseado na equação da reta:

$$y = p_1 \cdot x + p_2 \quad (9)$$

Onde  $y$  representa a largura da praia em metros,  $x$  é o tempo, em anos. O coeficiente  $p_1$  (inclinação) fornece a taxa de variação da largura da praia, expressa em metros por ano, enquanto  $p_2$  é a largura da praia no início do período monitorado.

#### 3.2.4.4. Correlação de Pearson

Os dados de ondas, altura e período, bem como a porção norte e porção sul da praia de Taquarinhas, foram correlacionados utilizando a correlação de Pearson, que visa medir a dependência linear entre duas variáveis. Para tal é necessário o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), isso é obtido seguindo a expressão matemática proposta por Pearson (1895);

$$r = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left( \frac{A_i - \mu_A}{\sigma_A} \right) \left( \frac{B_i - \mu_B}{\sigma_B} \right) \quad (10)$$

Sendo  $N$  o número de observações,  $A$  e  $B$  os conjuntos de dados a serem correlacionados,  $\mu_A$  e  $\mu_B$  as médias de  $A$  e  $B$  e  $\sigma_A$  e  $\sigma_B$  seus respectivos desvios padrão, a correlação de Pearson ( $r$ ) é obtida subtraindo a média e dividindo pelo desvio padrão de cada variável. Isso normaliza os dados e restringe  $r$  ao intervalo de -1 a 1, onde 1 indica uma correlação positiva perfeita, -1 indica uma correlação negativa perfeita e 0 indica que a relação linear entre as duas variáveis é nula (Tebechrani, 2023).

Short e Trembanis (2004) utilizaram esta mesma metodologia para detectar rotação praias na praia de Narrabeen, em Sydney, na Austrália. Portanto, serão adotados os critérios estabelecidos pelos autores para a classificação da correlação:

- $|0| \leq r < |0,3| \rightarrow$  correlação baixa ;
- $|0,3| \leq r < |0,6| \rightarrow$  correlação média;
- $r \geq |0,6| \rightarrow$  correlação alta.

Para verificar a validade estatística das correlações identificadas, aplicou-se o teste de significância, sendo considerados significativos os casos com p-valor menor que 0,05.

### 3.3. CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS

Os dados referente as ondas, período de pico, altura significativa e direção média foram obtidos provenientes da reanálise do ERA5 sendo a quinta geração produzida pelo Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo (ECMWF), que incorpora um registro completo das ondas atmosféricas globais, da superfície terrestre e do oceano desde 1950 (Hersbach *et al.*, 2020).

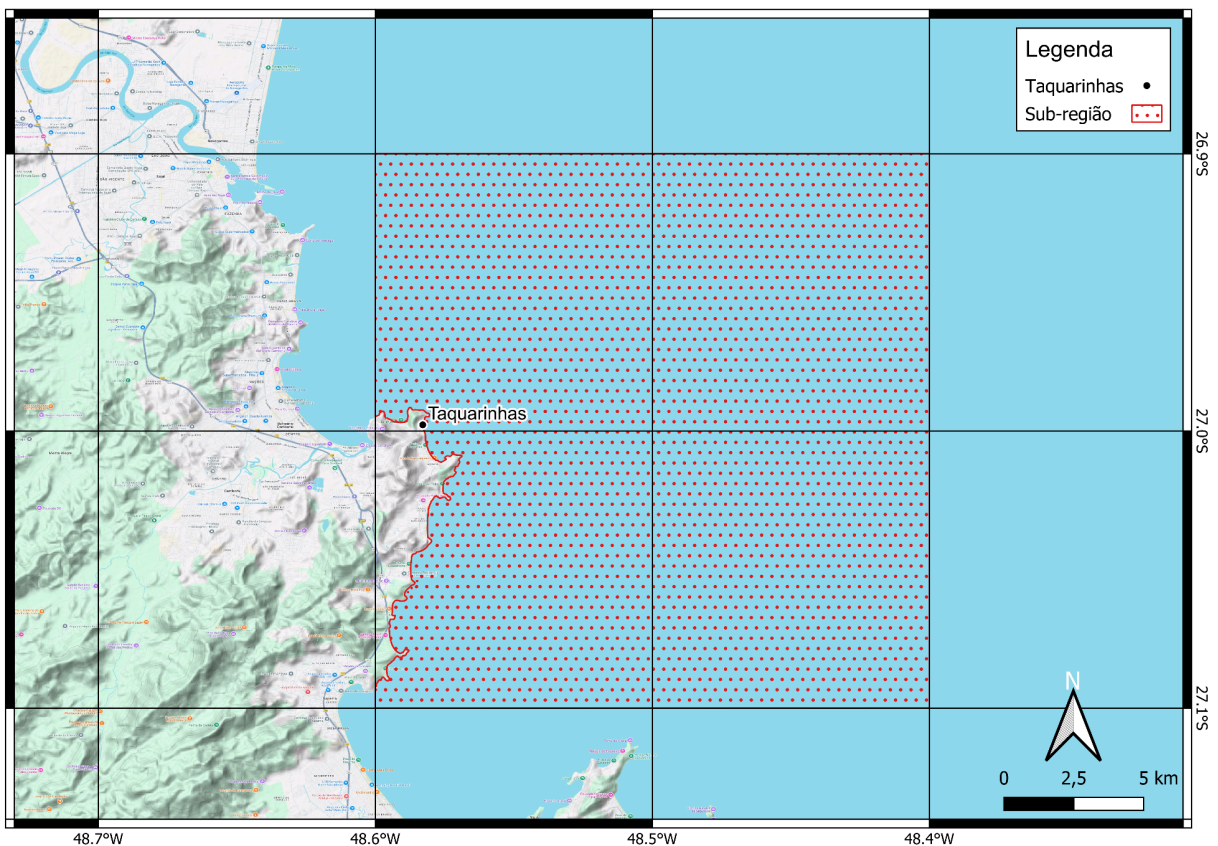
O Modelo de ondas usado nas reanálises do ERA5 é o WAM, um modelo espectral de terceira geração desenvolvido para prever a evolução do espectro de energia das ondas oceânicas ao longo do tempo (Günther; Hasselmann; Janssen, 1992).

Para este estudo, os dados foram extraídos da grade do ERA5 já modelada, com resolução espacial dos dados de  $0,5^\circ$  e uma resolução temporal a cada hora,

para inserção em grid personalizado sofre interpolação bilinear para parâmetros contínuos e o vizinho mais próximo para parâmetros discretos.

A área selecionada foi uma sub-região entre as coordenadas 26,9-27,1°S e 48,4-48,6°W (Figura 8), o centro desta sub-região está cerca de 8 km à leste da praia de Taquarinhas sob as coordenadas 27,0°S e 28,5°W, onde será de fato extraído os dados devido a resolução do modelo.

Figura 8 - Área da Sub-região utilizada na modelagem de ondas ERA5.



Fonte: Autoria própria, Basemap: Google

### 3.3.1. Potência das ondas

A potência de ondas foi calculado a partir do dado de altura de ondas e período modelado através da reanálise do ERA5 seguindo a seguinte expressão (Como et al., 2015).

$$WP = 0.98Hs^2Tp \quad (11)$$

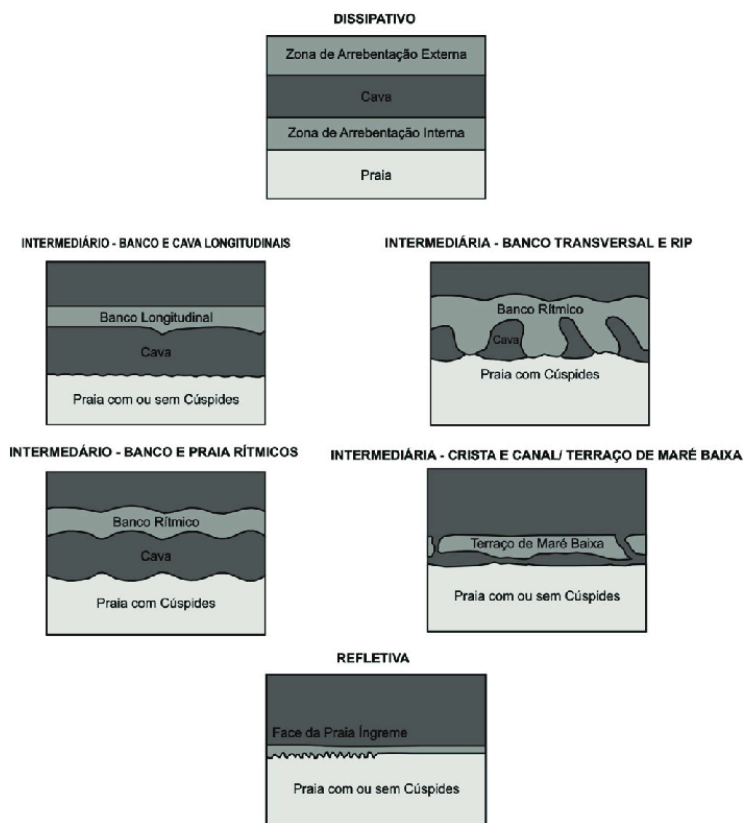
Onde  $H_s$  é altura significativa das ondas  $T_p$  é o período das ondas, sendo o valor resultante expresso em kW/m.

### 3.4. CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA

Buscando uma melhor compreensão dos processos acerca da praia de Taquarinhas, cada imagem que possua uma linha de costa associada foi classificada visualmente, com base na classificação estabelecida por Wright e Short (1984).

Desse modo, para cada imagem a praia será classificada como: Dissipativa, Banco e Cava Longitudinal, Banco Transversal e Rip, Banco e Praia Rítmicos, Terraço de Maré Baixa ou Refletiva (Figura 9).

Figura 9 - Classificação morfodinâmica de praias desenvolvida por Wright e Short (1984).



Fonte: Silveira, Klein e Tessler, 2011

Junto da classificação visual, será elaborada uma matriz de identificação de feições, onde para cada imagem será registrada a presença ou ausência das

seguintes feições: cúspides, escarpa erosiva, corrente de retorno e zona de surf. Dessa maneira auxiliando na identificação da classificação morfodinâmica.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS

De acordo com os dados modelados pelo ERA5, a altura significativa das ondas (Figura 10a) apresentou seu valor máximo de 2,74m em 27 de novembro de 2022 e o mínimo de 0,45m em 24 de julho de 2024. Observou-se, de modo geral, uma sazonalidade bem definida, com menor variabilidade na altura durante os meses de verão ( $dp = 0,23$ ) e maior variabilidade nos meses de inverno ( $dp = 0,43$ ), sendo este padrão mais evidente no primeiro ciclo anual (2022-2023). No segundo ciclo (2023-2024), as estações apresentaram menor contraste entre si.

A direção média das ondas (Figura 10b e Figura 11) apresentou predominância do quadrante Leste. A rosa das ondas (Figura 11) evidencia ainda contribuições secundárias das direções Sudeste e Nordeste, esta última com menor frequência. A variabilidade direcional também apresentou padrões sazonais, sendo mais reduzida no verão ( $dp \in [19,03; 23,02]$ ) e mais acentuada no inverno e estações de transição ( $dp \in [25,86; 32,20]$ ), quando os sistemas meteorológicos mais energéticos tendem a provocar maior dispersão direcional das ondas (Pianca et al., 2010).

Assim como para os parâmetros anteriormente descritos, o período de pico (Figura 10c) também apresentou um comportamento sazonal, mais evidente neste caso, com redução da variabilidade durante os meses de verão ( $dp \in [1,05; 1,29]$ ) e aumento nos meses de inverno ( $dp \in [1,88; 2,41]$ ). O valor máximo de 16,4s foi registrado em 18 de maio de 2024, enquanto o mínimo de 3,4s ocorreu em 20 de abril de 2023. Em geral, os maiores valores e variabilidades foram observados no outono e inverno. Episódios em que se observa simultaneamente altos valores de  $H_s$  e  $T_p$  indicam a chegada de ondas longas (*swell*) com elevado potencial energético. Por exemplo nos dias 01/04/2023, 16/06/2023 e 30/07/2024.

A média dos parâmetros de ondas das estações (Tabela 1) ajudam a entender as variações sazonais nas características de ondas durante o período de estudo. Os verões apresentaram as menores alturas significativas e períodos, o que também resulta em uma potência menor, mostrando uma predominância de vagas (*wind sea*) e direção média do quadrante leste ( $93^\circ$ - $103^\circ$ ). Os invernos revelaram-se mais energéticos em comparação aos verões, com alturas significativas e períodos

maiores, resultando em uma maior potência, o que pode indicar ondas longas (*swell*). Sendo sua direção inclinada a lés-sudeste (ESE) ( $104^{\circ}$ - $116^{\circ}$ ).

Embora os invernos tenham apresentado elevada potência de ondas, as primaveras de 2022 e 2024 foram as estações com maior potência do período de estudo, onde se destacaram por ter alturas médias de 1,25 e 1,26 respectivamente e superando os 13,5 kW/m de potência de ondas. Essa condição evidencia a influência de eventos atmosféricos de transição, como frentes frias e ciclones subtropicais, comuns neste período (Cavalcanti; Kousky, 2003).

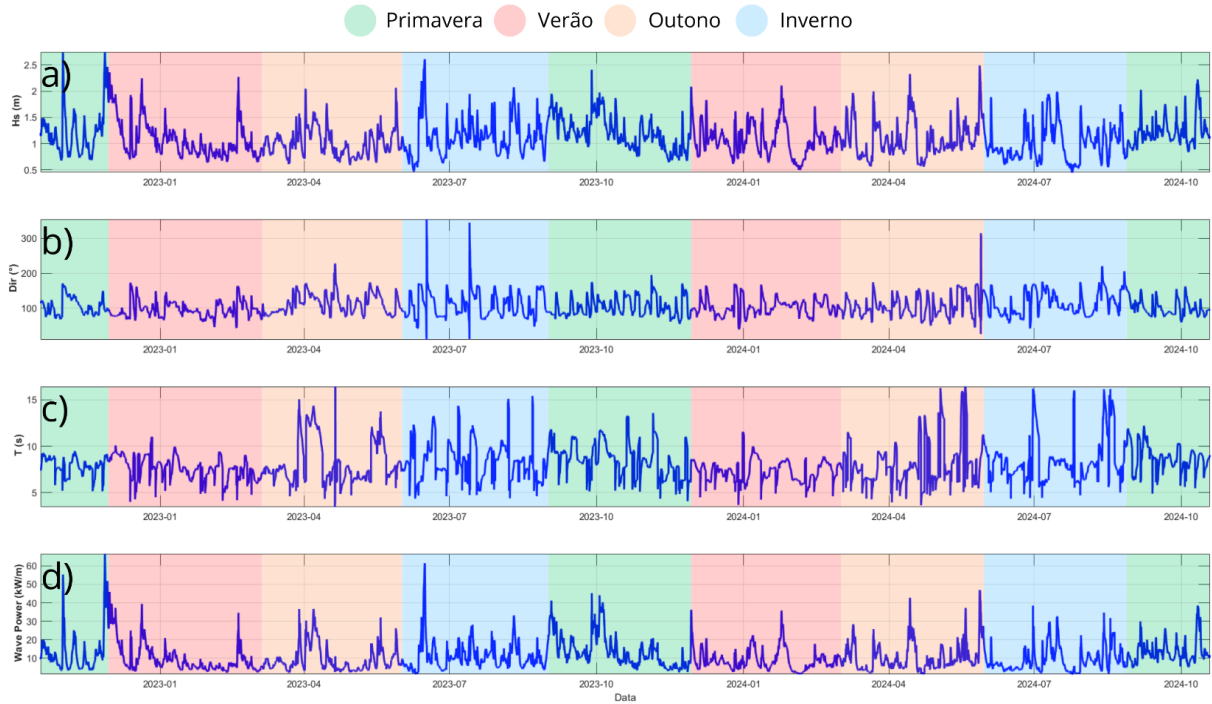
Tabela 1 - Valores médios para as estações do ano entre o período de estudo, para os dados de Altura significativa (Hs), Direção (Dir), Período de pico (Tp) e Potência.

<b>Estação</b>	<b>Média Hs (m)</b>	<b>Média Direção (°)</b>	<b>Média Período (s)</b>	<b>Média Potência (kW/m)</b>
Primavera 22	1,25	101,67	8,00	14,13
Verão 22/23	0,99	93,77	7,43	7,65
Outono 23	1,03	117,64	8,32	10,09
Inverno 23	1,19	104,88	8,56	12,52
Primavera 23	1,16	104,49	8,09	11,69
Verão 23/24	1,05	103,06	7,37	8,73
Outono 24	1,05	105,08	8,12	9,73
Inverno 24	1,08	116,23	8,76	10,79
Primavera 24	1,26	96,41	8,38	13,58

Fonte: Autoria própria

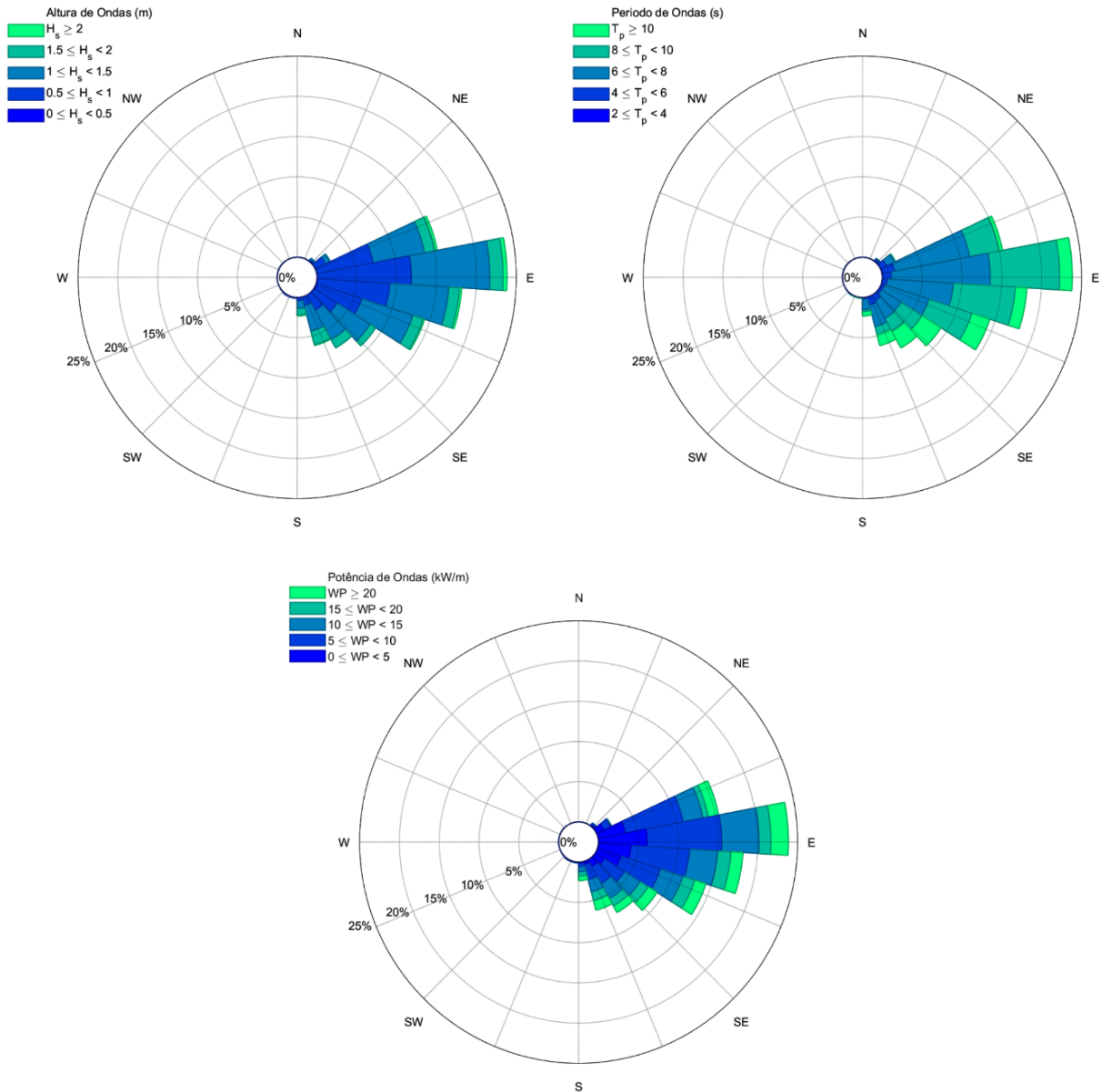
Os padrões sazonais observados nos dados provenientes da modelagem de ondas (Figura 10, Tabela 1), desenvolve certa implicação na linha de costa. O inverno e primavera com ondas de maior potência, tende a gerar eventos erosivos, já no verão com ondas menos energéticas e menor variabilidade direcional, tende a recuperação sedimentar (Harley et al., 2015). Ademais, eventos isolados com alta potência observados nas estações de transição (outono e primavera) podem estar relacionados à passagem de sistemas frontais.

Figura 10 - Parâmetros de ondas do modelo de ondas ERA5 para a região de Taquarinhas, com as estações do ano em destaque: a) Altura significativa de ondas; b) Direção média de ondas; c) Período de pico de ondas; d) Potência de ondas



Fonte: Autoria própria

Figura 11 - Rosas das ondas mostrando a direção, probabilidade das ocorrências da direção ao longo de seu raio, altura significativa (esquerda), período de pico (direita) e potência de ondas (inferior) em escala de cores.



Fonte: Autoria própria

#### 4.2. LINHA DE COSTA

No ano de sua implementação, 2022, a estação de Taquarinhas recebeu 14 imagens; no ano seguinte, 2023, 111 imagens foram recebidas e, posteriormente, em 2024, com a maior contribuição dos transeuntes 473, revelando um aumento na participação da comunidade ao longo do tempo. Devido ao intervalo de tolerância de

maré, a visibilidade dos GCPs, iluminação e imagem na orientação “paisagem” 261 linhas de costa foram extraídas e podem ser observadas na Figura 12.

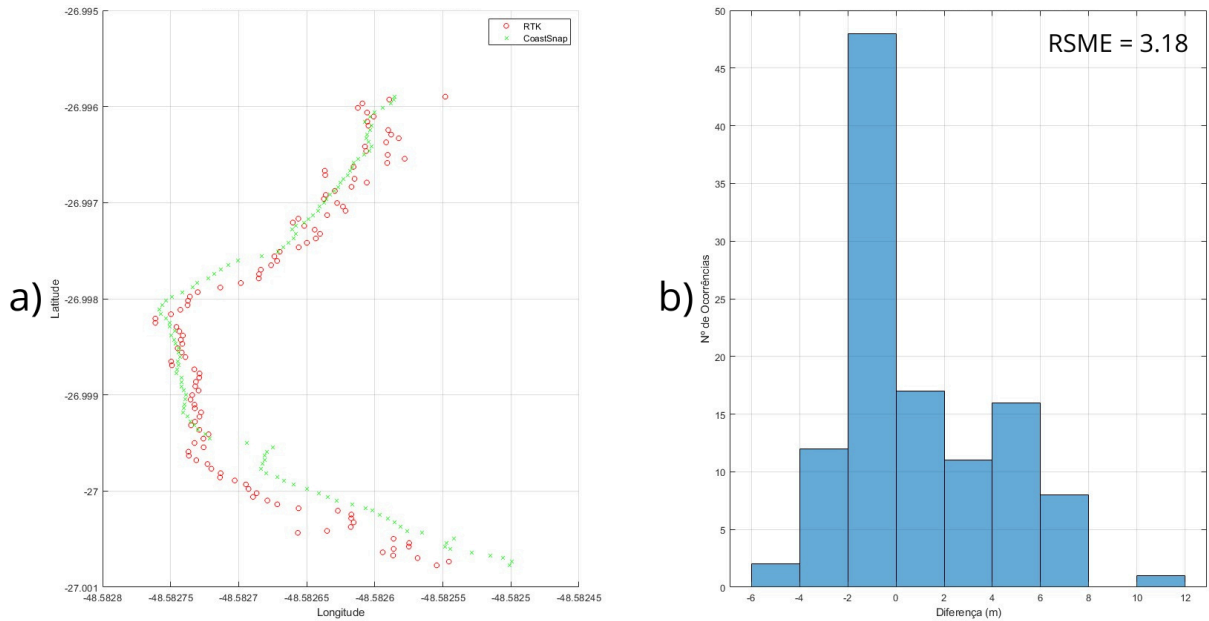
Figura 12 - Linhas de costa acumuladas sobre a imagem oblíqua (esquerda) e retificada (direita) da praia de Taquarinhas.



Fonte: Autoria própria

Para complementar a análise e estimar o erro local, durante um campo de manutenção da estrutura do CoastSnap, a linha de costa foi determinada por meio de um GPS cinemático RTK, sendo ela a posteriori comparada com a linha de costa estimada pelo algoritmo do CoastSnap (Figura 13a). O resultado apresentou-se satisfatório, com RSME de 3,18 m (Figura 13b) com a maior classe de ocorrência de diferença sendo de -2 a 0 metros.

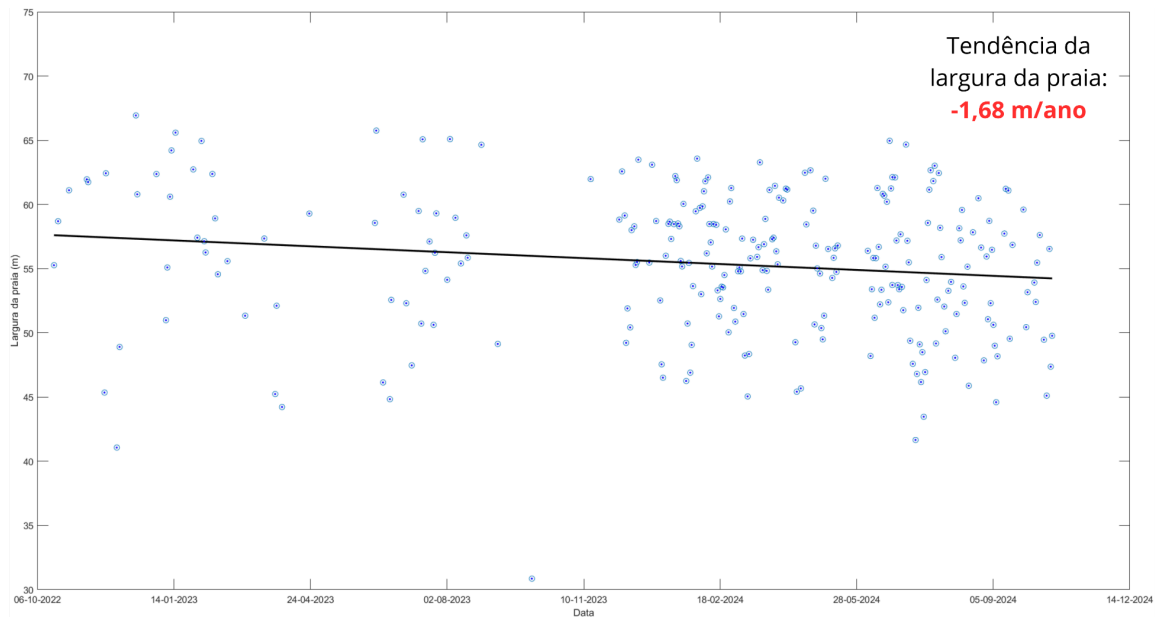
Figura 13 - Comparação entre a linha de costa estimada pelo CoastSnap e medida através do GPS RTK. a) Linha de costa do GPS RTK, vermelho, e linha de costa do CoastSnap, verde. b) Histograma da diferença entre a linha de costa no GPS RTK e o CoastSnap.



Fonte: Autoria própria

Ao analisar a linha de costa da porção central da praia de Taquarinhas e traçar a tendência das 261 linhas de costa, mostrou-se uma tendência negativa, ou seja, durante o período de 2 anos a praia de taquarinhas apresentou uma tendência erosiva de -1,68 metros/ano (Figura 14), com a largura máxima de 66,9 m sendo registrada no dia 17 de dezembro de 2022 e mínima de 30,9 m em 3 de outubro de 2023, dessa maneira mostrando uma amplitude de variação de 36 m, com largura média de 55,40 m e desvio padrão de 5,5 m.

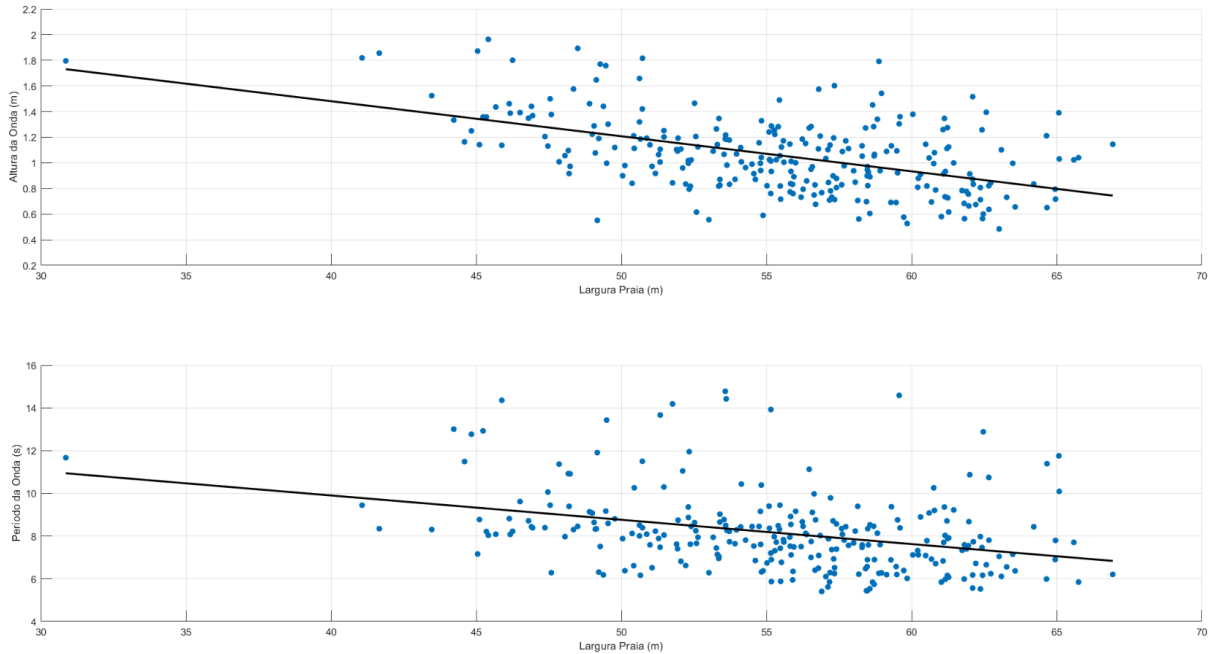
Figura 14 - Dispersão da largura de praia média da porção central para cada dia na praia de Taquarinhas e linha de tendência.



Fonte: Autoria própria

Por meio dos testes de correlação de Pearson realizados entre as linhas de costa centrais e os parâmetros de ondas (altura significativa e período de pico), foi possível extrair correlações significativas e compreender o comportamento da linha de costa central quando submetida a condições de ondas (altura e período). Na Figura 16, nota-se a correlação negativa para ambos os parâmetros. Para a variável altura significativa, obteve-se um  $r = -0,51$ , indicando uma correlação média com a largura da praia, sugerindo que, em condições de maior potência de ondas, a linha de costa tende a recuar, resultando em uma diminuição da largura da faixa de areia. Ainda na Figura 15, o período de pico mostrou um  $r = -0,34$ , também apresentando correlação negativa, entretanto mais fraca que a correlação anterior. Dessa forma, demonstra-se que o aumento do período (geralmente atribuído à presença de *swell*) contribui para o estreitamento da faixa de areia. Tais padrões reforçam a tendência erosiva associada ao aumento da potência de ondas incidentes sobre a praia, especialmente durante os meses de inverno e estações de transição, conforme observado na análise sazonal dos dados de ondas.

Figura 15 - Teste de correlação de Pearson para largura de praia x altura significativa de ondas (superior)  $r = -0.51$   $p = 0,000$  e largura de praia x período de ondas (inferior)  $r = -0,34$   $p = 0,000$



Fonte: Autoria própria

Ao observar a Tabela 2, é reforçado o resultado do teste de correlação de Pearson, mostrando um aumento da largura da praia sob condições de menor potência e diminuição da largura da praia sob condições de maior potência. Isso fica evidente ao compararmos o valor de menor potência, no verão de 2022/2023 (7,65 kW/m), com seu respectivo valor de largura, 58,78 m, que corresponde ao maior valor observado. O mesmo ocorre com o segundo maior valor de potência, na primavera de 2024 (13,58 kW/m), cujo valor de largura associado, 52,57 m, representa o menor valor registrado no período.

Tabela 2 – Médias sazonais da largura da praia e da potência de ondas durante o período de estudo, com os respectivos valores de p do teste de significância da correlação de Pearson entre as variáveis.

<b>Estação</b>	<b>Média Largura (m)</b>	<b>Média Potência (kW/m)</b>	<b>p valor</b>
Primavera 22	56,75	14,13	0,001
Verão 22/23	58,76	7,65	0,072
Outono 23	53,58	10,09	0,005
Inverno 23	55,82	12,52	0,131
Primavera 23	55,04	11,69	0,001
Verão 23/24	55,64	8,73	0,000
Outono 24	55,97	9,73	0,002
Inverno 24	54,35	10,79	0,000
Primavera 24	52,57	13,58	0,604

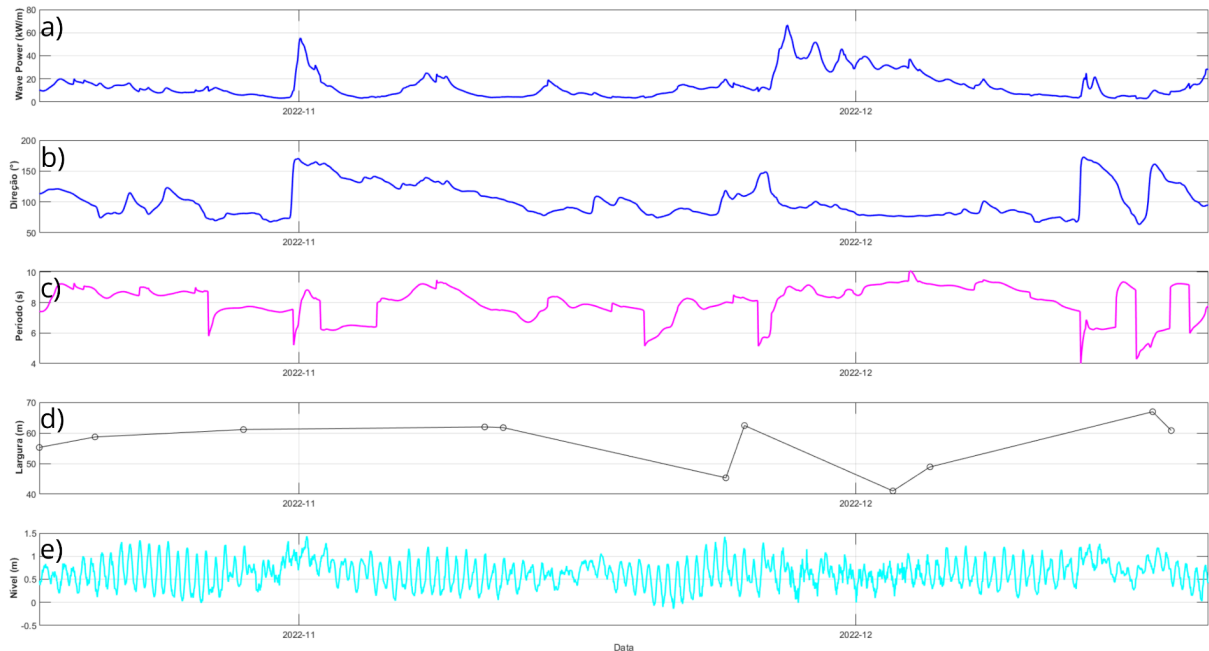
Fonte: Autoria própria

#### **4.2.1. Primavera 2022**

A seguir, são apresentados os gráficos de potência de ondas, direção de propagação e largura da praia ao longo das quatro estações do ano entre outubro de 2022 e outubro de 2024, com o objetivo de aprofundar o entendimento dos processos que levam à alteração da largura da praia (Figura 16 e Apêndice A).

Gráficos completos de potência, direção de ondas, período, largura da praia e maré para todas as estações estão apresentados no Apêndice A.

Figura 16 - Gráficos de Potência de ondas a), Direção de ondas b), Período de pico c), Largura de praia d), Nível de maré e), para a Primavera de 2022



Fonte: Autoria própria

A partir dos dados obtidos (Figura 16), observou-se uma relativa estabilidade entre o início do monitoramento e o dia 12 de novembro. A partir desse ponto, ocorreram dois episódios erosivos distintos. O primeiro, registrado em 24 de novembro, coincide com o pico de maré do período (1,42 m), o que pode ter favorecido a chegada de ondas em regiões normalmente não atingidas, promovendo o recuo da linha de costa. Já o segundo episódio, identificado em 3 de dezembro, pode estar associado a um aumento expressivo da potência de ondas, seguido de um declínio gradual. Sugerindo que a presença de ondas mais energéticas teve papel fundamental no desencadeamento da erosão devido à maior capacidade de transporte do sedimento. (Komar; Inman, 1970)

#### 4.2.2. Verão 2022-2023

Durante o verão de 2022/2023, observou-se uma predominância de condições de baixa variabilidade na potência de ondas. No entanto, logo nos primeiros dias de janeiro, identificou-se uma tendência erosiva significativa, possivelmente associada a uma mudança na direção das ondas, que passaram do quadrante leste-nordeste para leste-sudeste.

Com o retorno de condições mais estáveis, houve uma recuperação gradual da faixa de praia. No início de fevereiro, um novo ciclo de erosão-acresção foi observado, desta vez influenciado por variações tanto na direção quanto no período das ondas.

Já no final do verão, embora tenha sido registrado um aumento na potência de ondas, esse evento não resultou em alterações significativas na largura da praia, possivelmente devido ao fato das ondas incidentes apresentarem ângulos muito agudos, provenientes de direções próximas aos quadrantes norte e sul, o que reduz sua eficiência no transporte sedimentar.

#### **4.2.3. Outono 2023**

No outono de 2023, a baixa quantidade de imagens prejudicou uma análise mais detalhada do comportamento da linha de costa. Ainda assim, o mês de abril apresentou uma variabilidade baixa na amplitude de direção das ondas, o que pode ter contribuído para o recuo da linha de costa. Em seguida, observou-se uma relativa estabilidade na potência das ondas, favorecendo a recuperação sedimentar. Por fim, no final do outono, um pico de potência de ondas promoveu a remobilização do sedimento, ocasionando, por consequência, a redução da faixa de areia.

#### **4.2.4. Inverno 2023**

O inverno de 2023 teve início com um recuo da faixa de areia, devido ao aumento da potência de ondas no final do outono do mesmo ano, seguido de uma recuperação gradual da linha de costa, motivada pela baixa potência das ondas. No mês de julho, houve uma redução na largura da praia, influenciada pela mudança na direção das ondas, que passaram de ondulações provenientes do quadrante leste para o sul-sudeste. Essa variação também foi acompanhada por um aumento no período das ondas e, de forma atrasada, por um pico de potência. Nos meses subsequentes, a linha de costa acompanhou inversamente a variação na potência de ondas.

#### **4.2.5. Primavera 2023**

Nos primeiros meses da primavera de 2023, outubro e novembro, foram obtidas apenas duas imagens válidas, o que compromete a interpretação dos dados nesse período. Ainda assim, no início de outubro observou-se uma alta potência de ondas, acompanhada por longos períodos e direção sudeste, culminando na menor largura de praia registrada durante todo o estudo (30,9 m). Esse fato reforça a importância dos parâmetros de ondas na alteração da linha de costa, conforme discutido em seções anteriores. De forma contrastante, na metade de novembro foram registrados menores valores de potência e período de ondas, com direção predominantemente leste, o que resultou em uma largura de praia de 61,9 m. Ao final da estação, houve um aumento na quantidade de imagens obtidas, com uma frequência satisfatória. Na porção final da primavera, a largura da praia apresentou certa influência da maré, acompanhando sua variação, além de evidenciar a mudança na direção das ondas — com tendências erosivas associadas à predominância de ondulações de sudeste e processos de recuperação ligados a ondas vindas do leste.

#### **4.2.6. Verão 2023-2024**

O verão de 2023-2024 iniciou com a linha de costa em processo de recuperação após um evento erosivo de pequena intensidade ocorrido pouco antes do final de dezembro. No fim de dezembro, uma alteração na direção das ondas favoreceu o transporte longitudinal, o que resultou no recuo da linha de costa para valores inferiores a 50m. Logo em seguida, observou-se uma recuperação da largura de praia.

No dia 24 de janeiro, houve outro evento de alta potência, que ultrapassou 30 kW/m, resultando em uma nova redução da largura da praia, que atingiu valores pouco inferiores a 47m. Após esse episódio, a praia apresentou tendência de recuperação, favorecida por características de ondas mais estável.

Já em fevereiro, destacaram-se dois eventos erosivos: o primeiro, em 9 de fevereiro, associado ao aumento do período das ondas; o segundo, no dia 15, impulsionado por uma mudança brusca na direção, que passou de leste-nordeste para sudeste. Em março, a linha de costa respondeu inversamente à variação da potência das ondas. Um episódio expressivo foi registrado no dia 5, quando houve

simultaneamente aumento da potência e mudança de direção, resultando na menor largura da praia durante a estação, com valor mínimo de 45 metros observado no dia 9 de março.

#### **4.2.7. Outono 2024**

No outono de 2024, a estação teve início com um sutil episódio de alta potência no dia 22 de março, que resultou em uma diminuição de cerca de 5 metros na linha de costa. O evento seguinte teve seu pico no dia 14 de abril, com a potência superior a 40 kW/m, reduzindo a largura da praia para 45,4 m. Essa faixa recuperou-se rapidamente até o dia 20 de abril, quando se iniciou uma nova fase de erosão gradual, conduzida pelo aumento do período das ondas e pela alternância na direção de propagação. O valor mínimo da largura foi registrado com 49,9 metros, momento em que o período atingiu 16,2 segundos. Na sequência, observou-se uma estabilização da linha de costa, seguida por um intervalo sem dados disponíveis até o início de junho. A partir de então, ocorreram sucessivos ciclos de erosão e acreção, sobretudo influenciados pela alternância no período das ondas e nas condições de maré.

#### **4.2.8. Inverno 2024**

No inverno de 2024, a linha de costa esteve intimamente ligada às variações da potência de ondas, com poucos casos onde o período ou a direção das ondas exerceram influência isolada. O inverno teve início com certa estabilidade na linha de costa, com exceção do dia 23 de junho, onde apresentou-se uma queda na largura de praia, possivelmente associada à mudança da direção de propagação de ondas, para então no dia 25 do mesmo mês iniciar uma tendência erosiva motivada pelo aumento da potência de ondas, tendo ocorrido uma recuperação adiante, no dia 3 de julho, possivelmente causada pela diminuição do período e alteração para o quadrante leste de propagação de ondas.

Na sequência, verificou-se uma nova tendência erosiva, desencadeada pela sequência de 3 eventos de alta potência, juntamente com ondas do quadrante sudeste. Essa combinação de fatores culminou no menor valor de largura neste intervalo de tempo, 41,6 metros. Adiante destes eventos, ocorreu uma recuperação gradual da faixa de areia devido a baixa potência de ondas. Em seguida, foi

registrada uma forte retração, devido ao aumento brusco no período das ondas, seguida por uma breve recuperação e uma nova retração, associada ao aumento da potência de ondas e à alteração na direção.

Nos demais eventos, a linha de costa se comportou de forma inversa à potência de ondas, observando-se também influência da maré, sobretudo a partir da segunda quinzena de setembro até o final do inverno.

#### **4.2.9. Primavera 2024**

A primavera de 2024 teve início com baixa potência de ondas e propagação proveniente do quadrante leste, favorecendo a recuperação sedimentar, resultando em uma largura de praia de 59,6 metros. Com o aumento do período e a alteração da direção de propagação das ondas para sudeste, somados a um pequeno aumento na potência de ondas — condição que favorece o processo erosivo — a largura da praia reduziu-se para 50,4 metros.

No dia 3 de outubro, ocorreu um sutil evento de alta potência de ondas; entretanto, devido à ausência de imagens na data, não foi possível registrar a largura da praia. Entre os dias 5 e 9 do mesmo mês, observou-se uma condição de mar estável, que favoreceu uma leve recuperação sedimentar, interrompida logo em seguida por um evento de alta potência de longa duração, o qual refletiu em uma tendência erosiva nos dias posteriores.

#### **4.2.10. Geral**

Dessa forma, neste estudo, foi observado a variação de curto prazo da praia de Taquarinhas (Stive et al., 2002), onde foram avaliados os impactos de parâmetros de ondas (direção, período de pico e potência de ondas) e também a maré, sobre a largura de praia.

Assim, verificou-se uma relação direta entre as variações nos parâmetros de ondas, sobretudo na altura e período, como mostrado pela correlação de Pearson e visto nos estudos de Daly et al. (2011), onde verificou a atuação destes parâmetros em praias de enseada. Portanto, ondas com grande potência e períodos longos chegam com mais energia à face da praia, aumentando a capacidade de erosão, assim promovendo o recuo da linha de costa (Masselink; Hughes, 2003; Sénéchal; Ruiz De Alegría-Arzaburu, 2020).

A direção, não obstante, possui papel conjunto em se tratando da variação da linha de costa. Foi observado que as direções de propagação de ondas do quadrante leste, ou seja de ângulo próximo a  $90^\circ$  no ponto modelado, promovem a estabilidade da linha de costa, já ângulos próximos a  $45^\circ$ , nordeste, e  $135^\circ$ , sudeste (agudos), promovem erosão, sobretudo em condições de ondas de sudeste, como já observado por Klein e Menezes (2001) ao analisar a forma da praia. Isso pode ter ligação com a deriva litorânea calculada utilizando o produto do seno e cosseno do ângulo das ondas em relação à costa na arrebentação (Komar; Inman, 1970).

Portanto, quando o ângulo é agudo tem-se o maior valor de força da corrente litorânea, com o oposto ocorrendo em ângulos retos, o que reforça a observação realizada de ondas do quadrante leste promover a estabilidade e ondas dos quadrantes nordeste e sudeste promover erosão, sendo que esta última teve mais impacto devido a maior altura de ondas associado ao quadrante sudeste, principalmente nos meses de inverno e primavera.

A maré não figurou como a principal condicionante da linha de costa durante o período analisado. No entanto, em poucos casos específicos, quando não houve variação significativa na direção das ondas e a potência estava baixa, a maré atuou como principal condicionante da linha de costa, como exemplo o final da primavera de 2023.

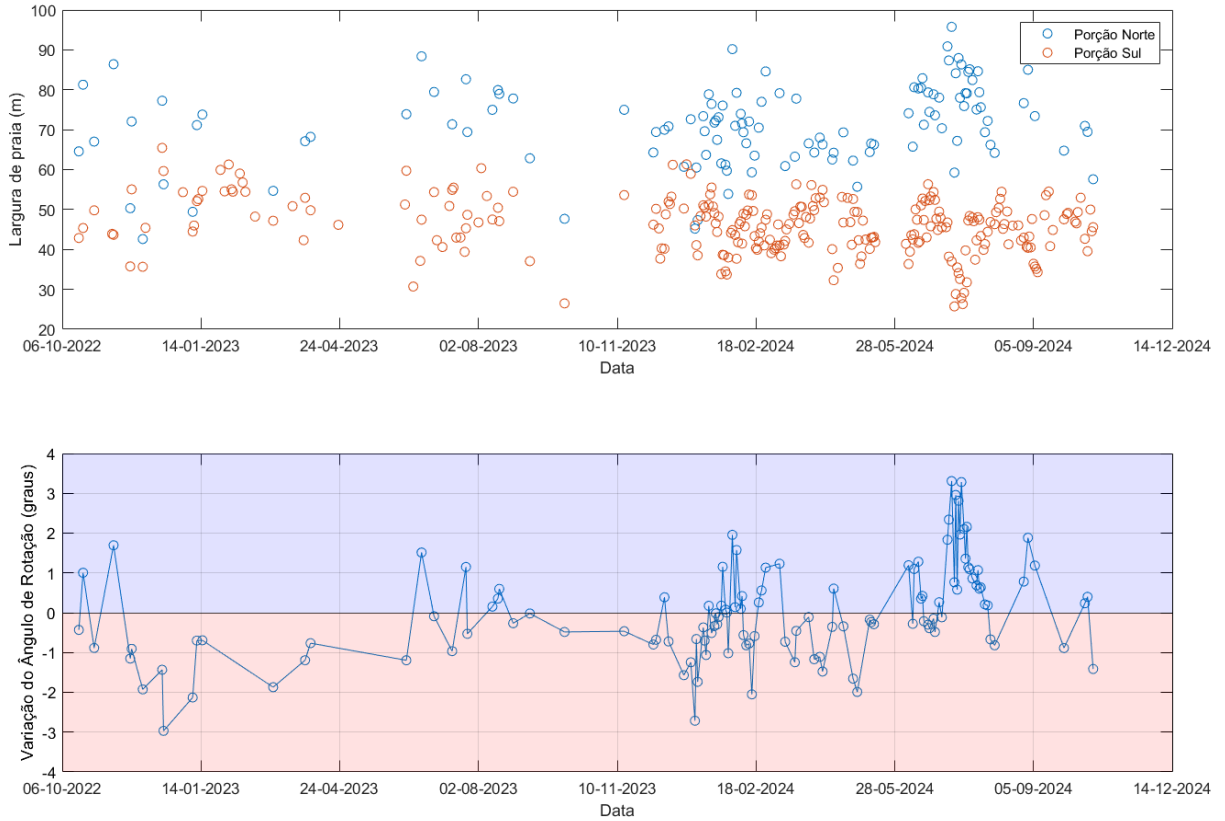
Assim, a variabilidade da largura da praia de Taquarinhas ao longo do período de estudo reflete a interação entre potência e período de ondas, direção de propagação e nível de maré. Em conjunto, esses fatores condicionam a capacidade de transporte e deposição de sedimentos, moldando a resposta morfodinâmica da praia em escalas sazonais e de curto prazo (Stive et al., 2002).

### 4.3. ROTAÇÃO DE PRAIA

Para a avaliação da rotação praial na praia de Taquarinhas, foi realizada a análise conjunta da variação da largura da praia nas porções norte e sul e da variação angular em relação à média (Figura 17), como exposto na secção 3.2.4.2 . Observa-se que a largura da porção norte foi, em geral, superior à da porção sul ao longo de todo o período de monitoramento.

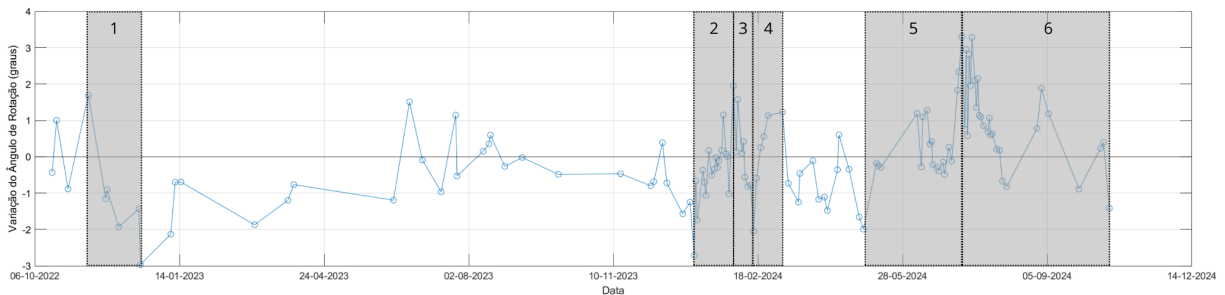
A análise da variação angular em relação à média (Figura 17) permitiu identificar possíveis episódios de rotação positiva (horária) e negativa (anti-horária). Devido a metodologia utilizada, a variação apenas em uma das porções da praia resulta em variações angulares, o que pode ser interpretada erroneamente como rotação, para seguir rigorosamente a definição de Short e Masselink (1999), onde refere-se a rotação praial como uma mudança no transporte de areia ao longo da costa alternado entre as extremidades de praias de enseada, causado principalmente por mudanças na direção das ondas, foram estabelecidos eventos de rotação a serem verificados (Figura 18). Desse modo, foram atribuídos 6 possíveis eventos de rotação distintos tanto no período quanto em intensidade.

Figura 17 - Gráfico de dispersão da largura de praia para a porção Sul (vermelho) e Norte (azul) -Superior-. Gráfico de variação do ângulo em relação a média, quadrante azul, rotação horária e quadrante vermelho rotação anti-horária -Inferior-.



Fonte: Autoria própria

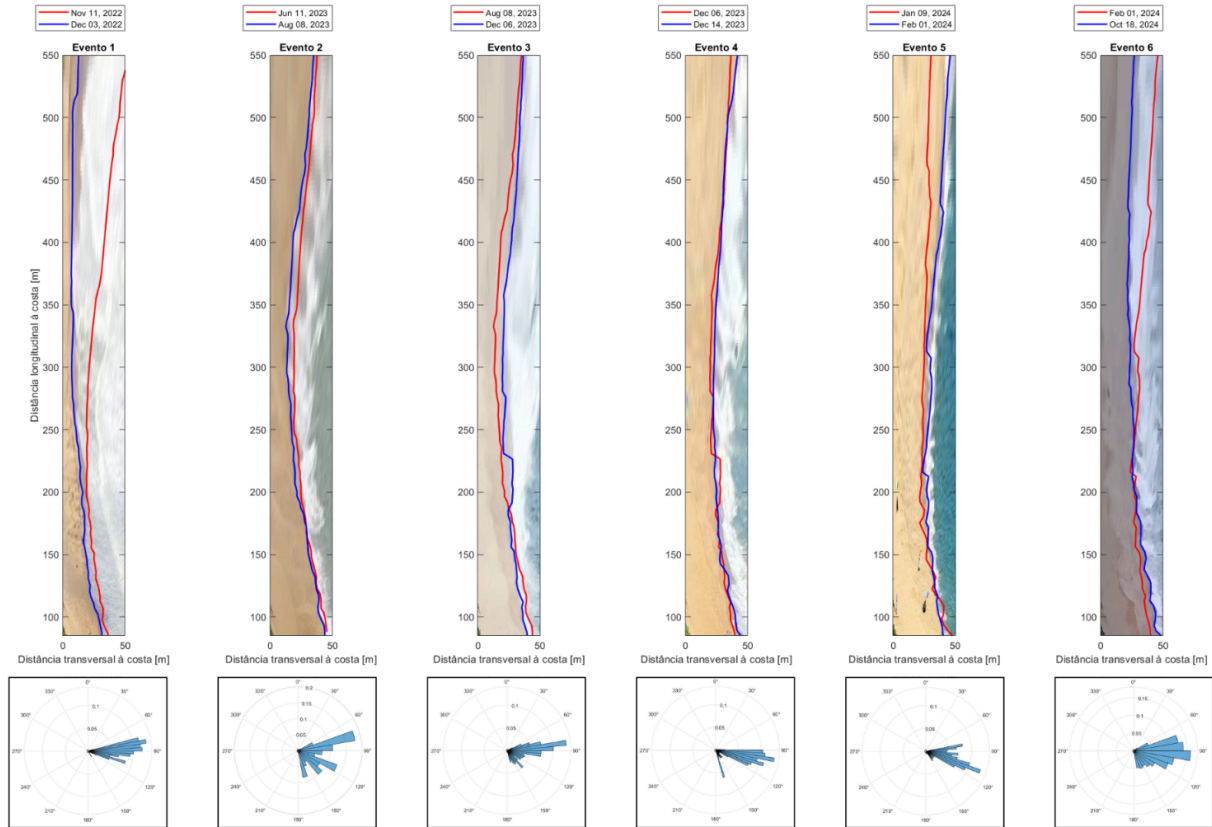
Figura 18 - Gráfico de variação do ângulo em relação a média, destacando os eventos selecionados para análise.



Fonte: Autoria própria

Portanto, ao avaliar a Figura 19 e seguir a definição de Short e Masselink (1999), é notável o processo de rotação apenas no evento 6, sendo o evento 5 menos perceptível e o evento 3 praticamente imperceptível.

Figura 19 - Imagens retificadas do último dia do evento e sobre ela a linha de costa do início e do fim do evento, embaixo a rosa de ondas respectiva de cada um dos eventos.



Fonte: Autoria própria

Analisando as características de ondas individualmente para cada um dos eventos, disponível no Apêndice B, revelou as seguintes informações.

O primeiro evento teve a direção de ondas bastante constante, sendo a média de  $93,5^\circ$ , muito próximo ao ângulo reto, impactando diretamente a eficiência da deriva litorânea, como explicado anteriormente, ainda assim logo ao fim do evento houve um aumento da energia de ondas que gerou grandes valores de variação de ângulo, embora tenha ocorrido a erosão diferencial das extremidades da praia, ambas foram erodidas, não caracterizando rotação.

O segundo evento, apresentou variações grandes tanto de altura de ondas, período e direção, portanto a combinação de energia fragmentada e direção instável impede o transporte consistente que favoreça a rotação.

O terceiro evento, assim como o segundo, houveram variações tanto de altura de ondas, período e direção, entretanto menos intensas, com exceção da altura de

ondas. O que pode ter deixado o transporte longitudinal fluir sem tantas interrupções. Assim mostrando uma sutil rotação.

O quarto evento, foi um evento curto com a direção de ondas relativamente estável e baixa altura de ondas, com exceção do dia 8 de dezembro. Portanto, possivelmente a baixa altura de ondas juntamente com o pequeno período do evento não foi suficiente para induzir uma rotação na praia.

O quinto evento teve condições muito próximas do quarto evento entretanto ao final do evento a altura de ondas se manteve alta e estável por mais tempo o que pode ter induzido a rotação neste caso.

O sexto evento teve a maior duração dentre eles, com uma baixa altura de ondas no início e alta ao fim, uma média de direção de ondas de  $107,2^\circ$ , favorecendo o transporte longitudinal tornando-o consistente por muitos meses, gerando um efeito acumulado de rotação muito mais intenso e visível.

Apesar de apenas um evento ter evidenciado rotação de forma clara, este foi suficiente para corroborar os achados de Vintém et al. (2006), que destacam a sazonalidade da rotação praial em praias de enseada, incluindo Taquarinhas, principalmente associada à variação na direção de propagação das ondas. No referido estudo, observou-se que a rotação horária está relacionada a ondas provenientes do quadrante sul, enquanto a rotação anti-horária associa-se a ondas do quadrante norte.

Outro aspecto relevante é o fato de que, conforme apontado por Klein, Benedet Filho e Schumacher (2002), a praia de Taquarinhas pertence ao arco praial Taquaras/Taquarinhas, com a praia de Taquaras localizada ao sul de Taquarinhas. Esse enquadramento ajuda a explicar a baixa variabilidade observada na porção sul da praia, que se encontra próxima a um afloramento rochoso, restringindo o basculamento da linha de costa quando comparado à porção norte. Segundo os referidos autores, existe uma troca de sedimentos entre ambas praias.

#### 4.4. MORFODINÂMICA

Ao analisar 261 imagens seguindo a metodologia descrita na seção 3.4, foi observado em apenas 17 delas um estágio morfodinâmico diferente de refletiva, sendo que em todas essas imagens a praia de Taquarinhas esteve no estágio de terraço de maré baixa, ou seja em 93,5% das observações a praia de Taquarinhas

esteve no estágio morfodinâmico refletiva. Mostrando uma alta taxa de estabilidade morfodinâmica.

Para melhor compreensão dos fatores que influenciam na mudança dos estágios foram divididos em grupos os dias de alteração dos estágios, sendo que todos os grupos se encontram no estágio de terraço de maré baixa (Tabela 3).

Tabela 3 - Divisão dos grupos

<b>Grupo</b>	<b>Datas</b>
1	03 e 05 de dezembro de 2022
2	16 de junho de 2023
3	03 de outubro de 2023
4	06 de janeiro de 2024
5	24 a 27 de janeiro de 2024
6	14 e 17 de abril de 2024
7	10 e 14 a 17 de julho de 2024
8	12 de outubro de 2024

Fonte: Autoria própria

Dessa forma, cada grupo uniu as datas próximas dos eventos de modificação do estágio morfodinâmico, onde todos os grupos representam 6,5% das observações, ainda assim cada grupo possui 1 imagem vinculada (Figura 20).

Figura 20 - Imagens da praia de Taquarinhas, em condição de estágio morfodinâmico de terraço de maré baixa.



Fonte: Autoria própria

Os parâmetros de ondas para cada um dos grupos podem ser vistos no Apêndice C. Onde foi possível notar que os padrões de ondas que induziram as mudanças morfodinâmicas foram de maneira geral, períodos longos, grande alturas de ondas e direção sudeste, portanto quando as ondas chegavam próximo a 2 metros de altura e períodos próximos a 10 segundos, já a direção houve variação indo desde  $80^\circ$  -  $140^\circ$ , entretanto com predominância de su-sudeste. Condições estas possivelmente associadas a eventos de tempestade.

Estas evidências corroboram com o estudo de Klein e Menezes (2001), onde também classificaram a praia de Taquarinhas como refletiva, encontrando também escarpas e alterações para terraço durante tempestades. Sendo a ausência de outros estágios morfodinâmicos atribuídos a inclinação da face de praia (1:40), diminuindo muito o espaço de arranjo dos sedimentos, interrompendo a correta acomodação deles.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo compreender o comportamento morfodinâmico e da linha de costa na praia de Taquarinhas, em Santa Catarina, por meio do monitoramento comunitário com base em imagens obtidas no projeto CoastSnap, entre outubro de 2022 e outubro de 2024. Com base nas análises realizadas, foi possível alcançar os objetivos propostos, que incluíram a avaliação do comportamento espaço-temporal da linha de costa e sua relação com os parâmetros oceanográficos (altura significativa, período de pico, direção de propagação das ondas e maré), isso com imagens provenientes da ciência cidadã.

Ao longo do período analisado, constatou-se uma tendência erosional na faixa de areia da praia de Taquarinhas, com perdas acumuladas que acompanharam ciclos sazonais. Os recuos mais expressivos coincidiram com os meses de inverno e primavera, quando os parâmetros de ondas apresentaram maior potência e longos períodos. A direção de ondas teve um papel conjunto, onde ondas vindas de leste estiveram associadas à estabilidade da linha de costa, enquanto as provenientes do sudeste contribuíram para episódios erosivos.

As correlações estatísticas reforçaram a influência da altura e do período das ondas na largura da praia, especialmente quando associadas a picos de maré, que favorecem a ação erosiva. Os valores de correlação mostraram-se elevados, o que pode estar relacionado ao estágio refletivo da praia de Taquarinhas, no qual a resposta às condições de onda tende a ser mais imediata e direta. É importante destacar que esse padrão nem sempre é observado em outras praias, especialmente naquelas com estágios intermediários ou dissipativos, cujas morfologias permitem maior amortecimento da energia incidente, resultando em respostas mais lentas e menos lineares.

Observou-se que, em Taquarinhas, essas correlações apresentaram valores elevados, o que pode estar relacionado ao seu estágio morfodinâmico refletivo, no qual a resposta da faixa de areia às variações nas condições oceanográficas tende a ser mais direta e imediata. É importante destacar que esse padrão nem sempre é observado em outras praias, especialmente naquelas com estágios intermediários ou dissipativos, nas quais a morfologia permite maior amortecimento da energia incidente.

No que diz respeito à rotação praial, seis eventos foram analisados, mas apenas um mostrou-se claro, assim como descrito na literatura. Esse episódio corrobora a existência de sazonalidade na rotação em praias de enseada, fortemente influenciada pela direção das ondas. Onde a baixa quantidade de observações estiveram ligadas a proximidade de um afloramento rochoso, que possivelmente diminui o basculamento da porção sul da praia de Taquarinhas.

A análise morfodinâmica da praia de Taquarinhas evidenciou uma alta estabilidade ao longo do período observado, com predominância marcante do estágio refletivo. As poucas alterações detectadas - todas associadas ao estágio de terraço de maré baixa - ocorreram sob condições de maior energia de ondas e direção predominante de sudeste. Esses resultados confirmam o comportamento descrito na literatura, reforçando que a inclinação acentuada da face praial limita a acomodação sedimentar e restringe a ocorrência de estágios mais dissipativos, consolidando Taquarinhas como uma praia refletiva com rara variação morfodinâmica.

Os resultados obtidos evidenciam não apenas a complexidade da interação entre os agentes costeiros, mas também o valor da ciência cidadã como método de monitoramento. A experiência mostrou que a colaboração comunitária é capaz de gerar dados confiáveis e em alta frequência. Como continuidade, sugere-se a ampliação da série temporal e espacial, o cruzamento com dados meteorológicos locais e a investigação da resposta costeira a eventos extremos, como ressacas e frentes frias.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

BOAK, E. H.; TURNER, I. L. **Shoreline Definition and Detection: A Review**. Journal of Coastal Research, v. 614, p. 688-703, 2005.

CAVALCANTI, I. ; KOUSKY, V. **Climatology of South American cold fronts, In: International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography**. 2003. p. 2003.

CHAI, Tianfeng; DRAXLER, Roland R. **Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? Arguments against avoiding RMSE in the literature**. Geoscientific Model Development, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 1247–1250, 2014. DOI: 10.5194/gmdd-7-1525-2014.

COASTSNAP. **Regional Projects**. Disponível em: <https://www.coastsnap.com/regional-projects>. Acesso em: 13 nov. 2024.

COMO, Steven; MEAS, Passe; STERGIYOU, Kelsey; WILLIAMS, Jessica. **Ocean wave energy harvesting: off-shore overtopping design**. Worcester Polytechnic Institute, 2015. Disponível em: <https://digital.wpi.edu/xd07gv14n>. Acesso em: 20 maio 2025.

DALY, C. J. et al. **Morphodynamics of embayed beaches: the effect of wave conditions**. **Geomorphology**, [S. l.], v. 135, n. 1-2, p. 195–205, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/241277804\\_Morphodynamics\\_of\\_Embayed\\_Beaches\\_The\\_Effect\\_of\\_Wave\\_Conditions](https://www.researchgate.net/publication/241277804_Morphodynamics_of_Embayed_Beaches_The_Effect_of_Wave_Conditions). Acesso em: 25 abr. 2025.

DEAN, R. G.; DALRYMPLE, R. A. **Water wave mechanics for engineers and scientists**. Singapore: World Scientific Publishing, 1991.

ECOLIBRA. **Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental APA Costa Brava**. Balneário Camboriú, SC, 2016. 564 p.

GÜNTHER, Heinz; HASSELMANN, Susanne; JANSSEN, P. A. E. M. **The WAM model cycle 4**. 1992.

HARLEY, M. D.; TURNER, I. L.; SHORT, A. D.; RANASINGHE, R. **New insights into embayed beach rotation: The importance of wave exposure and cross-shore processes**. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, v. 120, n. 8, p. 1470–1484, 2015. DOI: 10.1002/2014JF003390. Acesso em: 5 abr. 2025.

HARLEY, Mitchell D.; KINSELA, Michael A.; SÁNCHEZ-GARCÍA, Elena; VOS, Kilian. **Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images**. Coastal Engineering, v. 150, p. 175-189, 2019. ISSN 0378-3839. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.04.003>. Acesso em: 24 jun. 2024.

HARLEY, Mitchell D.; KINSELA, Michael A. **CoastSnap: A global citizen science program to monitor changing coastlines**. Continental Shelf Research, v. 245, 2022. ISSN 0278-4343. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104796>. Acesso em: 10 jun. 2024.

HARTLEY, R.; ZISSERMAN, A. **Multiple View Geometry in Computer Vision**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. Cap. 6.

HAKLAY, Mordechai et al. **What is citizen science? The challenges of definition**. In: The science of citizen science. 2021. p. 13.

HERSBACH, Hans, et al. **The ERA5 global reanalysis**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 146, n. 730, p. 1999-2049, 2020.

HORN FILHO, Norberto Olmiro. **Atlas geológico da planície costeira do estado de Santa Catarina em base ao estudo dos depósitos quaternários**. 2020.

IRWIN, Alan. **Citizen Science: A Study of People, Expertise, and Sustainable Development**. Londres: Routledge, 1995.

KLEIN, Antonio Henrique da Fontoura; BENEDET FILHO, Lindino; SCHUMACHER, Delamar H. **Short-term beach rotation processes in distinct headland bay beach systems**. Journal of Coastal Research, p. 442-458, 2002.

KLEIN, Antonio Henrique da Fontoura; MENEZES, Joao Thadeu de. **Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast**. Journal of Coastal Research, v. 17, n. 4, p. 812-835, 2001b. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4300242>. Acesso em: 12 out. 2024.

KOMAR, P. D.; INMAN, D. L. **Longshore sand transport on beaches**. Journal of Geophysical Research, v. 75, n. 30, p. 5914–5927, 1970. DOI: 10.1029/JC075i030p05914.

MASSELINK, G.; HUGHES, M. G. **Introduction to coastal processes and geomorphology**. London: Hodder Arnold, 2003.

NICHOLLS, R. J.; HANSON, S. E.; LOWE, J. A.; WARRICK, R. A.; LU, X.; LONG, A. J. **Sea-level scenarios for evaluating coastal impacts**. WIREs Climate Change, v. 5, p. 129-150, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.253>. Acesso em: 18 jul. 2024.

PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. **Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis**. Brazilian Journal of Oceanography, São Paulo, v. 58, n. 1, p. 53–70, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjoce/a/QZz4kzgzHKSxKT4PdBr3wf5x/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 5 abr. 2025.

RANASINGHE, R.; McLOUGHLIN, R.; SHORT, A.; SYMONDS, G. **The Southern Oscillation Index, wave climate, and beach rotation**. *Marine Geology*, v. 204, n. 3-4, p. 273-287, 2004.

RECH, Cláudia Maria Correia Borges. **Subsídios para o zoneamento costeiro de uso da Área de Proteção Ambiental-APA Costa Brava, Santa Catarina, Brasil**. 2003. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

PEARSON, K. **Notes on regression and inheritance in the case of two parents**. *Proceedings of the Royal Society of London*, v. 58, p. 240-242, 1895.

SCHETTINI, C. A.; CARVALHO, J. L.; TRUCCOLO, E. C. **Aspectos hidrodinâmicos da enseada da Armação de Itapocoroy, SC**. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 3, n. 1, p. 99-109, 1999.

SCHWEITZER, Alexandre. **Monitoramento da linha de costa: uma análise de métodos e indicadores aplicados em investigações na escala de eventos**. 2018. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/168220>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SÉNECHAL, Nadia; RUIZ DE ALEGRÍA-ARZABURU, Amaia. **Seasonal imprint on beach morphodynamics**. In: JACKSON, Derek W. T.; SHORT, Andrew D. (ed.). *Sandy Beach Morphodynamics*. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2020. p. 461–486. ISBN 9780081029275. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5>. Acesso em: 26 abr. 2025.

SHORT, A. D.; JACKSON, D. W. T. **10.5 Beach Morphodynamics**. In: SHRODER, John F. (Ed.). *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, 2013. p. 106-129. ISBN 9780080885223. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00275-X>. Acesso em: 04 ago. 2024.

SHORT, Andrew D.; TREMBANIS, Arthur C. **Decadal scale patterns in beach oscillation and rotation Narrabeen Beach, Australia—time series, PCA and wavelet analysis**. *Journal of Coastal Research*, v. 20, n. 2, p. 523-532, 1 abr. 2004. DOI: 10.2112/1551-5036(2004)020[0523:DSPIBO]2.0.CO;2.

SHORT, A. D.; MASSELINK, G. **Embayed and structurally controlled beaches**. In: SHORT, A. D. (org.). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester: Wiley, 1999. p. 142–161.

SILVEIRA, Lucas; KLEIN, Antonio Henrique; TESSLER, Moysés. **Análise da morfodinâmica de praias de enseada a partir de imagens aéreas verticais: caso de estudo: praias do estado de Santa Catarina e do litoral norte do estado de São Paulo**. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 15, n. 2, p. 13-28, 2011. DOI: 10.14210/bjast.v15n2.p13-28.

STOCKDON, H. F.; HOLMAN, R. A.; HOWD, P. A.; SALLENGER, A. H. **Parametrização empírica de setup, swash e runup**. Coastal Engineering, v. 53, p. 573-588, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.12.005>. Acesso em: 12 out. 2024

TEBECHRANI, Ligia de Freitas et al. **Comportamento da linha de costa, interferência de obras costeiras e relações interpraiais: estudo de caso nas praias arenosas de Barra Velha, Santa Catarina**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/253271/POCE0066-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 abr. 2025

TRUCCOLO, Eliane Cristina. **Estudo do comportamento do vento no litoral centro-norte de Santa Catarina**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, p. 451-460, 2011.

TURNER, Ian L. et al. **A multi-decade dataset of monthly beach profile surveys and inshore wave forcing at Narrabeen, Australia**. Scientific Data, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2016.

UNESCO. **Sea Level Station Monitoring Facility**. Disponível em: <https://www.iocsealevelmonitoring.org/station.php?code=imbi>. Acesso em: 12 out. 2024.

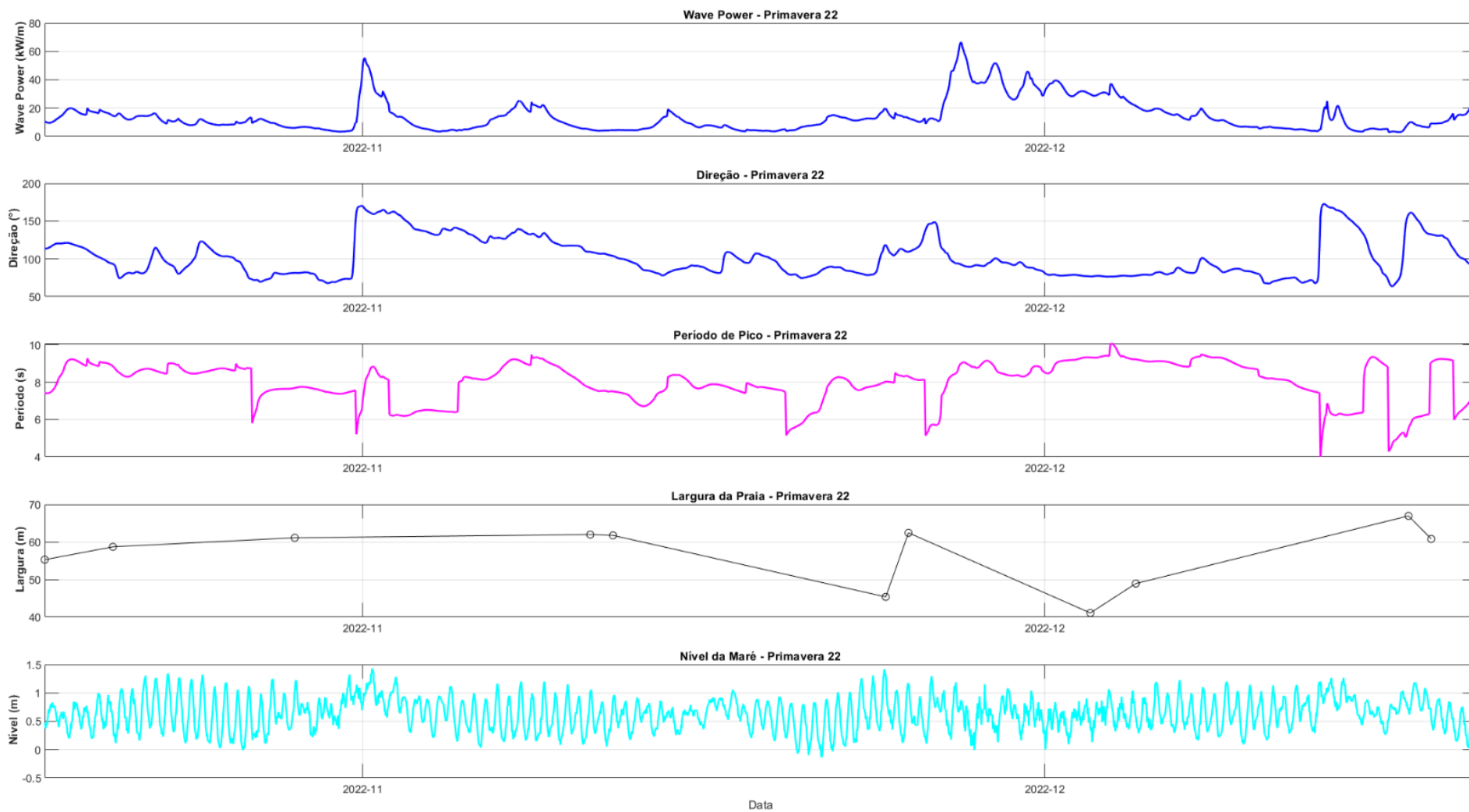
VINTÉM, G.; FREITAS, M. P.; MENEZES, J. T.; KLEIN, A. H. **Beach rotation processes: 35 month survey of embayed beaches of Santa Catarina Brazil**. Journal of Coastal Research, Special Issue, n. 39, p. 1752-1755, 2006.

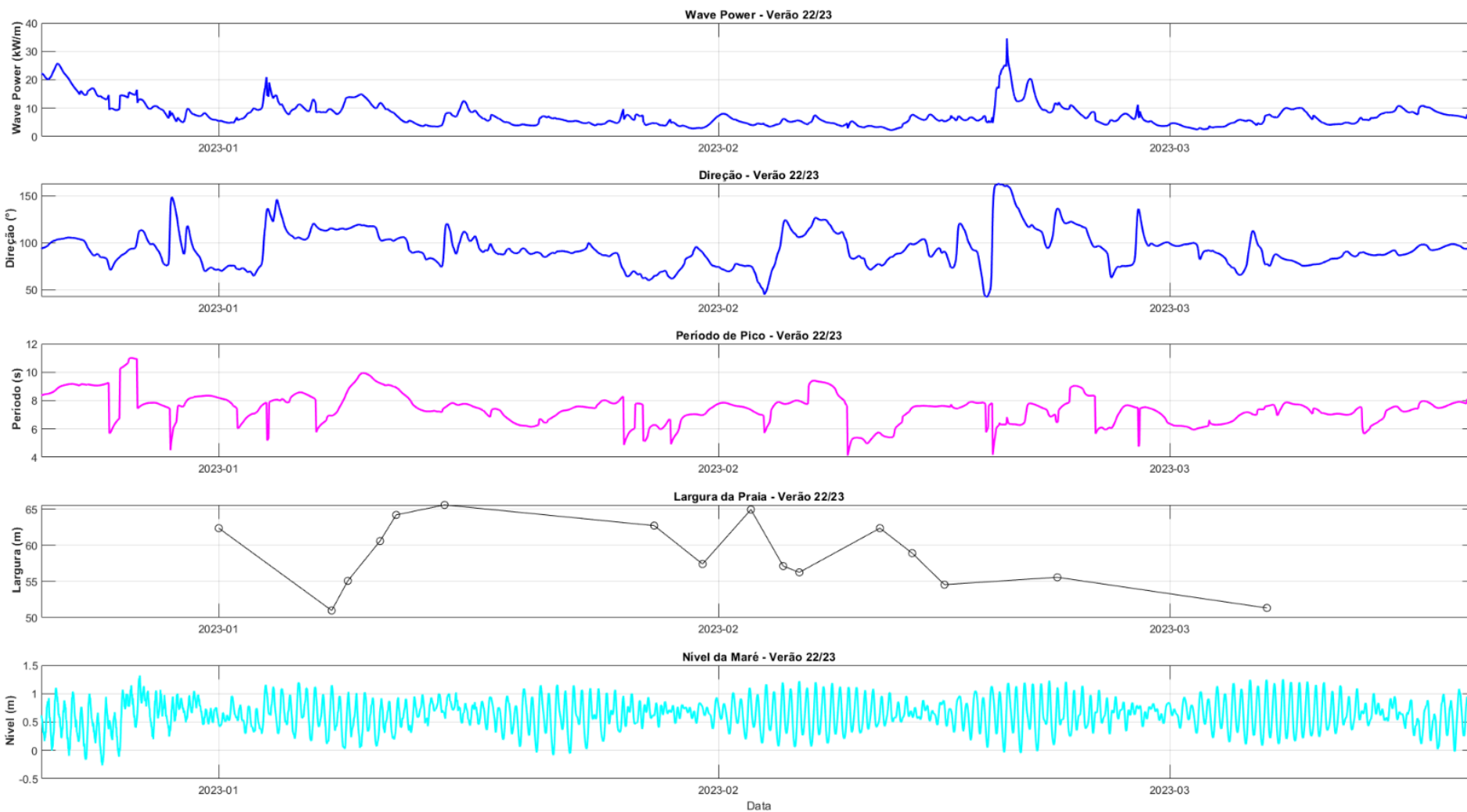
WOLF, Paul R.; DEWITT, Bon A.; WILKINSON, Benjamin E. **Development of collinearity condition equations**. In: **Elements of photogrammetry with applications in GIS**. 4. ed. Nova York: McGraw-Hill Education, 2014. Cap. D. Disponível em: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071761123/back-matter/appendix4>. Acesso em: 11 out. 2024.

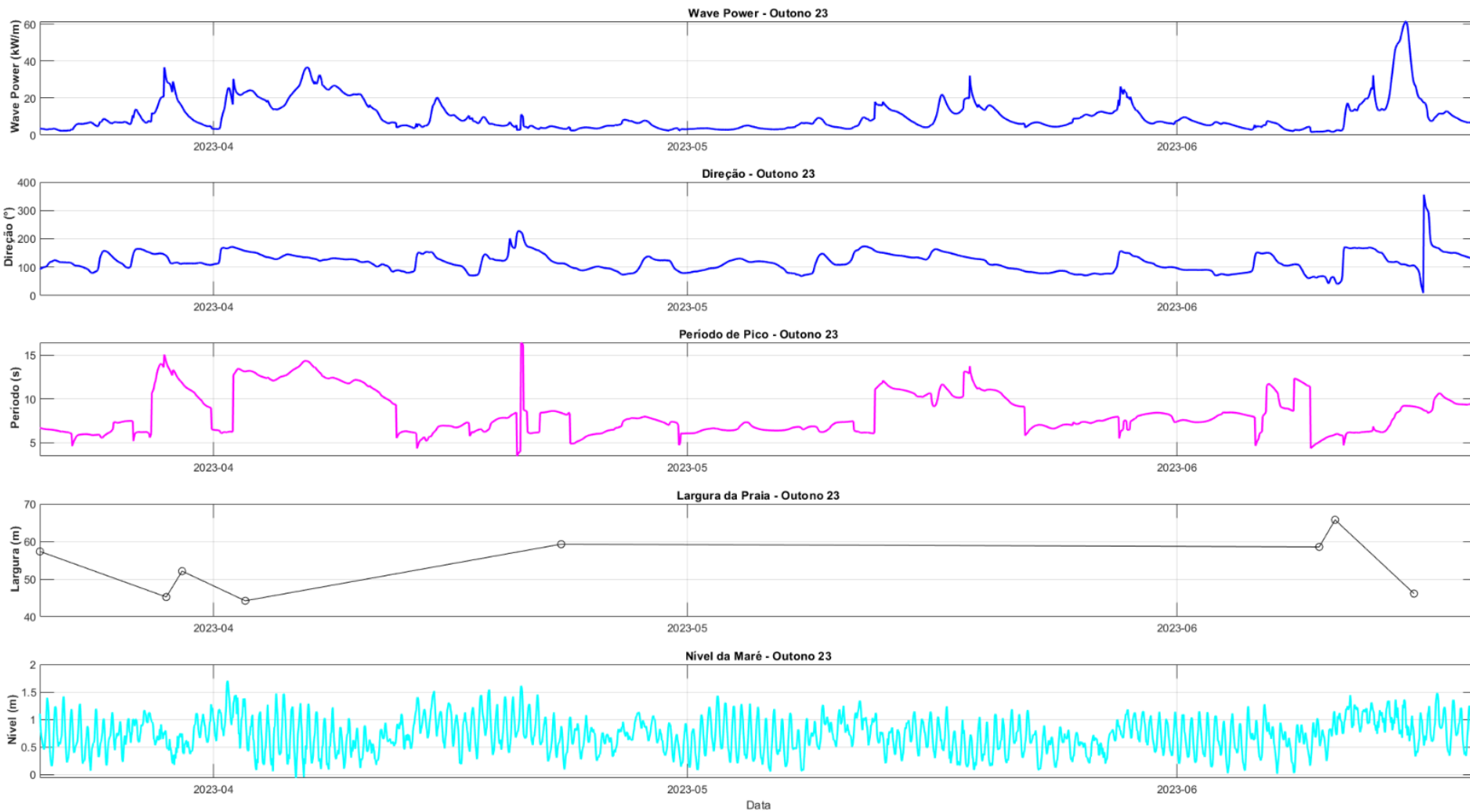
WRIGHT, L. D.; THOM, B. G. **Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach**. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, v. 1, n. 3, p. 412-459, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/030913337700100302>. Acesso em: 01 jul. 2024.

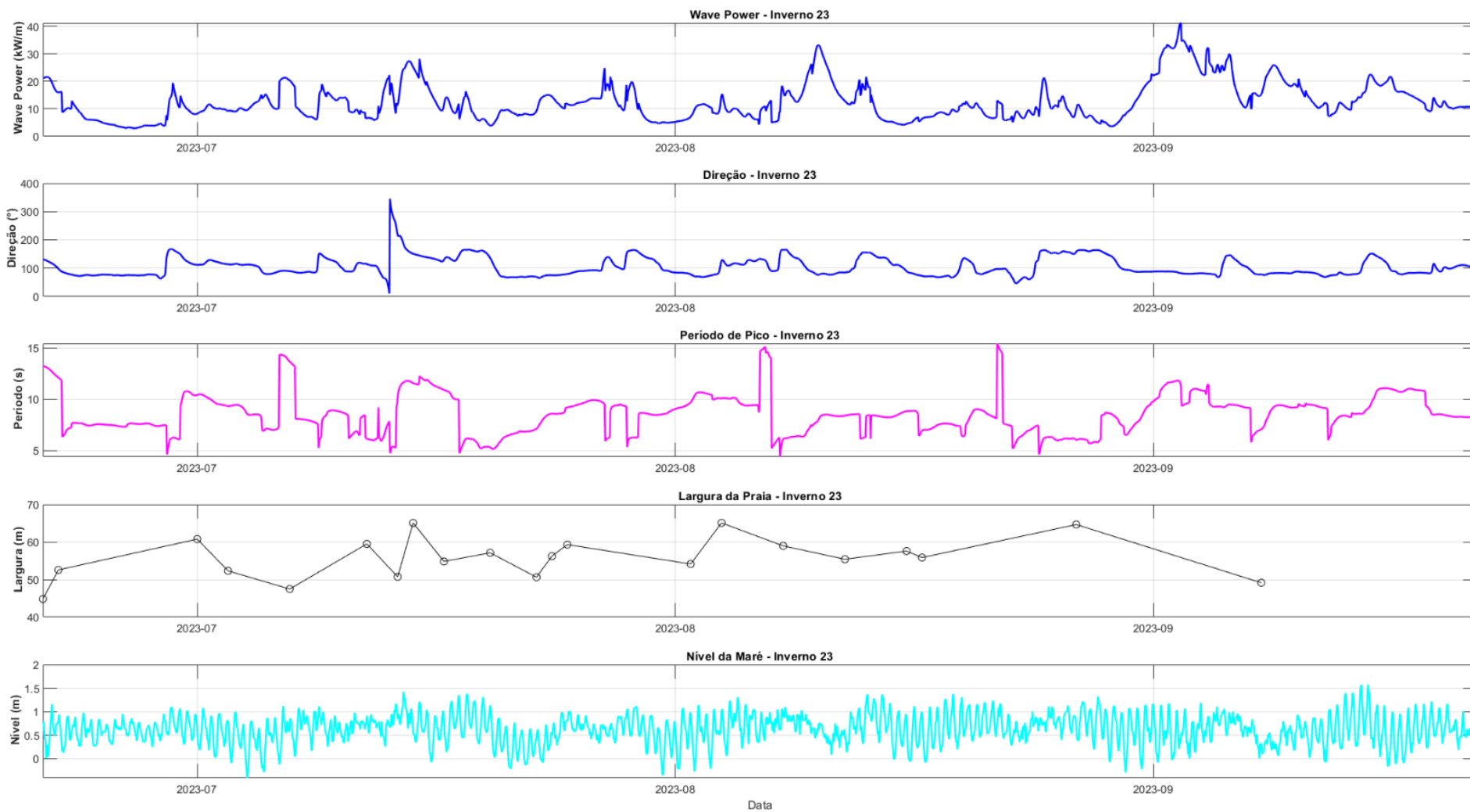
WRIGHT, Lynn D.; SHORT, Andrew D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis**. Marine Geology, v. 56, n. 1-4, p. 93-118, 1984.

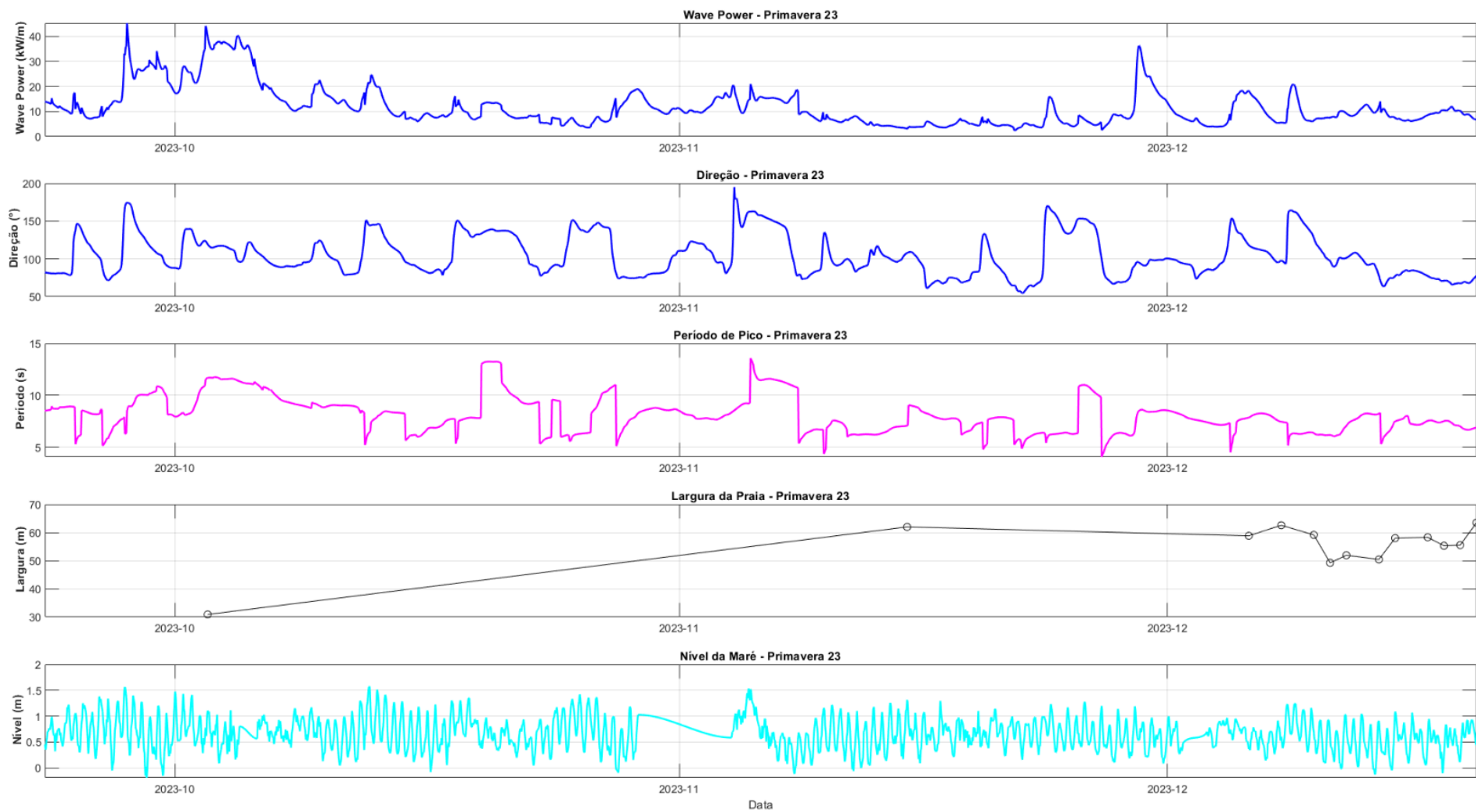
## APÊNDICE A - Gráficos Potência/Direção/Período/Largura/Maré Sazonais

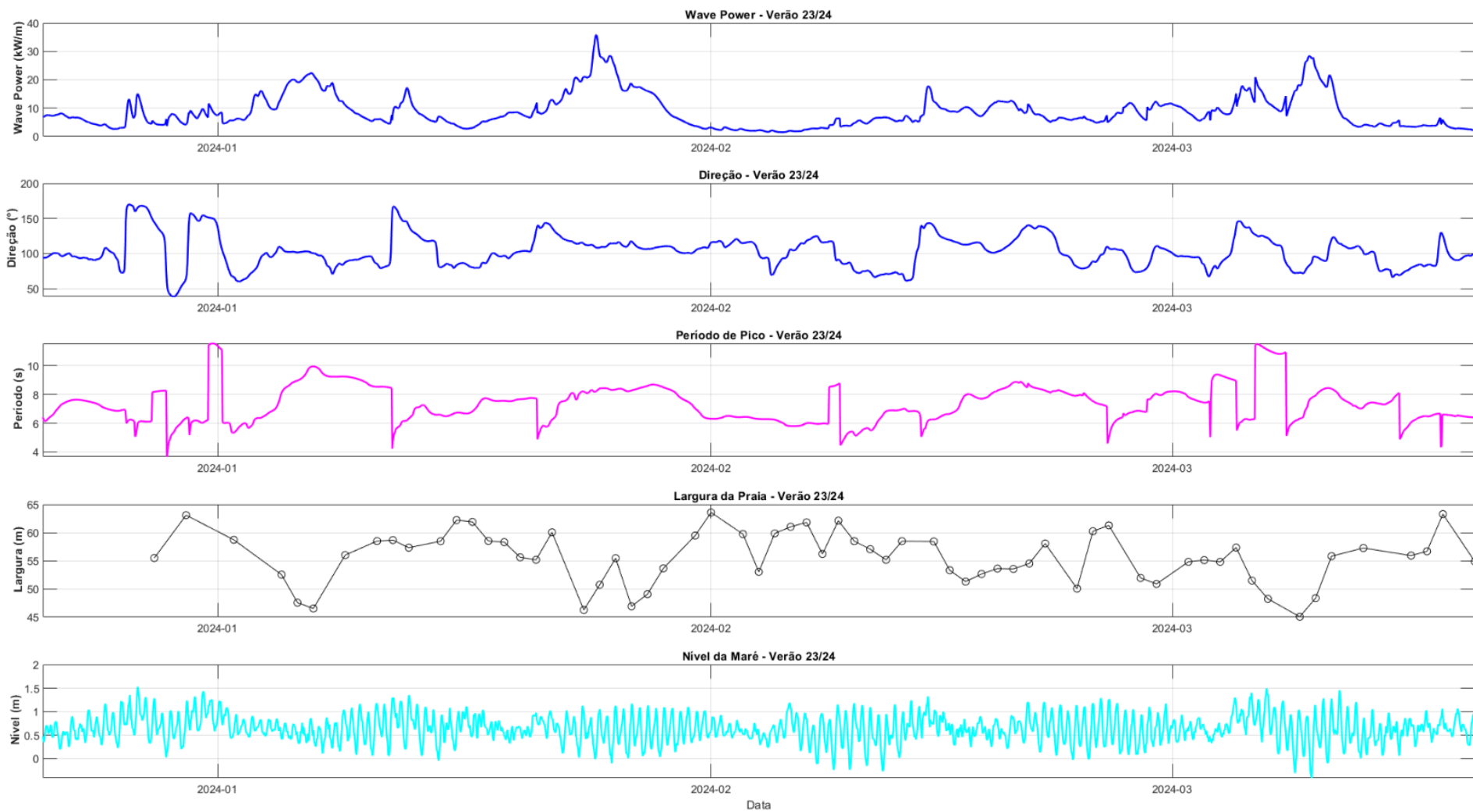


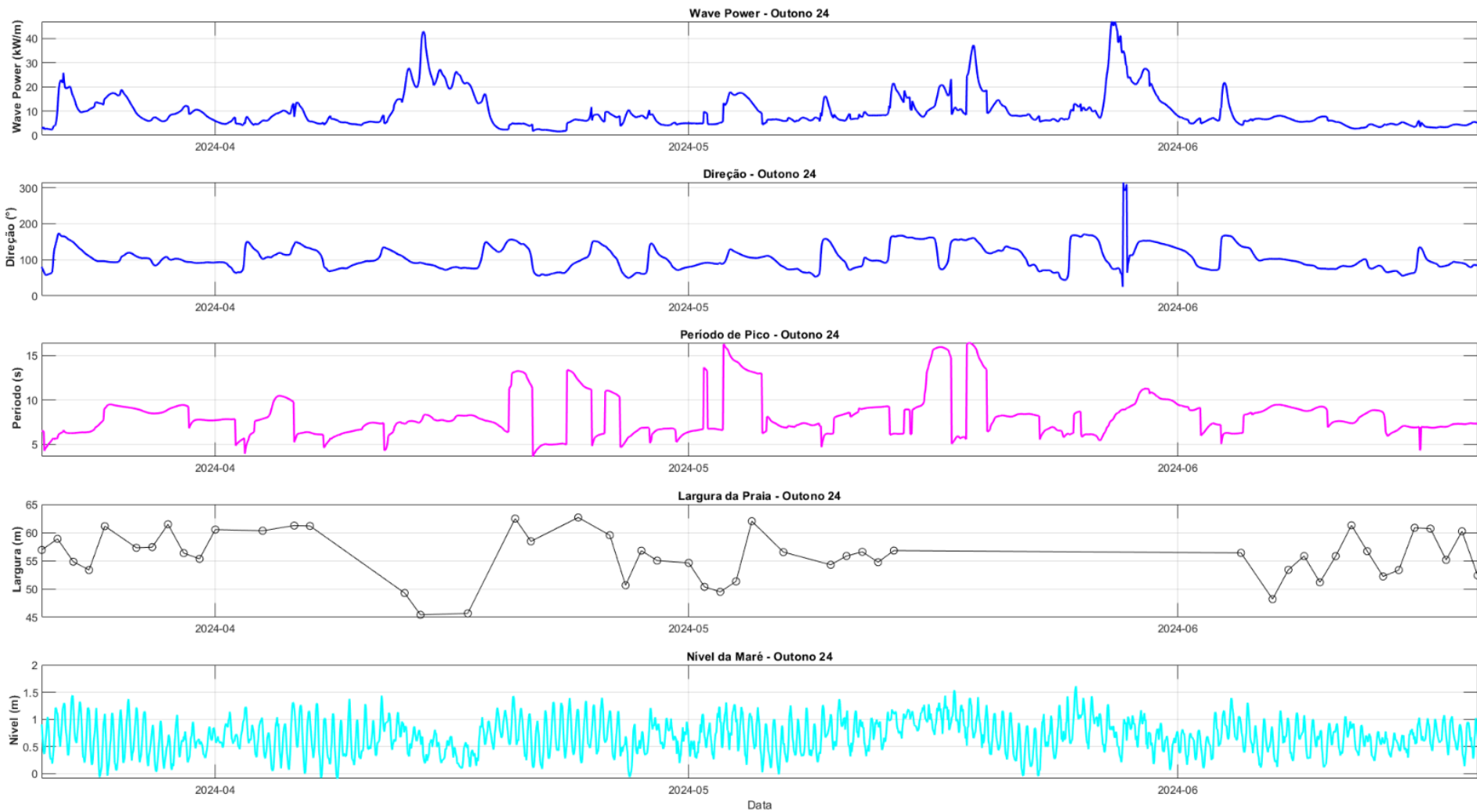


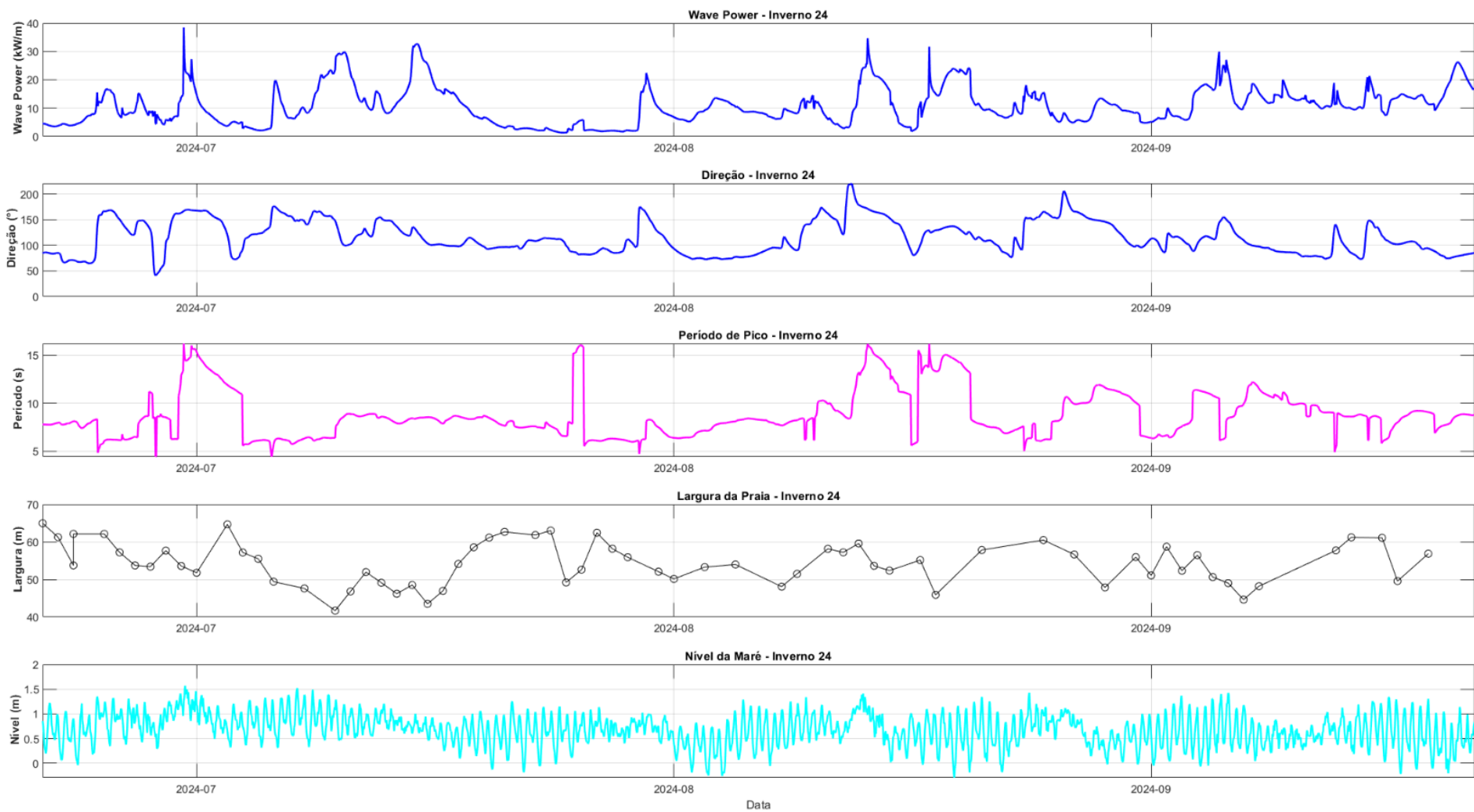


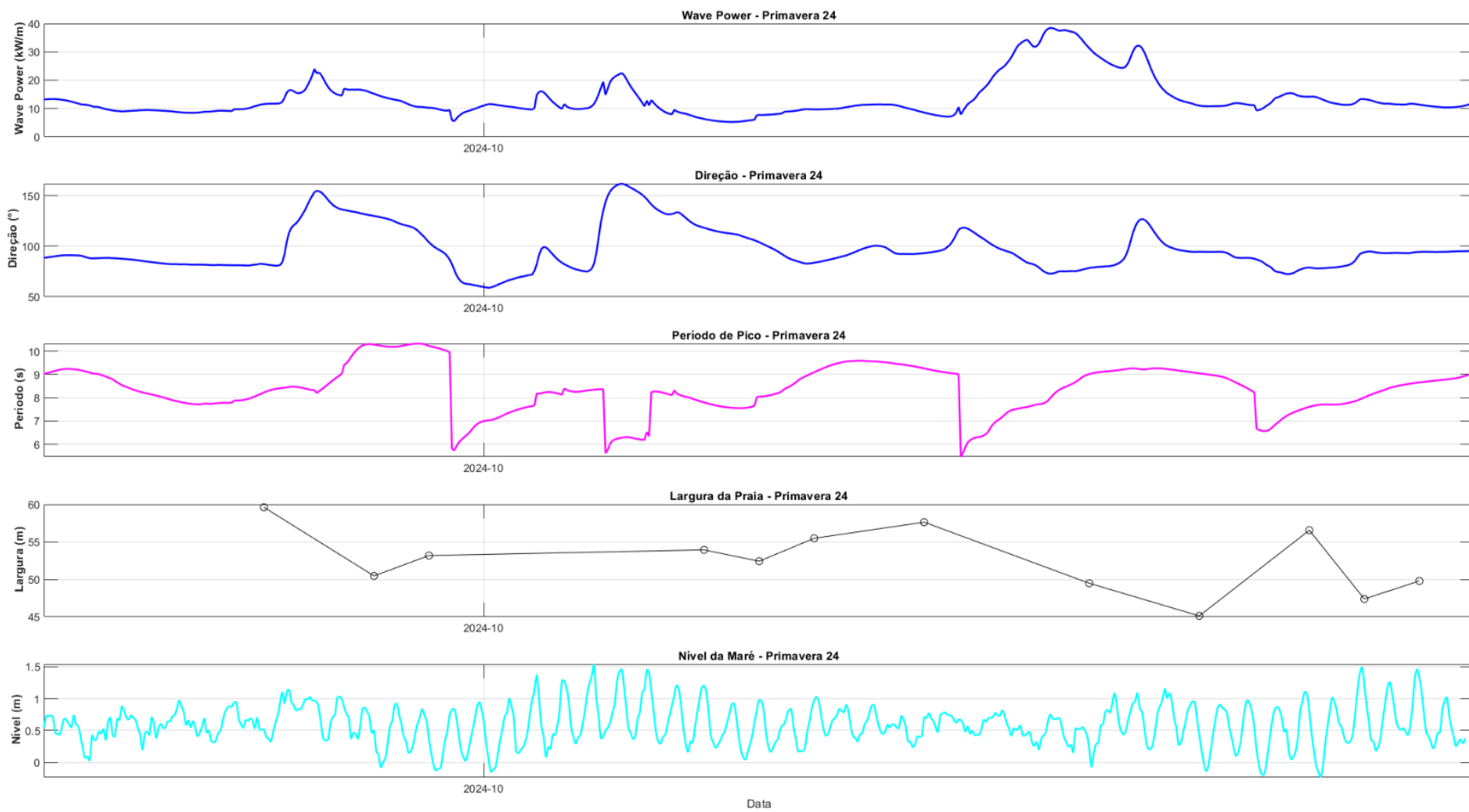




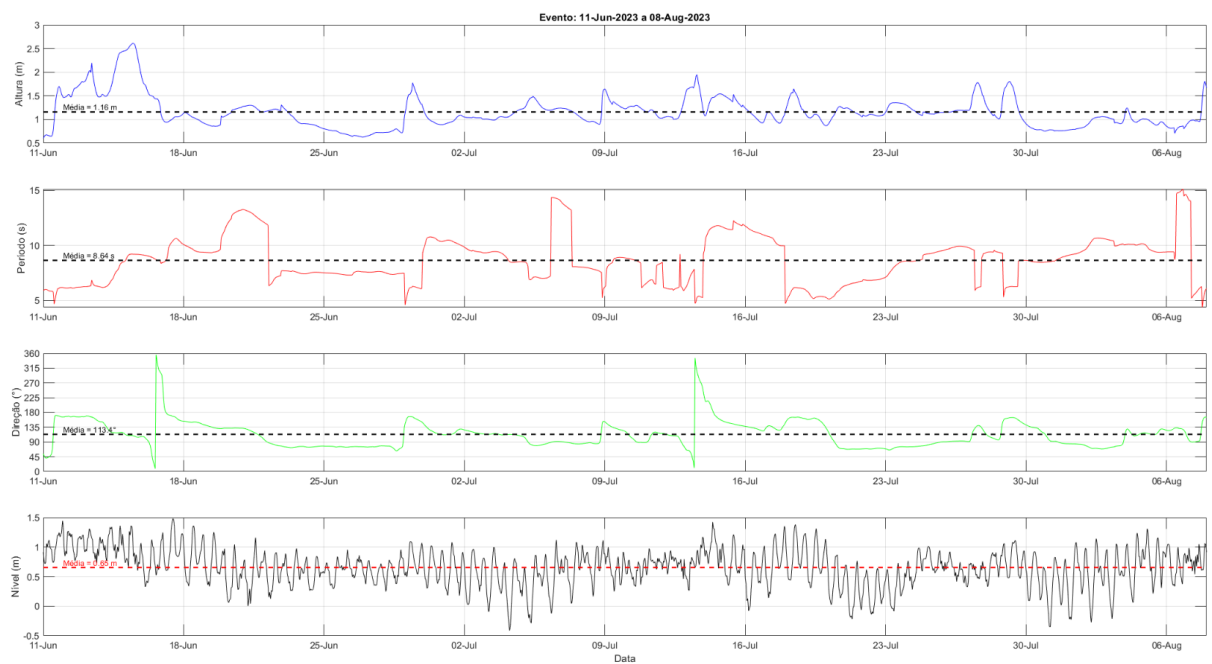
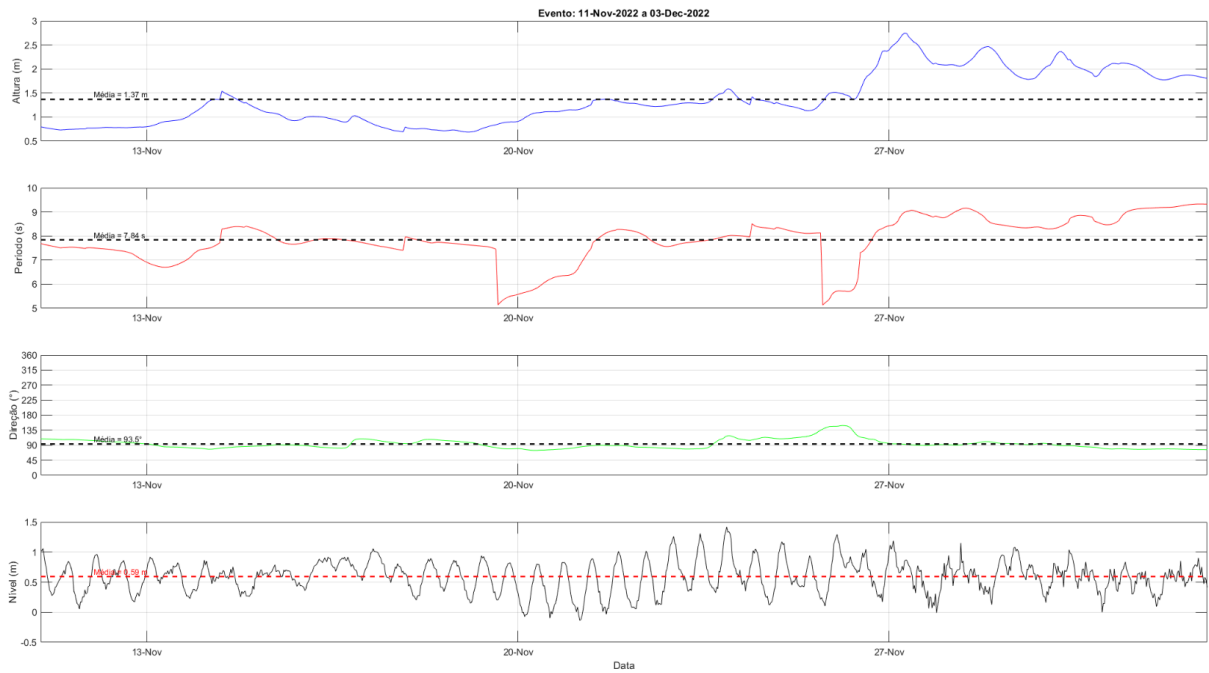


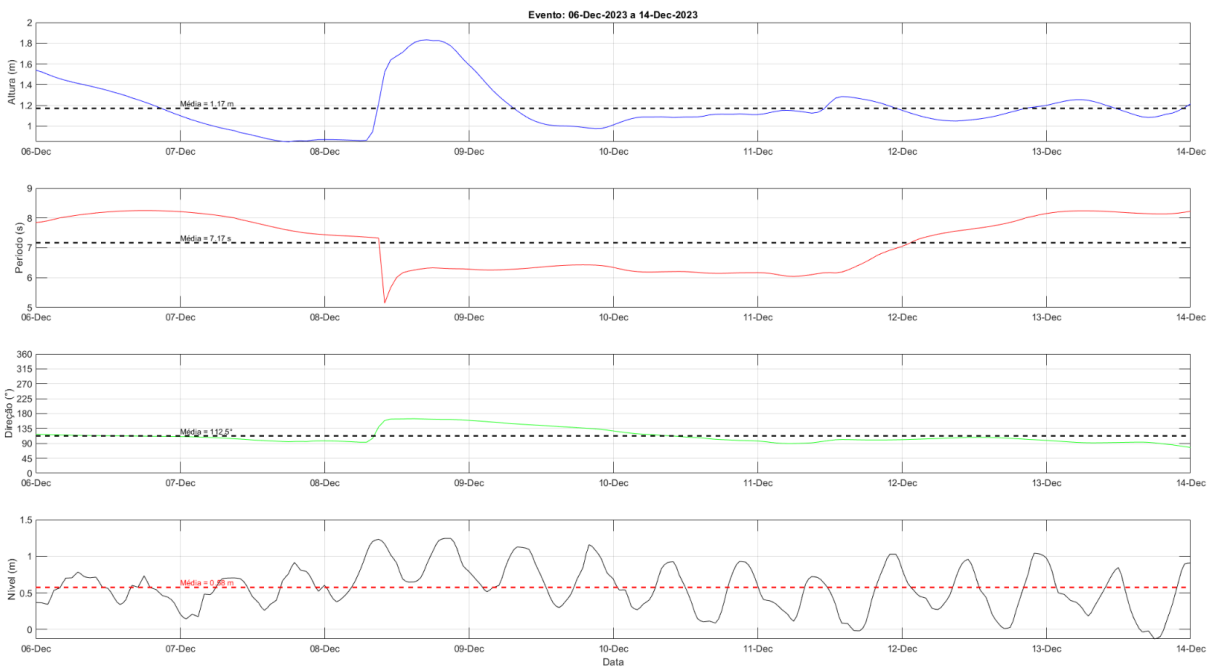
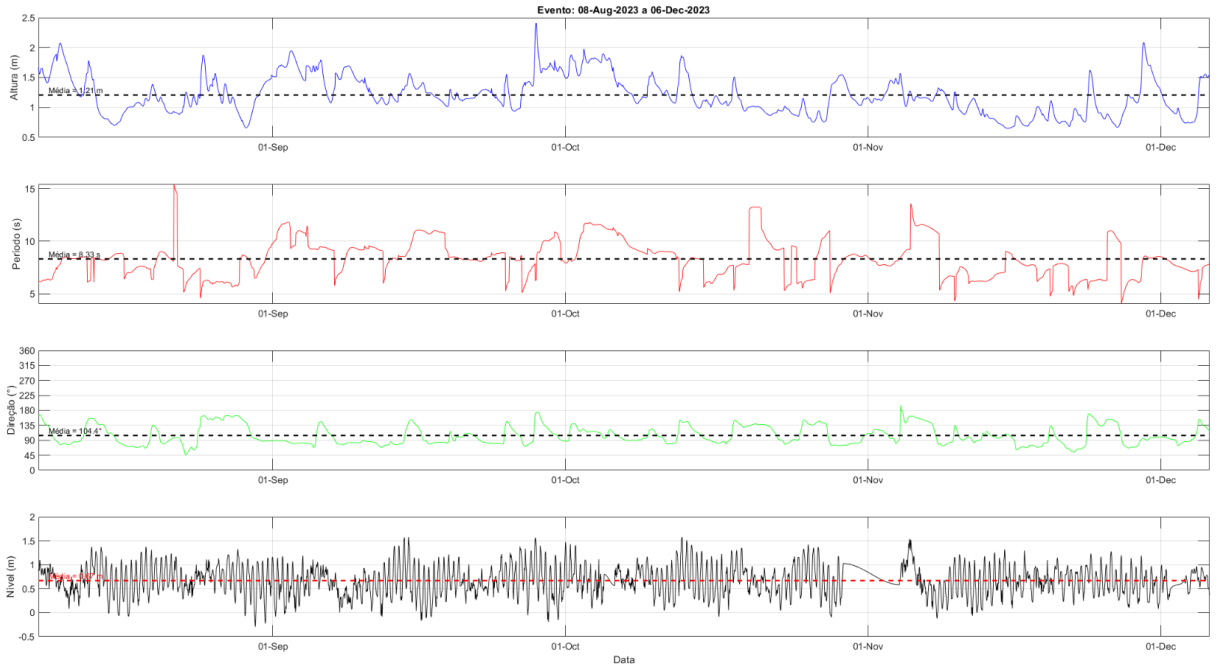


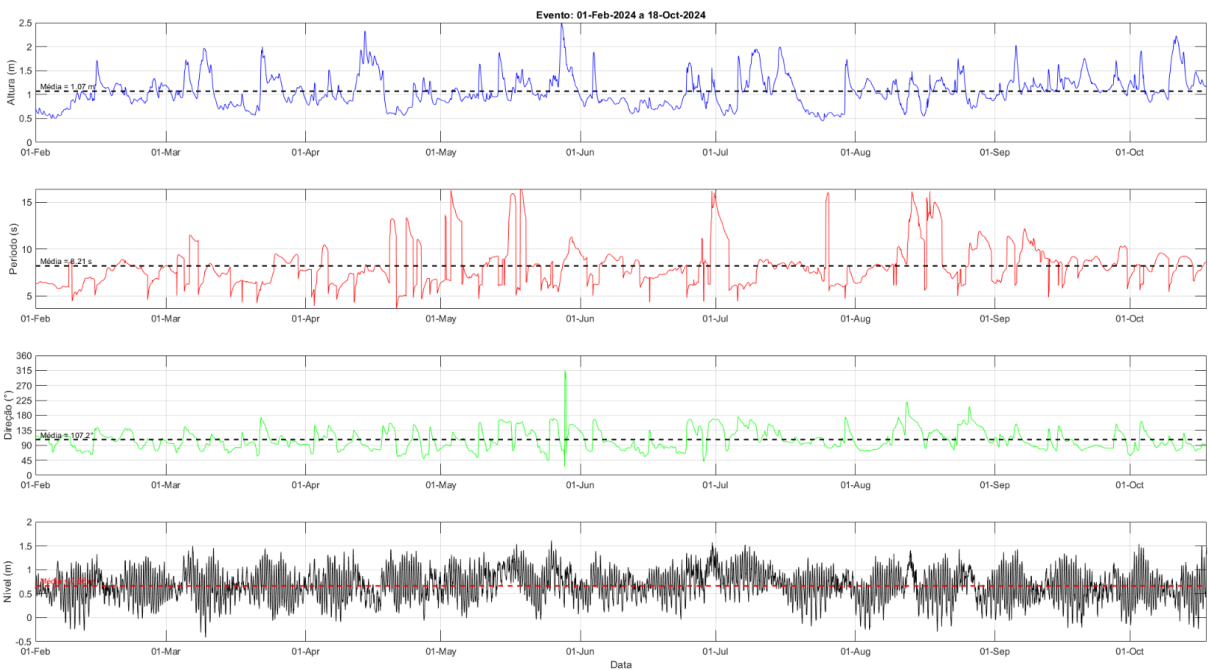
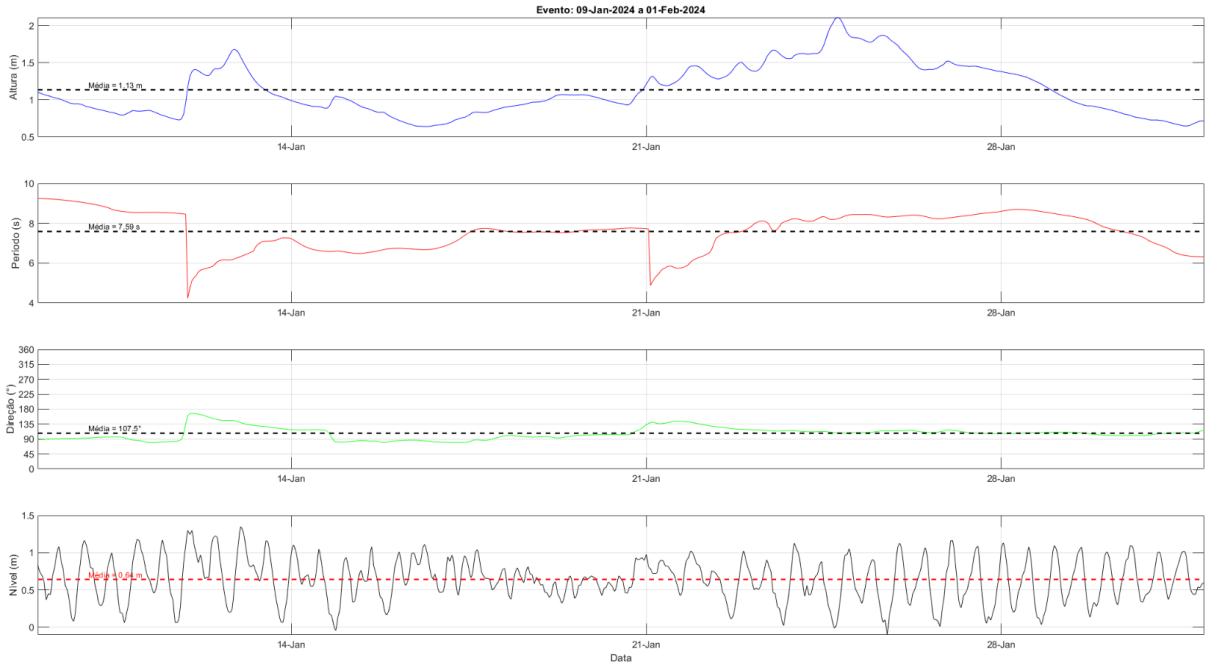




## APÊNDICE B - Gráficos dos parâmetros de ondas nos eventos de rotação







## APÊNDICE C - Gráficos dos parâmetros de ondas nas alterações morfodinâmicas

