



Universidade Federal  
do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica

## CARACTERIZAÇÃO DAS CORRENTES LONGITUDINAIS NO ARCO PRAIAL DE JACONÉ (RJ)

Vitor Mendonça Amorim

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Marcos Nicolás Gallo

Coorientador: Francisco Criado Sudau

Rio de Janeiro

Outubro de 2019

CARACTERIZAÇÃO DAS CORRENTES LONGITUDINAIS NO  
ARCO PRAIAL DE JACONÉ (RJ)

Vitor Mendonça Amorim

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSODE  
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

---

Prof. Marcos Nicolás Gallo, D. Sc.

---

Prof.<sup>a</sup> Monica Pertel, D. Sc.

---

Prof. Rodrigo Amado Garcia, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Outubro de 2019

Amorim, Vitor Mendonça

Caracterização das correntes longitudinais no arco praial de Jaconé (RJ) /Vitor Mendonça Amorim.

– Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2019.

X, 100 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Marcos Nicolás Gallo

Coorientador: Francisco Criado Sudau

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2019.

Referências Bibliográficas: p.52-54.

1. Palavras-chave: Corrente longitudinal litorânea, Dinâmica de correntes, Ondas, Jaconé

I. Gallo, Marcos *et al.*; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Caracterização das correntes longitudinais no arco praial de Jaconé (RJ).

*“Nós somos o que fazemos todos os dias. Deste modo, a  
excelência não é um ato, mas um hábito”*

*Aristóteles*

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

## CARACTERIZAÇÃO DAS CORRENTES LONGITUDINAIS NO ARCO PRAIAL DE JACONÉ (RJ)

Vitor Mendonça Amorim

Outubro/2019

Orientador: Marcos Nicolás Gallo

Coorientador: Francisco Criado Sudau

Curso: Engenharia Ambiental

Os efeitos combinados das ondas e correntes nos escoamentos em superfície livre tem sido alvo de diversos estudos, em virtude da sua importância para a hidrodinâmica das águas costeiras. Uma das componentes da referida interação é a geração de correntes longitudinais, quando o campo de ondas apresenta uma certa obliquidade em relação à linha de costa. Neste cenário, busca-se analisar o comportamento da geração das correntes longitudinais no arco praiial de Jaconé. A presente caracterização é realizada através de cálculos utilizando formulações paramétricas, que consideram o balanço entre forças de atrito (condições físicas da praia como sedimento e declividade) e o gradiente (normal à praia) da componente tangencial da tensão de radiação (obtido a partir das condições de ondas na arrebentação). Cálculos das correntes induzidas por ondas serão utilizados para prever condições típicas. Essas condições foram determinadas em função das características dos climas de ondas, para categorias de mar de incidência de ondulações predominantemente de orientação sul-sudoeste e leste-sudeste, que ocorrem na região. Cada categoria de estado de mar foi definida durante períodos de 15 dias, onde foi avaliada a transformação das ondas em águas rasas e cálculo das correntes. Por fim, objetiva-se verificar qualitativamente a metodologia aplicada, analisando as dimensões da zona de surf da região por meio de imagens de satélites. Os resultados obtidos demonstram um maior dinamismo na propagação das correntes no extremo oeste, que diminui em direção a leste do arco praiial de Jaconé. Comportamento que ratifica a influência da direção da normal da praia na distribuição das correntes longitudinais quando ondas se aproximam da linha de costa. A respeito das dimensões da zona de surf, nos momentos de maior magnitude das correntes foram observadas as maiores larguras na zona.

*Palavras-chave:* Corrente Longitudinal, Dinâmica de Correntes, Ondas, Jaconé

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

## LONGSHORE CURRENT CHARACTERISTICS IN JACONÉ, RIO DE JANEIRO

Vitor Mendonça Amorim

October/2019

Advisor: Marcos Nicolás Gallo

Co-advisor: Francisco Criado Sudau

Course: Environmental Engineering

The combined effect of waves and currents on free surface runoff has been the subject of several studies due to their importance for the hydrodynamics of coastal waters. One of the components of this interaction is the generation of longshore currents, when the wave field has a certain obliquity with respect to the shoreline. In this scenario, we seek to analyze the behavior of the generation of longshore currents in the Jaconé beach. The present characterization of the coastal currents is performed through calculations using parametric formulations, which consider the balance between frictional forces (beach physical conditions such as sediment and slope) and the gradient (perpendicular to the coast line) of the tangential component of the radiation tension (obtained from breaking wave conditions). Wave induced current calculations will be used to predict typical conditions. These conditions were determined according to the characteristics of the wave climates for sea categories of predominantly south-southwest and east-southeast orientation ripples that occur in the region. Each sea state category was defined during 15-day periods, where the transformation of the waves into shallow water and the calculation of currents were evaluated. Finally, the objective is to verify the applied methodology, analyzing the dimensions of the surf zone of the region through satellite images. The results show a greater dynamism in the spread of currents in the far west, which decreases towards the east of Jaconé beach. Behavior that confirms the influence of the normal beach direction on the distribution of longshore currents when the waves approach the coastline. Regarding the dimensions of the surf zone, in the moments of greatest magnitude of the currents, the greatest widths were observed in the surf zone.

Keyword: Longshore current, Current dynamics, Waves, Jaconé

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	1
1.1.	Objetivos .....	3
1.2.	Objetivos específicos .....	3
2.	Área de estudo .....	3
2.1.	Regime de ondas e predominância de ventos.....	4
3.	Fundamentação teórica.....	5
3.1.	Propagação de ondas em águas profundas .....	5
3.2.	Propagação de ondas em águas rasas .....	7
3.3.	Correntes longitudinais .....	8
4.	Metodologia .....	11
4.1.	Dados da praia.....	11
4.1.1.	Topografia e Granulometria .....	12
4.1.2.	Orientação da linha de costa e da normal da praia .....	13
4.2.	Critério de seleção de perfis e quantificação das correntes.....	15
4.3.	Dados de onda .....	15
4.4.	Cálculo de correntes .....	18
4.5.	Calibração com imagens de satélite .....	19
5.	Resultados .....	20
5.1.	Propagação de ondas .....	20
5.1.1.	Cenário 1 - Período analisado: 02/07/2013 a 16/07/2013 .....	20
5.1.2.	Cenário 2 - Período analisado: 25/06/2016 a 09/07/2016 .....	26
5.2.	Dinâmica das correntes longitudinais na zona de surf .....	31

5.2.1.	Cenário 1 - Período analisado: 02/07/2013 a 16/07/2013 .....	31
5.2.1.1.	Perfil 2 .....	31
5.2.1.2.	Perfil 3 .....	32
5.2.1.3.	Perfil 5 .....	32
5.2.2.	Cenário 2 - Período analisado: 25/06/2016 a 09/07/2016 .....	33
5.2.2.1.	Perfil 2 .....	34
5.2.2.2.	Perfil 3 .....	35
5.2.2.3.	Perfil 5 .....	35
5.2.3.	Comparando cenários e perfis .....	36
5.2.4.	Influência da mistura na dinâmica das correntes longitudinais.	37
5.2.4.1.1.	Perfil 2 .....	38
5.2.4.1.2.	Perfil 3 .....	38
5.2.4.1.3.	Perfil 5 .....	39
5.2.4.1.4.	Perfil 2 .....	40
5.2.4.1.5.	Perfil 3 .....	40
5.2.4.1.6.	Perfil 5 .....	41
5.3.	Verificação de imagens por satélite .....	41
5.3.1.	Cenário 1 – 10/07/2013 .....	41
5.3.1.1.	Perfil 2 .....	41
5.3.1.2.	Perfil 3 .....	42
5.3.1.3.	Perfil 5 .....	43
5.3.2.	Cenário 2 – 02/07/2016 .....	44
5.3.2.1.	Perfil 2 .....	45
5.3.2.2.	Perfil 3 .....	45
5.3.2.3.	Perfil 5 .....	46
6.	Conclusão	47



7.	Referências bibliográficas .....	49
----	----------------------------------	----

## Lista de Figuras

Figura 1: Circulação hidrodinâmica de correntes. ....	1
Figura 2: Convergência e divergência das linhas ortogonais.....	2
Figura 3: Praia de Jaconé .....	4
Figura 4: Propagação de ventos em águas profundas. ....	6
Figura 5: Dinâmica de movimento de partículas de ondas na vertical e na horizontal.....	6
Figura 6: Processo de refração .....	7
Figura 7: Zona de surf.....	8
Figura 8: Propagação das correntes longitudinais.....	9
Figura 9: Linha sólida: sem efeito da turbulência / linhas tracejadas: sob efeitos da variação da turbulência.....	11
Figura 10: Perfis topográficos do arco praial de Jaconé-Saquarema conforme Pinto (2018).....	12
Figura 11: Orientação normal à praia - perfil 2.....	14
Figura 12: Orientação normal à praia - perfil 3.....	14
Figura 13: Orientação normal à praia - perfil 5.....	15
Figura 14: Comparação entre as séries temporais de Hs, Tp e Dp dos dados medidos in situ (vermelho) e modelados com WW3 (verde) SIODOC Cabo Frio. ....	16
Figura 15: Comparação entre as séries temporais de Hs, Tp e Dp dos dados medidos in situ (vermelho) e modelados com WW3 (azul) para a estação SIODOC Arraial.....	16
Figura 16: Representação de ponto (P1) de medição dos parâmetros de ondas.....	17
Figura 17: Dimensionamento da zona de surf para o perfil 2. ....	20
Figura 18: Cenário 1 – Predominância de ondulações SSW (10/07/2013).....	21
Figura 19: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 2.....	23
Figura 20: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 3.....	24
Figura 21: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 5.....	25
Figura 22: Cenário 2 – predominância de ondulações de ESSE (02/07/2016). ....	26
Figura 23: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 2.....	28
Figura 24: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 3.....	29
Figura 25: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 5.....	30
Figura 26: Integração das máximas velocidades das correntes longitudinais de cada perfil. ....	33
Figura 27: Integração das máximas velocidades das correntes longitudinais de cada perfil. ....	36
Figura 28: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 2. ....	38
Figura 29: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 3. ....	39
Figura 30: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 5. ....	39
Figura 31: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 2. ....	40

Figura 32: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 3. ....	41
Figura 33: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 5. ....	41
Figura 34: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 2. ....	42
Figura 35: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 2. ....	42
Figura 36: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 3. ....	43
Figura 37: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 3. ....	43
Figura 38: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 5. ....	44
Figura 39: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 5. ....	44
Figura 40: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 2. ....	45
Figura 41: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 2. ....	45
Figura 42: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 3. ....	46
Figura 43: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 3. ....	46
Figura 44: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 5. ....	46
Figura 45: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 5. ....	47

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Coordenadas geográficas e características dos perfis.....	13
Tabela 2: Características dos cenários de clima ondas incidentes na região.....	18
Tabela 3: Disponibilidade de imagens de satélite para cada perfil do arco praial de Jaconé.....	<b>Erro!</b>
<b>Indicador não definido.</b>	
Tabela 4: Características clima de ondas para cada perfil para cenário 1.....	21
Tabela 5: Características clima de ondas para cada perfil para cenário 2.....	27
Tabela 6: Características da dinâmica das correntes litorâneas na zona de surf.....	31
Tabela 7: Características da dinâmica das correntes litorâneas na zona de surf.....	34
Tabela 8: Influência da mistura lateral na dinâmica das correntes.....	38
Tabela 9: Influência da mistura lateral na dinâmica das correntes.....	40

## 1. Introdução

A morfologia da praia é o resultado das interações entre as ondas e os processos hidrodinâmicos costeiros. A hidrodinâmica praial existe devido à relação entre as ondas incidentes, refletidas ou parcialmente refletidas da face da praia e os fluxos gerados, resultados da arrebentação das ondas e dos fluxos provocados por ondas e marés (WRIGHT e SHORT, 1984).

A dinâmica na zona de arrebentação é definida pelo clima de ondas, e varia conforme as alterações sofridas pelas mesmas antes da quebra. As mudanças na linha de costa, que permutam com o tempo, dependem principalmente das variações na modificação das ondas à medida que se propagam para águas rasas, e do tipo e da disponibilidade do material que compõe a praia (CALLIARI *et al.*, 2003).

O ângulo de incidência das ondas é um parâmetro fundamental no padrão hidrodinâmico atuante na praia, devido a sua influência na circulação costeira (Figura 1). Sob baixos ângulos de incidência (ondas normais à praia) o padrão de circulação dominante são as correntes de retorno (*rip currents*). Sob maiores ângulos de incidência, o padrão de circulação dominante passa a ser as correntes longitudinais, conhecidas por sua alta capacidade de transporte de sedimentos ao longo da zona costeira.

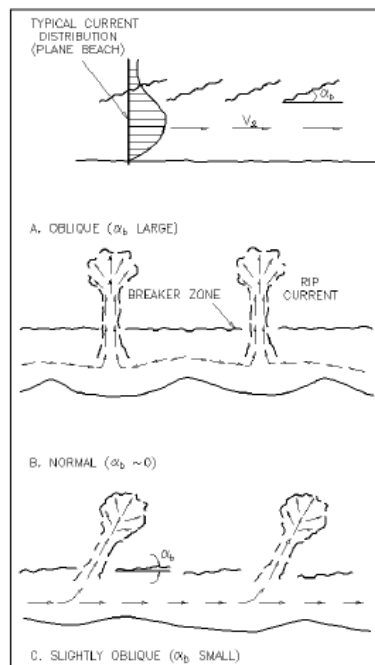


Figura 1: Circulação hidrodinâmica de correntes.

Fonte: CEM, 2006.

A compreensão do comportamento do clima de ondas e ventos ao longo do ano, levando-se em consideração sua intensidade e direção é de fundamental interesse para o entendimento da geração das correntes litorâneas.

Na proporção que as ondas são formadas em águas profundas e se aproximam da costa, os efeitos da refração passam a ser sentidos, de maneira a interferir na direção e velocidade de propagação, conseqüentemente, modificações na altura e ângulo de incidência das ondas na costa. Em pontos em que as linhas de incidência convergem há uma concentração da energia das ondas, quando há divergência das linhas, ocorre uma dissipação dessa energia (Figura 2).

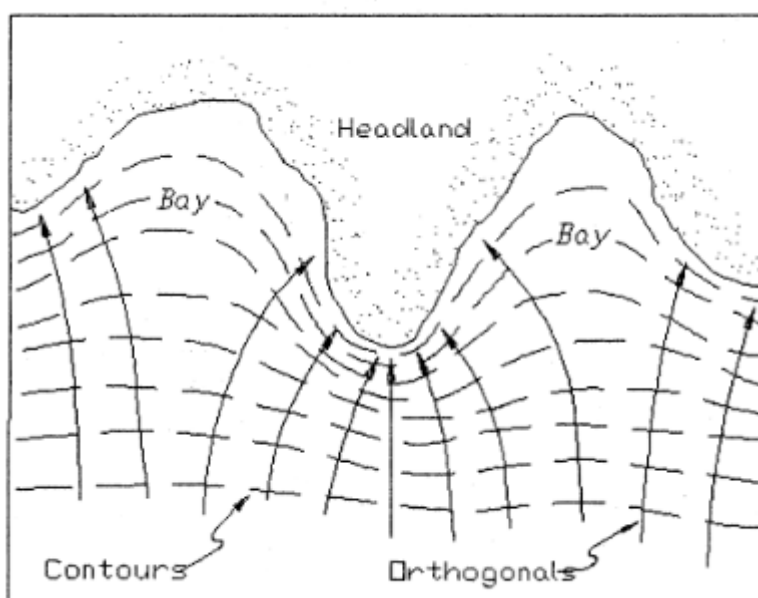


Figura 2: Convergência e divergência das linhas ortogonais

Fonte: CEM, 2006.

Tema central deste trabalho, a geração das correntes longitudinais está relacionada a componente longitudinal da tensão de radiação. Longuet-Higgins e Stewart (1962) introduziram o conceito de tensões de radiação, onde, o escoamento médio é resultado do excesso da quantidade de movimento devido a passagem de ondas. Estas apresentam grande relevância para a representação de fenômenos como a sobre-elevação e o rebaixamento na zona de arrebentação, conhecidos como *set-up* e *set-down*, assim como os grupos de ondas e a geração de correntes longitudinais na zona de surf (LONGUET-HIGGINS, 1970a, 1970b).

As correntes longitudinais são as mais importantes na evolução da linha de costa, pois

transportam maiores quantidades de sedimentos ao longo da linha de costa (WRIGHT e SHORT, 1982). A Praia de Jaconé é influenciado principalmente pela incidência de grandes ondulações que chegam durante o ano todo e provocam alterações na morfologia da praia. A acentuada incidência de ondas de alta energia nesse trecho colabora para noção de sensibilidade e vulnerabilidade que a o arco praial de Jaconé está inserido (PINTO et al., 2016).

Nos últimos anos, têm sido crescentes os interesses turísticos e industriais na região, a exemplo da construção do Complexo Portuário dos Terminais Ponta Negra, junto as preocupações ambientais decorrentes à implementação de tamanhos empreendimentos.

Dessa maneira, compreender o comportamento das forçantes hidrodinâmicas com grande relevância para a morfologia da praia, como são as correntes longitudinais, se faz necessário, pela importância que é atribuída a região no contexto desenvolvimentista e principalmente ao que tange o entendimento da propagação das correntes e as consequências de seus efeitos nos processos sedimentológicos, morfodinâmicos e da vulnerabilidade em diferentes trechos do arco praial de Jaconé.

## **1.1. Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a geração e o comportamento das correntes longitudinais na praia de Jaconé (RJ), no litoral leste fluminense.

## **1.2. Objetivos específicos**

- a) Compreender a geração das correntes longitudinais a partir de 2 cenários distintos de clima de ondas incidente na região.
- b) Aplicar um modelo paramétrico para o cálculo das correntes longitudinais em diferentes perfis de praia.
- c) Avaliar de forma temporal a distribuição das correntes longitudinais e sua relação com a zona de surf.

## **2. Área de estudo**

A praia de Jaconé (Figura 3) encontra-se situada no litoral oeste do Rio de Janeiro (22°56'36''S, 42°40'5''O) em ambiente de micromaré (1,4 m de altura de maré máxima), na planície costeira de Jaconé-Squarema, situada nos municípios de Maricá (22°55'08''S e 42°49'08''O) e Squarema (22°55'12''S e 42°30'36''O), pertencentes à Região

Metropolitana e Região das Baixadas Litorâneas, respectivamente. Distante a 49 quilômetros a leste da entrada da Baía de Guanabara, a área de estudo possui uma orientação leste-oeste, limitando-se na extremidade oeste pela Serra de Jacomé e costão de Ponta Negra, e a leste pelo canal da Barra e o costão, onde se encontra localizada a Igreja Nossa Senhora de Nazaré, no município de Saquarema.

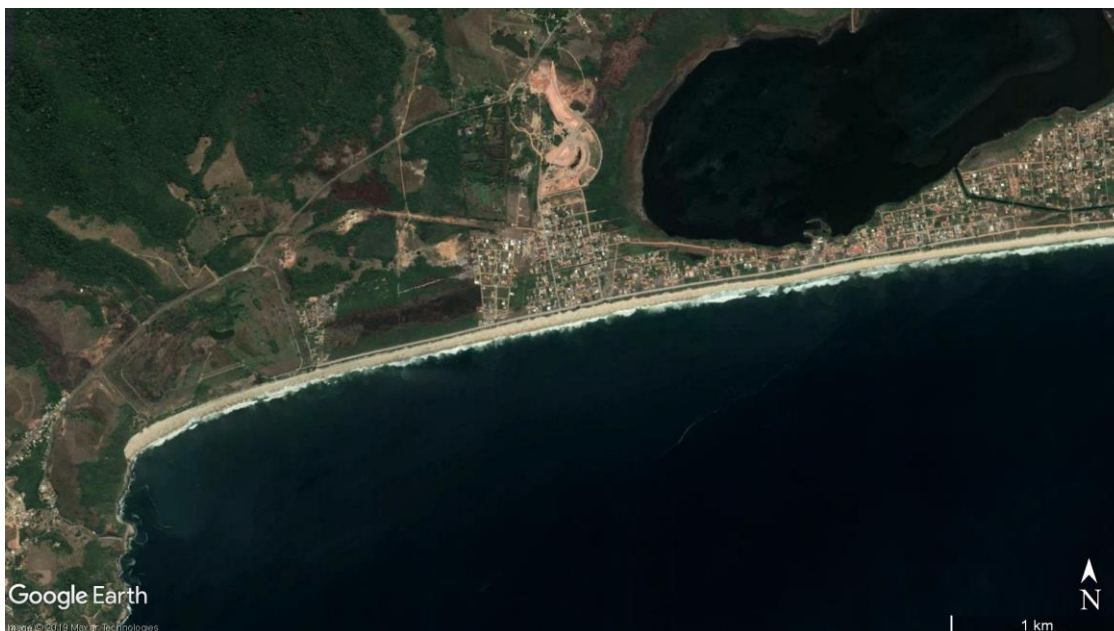


Figura 3: Praia de Jacomé

Fonte: Google Earth, 2019

A orientação geográfica E-O da praia faz com que ela esteja exposta à incidência diretas tanto das ondas de bom tempo, que incidem predominantemente de sudeste; quanto das ondas de tempestade, que incidem predominantemente de sul e sudoeste. O setor oeste do arco praial se caracteriza pela presença de afloramentos rochosos (*beachrocks*) na zona de intermaré (PINTO, 2018).

A atividade turística e o crescimento imobiliário são mais preocupantes na parte central e leste do arco praial, pois vêm sendo responsáveis por fortes mudanças na região (HERCULANO, 1981; FARIA, 2014). O crescimento urbano sobre a planície costeira descaracteriza a geomorfologia do ambiente litorâneo, alterando drasticamente a paisagem (PINTO, 2018).

## 2.1. Regime de ondas e predominância de ventos

O regime de ondas das praias de Jacomé-Saquarema foi obtido dos estudos de Pinto (2018),



com dados adquiridos de 2012 a 2018, que caracterizaram diversos aspectos relacionados aos processos costeiros da área de estudo. De acordo com os autores, o arco praial de Jaconé-Saquarema é influenciado pela ação predominante das ondas e correntes costeiras, sendo que os efeitos da maré influenciam a região apenas de forma secundária, que se caracteriza como ambiente de micromaré, onde a variação da maré é inferior a 2 metros de altura.

Os ventos predominantes se originam dos quadrantes leste e nordeste, sendo que durante a passagem de frentes frias, são mais comuns os ventos originários do quadrante sudoeste (CONCREMAT, 2011). De acordo com Pinto (2018), a incidência de ondas provenientes de sul e de sudeste é mais comum durante condições de tempo bom. Esta região está exposta a incidência direta das ondas oceânicas, que incidem predominantemente de sudeste (ondas de bom tempo), e ocorrem durante o ano inteiro, e as ondas de tempestade, de maior energia, que incidem de sul e sudoeste, ocorrendo com mais frequência no inverno, mas podendo aparecer durante todo o ano na área de estudo devida as ressacas. As alturas de ondas registradas por Pinto (2018) apresentaram variações significativas ao longo das estações do ano. Durante condições de mar calmo a moderado, a altura média das ondas foi de 0,29 metros, na primavera de 2012, até a máxima de 0,98 metros, na primavera de 2013. Já sob condições de mar agitado a muito agitado, a altura média das ondas foi de 2 metros, altura mínima, registrada no inverno de 2016, até a máxima de 5 metros, durante a ressaca ocorrida em agosto de 2017.

De acordo com Faria (2014) e Pinto (2015), correntes longitudinais e de retorno são comuns nesta região. Pinto (2018) observou correntes de retorno, em geral mais proeminentes no extremo oeste da praia. Segundo Pinto, a corrente longitudinal pareceu mais atuante a partir da porção centro-oeste em direção ao extremo leste da praia. A direção preferencial da corrente longitudinal é em direção a oeste, em resposta a incidência de ondas provenientes de sudeste e sob condição de tempo bom. Porém, a incidência de ondas de sul e, principalmente de sudoeste, contribuiu para a formação de corrente de deriva litorânea para leste.

### **3. Fundamentação teórica**

#### **3.1. Propagação de ondas em águas profundas**

Os oceanos cobrem cerca de 70% do planeta, e grande parte da radiação solar que não é refletida de volta para o espaço é absorvida por suas águas. Radiação essa que provoca o

aquecimento dos oceanos e das camadas superiores de ar, facilitando a formação de correntes de vento, pelo gradiente de temperatura. As correntes de vento sopram nos oceanos (Figura 4), proporcionando a geração das ondas (SPM, 1984).

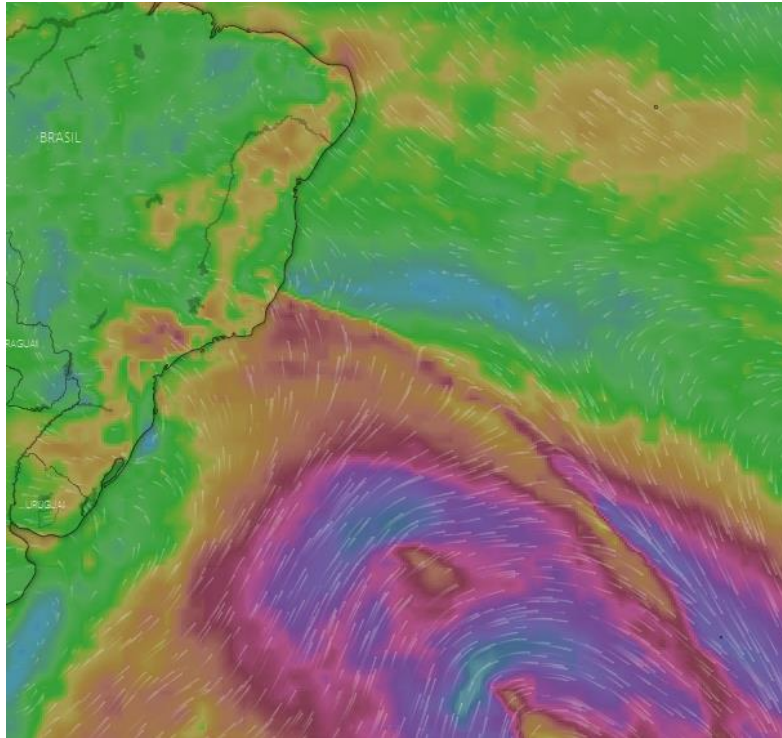


Figura 4: Propagação de ventos em águas profundas.

Fonte: Windy.com, 2019.

Associada a quantidade de movimento da água, Airy (1845), na medida que as ondas se propagam nos oceanos, há energia cinética presente relativa ao movimento de propagação na horizontal e conforme ocorre o descolamento das partículas na vertical, também há o acúmulo de energia potencial da coluna d'água (Figura 5).

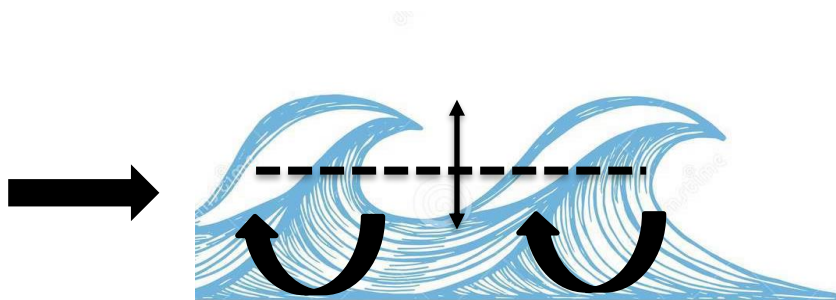


Figura 5: Dinâmica de movimento de partículas de ondas na vertical e na horizontal.

A energia total ( $E$ ) da onda é expressa pela equação 1, e representa a energia cinética e potencial de todas as partículas na coluna d'água em um comprimento de onda.

$$E = \frac{\rho_w g H^2}{8} \quad (1)$$

Onde  $\rho$  é a densidade da água,  $g$  a gravidade e  $H$  a altura da onda, transportada pela velocidade de grupo de ondas ( $C_{g0}$ ).

### 3.2. Propagação de ondas em águas rasas

Em águas rasas, a conservação de energia é mantida e a transformação da forma da onda é observada em todo o perfil de gradiente de profundidade.

Sob a influência do fundo, a onda sofre modificações tanto em sua trajetória como também em seu formato, em processos conhecidos por refração e empinamento respectivamente, ao qual tem-se a sobre-elevação da altura de onda, provocado pela relação entre os gradientes de profundidades e alturas de onda, seu coeficiente é determinado por  $K_s$  (Equação 2).

$$K_s = \left( \frac{C_{g0}}{C_{g1}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

As ondas sujeitas ao processo de refração alteram sua trajetória de maneira que as cristas têm a tendência a ficar paralelas às linhas batimétricas da zona costeira, conforme Figura 6.

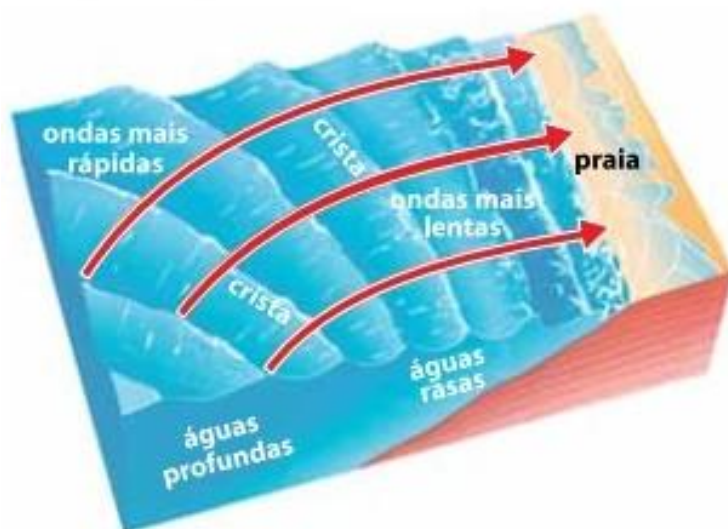


Figura 6: Processo de refração.

Fonte: [www.if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br). Adaptado

A mudança da trajetória do raio de ondas, está relacionada com a mudança da velocidade de fase das ondas, conforme lei de Snell (Equação 3), onde  $\alpha_0$  e  $\alpha_1$  são os ângulos entre a crista e as linhas batimétricas em dois pontos diferentes; e  $C_0$  e  $C_1$  são as velocidades de fase da ondas, nas respectivas profundidades (KOMAR, 1976).

$$\frac{\text{sen}(\alpha_0)}{C_0} = \frac{\text{sen}(\alpha_1)}{C_1} \quad (3)$$

Verifica-se dessa forma, que quando a velocidade da onda se aproxima a 0, a crista tende a estar paralela à costa,  $\alpha = 0$ .

Devido a diferença de velocidade de fase entre a crista e o restante da onda, a onda se torna instável e acaba arrebentando (KOMAR, 1976). A arrebentação de ondas, envolve uma rápida mudança no formato das ondas e a conversão da energia das ondas em turbulência.

Quando as ondas quebram o excesso de quantidade de movimento é liberado pela onda. De maneira que a componente longitudinal da quantidade de movimento, incentiva a geração da corrente próxima a costa (BOWEN et.al., 1968).

### 3.3. Correntes longitudinais

As correntes longitudinais se caracterizam por serem correntes paralelas a linha de costa e estarem compreendidas na zona de surf. A zona de surf compreende a região que se estende desde a zona de quebra até a linha de costa, conforme Figura 7. Trata-se de uma zona com presença de correntes transversais e correntes longitudinais; estas últimas são o objetivo do presente trabalho.

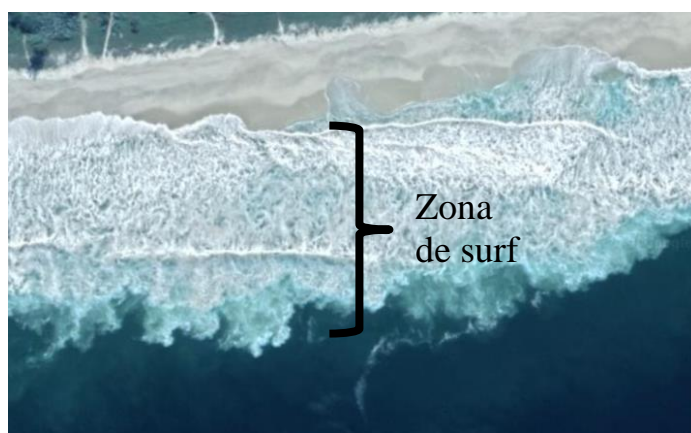


Figura 7: Zona de surf.

Fonte: Google Earth, 2019 Adaptado.

A relação expressa pelo balanço entre a tensão média no fundo com a variação longitudinal

da tensão de radiação no escoamento médio (Equação 4), demonstrada na Figura 8, representam os esforços gerados pela interação das ondas de incidência oblíqua com o fundo do mar.

$$\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} = -F_y \quad (4)$$

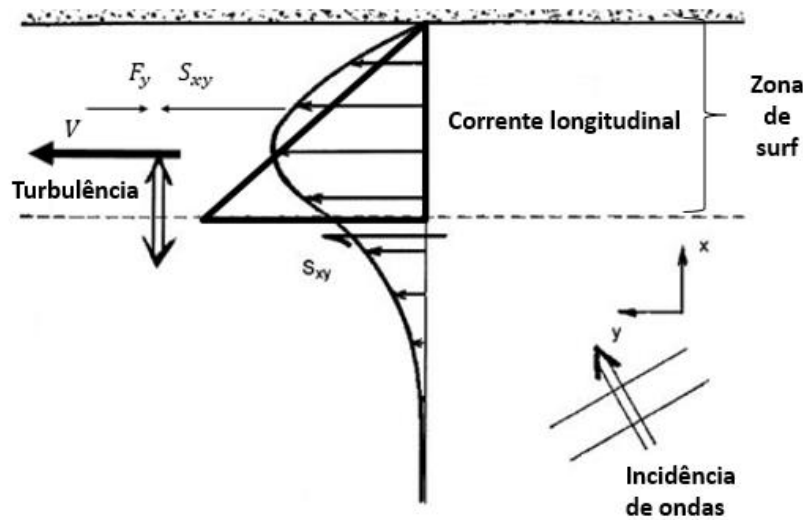


Figura 8: Propagação das correntes longitudinais.

O excesso da quantidade de movimento devido a passagem de ondas, (LONGUET-HIGGINS e STEWART, 1962), representam a tensão de radiação tangencial.

$$S_{xy} = E \text{sen} \alpha \cos \alpha \quad (5)$$

Esta, que é diretamente proporcional ao fluxo de energia das ondas e ao ângulo de incidência das ondas com relação a linha de costa. Onde,  $n$  (Equação 5) representa o coeficiente de transferência de energia.

$$E \text{sen} \alpha \cos \alpha = \frac{1}{8} \rho H^2 \text{sen} \alpha \cos \alpha \quad (6)$$

Pela Equação 6, percebe-se que a altura de onda ( $H$ ), afeta não só a velocidade das correntes litorâneas, como também a largura da zona de surf (CEM, 2008). A largura da zona de surf é definida pela distância da linha de costa até a zona de arrebenção das ondas, ao comparar a energia das ondas em toda raio de atuação e a magnitude da corrente longitudinal, verifica-se a relação entre os pontos de arrebenção das ondas e os limites da zona de surf para os diferentes climas de ondas (LONGUET-HIGGINS e STEWART, 1962).

Para a solução do balanço de energia na zona de surf (Equação 1), Longuet-Higgins assumiu que a zona costeira é retilínea e linhas batimétricas paralelas, fundo plano e com baixa declividade, a saturação da zona de surf (relação constante entre a altura de onda (H) e a profundidade do nível médio (h) (LONGUET-HIGGINS, 1970a, b). Tem-se a velocidade da corrente longitudinal:

$$V = \frac{5\pi Hb \tan(\beta)}{16 hb C_f} \sqrt{ghb} \sin(\alpha) \cos(\alpha) \quad (7)$$

Onde,

$C_f$  = coeficiente de atrito no fundo devido à combinação da onda e da corrente;

$(\beta)$  = declividade da praia;

$H_b$  = altura de onda na quebra;

$h_b$  = profundidade na quebra;

$g$  = gravidade;

$\alpha$  = ângulo entre a crista da onda e as linhas batimétricas

Fora da zona de surf, assume-se que não há arrebentação das ondas, logo não ocorre a dissipação de energia provocada pela quebra, e que forças externas são nulas. Portanto, é verificado que ao longo da zona de surf a corrente longitudinal apresenta seu máximo valor na arrebentação, ponto  $P = 0$ , conforme Figura 9, e a partir dela, diminui em direção à linha de costa, representada na Figura 9 como  $x = 0$  (LONGUET-HIGGINS, 1970b; KOMAR, 1976).

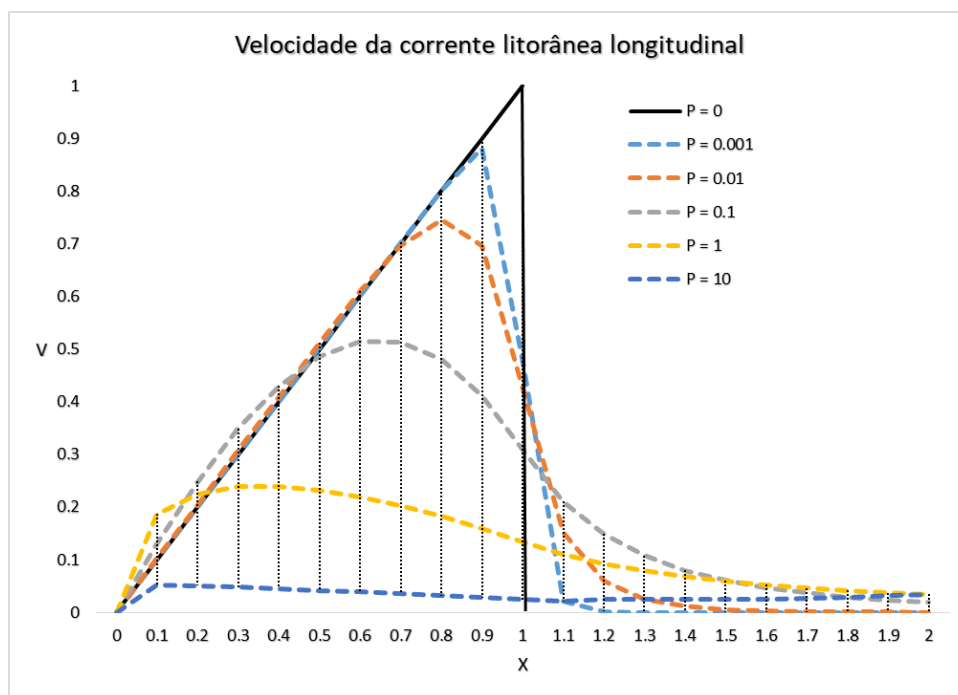


Figura 9: Linha sólida: sem efeito da turbulência / linhas tracejadas: sob efeitos da variação da turbulência.

Fonte: LONGUET HIGGINS, 1968.

Ao considerar os coeficientes de mistura, o perfil da velocidade longitudinal não irá formar um triângulo, indicado pela linha preta na Figura 9, pois os efeitos da turbulência suavizam e reduzem a velocidade da corrente longitudinal na arrebentação. Longuet-Higgins, em seu segundo modelo com intuito de se aproximar da realidade observada em laboratório (LONGUET-HIGGINS, 1970b), propôs variações no valor de P.

As dimensões do parâmetro P refletem diretamente na amplitude da turbulência, quanto maior o valor de P, maior tende a ser o efeito sob a corrente. Demonstrada na Figura 9, com o aumento de P, as velocidades das correntes são reduzidas e seus picos de velocidade são sentidos posterior a zona de arrebentação (X), os efeitos da turbulência passam a interferir nas velocidades antes da zona de quebra e também conforme a corrente se aproxima da linha de costa. O que é percebido pelas linhas tracejadas coloridas observadas antes e depois do triângulo, indicado pela linha preta.

As variações dos valores de P, entre 0 a 10, foram representadas no Figura 9.

## 4. Metodologia

### 4.1. Dados da praia

Foram utilizados dados secundários e aproximações para a determinação dos seguintes parâmetros para os distintos perfis de praia analisados:



- Inclinação do fundo do mar ou declividade da praia;
- Orientação da normal aos contornos do fundo marinho ou azimute da normal à praia;
- Coeficiente de atrito do fundo, função da granulometria da praia.

#### 4.1.1. Topografia e Granulometria

A base topográfica das praias de Jaconé-Saquarema foi obtida dos estudos de Pinto (2018), no qual o arco praial de Jaconé-Saquarema foi dividido em 9 perfis topográficos distribuídos de forma a caracterizar o arco praial como um todo, obtidos através do método de nivelamento realizados entre 2016 e 2018. A área de estudo do presente trabalho compreende os perfis 1, 2, 3, 4 e 5. A localização dos perfis ante o arco praial de Jaconé-Saquarema está ilustrada na figura a seguir.

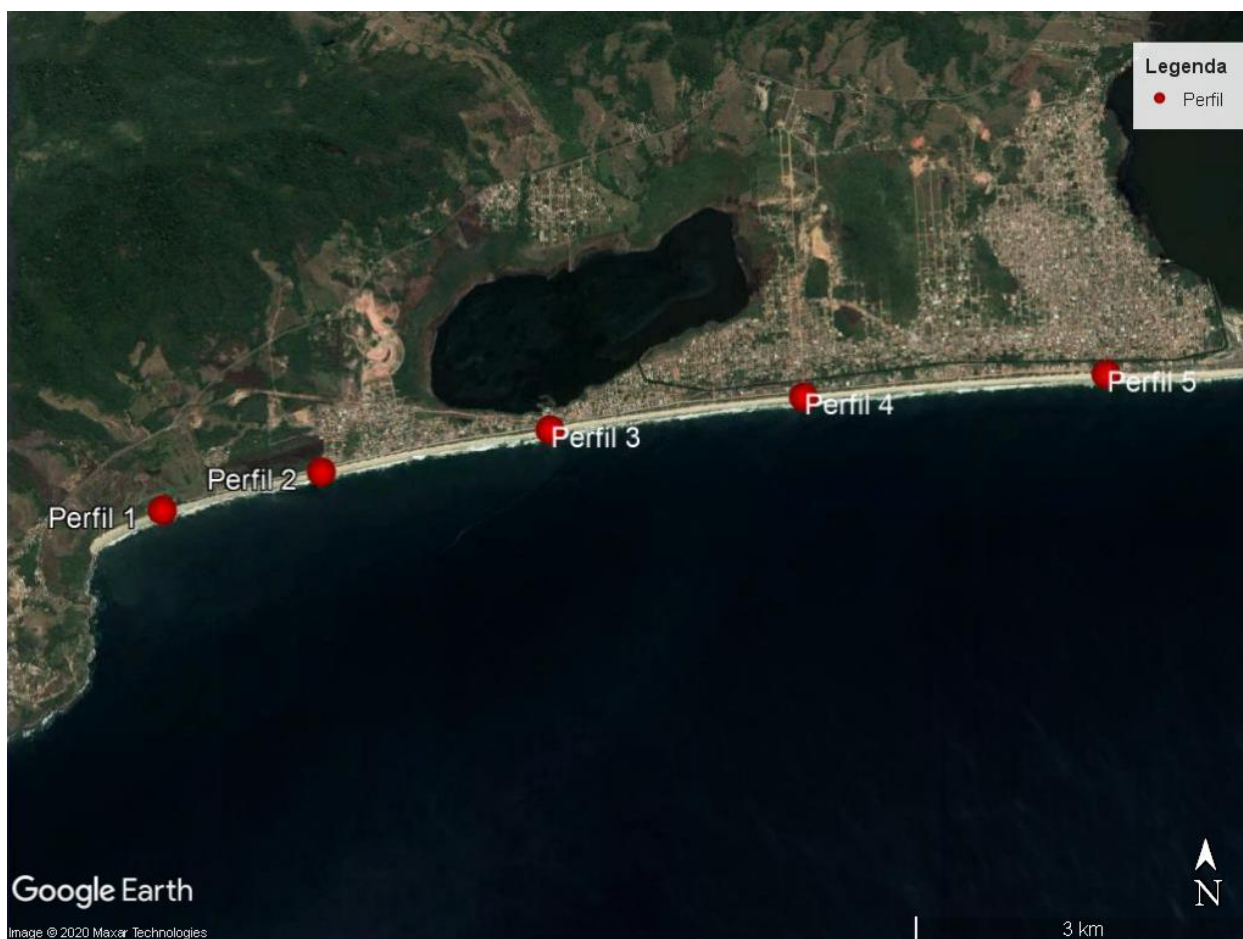


Figura 10: Perfis topográficos do arco praial de Jaconé-Saquarema conforme Pinto (2018).

Fonte: Google Earth, 2019 Adaptado.

O arco praial de Jaconé-Saquarema diferencia-se ao longo de toda a sua extensão quanto a sua largura e morfologia, por conta de diversos fatores que influenciam diretamente o



ambiente de praia, como o regime de ondas, a ação das correntes de deriva litorânea e de retorno, a influência dos costões rochosos, dentre outros (PINTO, 2018). A sobreposição dos perfis topográficos levantados por Pinto (2018) indica uma dinâmica distinta ao longo do arco praial de Jaconé-Saquarema.

Tabela 1, demonstra as coordenadas geográficas e resume as características apresentadas de cada perfil.

**Tabela 1: Coordenadas geográficas e características dos perfis.**

Ponto de monitoramento	Coordenaas Geográficas		Declividade (°)	Granulometria - frente de praia (mm)	Largura Média da faixa de areia
Perfil 1	22°56'33.60"S	42°40'16.92"O	5°	1.0	41,5
Perfil 2	22°56'26.39"S	42°39'43.90"O	2°	1.0	45
Perfil 3	22°56'13.53"S	42°38'33.25"O	4°	0.5	49,4
Perfil 4	22°56'4.14"S	42°37'14.58"O	8°	0.5	54,6
Perfil 5	22°56'3.50"S	42°35'40.95"O	4°	0.5	70

#### **4.1.2. Orientação da linha de costa e da normal da praia**

A orientação da linha de costa foi determinada através de imagens de satélites do software Google Earth, com referência ao norte verdadeiro, traçando-se uma linha tracejada no início da vegetação do local (Figura 11). A linha de costa do arco praial apresenta variações de acordo com o perfil de praia analisado, a exemplo do perfil 2, perfil 3 e perfil 5 com 75°, 80° e 89° respectivamente. A orientação da normal da praia, foi definida pela seta perpendicular à linha de costa para cada perfil, onde foi somado 90° à angulação de cada perfil de praia, assim sendo, tem-se perfil 2 (Figura 11), perfil 3 (Figura 12) e perfil 5 (Figura 13) com 165°, 170° e 179° respectivamente.



Figura 11: Orientação normal à praia - perfil 2.

Fonte: Google Earth, 2019 Adaptado.

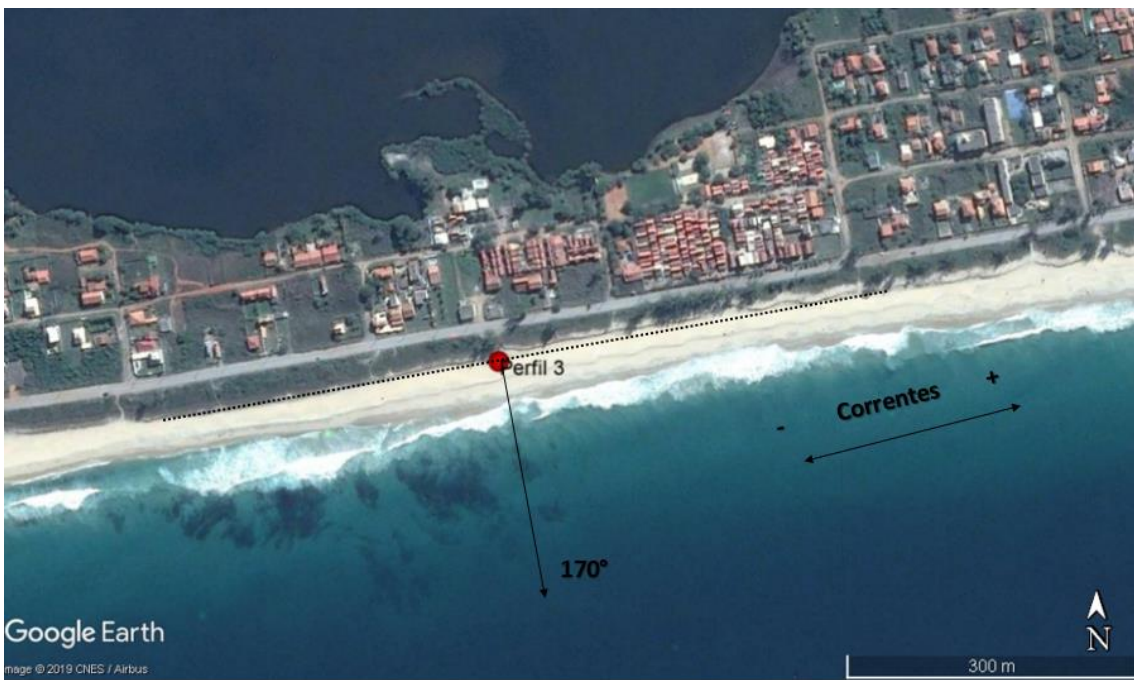


Figura 12: Orientação normal à praia - perfil 3.

Fonte: Google Earth, 2019 Adaptado.



Figura 13: Orientação normal à praia - perfil 5.

Fonte: Google Earth, 2019 Adaptado.

#### 4.2. Critério de seleção de perfis e quantificação das correntes

Conforme introdução, a região do arco praial, compreende os perfis 1, 2, 3, 4 e 5 (PINTO, 2018). Entretanto, o presente estudo fara a quantificação da magnitude das correntes e do tamanho da zona de surf aplicada aos perfis 2, 3 e 5. Seguindo os seguintes critérios para a escolha.

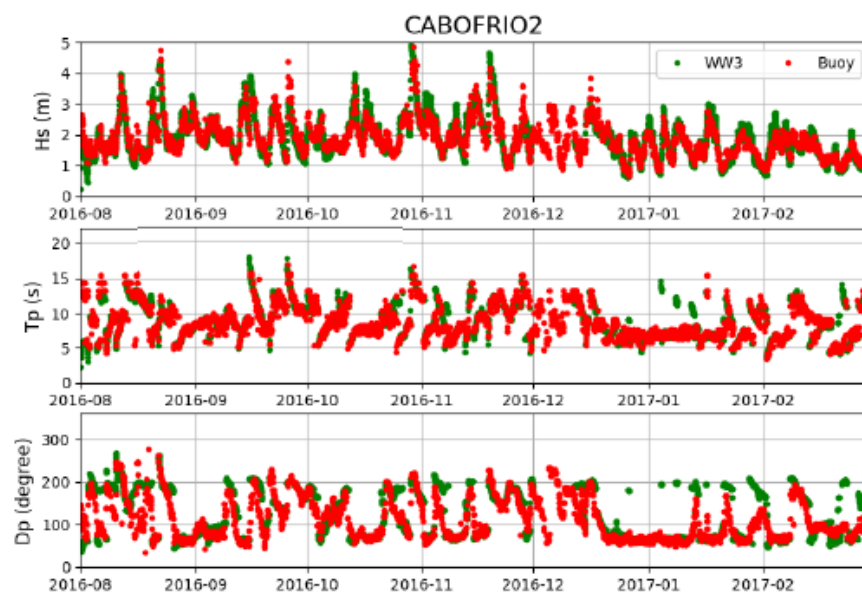
- Disponibilidade de imagens de satélite para verificação dos resultados obtidos;
- Clima de ondas dos dias disponíveis favoráveis à incidência de correntes litorâneas;
- Características de cada perfil (localização, granulometria, declividade);

Para o cálculo das magnitudes e direções das correntes longitudinais levou-se em consideração a influência da mistura lateral ao longo da zona de surf. Devido à orientação da praia (Leste-Oeste) foram consideradas velocidades positivas, correntes para leste; e velocidades negativas, correntes para oeste, respectivamente, a exemplo Figura 13.

#### 4.3. Dados de onda

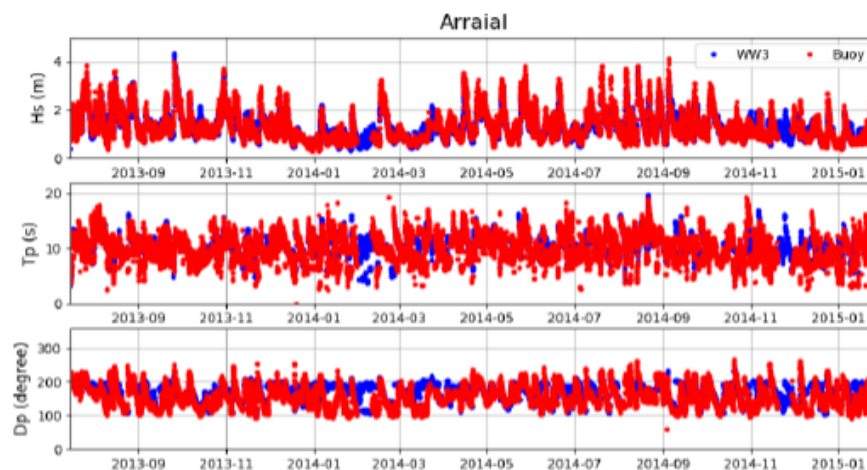
Para caracterização do clima de ondas da região, foi utilizado dados secundários de ondas, a partir da modelagem numérica, utilizando dados de reanálise de ventos e resultados do modelo espectral de ondas WAVEWATCH III (KAISER, J. et. al, 2018).

A partir de dados disponibilizados pela Marinha do Brasil, através do Programa Nacional de Boias (PBBOIA) e do Sistema Integrado de Obtenção de Dados Oceanográficos (SIODOB), para os pontos de Cabo Frio (23.63S / 42.2W) e de Arraial do Cabo (23.0S /42.19W), os resultados do modelo WW3 foram validados (KAISER, J. et. al, 2018). Como mostrado na Figura 14 e na Figura 15, respectivamente.



**Figura 14:** Comparação entre as séries temporais de Hs, Tp e Dp dos dados medidos in situ (vermelho) e modelados com WW3 (verde) SIODOC Cabo Frio.

Fonte: (KAISER, J. et. al, 2018).

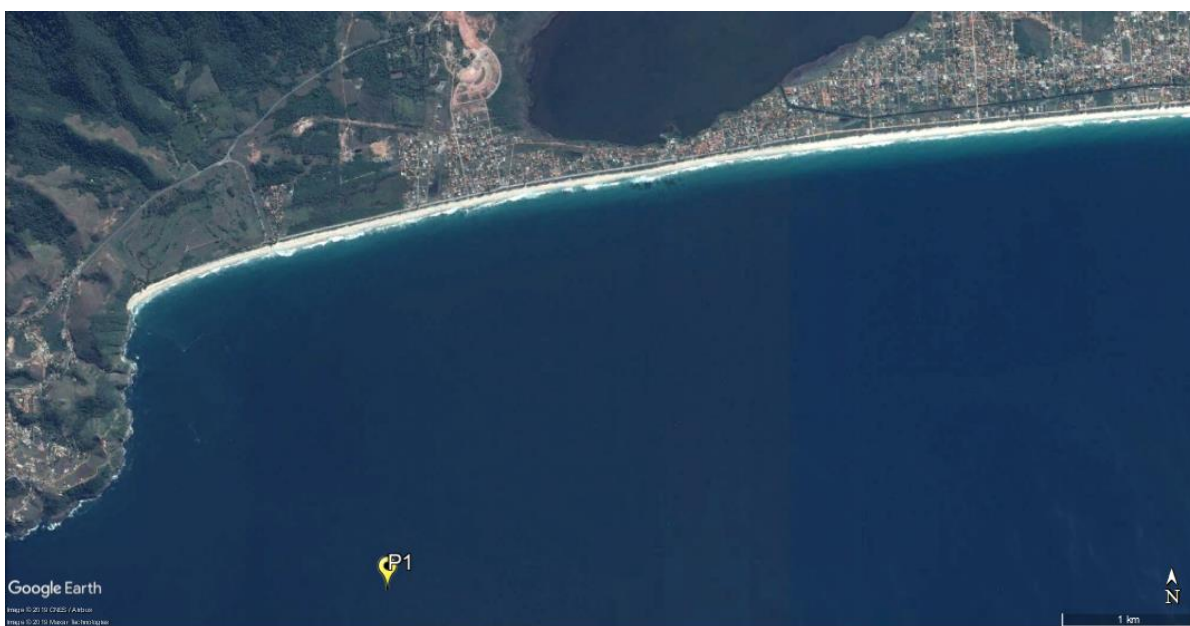


**Figura 15:** Comparação entre as séries temporais de Hs, Tp e Dp dos dados medidos in situ (vermelho) e modelados com WW3 (azul) para a estação SIODOC Arraial.

Fonte: (KAISER, J. et. al, 2018).

Os parâmetros de ondas utilizados, provenientes do modelo WW3, foram medidos em aproximadamente 28 m de profundidade, identificado na Figura 16, como P1 (22.96°S / 42.66°W).





**Figura 16: Representação de ponto (P1) de medição dos parâmetros de ondas.**

Fonte: Google Earth, 2019.

O clima de ondas incidentes na região foi caracterizado por um período de 15 dias, de maneira a observar as consequências na dinâmica das correntes longitudinais, decorrentes da presença de ondulações de orientação sul-sudoeste e/ou leste-sudeste. Assim, foram definidos 2 cenários distintos, cenário 1, considerando o período entre os dias 02/07/13 a 16/07/13, com predominância de ondulações de sul-sudoestes (SSW), e cenário 2, considerando o período entre os dias 25/06/16 a 09/07/16, com predominância de ondulações de leste-sudeste (ESE). A Tabela 2, traz as principais características dos dois cenários definidos, apresentado as frequências observadas das ondulações dos distintos períodos analisados, a direção média das ondas incidentes na costa, o período médio das ondas, as alturas significativas médias e as respectivas máximas e mínimas registradas.

Tabela 2: Características dos cenários de clima ondas incidentes na região.

Cenário	Clima de ondas (15 dias)	Frequência de ondulações de SSW (%)	Frequência de ondulações de ESE (%)	Dir médio (°)	Tp médio (s)	Hs média (m)	Hs max (m)	Hs min (m)
Cenário 1	jul/13	48	11	171,9	10,5	1,20	2,76	0,32
Cenário 2	jul/16	34	53	149,3	10,1	1,16	2,59	0,56

Para a transformação das ondas em águas rasas e o cálculo das correntes, foram usados os seguintes parâmetros: altura significativa (Hs), período de pico (Tp) e a direção da onda incidente ( $\theta_i$ ). Foram consideradas os efeitos da aproximação a águas rasas (empinamento, refração e quebra) e por fim calcular as magnitudes das correntes longitudinais. As formulações de Komar e Gaughan (1973) e Weggel (1972) foram usadas para determinação do índice e profundidade de quebra das ondas.

A aproximação em águas rasas foi feita para cada perfil de praia, de maneira a demonstrar o efeito de refração das ondas, calculado pela lei de Snell (Equação 3), mostrando a tendência dos ângulos de ataque desde os 28 m até a zona de quebra de incidirem paralelo à costa. Demonstra-se também, o efeito do empinamento calculado pelo coeficiente de empinamento (Equação 2), apresentando a altura de onda em 28 m de profundidade e na zona de arrebentação.

Se tratando da dinâmica das correntes longitudinais, para melhor discussão dos resultados, será feita uma análise dos perfis de praia 2, 3 e 5, Figuras 11 a 13. De maneira a observar que independente do perfil de praia analisado, o aumento e o decaimento da velocidade da corrente e da largura da zona de surf são diretamente proporcionais à altura das ondas na zona de arrebentação (Equação 8), conforme a ondulação perde ou ganha tamanho, as velocidades das correntes longitudinais são menos ou mais intensas e provocam modificações na zona de surf, como estreitamento ou alargamento.

#### 4.4. Cálculo de correntes

Com o intuito de verificar a contribuição das correntes longitudinais à dinâmica costeiras, foi utilizado um modelo paramétrico com base nos trabalhos de Longuet-Higgins (1970a e 1970b).

A magnitude máxima (V) e direção (sinal) da corrente longitudinal resultante dentro da

zona de surf foram calculadas por:

$$V = \frac{5\pi}{16} \frac{\tan(\beta)}{c_f} \gamma_b \sqrt{g h_b} \sin(\theta_i) \cos(\theta_i) \quad (8)$$

Onde:  $\beta$  é a declividade da praia,  $c_f$  o coeficiente de fricção do fundo,  $\gamma_b$  representa o índice de arrebentação da onda, indicado na equação 21 pela relação entre a altura de onda ( $H_b$ ) e a profundidade de quebra ( $h_b$ ),  $g$  a gravidade, e  $\theta_i$  a direção da onda incidente na zona de arrebentação. O coeficiente de fricção é definido por (VAN RIJIN, 1993).

$$c_f = 0.24 \left( \log \left( 12 \frac{h_b}{3 D_{90}} \right) \right)^{-2} \quad (9)$$

Onde,  $D_{90}$  é o diâmetro na curva granulométrica que é excedido por 10% do peso da amostra total de sedimentos.

A formulação permite calcular a magnitude máxima da corrente na zona de arrebentação e o perfil de velocidades perpendicular decai linearmente até zero na linha de costa, ou seja, sem aplicar o fator de dispersão (KOMAR, 1976). Para caracterização do comportamento da dinâmica das correntes longitudinais mais próximo da realidade costeira, o fato de dispersão será aplicado. De maneira a observar as diferentes variações na velocidade de corrente dentro da zona de surf, a partir do aumento da amplitude da taxa de turbulência (LONGUET-HIGGINS, 1970b).

#### **4.5. Calibração com imagens de satélite**

Com o intuito de verificar qualitativamente os resultados obtidos, estes foram calibrados com imagens de satélite. A calibração dos resultados ocorreu por meio da análise entre as larguras das zonas de surf calculadas e as medidas nas imagens de satélite no software Google Earth. A Figura 17 demonstra como foi feito dimensionamento da zona de surf para o perfil 2.



**Figura 17: Dimensionamento da zona de surf para o perfil 2.**

Fonte: Google Earth, 2019 Adaptado.

A disponibilidade de imagens de satélites varia de acordo com o local e período escolhido, onde a depender do local, diferentes imagens são obtidas para o mesmo período, o que não é coerente para análise dos resultados.

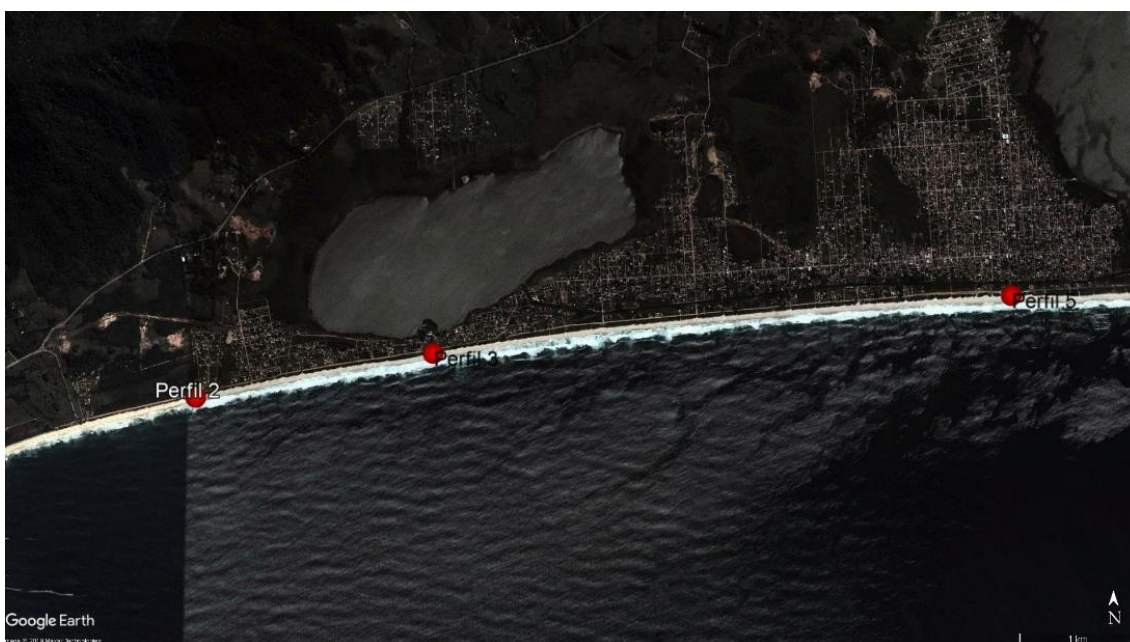
## **5. Resultados**

A seguir são analisados os resultados obtidos da propagação do clima de ondas até a praia durante um intervalo de 15 dias, considerando os 2 cenários analisados.

### **5.1. Propagação de ondas**

#### **5.1.1. Cenário 1 - Período analisado: 02/07/2013 a 16/07/2013**





**Figura 18: Cenário 1 – Predominância de ondulações SSW (10/07/2013).**

Fonte: Google Earth, 2019.

O clima de ondas durante os dias 02/07/2013 a 16/07/2013 foi marcada por três intensas ondulações de sul-sudoeste, com alturas de ondas acima dos 2 m, com períodos de 13 s, onde, na zona de arrebentação as ondas atingiram aproximadamente 3 m de altura.

As principais características do clima de ondas do período analisada atuantes em cada perfil, pode ser verificado na Tabela 4, onde Hs 28m, representa a maior altura significativa observada nos 28 metros para cada perfil, Hbmax, a maior altura de onde na quebra, Tp e Dir representam o período e a direção da respectiva onda na quebra, e Hbmed, representa a altura média das ondas na quebra para cada perfil analisado.

**Tabela 3: Características clima de ondas para cada perfil para cenário 1.**

Cenário 1	Clima de ondas (15 dias)	Perfil	Hs 28m (m)	Hbmax (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hbmed (m)
Predominância de ondulações de SSW	jul/13	2	2,57	3,95	13,2	166,6	1,86
		3	2,57	3,98	13,2	171,1	1,87
		5	2,57	4,01	13,2	179,3	1,87

Há predominância da incidência de ondas de sul-sudoeste durante todo período, no entanto, ondulações de sudeste-leste são notadas em 2 momentos (06-04/07/19 e 14/07/19) e são responsáveis pelas maiores refrações percebidas em todos os perfis. Ondas que chegam à

isóbata de 28 metros com angulação de  $120^\circ$  refratam na zona de quebra com aproximadamente  $160^\circ$  para o perfil 2 (Figura 19). Ondulações de sudeste apresentaram baixa altura de onda, sofrendo menor empinamento que durante os períodos de maior altura de onda. No perfil 3 (Figura 20), a menor altura de onda na arrebentação, foi cerca de 0,5 m.

Durante os 3 primeiros dias, há uma distribuição de ondas de sul e sudoeste que aproximam da costa com angulação de  $181,5^\circ$  e  $185^\circ$  respectivamente, e na zona de quebra registram  $167^\circ$  para o perfil 2 (Figura 19). A maior ondulação foi registrada no dia 8 de julho, oriunda de ondas de sul-sudoeste ( $184^\circ$ ) com cerca de 2,6 m, que na zona de quebra atingiram cerca de 3,9 m, a maior altura de onda registrada no período para todos os perfis de praia.

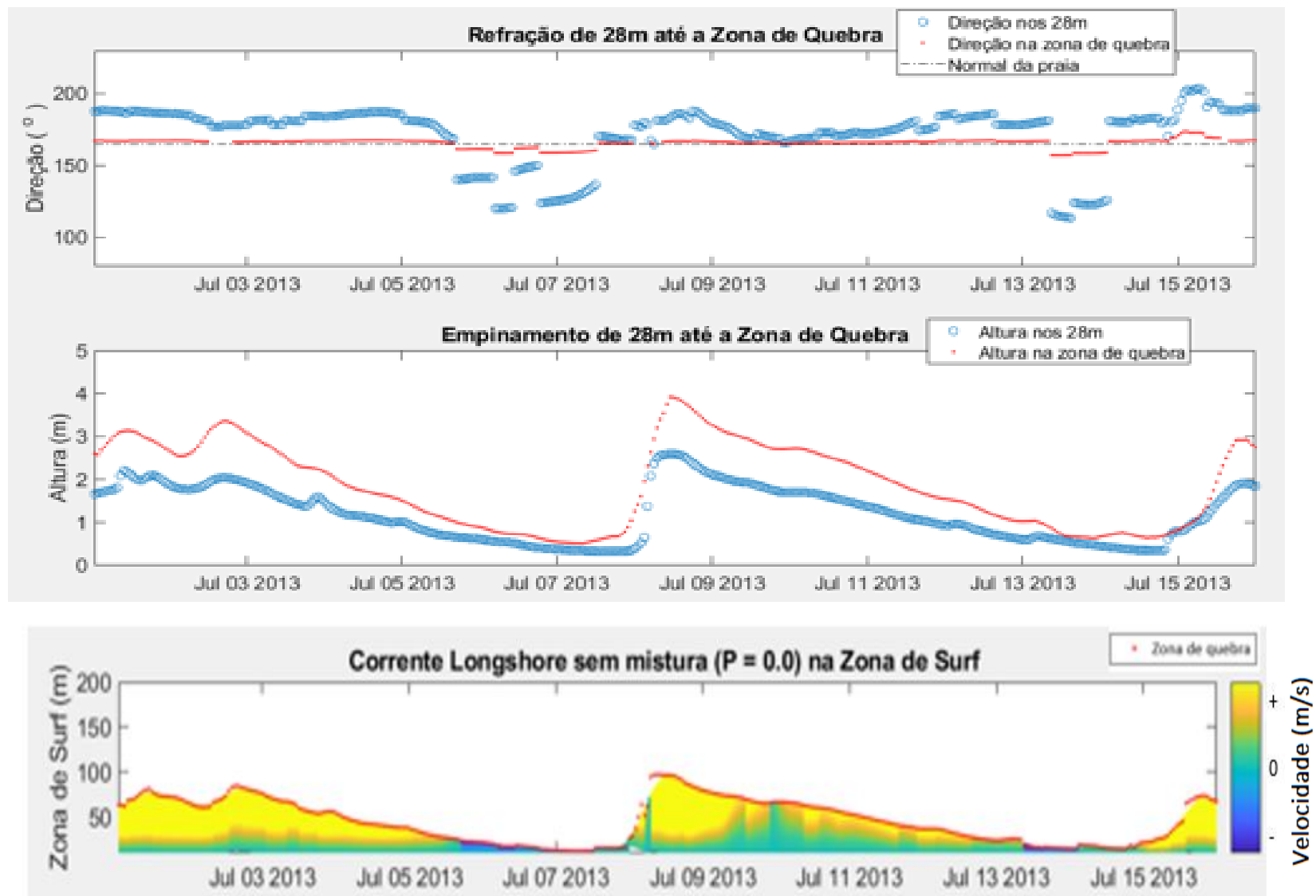


Figura 19: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 2.

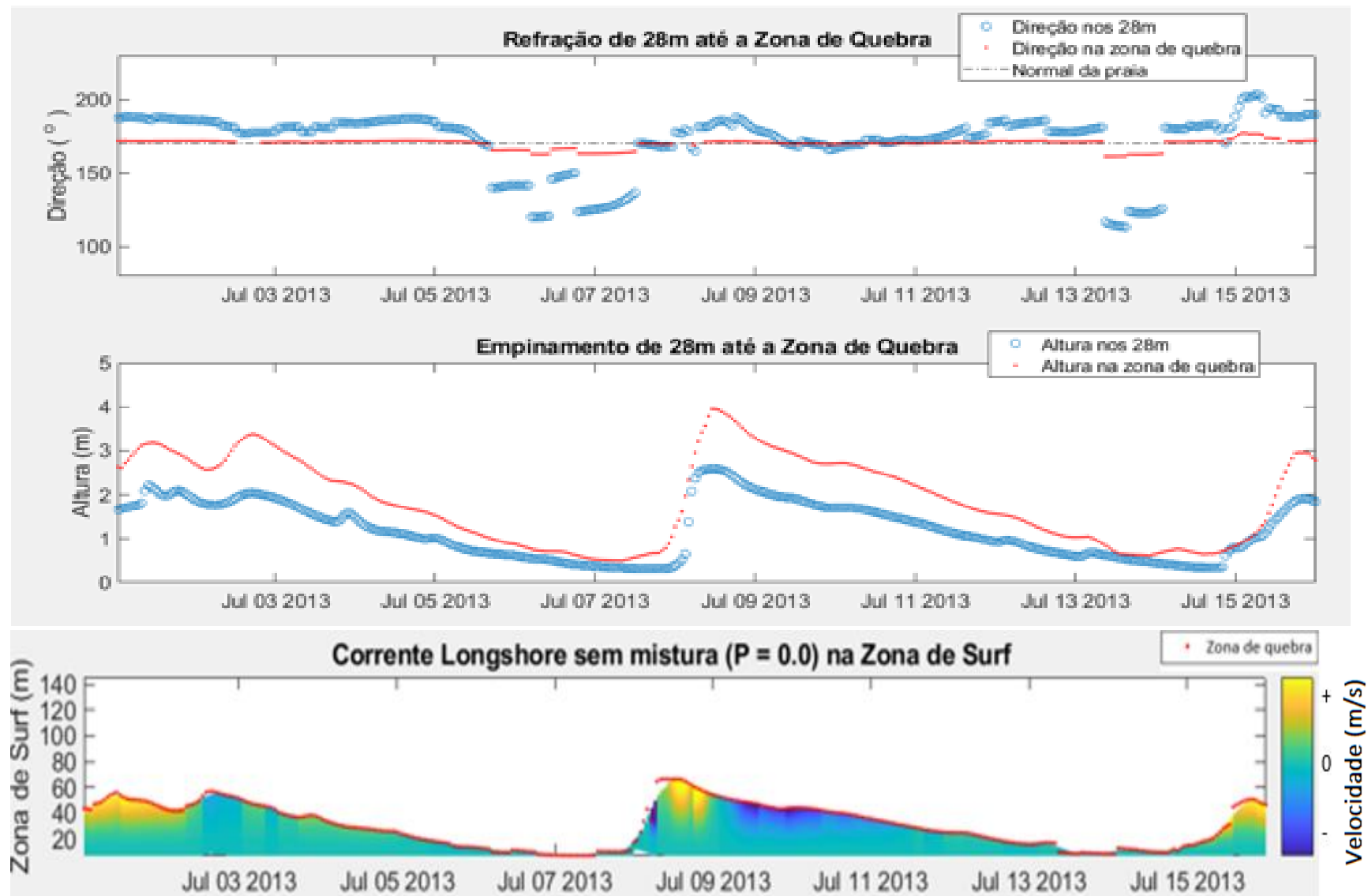


Figura 20: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 3.

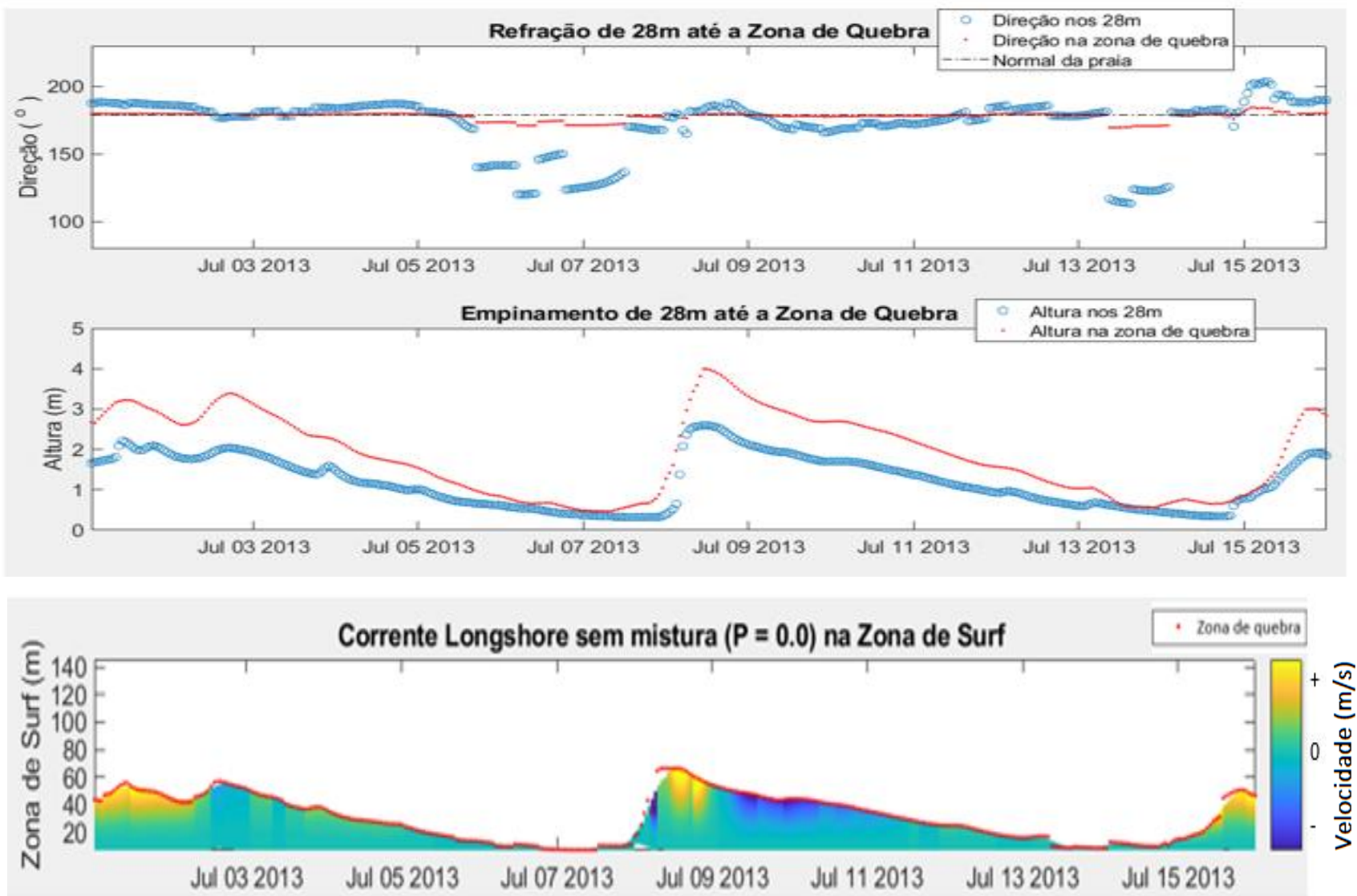


Figura 21: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 5.

### 5.1.2. Cenário 2 - Período analisado: 25/06/2016 a 09/07/2016

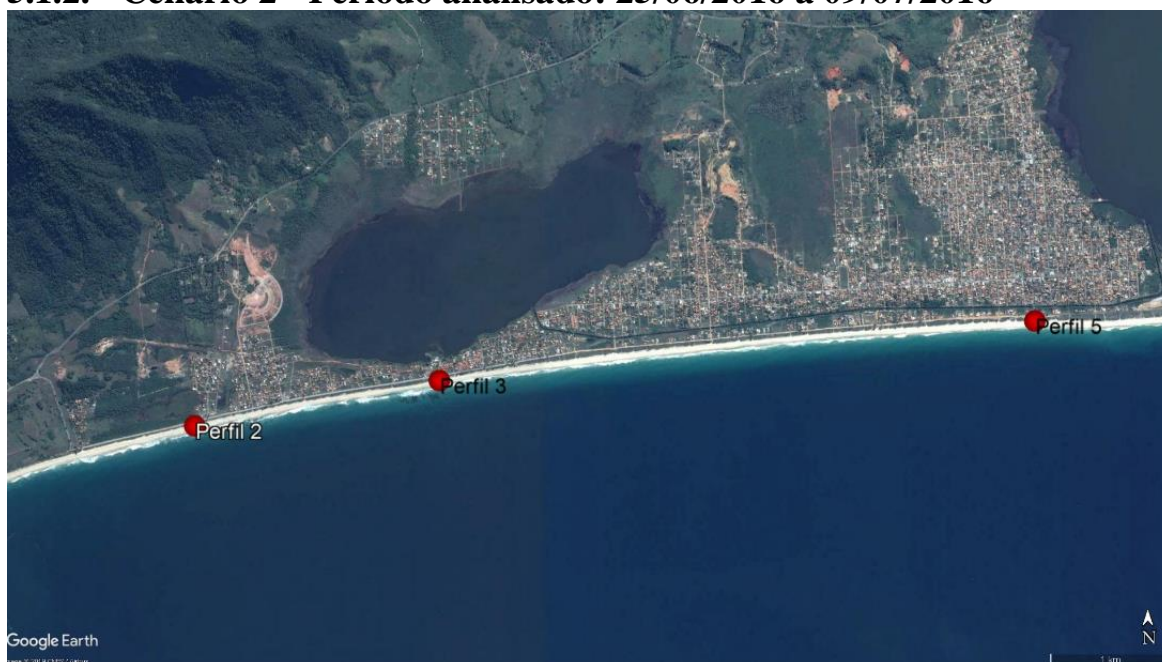


Figura 22: Cenário 2 – predominância de ondulações de ESSE (02/07/2016).

Fonte: Google Earth, 2019

O clima de ondas durante os dias 25/06/2016 a 09/07/2016 é marcado por uma ondulação de média intensidade de sudeste durante os primeiros dias, com alturas de ondas de aproximadamente 1,7 m na zona de arrebenção, entre os dias 29/06 a 04/07, a ondulação vira para leste e perde intensidade, registrando as menores alturas de ondas ao longo do período, cerca de 0,5 m, conforme direção e altura de ondas identificados na Figura 23. O final do período é marcado por uma forte ondulação de sudoeste, provocando ondas de aproximadamente 4 m na arrebenção, a maior registrada para esse cenário.

As principais características do clima de ondas do período analisado, podem ser verificadas na Tabela 5. Onde  $H_s$  28 m, representa a maior altura significativa observada nos 28 metros para cada perfil,  $H_{bmax}$ , a maior altura de onde na quebra,  $T_p$  e  $Dir$  representam o período e a direção da respectiva onda na quebra, e  $H_{bmed}$ , representa a altura média das ondas na quebra para cada perfil analisado.

Tabela 4: Características clima de ondas para cada perfil para cenário 2.

Cenário 2	Clima de ondas (15 dias)	Perfil	Hs 28m (m)	Hbmax (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hbmed (m)
Predominância de ondulações de ESE	jul/16	2	2,76	4,36	14,7	167,8	1,62
		3	2,76	4,39	14,7	172,7	1,66
		5	2,76	4,52	14,7	180,5	1,62

Pode-se dividir o clima de ondas do cenário 2, em 2 momentos, devido a incidência de ondas de sul-sudeste ( $174^\circ$ ) em algumas horas de 25/06 e a partir do dia 05/07 ( $187^\circ$ ), e devido ao decaimento da orientação da incidência de ondas, desde 25/06 ( $157^\circ$ ) até 04/07 ( $132^\circ$ ), durante esse intervalo de tempo, em 30/06 e 03/07, as orientações foram respectivamente,  $118^\circ$  e  $114^\circ$ . Intervalo, que foram registradas as maiores refrações, ondas que incidiam nos 28 metros com direção de azimute  $114^\circ$  e  $115^\circ$ , registraram na zona de arrebentação  $159^\circ$  para o perfil 2 (Figura 23).

A ondulação de sul-sudeste ( $174^\circ$ ), foi responsável pela maior amplitude de onda, se for desconsiderado a grande ondulação de sudoeste em 08/07, na zona de arrebentação, onde, as ondas atingiram aproximadamente 2 m, perfil 3 (Figura 24). Pode-se verificar que conforme ocorre o decaimento das alturas de ondas nos 28 metros, as alturas na zona de arrebentação também diminuem. A maior altura de onda para o perfil 5 (Figura 25) foi registrada em 08/07, devido ondulações de sudoeste, que impulsionaram ondas de aproximadamente 4,3 no ponto de arrebentação.



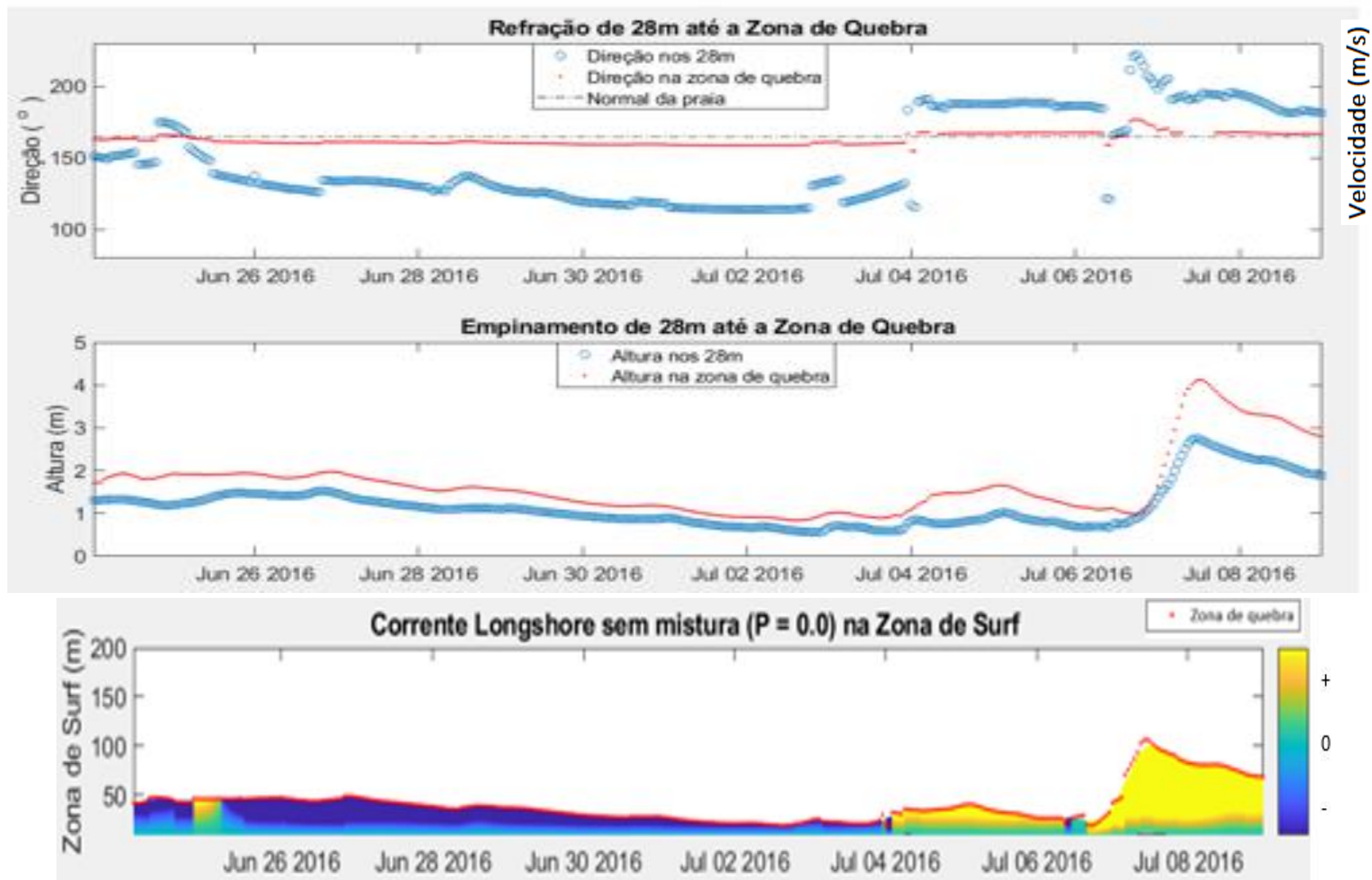


Figura 23: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 2.



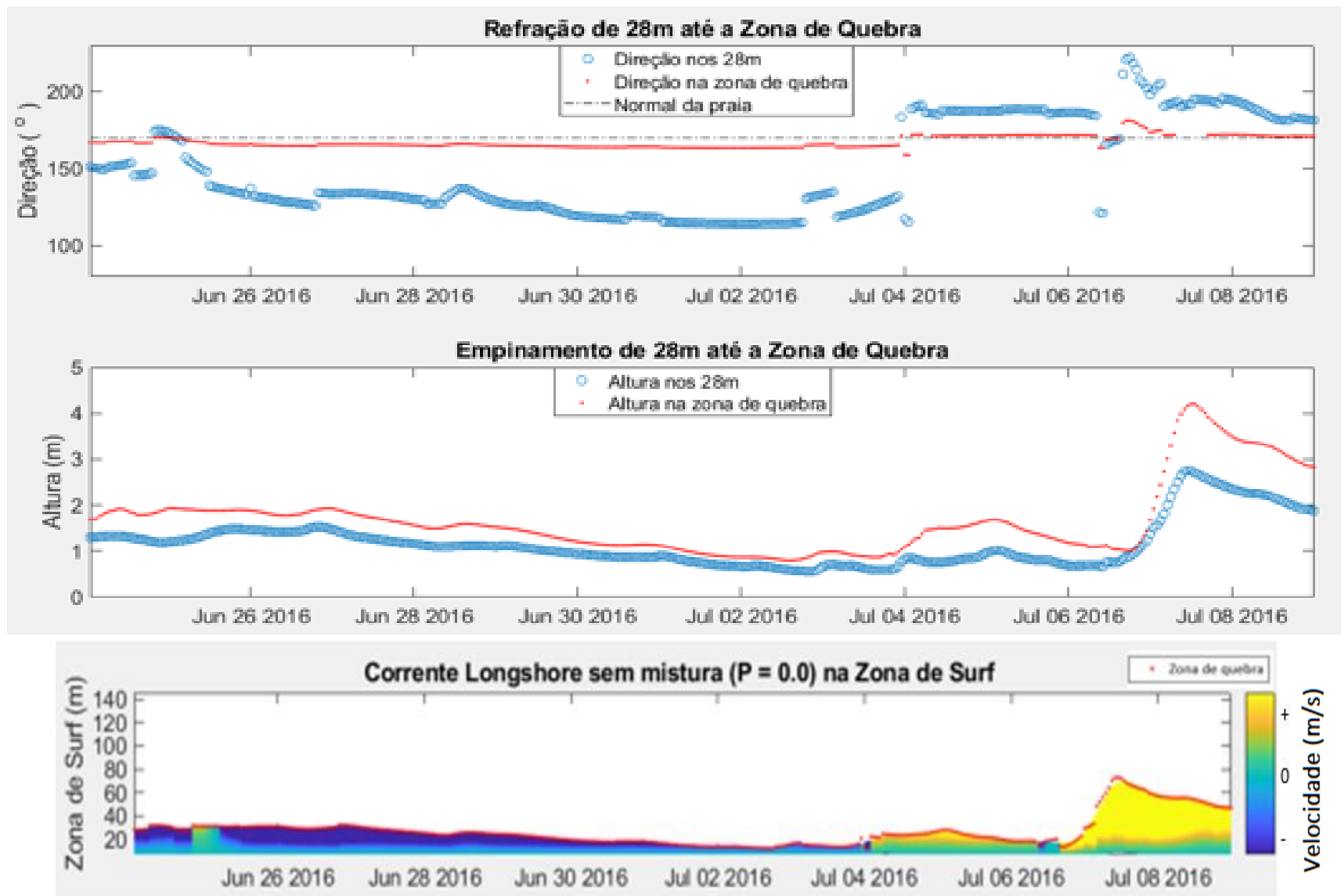


Figura 24: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 3.

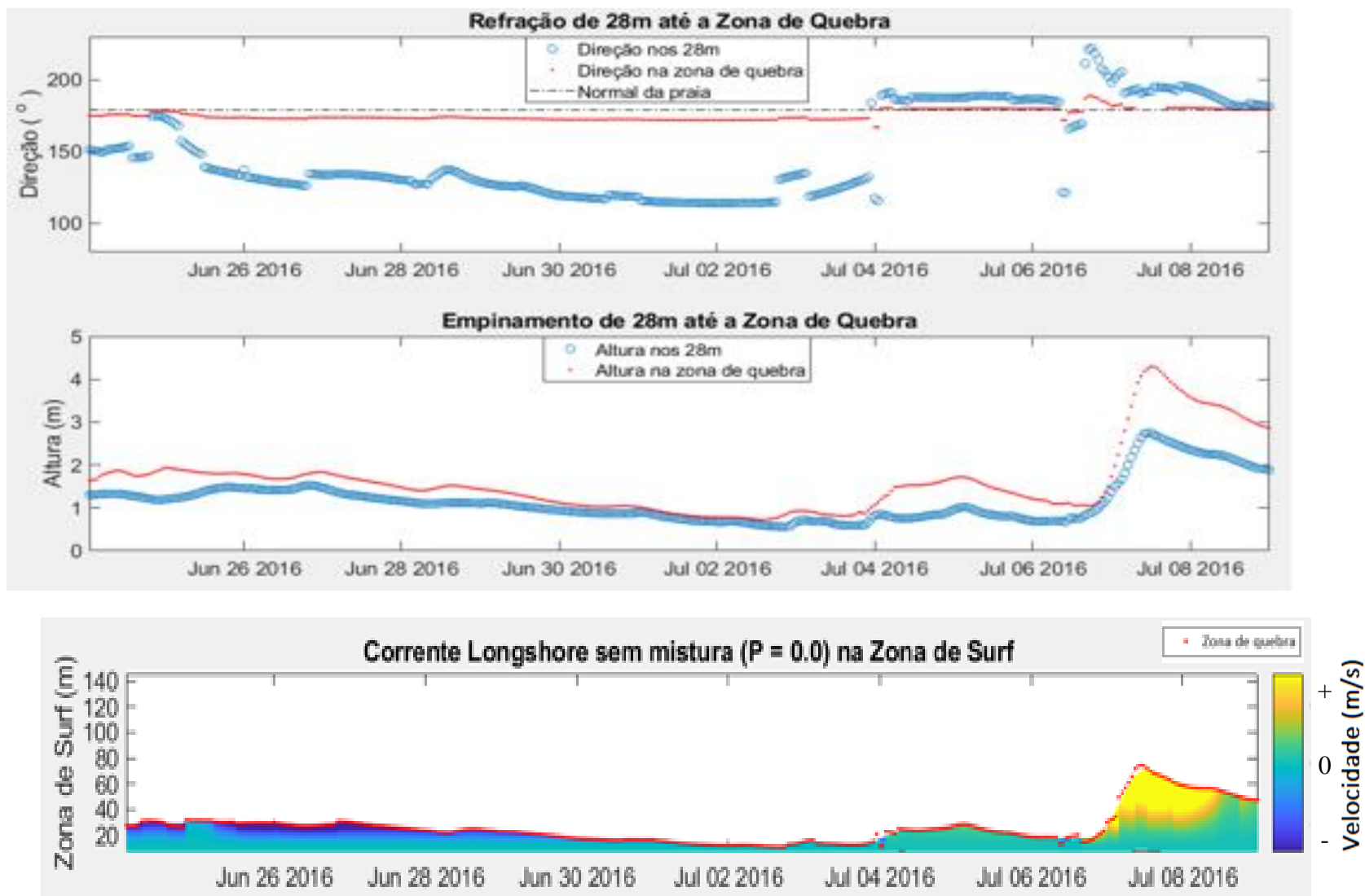


Figura 25: Propagação ondas e a influência na dinâmica das correntes longitudinais – perfil 5.

## 5.2. Dinâmica das correntes longitudinais na zona de surf

As características da dinâmica das correntes longitudinais na zona de surf para o cenário 1, foram demonstradas na Tabela 6, para cada perfil de praia, é possível observar a maior velocidade positiva (Vel máx E) e negativa (Vel máx O) das correntes, e as respectivas características das ondas incidentes (altura de onda na arrebentação (Hb), período (Tp) e direção (Dir), que provocaram esta velocidade. Pode-se observar também, as frequências registradas de velocidades positivas (Frequência +) ou negativas (Frequência -). A exemplo o perfil 2, onde, a frequência de correntes positivas (direção leste) foi de aproximadamente 83%, registrando uma máxima velocidade de 1,032 m/s.

Tabela 5: Características da dinâmica das correntes litorâneas na zona de surf

Cenário 1	Clima de ondas	Perfil	Vel máx E (m/s)	Hb (m)	Tp (s)	Dir (°)	Frequência + (%)	Vel máx O (m/s)	Hb (m)	Tp (s)	Dir (°)	Frequência - (%)
Predominância de ondulações de SSW	jul/13	2	0,77	3,93	13,2	166,9	0,83	0,12	0,73	6,85	157,1	0,17
		3	0,43	3,64	12,8	171,7	0,74	0,12	2,38	7,21	169,1	0,26
		5	0,22	3,69	12,8	179,9	0,50	0,36	2,35	7,21	176,6	0,50

### 5.2.1. Cenário 1 - Período analisado: 02/07/2013 a 16/07/2013

#### 5.2.1.1. Perfil 2

Para o perfil 2, as correntes longitudinais com direção leste são predominantes na maior parte do período analisado. Devido a sua orientação praial de 165°, as ondulações de sul-sudoeste geram correntes longitudinais com direção leste. São mais evidentes a partir de 02/07 até 05/07, entre 09/07 e dia 16/07. As correntes longitudinais orientadas para oeste, se restringiram com menor frequência (dias 07/07 e 14/07) coincidindo com períodos de ondas com componente leste.

As maiores velocidades positivas foram encontradas nos dias 02/07, 03/07, 09/07 e 16/07, influenciadas pelo aumento da altura das ondas nesses intervalos, a maior velocidade de corrente, 0,77 m/s, foi registrada em 09/07 devido a alturas de ondas de 3,9 m e direção de aproximadamente 167° na arrebentação. A maior velocidade de corrente negativa foi registrada em 14/07, com aproximadamente 0,12 m/s.

Para o período analisado, caracterizado pelas grandes ondulações, a largura da zona de surf do perfil 2 chegou a atingir 96 m, no momento de maior ondulação registrado no dia 09/03. A largura da zona de surf média foi de 45 m, sendo a menor registrada em 07/03, aproximadamente 12 m.

### **5.2.1.2. Perfil 3**

Para o perfil 3, as correntes longitudinais orientadas para leste são predominantes na maior parte do período analisado, principalmente devido a sua orientação praial de  $170^\circ$ , onde, ondulações de sul-sudoeste chegam na zona de quebra com orientação de aproximadamente  $171^\circ$  a  $172^\circ$ . São mais evidentes a partir de 02/07 até 05/07, entre 09/07 e as primeiras horas do dia 10/07, entre 12/07 e 13/07 e dia 16/07. As correntes longitudinais orientadas para oeste, com menor frequência, se restringiram ao dia 07/07, algumas horas ao longo do dia 09 e 10/07, e 14/07.

As maiores correntes positivas foram encontradas nos dias 02/07, 09/07 e 16/07, influenciadas pelo aumento da altura das ondas nesses intervalos, a maior velocidade de corrente encontrada, 0,43 m/s, foi registrada em 09/07 devido a alturas de ondas de 3,64 m e direção de aproximadamente  $172^\circ$  na arrebentação. As maiores correntes negativas foram encontradas nas primeiras horas de 09/07, influenciada por ondas de sudeste ( $169,1^\circ$ ) e 2,38 m na zona de arrebentação, com aproximadamente 0,12 m/s.

O comportamento da zona de surf do perfil 3 é similar ao perfil 5, tende a ser mais larga, como pode ser percebido nas Figuras 23 e 24, entre os dias 08/07 e 09/07, dimensionada em 66 m, na menor ondulação registrada, a zona de surf chegou a ter menos de 8 m de largura.

### **5.2.1.3. Perfil 5**

A influência da orientação das ondas na zona de quebra, na direção de propagação das correntes fica evidenciada ao longo de todo período analisado para o perfil 5. Quando ondulações de sul-sudoeste quebram na costa, as correntes tendem a se deslocar para leste, mais evidente, em 3 momentos distintos, entre os dias 02/07 a 03/07, 08/07 a 09/07 e 15/07 a 16/07. Quando ondulações de sudeste-leste, quebram na costa, as correntes longitudinais tendem a se deslocarem para oeste, conforme percebido entre os dias 06/07 a 08/07 e 10/07 a 11/07.

As maiores correntes positivas foram encontradas nos dias 02/07, 09/07 e 16/07, geradas pelo aumento da altura das ondas nesses intervalos, a maior velocidade de corrente, 0,22 m/s, foi registrada em 09/07 devido alturas de ondas de 3,69 m e direção  $179,9^\circ$  na arrebentação, em 02/07 e 16/07, as velocidades registradas foram próximas ao dia 09/07, aproximadamente 0,17 m/s e 0,18 m/s, respectivamente. A corrente negativa de maior intensidade, aproximadamente 0,36 m/s, foi encontrada também em 09/07, influenciada

por ondas de aproximadamente 2,4 m direção 176,6° na arrebentação. Esta velocidade foi a maior registrada em todo o período analisado para o perfil 5.

Na medida que ondas maiores quebram, a zona de surf tende a ser mais larga, como pode ser percebido na Figura 24, entre os dias 08/07 e 09/07, dimensionada em 64 m. Nas menores ondulações incidentes na costa, a zona de surf chegou a ter menos de 20 m de largura. As alterações nas dimensões da zona de surf justificam-se pela intensidade das ondas aliada com o sentido e força das correntes longitudinais. Na Figura 26 é verificada as máximas velocidades de correntes segundo cada perfil, de maneira que é possível observar que durante todo o período a ocorrência das maiores correntes longitudinais em 09/07 coincide com a maior zona de surf. Ou seja, quando grandes ondulações se aproximam da costa e proporcionam altas intensidades de correntes, o arreste lateral de sedimentos que é sentido em cada perfil supera a deposição de sedimentos trazidos pelas ondas, na medida que a retirada de sedimentos acontece, a faixa de areia tende a se encurtar e conseqüentemente a zona de surf tem a tendência de aumentar. O contrário também é observado, ou seja, em pequenas ondulações, baixas intensidades de correntes são percebidas e o arraste lateral de sedimentos é superado pela deposição de sedimentos trazidos do fundo do mar, conseqüentemente há o alargamento da faixa de areia e a diminuição da zona de surf.

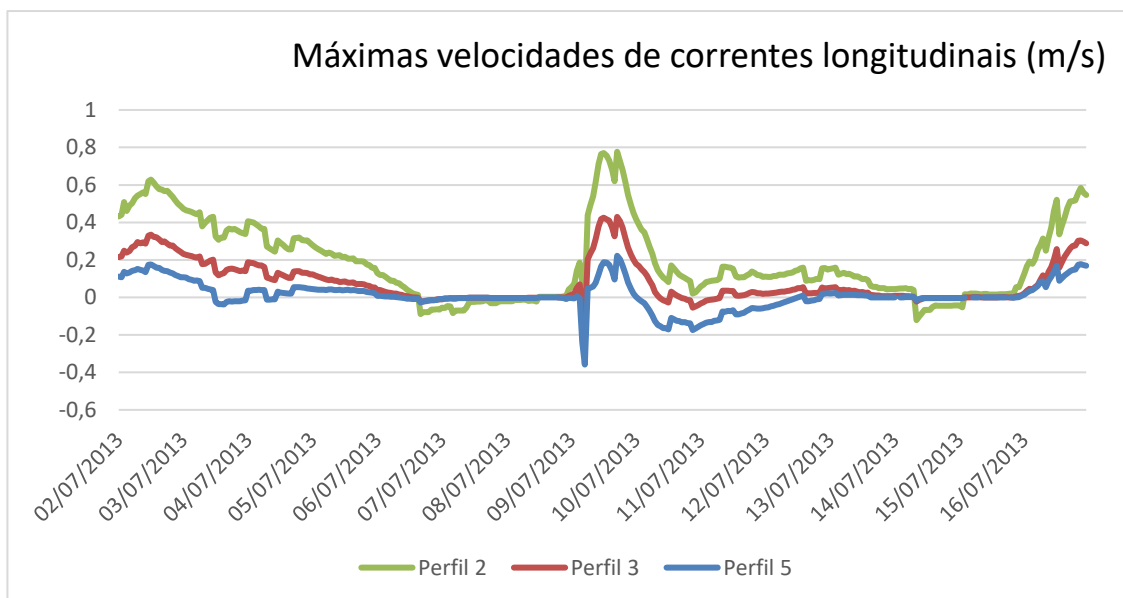


Figura 26: Integração das máximas velocidades das correntes longitudinais de cada perfil.

### 5.2.2. Cenário 2 - Período analisado: 25/06/2016 a 09/07/2016

As características da dinâmica das correntes longitudinais na zona de surf para o cenário

2, foram demonstradas na Tabela 7, para cada perfil de praia, é possível observar a maior velocidade positiva (Vel máx E) e negativa (Vel máx O) das correntes e as respectivas características das ondas incidentes (altura de onda na arrebentação (Hb), período (Tp) e direção (Dir), que provocaram esta velocidade. Pode-se observar também, as frequências registradas de velocidades positivas (Frequência +) ou negativas (Frequência -). A exemplo o perfil 3, onde, a frequência de correntes negativas (direção oeste) foi de aproximadamente 67%, registrando uma máxima velocidade de 0,60 m/s.

**Tabela 6: Características da dinâmica das correntes litorâneas na zona de surf.**

Cenário 2	Clima de ondas (15 dias)	Perfil	Vel máx E (m/s)	Hb (m)	Tp (s)	Dir (°)	Frequência + (%)	Vel máx O (m/s)	Hb (m)	Tp (s)	Dir (°)	Frequência - (%)
Predominância de ondulações de ESE	jul/16	2	1,12	4,04	13,70	167,6	0.35	0,49	1,90	9,54	160,4	0.65
		3	0,72	4,11	13,70	172,2	0.33	0,28	1,86	9,54	164,8	0.67
		5	0,495	4,22	13,70	180,3	0.31	0,27	1,74	9,54	173,0	0.69

### 5.2.2.1. Perfil 2

As propagações de velocidades negativas são predominantes na maior parte do período, geradas pelas ondulações de sudeste-leste que foram mais frequentes que ondulações de sudoeste, notada apenas em 08/07. Considerando a data de início do período, para o perfil 2, a propagação de velocidades negativas foi apenas interrompida em um momento, decorrente à ondulação de orientação sul-sudeste (174°), durante as últimas horas do dia 25/06 e as três primeiras horas de 26/06. Após este período, pode-se perceber, que o decaimento das alturas de ondas na zona de arrebentação, contribuiu para a continua propagação de velocidades negativas, a maior velocidade das correntes longitudinais com direção de azimute de 160,4° na arrebentação, foi calculada em 27/06, aproximadamente 0,5 m/s.

A partir do dia 04/07, na zona de quebra, ondas incidentes de sul-sudeste (167°), são responsáveis por interromperem a continua propagação das correntes negativas, invertendo a direção das correntes, o ápice da corrente longitudinal positiva, 1,12 m/s, foi registrada em 08/07, provocada por ondas com direção 167° de aproximadamente 4,0 m na zona de quebra.

A zona de surf sofreu poucas modificações ao longo de todo período analisado, em maior parte do período, permaneceu entre os limites de 20 m e 40 m, sofrendo a maior alteração, quando alturas de ondas de aproximadamente 4 m incidiram na costa, a largura da zona

de surf chegou aos 105 m no momento de maior magnitude da ondulação.

### **5.2.2.2. Perfil 3**

O comportamento das velocidades longitudinais para o perfil 3 é bastante similar ao que foi verificado para o perfil 2. Onde a propagação de correntes em sentido oeste é predominante na maior parte do período, geradas pelas ondulações de sudeste-leste. A maior velocidade negativa foi calculada em 27/06, aproximadamente 0,3 m/s. Durante as últimas horas do dia 25/06 e as três primeiras horas de 26/06, percebe-se a inversão da propagação das correntes, porém menos intenso do que foi observado para o perfil 2.

Devido ao mesmo comportamento observado para o perfil 2, a partir do dia 04/07, na zona de quebra, ondas incidentes de sul-sudeste ( $172^\circ$ ) com altura na quebra de aproximadamente 4,1 m, são responsáveis por interromperem a continua propagação das correntes negativas, invertendo a direção das correntes, e registrando 0,72 m/s no momento de maior magnitude na ondulação.

Conforme observado para o perfil 2, a zona de surf, sofreu poucas modificações, entretanto no período de maior magnitude de ondulação, foi registrada 72,5 m de largura.

### **5.2.2.3. Perfil 5**

Para o perfil 5, as correntes longitudinais orientadas para oeste são predominantes na maior parte do período analisado, percebe-se velocidades negativas desde o início até o final do dia 04/07, provocadas por ondulações de orientação leste-sudeste. A corrente negativa de maior magnitude foi notada em 27/06, com intensidade de 0,27 m/s.

A partir do dia 05/07, percebe-se comportamento contrário na direção das correntes, sob influencias de ondulações de orientação sul-sudoeste, as correntes passam a se deslocar para leste até o final do período, com a exceção de algumas horas de 07/07, onde ondas chegaram na quebra com angulação de aproximadamente  $172^\circ$ , orientado a corrente para oeste.

Em 08/07, ao ser influenciadas por forte ondulação de sudoeste ( $222^\circ$ ), possibilitou a orientação do azimute de  $180,3^\circ$  na zona de arrebenção. Fato que contribui para a maior altura de onda registrada para todos os perfis, 4,22 m, e velocidade positiva de corrente de aproximadamente 0,5 m/s.

O comportamento da zona de surf, apresentou valores inferiores aos apresentados pelo perfil 3, durante a propagação de correntes negativas, e se tratando, de correntes positivas,

valores superiores, a maior largura da zona de surf foi registrada em 74,6 m. Conforme Figura 27, seguindo o mesmo raciocínio discutido para o cenário 1, as máximas velocidades de correntes longitudinais, leste ou oeste, também coincide com os momentos de maior largura na zona de surf.

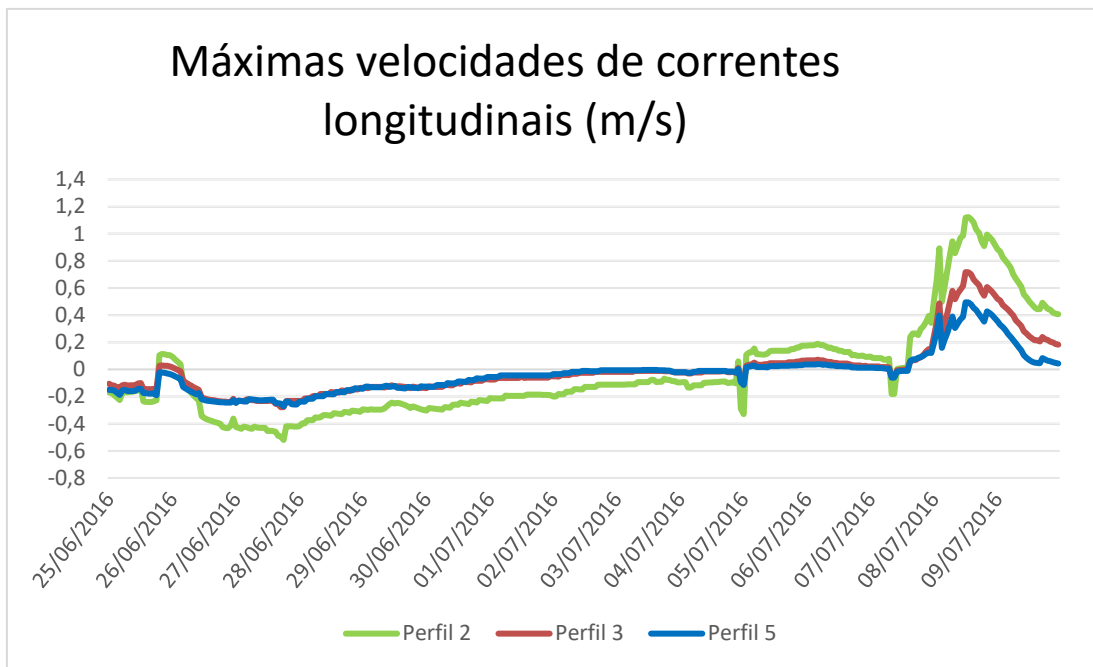


Figura 27: Integração das máximas velocidades das correntes longitudinais de cada perfil.

### 5.2.3. Comparando cenários e perfis

Comparando os dois cenários, o perfil 2 apresentou as maiores magnitudes para leste para ambos cenários, 0,77 m/s e 1,12 m/s, cenários 1 e 2 respectivamente, e registrou a menor magnitude de velocidade para oeste, 0,12 m/s, igual ao que foi registrado para o perfil 3, ambas no cenário 1.

Pode-se observar, que para o cenário 1, a maior velocidade negativa para o perfil 2 foi originada de ondulações incidentes em 14/07/13, enquanto que para os perfis 3 e 5, as maiores correntes negativas tiveram origem de ondulações incidentes em 09/07/13.

As maiores frequências de corrente positiva foram observadas para este perfil, 83%, considerando o cenário 1 e 35% para o cenário 2.

O perfil 3, com direção de azimute 170°, apresentou velocidades intermediários para ambos os cenários, quando comparadas aos perfis 2 e 5, porém, com maior similaridade aos valores reportados no perfil 2, de orientação praial de 165°.

O perfil 5 apresentou a menor velocidade positiva considerando o cenário 1, no entanto, para o mesmo cenário, apresentou a maior magnitude de velocidade com orientação para



oeste (negativa). A proporção da frequência de correntes orientadas para leste e para oeste foram iguais, 50%, o que reflete na equiparação das velocidades máximas observadas, 0,22 m/s para leste e 0,36 para oeste. Quando comparada ao cenário 2, a menor velocidade positiva de corrente longitudinal é observada também no perfil 5, aproximadamente 0,5 m/s, entretanto, a velocidade é maior do que os 0,22 m/s observados para o cenário 1.

No cenário 2, pode-se perceber que ao longo de toda a propagação das ondas até 07/07, as velocidades das correntes longitudinais, em locais que foram registradas maiores magnitudes de corrente para os perfis 2 e 3. No perfil 5 se apresentaram menos intensas, apesar da semelhança do clima de ondas incidentes na zona de quebra.

#### **5.2.4. Influência da mistura na dinâmica das correntes longitudinais**

Conforme introduzido por Longuet-Higgins (1970b). As velocidades das correntes longitudinais litorâneas atingem a velocidade máxima de propagação no ponto de quebra da onda e fora da arrebentação a velocidade é zero. Para o caso sem mistura lateral. Como pode-se notar, na primeira imagem das Figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 33. Onde o coeficiente  $P = 0$ .

A partir do incremento do valor de  $P$ , para 0,01, pode-se verificar, que as velocidades das correntes perdem intensidade, e apresentam uma leve tendência em se dissipar para locais mais distantes da zona de arrebentação, de maneira a se aproximar à linha de costa e a variar após a zona de quebra.

Para  $P = 1,0$ , observa-se um comportamento bem diferente, do que foi visto em  $P=0$  e  $P=0,01$ . As velocidades apresentaram um decaimento grande, e a variação se estende em toda a trajetória da onda até a linha de costa. De maneira que, antes de arrebentar, as ondas já sofrem os efeitos da mistura.

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentadas as máximas velocidades de propagação positivas resultantes em cada perfil de praia, para os cenários 1 e 2 respectivamente, considerando a influência da mistura lateral na dinâmica das correntes. De maneira a perceber, o progressivo decaimento das velocidades com o aumento da taxa de mistura. As Figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 33 foram obtidas pelo cálculo das correntes longitudinais (LONGUET-HIGGINS, 1970b) e retratam o decaimento, pode-se perceber que conforme há o aumento de  $P$  as velocidades diminuem, e a linha vermelha até então tangenciada ( $P=0$ ) é ultrapassada ( $P = 0.01$ ), mostrando que os efeitos são notados antes do ponto de quebra de ondas.

Tabela 7: Influência da mistura lateral na dinâmica das correntes.

Cenário 1	Clima de ondas (15 dias)	Perfil	P = 0 (m/s)	P = 0.01 (m/s)	P = 1 (m/s)
Predominância de ondulações de SSW	jul/13	2	0,77	0,57	0,19
		3	0,43	0,32	0,10
		5	0,22	0,17	0,053

As velocidades das ondas calculadas para as condições de ondas caracterizadas pelo cenário 1 aferem que  $P = 1$  é o que se mais aproxima da realidade. Conforme já apresentado, o cenário 1 é caracterizado pela chegada de grandes ondulações durante o período estudado, por meio das Figuras 28, 29 e 30, percebe-se que nas maiores zonas de surf calculadas tem-se uma maior variação nos perfis de velocidades, a exemplo de 09/07, ao que diz respeito a ponto em que são notadas a presença de velocidades conforme há o incremento do valor de P.

### 5.2.4.1.1. Perfil 2

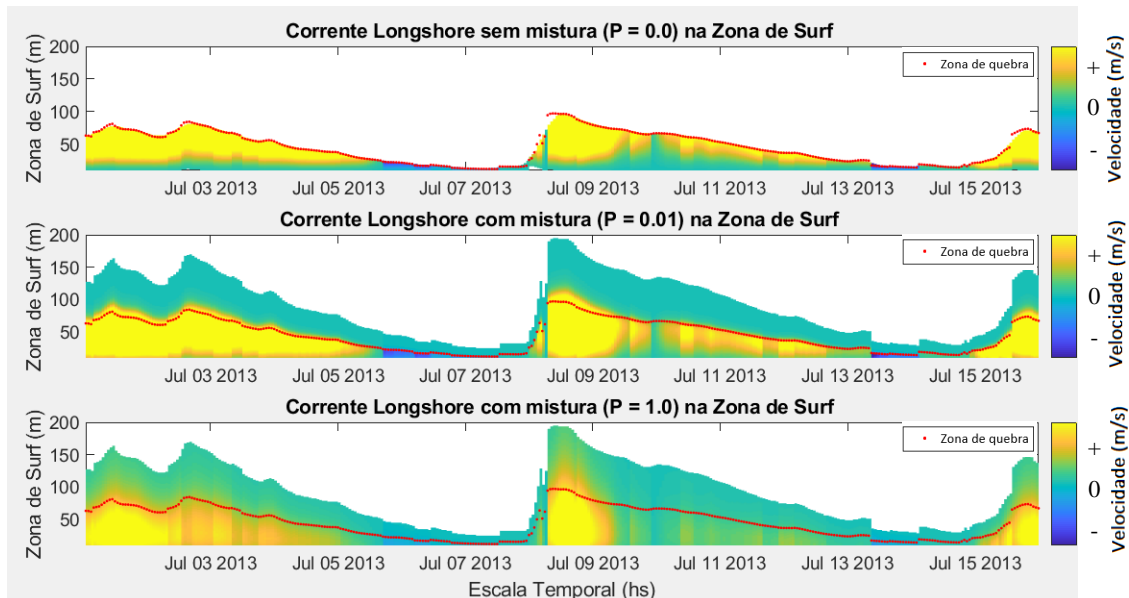


Figura 28: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 2.

### 5.2.4.1.2. Perfil 3

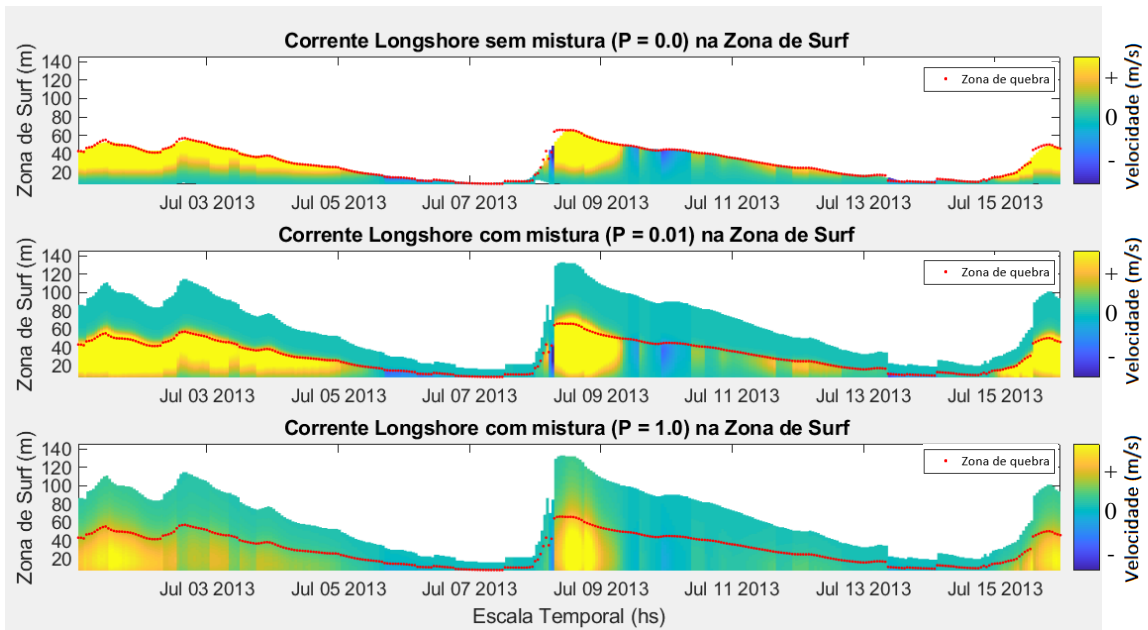


Figura 29: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 3.

### 5.2.4.1.3. Perfil 5

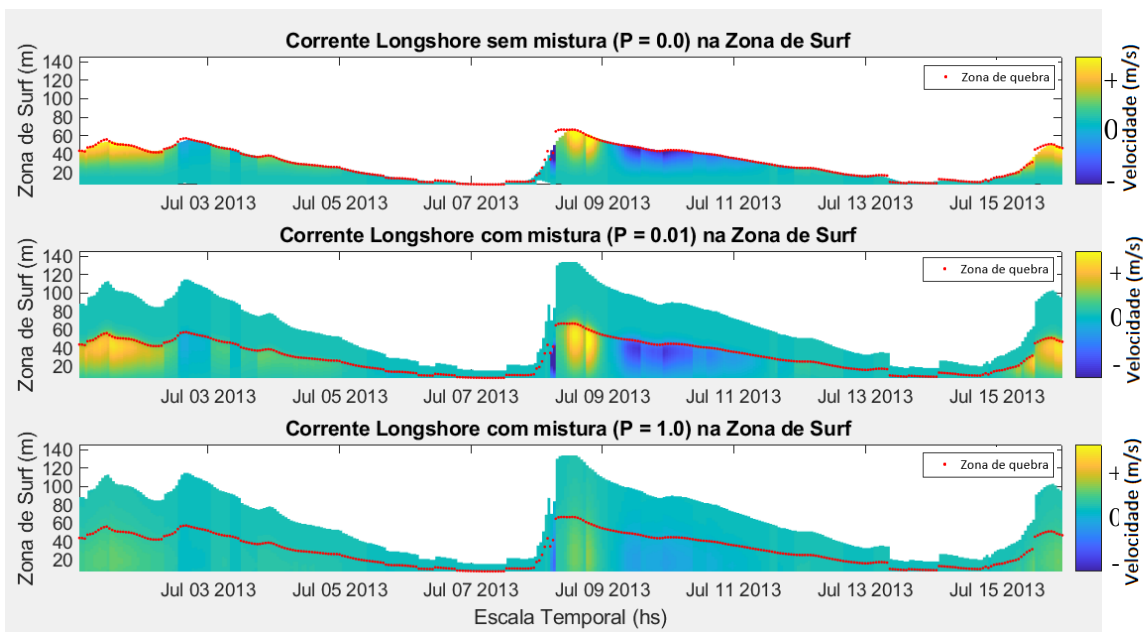


Figura 30: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 5.

Tabela 8: Influência da mistura lateral na dinâmica das correntes.

Cenário 2	Clima de ondas (15 dias)	Perfil	P = 0 (m/s)	P = 0.01 (m/s)	P = 1 (m/s)
Predominância de ondulações de ESE	jul/16	2	1,12	0,84	0,27
		3	0,72	0,53	0,17
		5	0,495	0,37	0,12

As velocidades das ondas calculadas para as condições de ondas caracterizadas pelo cenário 2 aferem que  $P = 0.01$  é o que se mais aproxima da realidade. Por meio das Figuras 31, 32 e 33, pode-se perceber que durante o período analisado, com exceção da grande ondulação em 08/07, o que é observado em  $P = 0$  é bastante semelhante ao que é notado para os outros índices de mistura, de forma que a condição  $P = 0$  é irreal,  $P = 0.01$  é a mais realista para a caracterização deste cenário.

#### 5.2.4.1.4. Perfil 2

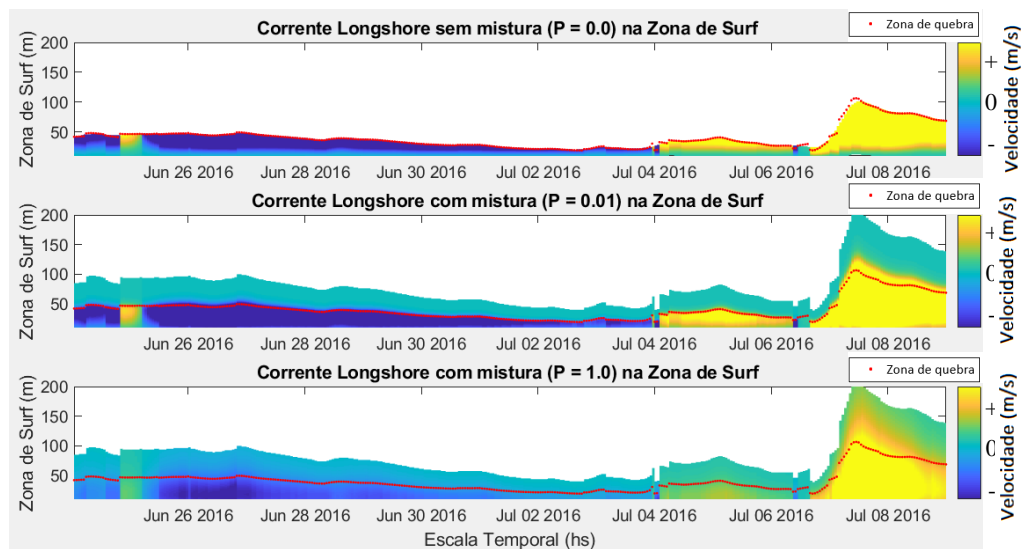


Figura 31: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 2.

#### 5.2.4.1.5. Perfil 3

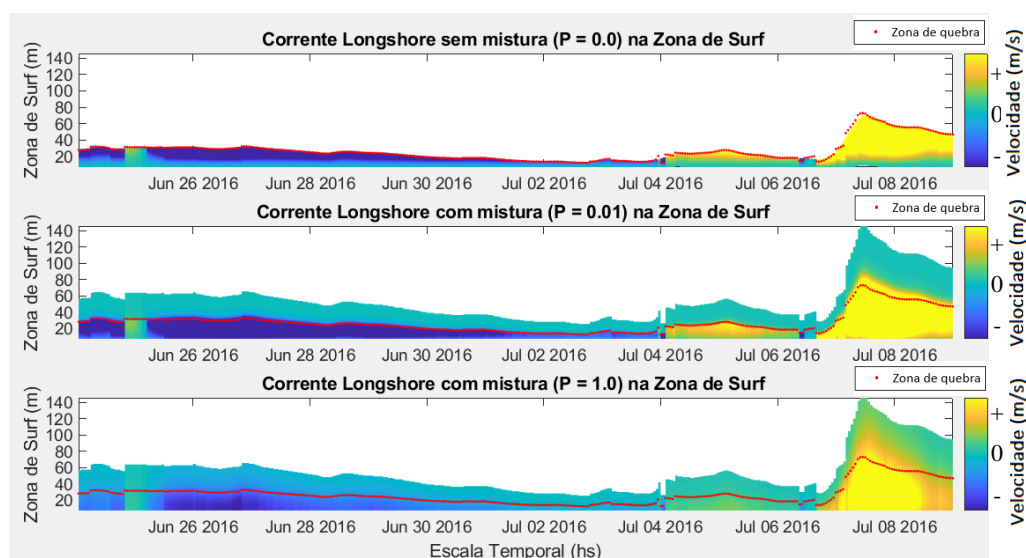


Figura 32: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 3.

### 5.2.4.1.6. Perfil 5

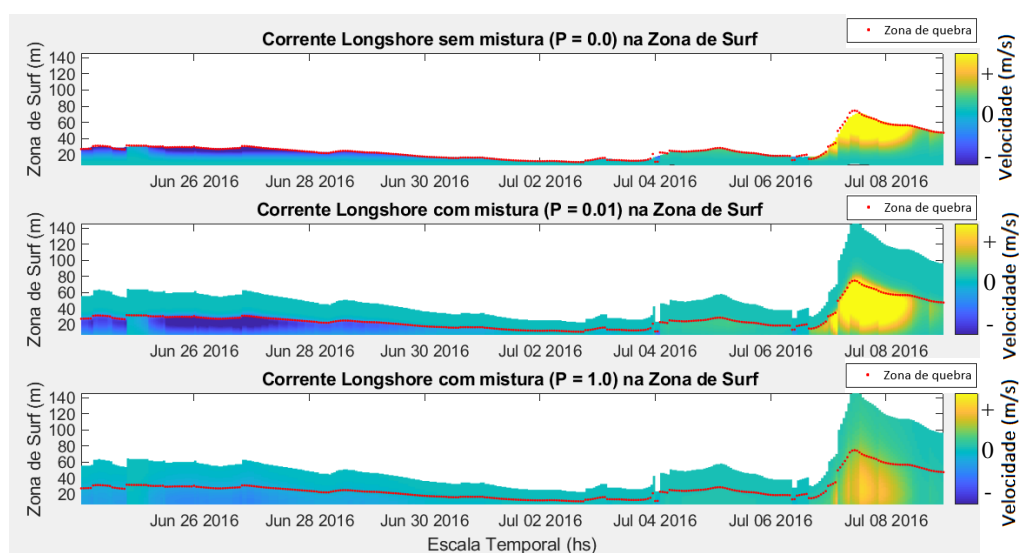


Figura 33: Correntes litorâneas com aplicação da mistura - perfil 5.

## 5.3. Verificação de imagens por satélite

### 5.3.1. Cenário 1 – 10/07/2013

As condições de mar observadas em 10/07/2013, com incidência de ondas de aproximadamente 2 m na quebra de orientação de sul-sudeste contribuem para a arrebenção de ondas em maiores profundidades, e conseqüentemente, o alargamento da zona de surf. Os efeitos da mistura são notados principalmente no momento de maior intensidade da ondulação e variam de acordo com o perfil analisado.

#### 5.3.1.1. Perfil 2

Dadas as condições de ondas e a orientação do perfil 2, a orientação de correntes é para

leste em 10/07/2013, apresentando altas velocidades, principalmente no início do dia analisado, e a posterior perda de intensidade, conforme a perda de força da ondulação de sul-sudeste. Diante deste cenário, é possível observar influência das condições de mar sob o fator de mistura, onde, pela intensidade da ondulação durante o dia analisado é possível identificar seus efeitos na linha de costa e na zona de quebra.

A zona de surf calculada para 10/07/03 varia entre 79,2 m a 66,72 m (Figura 34), a imagem de satélite (Figura 35), apresenta distância de 72,0 m.

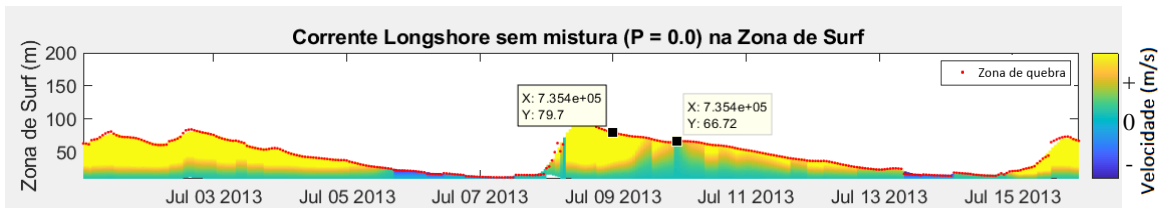


Figura 34: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 2.



Figura 35: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 2.

Fonte: Google Earth, 2019.

### 5.3.1.2. Perfil 3

Para o perfil 3 em 10/07/2013, a direção de correntes varia de leste, no início do dia, para a direção oeste no final, o aumento do fator mistura demonstra-se ser condizente ao que é observado nas proximidades da linha de costa, considerando a primeira metade do dia, a partir da segunda metade a variação da mistura não parece ser significativa para a dinâmica das correntes, devido as baixas velocidades registradas.

A zona de surf calculada para 10/07/03 varia entre 54,0 m a 44,25 m (Figura 36), a distância verificada pela imagem de satélite (Figura 37), apresenta distância de 70,0 m,



apresentando uma diferença de aproximadamente 20,0 m.

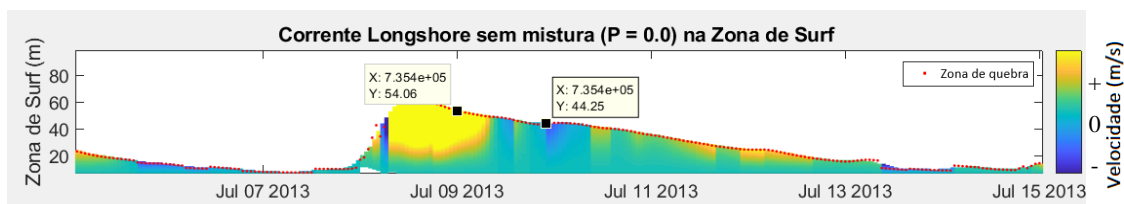


Figura 36: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 3.

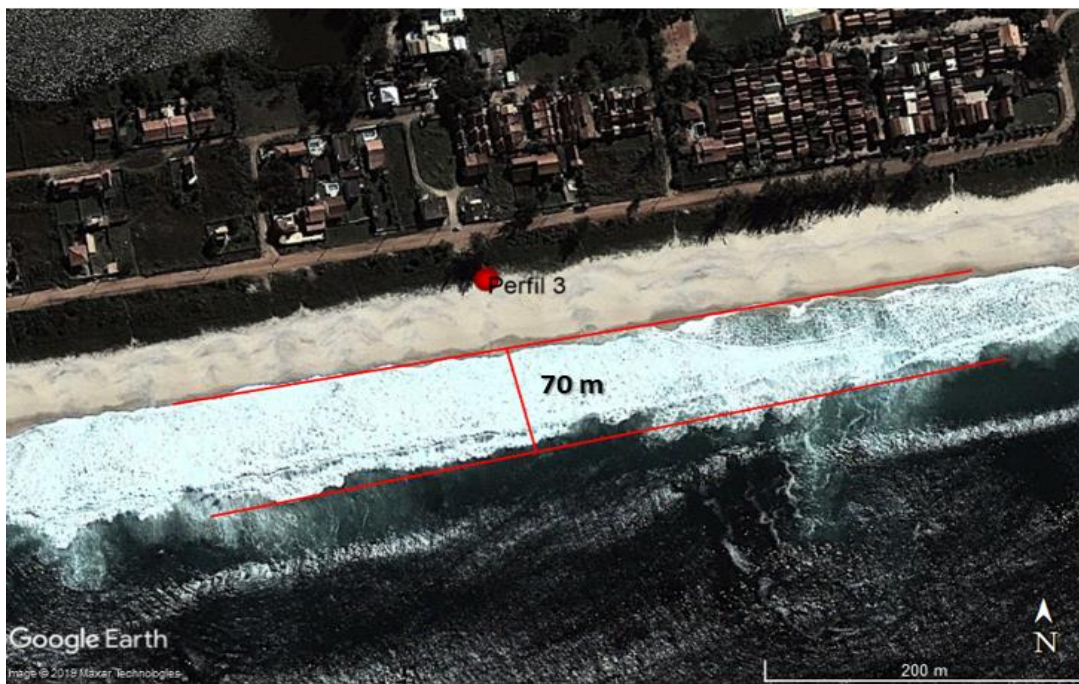


Figura 37: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 3.

Fonte: Google Earth, 2019.

### 5.3.1.3. Perfil 5

Em 10/07/13, semelhante ao que é observado para o perfil 2, entretanto com direção oposta, a predominância do deslocamento das correntes para o perfil 5 é para direção oeste. As condições de ondas incidentes na costa e a orientação do perfil, provocaram altas velocidades de correntes, o aumento da mistura nessas condições permite que os efeitos sejam sentidos antes da arrebentação e próximo à linha de costa, o que é observado na Figura 39.

A largura da zona de surf calculada para 10/07/03 varia entre 53,5 m a 44,31 m (Figura 38), a largura verificada por imagem de satélite (Figura 39), apresenta distância de 67,3 m, apresentando uma diferença de aproximadamente 10,0 m.

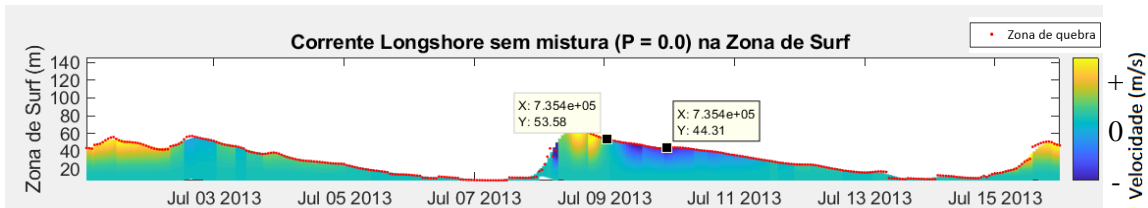


Figura 38: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 5.



Figura 39: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 5.

Fonte: Google Earth, 2019

### 5.3.2. Cenário 2 – 02/07/2016

Ondulação de leste-sudeste com aproximadamente 1 m de altura de onda na quebra, contribuem para a arrebentação de ondas em menores profundidades, e conseqüentemente, o estreitamento da zona de surf. O cenário 2 apresentou um comportamento mais organizado e homogêneo, se comparado ao cenário 1, principalmente se for desconsiderado a grande ondulação em 08/07. A efeito de índices de mistura, os efeitos foram similares para todos os perfis, de modo que nas condições de ondas do cenário 2, condições de menos mistura deveria ser considerado para todos os perfis analisados até 07/08, a partir de 08/07, o ideal é se considere um fator de mistura maior.



### 5.3.2.1. Perfil 2

Em 02/07/2016, as correntes se deslocam para oeste com as maiores velocidades observadas entre os perfis.

A zona de surf calculada para 02/07/16 varia entre 28,7 m a 21,6 m, a imagem de satélite, apresenta distância de 18,8 m para zona de surf, diferença de aproximadamente 4 m.

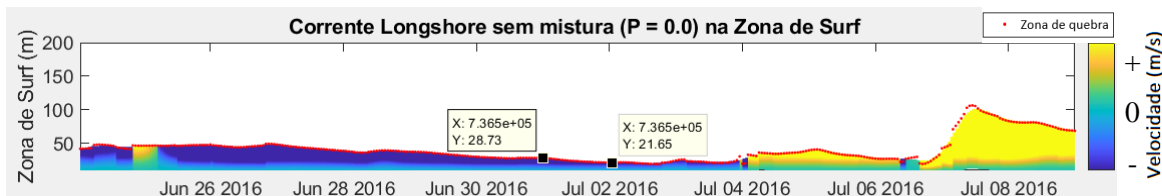


Figura 40: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 2.



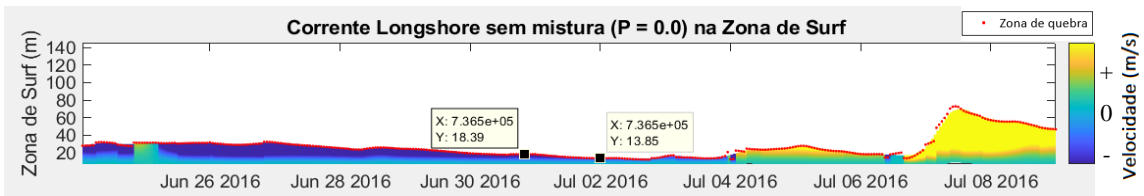
Figura 41: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 2.

Fonte: Google Earth, 2019.

### 5.3.2.2. Perfil 3

Para o perfil 3, o comportamento observado é similar ao que acontece no perfil 2, no dia em referência da imagem de satélite, a ondulação tem orientação oeste.

A zona de surf calculada para 02/07/16 varia entre 18,4 m a 13,8 m, a imagem de satélite, apresenta distância de 25,0 m para zona de surf, diferença de aproximadamente 6 m.



**Figura 42: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 3.**

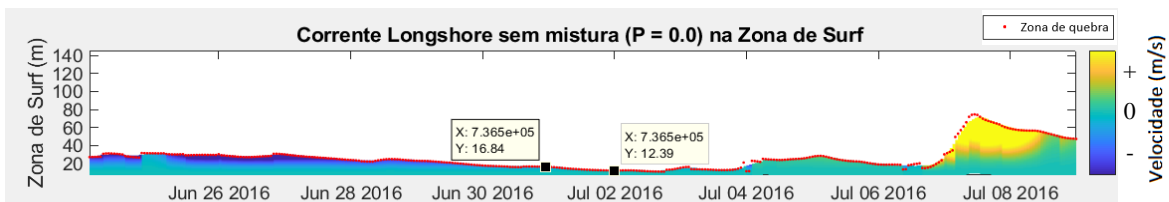


**Figura 43: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 3.**

### 5.3.2.3. Perfil 5

As velocidades registradas para o perfil 5 indicam correntes para oeste de baixa intensidade, principalmente quando comparadas as velocidades registradas para os outros perfis analisados em 02/07/2016.

A zona de surf calculada para 02/07/16 varia entre 16,8 m a 12,4 m, a imagem de satélite, apresenta distância de 18,4 m para zona de surf, diferença de aproximadamente 3 m.



**Figura 44: Largura da zona de surf modelo calculado - perfil 5.**



Figura 45: Largura da zona de surf imagem de satélite - perfil 5.

## 6. Conclusão

A região que compreende a praia de Jaconé está sujeita a incidência de ondulações que contribuem para o dinamismo morfológico do arco praiar. Dinamismo que tem influência direta da hidrodinâmica costeira, provocada principalmente pelo comportamento das correntes longitudinais ao longo de toda sua extensão.

A segmentação do arco em 3 perfis de praias com localizações entre os extremos oeste e leste do arco, permitiu compreender que conforme a propagação do clima de ondas, a geração das correntes varia em intensidade e direção, apresentando características distintas, atreladas as suas respectivas particularidades morfológicas e orientações de praia.

Constatou-se um padrão de geração das correntes a partir da análise das velocidades de propagação das correntes, de maneira a observar, um maior dinâmica no desenvolvimento das correntes no extremo oeste em Jaconé, que diminui em direção a leste.

Nessa conjuntura, a análise permitiu aferir que a direção da normal do perfil de praia é o que ratifica a direção das correntes longitudinais, quando um campo de ondas se aproximam da linha da costa. E a interação entre as ondas e os padrões de topografia e granulometria são determinantes para a intensidade das correntes. Onde, a partir da avaliação da distribuição das correntes no período de 15 dias para categorias de mar distintas, esta interação é evidenciada nas dimensões da zona de surf. Os momentos de

maior magnitude das correntes foram observadas as maiores larguras na zona de surf.

Segundo Pinto, a corrente longitudinal é mais atuante a partir da porção centro-oeste em direção ao extremo leste da praia, o que não foi verificado no presente trabalho, onde devido a inclinação do perfil de praia, a extremo oeste, o perfil 2 é onde as correntes longitudinais são mais atuantes. De modo que a direção preferencial das correntes longitudinais é em direção a oeste e não a leste, como apontado por Pinto, o perfil 5, a extremo leste do arco praial, demonstrou perfis de velocidade mais uniformes, independentemente se a ondulação favorece formação de correntes longitudinais para leste ou oeste.

A utilização de cálculos utilizando formulações de Longuet-Higgins se mostraram consistentes para a caracterização das correntes. Ao associar cada variação de velocidade à condição de mistura aplicada, foi possível verificar o decaimento das velocidades para todos os perfis analisados, entretanto as condições de mistura podem variar influenciadas pelas diferentes condições de ondas incidentes na linha de costa.

Ainda a respeito das formulações aplicadas, a comparação das zonas de surf medidas e as observadas em imagens de satélites demonstram que a metodologia aplicada é válida, no entanto, cabe ressaltar que medições de campo para obtenção dos parâmetros físicos da praia, onde foram utilizados valores segundos trabalhos pretéritos, poderiam melhorar a representação do comportamento das correntes no arco praial de Jaconé.

A implementação do Complexo Portuário dos Terminas Ponta Negra justamente na área de maior dinamismo do arco praial é de provocar incertezas e preocupações a respeito do equilíbrio costeiro e preservação da praia de Jaconé. Estudos a respeito do arraste de sedimentos e conseqüentes alterações da linha costa se fazem necessários e ficam como sugestão de futuros trabalhos, para a melhor compreensão dos efeitos das correntes longitudinais na zona costeira do arco praial de Jaconé.

## 7. Referências bibliográficas

BATTLES, J. A., 1974, **Computation of set-up, longshore currents, run-up and overtopping due to wind-generated waves**, Ph.D. Dissertation, Delft University.

BOWEN, A. J., INMAN, D. L., 1969, **Rip currents: Laboratory and Field Observations**, Journal of Geophysical Research, v.74, pp.5479-5490.

CALLIARI, L. J.; MUEHE, D.; HOEFEL, F. G.; TOLDO JR, E. 2003, **Morfodinâmica praias: uma breve revisão**. Rev. bras, oceanogr. 1 (único):63-78.

CEM, 2006, **Coastal Engineering Manual**, Coastal Engineering Research Center, US Army Corps of Engineers US Government Printing Office, Washington, DC, 1720p.

CERC, **Shore Protection Manual (SPM)**, US Army. 1984. Coastal Engineering Research Center, EUA.

CONCREMAT. 2011. **Projeto básico para a fixação da barra franca de Saquarema**. INEA/RJ.

DEAN, R.G.; DALRYMPLE, R.A.2004. **Field Measurement Techniques and Analysis**. In: **Coastal Processes with Engineering Applications**. Cambridge University Press, p. 133-161.

FARIA, C. S. 2014. **Dinâmica sazonal da praia e vulnerabilidade do litoral de Saquarema (RJ) às ondas de tempestades**. 70 p. Monografia do Curso de Especialização em Dinâmicas Urbano-ambientais e Gestão do Território da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, RJ.

HERCULANO, S. 1981. Saquarema: história de sua urbanização pela função-veraneio e a disputa por suas terras públicas (1955-1980): analisando um caso de desenvolvimento local na Região dos Lagos (RJ). **Artigo feito com base na dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano e Regional intitulada “A cidade sazonal: a urbanização pela função-veraneio e pela privatização de terras públicas - um estudo de caso de Saquarema (RJ)**, 14 p.

KAISER, J.; NOGUEIRA, I.C. M.; ROSA, P. H. T.; COLAÇO, G.; PARENTE, C. Caracterização do padrão de ventos e ondas na região de ponta negra –Rio de Janeiro através de modelagem numérica. **XII Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite, Arraial do Cabo**. Anais do XII OMARSAT, 2017.

Komar P.D. 1976. **Beach Processes and Sedimentation**, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

KOMAR, P.D., GAUGHAN, M.K., 1973. **Airy wave theory and breaker height prediction**, Proceedings of the 13th Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, pp 405-418.

LONGUET-HIGGINS, M.S., 1970a. **Longshore currents generated by obliquely incident seawaves, 1** *Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, pp. 6778- 6789.

LONGUET-HIGGINS, M.S., 1970b. **Longshore currents generated by obliquely incident seawaves, 2** *Journal of Geophysical Research*, Vol. 75, pp. 6790- 6801.

LONGUET-HIGGINS, M.S., STEWART, R. W., 1962. **Radiation stress and mass transport in gravity waves with application to surf beats.** *J.Fluid Mech.*, Vol. 13, pp. 481-504.

MUEHE, D. Sedimentology and topography of a high energy coastal environment between Rio de Janeiro and Cabo Frio - Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências.** 1979, v. 51, n.3, p. 473-481.

NEMES, D. D. **Engenharia Costeira Submersa em Praia Arenosa: Variabilidade Morfodinâmica.** Tese de Doutorado – Programa de Engenharia Oceânica, COPPE, Rio de Janeiro, 2016.

PINTO, V. C. S., SILVA, A. L. C., SILVESTRE, C. P., ANTONIO, R. V. M. 2015. Ambiente praial e a influência do arenito de praia na distribuição dos sedimentos em Jaconé (Maricá, RJ). **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada -Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades.** Teresina, Piauí - 28 de junho a 04 de julho de 2015, v.1. ISSN: 2236-5311.

PINTO, Valéria Cristina Silva. **Caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira e vulnerabilidade do litoral de Jaconé-Squarema (RJ) às ondas de tempestade.**2018. 135f.

SILVA, A. L. C., SILVA, M. A. M., SANTOS, C. L. Comportamento morfológico e sedimentar da praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ) nas últimas três décadas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n.1, p. 89-99. 2008.

VAN RIJN, L. C. 1993. **Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas.** Aqua Publications, Amsterdam, pp.690.



WEGGEL, J.R., 1972. **Maximum Breaker Height**, *Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division* 98 (WW4), 529-548.

Wind map & weather forecast, disponível em: <http://www.windy.com>. Acesso em 03 setembro.2019.

WRIGHT, L.D., GUZA, R.T. and Short, A.D., 1982a. **Dynamics of a high energy dissipative surf zone**. *Mar. Geol.*, 45: 41--62.

WRIGHT, T. D., SHORT, A. D., 1984, **Morfodynamics Variability of Surf Zones and Beach: A Synthesis**, *Marine Geology*, v.56, p.93-118.

