



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Faculdade de Formação de Professores

Valéria Cristina Silva Pinto

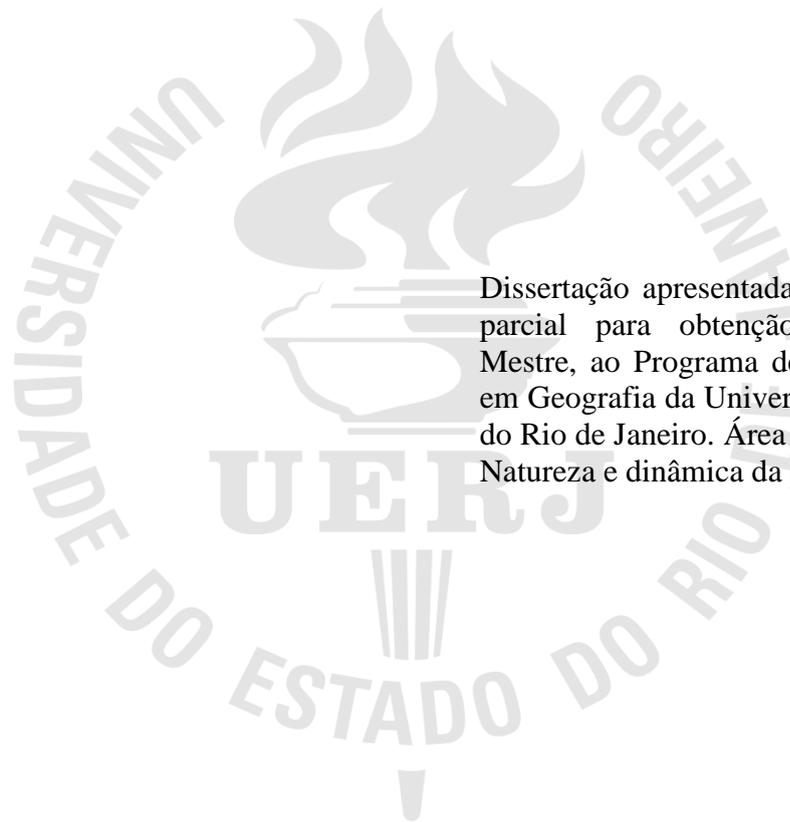
**Caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira e  
vulnerabilidade do litoral de Jacaré-Squarema (RJ) às ondas de  
tempestade**

São Gonçalo

2018

Valéria Cristina Silva Pinto

**Caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira e vulnerabilidade do litoral de Jacaré-Saquarema (RJ) às ondas de tempestade**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Natureza e dinâmica da paisagem.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva

São Gonçalo

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/D

P659  
TESE

Pinto, Valéria Cristina Silva.

Caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira e vulnerabilidade do litoral de Jaconé-Saquarema (RJ) às ondas de tempestade / Valéria Cristina Silva Pinto. – 2018.  
131f. : il.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores.

1. Costa – Saquarema (RJ) – Teses. 2. Sedimentologia - Saquarema (RJ) – Teses. I. Silva, André Luiz Carvalho da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Formação de Professores. III. Título.

CDU

551.3.051(815.3)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Valéria Cristina Silva Pinto

**Caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira e vulnerabilidade do litoral de Jaconé-Saquarema (RJ) às ondas de tempestade**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Natureza e dinâmica da paisagem.

Aprovada em 31 de outubro de 2018.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. André Luiz Carvalho da Silva - Orientador  
Faculdade de Formação de Professores - UERJ

---

Prof. Dr. Otávio Miguez da Rocha Leão  
Faculdade de Formação de Professores - UERJ

---

Prof. Dra. Kátia Leite Mansur  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Dr. Sérgio Cadena de Vasconcelos  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

São Gonçalo

2018

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Ele, que me concedeu viver com saúde e muita sabedoria. Como é grande e maravilhoso a sua presença na minha vida, meu Deus!

Aos meus pais, Paula e Reginaldo e meu irmão Vinícius. Com todo amor, carinho, compreensão, dedicação e (muita) paciência, vocês contribuíram em todos os sentidos na realização das minhas conquistas e sonhos. A minha vitória também pertence a vocês!

Ao meu namorado Gustavo pelo seu sincero amor, companheirismo, incentivo e paciência nos meus momentos de angústia e ansiedade. Se eu cheguei até aqui, também foi graças a você. Eu te amo!

Aos meus amigos e amigas que estão ao meu lado nos momentos de alegria e tristeza e compreenderam que às vezes a minha ausência foi necessária.

Ao meu querido orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. André Luiz Carvalho da Silva pela sua sincera amizade, ensinamentos e incentivos. Sempre disposto a ajudar em qualquer circunstância, serei eternamente grata pela sua orientação ao longo desses anos na graduação e mestrado, juntamente com a grande amizade que construímos.

A Ana Beatriz Pinheiro e Andressa Batista pelo apoio, momentos de desabafo e descontração que vivenciamos durante esses anos na universidade.

Ao grupo de pesquisa Geocosteira que esteve presente nos trabalhos de campo e nos procedimentos laboratoriais. Sem a contribuição de vocês, este projeto não teria se desenvolvido com tanto empenho.

Aos professores Dr. Otávio Miguez da Rocha Leão, Dra. Kátia Leite Mansur e Dr. Sérgio Cadena de Vasconcelos pelas inúmeras contribuições para a construção deste trabalho.

Ao Dr. Silvio de Oliveira pela ajuda no cálculo do volume emerso dos sedimentos.

A turma do mestrado de 2016 pelos momentos alegres e conturbados que enfrentamos juntos e, em especial, aos meus companheiros da linha de pesquisa “Natureza e Dinâmica da Paisagem” pela amizade e suporte que construímos ao longo do curso.

Aos laboratórios de Sedimentologia da UFF e LABDIN da FFP-UERJ, onde foram realizadas as análises dos sedimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Gratidão a todos e todas pela ajuda, pelo carinho e pelos momentos importantes durante esta jornada.

## RESUMO

PINTO, Valéria Cristina Silva. *Caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira e vulnerabilidade do litoral de Jaconé-Squarema (RJ) às ondas de tempestade*. 2018. 131f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2018.

O litoral de Jaconé e Squarema vêm sendo urbanizado de forma intensa e rápida, com a construção de obras de engenharia sobre a barreira arenosa e próxima à praia. Essas construções tem sofrido impactos causados pela ocorrência de ressacas cada vez mais intensos nas últimas décadas, causando a destruição de construções e inundações na costa. Considerando a elevada dinâmica e mudanças ambientais em curso, faz-se necessário o monitoramento do arco praial Jaconé-Squarema para compreender a resposta desse ambiente às transformações na paisagem costeira. Sendo assim, este estudo tem como objetivo a caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira de Jaconé-Squarema, visando apontar as áreas mais vulneráveis às ondas de tempestade. A área de estudo compreende os municípios de Maricá (à oeste) e Squarema (à leste), respectivamente e apresenta uma rica biodiversidade, além da presença dos beachrocks, que se constituem num elemento de grande importância para a geodiversidade local. A metodologia empregada contou com a aquisição de 58 perfis topográficos e coleta de 78 amostras de sedimentos ao longo da planície costeira voltados para caracterização morfológica da barreira, análise granulométrica, morfoscopia e cálculo do volume emerso de sedimentos; além de mapeamento para caracterização da geomorfologia remanescente e das áreas urbanizadas na planície costeira. Na praia foram selecionados 9 locais para o monitoramento nas estações de verão e inverno. Os resultados mostram uma planície costeira bastante modificada devido ao rápido crescimento urbano, mais fortemente concentrado no setor leste do arco praial, onde a geomorfologia se apresenta bastante descaracterizada. A praia apresenta uma dinâmica de moderada a alta, com intensa energia das ondas de tempestade e a interação destas com o costão no extremo oeste de Jaconé (perfil 1), com ligeira diminuição na energia em direção a Squarema (extremo leste). O setor oeste (na área do perfil 2), apresentou as menores variações na largura e morfologia devido à presença dos beachrocks de Jaconé que interceptam parcialmente as ondas incidentes de alta energia neste trecho da praia. Os sedimentos que compõem a planície costeira são constituídos por areias quartzosas, moderadamente selecionadas, bem arredondadas a subangulares, com diminuição no tamanho dos grãos de oeste para leste, variando de areia muito grossa a média, respectivamente. O mesmo ocorre na faixa de areia da praia, exceto no setor oeste onde os beachrocks, localizadas na zona de intermaré e ao longo de 1 quilômetro, atuam como uma barreira paralela à linha d'água permitindo a acumulação de areia fina e muito fina, mal selecionada, na área do pós-praia, contrastando com a elevada dinâmica de ondas tão característica na área de estudo. A dinâmica acentuada observada no arco praial e os danos causados por ressacas nos últimos anos apontam para uma elevada vulnerabilidade deste litoral às ondas de tempestades. O comportamento dinâmico, aliado as mudanças ambientais em curso e os problemas existentes no litoral de Jaconé-Squarema devem ser cuidadosamente analisados previamente a realização de qualquer tipo de intervenção relacionada à instalação de obras de engenharia e para subsidiar a tomada de decisões relacionadas ao manejo da zona costeira.

Palavras-chave: Planície costeira. Dinâmica praial. Sedimentologia. Jaconé-Squarema.

## ABSTRACT

PINTO, Valéria Cristina Silva. *Morphological and sedimentary characterization of the coastal plain and vulnerability of the Jaconé-Squarema coast (RJ) to storm waves*. 2018. 131f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2018.

The coast of Jaconé and Squarema have been urbanized in an intense and fast rhythm, by building urban structures and construction engineering on the sandy barrier and near to the beach. In the last decades, storm surge events have been occurred in a more intense scale, causing the buildings' destruction and floods on the coast. Considering the high level of dynamic and the changes in progress, it is necessary to keep under observation the Jaconé and Squarema beach arc, so that we can understand this environment's response to all these transformations in the coastal landscape. Therefore, this study aims at the morphological and sedimentary characterization of the coastal plain of Jaconé-Squarema and to point out the most vulnerable areas of this coast to the storm waves. The study area comprises the municipalities of Maricá (to the west) and Squarema (to the east), respectively and this coastline is compound of a rich biodiversity, in addition to the presence of beachrocks, which is an element of great importance for local geodiversity. The methodology of this study included 7 field surveys for the acquisition of 58 topography data and collection of 78 sediments samples along the coastal plain; mapping to characterize the remaining geomorphology and urbanized areas in the coastal plain; Seasonal monitoring of beach dynamics through the acquisition of topographic profiles and the collection of sands for granulometric analysis, morphoscopy and sediment volume calculation. At the beach, 9 sites were selected for monitoring during the summer and winter seasons. The results show a very modified coastal plain due to the rapid urban growth, most strongly concentrated in the eastern beach arc's sector, where the geomorphology is quite uncharacterized. The beach indicate a moderate to high level of dynamic, with intense energy of the storm waves and their interaction with the coast in the extreme west of Jaconé (profile 1), with a slight decrease in energy towards Squarema (extreme east). The west sector (in the area of profile 2) exhibited the smallest variations in width and morphology, due to the presence of the beachrocks of Jaconé, which partially intersect high energy incident waves along this specific beach area. The sediments that constitute the coastal plain are composed of quartz sands, moderately selected, well rounded to subangular, with a decrease in grain size from west to east, ranging from very coarse to medium sand, respectively. The same occurs in the sand strip of the beach, except in the west sector where the beachrocks, located in the zone of foreshore and along 1 kilometer, acts as a parallel barrier to the water line allowing the accumulation of fine and very fine sand, poorly selected, in the post-beach area, contrasting with the high wave dynamics so characteristic in the study area. The high dynamics observed in the beach arc and the damages caused by storm surge in recent years point to a high vulnerability of this coast to storm waves. The dynamic behavior, coupled with the environmental changes in progress and the existing problems in the Jaconé and Squarema coastline, must be carefully analyzed before any type of intervention related to the installation of construction engineering and to subsidize the decision to be taken related to coastal zone management.

Keywords: Coastal plain. Dynamic beach. Sedimentology. Jaconé-Squarema.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização da área de estudo.....	14
Figura 2 –	Litoral de Jaconé e Saquarema.....	16
Figura 3 –	Mapa de uso e cobertura da terra de Maricá e Saquarema.....	17
Figura 4 –	<i>Beachrocks</i> de Jaconé.....	19
Figura 5 –	Composição do beachrock de Jaconé.....	20
Figura 6 –	Condições de mar na área de estudo.....	21
Figura 7 –	Processo de urbanização na planície costeira de Jaconé e Saquarema.....	23
Figura 8 –	Modificações no litoral de Jaconé-Saquarema.....	24
Figura 9 –	Ressaca no litoral de Jaconé-Saquarema.....	25
Figura 10 –	Projeto do Porto e gasoduto.....	26
Figura 11 –	Sistema barreira-laguna no litoral de Maricá e Saquarema.....	28
Figura 12 –	Barreira arenosa e ambientes costeiros associados.....	29
Figura 13 –	Tipos de barreiras arenosas.....	30
Figura 14	Leques de arrombamento.....	31
Figura 15 –	Classificação morfológica das lagunas.....	32
Figura 16 –	Esquema representando a subdivisão do ambiente praias.....	34
Figura 17 –	Propriedades físicas da onda.....	36
Figura 18 –	Formas de arrebentação das ondas.....	37
Figura 19 –	Células de circulação costeira.....	38
Figura 20 –	Marés de sizígia e quadratura.....	39
Figura 21 –	Perfis topográficos de praia típicos de verão e inverno.....	40
Figura 22 –	Classificação morfodinâmica das praias.....	42
Figura 23 –	Esquema contendo as etapas deste estudo.....	46
Figura 24 –	Pontos de monitoramento selecionados.....	48
Figura 25 –	Método de Emery.....	49
Figura 26 –	Aquisição de dados de topografia da planície costeira.....	49
Figura 27 –	Esquema das etapas da análise granulométrica.....	51

Figura 28 –	Grau de arredondamento e esfericidade dos sedimentos.....	52
Figura 29 –	Processamento dos dados no <i>software Grapher</i> .....	53
Figura 30 –	Esboço do cálculo do volume emerso de sedimentos.....	54
Figura 31 –	Planilhas das análises granulométricas .....	54
Figura 32 –	Análise morfoscópica dos sedimentos.....	55
Figura 33 –	Ambientes costeiros de Jaconé e Saquarema.....	58
Figura 34 –	Feições geomorfológicas da planície costeira.....	59
Figura 35 –	Mapeamento e topografia da planície costeira.....	60
Figura 36 –	Sedimentação e morfoscopia da planície costeira.....	64
Figura 37 –	Condições do mar em Jaconé-Saquarema.....	66
Figura 38 –	Altura e período das ondas do arco praiial de Jaconé-Saquarema.....	70
Figura 39 –	Forte ressaca no litoral de Jaconé.....	71
Figura 40 –	Correntes costeiras na área de estudo.....	72
Figura 41 –	Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no extremo oeste do arco praiial.....	74
Figura 42 –	Cúspide de praia no extremo oeste.....	74
Figura 43 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 1.....	74
Figura 44 –	Local de realização e perfis topográficos sobrepostos a oeste do arco praiial.....	76
Figura 45 –	<i>Beachrocks</i> a oeste em Jaconé.....	76
Figura 46 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 2.....	77
Figura 47 –	Localização de realização e perfis topográficos sobrepostos no centro-oeste do arco praiial.....	78
Figura 48 –	Formação de escarpas de tempestade.....	78
Figura 49 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 3.....	79
Figura 50 –	Localização de realização e perfis topográficos sobrepostos no centro-oeste do arco praiial.....	80
Figura 51 –	Formação de escarpas de tempestade.....	80
Figura 52 –	Estrutura de concreto de um antigo quiosque.....	80
Figura 53 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 4.....	81
Figura 54 –	Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no meio do	82

	arco praial.....	
Figura 55 –	Local de início do perfil da praia.....	82
Figura 56 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 5.....	83
Figura 57 –	Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no meio do arco praial.....	84
Figura 58 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 6.....	84
Figura 59 –	Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no centro-leste do arco praial.....	85
Figura 60 –	Residências e Avenida Beira Mar.....	86
Figura 61 –	Escarpa de tempestade no centro-leste do arco praial.....	86
Figura 62 –	Volume emerso dos sedimentos no perfil 7.....	86
Figura 63 –	Local de realização e perfis topográficos sobrepostos a leste do arco praial.....	87
Figura 64 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 8.....	88
Figura 65 –	Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no extremo leste do arco praial.....	89
Figura 66 –	Volume emerso dos sedimentos do perfil 9.....	89
Figura 67 –	Perfis topográficos de praia.....	91
Figura 68 –	Quantidade de eventos de ressaca.....	92
Figura 69 –	Mapa de variabilidade morfológica das praias.....	93
Figura 70 –	Varição na largura do litoral de Jaconé-Saquarema.....	95
Figura 71 –	Varição espacial do litoral de Jaconé-Saquarema.....	95
Figura 72 –	Volume emerso dos sedimentos do arco praial de Jaconé-Saquarema.....	96
Figura 73 –	Perfil transversal da praia de Jaconé.....	97
Figura 74 –	Perfis de praia em Jaconé.....	98
Figura 75 –	Perfis topográficos do arco praial de Jaconé-Saquarema.....	99
Figura 76 –	Granulometria dos sedimentos de praia nas estações de outono e inverno (2013) .....	102
Figura 77 –	Granulometria dos sedimentos de praia nas estações de primavera (2013) e verão (2014) .....	103
Figura 78 –	Morfoscopia dos sedimentos de praia.....	104

Figura 79 – Granulometria predominante dos sedimentos das praias estudadas...	109
Figura 80 – Mapa de distribuição granulométrica dos sedimentos de praia.....	109
Figura 81 – Distribuição granulométrica entre os municípios de Niterói e Araruama.....	110
Figura 82 – Mapeamento do transporte sedimentar.....	112
Figura 83 – Mapeamento da vulnerabilidade do arco praial de Jaconé- Saquarema.....	114
Figura 84 – Vestígios de quiosques encontrados no limite interno da praia.....	115
Figura 85 – Grande ressaca no litoral de Jaconé-Saquarema.....	116
Figura 86 – Comportamento do perfil 1 entre os anos de 2005 e 2018.....	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento.....	47
Tabela 2 –	Classificação granulométrica de sedimentos.....	50
Tabela 3 –	Resultados das análises de sedimentos.....	62
Tabela 4 –	Dados de morfoscopia da planície costeira de Jaconé-Saquarema.....	63
Tabela 5 –	Dados relativos às condições de mar observadas nos trabalhos de campo.....	67
Tabela 6 –	Comparação da largura média dos perfis de praia.....	68
Tabela 7 –	Resultados da análise morfoscópica nos sedimentos das praias de Jaconé e Saquarema.....	69
Tabela 8 –	Histórico de ressacas no litoral de Jaconé-Saquarema.....	98
Tabela 9 –	Dados de granulometria do arco praial estudado.....	105
Tabela 10 –	Histórico de ressacas no litoral de Jaconé-Saquarema.....	115

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APALMA	Associação de Preservação Ambiental das Lagunas de Maricá
ACCLAPEZ	Associação Comunitária de Cultura e Lazer dos Pescadores de Zacarias
COMPERJ	Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
FFP	Faculdade de Formação de Professores
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SAPLAM	Sociedade dos Amigos das Praias das Lagoas de Maricá
TPN	Terminal de Ponta Negra
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1	<b>DINÂMICA E VULNERABILIDADE COSTEIRA</b> .....	28
1.1	<b>Planície costeira</b> .....	28
1.2	<b>Praias arenosas</b> .....	32
1.3	<b>Processos costeiros</b> .....	35
1.4	<b>Dinâmica e erosão costeira</b> .....	39
1.5	<b>Vulnerabilidade ambiental e manejo na zona costeira</b> .....	43
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	46
2.1	<b>Metodologia</b> .....	46
2.2	<b>Metodologia de campo</b> .....	47
2.3	<b>Procedimentos laboratoriais</b> .....	50
2.4	<b>Processamento e análise dos dados</b> .....	52
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	56
3.1	<b>Morfologia e sedimentação da planície costeira de Jaconé-Saquarema</b> ..	56
3.2	<b>Processos costeiros no litoral de Jaconé-Saquarema</b> .....	65
3.3	<b>Variabilidade morfológica no arco praial</b> .....	73
3.4	<b>Sedimentação do arco praial de Jaconé-Saquarema</b> .....	100
3.5	<b>Vulnerabilidade do litoral estudado a eventos de tempestade</b> .....	113
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	118
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	120
	<b>ANEXO - Dados de granulometria do arco praial estudado</b> .....	130

## INTRODUÇÃO

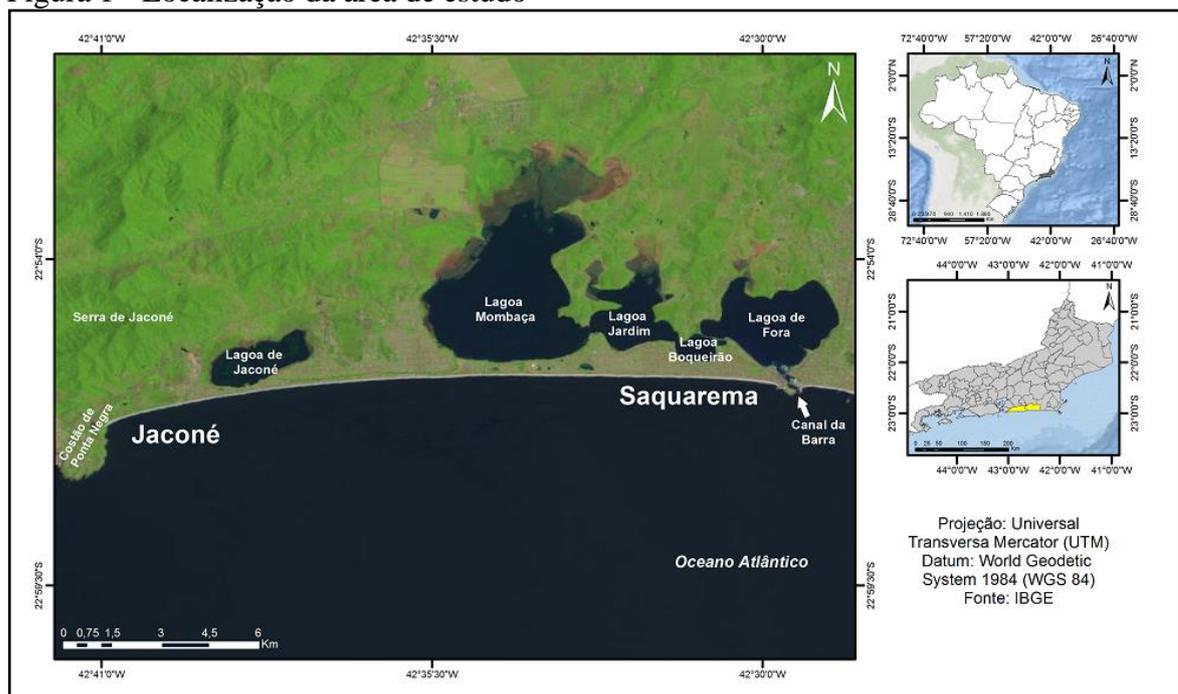
A geomorfologia das áreas litorâneas é o resultado da influência de processos costeiros (ondas, correntes e marés), das variações relativas do nível do mar e de uma infinidade de modificações causadas pela humanidade (BIRD, 2008). Os ambientes litorâneos estão sendo densamente ocupados pela população e concentram a maioria das principais cidades do mundo. Através da crescente urbanização, o litoral vem sofrendo impactos resultantes, principalmente, da ação antrópica (DAVIDSON-ARNOTT, 2010). O crescimento voltado para o turismo, o desenvolvimento industrial, portuário, e os problemas ambientais, além de fatores de ordem natural, têm sido responsáveis por um grande número de problemas na zona costeira (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). A maior parte desses problemas, associados à ocupação humana, estão relacionados de forma direta ou indireta as obras de engenharia, aos quais somam-se os processos naturais, que muitas vezes representam riscos para as construções através da ação devastadora das ondas, inundações, tempestades e da erosão costeira (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004; DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

A configuração da zona costeira brasileira é o resultado do processo histórico de ocupação, desde o Período Colonial, impulsionado pela produção de mercadorias e extração de metais que eram direcionados aos portos marítimos, onde foram implantados os primeiros núcleos urbanos. A zona costeira brasileira representa a região mais povoada do país, com mais de 50 milhões de habitantes vivendo atualmente nas cidades litorâneas (IBGE, 2010). No estado do Rio de Janeiro muitos problemas ocorrem relacionados ao uso e ocupação urbana nas áreas costeiras, principalmente nas planícies e baixadas litorâneas. Tal processo vem causando diversos impactos no litoral fluminense, como a instalação de obras de engenharia (quiosques, empreendimentos, estradas, residências) em locais inadequados; poluição oriunda do despejo de esgoto sem tratamento no mar, baías, rios e lagoas; extração ilegal de areias das praias e dunas; caça criminosa de animais silvestres; desmatamentos em áreas de restinga, manguezais e remanescentes de Mata Atlântica, etc. Muitos desses problemas vêm sendo relatados há décadas por diversos autores (HERCULANO, 1981; SANTOS et al., 2004; LINS-DE-BARROS, 2005; SILVA, 2006; SILVA et al., 2008b; LINS-DE-BARROS E MUEHE, 2010; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2014c; FERNANDEZ et al., 2015; SILVA et al., 2016; SILVESTRE et al. 2017; ECCARD et al., 2017; entre outros).

Diante do exposto, o presente estudo está voltado para a caracterização geomorfológica da planície costeira de Jaconé e Saquarema (Figura 1), assim como, para o

entendimento da dinâmica morfológica e sedimentar do arco praial e a vulnerabilidade deste aos efeitos das ressacas. O arco praial de Jaconé-Saquarema, sobretudo nas últimas décadas, vem apresentando problemas devido à dinâmica acentuada, condicionada pela incidência de ondas de alta energia neste trecho do litoral fluminense (MUEHE, 1979; IGNARRA, 1987; FONTENELLE E CORRÊA, 2010; MANSUR et al., 2011; FERREIRA, 2014; FARIA, 2014; PINTO, 2015; PINTO et al., 2015; PINTO et al., 2016; entre outros). Estudos desta magnitude são escassos e o forte crescimento urbano da região (com novos loteamentos, condomínios, etc.), aliado a possibilidade de implantação de grandes empreendimentos (como o Terminal de Ponta Negra - TPN), causa preocupações devido ao caráter dinâmico deste litoral, que vem historicamente registrando problemas envolvendo danos em construções e inundações causadas por grandes ondas de tempestades.

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: A autora, 2018.

## Objetivos

O objetivo deste estudo está voltado para a caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira de Jaconé e Saquarema e o conhecimento da vulnerabilidade deste litoral às ondas de tempestade. Neste sentido, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a morfologia do litoral de Jaconé-Squarema a partir do mapeamento das principais feições geomorfológicas com imagens de satélite e a aquisição de dados de topografia adquiridos desde o alcance médio das ondas até a barreira mais interna.
- Caracterizar a sedimentação dos ambientes presentes na planície costeira a partir da coleta superficial de materiais para análise granulométrica e morfoscopia.
- Compreender o comportamento das praias na área de estudo e a resposta destas à ocorrência de ressacas por meio da aquisição de perfis topográficos de praia e cálculo do volume emerso de sedimentos.
- Mapear as áreas mais vulneráveis às ondas de tempestade, com base na variabilidade dos perfis topográficos de praia e no histórico de danos ocorridos nas últimas décadas.
- Confeccionar um banco de dados referente a dinâmica praias, como subsídio a adoção de medidas de gerenciamento costeiro no litoral de Jaconé-Squarema.

### **Aspectos ambientais e socioeconômicos do litoral de Jaconé-Squarema**

A planície costeira de Jaconé-Squarema está localizada nos municípios de Maricá ( $22^{\circ}55'08''S$  e  $42^{\circ}49'08''O$ ) e Squarema ( $22^{\circ}55'12''S$  e  $42^{\circ}30'36''O$ ), respectivamente. Essa área também é conhecida como Costa do Sol (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2016) e regionalmente, os municípios de Maricá e Squarema pertencem 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 Jaconé 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 Squarema (Figura 2A e B).

Os municípios de Maricá e Squarema estão inseridos num trecho do litoral fluminense influenciado pelo clima tropical semiúmido, com temperatura média anual de  $24^{\circ}C$ . Nos meses de verão as temperaturas são mais elevadas, chegando a atingir  $40^{\circ}C$  e as taxas pluviométricas nesta época variam normalmente entre 1.200 a 1.400 milímetros ao ano (DIAS E KJERFVE, 2009).

Este litoral apresenta uma rica biodiversidade, mais facilmente observada em Jaconé, onde a quantidade de áreas desprovidas de construções é maior quando comparada a Squarema (Figura 3). É marcante a presença da vegetação de restinga nas áreas de planície costeira, Mata Atlântica nos morros e na Serra de Jaconé (Figura 3), além de diversas espécies de aves, mamíferos, répteis e peixes (BIAZZI E TONELLO, 2014; COSTA et al., 2016; DOS

SANTOS et al., 2016). A atividade turística e o crescimento imobiliário são mais preocupantes na parte central e leste do arco praial e vêm causando fortes mudanças na região (HERCULANO, 1981; FARIA, 2014).

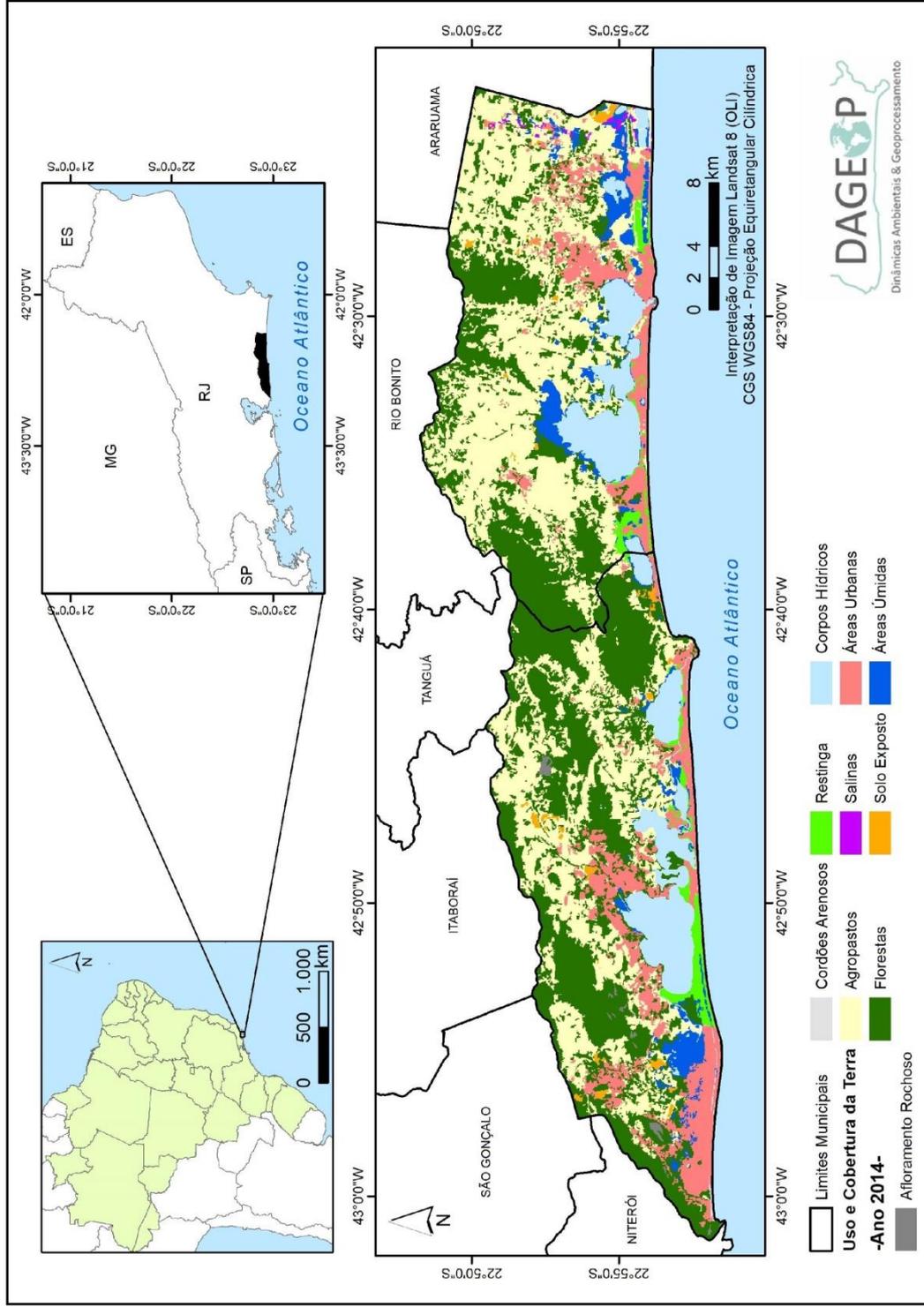
Figura 2 - Litoral de Jaconé e Saquarema



Legenda: A – Jaconé, Maricá (RJ); B – Saquarema (RJ).  
 Fonte: A - Fernando Silva (2012); B - André Silva (2014).

A geomorfologia deste trecho do litoral é marcada pela presença de duplos sistemas do tipo barreira-laguna formados em resposta às oscilações do nível do mar no Quaternário. As barreiras arenosas formadas paralelamente à linha de costa são separadas por pequenas lagoas atualmente colmatadas (Figura 1). À retaguarda dessas barreiras estão localizadas as lagoas de Jaconé (a oeste) e o sistema lagunar de Saquarema (na parte centro-leste), constituído pelas lagoas de Mombaça, Jardim, Boqueirão e Fora (Figura 1) (MUEHE, 1979; DIAS E KJERFVE, 2009; MANSUR et al., 2011). As lagoas de Jaconé e Mombaça estão interligadas por um canal retilíneo construído paralelamente a Avenida Beira Mar, permitindo a conexão entre as lagoas, e com o mar através do canal da Barra na Lagoa de Fora (Figura 1). Obras de dragagem e construção de guia corrente foram feitas em 2003 (AZEVEDO, 2005) e 2013 (FARIA, 2014) na tentativa de se evitar o fechamento e assoreamento do canal da Barra por ondas de tempestade, que depositam grandes quantidades de areias nessa área, comprometendo a circulação de embarcações e a renovação das águas do sistema lagunar.

Figura 3 - Mapa de uso e cobertura da terra de Maricá e Saquarema, respectivamente.



Fonte: SEABRA et al., 2015.

A geomorfologia dessa planície costeira se assemelha com a de áreas adjacentes, que compreendem os litorais do Rio de Janeiro, Niterói, Maricá e Araruama (RONCARATI E NEVES, 1976; MAIA et al., 1984; IRELAND, 1987; TURCQ et al., 1999; PEREIRA, 2001; PEREIRA et al., 2003; SILVA, 2011; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2014b; SILVESTRE et al. 2017; entre outros). Estudo pioneiro feito por Lamego (1940; 1945) destaca que a geomorfologia da planície costeira se formou a partir do fechamento de grandes enseadas devido ao crescimento de pontais arenosos, dando origem aos sistemas barreira-laguna. Este modelo também foi proposto por Roncarati e Neves (1976) para explicar a evolução da planície costeira de Jacarepaguá, localizada a oeste da área de estudo.

A partir da década de 1980, diversos estudos com metodologias distintas passaram a apontar as variações no nível do mar como sendo o principal mecanismo na evolução do litoral fluminense. Desta forma, a evolução da planície costeira ocorreu a partir do afogamento de áreas topograficamente mais baixas durante eventos de subida do nível do mar, com concomitante formação das barreiras arenosas e lagoas, tornando a linha de costa mais retilínea (PERRIN, 1984; COE NETO et al., 1986; IRELAND, 1987; MUEHE, 1989; TURCQ et al., 1999; PEREIRA, 2001; PEREIRA et al., 2003; SILVA, 2011; SILVA et al., 2014a; SILVA et al., 2014b).

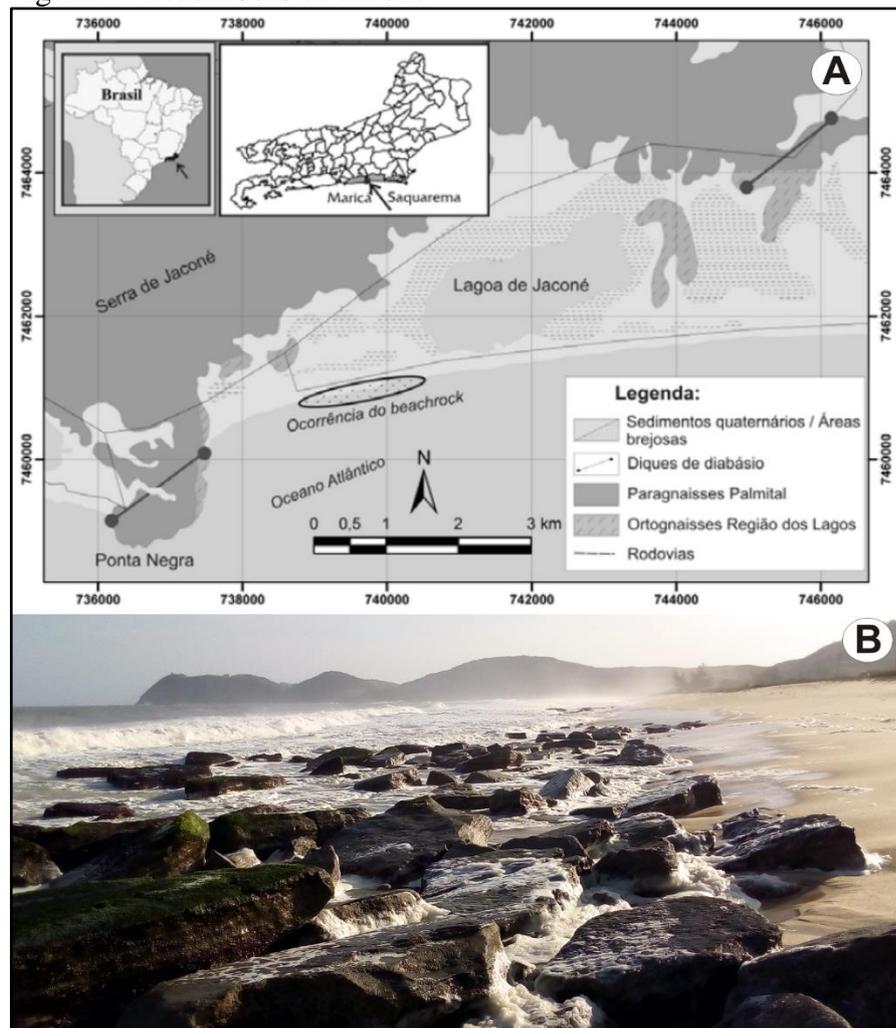
Ireland (1987), após desenvolver um estudo sobre a evolução dos sistemas lagunares em Maricá e Niterói (RJ), destacou que a barreira mais externa foi formada em 7.150 anos A.P., durante uma fase de elevação do nível do mar ocorrida até cerca de 5.000 anos A.P. Esse evento transgressivo (Transgressão Holocênica) foi observado em outros trechos do litoral brasileiro por Angulo e Lessa (1997) e Martin et al. (2003). Análise de sedimentos das lagoas do Brejo do Espinho e Vermelha, localizadas entre as duas barreiras em Araruama e Saquarema, respectivamente, apontam para a formação destas em resposta a Transgressão Holocênica, com idades entre 5.100 e 7.000 anos A.P., (TURCQ et al., 1999). Com base na sedimentologia e mapeamento com o georradar da planície costeira de Maricá, Pereira (2001) e Pereira et al. (2003) indicaram uma idade de 6.000 anos A.P. para a formação do sistema barreira-laguna externo, corroborando com os estudos realizados anteriormente por Ireland (1987) e Turcq (1999).

Diversas evidências reforçam o comportamento retrogradante dessa barreira no Holoceno, tais como: a existência de *beachrocks* submersos (SILVA et al., 2014b) e na zona de intermaré (MANSUR et al., 2011) paralelos à linha de costa; o desaparecimento de esporões lagunares na retaguarda da barreira externa, bem como a existência de perfis erosivos na porção submarina da praia (MUEHE, 1984); além do recuo da crista da restinga e

do avanço dos depósitos de leques de arrombamento na direção do continente (SILVA et al., 2008b). Estudo feito por Silva (2011) e Silva et al. (2014a, b, c) indicaram uma idade de 8.572 anos cal A.P. para as conchas extraídas dos *beachrocks* de Itaipuaçu (no litoral oeste de Maricá). Idade semelhante foi verificada por Mansur et al. (2011) para os *beachrocks* localizadas na praia de Jaconé, que foram datados em 8.198-7.827 anos cal A.P.

Os *beachrocks* de Jaconé estão localizados no setor oeste do arco praial, estendendo-se por cerca de 1.100 metros ao longo do litoral (Figura 4A). Trata-se de um conjunto de rochas localizadas paralelamente à linha d'água na zona de intermaré da praia (Figura 4B). Esses blocos rochosos também são conhecidos como rochas de praia (CASTRO et al., 2012; MALTA et al., 2017), arenitos de praia (MUEHE E IGNARRA, 1987; MANSUR et al., 2011; SILVA et al., 2014a) e arrecifes (MANSUR et al., 2011).

Figura 4 - *Beachrocks* de Jaconé



Legenda: (A) Localização dos *beachrocks*. (B) Afloramentos de *beachrocks* em meio à zona de intermaré na praia de Jaconé, com vista para oeste.

Fonte: A - MANSUR et al., 2011; B - André Silva, 2017.

Os *beachrocks* são formados a partir da dissolução e posterior precipitação de carbonato de cálcio, disponibilizado para o lençol freático a partir das conchas existentes na praia. Geralmente estão localizados próximo as regiões mais quentes do planeta, entre as latitudes 35°N e 35°S, e se estendem desde o nível da maré baixa até poucos metros de distância acima da maré alta. Flutuações no nível das marés e pequenas oscilações climáticas contribuem para a cimentação dos grãos de areia, formando diversos blocos de rochas (FRIEDMAN et al., 1992; BIRD, 2008). Os *beachrocks* são rochas sedimentares e contrastam com as rochas metamórficas e ígneas, tão marcantes na geologia dos maciços costeiros no estado do Rio de Janeiro. São formadas por diversos minerais, fragmentos de outras rochas e bioclastos, como diabásio, quartzo, valvas de bivalvíos inteiras e fragmentados que formam o cimento do *beachrock* a partir da precipitação do carbonato de cálcio (Figura 5) (MANSUR et al., 2011).

No litoral brasileiro, os *beachrocks* foram descritos de forma pioneira pelo naturalista Charles Darwin no ano de 1832, que os visitou em Jaconé durante a sua expedição ao longo da costa do Brasil (MANSUR et al., 2011). Descobertas arqueológicas recentes indicam que fragmentos do *beachrock* de Jaconé foram encontrados em sambaquis e representam um registro do uso destas rochas pelo Homem Pré-histórico há mais de 4000 anos A.P. (RODRIGUES FRANCISCO, 1995; GUIMARÃES, 2011). Nas margens das lagunas localizadas em Saquarema foram encontrados vários sambaquis, como registro dessa ocupação Pré-histórica no litoral fluminense (RODRIGUES FRANCISCO, 1995; GUIMARÃES, 2011).

Figura 5 - Composição do *beachrock* de Jaconé



Legenda: Diabásio, quartzo, valvas de bivalvíos, entre outros, presentes nas rochas de praia.

Fonte: André Silva, 2013.

No litoral de Jaconé-Saquarema os ventos predominantes se originam dos quadrantes leste e nordeste, contudo, quando da passagem de frentes frias, são mais comuns ventos do quadrante sudoeste (CONCREMAT, 2011). A incidência de ondas provenientes de sul e de sudeste é mais comum durante condições de tempo bom (Figura 6A); já grandes ondas de tempestades aparecem associadas às ressacas oriundas dos quadrantes sul e, principalmente, sudoeste (Figura 6B). Durante as ressacas de maior magnitude, causadas por frentes frias ou ciclones extratropicais, as ondas podem alcançar o limite interno da praia e formar escarpas de tempestade, ou mesmo alcançar a porção superior e a retaguarda da barreira pelo processo de sobrelavagem (*overwash*) (Figura 6C) (PINTO et al., 2015; LINS-DE-BARROS, 2017). Essas ondas são capazes de causar grandes variações na largura da praia.

Figura 6 - Condições de mar na área de estudo



Legenda: (A) Incidência das ondas de tempo bom, provenientes de Sudeste na praia de Saquarema.

(B) Incidência de ondas de tempestade, oriundas de Sul, na praia de Jaconé. (C) Transposição de ondas (*overwash*) na barreira arenosa.

Fonte: André Silva, 2016 e 2017 e Fala Jaconé, 2011; respectivamente.

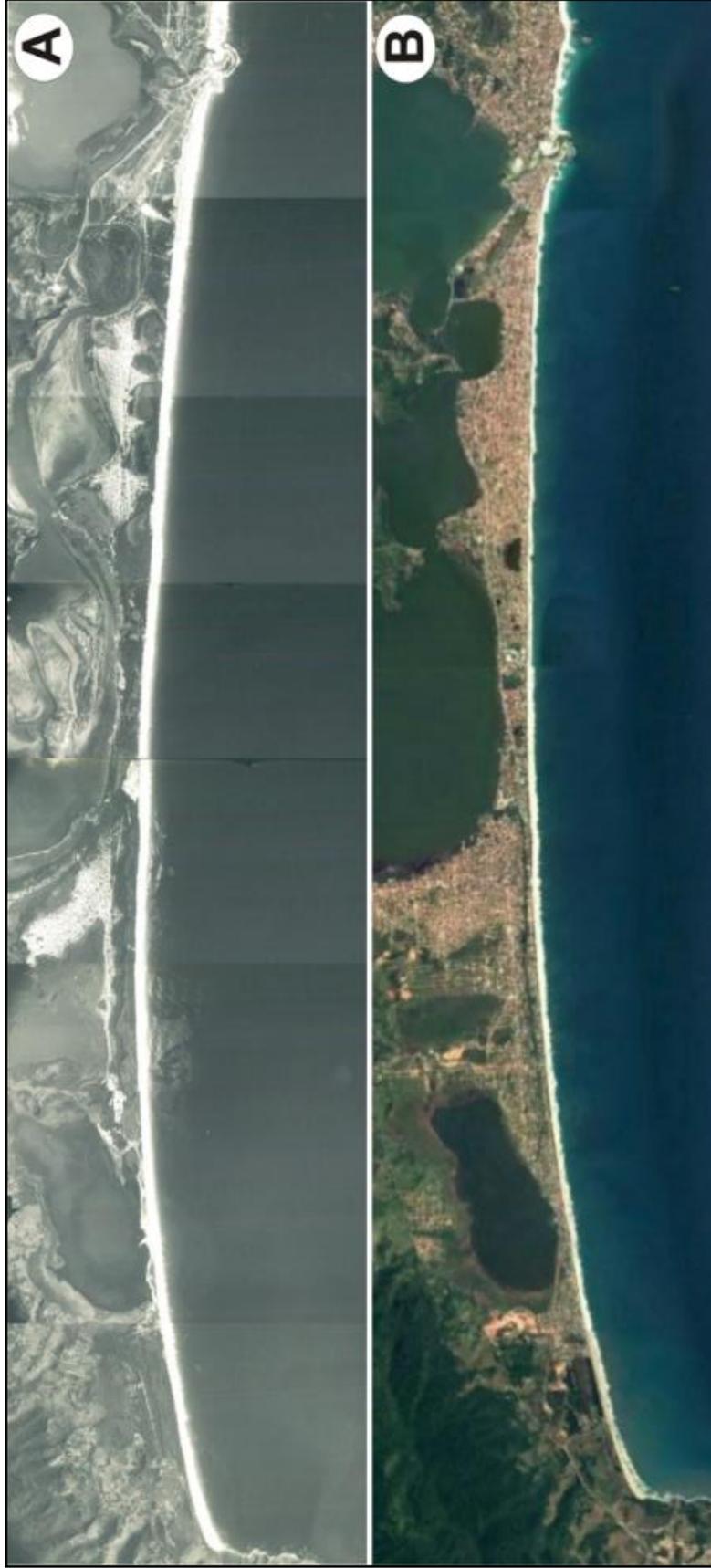
Geralmente a amplitude da maré neste litoral é inferior a 1,5 metros, classificada como de micro-maré (DHN, 2013). Apesar disso, causam uma variação horizontal expressiva na linha d'água, principalmente durante a maré de sizígia, expondo os blocos de *beachrocks* na maré baixa (Figura 4). Correntes de deriva litorânea e de retorno são comuns neste litoral, principalmente esta última que parece ocorrer com mais intensidade no setor oeste do arco

praial (FARIA, 2014; PINTO, 2015). Apesar do papel importante destas no transporte de sedimentos, dados acerca da direção e intensidade da corrente de deriva litorânea e de retorno ainda são escassos neste litoral.

O processo de urbanização nos municípios de Maricá e Saquarema foi impulsionado logo após a construção da rodovia Amaral Peixoto na década de 1950, que rapidamente se transformou numa importante rodovia de ligação entre a Região Metropolitana do Rio de Janeiro e os municípios da Região das Baixadas Litorâneas. A partir da década de 1970, o processo de urbanização dessas áreas se acentuou ainda mais com a construção da Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói), inaugurada no ano de 1974 (ECCARD et al. 2017). Mais recentemente, a expansão imobiliária na faixa litorânea tem ocorrido de forma bastante intensa, tanto por meio de construções isoladas, quanto por loteamentos para a construção de grandes condomínios. Essa urbanização é mais densa em Saquarema, contrastando com uma ocupação ainda rarefeita observada em Jaconé (HERCULANO, 1981; SILVA E SEABRA, 2011). O município de Saquarema é conhecido nacionalmente como a “Capital do Surf” e é onde está localizado o Centro de Desenvolvimento de Voleibol do Brasil. Destaca-se também por ser uma cidade veraneio e tem no turismo uma importante fonte de geração de emprego e renda.

O crescimento urbano sobre a planície costeira, como na maioria das áreas já urbanizadas da costa fluminense, tem causado a descaracterização da geomorfologia dos ambientes litorâneos, com a remoção da vegetação de restinga e o aplainamento da barreira arenosa, alterando drasticamente a paisagem e devastando os ecossistemas costeiros (Figuras 7 e 8). Nas áreas mais urbanizadas deste litoral são comumente observados problemas relacionados à incidência de grandes ondas de tempestades. Durante as ressacas mais fortes, ondas de alta energia eventualmente ultrapassam o limite interno da praia e atingem as estruturas urbanas e construções localizadas próximas a faixa de areia, causando inundações e destruindo estradas, quiosques, postes, etc (Figura 9).

Figura 7 - Processo de urbanização na planície costeira de Jaconé e Saquarema.



Fonte: (A) DHN, 1954. (B) *Google Earth*, 2016.

Figura 8 - Modificações no litoral de Jaconé-Saquarema



Legenda: (A) Revitalização de quiosques e construção de edifícios na orla de Saquarema.

(B) Superfície aplainada por tratores na barreira arenosa.

Fonte: (A) Raphael Viana, 2014; (B) André Silva, 2017.

Figura 9 - Ressaca no litoral de Jaconé-Saquarema

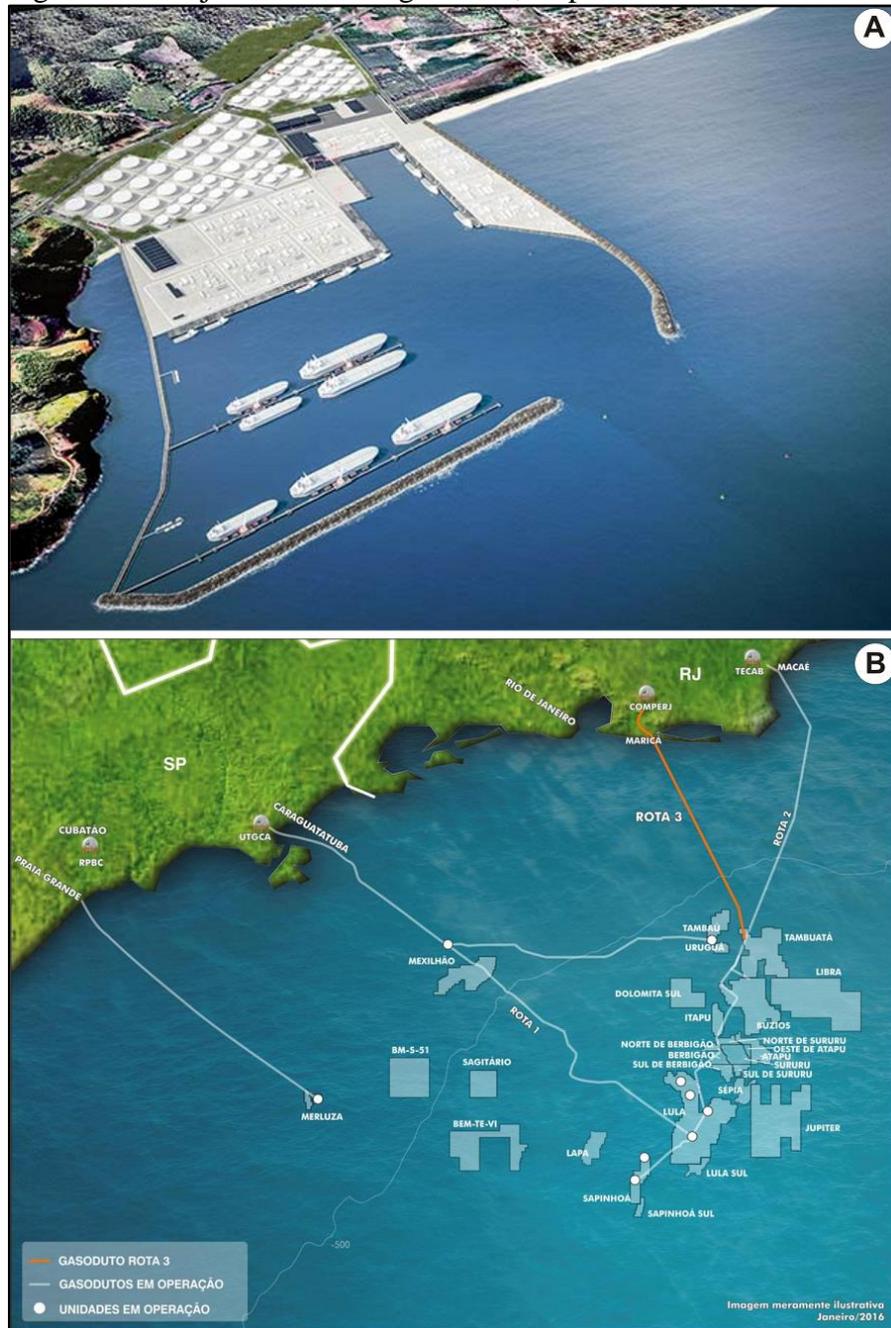


Fonte: A – André Silva, 2001; B – Disponível em: <<http://www.baixaki.com.br/papel-de-parede26035-ressaca-o-confronto.htm>, 2008>. ; C - Fala Jaconé, 2011; D - Saquarema da Depressão, 2016.

Existe ainda para a região da área de estudo, a previsão da implantação de um porto no litoral de Jaconé, denominado Terminal de Ponta Negra - TPN (Figura 10A). A instalação deste grande empreendimento está prevista para ocorrer em uma área coberta pela vegetação de restinga e de baixa densidade de construções. O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) realizado para a instalação do TPN destaca que o local foi escolhido por se tratar de uma área não urbanizada; com profundidade da região submarina favorável a aproximação de grandes embarcações; proximidade com a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro e com o Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ) e baixa sensibilidade deste litoral ao derramamento de óleo (BIAZZI E TONELLO, 2014). Está previsto também a construção de um gasoduto (denominado Gasoduto Rota 3), para os anos de 2018 e 2019. Este gasoduto tem como objetivo ampliar o escoamento de gás natural da área do Pré-sal na

Bacia de Santos até o COMPERJ (Figura 10B). Segundo o site Comunicação Bacia de Santos, este gasoduto possui 355 quilômetros de extensão, sendo 48 instalados no trecho terrestre.

Figura 10 - Projeto do Porto e gasoduto, respectivamente



Legenda: (A) Projeto do Terminal de Ponta Negra (TPN). (B) Projeto do Gasoduto Rota 3.  
 Fonte: A – Disponível em: <<http://www.leisecamarica.com.br/projeto-do-porto-de-jaconecaminha-para-execucao-diz-prefeitura-de-marica>>. B - <<http://www.comunicabaciadesantos.com.br/empreendimento/rota-3.html>>.

A instalação destes megaempreendimentos no litoral de Jaconé-Squarema vem sofrendo diversas críticas por parte de movimentos ambientais (APALMA, SOS Pró-Restinga, ACCLAPEZ, Luto por Maricá, SOS Jaconé Porto Não e SAPLAM), do Ministério

Público, de parte da comunidade científica e por diversos segmentos da sociedade civil organizada. No ano de 2015, o projeto chegou a ser suspenso, logo após a empresa responsável ter conseguido a licença prévia para a instalação da obra. Contraditoriamente ao discurso desenvolvimentista, pautado na geração de empregos e renda, os problemas relacionados à implantação de empreendimentos dessa natureza são geralmente catastróficos e devastadores, tanto para o meio ambiente quanto para as populações das áreas diretamente afetadas por essas grandes obras de engenharia. Os aspectos negativos decorrentes das mudanças que serão realizadas neste trecho do litoral terão consequências imediatas para os ecossistemas costeiros e marinhos locais.

Intervenções desta natureza na linha de costa tendem a causar mudanças no comportamento da praia e das ondas, podendo provocar erosão em algumas áreas e a consequente destruição de construções. Além disso, esses megaempreendimentos podem afetar diretamente os *beachrocks* localizados em Jacomé, que desempenham um importante papel de proteção do litoral frente à ocorrência de grandes tempestades (PINTO et al., 2015) e também representam um importante patrimônio arqueológico, histórico e geológico (RODRIGUES FRANCISCO, 1995; GUIMARÃES, 2011; MANSUR et al., 2011; BIAZZI E TONELLO, 2014).

O rápido crescimento urbano aliado aos futuros empreendimentos presentes em áreas que deveriam ser protegidas tende a gerar sérios problemas, como o aumento da violência e a ineficiência dos serviços públicos, dificuldade já enfrentada nos municípios de Macaé e São João da Barra (localizados na região Norte Fluminense). Assim como, a intensa atividade marítima tende a comprometer a qualidade da água por meio da contaminação por metais pesados e hidrocarbonetos (FREITAS E OLIVEIRA, 2012; TESTA et al., 2013; BASQUES, 2015).

Uma importante iniciativa, voltada para a preservação e valorização da biodiversidade e geodiversidade deste litoral, foi realizada em 2010 por meio da proposta apresentada para a criação do Geoparque Costões e Lagunas. Essa proposta visa, sobretudo, a proteção dos sistemas lagunares, da fauna e flora, e das riquezas geológicas presentes no litoral, e abrange uma área que compreende desde o município de Maricá até São Francisco de Itabapoana, no norte do estado (MANSUR et al., 2012).

# 1 DINÂMICA E VULNERABILIDADE COSTEIRA

## 1.1 Planície costeira

As planícies costeiras são áreas topograficamente baixas localizadas na interface entre às regiões marinhas e continentais. A sedimentação nessas áreas é influenciada pelos processos fluviais, aluviais, eólicos e costeiros. Uma vez depositados, os materiais que chegam no litoral são retrabalhados pela ação das ondas, correntes e marés (NICHOLS, 2009). A geomorfologia de algumas planícies litorâneas pode ser representada por sistemas de barreiras arenosas associadas a lagunas ou lagoas costeiras. Os sistemas barreira-laguna são ambientes deposicionais comuns em muitos litorais no mundo inteiro, como é o caso de Maricá e Saquarema (Figura 11). Apresentam-se geralmente relacionados a diversos subambientes, tais como: praias, dunas, canais de maré, deltas de maré, lagunas, leques de arrombamento, entre outros (Figura 12) (GLAESER, 1978).

Figura 11 - Sistemas barreira-laguna nos litorais de Maricá e Saquarema



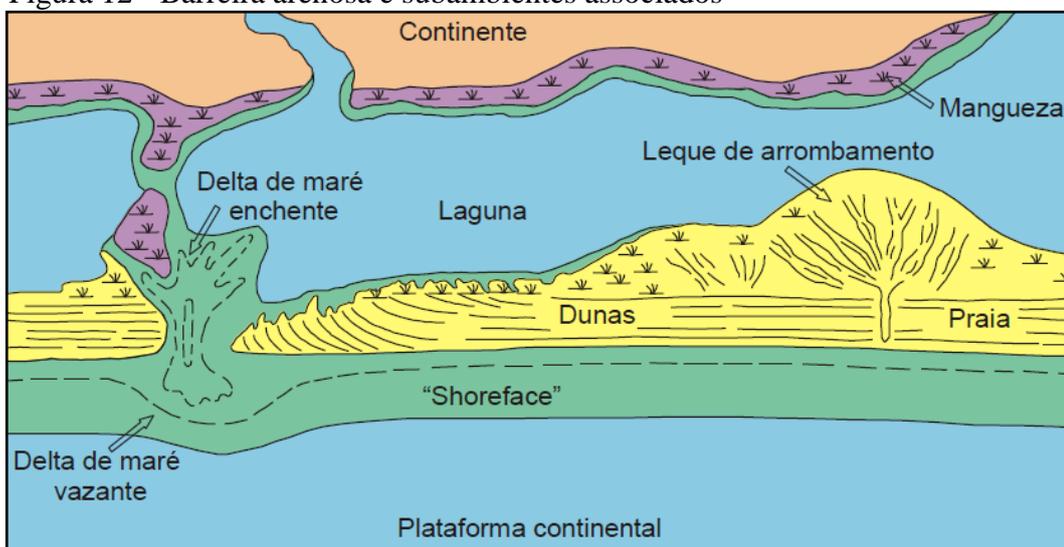
Fonte: Google Earth, 2017.

### Barreira arenosa

As barreiras arenosas (*barrier systems*) são longas e estreitas acumulações de sedimentos paralelas à costa, construídas através da ação das ondas e ventos e separadas por uma baía, lagoas ou pântanos (Figura 12). Elas se formam devido à ação combinada do vento, ondas e correntes de deriva litorânea e, a longo prazo, são formadas por oscilações no nível do mar. Estão presentes em aproximadamente 12% dos litorais do mundo e a sua presença nas

regiões costeiras é importante pelo papel que desempenham na proteção ao litoral, funcionando como barreiras frente a ação das grandes ondas de tempestade (GLAESER, 1978; MCCUBBIN, 1982; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004; BIRD, 2008).

Figura 12 - Barreira arenosa e subambientes associados

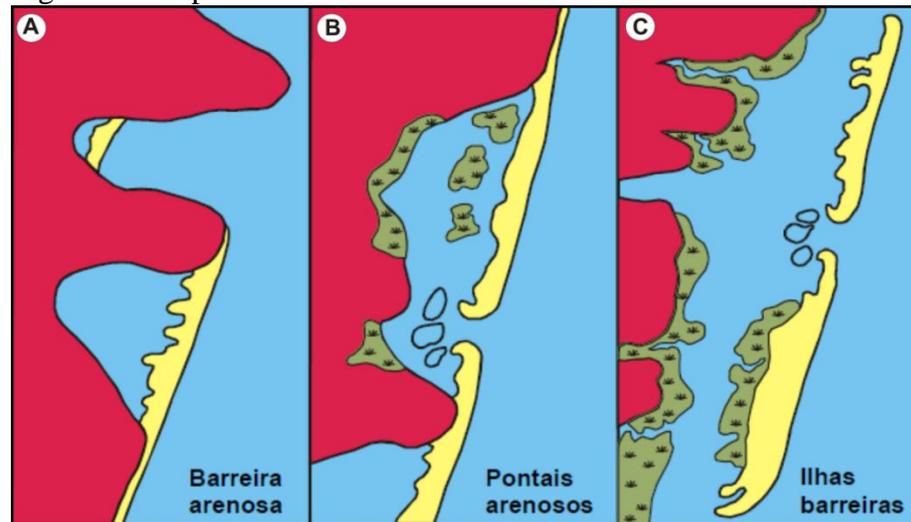


Fonte: SILVA, 2011, adaptado de MCCUBBIN (1982).

As barreiras arenosas estão presentes em quase todos os continentes (DAVIS JR, 1985). A sua distribuição depende de alguns fatores como: a tectônica, a geomorfologia costeira, o fornecimento de sedimentos e a ação das marés. São desenvolvidas principalmente em ambientes amplos e de baixo relevo, como nas planícies costeiras. Geralmente estão localizadas nas bordas continentais e nas costas marginais passivas (GLAESER, 1978; KRAFT E CHRZASTOWSKI, 1985; BIRD, 2008). Os sedimentos que formam as barreiras são representados basicamente por areia e cascalho, transportadas pelos principais processos costeiros (ondas, marés e correntes). O comprimento e a extensão de uma barreira podem variar bastante, dependendo principalmente da disponibilidade de sedimentos. Neste sentido, quanto mais abundante for o fornecimento de sedimentos, mais largas e extensas tendem a ser as barreiras (KRAFT E CHRZASTOWSKI, 1985; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

As barreiras arenosas geralmente apresentam três morfologias distintas (Figura 13): (1) barreiras arenosas (*Welded barriers*), quando são encontradas em costas irregulares e conectadas aos costões; (2) pontais arenosos (*barrier spits*), quando estão conectadas a um único costão e sujeitas a um crescimento longitudinal; (3) ilhas barreiras (*barrier island*), quando apresentam uma morfologia de bancos de sedimentos paralelos e separados da costa (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

Figura 13 - Tipos de barreiras arenosas



Fonte: SILVA, 2011, adaptado de LEATHERMAN, 1979 e DAVIS JR. E FITZGERALD, 2004.

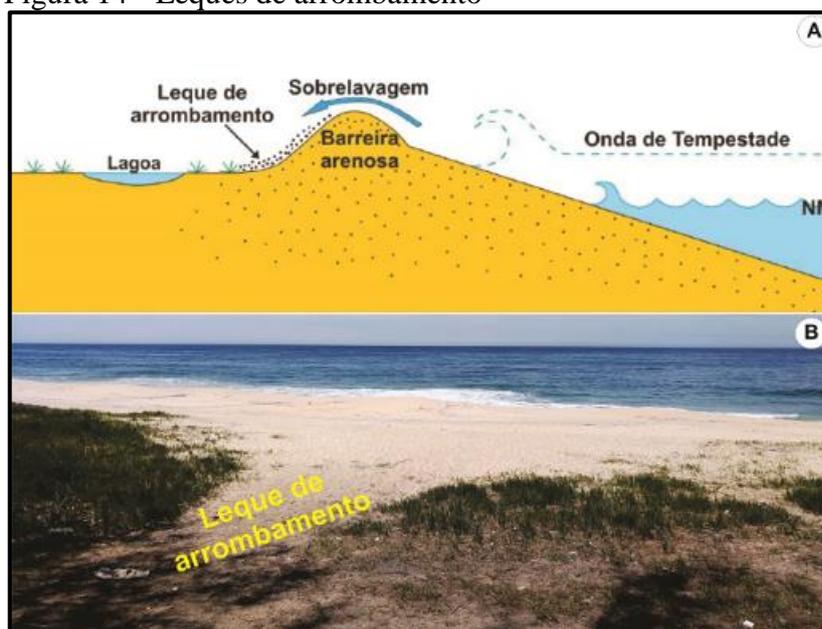
### Leques de arrombamento

Os leques de arrombamento (*washover fans* ou *washover deposits*) são depósitos sedimentares arenosos formados a partir da ocorrência de eventos de tempestade de alta magnitude, como furacões, ciclones extratropicais, ressacas, entre outros (Figura 14). As ondas de alta energia ultrapassam as barreiras arenosas transportando sedimentos e depositando-os sobre e na retaguarda deste ambiente, formando os depósitos de leques de arrombamento (Figura 12). Este processo por meio do qual as ondas transpõem a barreira é denominado *overwash* (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004; NICHOLS, 2009). Por serem influenciados por eventos meteorológicos de alta magnitude, esses depósitos se constituem em bons indicadores para identificar tempestades no registro sedimentar costeiro (DONNELLY et al. 2004; BOGGS JR, 2006; MORTON E SALLENGER, 2003). Este processo pode alterar a morfologia da barreira arenosa, causando erosão da praia e das dunas (SWITZER et al., 2006).

Os depósitos de leques de arrombamento são encontrados tanto em ambientes dissipativos quanto em ambientes refletivos, constituindo-se num importante mecanismo para a transgressão do litoral (CARTER, 1988). As alterações morfológicas e o comprimento das barreiras são influenciados por diversas variáveis, que dependem do alcance, intensidade e duração das ondas de tempestades; da diferença do nível d'água entre oceano e lagoa/laguna; da ação construtiva e destrutiva das ondas de tempestades; e das variações na batimetria da praia e face litorânea (*shoreface*) (MORTON E SALLENGER, 2003). Do ponto de vista regional, os depósitos de leques de arrombamento apresentam mudanças expressivas definidas pelas diferenças morfológicas da barreira arenosa, na espécie e na quantidade de vegetação de

restinga e nas propriedades dos sedimentos (WANG E HORWITZ, 2007). Estudos relacionados aos leques de arrombamento ajudam a compreender a formação e evolução destes depósitos, podendo reconstituir a dinâmica do litoral, as variações do nível do mar e a evolução das barreiras arenosas. Além disso, também podem estabelecer tendências futuras de posicionamento em função da mobilidade do leque de arrombamento (SILVESTRE, 2013; SILVA et al., 2008a).

Figura 14 - Leques de arrombamento



Legenda: (A) Processo de sobrelavagem que dá origem ao leque de arrombamento.  
(B) Leque de arrombamento na praia de Jaconé.

Fonte: (A) SILVESTRE, 2013, adaptado de MCCUBBIN, 1982. (B) a autora, 2017.

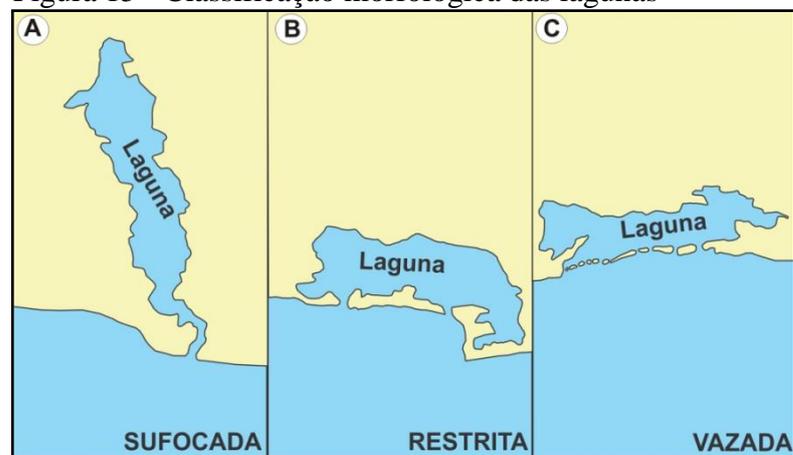
### Lagunas costeiras

As lagunas costeiras (*coastal lagoons*) são corpos d'água geralmente rasas e encontradas paralelamente à costa, separada por uma barreira arenosa e conectadas ao oceano por um ou mais canais de maré (Figura 12) (KJERFVE E MAGILL, 1989; ISLA, 1995; NICHOLS, 2009). Estão presentes em cerca de 12% do litoral mundial e apresentam uma fauna, flora e sedimentação característica deste tipo de ambiente (DAVIS E FITZGERALD, 2004; BIRD, 2008). A evolução das lagunas costeiras está diretamente relacionada às características geológicas e geomorfológicas da área de formação. A configuração atual das lagoas ocorre influenciada pelo crescimento das barreiras, que determinam a sua localização e suas dimensões na planície costeira (BIRD, 2008). Trata-se de um ambiente susceptível a uma rápida sedimentação, que pode ser tanto fluvial quanto marinha, com aporte significativo de matéria orgânica nas margens da laguna (NICHOLS, 2009). As lagunas costeiras estão

sujeitas à ação de ondas formadas localmente pela ação dos ventos, às oscilações da maré e a interação da água salgada do mar com a água doce dos rios que desembocam nas lagunas por meio de rios e canais (BIRD, 2008; NICHOLS, 2009).

Segundo Kjerfve (1986; 1994) e Kjerfve e Magill (1989) as lagunas são classificadas de acordo com a sua morfologia e a partir da relação de troca de água com o oceano (Figura 15). As lagunas sufocadas (*choked lagoons*) estão localizadas em ambientes com ondas de alta energia e a presença significativa da deriva litorânea. São caracterizadas por apresentarem um ou mais canais de maré, longos e estreitos, influenciados pela ação do vento. As lagunas restritas (*restricted lagoons*) apresentam dois ou mais canais de maré e são influenciadas predominantemente pela ação do vento; geralmente estão localizadas ao longo de costas onde as correntes de maré são mais significativas, auxiliando no transporte de sedimentos. As lagunas vazadas (*leaky lagoons*) são definidas pelos diversos canais que conectam este ambiente com o oceano. O transporte de sedimentos ocorre predominantemente pela ação das correntes de maré e são caracterizadas por uma intensa troca de água com o oceano.

Figura 15 - Classificação morfológica das lagunas



Fonte: SILVESTRE, 2016.

## 1.2 Praias arenosas

O conceito de praia, para Bird (2008), refere-se a um ambiente caracterizado pelo acúmulo de sedimentos não consolidados, que variam de tamanho, desde areia até cascalho. Os três fatores mais importantes na caracterização do ambiente praiial estão relacionados ao tipo de material presente neste ambiente, aos limites (interno e externo) da praia e a atuação

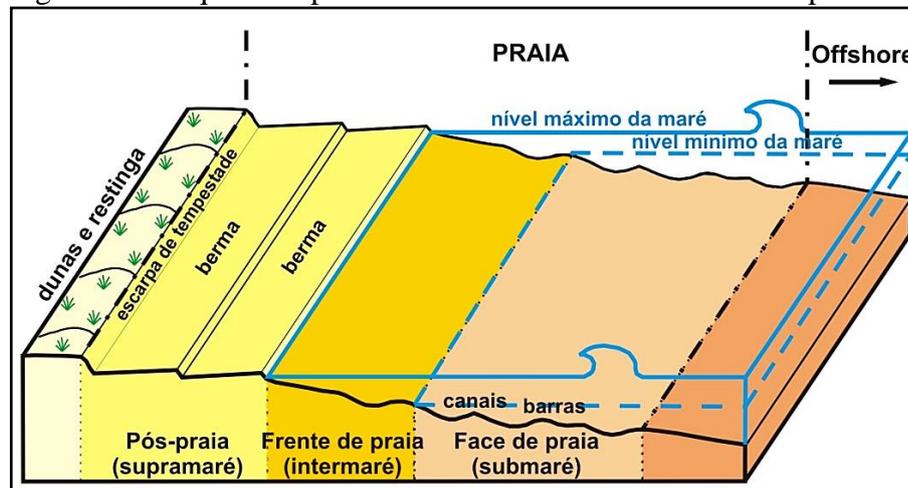
dos processos responsáveis pela dinâmica deste ambiente (FRIEDMAN et al., 1992). As praias representam o ambiente mais dinâmico dentro do sistema costeiro, devido à troca constante de sedimentos que normalmente ocorre entre condições de tempo bom e de tempestade. A energia das ondas incidentes e a ação das correntes são responsáveis pelo movimento dos sedimentos, que são deslocados perpendicularmente e paralelamente ao longo do arco praial. Isso ocorre devido a mudanças na energia das ondas, que se dá principalmente pela ação do vento e das condições de maré (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

O ambiente praial pode ser compartimentado em três subambientes. A região do pós-praia (*backshore*), conhecido também como zona de supramaré (Figura 16), é a porção geralmente horizontal ou ligeiramente inclinada da praia, que corresponde à parte seca. Embora em condições de maré alta, combinada com eventos de tempestade, água e sedimentos podem alcançar a parte mais superior da praia. Essa parte da praia pode ser reduzida ou até inexistir durante a ocorrência de grandes tempestades (FRIEDMAN et al., 1992; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). No pós-praia é comum a formação de bermas, que são terraços geralmente planos, podendo variar em quantidade durante a fase de reconstrução da praia logo após a ocorrência de eventos de tempestade (OPEN UNIVERSITY, 1999). A região da frente de praia (*foreshore*), ou zona de intermaré (Figura 16), corresponde à área sujeita as oscilações diárias da maré em interação com a dinâmica de ondas. Nesta parte da praia, o retrabalhamento de sedimentos é intenso devido à ação das ondas, correntes e da maré, influenciando na granulometria dos sedimentos (FRIEDMAN et al., 1992; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). A face de praia (*beachface*), também conhecida como zona de submaré (Figura 16), é a parte submersa da praia, onde se encontra a zona de *surf* e a área de arrebentação das ondas. A incidência de ondas promove a formação de correntes que interagem com a morfologia do fundo, promovendo um intenso deslocamento de sedimentos em várias direções, formando bancos de areia paralelos à costa. A interação destes mecanismos provoca o movimento da água e sedimentos paralelos à praia e em *zig-zag* (FRIEDMAN et al., 1992; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004; BIRD, 2008).

O perfil praial é moldado pela ação das ondas, correntes e marés a partir do momento em que estas se aproximam da costa. Essas mudanças são diretamente responsáveis pela inclinação do perfil praial, além da formação de morfologias de cúspides e escarpas na zona de intermaré (BIRD, 2008). O grau de inclinação da praia varia de acordo com a granulometria do sedimento, ou seja, praias com areia muito fina geralmente apresentam uma inclinação suave; enquanto que em praias com areias mais grossas e cascalhos a declividade

do perfil tende a ser mais acentuada em associação com a energia das ondas que atuam neste ambiente (DAVIS JR, 1985; DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

Figura 16 - Esquema representando a subdivisão do ambiente praiial



Fonte: SILVA, 2011, adaptado de FRIEDMAN; SANDERS, 1978.

Cúspides de praia são feições costeiras formadas por ápices e depressões côncavas, regularmente distribuídas ao longo da praia, apresentando sedimentos organizados uniformemente. É formado pelo espraiamento (*swash*) e refluxo (*backswash*) das ondas, atuando em conjunto com as correntes de retorno (BAGNOLD apud PETHICK, 1984; RESENDE E SILVA, 1991). As escarpas de praia, também conhecidas como escarpas de tempestade (Figura 16), caracterizam-se por serem feições inclinadas ou côncavas e são formadas pela incidência de ondas de tempestade, quando os sedimentos da praia são removidos do pós-praia e depositados na parte submersa da praia. No momento seguinte, quando do retorno às condições de tempo bom, os sedimentos são devolvidos, reconstruindo a praia através da formação de novas bermas (BIRD, 2008).

A composição dos materiais das praias arenosas depende da origem dos sedimentos que foram acumulados no litoral, podendo variar no tamanho e serem oriundos de fontes terrígenas e/ou biológicas. Os sedimentos de fontes terrígenas estão associados ao intemperismo e erosão do continente e do litoral que, ao serem transportados, são retrabalhados pelos processos costeiros. Os sedimentos provenientes de fontes biológicas estão relacionados a detritos de recifes de corais, fragmentos vegetais, carapaças de organismos, entre outros (DAVIS JR, 1985; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004; BIRD, 2008). Os sedimentos encontrados nos ambientes praiiais são formados por fragmentos de rochas, restos esqueletais carbonáticos e silicosos, diversos minerais, entre outros. A depender

da geologia local, o quartzo é geralmente um dos minerais mais abundantes nos sedimentos das praias, devido a sua durabilidade física e química (PETTIJOHN, 1975; TUCKER, 2003).

### 1.3 Processos costeiros

Os processos costeiros influenciam diretamente na morfologia da praia e são representados pelas ondas, correntes e marés. Essas mudanças acontecem em curtos períodos de tempo, ou podem ocorrer também a longo prazo, causando alargamento/estreitamento de praias ou mesmo a erosão (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). A ação das ondas também é um dos fatores determinantes na configuração do fundo submarino, devido à movimentação e a distribuição dos sedimentos, formando barras e canais submersos (LAING, 1998; DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

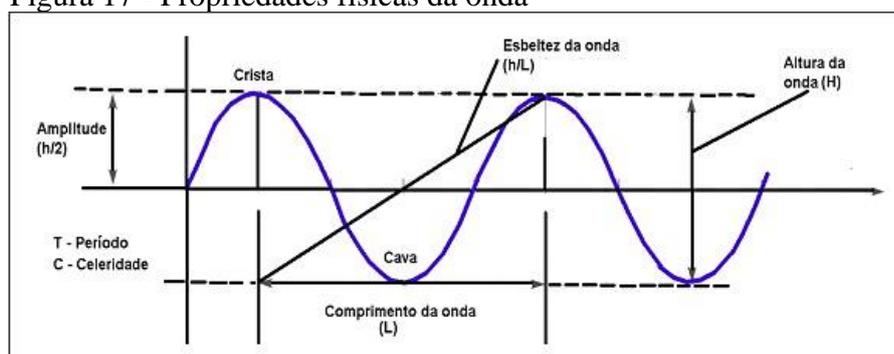
A formação das ondas de superfície oceânica depende das perturbações causadas por ventos, terremotos ou pela força gravitacional exercida pela Lua e pelo Sol sobre a superfície líquida da Terra. O fluxo de turbidez e as perturbações que atuam sobre a água causará estresse e variações, resultando em movimentos distintos e em diferentes direções (PETHICK, 1984; CARTER, 1988; LAING, 1998).

A onda primária, conhecida como onda de superfície progressiva (*progressive waves*), é formada pelos ventos e a energia liberada se desloca em direção as áreas costeiras na forma de uma onda de superfície oceânica. Conforme a onda se propaga, ela causa movimentos oscilatórios ou circulares. Esses movimentos formam pequenas ondas conhecida por ondas capilares (*capillary waves*) (LAING, 1998; DAVIS JR & FITZGERALD, 2004). As ondas gravitacionais (*gravity waves*) são maiores e são geradas pelos ventos no oceano, afetando atividades voltadas ao transporte marítimo, a pesca, turismo, entre outros. Mesmo que o vento cesse, as ondas continuam se deslocando para áreas mais afastadas. Ao se aproximarem da costa, essas ondas interagem com o fundo marinho, ganhando altura e arrebentando logo em seguida. Essas ondas são conhecidas como *swell* (*swell waves*) e geralmente se misturam as ondas formadas por ventos locais (LAING, 1998; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

As características de uma onda são determinadas pelas suas propriedades físicas. Dentre elas destacam-se os seguintes parâmetros (Figura 17): o comprimento da onda (L), que equivale à distância entre duas cristas sucessivas; a altura (H) que é a diferença entre a crista e a calha da onda; amplitude (a) que corresponde à metade da altura da onda; frequência (f), que

se refere ao número de cristas que atravessam um ponto fixo em um segundo; período ( $T$ ), que corresponde ao intervalo de tempo entre duas cristas sucessivas que passam por um ponto fixo; e a esbeltez ( $H/L$ ), que equivale à relação entre a altura e o comprimento da onda (LAING, 1998).

Figura 17 - Propriedades físicas da onda



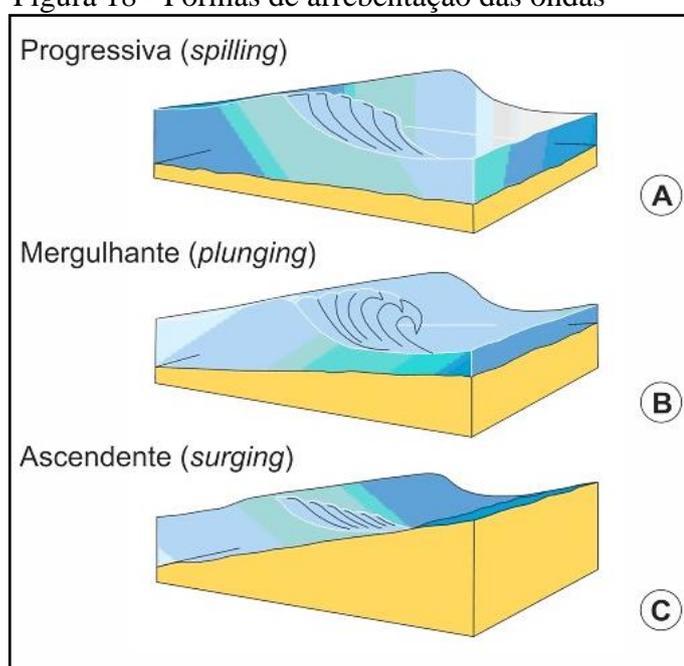
Fonte: Adaptado de Silva et al., 2004.

A arrebentação de uma onda depende das características relacionadas a formação destas em águas profundas e da interferência com o fundo marinho ao se aproximarem da costa (LAING, 1998; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). A forma de arrebentação de uma onda pode ser classificada em progressiva ou derramante (*spilling*), mergulhante (*plunging*) e ascendente (*surging*). A arrebentação do tipo progressiva ou derramante (*spilling*) (Figura 18A) geralmente ocorrem em praias com baixo gradiente e associadas a uma ampla zona de *surf*, produzindo uma água de superfície espumosa e irregular. A arrebentação do tipo mergulhante (*plunging*) (Figura 18B) é caracterizada por formar tubos próximos à frente de praia; ocorre geralmente em praias com elevada declividade. A arrebentação do tipo ascendente (*surging*) (Figura 18C) ocorre quando as ondas avançam sobre um perfil praiial submerso com gradiente muito acentuado, sendo refletidos de volta (GALVIN JR, 1968; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

Os padrões de circulação costeira também são fundamentais para o transporte de sedimentos, causando modificações na morfologia da praia. A incidência de ondas junto à costa está sujeita a ocorrência de fenômenos físicos, tais como reflexão, refração e difração. A reflexão de ondas ocorre a partir da chegada de ondas em praias com gradientes elevados ou quando a mesma é refletida ao se chocarem com costões rochosos, falésias ou estruturas artificiais, formando um padrão de ondas estacionárias (CARTER, 1988). A refração de ondas ocorre quando o ângulo entre a ondulação e a linha de costa é inicialmente grande. À medida que as ondas se aproximam obliquamente da praia, estas começam a serem modificadas pela

morfologia do fundo do mar, de modo que a crista da onda tende a um alinhamento em relação ao contorno da costa (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). A difração de ondas ocorre associada a obstáculos em meio à direção de propagação da mesma, como um pontal rochoso ou uma ilha. A partir dessa interação passa a ocorrer uma mudança na trajetória e altura das ondas. As ondas também podem convergir atrás de obstáculos, para uma área conhecida como “zona de sombra”, onde predomina o acúmulo de sedimentos. À medida que as ondas se movem em direção a águas rasas e são influenciadas pelo fundo podem ocorrer mudanças na distribuição de energia ou na direção de propagação (LAING, 1998; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

Figura 18 - Formas de arrebatamento das ondas



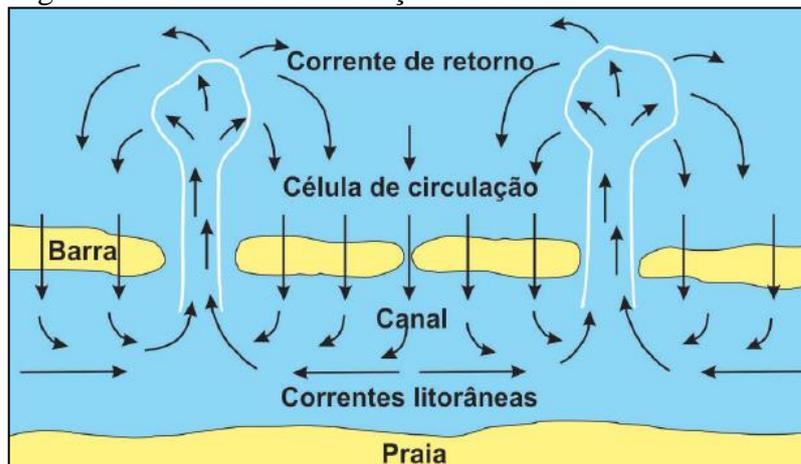
Fonte: SILVESTRE, 2013, adaptado de DAVIS JR E FITZGERALD, 2004.

A energia das ondas é responsável pela formação de correntes junto à costa. As correntes litorâneas (*longshore currents*) (Figura 19), ou correntes de deriva litorânea, são formadas por ondas que incidem obliquamente e se deslocam paralelamente a linha de praia. Essas correntes são as mais importantes para o transporte de sedimentos no padrão *zig-zag* ao longo da linha da costa, principalmente em praias com grandes extensões (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). As correntes de retorno (*rip currents*) (Figura 19) são correntes estreitas e fortes, que se deslocam perpendicularmente a linha de costa. São consideradas correntes altamente perigosas e podem formar canais em direção ao mar. Elas são formadas pelo empilhamento de água na zona de intermaré e pela ação dos ventos (BIRD, 2008). A

interação das correntes (deriva litorânea e de retorno) originam as células de circulação costeira (Figura 19). A ação combinada dessas correntes influencia no transporte e na distribuição dos sedimentos ao longo do litoral e também são responsáveis pelo fluxo (*swash*) e refluxo (*backswash*) das ondas (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

Na praia, o alcance das ondas é constantemente alterado pela influência das marés em função da variação diária no nível do mar. As marés são caracterizadas por oscilações diárias no nível dos oceanos em resposta a interação das forças gravitacionais do sistema Lua-Sol-Terra. Trata-se de ondas muito longas que se propagam ao longo dos oceanos até atingirem os ambientes costeiros presentes ao redor do mundo (PUGH, 1984; BIRD, 2008). O intervalo da maré pode afetar a forma e a largura das praias arenosas, assim como, o fluxo de água nas lagoas e estuários, permitindo a troca de água e nutrientes por meio das oscilações da variação das marés (DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

Figura 19 - Células de circulação costeira



Legenda: Correntes de deriva litorânea e de retorno.

Fonte: SILVESTRE, 2018, adaptado de KOMAR, 1976.

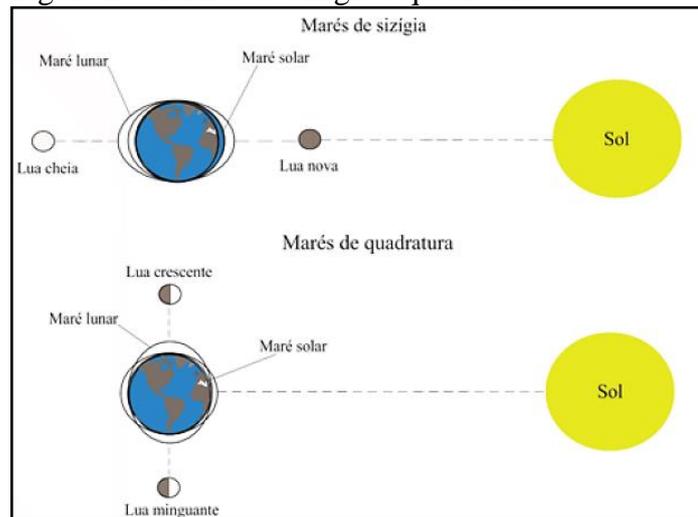
O efeito conjugado da atração gravitacional do Sol e da Lua influenciam nas amplitudes das marés (Figura 20), formando as marés de sizígia nos períodos de Lua Nova e Cheia, responsáveis pelas marés mais altas; e as marés de quadratura durante os quartos Minguante e Crescente, originando marés com amplitudes relativas menores (PETHICK, 1984). Diferentes amplitudes de marés são observadas nos litorais ao redor do mundo, podendo ser classificadas em três tipos: micromarés, quando a amplitude é menor que 2 metros; mesomarés, quando a amplitude ocorre entre 2-4 metros; e macromarés, com amplitude maior que 4 metros (DAVIES, 1964 apud CARTER, 1988).

As oscilações diárias no nível do mar causadas pelas marés são capazes de gerar

correntes, podendo alterar o fundo marinho e influenciar a forma dos ambientes costeiros (BIRD, 2008). No litoral brasileiro as amplitudes das marés são variadas: na costa Sul e Sudeste predominam as micromarés; as mesomarés são predominantes na costa Leste e parte do Nordeste; e as macromarés estão presentes em parte da costa do Nordeste e em toda a costa Norte do país (SOUZA et al., 2005).

Neste sentido, a dinâmica do ambiente praial é direta ou indiretamente determinada pela ação das ondas. A mobilização dos sedimentos modifica a configuração interna do ambiente costeiro, bem como, a distribuição de sedimentos, podendo ser influenciadas pelas correntes costeiras que também atuam na dinâmica do litoral. A interação das ondas com as áreas litorâneas pode causar desequilíbrios na quantidade de sedimentos disponíveis no litoral e, por consequência desencadear um processo de erosão (DAVIS JR, 1985; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

Figura 20 - Marés de sizígia e quadratura



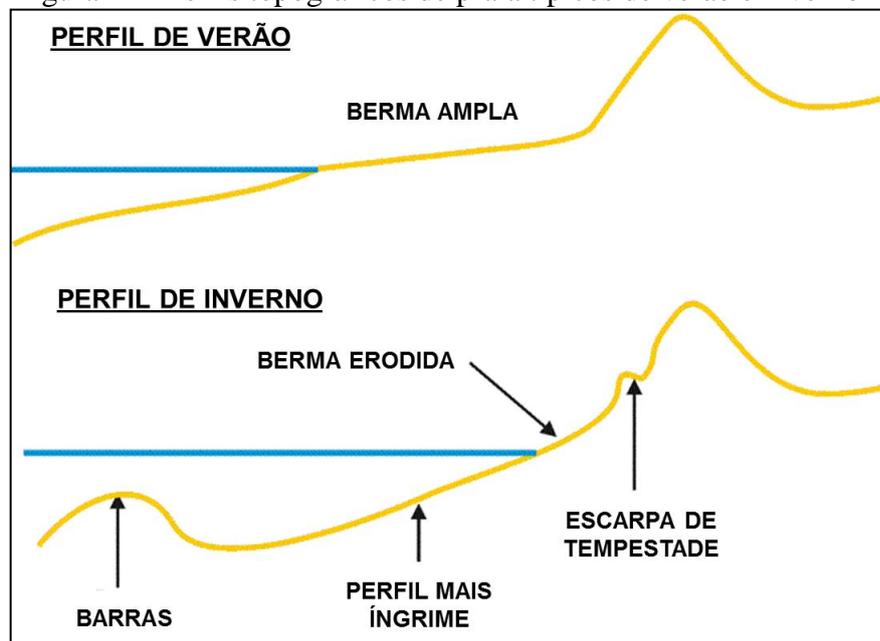
Fonte: BAPTISTA, 2014, adaptado de GARRISON, 2010.

#### 1.4 Dinâmica e erosão costeira

As praias são ambientes bastante dinâmicos e respondem rapidamente as mudanças nas condições de ondas durante o ano. Nos litorais Sul e Sudeste brasileiro, a energia das ondas incidentes varia, principalmente, entre as estações de inverno e verão (Figura 21), formando perfis de praia característicos de tempo bom e de tempestade (PETHICK, 1984; MUEHE, 2006). No período de inverno é mais comum à aproximação de grandes ondas

formadas sob condição de tempestade, responsáveis pelo rápido estreitamento do perfil praiial, formando escarpas íngremes e reduzindo a largura das bermas existentes no pós-praia. Os sedimentos removidos pelas ondas de alta energia são depositados na área submersa, formando barras longitudinais submarinas. É comum a ocorrência de ressacas neste período, causada pela passagem eventual de frentes frias no litoral Sul e Sudeste do Brasil. Sob o predomínio de ondas de menor energia, que ocorrem o ano inteiro, com destaque para o verão, os sedimentos são devolvidos à praia, formando novas bermas durante a reconstrução do perfil emerso (PETHICK, 1984; MUEHE 2006; BIRD, 2008).

Figura 21 - Perfis topográficos de praia típicos de verão e inverno



Fonte: Adaptado de [www.maine.gov/dacf/mgs/explore/marine/faq/shape.htm](http://www.maine.gov/dacf/mgs/explore/marine/faq/shape.htm).

Diante das alterações na morfologia em diferentes escalas temporais, estudos realizados em praias localizadas em diversas partes do mundo têm se observado a associação entre as condições de energia das ondas, às diferentes formas de arrebenção e o tamanho dos sedimentos (PETHICK, 1984). Wright e Short (1984) propuseram uma classificação de praias baseada em diferentes estágios morfodinâmicos, com base na morfologia do perfil praiial e no comportamento das ondas incidentes. A morfodinâmica de uma praia pode ser classificada como refletiva, dissipativa (representando os dois extremos da classificação), ou por meio de quatro estágios intermediários denominados *longshore bar-trough*; *rhythmic bar and beach*; *transverse bar and rip*; *ridgerunnel or low tide terrace* (Figura 22). O estágio refletivo é caracterizado por perfis de praia íngremes, com presença de cúspides de praia rítmicos; pelo reduzido estoque de areias, geralmente grossas; por apresentar uma estreita zona de

arrebentação, com ondas quebrando próximo à linha d'água, causando maior velocidade de espraiamento. O estágio dissipativo é caracterizado morfologicamente por um perfil aplainado, largo e de baixo gradiente; composto basicamente por areias fina e muito fina; além de uma ampla zona de *surf*, comumente com mais de uma linha de arrebentação devido à presença de bancos arenosos paralelos à praia, que auxilia na dissipação da energia das ondas incidentes. Os estágios intermediários apresentam comportamentos distintos dos estágios dissipativo e refletivo e são caracterizados por apresentar uma grande variedade na morfologia da praia e grande mobilidade de ondas e sedimentos, formando com frequência bancos arenosos longitudinais bem desenvolvidos (WRIGHT E SHORT, 1984).

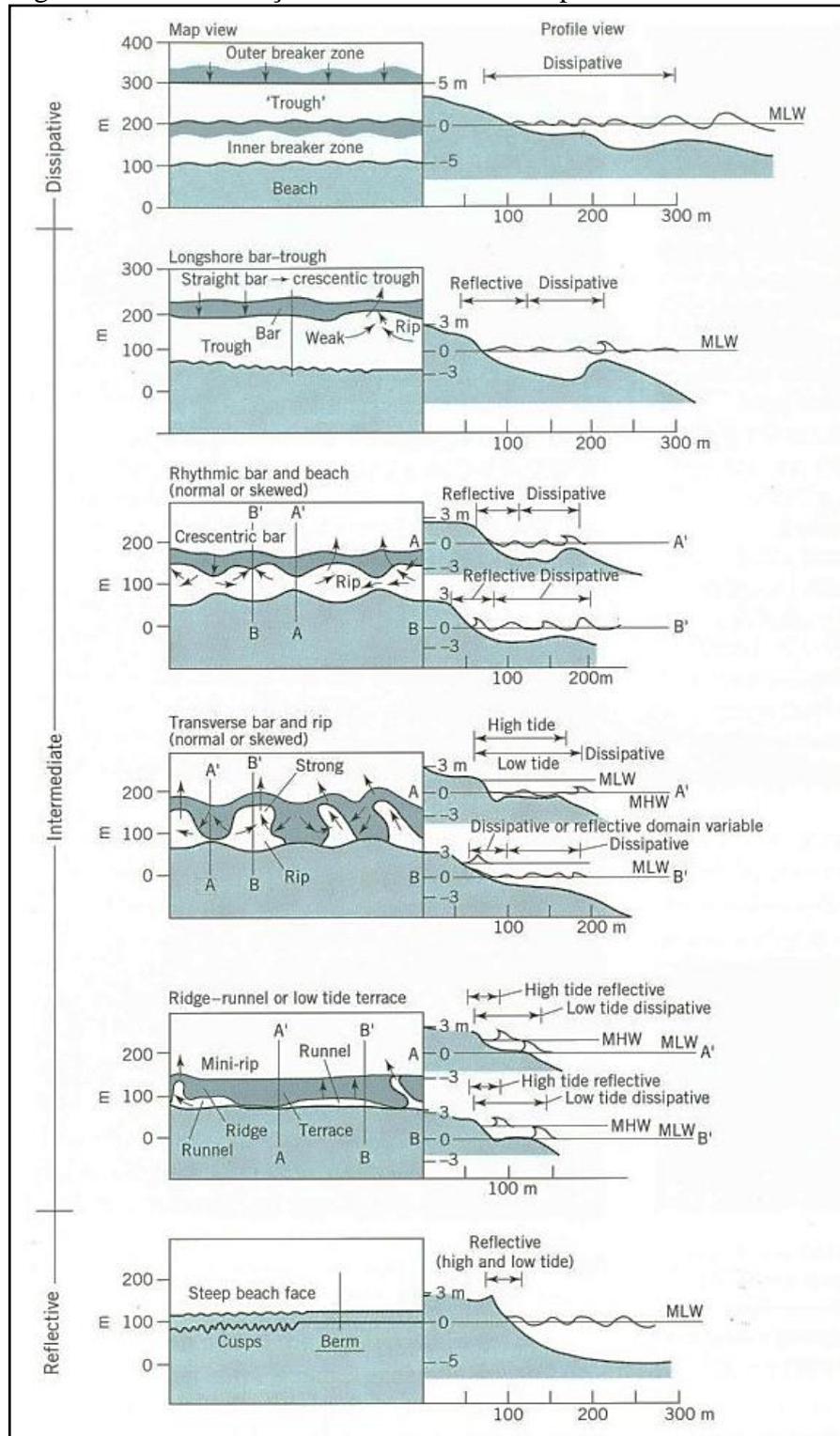
Durante a incidência de ondas de tempestades (condição temporária), os sedimentos são removidos e levados para o fundo submerso da praia (Figura 21). Quando ocorre uma diminuição na energia das ondas, dá-se início a um período de recuperação, no qual os sedimentos retornam reconstruindo o perfil praial (Figura 21). Mesmo com a perda momentânea de sedimentos durante os eventos de tempestade, o ambiente praial tende a um retorno em termos de largura e morfologia que remete a uma condição de estabilidade (BIRD, 2008).

As mudanças causadas por eventos de tempestades também podem ser permanentes. Quando isso ocorre, a quantidade de materiais que formam uma determinada praia e que conseqüentemente é responsável pela estabilidade da mesma, não é mais alcançada. Isso se reflete num déficit de materiais e desencadeia um processo erosivo. A erosão das praias ocorre devido à perda de sedimentos ao longo da costa sem a sua posterior reposição, quando os sedimentos são transportados para outros ambientes (BIRD, 2008). Os fatores que contribuem para as alterações permanentes nos ambientes de praia são: as tempestades associadas a fortes correntes e ao vento, a elevação do nível do mar e as alterações humanas associadas à instalação de estruturas de engenharia ao longo da costa (CARTER, 1988; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004). Geralmente, as praias erosivas apresentam um perfil submerso bastante íngreme e sujeito à reflexão de ondas, com grande capacidade para retirar sedimentos da praia e redistribuir para áreas adjacentes (NICHOLS, 2009).

A ação antrópica e a presença de obras de engenharia no litoral são os casos mais frequentes relacionados à erosão. As construções geralmente estão localizadas próximas às praias ou mesmo dentro da faixa de areia e, conseqüentemente, sujeita ao alcance das ondas de tempestade. Quando as ondas atingem construções localizadas em meio ao ambiente de praia tendem a retirar sedimentos da base da estrutura, transportando-os para áreas mais

afastadas da costa. Tal processo tende a potencializar os efeitos das ondas de tempestade e, com o tempo, o processo de erosão (DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

Figura 22 - Classificação morfodinâmica das praias



Fonte: WRIGHT E SHORT, 1984 apud DAVIS JR e FITZGERALD, 2004.

A aquisição de perfis topográficos de praia sazonais é extremamente importante, pois nos permite entender a dinâmica de praia e o transporte de sedimentos ao longo do litoral (BIRD, 2008). Estudos dessa natureza possibilitam compreender o comportamento das praias, identificando as áreas mais vulneráveis às tempestades e, conseqüentemente, propor as medidas mais eficazes de gerenciamento costeiro.

### **1.5 Vulnerabilidade ambiental e manejo da zona costeira**

A zona costeira compreende uma área influenciada por processos tanto marinhos quanto terrestres, mas a sua delimitação varia de acordo com critérios biológicos, físicos ou culturais. Em algumas regiões, a zona costeira pode ter centenas de metros de largura, enquanto em outras pode chegar a mais de 100 km de largura. A intensa ocupação da zona costeira, voltada para a construção de residências, indústrias e diversas atividades ligadas ao turismo, associada a dinâmica elevada dos ambientes costeiros, tem potencializado os riscos relacionados à ocupação dessas áreas (CARTER, 1988; DAVIS JR E FITZGERALD, 2004).

A definição de risco pode ser compreendida de diversas maneiras. Geralmente, este termo está associado à incerteza, a exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e até mesmo de vidas humanas (ADAMS, 1995). Para Egler (1996), o risco está relacionado à dimensão social de eventos catastróficos, como a percepção individual e os seus efeitos. Este termo também pode ser compreendido pela perda potencial para o sujeito ou para o sistema exposto, resultante da junção entre risco e a vulnerabilidade (CARDONA, 2003).

O risco também pode ser analisado pela perspectiva ambiental. Sua análise está atribuída à dinâmica das relações entre os sistemas naturais, a estrutura produtiva e as condições sociais, ou seja, as atividades que intercedem e/ou são influenciadas por processos endógenos ou exógenos. Dentro dessa perspectiva, considera-se que o crescimento urbano tende a aumentar os riscos naturais, principalmente quando a população está geograficamente exposta e vulnerável a desastres naturais (EGLER, 1996; CASTRO et al., 2005).

Para a análise do risco ambiental é importante considerar três elementos e as suas conseqüências: (1) o risco natural está associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais, considerando o grau de estabilidade/instabilidade expresso na sua vulnerabilidade a eventos de curta ou longa duração, tais como inundações, desabamentos e aceleração de processos erosivos; (2) o risco tecnológico pode ser compreendido como potencial de

ocorrência de eventos danosos à vida, de curto a longo prazo, variando desde a probabilidade quanto as consequências que podem gerar explosões, vazamentos ou derramamentos de produtos tóxicos; e por fim, (3) o risco social, que é observado como resultante das carências sociais ao pleno desenvolvimento humano que contribuem para a degradação das condições de vida. Sua manifestação se faz presente nas condições de habitação, no acesso aos serviços básicos, tais como água tratada, esgotamento de resíduos e coleta de lixo (EGLER, 1996).

O termo vulnerabilidade passou a ganhar espaço a partir da década de 1970 quando começou a ser executado em pesquisas nos campos da energia, gerenciamento de riscos e avaliação de impactos climáticos (HUFSCHMIDT & GLADE, 2010). Como o conceito de risco, a definição de vulnerabilidade apresenta diversas concepções. De modo geral, a vulnerabilidade está relacionada ao grau de perdas e danos. Se não houver risco em um ambiente, não há vulnerabilidade. Porém, segundo Cardona (2003), o conceito de vulnerabilidade vai além do dano, ou seja, é como um fator de risco interno que não está apenas exposto ao contexto material ou à suscetibilidade física dos elementos, mas também às fragilidades sociais e à falta de resiliência das comunidades expostas a determinados riscos.

A vulnerabilidade pode ser analisada sob três aspectos: (1) fragilidade física ou exposição, ou seja, a suscetibilidade da população em ser afetada por um perigo devido à sua localização e a falta de resistência física; (2) fragilidade socioeconômica ligada aos fatores sociais e econômicos da população; e (3) a falta de resiliência, limitando o acesso a mobilização dos recursos da população e a sua incapacidade de assimilar o impacto sofrido (CARDONA, 2003). Diante do exposto, identificar a vulnerabilidade permite reduzir o risco, ou seja, a possibilidade de um futuro desastre natural maior, buscando medidas estratégicas para minimizar a exposição ao perigo.

A zona costeira brasileira possui uma área de aproximadamente 514.000 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 324.000 km<sup>2</sup> correspondem a áreas terrestres que englobam os 395 municípios distribuídos em 17 estados litorâneos, incluídos a superfície das águas interiores e o mar territorial. Segundo o decreto de nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, a zona costeira corresponde ao espaço geográfico que interage o ar, o mar, a terra e os seus recursos renováveis, abrangendo a faixa marítima e terrestre (PLANALTO, 2004). As principais cidades brasileiras estão localizadas no litoral e apresentam sérios problemas voltados para o crescimento urbano, atividades portuárias, petrolíferas, turismo, entre outros (ZAMBONI & NICOLODI, 2008). Devido a fragilidade dos ambientes costeiros aliados a forte concentração populacional, a vulnerabilidade física e socioeconômica tem crescido no litoral brasileiro. Para isso, é necessário abordar os aspectos, como a dinâmica e a instabilidade da linha de

costa e observar os processos morfológicos, meteorológicos e oceanográficos em diferentes escalas espaço-temporais (LINS-DE-BARROS, 2010). Após este conhecimento, torna-se cada vez mais necessária a adoção de medidas, em diversas escalas de gestão, que garantam a preservação dos ambientes litorâneos e diminua os riscos inerentes as diferentes formas de uso e ocupação da zona costeira.

Diante deste cenário, os governos brasileiros têm buscado medidas para regularizar os modos de uso e ocupação do litoral. O primeiro passo foi com a criação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), estabelecido pela lei 7.661 de 1988, apresentada e aprovada em 1990 na 25ª Reunião Ordinária do CONAMA. O referido documento propõe orientar a utilização racional dos recursos da zona costeira de forma a contribuir para elevar a qualidade de vida da sua população e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural (CIRM, 1997; NICOLODI & PETERMANN, 2010). Outra proposta voltada para o gerenciamento costeiro foi o Projeto Orla, determinado pelo Decreto Federal nº 5.300 de 2004. Este projeto objetivou incentivar a participação integrada das esferas municipais, estaduais e federal, por meio de uma abordagem harmônica entre a valorização ambiental, o uso e ocupação do litoral, a biodiversidade e entre outros componentes, buscando também soluções para os conflitos ambientais, econômicos e sociais na zona costeira (MORAES E ZAMBONI, 2004).

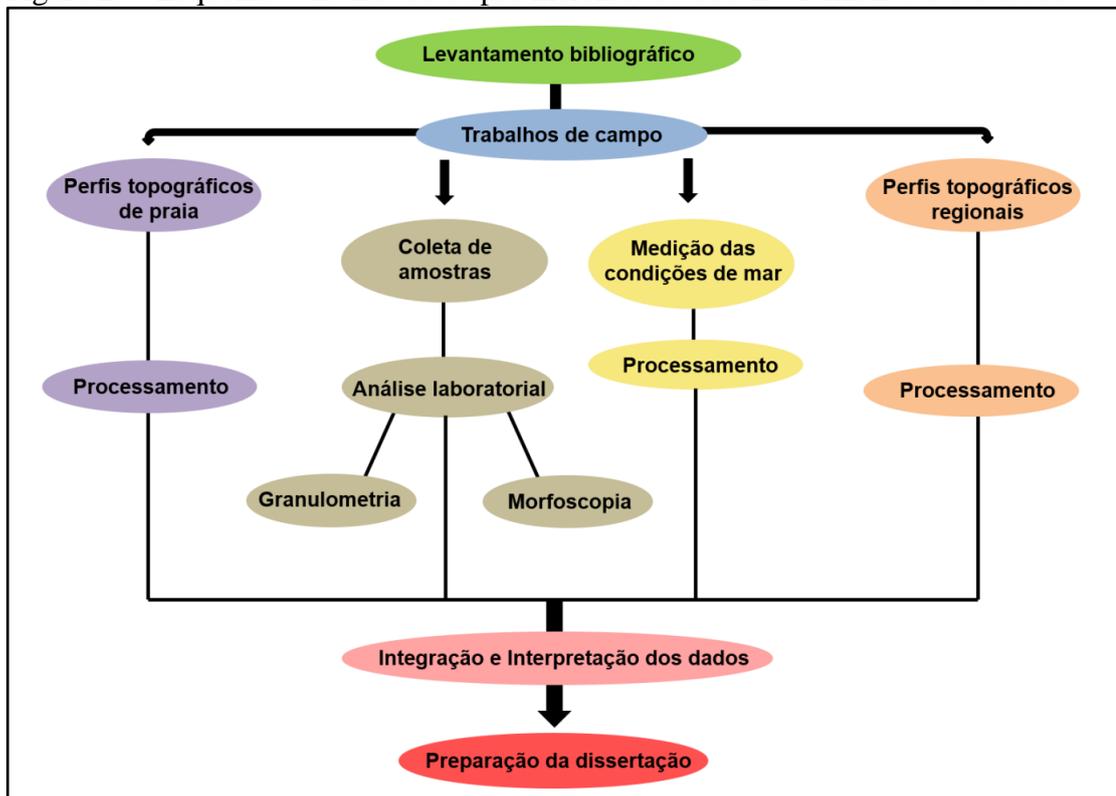
Por mais que os planos e medidas voltados para o gerenciamento costeiro existam, os esforços para executá-los ainda são incipientes e os interesses relacionados às diferentes formas de uso e ocupação do litoral são em grande parte conflitantes. Logo, torna-se fundamental identificar os problemas ao longo do litoral, sobretudo na escala local, conhecendo as características e o comportamento dos ambientes costeiros. Para, a partir de então, poder identificar as áreas mais vulneráveis e propor medidas voltadas para o manejo adequado da zona costeira.

## 2 MATERIAS E MÉTODOS

### 2.1 Metodologia

A metodologia aplicada a este estudo consistiu das seguintes etapas: (1) levantamento bibliográfico sobre a dinâmica e erosão costeira, risco e vulnerabilidade ambiental, entre outros temas relacionados ao estudo desenvolvido; (2) realização de trabalhos de campo para a aquisição de perfis topográficos transversais a praia ao longo da planície costeira e sazonalmente para monitorar a dinâmica da praia; (3) amostras de sedimentos superficiais coletadas em diferentes locais na planície costeira; (4) observações e medições das condições de mar por ocasião dos monitoramentos; (5) análises laboratoriais para a granulometria e morfoscopia dos sedimentos; (6) cálculo do volume emerso dos sedimentos que compõem o arco praial; (7) processamento dos dados e interpretação dos resultados, indispensáveis para a caracterização da planície costeira e para a compreensão do comportamento morfológico e sedimentar do arco praial de Jaconé-Saquarema (Figura 23).

Figura 23 - Esquema contendo as etapas inerentes ao desenvolvimento deste estudo



Fonte: A autora, 2018.

## 2.2 Metodologia de campo

No litoral de Jaconé-Squarema foram realizados sete trabalhos de campo para a caracterização geomorfológica da planície costeira, por meio da aquisição de dados de topografia e coleta de sedimentos. Na praia, os 54 levantamentos topográficos foram realizados entre os anos de 2016 e 2018 ao final das estações de verão e inverno e durante a ressaca, este último realizado em agosto de 2017, com concomitante medição das condições de mar. Dados de topografia da praia disponíveis entre o período de 2012 e 2015 foram processados e incluídos neste estudo, adquiridos nas praias do litoral de Maricá e Squarema, no âmbito de um projeto de pesquisa coordenado pelo professor André Silva (FAPERJ, E-26/110.980/2013). A integração de dados anteriores à dissertação (2012 e 2015) com dados obtidos durante o desenvolvimento desta pesquisa (2016 a 2018), permitiu a compreensão da dinâmica do arco praia de Jaconé-Squarema nos últimos seis anos.

### *Perfis topográficos*

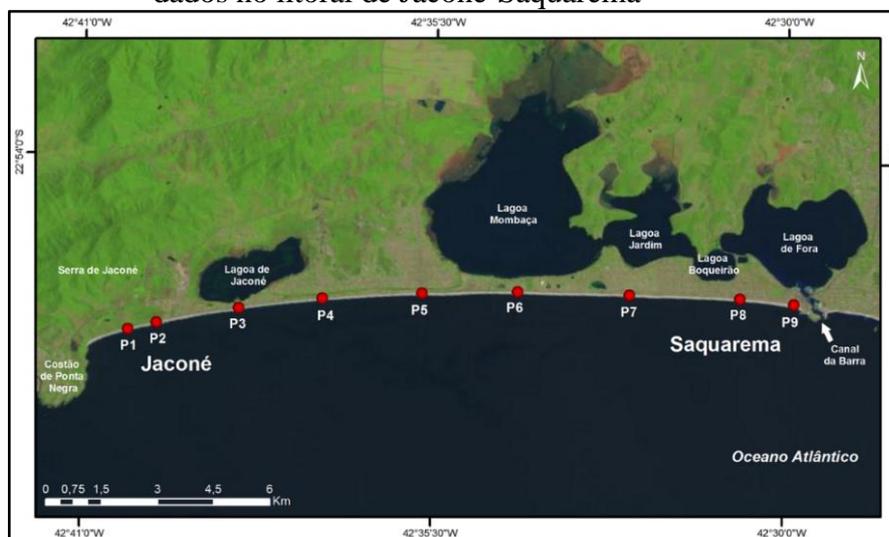
Os perfis topográficos de praia foram adquiridos ao longo de nove locais de monitoramento (Figura 24). Estes pontos foram distribuídos de forma a caracterizar o arco praias de Jaconé-Squarema como um todo. Os monitoramentos foram realizados, sempre que possível, sob condição de maré de quadratura, evitando uma maior interferência das variações diárias do nível do mar. A medição do perfil topográfico iniciou na escarpa de tempestade ou na vegetação, localizada no limite interno da praia até o alcance médio das ondas. Os perfis foram devidamente georreferenciados através da obtenção de coordenadas, com equipamento GPS da marca *Garmim* 12 XL e pelo sistema de coordenadas Datum WGS 84 (Tabela 1).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e referências dos locais de monitoramento

Pontos de Monitoramento	Coordenadas Geográficas	Referência
Perfil 1	22°56'33.60"S 42°40'16.92"O	Perpendicular à Rua A
Perfil 2	22°56'26.39"S 42°39'43.90"O	Área de vegetação de restinga preservada.
Perfil 3	22°56'13.53"S 42°38'33.25"O	Perpendicular à Rua 53
Perfil 4	22°56'4.14"S 42°37'14.58"O	Perpendicular à Avenida 1
Perfil 5	22°55'58.48"S 42°35'40.95"O	Perpendicular à Rua 96
Perfil 6	22°55'56.8"S 42°34'11.6"O	Perpendicular à Rua Belarmino da Conceição
Perfil 7	22°55'57.8"S 42°32'26.0"O	Perpendicular à Rua Tomé Bandeira
Perfil 8	22°55'59.8"S 42°30'42.5"O	Perpendicular à Rua João Vasconcelos
Perfil 9	22°56'3.50"S 42°29'51.47"O	Perpendicular à Rua Prof. Ricardo Barbosa

Fonte: A autora, 2018.

Figura 24 - Pontos de monitoramento selecionados para aquisição de dados no litoral de Jaconé-Squarema



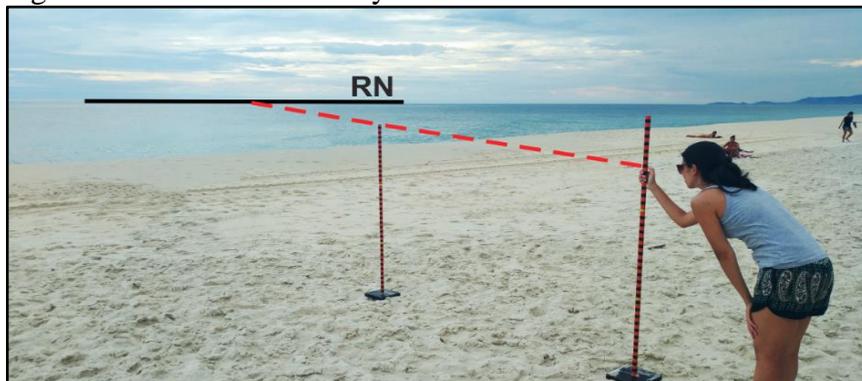
Fonte: A autora, 2018.

O levantamento topográfico na praia foi realizado pelo método das balizas proposto por Emery (1961), que consiste na utilização de duas balizas medindo 1,5 m de altura e graduadas a cada 2 cm (Figura 25). Para obter o registro da topografia praial, as balizas foram alinhadas à linha do horizonte, empregada como referência de nível topográfico (RN) (Figura 25). Todos os perfis topográficos de praia realizados tiveram como ponto de início a escarpa de tempestade ou a base de concreto de antigos quiosques e foram finalizados na linha d'água. A porção submersa da praia não foi contemplada neste estudo em função a elevada dinâmica de ondas e correntes. A aquisição de perfis topográficos de praia sazonais permite reconhecer a dinâmica e o transporte de sedimentos ao longo do litoral (BIRD, 2008). Concomitante ao levantamento topográfico, foi possível medir o grau de inclinação com um inclinômetro, posicionado em três pontos distintos na frente de praia para obter uma média da declividade do perfil para melhor caracterizar o perfil da praia.

Os perfis topográficos da planície costeira foram realizados, sempre que possível, nos mesmos locais onde foram feitos os perfis topográficos de praia (Tabela 1). A localização destes perfis, sempre que possível, correspondeu aos mesmos locais dos perfis topográficos de praia e foram nomeados da seguinte forma: perfil 1 (mesmo local que o P1 na praia), perfil 2 (cerca de 667 metros do P2 na praia), perfil 3 (mesmo local que o P4 na praia) e perfil 4 (cerca de 185 metros do P6 na praia). A aquisição dos 4 perfis topográficos na planície costeira foi realizada através do nível topográfico acoplado a um tripé, com auxílio da régua e trena. A utilização deste equipamento permitiu caracterizar as feições geomorfológicas presentes neste ambiente costeiro, desde a praia (alcance médio das ondas) até a barreira

arenosa interna. A quantidade reduzida de perfis topográficos sobre a planície costeira se deve à descaracterização da sua morfologia por conta da ocupação, restando apenas poucas áreas que apresentam uma geomorfologia próxima a original.

Figura 25 - Método de Emery



Legenda: RN (Referência de Nível, que corresponde à linha do horizonte).  
Fonte: SILVA, 2018.

Figura 26 - Aquisição de dados na planície costeira



Legenda: Aquisição feita com o nível topográfico.  
Fonte: A autora, 2018.

#### *Coleta de sedimentos e medição das condições de mar*

A coleta dos sedimentos foi efetuada, sempre que possível, nos mesmos locais selecionados para os perfis topográficos ao longo da planície costeira. Para isso, foram coletadas ao todo 6 amostras na planície costeira. A pequena quantidade de amostras na planície costeira se deu devido à intensa modificação que a mesma sofreu nos últimos anos, causada pela urbanização, restando poucas áreas adequadas para a coleta de materiais. Dados de granulometria do ambiente praiado analisados por Faria (2014) e Pinto (2015) foram integrados a este estudo. Os mesmos foram coletados entre os períodos de outono 2013 e

verão 2014 no pós-praia e frente de praia. A morfoscopia dos sedimentos foi realizada no Laboratório de Dinâmicas da Natureza (LABDIN) da FFP-UERJ.

Por ocasião dos levantamentos topográficos, também foram realizadas observações e medições das condições de mar para caracterizar os seguintes parâmetros: direção de incidência, altura e período das ondas, forma de arrebentação, ocorrência de correntes (deriva litorânea e retorno), entre outros. As observações de altura, direção de incidência e forma de arrebentação das ondas foram feitas sempre por no mínimo 3 pessoas. O período da onda, por sua vez, foi medido com o auxílio de um cronômetro, para o registro do tempo de passagem entre duas cristas sucessivas por um mesmo ponto fixo, conforme Laing (1998).

### 2.3 Procedimentos laboratoriais

#### *Análise granulométrica*

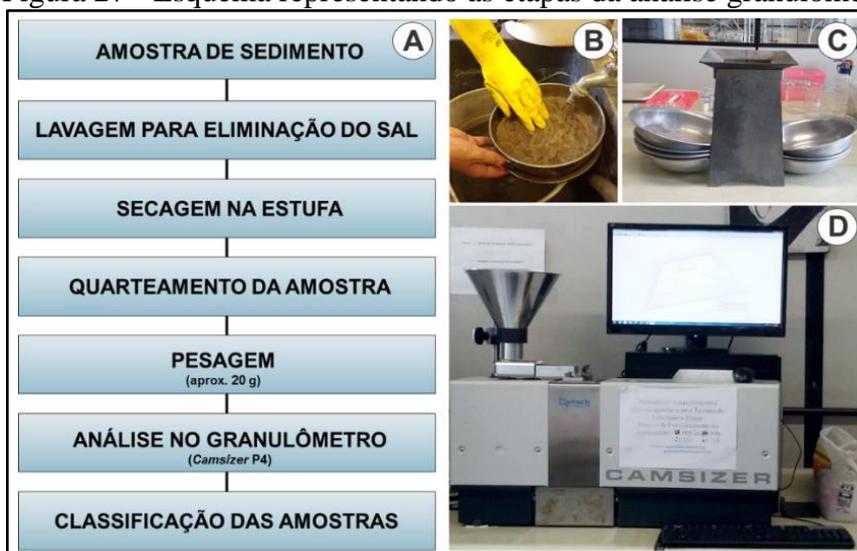
A análise granulométrica das amostras de sedimentos coletadas na planície costeira foi realizada no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da UFF e consistiu nas seguintes etapas (Figura 27): (1) lavagem para a eliminação do sal e resíduos encontrados na amostra, realizada três vezes durante três dias consecutivos; (2) após isso, as amostras foram levadas a estufa em temperatura média de 50°C até que estivesse totalmente seca; (3) a amostra foi dividida em partes aleatórias por um quarteador, até alcançar o peso de 20 gramas, aproximadamente; (4) por fim, a amostra foi introduzida no analisador de partículas *Camsizer* P4, para a medição das frações granulométricas presentes nos sedimentos a partir do método digital de análise. Após a análise completa, as amostras foram submetidas à classificação granulométrica dos sedimentos proposta por Wentworth (1922) (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação granulométrica de sedimentos

Classificação granulométrica	Tamanho em milímetros (mm)
Cascalho	2 a 4
Areia muito grossa	1 a 2
Areia grossa	0.50 a 1.00
Areia média	0.25 a 0.50
Areia fina	0.125 a 0.25
Areia muito fina	0.062 a 0.125

Fonte: WENTWORTH, 1922.

Figura 27 - Esquema representando as etapas da análise granulométrica



Legenda: (A) lavagem, (B) quartejamento e (C) pesagem da amostra; (D) análise no equipamento granulômetro.

Fonte: PINHEIRO, 2016.

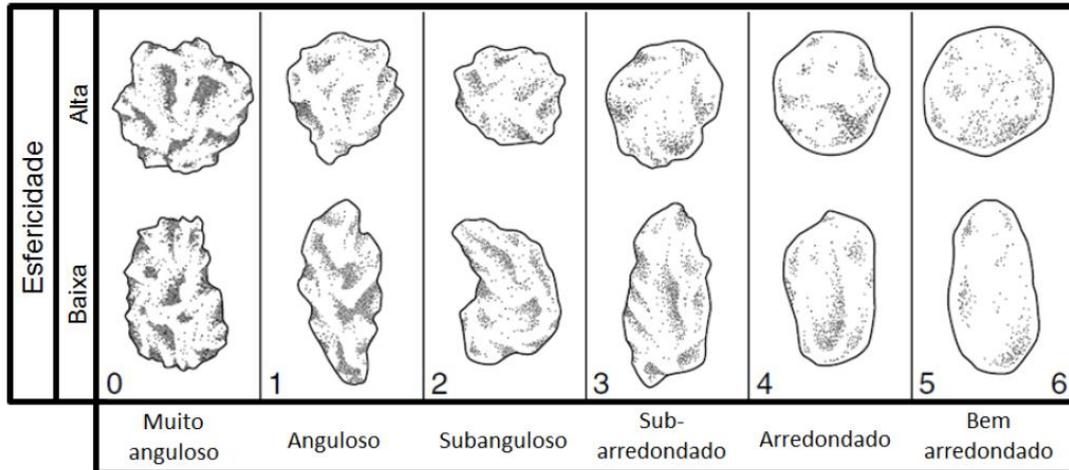
### *Análise morfoscópica*

Posterior a análise granulométrica, foi realizada a análise morfoscópica dos sedimentos, baseado nas características específicas dos materiais, tais como: forma, grau de arredondamento, esfericidade e textura superficial das partículas (brilho e fosqueamento) (Figura 28). O grau de arredondamento determina o grau de curvatura dos cantos dos grãos (pontas e arestas), indicando o transporte e o retrabalhamento dos sedimentos. A esfericidade equivale ao nível de proximidade de uma partícula a forma esférica, ou seja, quanto mais esféricos forem os grãos, maior será o grau de maturidade. A textura superficial pode exibir superfícies polidas ou opacas, dependendo do processo predominante no transporte do sedimento. Logo, as características correspondentes à textura dos sedimentos são essenciais para compreender os mecanismos e ambientes de deposição dos grãos (KUENEN E PERDOK, 1962; FOLK, 1980; MCLANE, 1995; TUCKER, 2003).

Neste sentido, foram selecionadas 18 amostras em Jaconé (verão de 2014) e Saquarema (primavera de 2013) com o objetivo de caracterizar o grau de arredondamento, esfericidade e textura superficial dos sedimentos. As amostras analisadas passaram pelo processo de separação dos grãos por peneiramento para a determinação da fração granulométrica predominante em cada ponto de monitoramento (nas áreas do pós-praia, frente de praia e demais áreas na superfície da barreira). Para isso, foram peneiradas cerca de 20 gramas de sedimentos, utilizando-se as peneiras de 2.00 mm, 1.00 mm, 0.500 mm, 0.250 mm, 0.125 mm e 0.062 mm; que foram posteriormente levadas ao vibrador de peneiras por um

período de 15 minutos. Após este processo, foram analisados 100 grãos de quartzo de cada amostra selecionada (DIAS, 2004). A escolha do quartzo se deve ao fato de que este mineral é muito resistente aos processos intempéricos e são encontrados em abundância nos ambientes costeiros, permitindo a classificação quanto ao grau de arredondamento, esfericidade e a observação da textura dos sedimentos (PETTIJOHN, 1975; FOLK, 1980; TUCKER, 2003).

Figura 28 - Grau de arredondamento e esfericidade dos sedimentos



Fonte: Adaptado de TUCKER, 2003.

## 2.4 Processamento e análise de dados

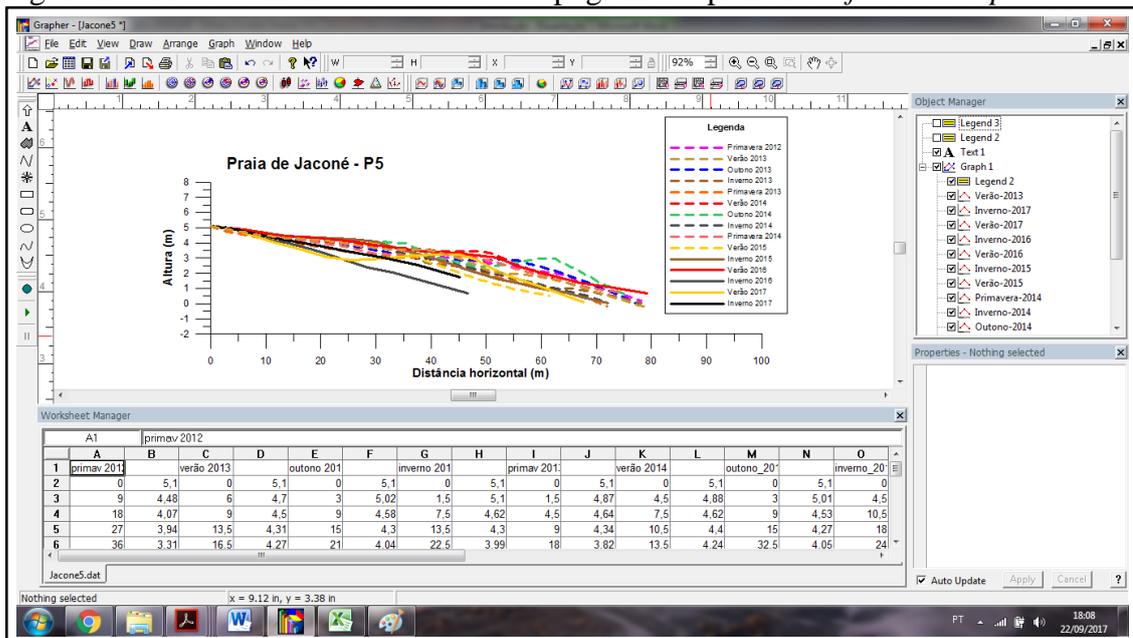
### *Caracterização das principais feições geomorfológicas*

A caracterização das principais feições presentes na planície costeira de Jaconé-Saquema foi realizada por meio de mapeamento no *software ArcGis 10.5*. Para isso, foi utilizado o ortofotomosaico do IBGE referente ao Projeto RJ do ano de 2005, que compreende a mosaicos de fotografias aéreas ou de imagens de satélites ortorretificadas que foram realçadas para homogeneizar sua aparência. Essa imagem encontra-se georreferenciada e a sua confecção iniciou-se com o processo de vetorização manual, com a criação de *shapefiles* para cada um dos ambientes costeiros presentes na área de estudo. A interpretação e análise dos dados foram feitas pela identificação das principais feições costeiras através do ortofotomosaico e outras imagens de satélite, que permitiu representar cartograficamente as barreiras arenosas, praias, lagoas, áreas urbanizadas, entre outros elementos presentes na área de estudo.

## Topografia

Os dados de topografia foram processados no *software Grapher 7* (Figura 29). Com este *software* foram confeccionados os perfis topográficos da planície costeira para a caracterização das feições geomorfológicas. Os dados de perfis de praia, também processados no *software Grapher 7*, permitiram a compreensão da variabilidade morfológica e da largura da praia por meio da sobreposição dos dados ao longo dos 6 anos de monitoramento (Figura 29). Com base nas amplitudes das variações morfológicas e de largura observadas no arco praiial de Jaconé-Saquarema foi adotada a seguinte classificação quanto à dinâmica: alta, moderada a alta, moderada e baixa. Essa classificação foi estabelecida com base nos dados adquiridos neste estudo e a partir de contribuições realizadas por Silva et al. (2008a), Silva et al. 2014 e Eccard et al. (2017), aplicado especificamente em praias voltadas diretamente para o oceano.

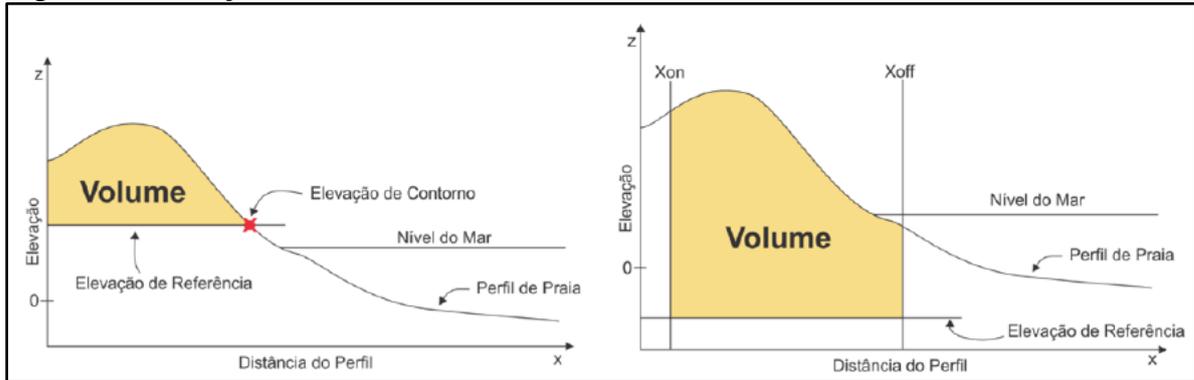
Figura 29 - Processamento dos dados de topografia de praia no *software Grapher 7*



Fonte: A autora, 2018.

A partir dos dados de topografia praiial, foi possível calcular o volume emerso dos sedimentos (Figura 30), com base em Birkemeier (1984), que aponta a quantidade total do pacote sedimentar da praia, assim como a relativa de ganho ou perda de materiais ao longo do tempo de monitoramento. Este cálculo foi realizado através dos dados de altimetria e distância horizontal do perfil, estabelecendo o valor da cota inicial e cota final, sendo este último definido como cota 0 em relação ao nível do mar (BIRKEMEIER, 1984).

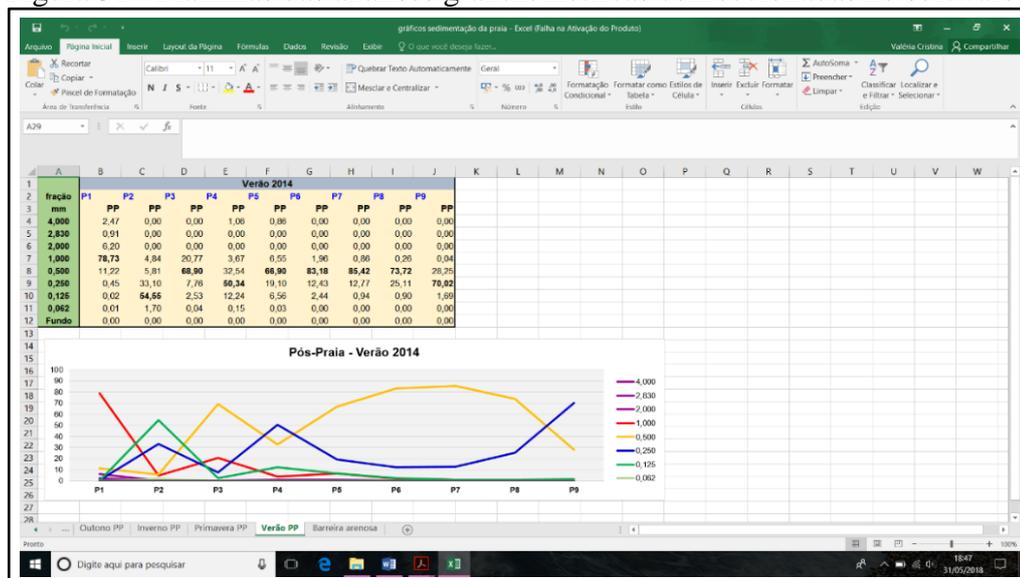
Figura 30 - Esboço do cálculo do volume emerso de sedimentos



Fonte: OLIVEIRA FILHO, 2016 (no prelo), adaptado de CETN, 1995.

### Granulometria e morfoscopia

Os dados de granulometria foram organizados em planilhas no *software Microsoft Excel* (Figura 31) para a confecção dos gráficos, que permitiu a observação das diferentes frações de materiais encontrados nos diferentes pontos de monitoramento, voltados para a classificação da granulometria dos sedimentos e caracterizar o material predominante na planície costeira. Para a classificação do grau de selecionamento dos sedimentos dos ambientes costeiros foi utilizado o programa GRADISTAT 2007 (BLOTT E PYE, 2001), baseado em Folk e Ward (1957).

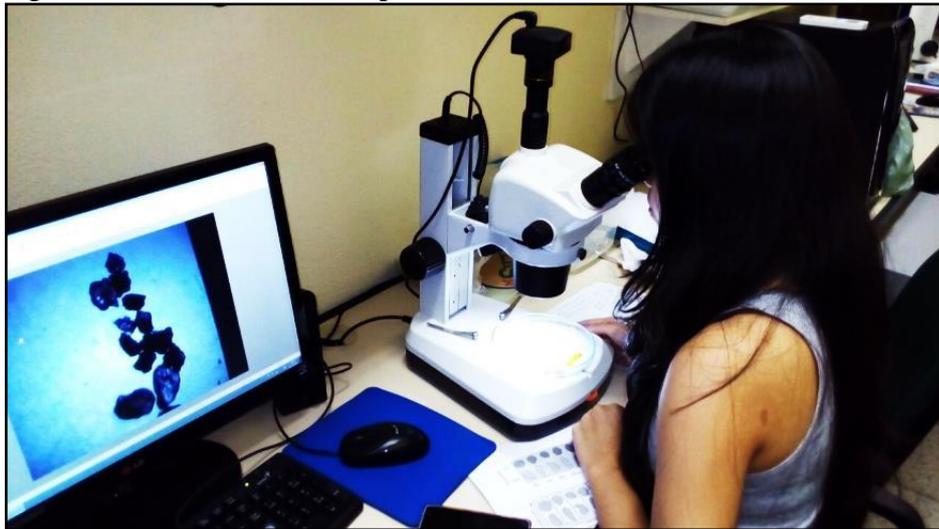
Figura 31 - Planilhas das análises granulométricas confeccionadas no *software Excel*

Fonte: A autora, 2018.

A análise morfoscópica dos sedimentos da planície costeira foi realizada no Laboratório de Dinâmicas da Natureza (LABDIN) da FFP-UERJ. Primeiramente, foi selecionada a fração granulométrica predominante de cada amostra dos ambientes presentes

na planície costeira. Para este procedimento foi utilizada uma lupa binocular com iluminação por reflexão que possibilitou a classificação dos 100 grãos de areia quartzosa na placa de *Petri* quanto ao grau de arredondamento e esfericidade, proposto por Folk (1980) e Tucker (2003). Com o auxílio do software *ToupView* foi possível visualizar as características dos sedimentos e capturar as imagens em detalhe para a classificação morfométrica das amostras (Figura 32).

Figura 32 - Análise morfoscópica dos sedimentos no LABDIN



Fonte: SILVA, 2016.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo se destina à apresentação e discussão dos resultados alcançados neste estudo. Os resultados serão apresentados com base nos seguintes aspectos: (1) morfologia e sedimentação da planície costeira de Jaconé-Squarema; (2) caracterização dos processos costeiros por ocasião dos monitoramentos; (3) variabilidade topográfica do arco praial nos últimos 6 anos (entre a primavera de 2012 e o verão de 2018); (4) textura (granulometria e arredondamento) dos sedimentos superficiais das praias estudadas e a influência dos *beachrocks* na distribuição dos sedimentos no arco praial; e (5) a vulnerabilidade do litoral de Jaconé-Squarema.

#### 3.1 Morfologia e sedimentação da planície costeira de Jaconé-Squarema

A caracterização geomorfológica da planície costeira de Jaconé-Squarema (Figura 33) por meio de levantamentos topográficos possibilitou o registro em detalhe da morfologia apresentada pelas barreiras arenosas deste litoral (Figuras 34 e 35). A geomorfologia da planície costeira de Jaconé-Squarema é caracterizada por duas extensas formações arenosas, com lagoas a retaguarda e costões rochosos localizados nas extremidades deste arco praial. Trata-se de uma área bastante modificada pela introdução de estruturas urbanas e inúmeras construções nas áreas correspondentes as barreiras e margem das lagunas (Figuras 34 e 35). Essas alterações decorrentes da urbanização são também observadas nos litorais adjacentes à área de estudo, devido ao rápido e desordenado crescimento urbano que vem ocorrendo em alguns bairros de Maricá, como Itaipuaçu, Barra de Maricá, Guaratiba, Cordeirinho e Ponta Negra, conforme Silva et al. (2008b), Ferreira (2015) e Silva (2015); em Squarema (FARIA, 2014) e Araruama (FIGUEIREDO, 2016; MARTINS, 2017).

A barreira arenosa externa (holocênica, figura 34), formada na última transgressão holocênica (TURCQ et al., 1999), apresenta uma morfologia bastante irregular (Figura 34B), quando comparada à barreira mais interna (pleistocênica, figura 34G). A barreira holocênica possui uma altura em torno de 5 a 6 metros em relação ao nível médio do mar nos setores oeste e central da área de estudo (perfis 1 e 2 da planície costeira – Figura 35). No setor leste da planície costeira (Figura 35), a elevada concentração de construções e as modificações nas

áreas das barreiras inviabilizou a aquisição de dados de topografia, pois este trecho costeiro não apresenta mais a geomorfologia característica deste tipo de ambiente. A barreira holocênica apresenta uma largura variando entre a mínima de 90 metros (perfil 4) e a máxima de 100 metros (perfil 2), com relevo relativamente aplainado devido as alterações na morfologia em decorrência da construção de residências e estradas (Figuras 34 e 35). Muehe (1975), com base em perfis topográficos transversais à barreira holocênica, identificou uma altura de 7,6 metros em relação ao nível médio do mar; contrastando com a altura verificada neste estudo (5-6 metros). Essa diferença, aponta para uma redução de cerca de 1,5 m na altura desta barreira nos últimos 40 anos, provavelmente em função das intervenções feitas para viabilizar a expansão imobiliária na região. É importante ressaltar, que a diminuição da altura dessas barreiras tende a tornar essas áreas mais vulneráveis aos processos de transposição de ondas durante as tempestades de maior magnitude.

Figura 33 - Ambientes costeiros de Jaconé (a oeste) e Saquarema (a leste), respectivamente



Fonte: (A) Desireé Guichard, 2009; (B) Disponível em: <<http://www.saquarema.rj.gov.br/>>.

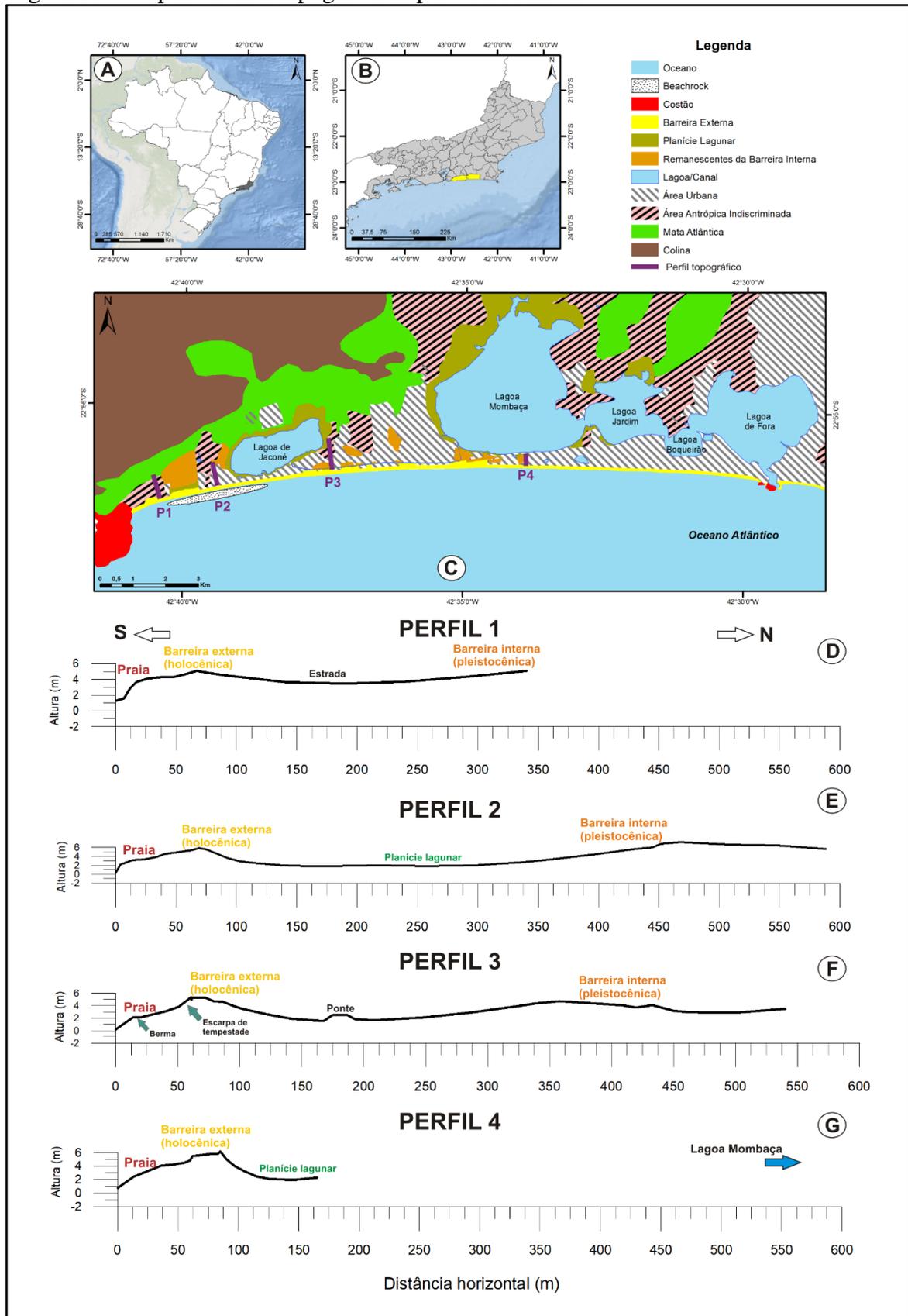
Figura 34 - Feições geomorfológicas da planície costeira



Legenda: (A) praia e subambientes; (B) crista da barreira holocênica próximo a Av. Litorânea em Saquarema; (C) vegetação de restinga no setor oeste da planície costeira; (D) canal que interliga as lagoas de Jaconé e Mombaça; (E) lagoa e serra de Jaconé; (F, G, H) rebaixamento da barreira pleistocênica em decorrência do avanço da urbanização na planície costeira.

Fonte: SILVA, 2018.

Figura 35 - Mapeamento e topografia da planície costeira



Legenda: (A e B) Localização da área de estudo. (C) Mapeamento da planície costeira. (D a G) Perfis topográficos da planície costeira.

Fonte: A autora, 2018.

Uma escarpa de tempestade aparece bem definida sobre a praia (Figuras 34A e 35F). Essa morfologia típica representa a área de alcance máximo das ondas de tempestades formadas por ocasião das ressacas, demarcando o limite interno da praia neste litoral, conforme observado anteriormente por Pinto et al. (2015) em Jaconé. Essa feição costeira aparece geralmente associada a bermas, que aparecem no pós-praia (perfis 2 e 3 – Figuras 34A e 35). Essa feição representa a fase de reconstrução da praia após a ocorrência de ressacas, conforme Eccard et al. (2017).

Depósitos de leques de arrombamento aparecem na porção oeste da área de estudo, estendendo-se por cerca de 3 km (Figura 35). Esses depósitos evidenciam processos de transposição da barreira por grandes ondas de tempestades (Figuras 6C e 9C). No arco praiial Jaconé-Saquarema esses depósitos são discretos e nem sempre tão evidentes, devido ao elevado número de construções em meio aos depósitos de leques de arrombamento (Figura 35). Leques de arrombamento foram estudados em Itaipuaçu por Silva et al. (2008b) e na APA de Maricá por Silva (2011), localizadas a oeste da área de estudo, e representam um registro da ocorrência de grandes tempestades neste litoral.

A planície lagunar corresponde a uma estreita depressão localizada entre as barreiras (perfis 1, 2 e 3 – Figuras 34B, D, G e 35) e entre a barreira holocênica e o sistema lagunar à retaguarda das barreiras (perfil 4 – Figuras 34E e 35). Trata-se do compartimento menos elevado da planície costeira (Figuras 34G; 35D a G) e possui uma altura média de cerca de 1,5 metros em relação ao nível médio do mar, com uma largura média em torno de 155 metros entre as duas barreiras arenosas (Figuras 35D a G). Tal como nas áreas das barreiras, a depressão lagunar tem sido bastante alterada pela ocupação e expansão imobiliária na região.

A barreira arenosa interna, considerada por Turcq et al. (1999) como tendo sido formada no Pleistoceno, apresenta uma topografia mais suave em comparação com a barreira holocênica (Figuras 34C, F, G e H). A superfície desta barreira se encontra em grande parte coberta pelo asfalto das ruas e estradas de terra, construídas para viabilizar a expansão imobiliária que avança sobre a planície costeira (Figura 34F, G e H), principalmente em direção a leste da área de estudo (Figura 35). A altura da barreira pleistocênica varia de um setor para outro, registrando variações entre o mínimo de 4,5 metros em relação ao nível médio do mar na área do perfil 3; e 7 metros na área do perfil 2, localizado na porção oeste da área de estudo (Figuras 35). A largura da barreira pleistocênica varia consideravelmente, sendo mais estreita na área do perfil 4, com cerca de 75 metros; e mais larga na área do perfil 3, chegando a medir 190 metros, ou seja, mais que o dobro da largura observada na barreira holocênica neste mesmo trecho do litoral (Figuras 35). Entre os perfis 1 e 3, a barreira interna

encontra-se localizada logo após uma depressão topográfica, que desaparece na direção da barreira holocênica (Figuras 35). Essa morfologia é indicativa de uma antiga planície lagunar. Na crista desta barreira, identificou-se uma área bastante alterada (aplainada) para viabilizar a construção de casas de condomínio e asfalto, por meio da remoção da cobertura vegetal e rebaixamento de cerca de 3 metros da superfície deste ambiente (Figura 34F).

A geomorfologia da planície costeira de Jaconé-Squarema apresenta, de modo geral, uma descaracterização das feições geomorfológicas costeiras originais, como resultado do intenso crescimento urbano da região. A barreira arenosa pleistocênica e as áreas de planície lagunar são as mais diretamente afetadas por essas mudanças, restando apenas poucas áreas onde ainda é possível observar a geomorfologia típica dessa paisagem litorânea (Figura 35).

As barreiras arenosas na planície costeira de Jaconé-Squarema são cobertas predominantemente por areias quartzosas muito grossa (1,00 mm) e grossa (0,500mm) (Figura 36; Tabela 3). Apesar da pouca quantidade de amostras analisadas devido a descaracterização da planície costeira, foi possível constatar uma distribuição granulométrica bastante homogênea (Tabela 3; Figura 36C). Sedimentos nas frações areia média e fina não ultrapassaram 5% do total do material analisado, indicando, portanto, amostras moderadamente bem selecionadas (Figura 36C; Tabela 4) (FOLK E WARD, 1957). Este mesmo padrão foi observado primeiramente por Muehe (1975) em Jaconé e Itaúna. A textura fosca identificada nas areias aponta para a importância dos processos eólicos na dinâmica sedimentar das barreiras. Este padrão sedimentar é semelhante ao que foi detectado por Muehe (1975), Muehe e Carvalho (1989) entre Itaipuaçu e Massambaba; e por Silvestre (2013) e Silva et al. (2014a) na APA de Maricá; com a distribuição granulométrica bastante homogênea de sedimentos nas frações areia muito grossa a média, moderadamente bem selecionadas.

Tabela 3 - Resultados das análises de sedimentos coletados na planície costeira de Jaconé-Squarema

Perfis	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria predominante
		AMG	AG	AM	AF	AMF	
Perfil 1A	<b>42,50</b>	38,90	14,70	3,80	0,10	0	Cascalho
Perfil 2A	23,30	<b>50,70</b>	21,30	4,50	0,20	0	Areia muito grossa
Perfil 4A	38,60	<b>50,20</b>	11,00	0,20	0	0	Areia muito grossa
Perfil 5A	18,70	<b>55,40</b>	24,80	1,10	0	0	Areia muito grossa
Perfil 6A	7,80	37,10	<b>49,30</b>	5,70	0,10	0	Areia grossa
Perfil 6B	6,40	<b>54,60</b>	38,60	0,60	0,00	0	Areia muito grossa

Fonte: A autora, 2018.

Apesar da granulometria bastante homogênea observada nas barreiras localizadas na área de estudo, há uma diferença expressiva na cor dos sedimentos: as areias da barreira holocênica apresentam cor amarelo claro, contrastando com as areias esbranquiçadas facilmente observadas nas áreas remanescentes da barreira pleistocênica (Figura 34C a H). Essa mesma característica foi destacada por Silva et al. (2014a) para as barreiras localizadas na APA de Maricá. A coloração esbranquiçada das areias da barreira mais antiga (Figura 34C a H) é apontada por Lamego (1940) como sendo o resultado da ação da chuva sobre esses materiais, que tende a remover a fina camada de óxido de ferro presente nos grãos de areia, e dessa forma, quanto maior o tempo de exposição, mais branca será a areia. Amostras coletadas próximo as lagoas de Jaconé e Mombaça e ao canal (perfis 4A e 6B) apresentaram coloração mais escura (variando entre cinza e marrom escuro), devido ao contato da mesma com matéria orgânica.

O grau de arredondamento dos sedimentos variou entre arredondado a subangular, com baixo e alto grau de esfericidade (Figura 36C; Tabela 4). A retenção de materiais provenientes dos sistemas fluviais pelas barreiras arenosas, como ressaltado por Muehe e Carvalho (1989), pode estar contribuindo com sedimentos menos retrabalhados (angulares) para o litoral estudado, assim como a proximidade do embasamento cristalino com a barreira arenosa.

Tabela 4 - Dados de morfoscopia da planície costeira de Jaconé-Saquarema

Perfil	Ambiente	Fração (mm)	Grau de Esfericidade	Grau de arredondamento (%)	Grau de seleção	Composição
Perfil 1A	Barreira arenosa	1,00	Alto	Arredondado (42%)	Moderadamente selecionada	Areia quartzosa
Perfil 2A	Barreira arenosa	1,00	Baixo	Subangular (59%)	Moderadamente selecionada	Areia quartzosa com óxido de ferro
Perfil 4A	Barreira arenosa	1,00	Baixo	Subangular (49%)	Moderadamente bem selecionada	Areia quartzosa
Perfil 5A	Barreira arenosa	1,00	Baixo	Subangular (47%)	Moderadamente bem selecionada	Areia quartzosa
Perfil 6A	Barreira arenosa	0,500	Baixo	Subangular (40%)	Moderadamente bem selecionada	Areia quartzosa
Perfil 6B	Barreira arenosa	0,500	Baixo	Subangular (64%)	Moderadamente bem selecionada	Areia quartzosa

Fonte: A autora, 2018.

Por outro lado, a sedimentação proveniente da plataforma continental interna é apontada como sendo a mais importante fonte de fornecimento de materiais para este trecho do litoral (OLIVEIRA E MUEHE, 2013). Macario et al. (2018) ressaltam que durante o Holoceno



### 3.2 Processos costeiros no litoral de Jaconé-Saquarema

As medições e observações das condições de mar no litoral de Jaconé-Saquarema permitiram observar diversos aspectos relacionados à interação dos processos costeiros com o ambiente estudado. Neste sentido, foram caracterizadas: a direção de incidência das ondas, o período, altura e forma de arrebentação das ondas, a ocorrência de correntes costeiras (deriva litorânea e retorno). Os dados destes parâmetros se encontram na tabela 5.

O arco praial de Jaconé-Saquarema é influenciado pela ação predominante das ondas e correntes costeiras. A maré influencia de forma secundária, com oscilações verticais de no máximo 1,4 metro, típica de ambiente de micromaré. Este trecho do litoral está exposto a incidência direta das ondas oceânicas, que se aproximam do litoral vindas predominantemente de sul e sudeste, associadas às condições de tempo bom e que ocorrem durante o ano inteiro (Figura 37A). As ondas de tempestade, de maior energia, incidem de sul e, principalmente, de sudoeste (Figura 37B) e são mais frequentes no inverno, podendo aparecer o ano inteiro neste litoral devido à ocorrência de ressacas (Figura 39). Este evento ocorre pela elevação da maré astronômica e/ou meteorológica, com amplitude de ondas além do normal. O aumento da amplitude das ondas está associado com a atuação de frentes frias e ciclones extratropicais, mais comum durante o outono e inverno (BITENCOURT et al., 2002; LINS-DE-BARROS, 2017). O padrão de incidência de ondas resulta da interação com a linha de costa, orientada no sentido leste-oeste, que corresponde ao alinhamento dos cordões litorâneos (LINS-DE-BARROS E MUEHE, 2010).

Quanto a forma de arrebentação das ondas incidentes na praia de Jaconé e Saquarema durante os monitoramentos, predominaram as do tipo mergulhante (*plunging*), com a formação de grandes tubos que quebravam geralmente próximo à costa; seguida de derramante (*spilling*), quando as ondas quebram progressivamente (Figura 38). A arrebentação do tipo mergulhante ocorre sob a influência da elevada declividade apresentada pelo fundo marinho; a do tipo derramante ocorre associada a presença de uma ampla zona de surf (DAVIS E FITZGERALD, 2004). Houve poucos registros de arrebentação do tipo ascendente (*surging*), caracterizada pelo gradiente acentuado e pela projeção das ondas sobre a praia sem que necessariamente ocorra uma quebra característica (DAVIS E FITZGERALD, 2004), concentrada principalmente nos extremos oeste e leste do arco praial de Jaconé-Saquarema (perfis 1 e 9, respectivamente).

A altura das ondas na arrebentação mostrou variações significativas ao longo das estações do ano. Durante condições de tempo bom (mar calmo a moderado), a altura média das ondas correspondeu a mínima de 0,29 metros na primavera de 2012 (centro-oeste do arco praial - perfil 3) e a máxima de 0,98 metros na primavera de 2013 (oeste do arco praial – perfil 2) (PINTO, 2015). O período das ondas medido durante os monitoramentos de campo variou entre 7,25 segundos no inverno de 2014 e 12,86 segundos no verão de 2014 (PINTO, 2015) (Figura 37A; Tabela 5). Porém, sob condições de tempestade (mar agitado a muito agitado), a altura média das ondas alcançou o mínimo de 2 metros no inverno de 2016 (centro-oeste do arco praial - perfil 3) e a máxima em torno de 4-5 metros durante a ressaca ocorrida no mês de agosto de 2017. O período médio dessas ondas oscilou entre 7,79 segundos no inverno de 2014 (PINTO, 2015) e 15,11 segundos no verão de 2016 (Figura 37B; Tabela 5).

Figura 37 - Condições do mar em Jaconé-Squarema



Legenda: (A) Condições de tempo bom, com ondas incidentes de Sudeste em Jaconé.  
(B) Condições de tempestade, com ondas incidentes de Sul em Squarema.  
Fonte: (A) SILVA, 2016 e (B) a autora, 2017.

Tabela 5 - Dados relativos às condições de mar observadas nos trabalhos de campo na praia de Jaconé-Saquarema

Perfil 1 - Extremo oeste do arco praial						
Data de Campo	Condições de Mar	Direção de Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Primavera 2012	Calmo	Sudeste e Sul	0.44 m	*	Surging e Spilling	Nula
Verão 2013	Moderado	Sul e Sudeste	0.73 m	10.52 s	Spilling e Surging	Corrente de retorno
Outono 2013	Moderado/Agitado	Sul e Sudeste	1.40 m	13.90 s	Spilling, Surging e Plunging	Corrente de retorno
Inverno 2013	Calmo	Sudeste	0.91 m	10.63 s	Plunging, Spilling e Surging	Nula
Primavera 2013	Calmo	Sul	0.48 m	11.96 s	Plunging, Spilling e Surging	Corrente de retorno
Verão 2014	Calmo/Moderado	Sul	0.68 m	12.45 s	Spilling	Corrente de retorno
Outono 2014	Calmo/Moderado	Sul e Sudoeste	0.93 m	11.27 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste
Inverno 2014	Moderado	Sul e Sudoeste	0.54 m	7.25 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste	0.65 m	11.11 s	Surging e Plunging	Corrente de retorno
Verão 2015	Agitado	Sul	2.18 m	9.72 s	Plunging e Surging	Corrente de retorno
Inverno 2015	Agitado	Sudeste e Sul	1.46 m	10.68 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste e corrente de retorno
Verão 2016	Moderado a agitado	Sul	1.46 m	15.11 s	Spilling	Deriva para Oeste e corrente de retorno
Inverno 2016	Agitado	Sul	2.00 m	10.31 s	Spilling	Corrente de retorno
Verão 2017	Moderado	Sudeste	0.96 s	11.33 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno
Inverno 2017	Agitado	Sul	2.85 m	10.65 s	Plunging, Spilling e Surging	Corrente de retorno
Ressaca 2017	Muito Agitado	Sudeste	4.00 m a 5.00 m	*	Spilling e Plunging	Forte Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.94 m	11.65 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste
Perfil 2 - Oeste do arco praial						
Data de Campo	Condições de Mar	Direção de Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Primavera 2012	Calmo	Sudeste	0.53 m	*	Spilling	Nula
Verão 2013	Moderado/Calmo	Sul e Sudeste	*	11.22 s	Plunging e Spilling	Nula
Outono 2013	Moderado	Sul	1.19 m	12.48 s	Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2013	Calmo/Moderado	Sudeste e Sul	0.66 m	11.07 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Primavera 2013	Moderado	Sul	0.98 m	12.02 s	Spilling	Nula
Verão 2014	Calmo	Sul	0.63 m	12.86 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno
Outono 2014	Moderado/Calmo	Sul	0.85 m	11.51 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2014	Moderado	Sul e Sudoeste	0.53 m	8.93 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste e Sul	0.67 m	12.23 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Verão 2015	Agitado	Sul	2.50 m	12.21 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2015	Agitado	Sudeste e Sul	1.68 m	9.44 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2016	Moderado/Agitado	Sul e Sudeste	1.55 m	13.70 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2016	Agitado	Sul	2.90 m	10.79 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2017	Calmo/Moderado	Sul	0.91 m	10.35 s	Spilling e Plunging	Nula
Inverno 2017	Agitado	Sul	2.98 m	10.91 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.78 m	10.75 s	Spilling	Corrente de retorno
Perfil 3 - Oeste do arco praial						
Data de Campo	Condições de Mar	Direção de Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Primavera 2012	Calmo	Sudeste	0.29 m	*	Spilling e Surging	Nula
Verão 2013	Agitado	Sudeste	1.21 m	12.04 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Outono 2013	Moderado/Agitado	Sul	1.29 m	10.14 s	Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2013	Calmo/Moderado	Sudeste e Sul	0.65 m	10.22 s	Spilling e Plunging	Nula
Primavera 2013	Moderado	Sul	0.91 m	13.74 s	Spilling e Surging	Corrente de retorno
Verão 2014	Calmo/Moderado	Sul e Sudeste	0.44 m	11.64 s	Spilling, Plunging e Surging	Corrente de retorno
Outono 2014	Moderado/Calmo	Sul e Sudeste	0.73 m	13.29 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2014	Moderado	Sul e Sudoeste	0.68 m	8.85 s	Spilling e Plunging	Nula
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste	0.54 m	11.92 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Verão 2015	Agitado	Sul	2.12 m	11.71 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2015	Agitado	Sudeste e Sul	1.78 m	10.66 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2016	Agitado/Moderado	Sul e Sudeste	1.00 m	13.35 s	Plunging	Corrente de retorno
Inverno 2016	Agitado	Sul	2.00 m	10.36 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2017	Moderado	Sul	1.06 m	11.40 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Inverno 2017	Agitado	Sul	2.65 m	10.10 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.66 m	10.13 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste

\*Os dados não foram coletados.

Legenda: As marcações em azul e vermelho indicam os extremos correspondentes ao mínimo e máximo observado, respectivamente.

Fonte: A autora, 2018.

Tabela 6 - Dados relativos às condições de mar observadas nos trabalhos de campo na praia de Jaconé-Saquarema

Perfil 4 - Centro-oeste do arco praial						
Data de Campo	Condições de Mar	Direção de Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Primavera 2012	Calmo	Sudoeste e Sul	0.90 m	*	Spilling e Plunging	Nula
Verão 2013	Agitado	Sudeste	1.30 m	12.19 s	Plunging e Surging	Deriva para Oeste
Outono 2013	Agitado/Moderado	Sul	1.01 m	14.25 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno
Inverno 2013	Calmo/Moderado	Sudeste	0.62 m	10.22 s	*	Deriva para oeste
Primavera 2013	Moderado	Sul	0.91 m	11.82 s	Plunging e Surging	Corrente de retorno
Verão 2014	Calmo/Moderado	Sul e Sudeste	0.44 m	11.64 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Outono 2014	Calmo/Moderado	Sul	0.77 m	10.90 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2014	Moderado	Sudoeste	0.60 m	8.79 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste	0.92 m	9.72 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno
Verão 2015	Agitado	Sul e Sudeste	1.40 m	11.99 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Inverno 2015	Agitado	Sudeste	1.30 m	9.92 s	Spilling	Corrente de retorno
Verão 2016	Agitado	Sul e Sudeste	1.81 m	13.35 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Inverno 2016	Agitado	Sul	1.70 m	9.86 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Verão 2017	Moderado	Sudeste	1.12 m	11.25 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste
Inverno 2017	Agitado	Sul	3.37 m	9.86 s	Plunging, Spilling e Surging	Nula
Ressaca 2017	Muito Agitado	Sudeste	4.00 m a 5.00 m	*	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.63 m	11.75 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Perfil 5 - Meio do arco praial						
Data de Campo	Condições de Mar	Direção de Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Primavera 2012	Calmo	Sudoeste e Sul	0.56 m	*	Spilling e Plunging	Nula
Verão 2013	Agitado	Sudeste	1.11 m	12.56 s	Plunging e Surging	Deriva para Oeste
Outono 2013	Moderado/Agitado	Sul	1.01 m	14.25 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno
Inverno 2013	Calmo	Sudeste	0.57 m	9.52 s	Plunging e Spilling	Nula
Primavera 2013	Moderado	Sul	0.60 m	11.59 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Verão 2014	Calmo/Moderado	Sul	0.51 m	12.64 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno
Outono 2014	Moderado	Sul e Sudoeste	0.67 m	11.44 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Inverno 2014	Moderado	Sul e Sudoeste	0.57 m	8.98 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste	0.70 m	10.64 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Verão 2015	Agitado	Sul	2.11 m	11.31 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Inverno 2015	Agitado	Sudeste e Sul	1.42 m	10.74 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Verão 2016	Agitado	Sul e Sudeste	1.49 m	13.45 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2016	Agitado	Sul e Sudeste	2.20 m	11.14 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Verão 2017	Moderado	Sudeste	1.16 m	10.81 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste
Inverno 2017	Agitado	Sul	2.51 m	9.98 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.67 m	9.71 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Perfil 6 - Centro do arco praial						
Data do campo	Condições do Mar	Direção das Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes costeiras
Outono 2013	Agitado	Sul	1.96 m	12.50 s	Plunging e Spilling	Nula
Inverno 2013	Calmo	Sudeste	0.82 m	10.20 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste
Primavera 2013	Calmo	Sudeste e Sul	0.56 m	12.69 s	Spilling e Plunging	Nula
Verão 2014	Moderado	Sul e Sudeste	0.81 m	12.05 s	Plunging	Nula
Outono 2014	Moderado	Sudoeste e Sul	*	11.94 s	Spilling e Plunging	Nula
Inverno 2014	Moderado a Agitado	Sul	0.51 m	8.82 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste	1.13 m	11.41 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Inverno 2015	Agitado	Sudeste	1.24 m	12.02 s	Plunging	Deriva para Oeste
Verão 2016	Agitado	Sudeste e Sul	1.85 m	13.78 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Inverno 2016	Agitado	Sul	2.10 m	10.50 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Verão 2017	Moderado	Sudeste	1.03 m	10.64 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste
Inverno 2017	Agitado	Sul	2.95 m	9.93 s	Plunging, Spilling e Surging	Nula
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.58 m	9.26 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste

\*Os dados não foram coletados.

Legenda: As marcações em azul e vermelho indicam os extremos correspondentes ao mínimo e máximo observado, respectivamente.

Fonte: a autora, 2018.

Tabela 7 - Dados relativos às condições de mar observadas nos trabalhos de campo na praia de Jaconé-Saquarema

Perfil 7 - Centro-leste do arco praial						
Data do campo	Condições do Mar	Direção das Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Outono 2013	Agitado	Sul	1.14 m	10.90 s	Plunging	Nula
Inverno 2013	Calmo	Sudeste	0.51 m	10.22 s	Spilling e Plunging	Deriva para Oeste
Primavera 2013	Moderado	Sul	0.79 m	12.70 s	Plunging	Nula
Verão 2014	Calmo	Sul	0.62 m	12.33 s	Plunging e Spilling	Nula
Outono 2014	Moderado/Agitado	Sudoeste e Sul	1.04 m	9.74 s	Spilling e Plunging	Deriva para Leste
Inverno 2014	Agitado	Sul	0.55 m	7.79 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste	1.31 m	10.76 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Inverno 2015	Agitado	Sudeste	1.10 m	13.00 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Verão 2016	Agitado	Sudeste	1.71 m	11.49 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Inverno 2016	Agitado	Sul	2.10 m	10.19 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Verão 2017	Moderado a Agitado	Sudeste	1.04 m	10.79 s	Spilling e Plunging	Nula
Inverno 2017	Agitado	Sul	3.10 m	10.61 s	Plunging e Spilling	Nula
Ressaca 2017	Muito Agitado	Sudeste	4.00 m a 5.00 m	*	Plunging e Spilling	Forte Deriva para Oeste
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.55 m	11.12 s	Plunging, surging e Spilling	Deriva para Oeste
Perfil 8 - Leste do arco praial						
Data do campo	Condições do Mar	Direção das Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Outono 2013	Agitado	Sul	1.65 m	12.70 s	Plunging e Spilling	Nula
Inverno 2013	Calmo	Sudeste	0.56 m	9.61 s	Plunging	Deriva para Oeste
Primavera 2013	Moderado	Sul	0.63 m	12.97 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2014	Calmo	Sul	0.60 m	12.10 s	Spilling e Plunging	Nula
Outono 2014	Moderado	Sul e Sudoeste	1.00 m	11.24 s	Spilling e Plunging	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Inverno 2014	Moderado	Sul e Sudoeste	0.67 m	8.73 s	Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Primavera 2014	Agitado	Sudoeste	1.00 m	10.93 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Inverno 2015	Moderado a Agitado	Sudeste	1.43 m	10.94 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Oeste
Verão 2016	Moderado a Agitado	Sudeste	1.59 m	12.17 s	Plunging	Deriva para Oeste
Inverno 2016	Agitado	Sul	2.30 m	11.17 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2017	Moderado	Sudeste	*	*	Spilling	Deriva para Oeste
Inverno 2017	Agitado	Sul	2.96 m	10.00 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.42 m	8.97 s	Surging	Corrente de retorno
Perfil 9 - Extremo leste do arco praial						
Data do campo	Condições do mar	Direção das Ondas	Altura das Ondas	Período das Ondas	Arrebentação	Correntes Costeiras
Outono 2013	Agitado	Sul	1.31 m	11.10 s	Plunging e Spilling	Nula
Inverno 2013	Calmo	Sudeste	0.60 m	10.16 s	Plunging e Spilling	Nula
Primavera 2013	Calmo	Sul	0.54 m	12.5 s	Spilling	Nula
Verão 2014	Moderado	Sul e Sudeste	0.90 m	12.18 s	Spilling e Surging	Deriva para Oeste
Outono 2014	Moderado	Sul	0.82 m	11.57 s	Plunging e Spilling	Nula
Inverno 2014	Agitado	Sul	0.58 m	11.24 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno e Deriva para Leste
Primavera 2014	Agitado	Sul e Sudoeste	1.20 m	8.55 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Inverno 2015	Agitado	Sul	0.90 m	13.54 s	Plunging e Spilling	Corrente de retorno
Verão 2016	Agitado	Sudeste e Sul	1.96 m	13.03 s	Spilling e Plunging	Nula
Inverno 2016	Agitado	Sul	2.70 m	10.62 s	Plunging e Spilling	Nula
Verão 2017	Calmo a Moderado	Sudeste	0.94 m	10.95 s	Spilling, Surging e Plunging	Nula
Inverno 2017	Agitado	Sul	3.14 m	9.96 s	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Ressaca 2017	Muito Agitado	Sudeste	4.00 m a 5.00 m	*	Plunging e Spilling	Deriva para Oeste
Verão 2018	Calmo	Sudeste	0.49 m	9.70 s	Surging e Plunging	Deriva para Oeste e Corrente de retorno

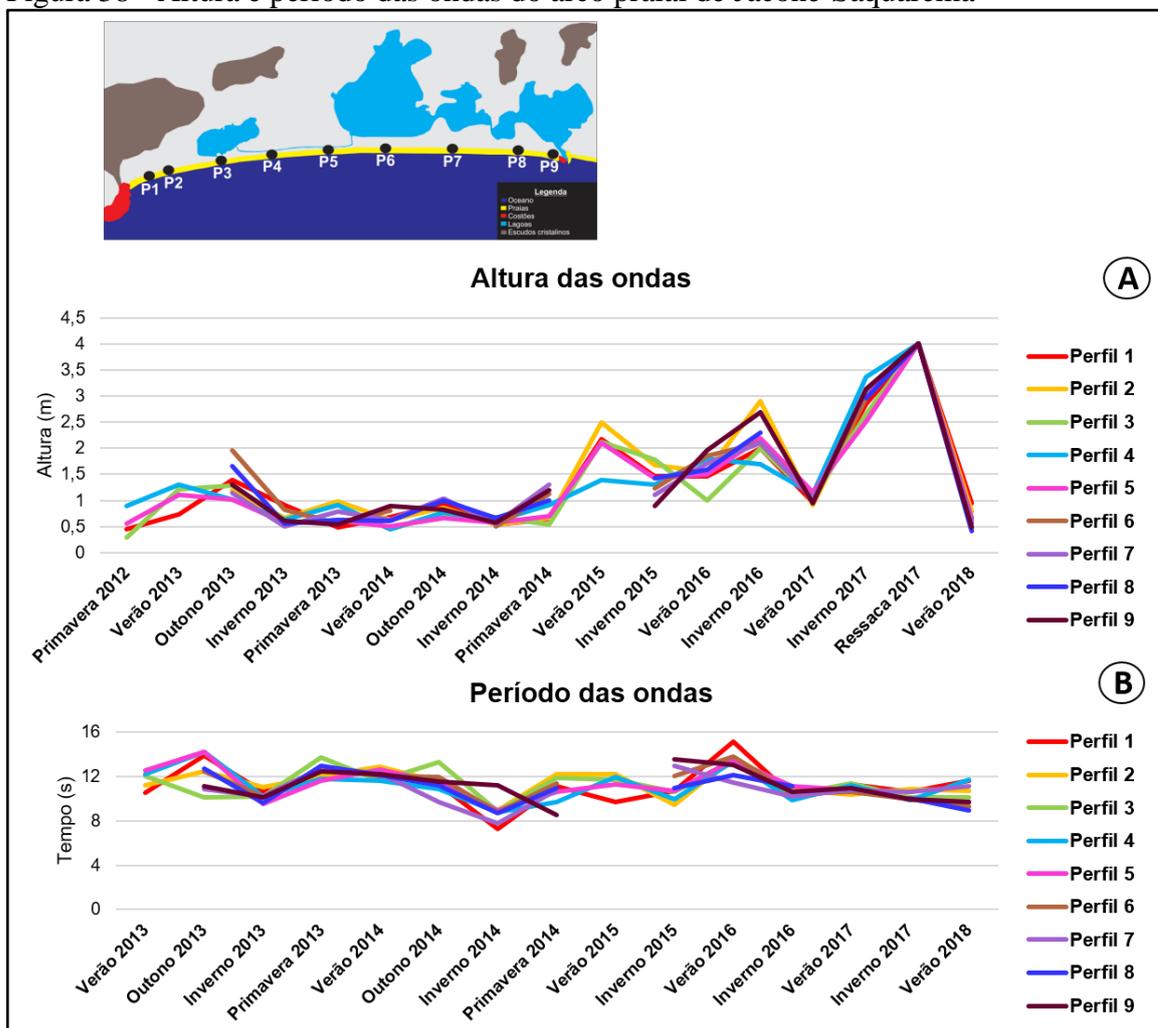
\*Os dados não foram coletados.

Legenda: As marcações em azul e vermelho indicam os extremos correspondentes ao mínimo e máximo observado, respectivamente.

Fonte: a autora, 2018.

Ao longo dos seis anos de monitoramento, percebe-se uma maior variabilidade na altura das ondas entre o verão de 2015 e de 2018 (Figura 38A); o período das ondas variou de forma significativa, principalmente no inverno de 2014 e verão de 2016 (Figura 38B). Os resultados mostram que os anos de 2012 a 2015 foram marcados por ressacas de menor expressão; contrastando com o período entre 2015 e 2018, marcado por um aumento na frequência e magnitude das ressacas e, conseqüentemente, com maior incidência de ondas de tempestade neste litoral (Figura 38).

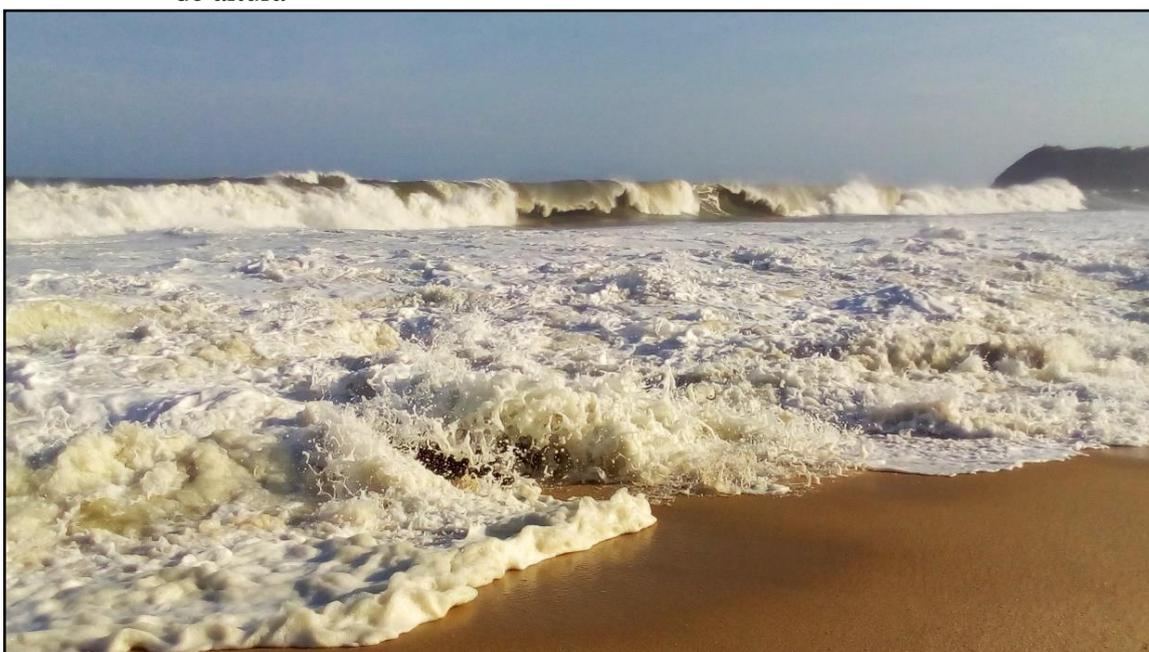
Figura 38 - Altura e período das ondas do arco praial de Jacocé-Saquarema



A ressaca registrada no dia 12 do mês de agosto de 2017 foi marcada por situações extremamente agitadas no litoral do Sudeste brasileiro. A mesma formou-se a partir da combinação de dois eventos excepcionais no Atlântico Sul. A combinação de ventos fortes provocados pelo ciclone extratropical e pelo anticiclone de origem polar causou ressacas violentas ao longo da costa Leste brasileira, atingindo principalmente o estado do Rio de

Janeiro (CLIMATEMPO, 2017). Ondas de 4 a 5 metros de altura arrebentaram ao longo da costa fluminense, causando grande mobilidade de sedimentos nas praias e *overwash* em alguns trechos do litoral estudado (Figura 39).

Figura 39 - Forte ressaca no litoral de Jaconé, com ondas medindo cerca de 4 metros de altura



Fonte: SILVA, 2017.

Correntes de retorno foram observadas durante os monitoramentos e são em geral mais proeminentes no extremo oeste da praia (área do perfil 1), como resultado da incidência de ondas de maior energia neste setor, do ângulo de incidência das ondas (com destaque para as ondas incidindo perpendicularmente à linha d'água) e da declividade mais acentuada da frente de praia (Figura 40). A corrente de deriva litorânea parece mais atuante a partir da porção centro-oeste (perfil 3) em direção ao extremo leste (perfil 9) do arco praial, sob condições de mar moderado a agitado. A direção preferencial da corrente de deriva litorânea é determinada pela direção de incidência das ondas, ocorrendo neste litoral predominantemente 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 (Tabela 5).

Este padrão de circulação costeira é semelhante ao que foi verificado em estudos anteriores desenvolvidos por Muehe (1979), Muehe e Corrêa (1989), Silva et al. (1999), Santos et al. (2004), Silva et al. (2008b), Lins-de-Barros e Muehe (2010), Oliveira e Muehe (2013), Faria (2014), Silva et al. (2014a), Pinto (2015), Lins-de-Barros (2017), entre outros.

Estes dados são importantes para a melhor compreensão do comportamento do arco praiial de Jaconé-Saquarema, frente às variações repentinas nas condições de mar e os efeitos destas no litoral.

Figura 40 - Correntes costeiras na área de estudo



Legenda: (A) Corrente de retorno no verão de 2016. (B) Corrente de deriva litorânea para oeste durante o verão de 2015.

Fonte: a autora, 2016 e 2015, respectivamente.

### 3.3 Variabilidade morfológica do arco praial

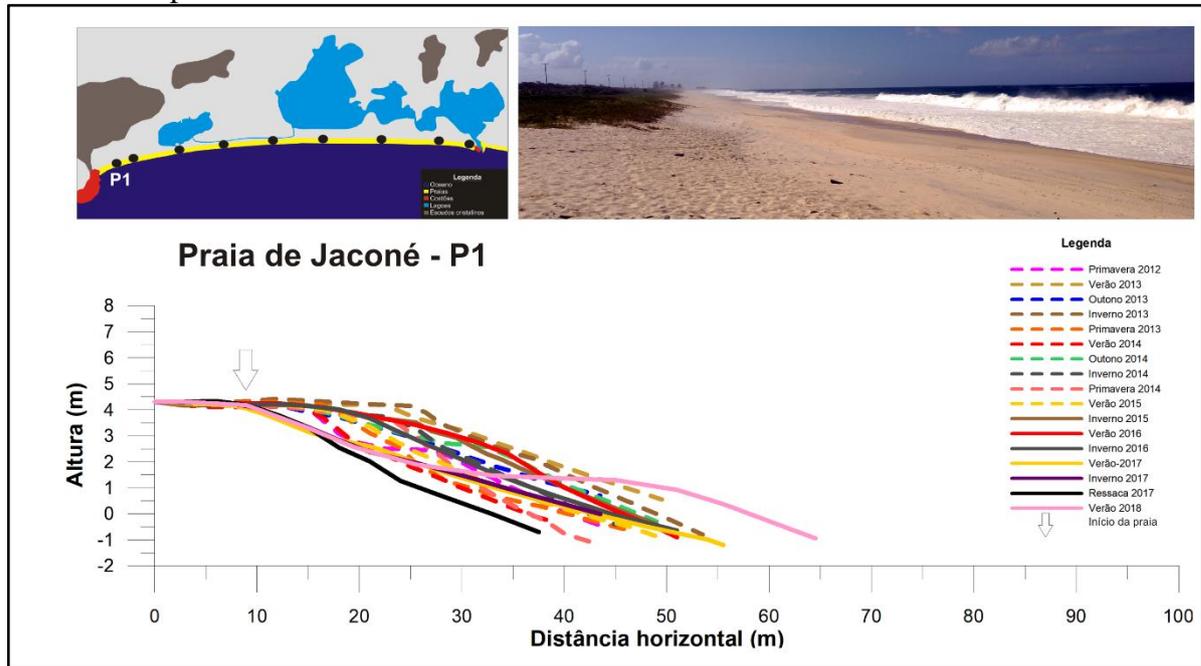
Neste tópico serão apresentados os perfis topográficos de praia adquiridos ao longo do desenvolvimento deste estudo, entre 2016 e 2018, integrados aos dados obtidos anteriormente por Faria (2014) e Pinto (2015). A sobreposição dos perfis topográficos permitiu observar a variabilidade na largura e na morfologia de cada setor da praia individualmente; da mesma forma, a análise espacial integrada dos nove setores monitorados ao longo do arco praial tornou possível o entendimento do comportamento do litoral estudado no decorrer de 6 anos, o que permitiu identificar as áreas mais vulneráveis às ondas de tempestade.

#### *Perfil 1 (Extremo oeste do arco praial)*

O perfil 1, próximo ao costão rochoso de Ponta Negra, está localizado no extremo oeste do arco praial, em uma das áreas mais preservadas do litoral de Jaconé, com poucas residências sobre a barreira arenosa. Neste setor (perfil 1), os dados adquiridos entre 2012 e 2018 mostram mudanças expressivas na morfologia da praia em resposta a elevada dinâmica das ondas incidentes (Figura 41). A largura da praia, diferentemente, exibiu variações mais discretas, variando 24 metros entre a mínima e a máxima (Figura 41), com a mínima de 31,5 metros na ressaca ocorrida em agosto de 2017 e a máxima de 55,5 metros no verão de 2017. Com largura média da faixa de areia emersa de apenas 41,5 metros, este é o trecho mais estreito ao longo de todo arco praial (Figura 41).

A frente de praia apresentou declividade média de  $5,3^\circ$ , resultante da ação intensa das ondas de tempestades, que alcançam o limite interno da praia em alguns momentos. O perfil da praia, com altura média de 4,5 metros, é caracterizado pela presença de bermas na área do pós-praia, geralmente estreitas, horizontais e/ou eventualmente inclinadas para o continente. Cúspides de praia rítmicas são comumente observados na zona de intermaré (Figura 42). O cálculo do volume emerso de sedimentos apresentou uma variação que sugere uma estabilidade durante os anos de monitoramento, com média total de  $129,57 \text{ m}^3/\text{m}$  (Figura 43). Porém, essa estabilidade é marcada por variações expressivas no volume de sedimentos, com a maior perda observada no verão de 2014 ( $56 \text{ m}^3/\text{m}$ ), ou seja, 36% do volume total, com o maior acréscimo no verão de 2018 ( $39 \text{ m}^3/\text{m}$ ), representando 45% (Figura 43).

Figura 41 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no extremo oeste do arco praial



Legenda: A linha tracejada (entre 2012 e 2015) representa os perfis adquiridos anteriormente a este estudo; a linha contínua (entre 2016 e 2018), dados adquiridos durante este estudo. Foto tirada no inverno de 2017.

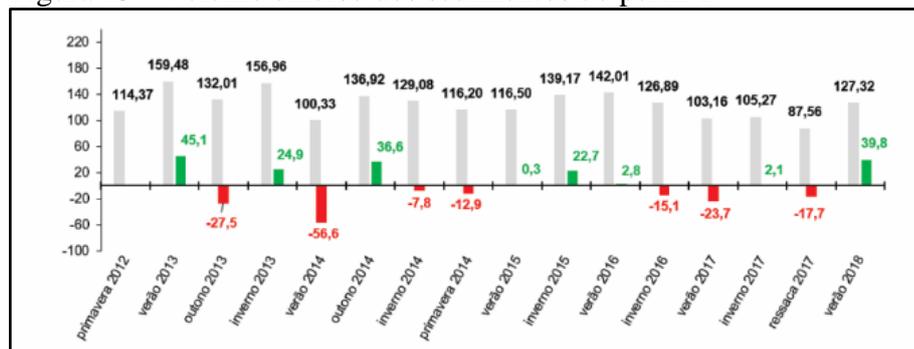
Fonte: A autora, 2018.

Figura 42 - Cúspides de praia no extremo oeste



Fonte: SILVA, 2012.

Figura 43 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 1



Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acrescimo.

Fonte: A autora, 2018.

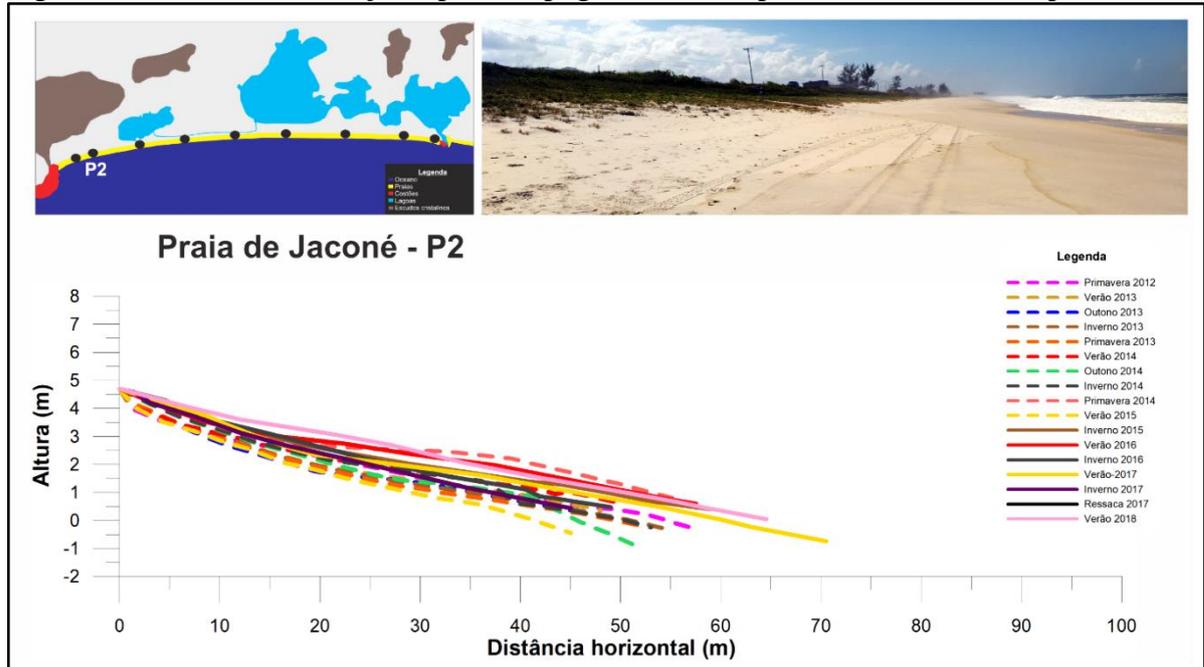
### ***Perfil 2 (Oeste do arco praial)***

O perfil 2 está localizado no trecho mais preservado da praia de Jaconé e apresenta vegetação de restinga junto ao limite interno da praia (Figura 44). Neste trecho do litoral de Jaconé está localizada a maior parte dos blocos de rochas de praia (*beachrocks*) na zona de intermaré, que se tornam mais evidentes por ocasião da maré baixa de sizígia (Figura 45A). Os perfis topográficos de praia obtidos entre 2012 e 2018 apresentam variações discretas na largura e na morfologia em comparação com as demais áreas ao longo do arco praial (Figura 44). A largura média da praia foi de 53,9 metros até a linha d'água, com a mínima de 45 metros (no verão de 2015 e inverno de 2017) e a máxima de 70,5 metros (no verão de 2017), variando 25,5 metros entre a mínima e a máxima (Figura 44).

O aumento na largura da praia no verão pode estar diretamente associado com a incorporação de sedimentos oriundos da região submersa, mas também pode ser o resultado de um acúmulo de areias trazidas pela corrente de deriva litorânea, barradas pelos blocos dos *beachrocks* localizados em meio à zona de intermaré. A diminuição na largura da praia durante as ressacas ocorridas, principalmente em 2017 (DHN, 2017), pode também ter sido influenciada pela presença destes grandes blocos de rochas que, ao mesmo tempo em que protegem a região do pós-praia, também acentuam a reflexão das ondas que incidem diretamente sobre os *beachrocks*, aumentando a capacidade das mesmas em remobilizar sedimentos na porção submersa da praia. Este trecho do arco praial apresentou perfis com uma morfologia suave, com altura média de 4 metros e uma ligeira inclinação de 2° em direção ao oceano foi observada neste perfil.

Apesar da baixa dinâmica e estabilidade deste setor da praia (perfil 2), a presença de ondas de tempestades pode promover o empilhamento vertical de sedimentos, depositando areias sobre e na retaguarda dos *beachrocks* que, eventualmente, são soterrados, como observado na primavera de 2014 e no verão de 2016 (Figura 45B). Este comportamento citado explica os resultados referentes ao volume de sedimentos da praia, que apresentou um aumento no pacote emerso nos últimos anos, com a média de 109,62 m<sup>3</sup>/m. Obteve a maior perda no verão de 2015 (65 m<sup>3</sup>/m), isto é, 46% do volume total e o maior ganho no inverno de 2015 (52 m<sup>3</sup>/m), com 68%, resultante do transporte de sedimentos pelas correntes costeiras (deriva litorânea e retorno) e a troca de sedimentos do fundo submerso para a parte emersa (Figura 46).

Figura 44 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos a oeste do arco praial



Fonte: A autora, 2018.

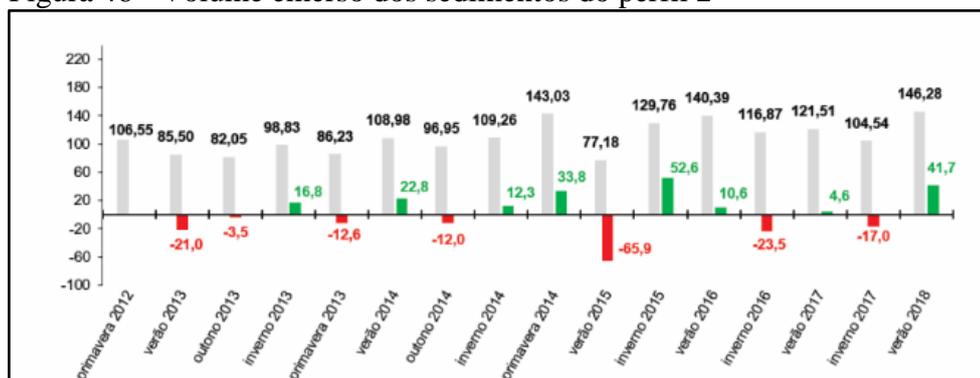
Figura 45 - *Beachrocks* a oeste em Jaconé



Legenda: (A) *Beachrocks* expostos na maré baixa (2017) e (B) soterrados pelo evento de ressaca (2016), a oeste em Jaconé.

Fonte: a autora, 2017 e 2016, respectivamente.

Figura 46 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 2



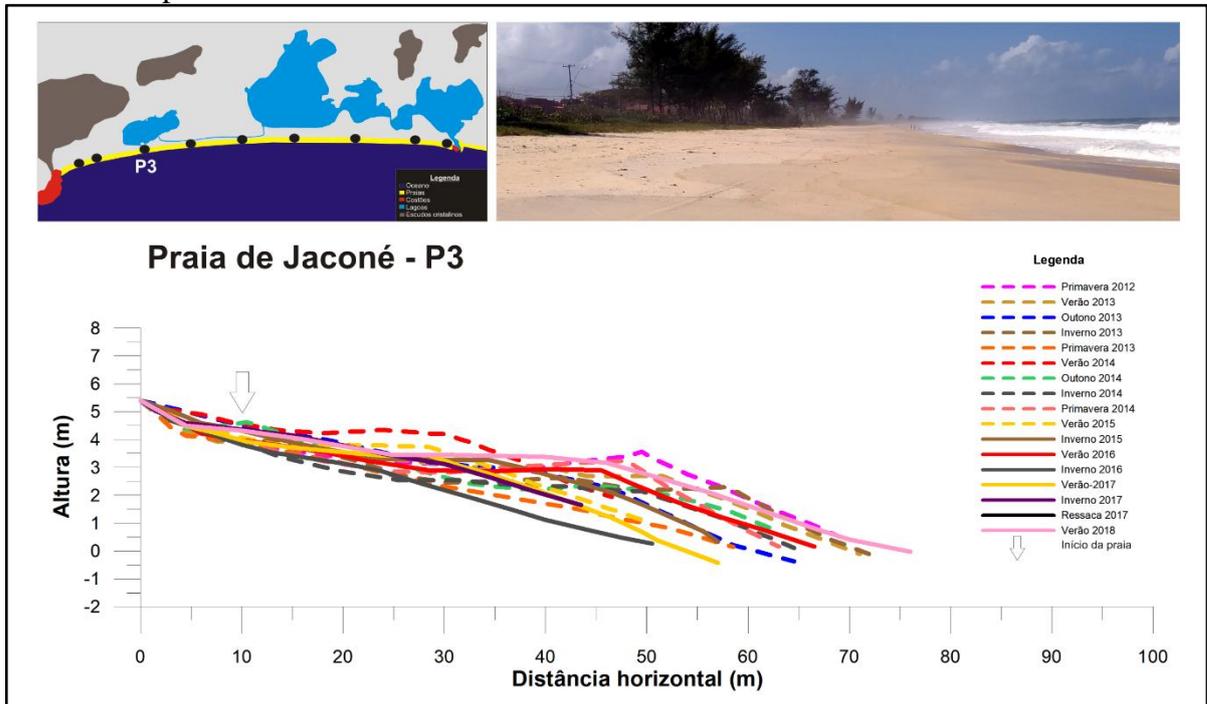
Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.  
Fonte: A autora, 2018.

### Perfil 3 (Oeste do arco praial)

O perfil 3, localizado no setor centro-oeste do litoral e próximo da Lagoa de Jaconé, apresentou uma variação expressiva na largura e na morfologia da praia durante os monitoramentos (Figura 47). Trata-se de um dos setores mais instáveis ao longo do litoral, com grande variabilidade topográfica. A largura média da praia registrada foi de 49,4 metros, sendo a mínima de 34,5 metros (no inverno de 2017) e a máxima de 66 metros (no verão de 2018), variando 31,5 metros entre os monitoramentos (Figura 47). O perfil praial apresentou altura média de 4,4 metros e a declividade com a média de 4°.

Uma escarpa de praia bastante proeminente se destaca neste setor, com cerca de 1 metro de altura e limitada pela vegetação de restinga (Figura 48). Essa importante feição costeira marca o limite alcançado pelas ondas de tempestades durante as ressacas. Cúspides de praia na zona de intermaré e bermas no pós-praia são feições comumente observadas neste trecho, principalmente nas estações do verão. No inverno, o perfil da praia se apresenta geralmente em rampa, ligeiramente mais estreito e inclinado para o mar (Figura 47 e 48). Mesmo com grande variabilidade morfológica, o volume emerso dos sedimentos mostrou mudanças que apontam para uma estabilidade nos últimos 6 anos de monitoramento, com um volume total de 181,45 m³/m. Este setor da praia registrou a maior perda de sedimentos durante o inverno de 2016 (58 m³/m), com cerca de 30% do volume emerso total; o maior ganho foi observado no verão de 2014 (54 m³/m), com 34%. Essa dinâmica sedimentar é o resultado de intensas variações nas condições de mar entre as estações do ano (Figura 49).

Figura 47 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no centro-oeste do arco praial



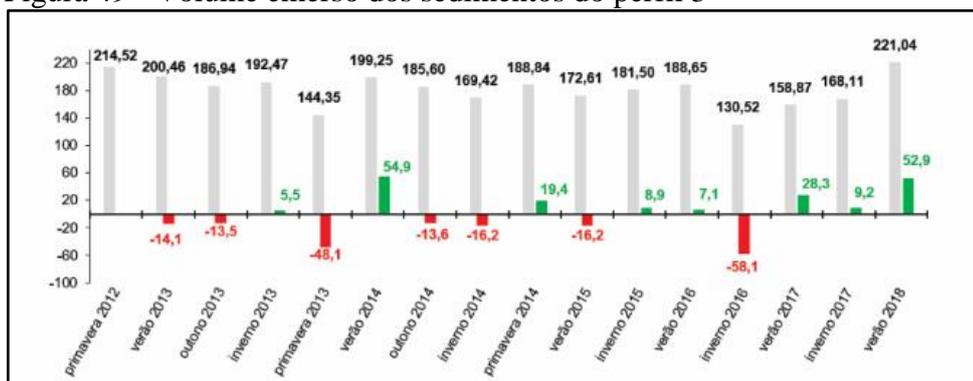
Fonte: A autora, 2018.

Figura 48 - Formação de escarpas de tempestade



Fonte: A autora, 2017.

Figura 49 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 3



Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.

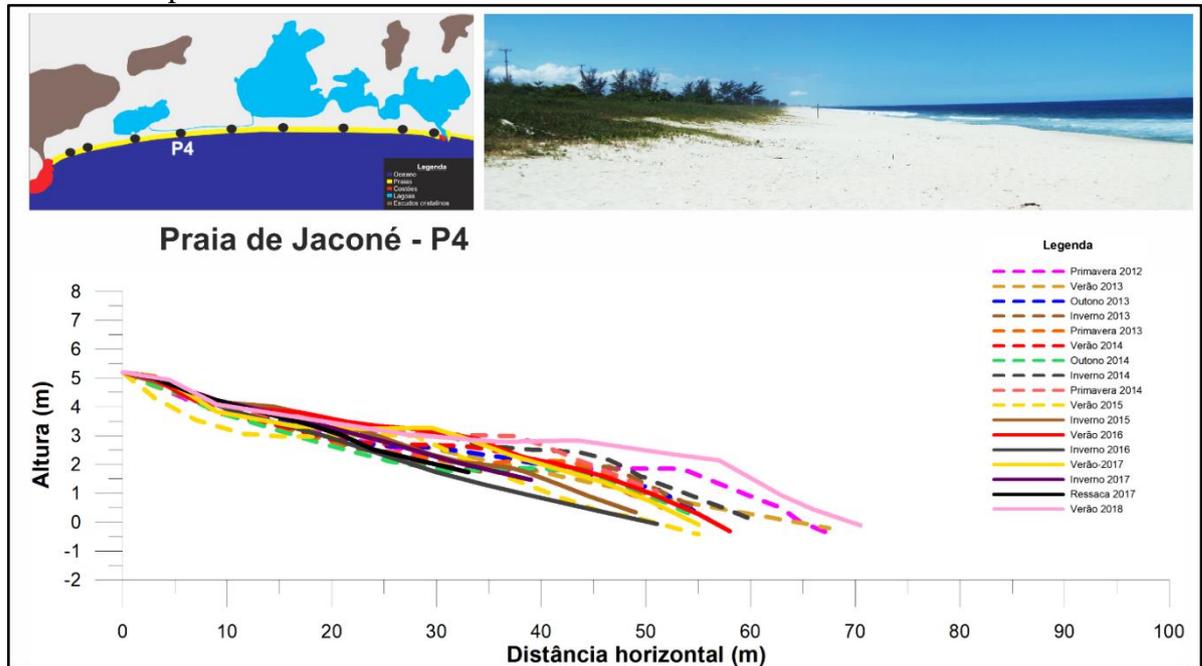
Fonte: A autora, 2018.

#### ***Perfil 4 (Centro-Oeste do arco praial)***

Este trecho, localizado no setor centro-oeste da área de estudo, apresenta-se urbanizado, apesar de manter preservada uma estreita faixa de vegetação de restinga junto ao limite interno da praia (Figura 50). A largura média da praia até a linha d'água correspondeu a 54,6 metros, com a mínima de 37,5 metros (na ressaca de 2017) e a máxima de 70,5 metros (durante o verão de 2018), com amplitude de 33 metros entre a mínima e a máxima (Figura 50). Escarpas de tempestade, medindo cerca de 1 metro de altura (Figura 51), tal como observado no perfil anterior (Figura 48), aponta para o alcance das ondas de tempestades nessas áreas mais internas do perfil. Uma estrutura de concreto de um antigo quiosque (usada como local de início do perfil) destruído por ressacas anteriores ao período de monitoramento deste estudo, também evidencia o efeito destrutivo das ressacas junto ao limite interno da praia (Figura 52).

O perfil de praia exibiu uma altura média de 4,2 metros, com bermas horizontais no pós-praia, representando diferentes momentos de reconstrução da praia; seguido por uma frente de praia estreita, com declividade 8° em resposta as mudanças nas condições de mar. Correntes de retorno são mais vigorosas neste trecho do arco praial; o mesmo ocorre com a corrente de deriva litorânea, que parece predominar em direção a oeste (conforme observado nos monitoramentos realizados nos anos de 2013, 2015, 2016 e 2017 - Tabela 5), contribuindo para o transporte longitudinal de sedimentos nessa direção. As mudanças nos perfis topográficos registraram um equilíbrio em relação ao volume dos sedimentos, com o total de 148m³/m, onde a maior perda de sedimentos ocorreu no inverno de 2016 (43 m³/m), representando uma perda de 26%; o maior ganho foi verificado no verão de 2018 (75 m³/m), e correspondeu cerca de 60% (Figura 53).

Figura 50 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no centro-oeste do arco praial



Fonte: A autora, 2018.

Figura 51 - Formação de escarpas de tempestade



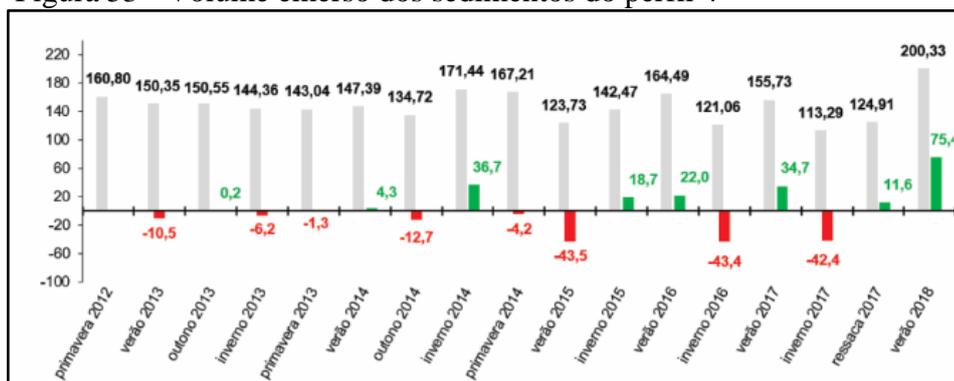
Fonte: A autora, 2017.

Figura 52 - Estrutura de concreto de um antigo quiosque



Fonte: SILVA, 2017.

Figura 53 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 4



Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.

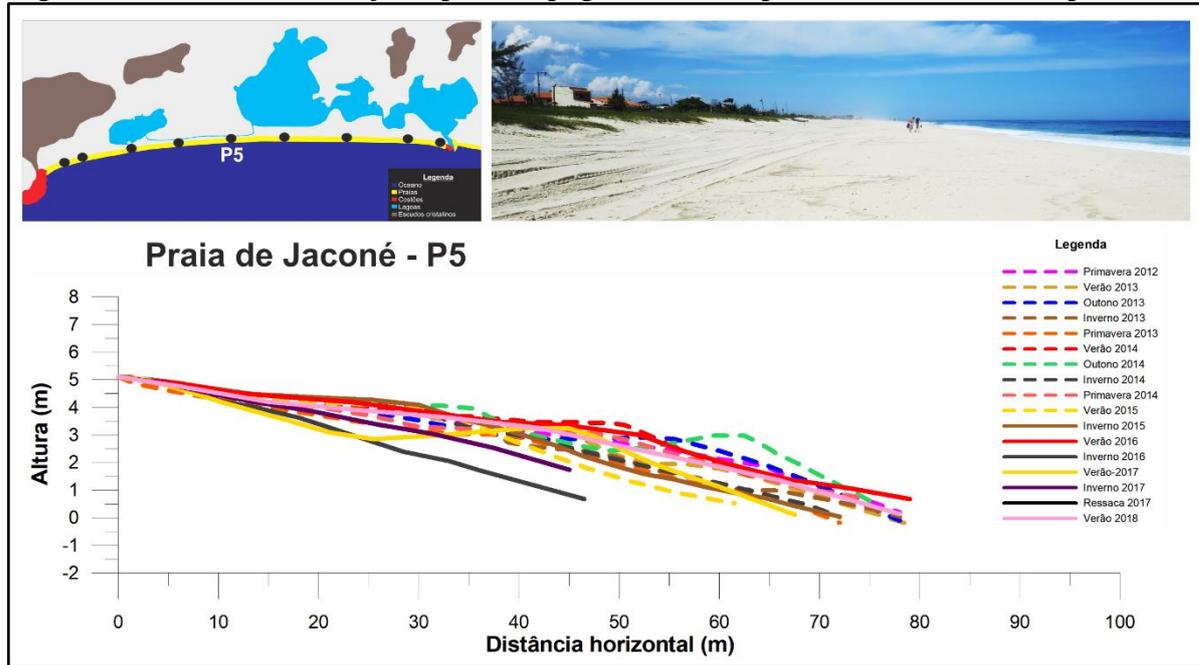
Fonte: A autora, 2018.

### **Perfil 5 (Meio do arco praial)**

O perfil 5, localizado no meio do arco praial, representa um trecho relativamente alterado do litoral, devido a densidade de construções, maior quando comparada com as áreas dos perfis apresentados anteriormente (Figura 54). Apesar das alterações, uma estreita faixa de vegetação de restinga ainda se mantém preservada junto ao limite interno da praia neste setor (Figura 54). Tal como na área do perfil 4 (Figura 52), o local de início do perfil 5 também corresponde a uma estrutura de concreto (Figura 55), que pertencia a um antigo quiosque destruído durante um grande evento de ressaca. A largura média da praia foi de 70 metros aproximadamente, sendo a mínima de 45 metros (no inverno de 2017) e a máxima de 79,5 metros (no verão de 2013), variando 34,5 metros entre a mínima e a máxima (Figura 54). Trata-se da maior largura média registrada ao longo de toda a extensão do arco praial.

O pós-praia apresenta bermas horizontais e inclinadas para o continente, formadas em momentos distintos de recuperação do perfil praial (Figura 54). A escarpa de tempestade, marcando o limite interno da praia, foi atingida por fortes ressacas no inverno de 2016, que removeu parte da vegetação, deixou a mesma mais íngreme e com uma altura superior a 1 metro. A altura média do perfil topográfico foi de 4,5 metros e a declividade da frente de praia neste trecho correspondeu a 4°. Correntes de retorno são intensas neste trecho do arco praial; assim como as correntes de deriva litorânea, que parecem predominar em direção a oeste (Tabela 5), contribuindo para o transporte longitudinal de sedimentos nessa direção. O volume emerso dos perfis topográficos aponta para uma condição de equilíbrio os entre 6 anos de monitoramento, com a média de 218 m³/m. Obteve a maior perda no inverno de 2016 (115 m³/m), isto é, 45% do volume total e o maior ganho no verão de 2017 (57 m³/m), que representou 40% (Figura 56).

Figura 54 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no meio do arco praial



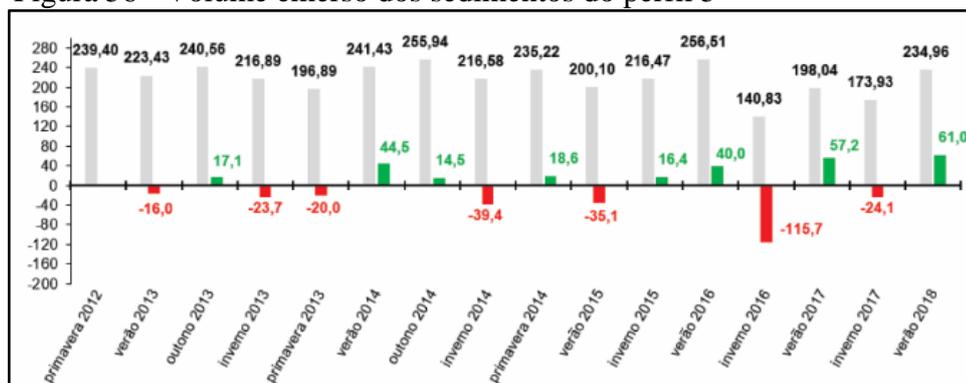
Fonte: A autora, 2018.

Figura 55 - Local de início do perfil de praia na base da estrutura de concreto



Fonte: SILVA, 2016.

Figura 56 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 5



Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.

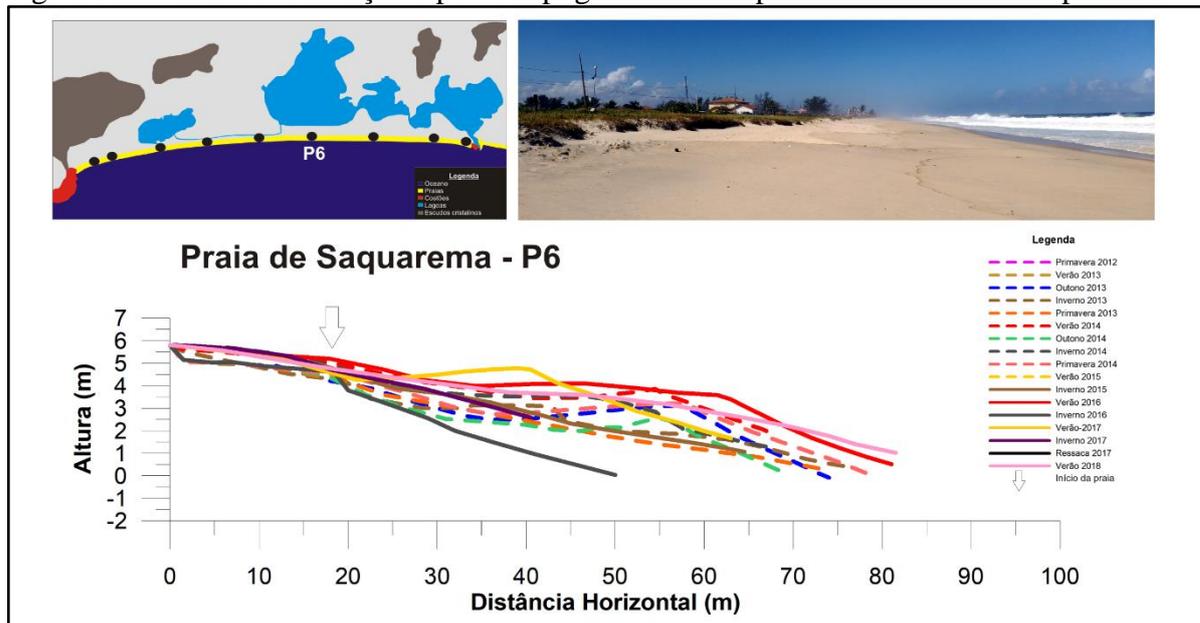
Fonte: A autora, 2018.

### ***Perfil 6 (Meio do arco praial)***

A área do perfil 6, localizada no meio do arco praial e ao sul da Lagoa Mombaça, encontra-se bastante alterada devido a crescente urbanização neste trecho do litoral (Figura 57). Uma importante rodovia, conhecida como Avenida Beira Mar (RJ-102), foi construída sobre a crista da barreira arenosa e a poucos metros da praia, descaracterizando a geomorfologia típica deste ambiente e causando a remoção da vegetação de restinga, que ainda se faz presente por meio de uma estreita faixa entre o asfalto e a areia da praia. A sobreposição dos perfis topográficos de praia indica uma variação expressiva na largura e na morfologia deste ambiente, entre os anos de 2013 e 2018 (Figura 57). A largura média da faixa de areia emersa da praia corresponde a 50,2 metros, com a mínima de 22,5 metros (no inverno de 2017) e a máxima de 67,5 metros (no inverno de 2013), variando 45 metros entre a mínima e a máxima (Figura 57). A corrente de deriva litorânea como observado anteriormente, parece predominar para oeste, transportando areias nessa direção.

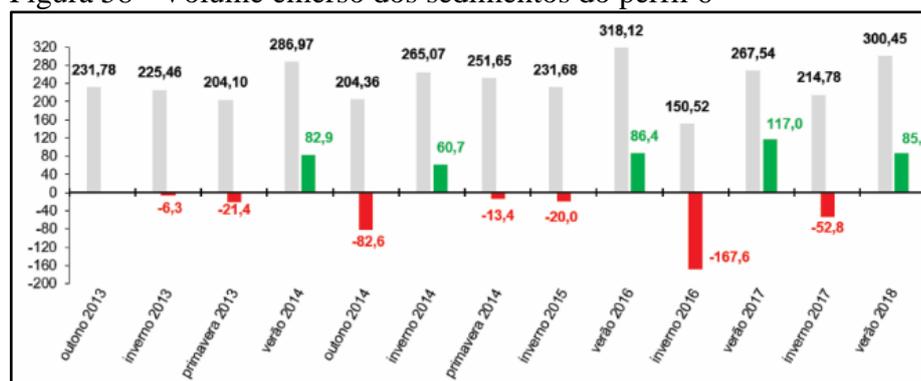
A morfologia da praia é caracterizada pela presença de bermas intercaladas por pequenas escarpas, evidenciando fases distintas de alargamento e estreitamento do perfil em resposta as mudanças nas condições de mar. Trata-se de perfis bastante irregulares, geralmente inclinados para o mar, com declividade em torno de 4°. O volume total dos sedimentos emersos neste trecho do arco praial, com média de 242,50 m³/m, parece ter aumentado ao longo dos 6 anos de monitoramento, onde a maior perda foi verificada no inverno de 2016 (167 m³/m), ou seja, 52% dos sedimentos retirados e o maior ganho de sedimentos foi verificado no verão de 2017 (117 m³/m), com 77% (Figura 58).

Figura 57 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no meio do arco praial



Fonte: A autora, 2018.

Figura 58 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 6



Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.

Fonte: A autora, 2018.

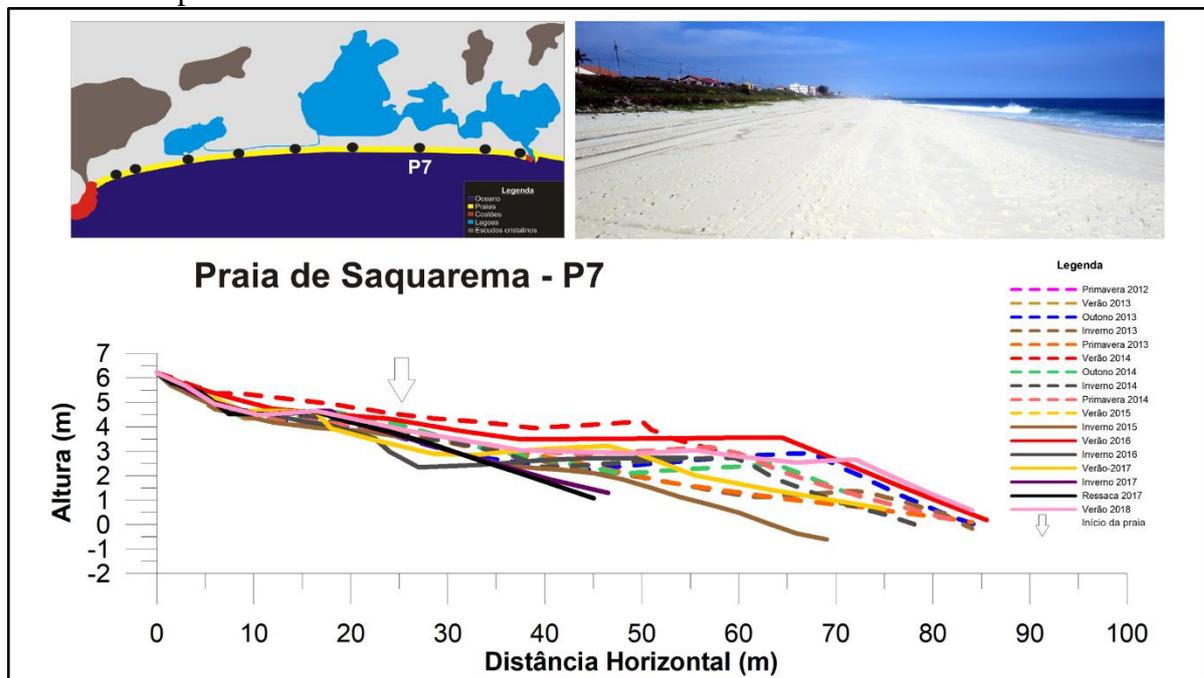
### Perfil 7 (Centro-Leste do arco praial)

O perfil 7 (Figura 59), no setor centro-leste do arco praial e próximo ao limite sul da Lagoa Jardim, tal como no perfil 6, encontra-se localizado em uma área com muitas residências e ruas, próximas ao limite interno da praia (Figura 60). Nessa mesma área também são encontrados restos de um antigo quiosque, destruído por ressacas ocorridas em um período anterior ao monitoramento. A sobreposição dos perfis topográficos de praia permitiu observar variações expressivas na morfologia e na largura, desde o pós-praia até a frente de praia, com destaque para as mudanças ocorridas entre o verão de 2014, período de maior alargamento, e a ressaca em agosto de 2017, quando a praia esteve mais estreita (Figura 59). A largura média da praia foi de 53,8 metros, com a mínima de 25,5 metros (na ressaca de

2017) e a máxima de 78 metros (no inverno de 2013), variando 52,5 metros entre a mínima e a máxima (Figura 59).

O perfil praiial é marcado pela presença de bermas em quase todas as estações do ano. As escarpas de tempestade são mais proeminentes junto a vegetação de restinga, onde a mesma chegou a medir 2 metros de altura após ressaca ocorrida no inverno de 2016, removendo parte da vegetação (Figura 61A e B). O perfil praiial apresentou altura média de 5 metros e sua declividade na frente de praia foi de 7°. O pacote sedimentar emerso neste perfil apresentou grandes variações, mas que parecem apontar para uma condição de equilíbrio dinâmico. A média do volume total de sedimentos na porção emersa da praia corresponde a 230,73 m<sup>3</sup>/m, com a maior perda de materiais observada durante o inverno de 2016 (127 m<sup>3</sup>/m), registrando 41%; o maior ganho ocorreu no verão de 2018 (114 m<sup>3</sup>/m), correspondendo a 69%. Mesmo com a perda de materiais significativa observada em períodos de tempestade recorrentes, os sedimentos são devolvidos ao ambiente logo após a ressaca, reconstruindo o ambiente praiial (Figura 62).

Figura 59 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no centro-leste do arco praiial



Fonte: A autora, 2018.

Figura 60 - Residências e Avenida Beira Mar próximo ao limite interno da praia



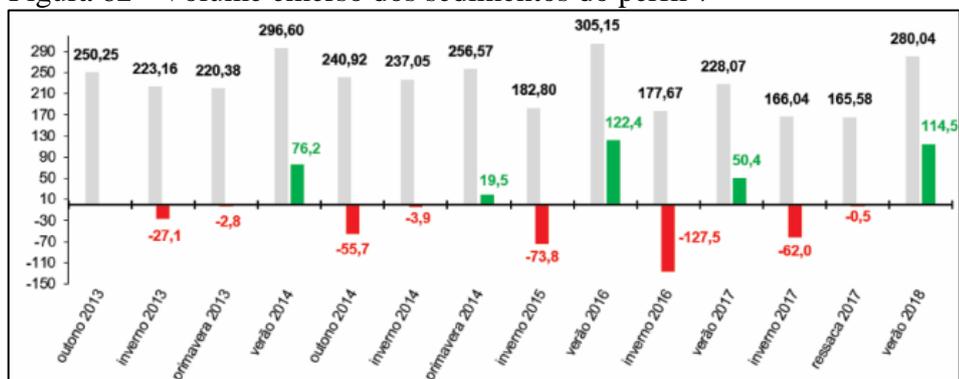
Fonte: SILVA, 2016.

Figura 61 - Escarpa de tempestade no centro-leste do arco praial



Fonte: SILVA, 2016.

Figura 62 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 7



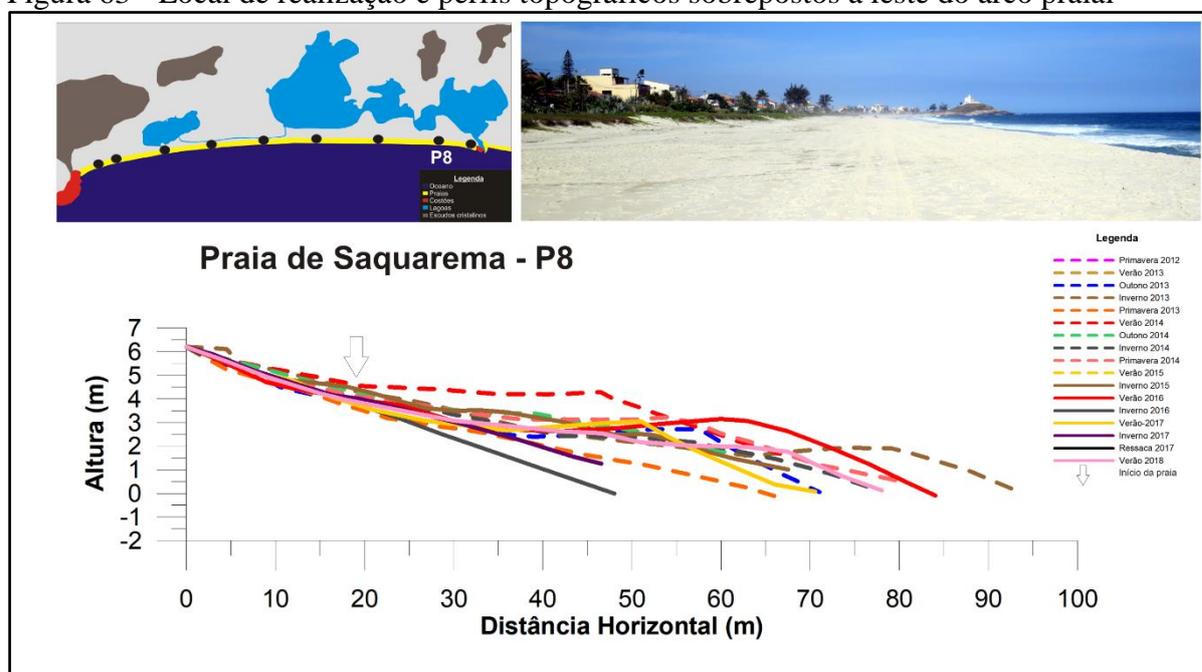
Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.

Fonte: A autora, 2018.

### Perfil 8 (Leste do arco praial)

O perfil 8, localizado na porção leste do arco praial de Jaconé-Saquarema e ao sul da Lagoa do Boqueirão (Figura 63), está inserido em um contexto litorâneo bastante alterado do ponto de vista geomorfológico, semelhante aos perfis 6 e 7. Neste perfil foram encontrados restos de um antigo quiosque, destruído durante eventos de ressaca ocorridos anteriormente ao período de monitoramento deste estudo. Mudanças ocorridas entre os períodos de inverno de 2013 e verão de 2018 permitiram observar uma dinâmica acentuada neste setor da praia, com rápido estreitamento da largura em resposta as tempestades, com recuperação e aumento da largura da praia logo após a ocorrência da ressaca (Figura 63).

Figura 63 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos a leste do arco praial

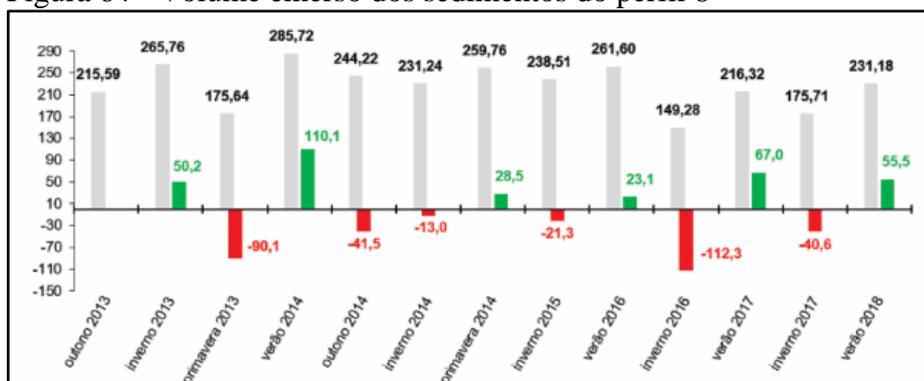


Fonte: A autora, 2018.

A largura média da praia foi de 52 metros, com a mínima de 27 (no inverno de 2017) e a máxima de 72 metros (no inverno de 2014), variando 45 metros entre a mínima e a máxima (Figura 63). Este perfil é marcado pela presença de bermas em quase todos os monitoramentos e uma escarpa de tempestade proeminente junto à vegetação de restinga. A altura média registrada neste perfil foi de 4,7 m e a declividade do perfil na frente de praia foi de 8°. Correntes de deriva litorânea são intensas nesse trecho do arco praial, com direção para oeste, contribuindo para o transporte longitudinal dos sedimentos nesta direção (Tabela 5). O volume do pacote sedimentar emerso da praia apresentou variações expressivas entre as estações, mas sugestiva de um comportamento estável no decorrer dos 6 anos de

monitoramento. A retirada de sedimentos durante os eventos de ressaca é rápida, assim como o retorno dos mesmos imediatamente após estes eventos de maior energia. A média do volume total foi de 226,96 m<sup>3</sup>/m, onde a perda maior foi verificada durante o inverno de 2016 (112 m<sup>3</sup>/m), representando 42% dos sedimentos remobilizados; o maior ganho ocorreu no verão de 2014 (110 m<sup>3</sup>/m), com 62% de acréscimo de sedimentos ao perfil praiado emerso (Figura 64).

Figura 64 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 8



Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.  
Fonte: A autora, 2018.

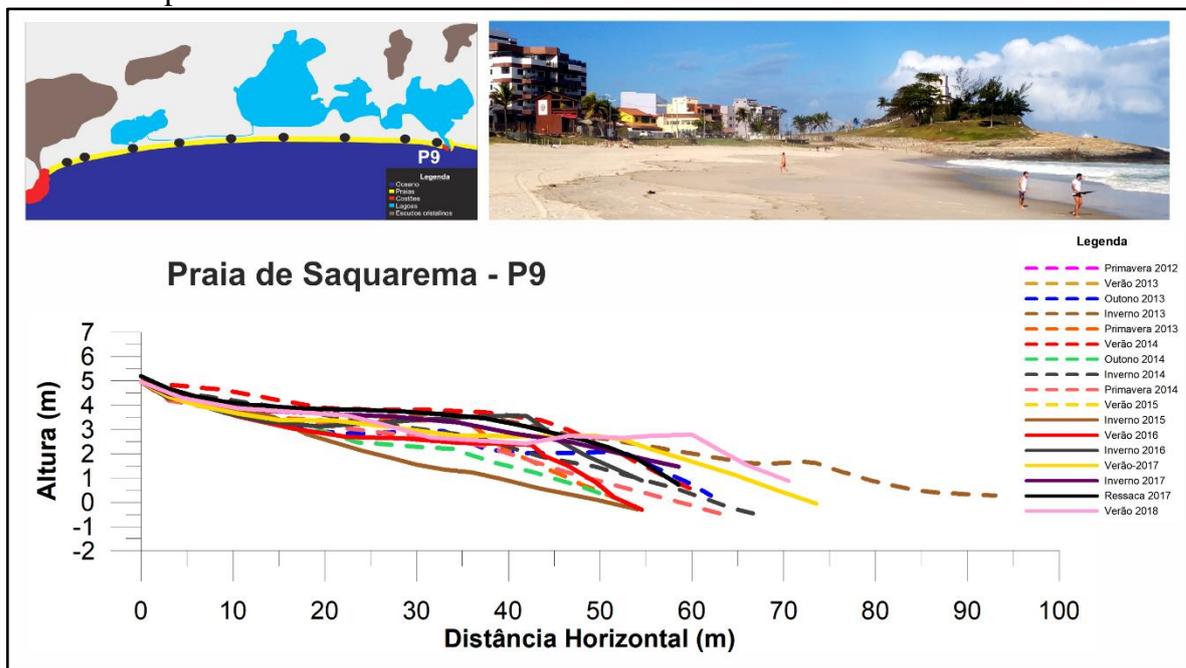
### ***Perfil 9 (Extremo leste do arco praiado)***

O perfil 9, localizado no extremo leste do arco praiado de Jaconé-Squarema e ao sul da Lagoa de Fora, está limitado pelo costão rochoso e o canal da Barra que liga o sistema lagunar de Squarema ao oceano (Figuras 24 e 65). É a área do arco praiado que sofreu as maiores modificações ao longo dos anos em decorrência do crescimento comercial e residencial na orla (Figura 65). Muitas construções foram erguidas sobre a barreira arenosa, descaracterizando a geomorfologia típica deste ambiente e resultando na remoção da vegetação de restinga, que ainda se faz presente numa estreita faixa entre o asfalto e a praia. Os perfis topográficos sobrepostos permitiram observar variações na morfologia e largura da praia, com rápido alargamento e estreitamento da faixa emersa da praia entre o inverno de 2013 e o verão de 2018, respectivamente (Figura 65).

A largura média da faixa de areia emersa da praia foi de 62,5 metros, com a mínima de 52 metros (no outono de 2014) e 93 metros (no inverno de 2013), variando 41 metros entre a mínima e a máxima (Figura 65). Este último corresponde a maior largura registrada em todo o arco praiado. Não há presença de escarpas de tempestade ao final da vegetação, como foi detectado nos perfis anteriores; bermas foram observadas em quase todos os monitoramentos. A altura média do perfil foi de 4 metros e a declividade da frente de praia medida foi de 9°, a

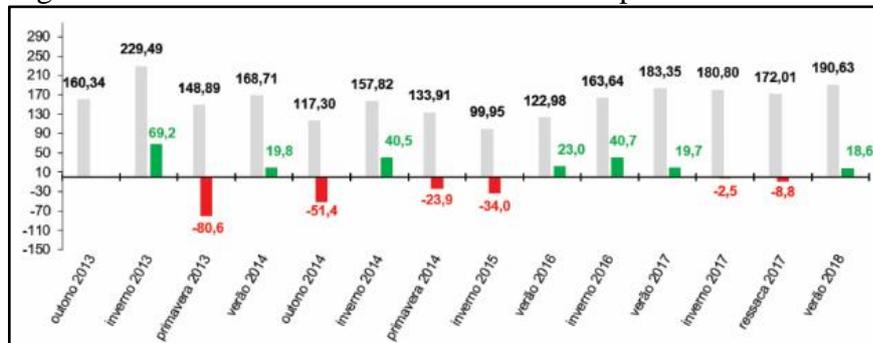
mais íngreme observada em todo o arco praial. A corrente de deriva litorânea parece atuar de forma mais discreta neste trecho do arco praial (Tabela 5). O pacote sedimentar variou, mesmo permanecendo em equilíbrio; seu volume total foi de 159,27 m<sup>3</sup>/m, com a maior perda de sedimentos observada na primavera de 2013 (80 m<sup>3</sup>/m), ou seja, 35% do volume total; o maior ganho ocorreu no inverno de 2013 (69 m<sup>3</sup>/m), representando 43% dos sedimentos devolvidos à praia. Essas variações no volume de sedimentos mostram que a praia se reconstruiu de forma rápida, logo após os eventos de tempestade (Figura 66).

Figura 65 - Local de realização e perfis topográficos sobrepostos no extremo leste do arco praial



Fonte: A autora, 2018.

Figura 66 - Volume emerso dos sedimentos do perfil 9



Legenda: A barra cinza representa o volume total; vermelho, perda; verde, acréscimo.

Fonte: A autora, 2018.

### ***Comportamento morfológico do arco praial de Jaconé-Saquarema***

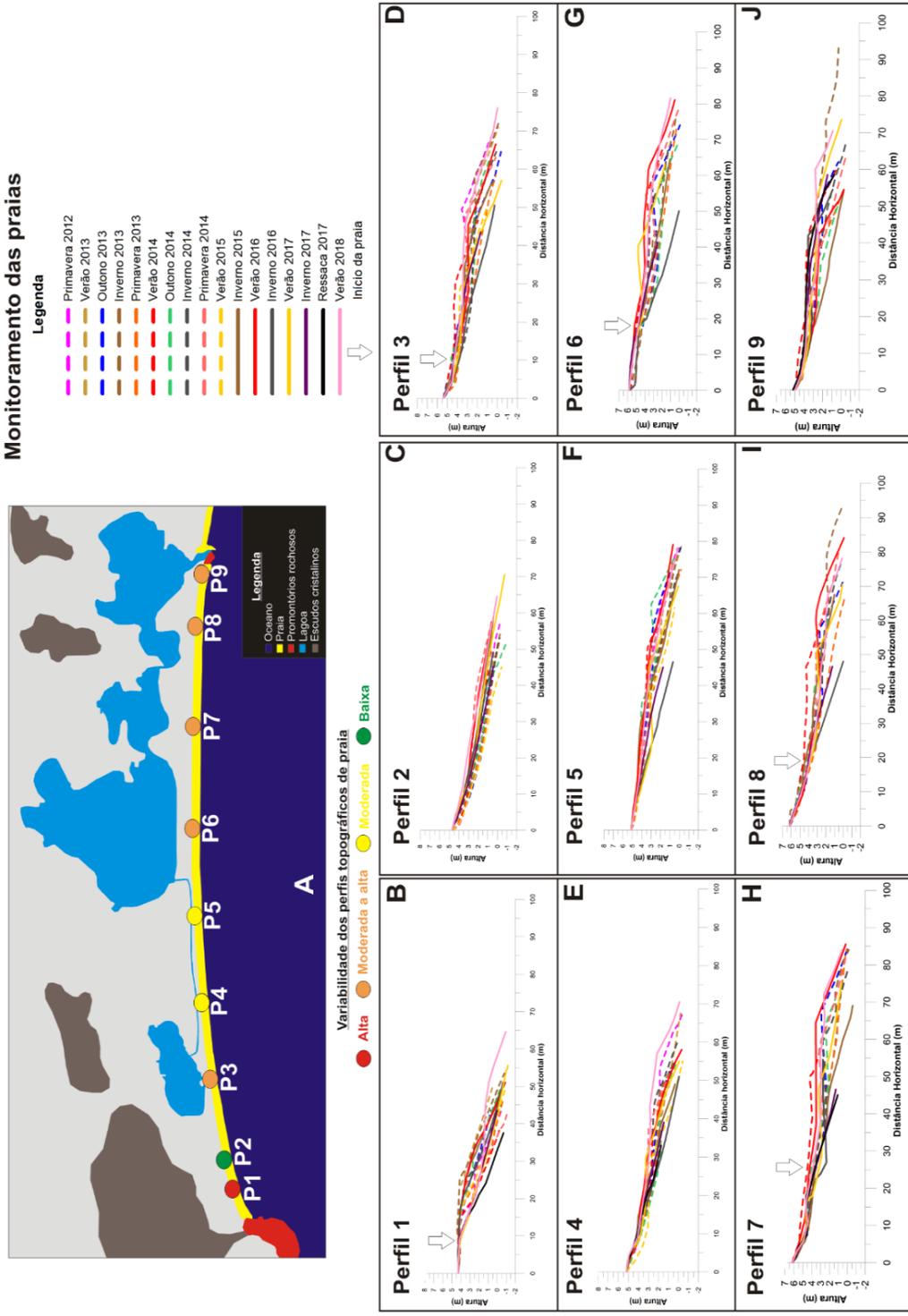
O arco praial de Jaconé-Saquarema apresenta características distintas quanto a sua largura e morfologia. Isso ocorre devido aos fatores que influenciam diretamente o ambiente praial, tais como: (1) a alternância na energia das ondas de tempo bom e de tempestade; (2) a ação das correntes de deriva litorânea e de retorno, transportando sedimentos paralelamente e perpendicularmente à linha de costa, respectivamente; (3) a influência dos costões rochosos localizados nas extremidades do arco praial; (4) a presença dos *beachrocks* (no perfil 2), atuando como uma barreira no setor oeste do arco praial.

A sobreposição dos perfis topográficos indica uma dinâmica distinta ao longo do arco praial de Jaconé-Saquarema (Figura 67). O extremo oeste do arco praial (perfil 1 - Figura 67A e B) foi o que apresentou as maiores variações na morfologia da praia e é, conseqüentemente, o mais dinâmico. O costão rochoso de Ponta Negra, no extremo oeste do arco praial, parece contribuir para a convergência de ondas por difração neste trecho, intensificando a energia das mesmas (Figura 67A e B). Comportamento semelhante foi constatado por Muehe (1979) e Silva et al. (2008b) após um estudo sobre o comportamento morfossedimentar da praia de Itaipuaçu, no litoral de Maricá.

O setor oeste correspondente ao perfil 2 (Figura 67A e C) foi considerado como de baixa dinâmica por ter apresentado as menores variações na largura e morfologia. O comportamento mais estável observado neste trecho do arco praial (perfil 2) é causado pela presença dos *beachrocks* de Jaconé que intercepta parcialmente a chegada de ondas de alta energia no pós-praia, e com isso, apresentou perfis mais homogêneos em todos os monitoramentos. Os *beachrocks* são eventualmente soterrados durante períodos prolongados de calmaria, como foi observado durante a primavera de 2014 e no verão de 2016 (Figura 45B).

A variabilidade dos perfis topográficos de praia nas demais áreas foi expressiva e é considerada como resultante de uma dinâmica que pode variar entre moderada e alta (Figura 67A, D, G, H, I e J), com exceção da porção centro-oeste do arco praial (perfis 4 e 5 – Figura 67A, E e F) que exibiu uma dinâmica moderada (Figura 67A), quando comparada às áreas dos perfis 3, 6 a 9 (Figura 67G a J). O setor leste do arco praial pode ser considerado o mais largo e chegou a medir 93 metros no inverno de 2013 (Figura 67I e J), período marcado pela ausência de ressacas de maior expressão. Essa largura é cerca de três vezes maior a que foi verificada na extremidade oeste no mesmo período (perfil 1), que alcançou apenas 35 metros (Figura 67B), e sugere a atuação da corrente de deriva litorânea, transportando e acumulando areias no setor leste sob condição de tempestade.

Figura 67 - Perfis topográficos de praia



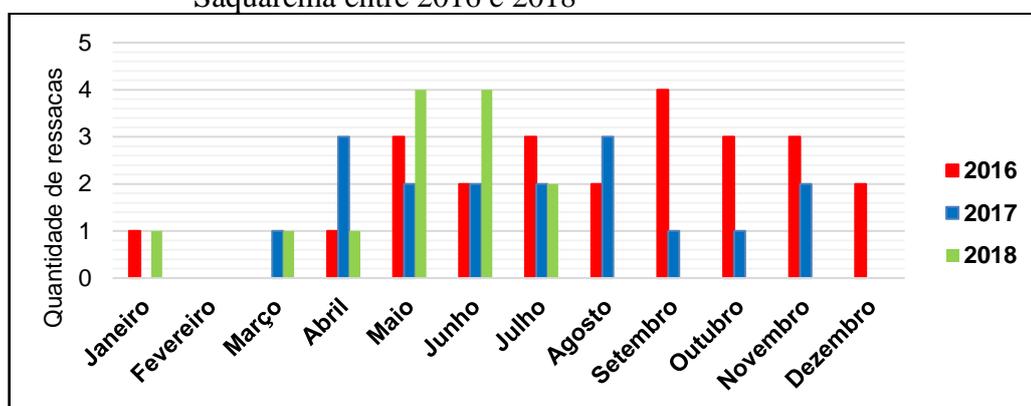
Legenda: (A) Variabilidade dos perfis topográficos no litoral de Jaconé-Saquarema.

(B a J) Perfis topográficos de praia.

Fonte: A autora, 2018.

O período correspondente aos anos de 2012 e 2015 foi marcado por variações morfológicas e na largura mais discretas quando comparado aos anos de 2016 e 2018, que registraram diferenças mais acentuadas entre as estações de verão e inverno (Figura 67A a J). No total, ocorreram 53 ressacas nos meses de janeiro e dezembro entre os anos de 2016 e 2018 (DHN, 2018), responsáveis pela formação de grandes ondas de tempestades (Figura 68). Nesse período, a variação na largura dos perfis de praia foi mais expressiva. Essas mudanças evidenciam a vulnerabilidade deste litoral à incidência de ondas de tempestade, o que foi anteriormente ressaltado também por Faria (2014) e Pinto (2015) para as praias de Saquarema e Jaconé, respectivamente.

Figura 68 - Quantidade de eventos de ressacas ocorridas no litoral de Jaconé-Saquarema entre 2016 e 2018



Legenda: Para o ano de 2018 foram consideradas as ressacas ocorridas até o mês de julho.  
Fonte: DHN, 2017.

A quase total ausência de ressacas entre os anos de 2012 e 2015 pode ter sido causada pela influência do fenômeno El Niño. Segundo Fernandez e Muehe (2006) e Pereira e Klumb-Oliveira (2015), o El Niño, conhecido pelo aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico, diminui a chegada de frentes frias na região Sudeste do Brasil, alterando a frequência dos eventos de ressaca, mais recorrentes no outono e inverno. A diminuição da energia das ondas é muito característica durante a ocorrência do El Niño, como observado na área de estudo (Figura 38A) entre os anos de 2012 e 2015; principalmente quando se compara com os anos de 2016 e 2018, quando da atuação mais intensa de ondas de tempestade com altura acima de 2 metros (Figura 38A), causando maiores variações nos perfis topográficos e no pacote sedimentar (ver figura 67 dos perfis sobrepostos).

O arco praiial de Jaconé-Saquarema apresentou diferenças quanto à largura da praia até a linha d'água. A presença do costão no extremo leste do arco praia em Saquarema representa uma barreira geológica, impedindo o deslocamento contínuo de areias para outras praias

localizadas à leste da área de estudo. Neste sentido, o perfil 9 (extremo leste) tende a concentrar essas areias, transportadas no momento em que a corrente de deriva litorânea tende a atuar com mais eficácia, impulsionada pela incidência de ondas de maior energia provenientes de sudoeste. No extremo oeste (perfil 1), considerado o mais dinâmico, os costões parecem contribuir para a convergência da energia das ondas neste setor da praia (Figura 67). A influência dos costões localizados nos extremos de um arco praiado no sentido de intensificar a energia das ondas incidentes, por meio da convergência das mesmas para as áreas próximas a estes, tem sido relatada por outros autores.

No extremo oeste da praia de Itaipuaçu (oeste de Maricá), tal como verificado em Jaconé, a elevada variabilidade dos perfis topográficos de praia nas áreas próximas ao costão tem sido atribuída a convergência da energia das ondas nessas áreas devido à influência dessas formações rochosas (SILVA et al., 2008b) (Figura 69). Afastando-se dessas áreas, a variabilidade dos perfis topográficos tende a diminuir, como constatado por Silva et al. (2008b), Ferreira (2014) e Pinheiro et al. (2015). Conforme Silva et al. (2015), as praias de Barra de Maricá e Cordeirinho exibem uma variação moderada nos perfis topográficos (Figura 69), contrastando com o setor oeste da praia de Itaipuaçu (SILVA et al., 2008b).

Figura 69 - Mapa de variabilidade morfológica das praias



Legenda: Dados de Itaipuaçu (SILVA et al. 2008b), da APA de Maricá (PINHEIRO et al., 2015), das praias entre a Barra de Maricá e Ponta Negra (SILVA et al., 2015) e de Saquarema (FARIA, 2014).

Fonte: FERREIRA, 2014; FARIA, 2015.

A morfologia da praia é muito distinta, pois apresentou-se desde o perfil mais suave (perfil 2 – oeste do arco praiado) ao mais íngreme, este com a presença de bermas e escarpas (perfis 1, 3 a 9) (Figura 67). Os bermas variaram na altura média, entre 4-5 metros em relação ao nível médio do mar, na quantidade (entre 0 a 2 bermas), e na declividade. Esses elementos

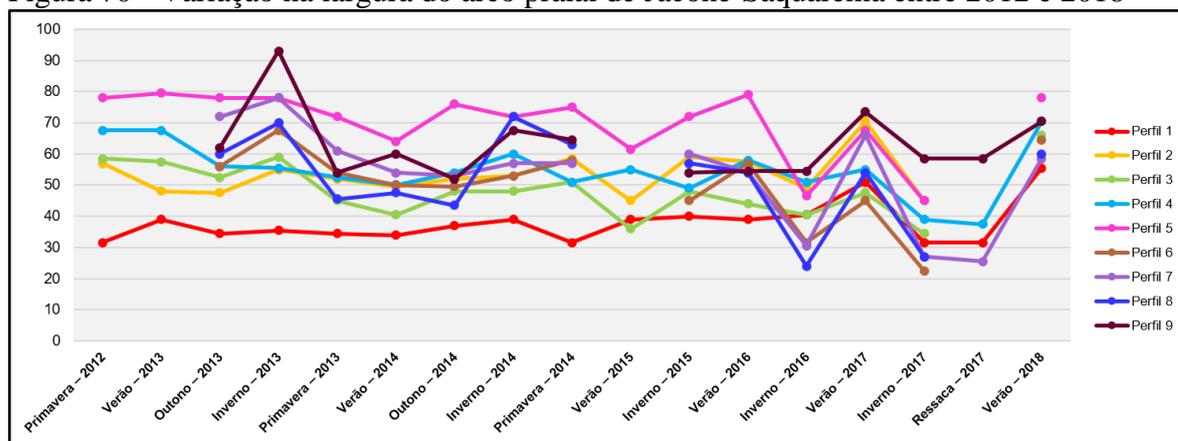
são resultantes da rápida construção dos perfis após eventos de tempestade, que são caracterizadas pela remoção temporária de sedimentos, formando escarpas mais íngremes e deslocando momentaneamente a frente de praia na direção do continente. Os sedimentos são rapidamente devolvidos para a parte emersa da praia imediatamente após a tempestade, reconstruindo o perfil praiial (Figura 67).

Cúspides de praia são encontrados com maior frequência no perfil 1 (extremo oeste do arco praiial), formados pelo efeito de *swash* e *backswash* e atuam em conjunto com a corrente de retorno (BAGNOLD apud PETHICK, 1984). Nas praias de Icaraí, São Francisco e Charitas, no município de Niterói, também são comuns à presença dessas feições rítmicas (RESENDE E SILVA, 1991). A declividade observada na frente de praia é característica deste arco praiial, variando entre 2° no perfil 2 (oeste do arco praiial) e 9° na área do perfil 9 (extremo leste do arco praiial). Essa diferença é causada pela energia das ondas incidentes e, localmente pela presença do *beachrocks*, responsáveis pela formação de perfis de praia mais suaves (Figura 67C e J).

A sobreposição dos perfis topográficos durante os 6 anos de monitoramento permitiu observar o comportamento de cada setor da praia (Figuras 70 e 71). Inicialmente, observa-se que o perfil 1 (extremo oeste) é o mais estreito do arco praiial, ao contrário do perfil 5 (centro do arco praiial), que tem se mostrado o mais largo ao longo das estações do ano (Figuras 70 e 71). O perfil 9 (extremo leste) registrou a maior largura em todo o arco praiial (93 metros – inverno 2013); este mesmo setor da praia também se caracterizou por grande variabilidade na largura entre os anos de 2012 e 2018 (Figuras 70 e 71).

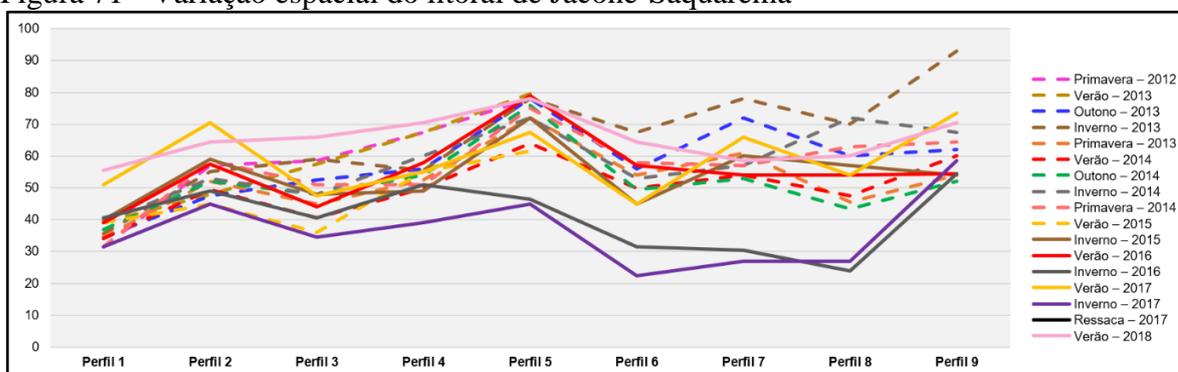
É possível observar que a maior variabilidade apresentada pelos perfis ocorreu em resposta as mudanças nas condições de mar, mais marcantes no inverno de 2016 como resultado do efeito das ressacas ocorridas neste ano (Figuras 67 e 70). O mesmo pode ser observado no ano de 2017, também marcado por grandes ressacas e, consequentemente, por variações mais expressivas entre os perfis topográficos de praia. Este ano foi marcado por grandes ressacas formadas pela influência combinada de um ciclone extratropical e anticiclone de origem polar, que resultou na incidência de ondas de sudeste de até 5 metros de altura. Nota-se também, que apesar do rápido estreitamento da maior parte do arco praiial de Jaconé-Saquarema, a praia obteve uma boa recuperação poucos dias após os eventos de ressaca (Figuras 67, 70 e 71).

Figura 70 - Variação na largura do arco praial de Jaconé-Saquarema entre 2012 e 2018



Fonte: A autora, 2018.

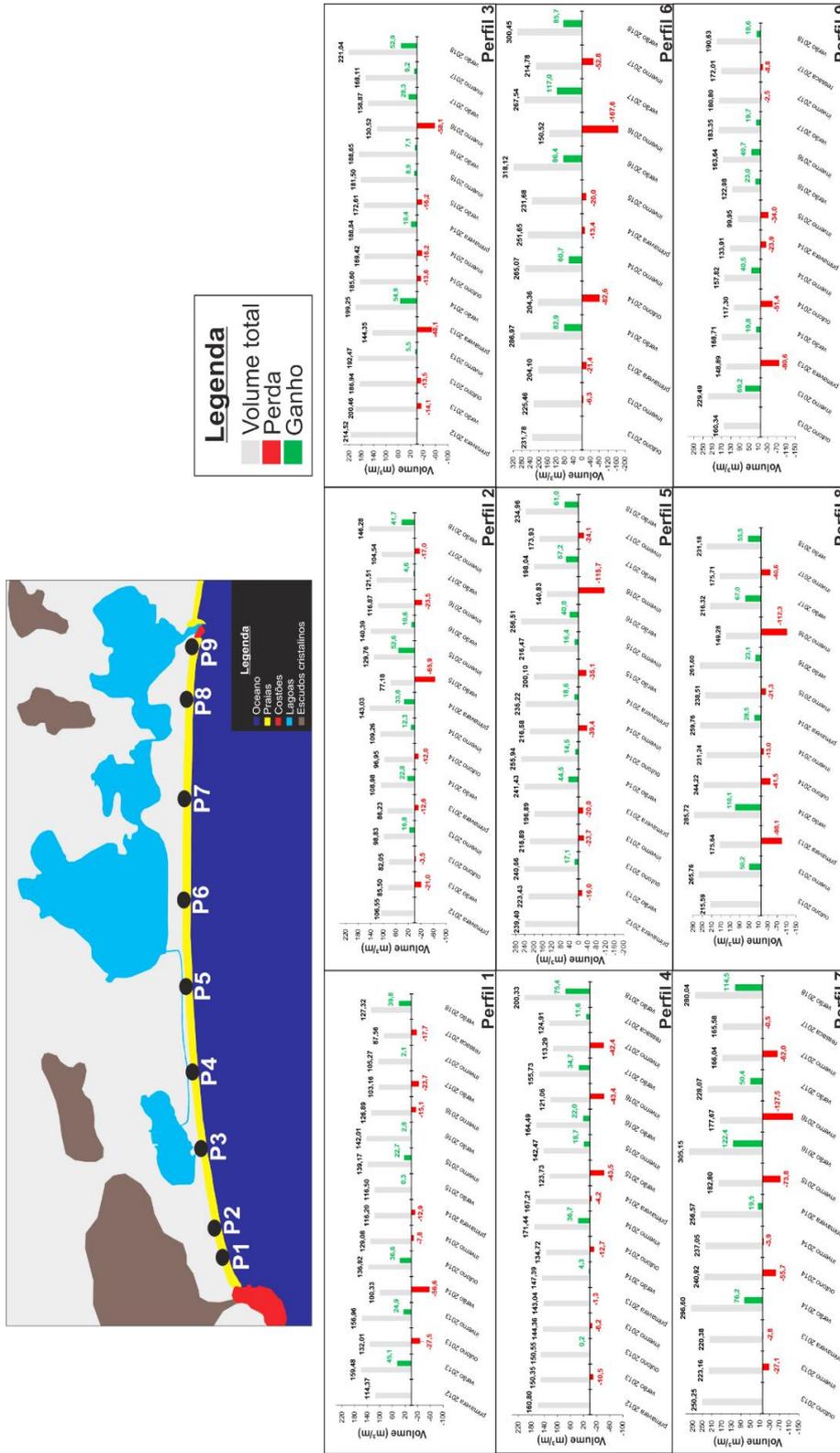
Figura 71 - Variação espacial do litoral de Jaconé-Saquarema



Fonte: A autora, 2018.

Apesar da elevada dinâmica evidenciada pela variabilidade entre os perfis topográficos, entre as estações do ano (Figura 70) e ao longo do arco praial (Figura 71), Jaconé-Saquarema se apresenta, ao que tudo indica, em equilíbrio com as condições ambientais atuais. Os resultados do volume de sedimentos emersos da praia, com base em Birkemeier (1984), também corroboram para esta hipótese (Figura 72). A relação entre ganho e perda de sedimentos entre os anos de 2012 e 2018 é significativa (Figura 72), mas parece indicar a mesma tendência de estabilidade sugerida pelos perfis topográficos de praia (Figuras 67, 70 e 71). A perda de sedimentos nos meses de inverno segue um padrão de rápida recuperação do pacote sedimentar (Figura 72), com destaque para o inverno de 2016 no perfil 6 (centro do arco praial) que, sob condições de mar agitado, apresentou uma perda de 167 m<sup>3</sup>/m, cerca de 52% dos sedimentos pertencentes a parte emersa da praia neste setor. Essa perda é acompanhada por uma recuperação em torno de 77% no monitoramento subsequente. O mesmo comportamento foi observado no verão de 2018 no perfil 7 (centro-leste do arco

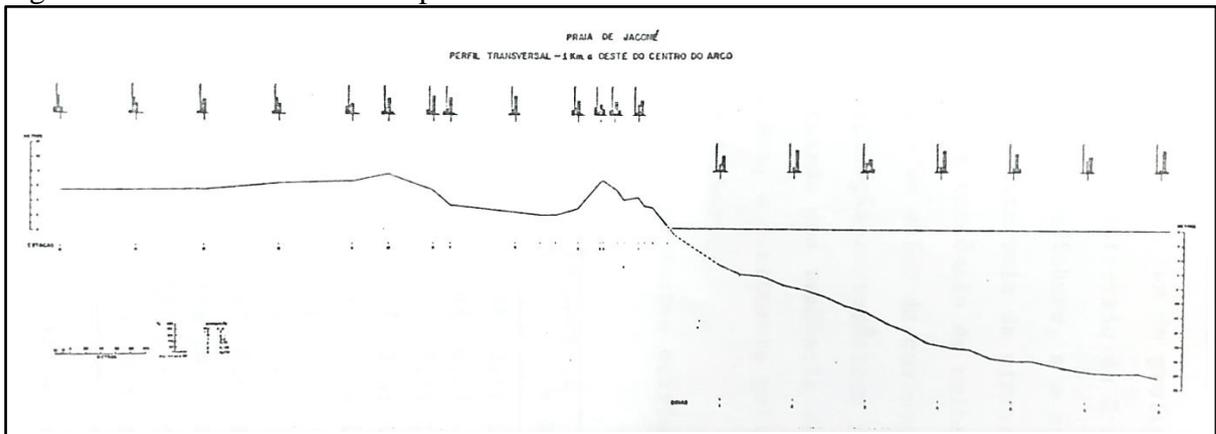
Figura 72 - Volume emerso dos sedimentos do arco praial de Jaconé-Saquarema



Fonte: A autora, 2018.

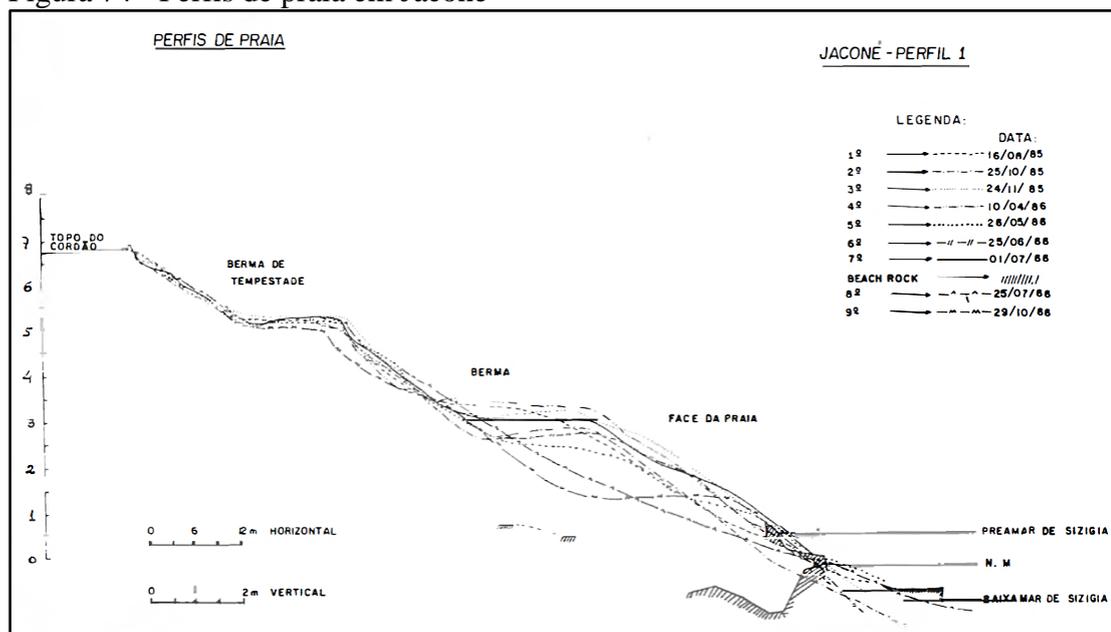
Estudos realizados neste litoral por Muehe (1975; 1979), Ignarra (1989) e Fontenelle e Corrêa (2010) corroboraram com os dados obtidos entre os anos de 2012 e 2018, permitindo compreender o comportamento das praias de Jaconé e Saquarema nas últimas 4 décadas. Dados da década de 1970 mostram que os perfis de praia apresentavam bermas e escarpas bem desenvolvidas, com uma declividade acentuada na frente de praia, em resposta a forma e a energia das ondas. Segundo Muehe (1975; 1979), a praia de Jaconé apresentou um comportamento dinâmico, com variação na morfologia e na altura da berma, nas ondas de alta energia, marcantes pela sua altura e inclinação (Figura 73). Ignarra (1989) observou que, a partir da sobreposição dos perfis, é possível evidenciar uma grande variabilidade topográfica, onde a berma, com altura de 1,5 metro, e a face de praia (definida no presente trabalho como frente de praia) sofreu modificações graças as ondas de alta energia, assim como os *beachrocks*, localizados na região de intermaré, foram encontrados tanto soterrados quanto expostos (Figura 74).

Figura 73 - Perfil transversal da praia de Jaconé



Fonte: MUEHE, 1975.

Figura 74 - Perfis de praia em Jaconé



Fonte: IGNARRA, 1989.

Estudo realizado por Fontenelle e Corrêa (2010), entre os anos de 2008 e 2010, destaca a presença de bermas e escarpas nas praias de Jaconé e Saquarema; a largura média variou entre 62-78 metros (Figura 75; Tabela 6). Essa largura é ligeiramente superior (9-35m) ao verificado entre 2012 e 2018, quando a largura média apresentada por essas praias correspondeu a 50-70 metros nas mesmas áreas (perfis 5, 6 e 7) (Figura 75; Tabela 6). Essa ligeira redução na largura média da faixa de areia emersa da praia na última década (entre 2008 e 2018) é discreta e pode ser resultante da elevada dinâmica deste trecho costeiro. No entanto, faz-se necessário dar continuidade aos monitoramentos neste litoral para que se possa verificar se isso trata de uma redução progressiva da largura da praia, o que poderia representar uma tendência futura de erosão para este sistema costeiro.

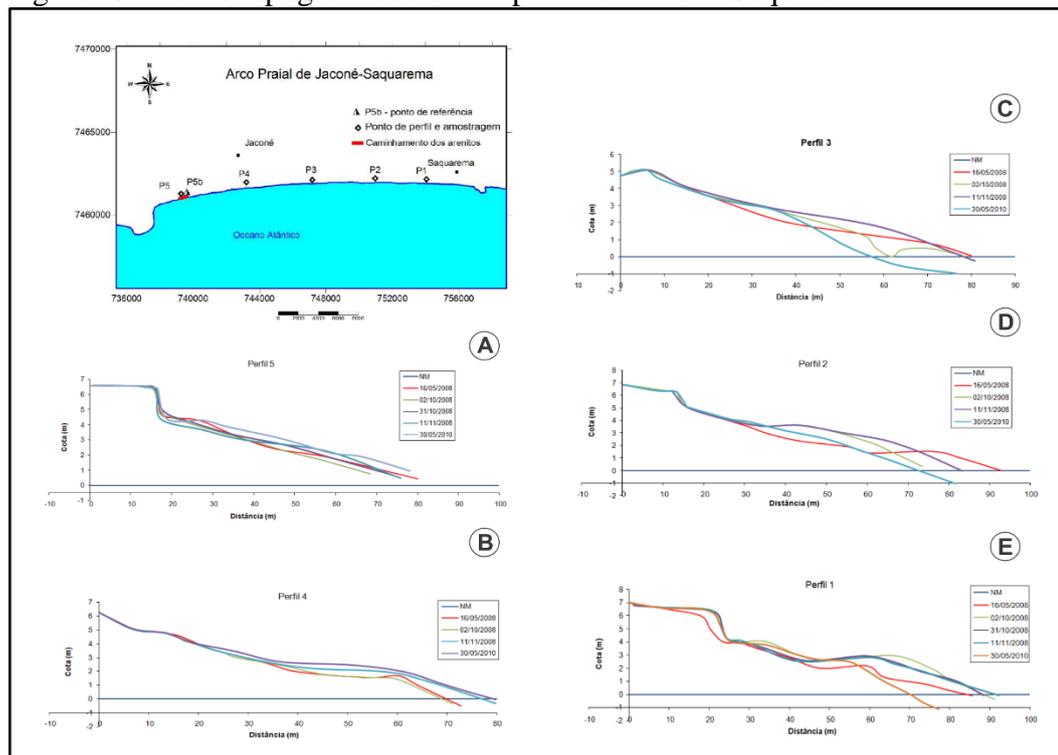
Tabela 8 - Comparação da largura média dos perfis de praia

Pontos de monitoramento	2008 a 2010 (Fontenelle e Corrêa, 2010)	2012 a 2018
Perfil 2	75 m	53.9 m
Perfil 4	76 m	54.6 m
Perfil 5	78 m	70 m
Perfis 6-7	62 m*	50-53 m
Perfil 8	87 m*	52 m

Legenda: \* Largura que representa o início do perfil, mas não o início da praia.

Fonte: FONTENELLE E CORRÊA, 2010 e a autora, 2018.

Figura 75 - Perfis topográficos do arco praial de Jaconé-Saquarema



Fonte: FONTENELLE E CORRÊA, 2010.

Este arco praial exibe características típicas de um estado refletivo, que segundo Wright e Short (1984), destaca-se pela presença de cúspides de praia rítmicos; pelo reduzido estoque de areias, geralmente grossas; por apresentar uma estreita zona de arrebenção, com ondas quebrando próximo à linha d'água e causando maior velocidade de espraiamento. As características quanto a morfodinâmica praial corroboram com o estudo feito por Ferreira (2014), porém contrasta ao que foi descrito por Fontenelle e Corrêa (2010). Segundo eles, a topografia e a granulometria dos sedimentos apontam para um estado intermediário, com a presença de bancos transversais, calha longitudinal e areias finas, estas encontradas somente no setor oeste do arco praial. No entanto, as características que indicam estado refletivo são mais evidentes no arco praial de Jaconé-Saquarema, com a predominância de areia grossa, cúspides de praia e estreita zona de arrebenção, e, efetivamente, se contrapõe com as observações descritas por Fontenelle e Corrêa (2010).

A integração dos dados dos anos de 2012 e 2018 com estudos anteriores, realizados na década de 1970 (MUEHE, 1975; MUEHE, 1979), 1980 (IGNARRA, 1989) e 2008-2010 (FONTENELLE E CORRÊA, 2010), apontam para uma elevada dinâmica deste arco praial, porém, sugestiva de uma condição de estabilidade para este sistema costeiro. Segundo Bird (2008), o conceito de estabilidade ocorre quando há entrada suficiente de sedimentos para equilibrar as perdas episódicas, que ocorrem principalmente nos momentos de maior energia.

A maior frequência de ondas oriundas de sul e sudeste neste trecho do arco praiial contribuem de forma rápida e eficaz para a reconstrução do perfil praiial (MUEHE E CORRÊA, 1989). Essa elevada dinâmica, apresentada pelas praias de Jaconé e Saquarema, evidencia uma característica própria deste tipo de ambiente.

### 3.4 Sedimentação do arco praiial de Jaconé-Saquarema

Os resultados da granulometria de 72 amostras de sedimentos (36 da frente de praia, 36 do pós-praia) das praias de Jaconé (PINTO, 2015), Saquarema (FARIA, 2014), e 6 amostras da barreira arenosa, foram classificados de acordo com Wentworth (1922). Essas análises tornaram possível o conhecimento das frações predominantes e o grau de selecionamento dos sedimentos em cada trecho da praia e sua distribuição ao longo do arco praiial de Jaconé-Saquarema. Além disso, foi possível conhecer o grau de arredondamento, esfericidade e a textura dos sedimentos presentes neste litoral a partir da análise morfoscópica realizada em amostras coletadas na primavera de 2013 (Saquarema) e verão de 2014 (Jaconé).

Os sedimentos das praias de Jaconé e Saquarema são formados predominantemente por cascalho e areia muito grossa no setor oeste, areia grossa a média no setor leste, evidenciando uma ligeira diminuição no tamanho dos grãos nesta direção. Esses materiais são compostos basicamente por areias quartzosas, com presença em menor quantidade de feldspato, minerais pesados, conchas e fragmentos de conchas (PINTO, 2015). *Beachrocks* e cascalhos de diversos tamanhos aparecem principalmente no setor oeste da praia de Jaconé (áreas do perfil 1 e 2), conforme ressaltado por Mansur et al. (2011).

#### ***Perfil 1***

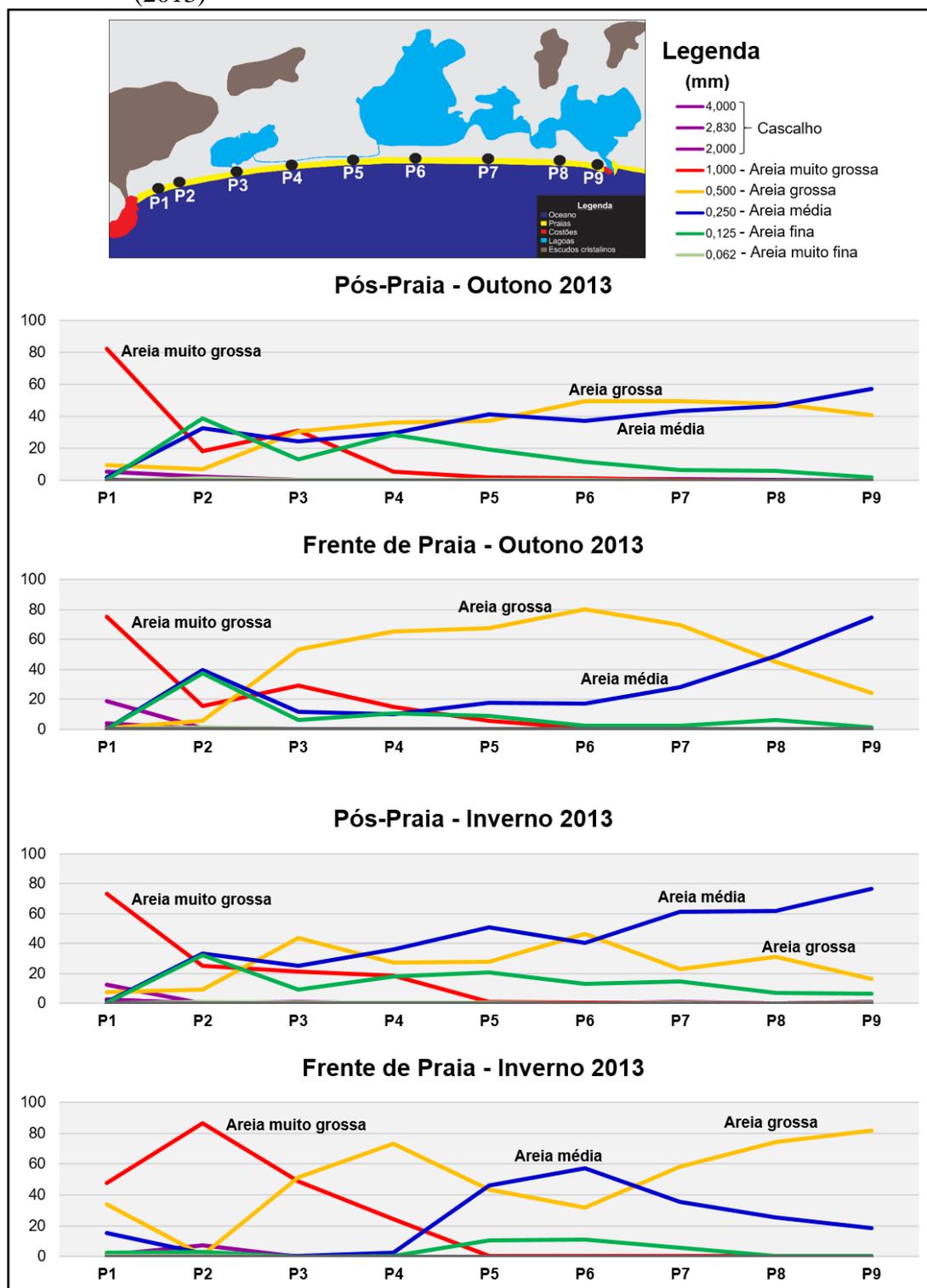
No extremo oeste (perfil 1), os materiais que compõem a praia são constituídos predominantemente de areias quartzosas muito grossas (1,00 mm, 47-87%), com presença de pequenos cascalhos (Figuras 76 e 77). Pequenas quantidades de areia grossa (0,500 mm, 33%) apareceram na frente de praia nas estações de inverno (2013) e verão (2014) (Anexo I). No geral, as areias apresentam-se moderadamente bem selecionadas, tanto no pós-praia quanto na frente de praia (FOLK E WARD, 1957). A análise morfoscópica dos sedimentos da fração predominante, que neste caso corresponde a areia muito grossa (1,00 mm) apresentou grãos com brilho vítreo, arredondados (35% - no pós-praia) a bem arredondados (44% - na frente de

praia), com esfericidade alta (Figura 78; Tabela 7). Isso ocorre em resposta a um maior retrabalhamento dos sedimentos pela intensa energia das ondas incidentes neste trecho da praia.

### ***Perfil 2***

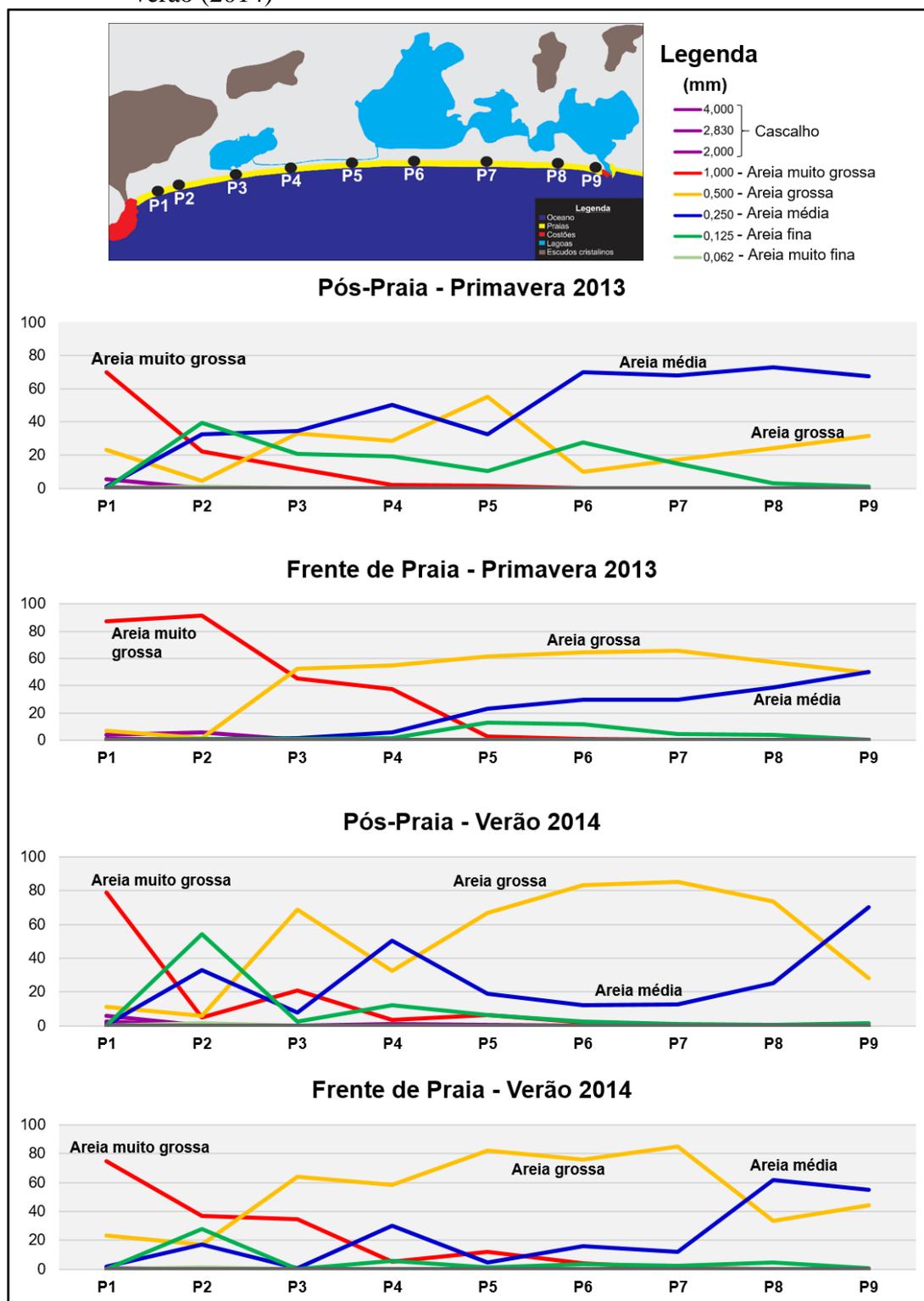
No setor oeste (perfil 2), foram encontrados materiais com granulometria bastante variada, desde areia muito grossa (1,00 mm) a areia fina (0,125 mm). Neste setor, mesmo local onde se encontram os *beachrocks*, foi constatada uma diferença expressiva entre o pós-praia (à retaguarda do *beachrocks*) e a frente de praia, no tamanho dos grãos e no grau de arredondamento dos grãos de quartzo presentes na areia. No pós-praia predominaram areias mal selecionadas (FOLK E WARD, 1957), variando entre fina (0,125 mm, 38-54%) a média (0,250 mm, 33-39%) (Figuras 76 e 77; Anexo I). A fração predominante, 0,125 (areia fina), apresentou sedimentos angulosos (34%) de baixa esfericidade e com textura brilhosa (PINTO, 2015) (Figura 78; Tabela 7). Na frente de praia foram encontradas areias quartzosas muito grossas (1,00 mm, 37-91%), com presença de minerais pesados (Figuras 76 e 77; Anexo I). Esses sedimentos se apresentaram moderadamente selecionados e bem arredondado (52%). Os materiais observados apresentam grau de esfericidade alto e a presença de sedimentos brilhosos é predominante neste trecho do arco praial devido a intensa ação das ondas na frente de praia (FOLK E WARD, 1957) (Figura 78; Tabela 7).

Figura 76 - Granulometria dos sedimentos de praia nas estações de outono e inverno (2013)



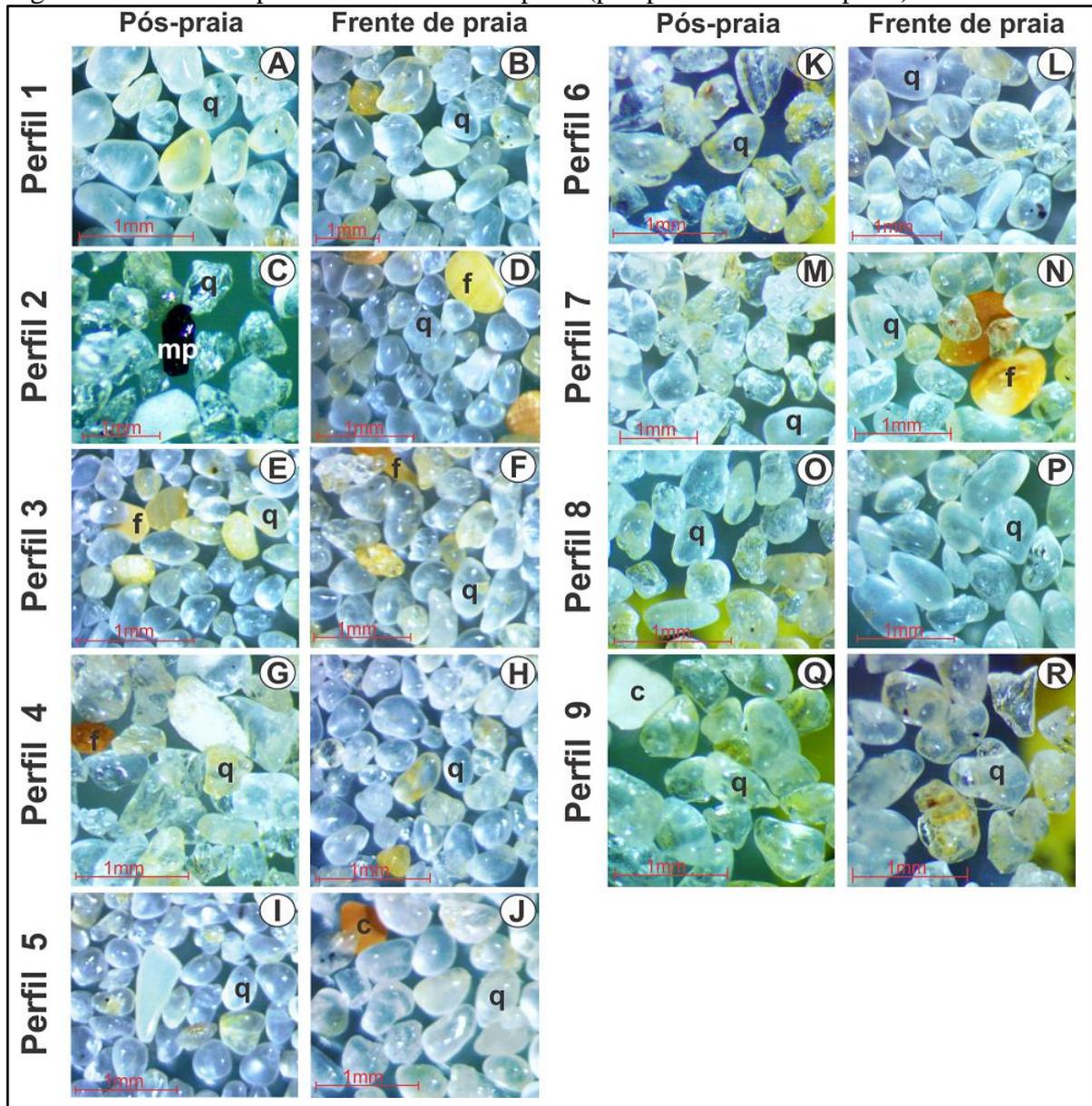
Fonte: A autora, 2018.

Figura 77 - Granulometria dos sedimentos de praia nas estações de primavera (2013) e verão (2014)



Fonte: A autora, 2018.

Figura 78 - Morfoscopia dos sedimentos de praia (pós-praia e frente de praia)



Legenda: Presença de conchas (c), feldspato (f), minerais pesados (mp) e quartzo (q).

Fonte: A autora, 2018.

Tabela 9 - Resultados da análise morfooscópica nos sedimentos das praias de Jaconé e Saquarema

<b>Perfis</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Fração (mm)</b>	<b>Grau de esfericidade</b>	<b>Grau de arredondamento (%)</b>	<b>Composição</b>
<b>Perfil 1</b>	Pós-praia	1,00	Alto	Arredondado (35%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
	Frente de praia	1,00	Alto	Bem arredondado (44%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
<b>Perfil 2</b>	Pós-praia	0,125	Baixo	Anguloso (34%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
	Frente de praia	1,00	Alto	Bem arredondado (52%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
<b>Perfil 3</b>	Pós-praia	0,500	Baixo	Subarredondado (31%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
	Frente de praia	0,500	Baixo	Bem arredondado (31%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
<b>Perfil 4</b>	Pós-praia	0,250	Baixo	Subanguloso (31%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
	Frente de praia	0,500	Alto	Bem arredondado (39%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
<b>Perfil 5</b>	Pós-praia	0,500	Alto	Arredondado (32%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
	Frente de praia	0,500	Alto	Bem arredondado (43%)	Areia quartzosa, feldspato e fragmentos de concha
<b>Perfil 6</b>	Pós-praia	0,250	Baixo	Subanguloso (83%)	Areia quartzosa e feldspato
	Frente de praia	0,500	Alto	Arredondado (66%)	Areia quartzosa
<b>Perfil 7</b>	Pós-praia	0,250	Baixo	Subanguloso (76%)	Areia quartzosa
	Frente de praia	0,500	Baixo	Subarredondado (50%)	Areia quartzosa e feldspato
<b>Perfil 8</b>	Pós-praia	0,250	Baixo	Subanguloso (64%)	Areia quartzosa
	Frente de praia	0,500	Baixo	Arredondado (49%)	Areia quartzosa com óxido de ferro e minerais pesados
<b>Perfil 9</b>	Pós-praia	0,250	Baixo	Subanguloso (63%)	Areia quartzosa
	Frente de praia	0,250	Baixo	Subanguloso (54%)	Areia quartzosa com óxido de ferro

Fonte: A autora, 2018.

### ***Perfil 3***

No centro-oeste do arco praial de Jaconé (perfil 3), os sedimentos encontrados são formados basicamente por areias quartzosas grossa (0,500 mm, 31%) a muito grossa (1,00 mm, 30-43%), com a presença considerável de areia média (0,250 mm, 34%) no pós-praia, e areia grossa (1,00 mm, 53-68%) na frente de praia; ambas moderadamente bem selecionadas. Pequenas quantidades de areia fina (0,125 mm, 2-20%) também foram encontradas neste setor da praia em quase todas as estações (Figuras 76 e 77; Anexo I). A análise morfoscópica da fração predominante de 0,500 (areia grossa) aponta para grãos bem arredondados (na frente de praia, 31%) a subarredondados (no pós-praia, 31%), com baixo grau de esfericidade e materiais brilhosos (Figura 78; Tabela 7).

### ***Perfil 4***

No perfil 4, localizado no centro-oeste do arco praial, foi observado no pós-praia a presença de areias quartzosas grossa (0,500 mm, 27-36%) a média (0,250 mm, 36-50%) (Figuras 76 e 77; Anexo I), moderadamente selecionadas (FOLK E WARD, 1957). Quanto ao grau de arredondamento, foram observados sedimentos subangulosos (31%), com baixo grau de esfericidade e textura brilhosa (Figura 78; Tabela 7). A presença em pequena quantidade de areias finas (0,125 mm, 0,35%) aparece em diversas amostras, possivelmente resultante da ação do vento que as transportaram para este trecho do pós-praia (Figuras 76 e 77; Anexo I). No ambiente da frente de praia predominou areias quartzosas grossa (0,500 mm, 73-54%) seguida de areia muito grossa (1,00 mm, 37%) (Figuras 76 e 77; Anexo I), moderadamente bem selecionadas (FOLK E WARD, 1957). Os sedimentos são bem arredondados (39%), com alto grau de esfericidade e textura brilhosa (Figura 78; Tabela 7). Esta característica é resultante da energia das ondas neste trecho do arco praial, responsáveis pelo retrabalhamento dos sedimentos.

### ***Perfil 5***

O perfil 5, localizado no meio do arco praial, é caracterizado pela homogeneidade envolvendo areias quartzosas grossa (0,500 mm, 55-81%) a média (0,250 mm, 41-50%), moderadamente selecionados, com pequenos registros de areia fina (0,125 mm, 20%), observadas tanto no pós-praia quanto na frente de praia (Figuras 76 e 77; Anexo I). Feldspatos e fragmentos de conchas também foram identificados entre os materiais analisados. A fração 0,500 (areia grossa) é predominante e, portanto, foi escolhida para a morfoscopia. Os sedimentos encontrados no pós-praia são arredondados (32%), apresenta alto grau de

esfericidade e textura brilhosa. Os sedimentos da frente de praia são bem arredondados (43%), com alto grau de esfericidade e predominantemente brilhosas (Figura 78; Tabela 7). Essas características evidenciam a ação das ondas no retrabalhamento desses sedimentos.

### ***Perfil 6***

O perfil 6, localizado no meio do arco praial, apresenta areias quartzosas bastante homogêneas, concentradas nas frações areia grossa (0,500, 43-83%) e média (0,250, 57-69%), moderadamente bem selecionadas na frente de praia e no pós-praia (FOLK E WARD, 1957). Também foram identificadas pequenas quantidades de areia fina (0,125, 27%) nos dois subambientes (Figuras 76 e 77; Anexo I). A ação dos ventos sobre o pós-praia transporta os sedimentos mais finos formando feições do tipo *ripple marks*, mais comuns no meio do arco praial. O grau de arredondamento no pós-praia foi predominantemente subangular (83%), com base na areia média (0,250mm); na frente de praia predominam sedimentos arredondados (66%), tendo por base a areia grossa (0,500). Os sedimentos se apresentaram com um grau de esfericidade alto e baixo (frente de praia e pós-praia, respectivamente), com textura brilhosa, em ambos os subambientes (Figura 78; Tabela 7). As diferenças em relação ao grau de arredondamento podem ser explicadas a partir das diferentes frações analisadas em cada subambiente (areia grossa e média).

### ***Perfil 7***

O centro-leste do arco praial (perfil 7) apresentou areias quartzosas concentradas nas frações grossa (0,500, 49-85%) e média (0,250, 11-67%), moderadamente bem selecionados, conforme Folk e Ward (1957). Areia fina (0,125, 14%) foi encontrada em pequenas proporções no ambiente (Figuras 76 e 77; Anexo I). A morfoscopia aponta para o predomínio de areias subangulares (76%) no pós-praia, com base na areia média (0,250); na frente de praia os sedimentos (areia grossa – 0,500) são basicamente subarredondados (50%); ambos com baixo grau de esfericidade e textura brilhosa (Figura 78; Tabela 7).

### ***Perfil 8***

O setor leste do arco praial (perfil 8) é composto predominantemente por areias quartzosas grossa (0,500, 74-24%) e média (0,250, 25-72%), moderadamente bem selecionados (FOLK E WARD, 1957); com areia fina (0,125, 6%) em pouca quantidade (Figuras 76 e 77; Anexo I). Minerais pesados e quartzo marrom (com presença de óxido de ferro) em pequena quantidade também foram observados neste setor da praia (Figuras 76 e

77). As areias médias do pós-praia (fração predominante) são basicamente subangulares (64%), de baixa esfericidade e com o predomínio de textura brilhosa. Na frente de praia, a areia grossa (0,500) é predominante e apresentou sedimentos arredondados (50%), de baixa esfericidade e textura brilhosa (Figura 78; Tabela 7).

### ***Perfil 9***

O perfil 9, localizado no extremo leste do arco praial, é caracterizado pela presença predominante de areias quartzosas média (0,250, 18-76%), seguida por areia grossa (0,500, 24-81%), moderadamente bem selecionadas (FOLK E WARD, 1957). Areia fina (0,125, 6%) foi encontrada em pequena quantidade (Figuras 76 e 77; Anexo I). Tal como no perfil anterior, feldspatos e grãos de quartzo com óxido de ferro foram observados em pequena quantidade nos sedimentos presentes neste trecho do litoral (Figuras 76 e 77; Anexo I). O grau de arredondamento da areia média é predominantemente subangular (54-63%), com baixo grau de esfericidade e textura brilhosa, tanto no pós-praia quanto na frente de praia (Figura 78; Tabela 7).

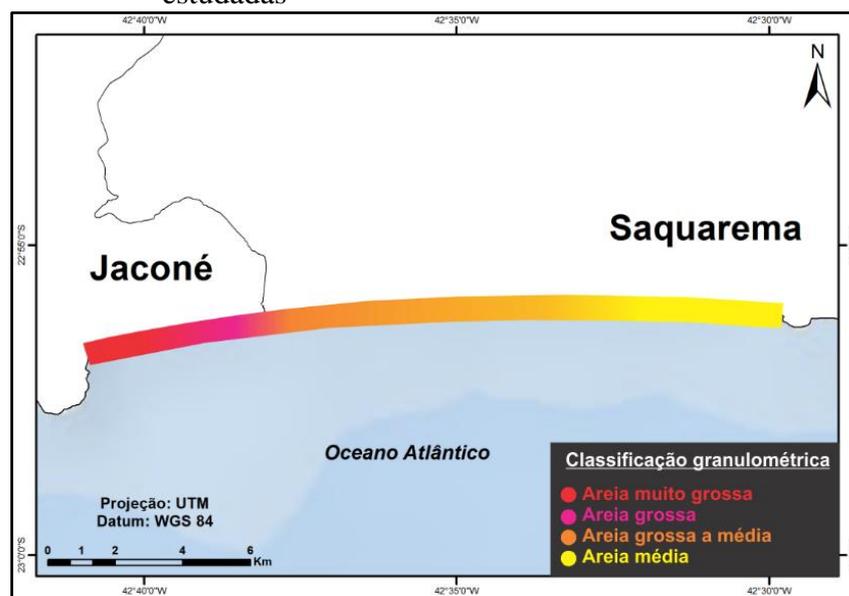
### ***Dinâmica sedimentar do arco praial Jaconé-Saquarema***

O tamanho dos grãos no arco praial estudado diminui de oeste para leste, com o predomínio das frações areia muito grossa a grossa e presença de cascalhos em Jaconé (Figura 79), com diminuição da granulometria em direção a Saquarema, predominando areia grossa e média de melhor selecionamento (Figura 79). Essa ligeira diminuição no tamanho dos grãos de oeste para leste é uma característica marcante neste litoral (Figura 79) e foi observada primeiramente por Muehe (1979) (Figura 79). O padrão de distribuição granulométrica em Jaconé-Saquarema é semelhante ao que foi observado por Silva et al. (2008), Gralato (2013) e Ferreira (2014) entre Itaipuaçu e Ponta Negra (areias muito grossas com presença de cascalhos no extremo oeste; seguida de areia grossa a média nas demais áreas) (Figura 80); entre Niterói e Araruama por Oliveira e Muehe (2013) (Figura 81); e entre o Recreio dos Bandeirantes e a Barra da Tijuca (areias muito grossas no extremo oeste, grossa a média nas demais áreas), por Castro e Coutinho (2007).

Esse mesmo padrão foi também observado no litoral nordeste da Ilha de Santa Catarina (SC), caracterizado pela diminuição no tamanho dos grãos, desde areia grossa a média, em resposta a alta energia das ondas, conforme Horn Filho (2006). Essas diferenças na granulometria dos sedimentos ao longo do arco praial ocorrem devido à relação entre o tamanho dos grãos e o nível de energia cinética das ondas (MUEHE, 1977). Isso é resultante

da interação das ondas de maior energia, incidindo preferencialmente do quadrante sudoeste (especificamente para o litoral do Rio de Janeiro até a Região das Baixadas Litorâneas), que, ao se aproximarem das praias sofrem a influência dos costões rochosos nos extremos deste arco praiar (Serra da Tiririca – Itaipuaçu e de Ponta Negra, na área de estudo e adjacências) e de mudanças na morfologia do fundo (SILVA et al., 2008b; SILVA et al., 2015).

Figura 79 - Granulometria predominante dos sedimentos das praias estudadas



Fonte: A autora, 2018.

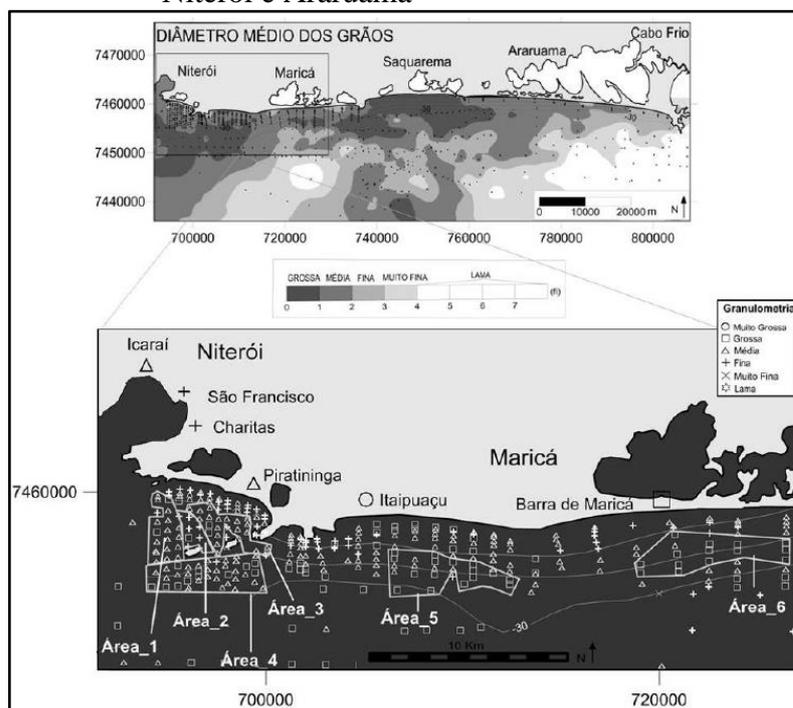
Figura 80 - Mapa de distribuição granulométrica dos sedimentos de praia no litoral



Legenda: Dados de Itaipuaçu (SILVA et al., 2008b), da APA de Maricá (GRALATO, 2013), das praias entre a Barra de Maricá e Ponta Negra (FERREIRA, 2014) e Jacaré e Saquarema (FARIA, 2014; PINTO, 2015).

Fonte: FERREIRA, 2014 e FARIA, 2015.

Figura 81 - Distribuição granulométrica entre os municípios de Niterói e Araruama



Fonte: OLIVEIRA E MUEHE, 2013.

No arco praial de Jaconé-Saquarema as areias são compostas basicamente pelo mineral quartzo, classificadas como bem selecionadas a moderadamente selecionadas, com base em Folk e Ward (1957). Este selecionamento diminui em direção a leste, tanto no pós-praia quanto na frente de praia. Semelhante ao litoral estudado, a Ilha de Santa Catarina (SC) e a praia Porto das Dunas (CE) apresentam as mesmas características quanto ao selecionamento (HORN FILHO, 2006; MARINO et al., 2013). Especificamente no setor oeste do arco praial (perfil 2) foram encontradas areias quartzosas mal selecionadas no pós-praia, o que contrasta com o selecionamento predominante do arco praial. Essa diferença é atribuída a presença dos *beachrocks* na zona de intermaré, que protegem parcialmente a região do pós-praia da intensa energia das ondas incidentes nessa área, ao mesmo tempo em que intensificam a ação das mesmas na frente de praia.

Apesar de funcionar na maior parte do tempo como uma barreira paralela à praia, essas rochas não impedem a troca de materiais entre a porção submersa e emersa da praia. Grandes ondas de tempestades podem atingir o pós-praia e depositar uma quantidade expressiva de sedimentos na retaguarda dos *beachrocks*, como verificado na primavera de 2014 e verão de 2016 por Pinto (2015) e Pinto et al. (2016) (Figura 67). A influência de alinhamentos dos *beachrocks* na sedimentação da praia, como verificado no perfil 2, foi também observada na praia do Porto das Dunas (CE), onde a presença dos *beachrocks* tem contribuído para a

interceptação da energia das ondas incidentes neste local e para o acúmulo de areia fina no pós-praia (MARINO et al., 2013).

Os sedimentos encontrados variaram entre bem arredondado a subarredondado (na frente de praia) e anguloso a subanguloso (no pós-praia). O grau de arredondamento dos materiais da praia é o resultado da atuação direta da energia das ondas e do transporte pelas correntes na praia, conforme Tucker (2003). Diferenças no grau de arredondamento podem ocorrer em função da existência num dado ambiente de materiais provenientes de fontes distintas e/ou com idades variando bastante (TUCKER, 2003). A atuação das ondas de alta energia e das correntes costeiras são mais intensas na frente e face de praia, exceto quando da ocorrência de eventos de ressaca quando estas podem atingir toda a extensão da praia. No pós-praia, soma-se ainda o papel dos ventos no transporte e retrabalhamento de materiais, conforme observado em Saquarema por Faria (2014).

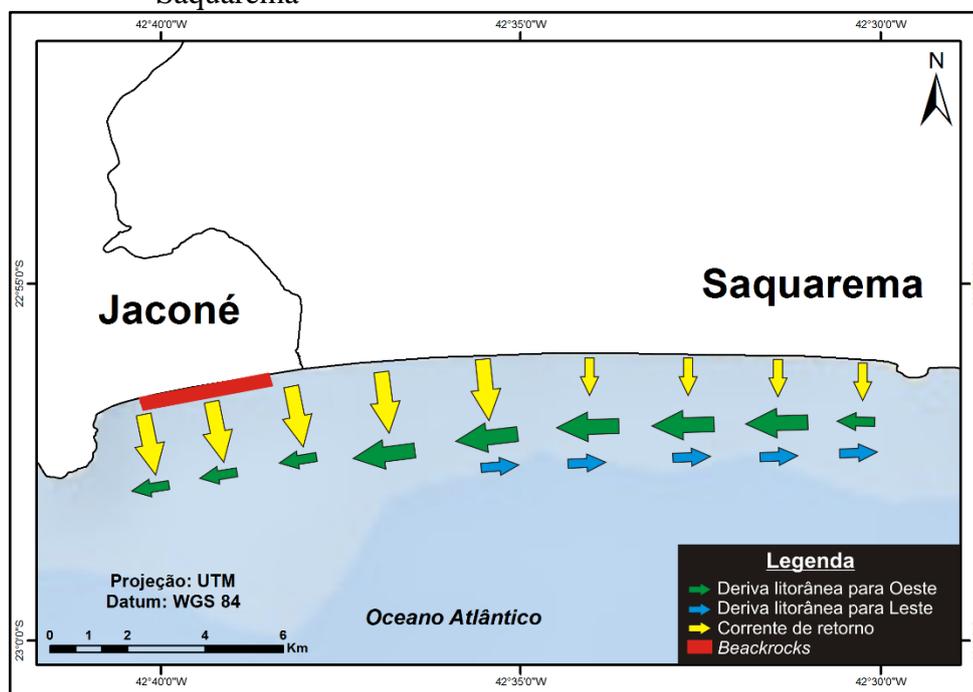
Devido à ausência de grandes rios desaguardo na área de estudo e adjacências, os sedimentos que compõem o arco praial de Jaconé e Saquarema são oriundos em grande parte da plataforma continental interna, conforme ressaltado anteriormente por Muehe (1975), Muehe (1989), Batista et al. (2015) e Gralato (2016). Segundo McLane (1995), sedimentos encontrados com formas predominantemente arredondadas e textura brilhosa são provenientes de ambientes marinhos. A presença dos cordões litorâneos neste litoral funciona como barreiras que impedem a chegada de sedimentos provenientes de contribuição fluvial neste arco praial (MUEHE E CARVALHO, 1993).

O transporte sedimentar ocorre devido à ação conjunta da corrente de deriva litorânea, corrente de retorno, incidência de ondas oriundas de tempo bom (provenientes de sul e sudeste) e de tempestades (provenientes de sul e principalmente de sudoeste), e a presença dos *beachrocks* no setor oeste do arco praial. Juntas, todas essas variáveis são diretamente responsáveis pela dinâmica sedimentar característica dessa região (Figura 82).

A distribuição dos sedimentos ao longo do arco praial através da influência da corrente de deriva litorânea, ao que tudo indica, ocorre preferencialmente em direção a oeste e sob condição de tempo bom, com ondas provenientes de sudeste. A ausência de ilhas ou obstáculos ao longo dos 19 quilômetros de litoral favorece o transporte de areias paralelamente à praia (FONTENELLE E CORRÊA, 2010). Esse mesmo padrão foi detectado também Muehe e Corrêa (1989) em Massambaba. No entanto, durante a ocorrência de ondulações provenientes de sudoeste, a corrente de deriva litorânea tende a se deslocar para leste, acumulando sedimentos momentaneamente nessa direção.

A presença dos *beachrocks* é um dos principais agentes que torna a dinâmica sedimentar tão singular neste arco praial de elevada dinâmica (Figura 82). Este alinhamento de rochas dispostas paralelamente à linha d'água atua como uma barreira na zona de intermaré da praia, permitindo a acumulação de sedimentos mais finos neste trecho. Neste setor do arco praial (perfil 2 – setor oeste) a presença de areias fina a média no pós-praia, mal selecionadas, contrasta com a elevada dinâmica de ondas tão característica do litoral estudado. Os dados aqui apresentados sugerem a contribuição dos *beachrocks* de Jaconé para a acumulação dessas areias na retaguarda dos mesmos, dificultando a atuação da corrente de deriva litorânea para oeste e, conseqüentemente, no transporte de sedimentos para o perfil 1. Em Itaipuaçu, a oeste da área de estudo, a influência dos *beachrocks* na troca de sedimentos entre a porção emersa e submersa da praia foi relatada por Muehe e Ignarra (1987). No entanto, a localização dos mesmos (na zona submarina) e a ausência de areias finas no pós-praia dificultam a comparação entre esses dois trechos costeiros.

Figura 82 - Mapeamento do transporte sedimentar no arco praial de Jaconé-Squarema



Legenda: As setas maiores indicam predominância; as menores, pouca predominância.  
Fonte: A autora, 2018.

### 3.5 Vulnerabilidade do litoral de Jaconé-Saquarema a eventos de tempestades

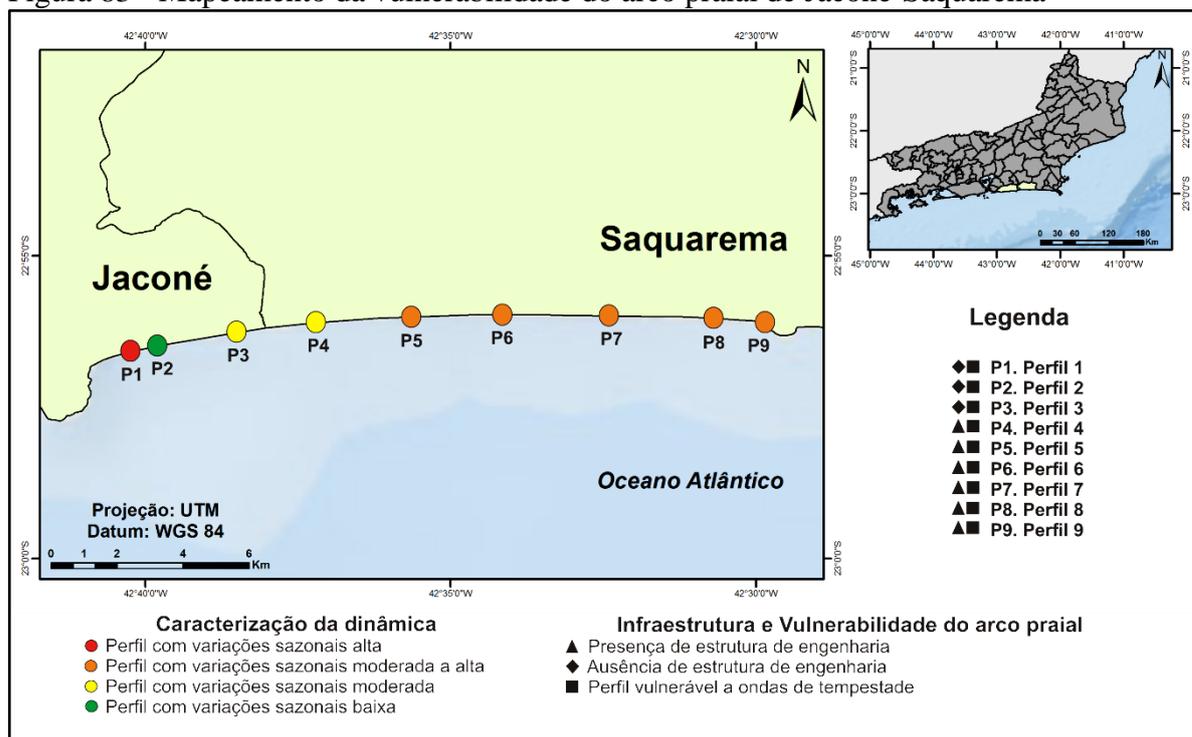
O arco praial estudado, de modo geral, está localizado na região oceânica e sem obstáculos, facilitando a chegada das ondas de tempestade ao ambiente praial. Baseando nisso, observou que o litoral apresentou uma dinâmica distinta ao longo dos seus 19 km. Essa dinâmica é mais intensa no extremo oeste (área do perfil 1), possivelmente devido a influência do costão de Ponta Negra; baixa na porção oeste (perfil 2), devido à presença dos *beachrocks* que protegem a região do pós-praia; moderada na porção centro-leste (perfis 3 e 4); e moderada a alta em direção a leste (perfis 5 a 9). Isso ocorre devido à maior vulnerabilidade às ondas de tempestade desses setores do arco praial de Jaconé, quando comparado às áreas sob influência do *beachrocks* de Jaconé.

O perfil 1, que apresenta as maiores variações sazonais, é o mais vulnerável devido a incidência de ondas que convergem no costão de Ponta Negra e são intensificadas pela refração e difração das ondas. Ondas de tempestade com altura de 3-4 metros são frequentes neste trecho do arco praial (Figura 83). Este trecho foi o que apresentou as maiores variabilidades na largura e morfologia da praia e, conseqüentemente, o mais dinâmico do arco praial. Na parte emersa notou-se um pós-praia estreito, apesar de apresentar um equilíbrio dinâmico durante os 6 anos de monitoramento.

A presença dos *beachrocks* na zona de intermaré (perfil 2) é responsável pelas menores variações dos perfis topográficos da praia comparadas aos demais locais de monitoramento (Figuras 67 e 83). Apesar da proteção exercida pelos *beachrocks* de Jaconé neste trecho, interceptando parcialmente as ondas de tempestade, essas ondas tem a capacidade de remobilizar sedimentos do fundo submerso, transportando-os para a parte emersa e soterrando boa parte dos blocos de rocha.

Os perfis com dinâmica moderada (perfis 3 e 4) e dinâmica moderada a alta (perfis 5 a 9) apresentaram a largura e a morfologia menos acentuada comparada ao perfil 1 (extremo oeste do arco praial) (Figura 83). Por mais que o litoral, como um todo, tenha se mostrado vulnerável as ondas de tempestade, é nítido o aumento da largura da praia em direção a leste. A atuação da deriva litorânea no transporte dos sedimentos é mais evidente entre o centro e o setor leste do arco praial e a ocorrência da transposição de ondas, durante os eventos de tempestade, é mais atuante nesta região, depositando sedimentos sobre a crista da escarpa e no asfalto/estrada.

Figura 83 - Mapeamento da vulnerabilidade do arco praial de Jaconé-Squarema



Fonte: A autora, 2018.

Com a elevada dinâmica tão característica neste arco praial, os problemas existentes (destruição de quiosques, muros, casas e pavimentação) decorrem da vulnerabilidade deste à incidência de grandes ondas (Figura 84). Os eventos de tempestade de alta magnitude tendem a causar danos às obras de engenharia construídas próximo a praia, como relatado por Lins-de-Barros (2005). Ocorrências de transposição de ondas (*overwash*) neste arco praial é comum durante eventos de alta magnitude, onde água e sedimentos são depositados sobre e no reverso da barreira arenosa externa (Figura 85). Em Itaipuaçu e na APA de Maricá, os depósitos de leques de arrombamento são formados sobre a barreira (SILVA et al., 2008b; SILVA et al., 2014, respectivamente), e mostram a necessidade de se evitar construir nas áreas mais dinâmicas e próximo ao limite interno da praia.

No entanto, tal característica é algo bastante comum em diversos litorais, e reflete a falta de planejamento e ordenamento da zona costeira (LINS-DE-BARROS, 2005; MUEHE, 2010; NICOLODI E PETERMANN, 2010, entre outros). Eventos de tempestade ocorridos nos últimos 20 anos têm causado diversos prejuízos para a população local (WEBSTER, 2005). Entre os anos de 2016 e 2018, os episódios de ressacas no litoral do Rio de Janeiro foram mais frequentes, quando comparado com o período entre 2012 e 2015, tornando mais comum a ocorrência de eventos de transposição de ondas e, conseqüentemente, as inundações de casas e estabelecimentos comerciais (Tabela 8). Eventos dessa magnitude nestes dois

últimos anos causou a queda da ciclovia Tim Maia durante uma forte ressaca em abril de 2016 (PORTAL G1, 2016) e uma forte ressaca em agosto de 2017 foi causada pela combinação de dois fenômenos meteorológicos atípicos no Atlântico Sul (CLIMATEMPO, 2017).

Figura 84 - Vestígios de antigos quiosques no limite interno da praia, destruídos em ressacas ocorridas anteriormente



Fonte: SILVA, 2016.

Tabela 10 - Histórico de ressacas no litoral de Jaconé-Saquarema

Ano	Descrição	Fonte
2001	Destruição da Av. Litorânea e quiosques em Saquarema.	André Silva
2008	Ocorrência de <i>overwash</i>	Ecard Junior
2011	Inundação em casas e estabelecimentos; ocorrência de <i>overwash</i> ; vestígios de materiais de construção, lixo e areia de construção em Jaconé.	Fala Jaconé
2016	Destruição de ninhos de tartaruga marinha; ocorrência de <i>overwash</i> ; Areia e lixo pelas ruas em Saquarema.	Prefeitura de Maricá; Saquarema da Depressão
2017	Ondas de 4-5 metros no arco praial; Ocorrência de <i>overwash</i> no arco praial	André Silva

Fonte: A autora, 2018.

Figura 85 - Grande ressaca no litoral de Jaconé-Saquarema



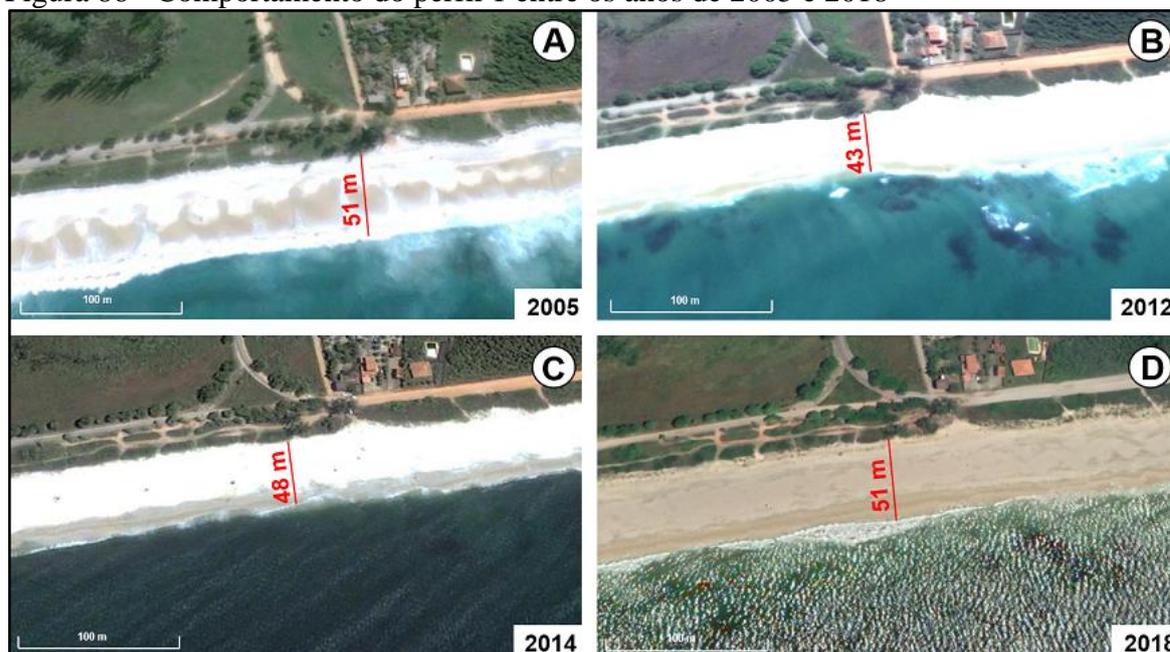
Legenda: (A) Ondas de tempestade incidindo no arco praial de Jaconé e Saquarema (RJ).

(B e C) Transposição de ondas (*overwash*) por sobre a barreira arenosa em Jaconé (RJ).

Fonte: Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-vg0OPn6ajo>>. Acesso em: 15. mar. 2015.

Para Lins-de-Barros e Muehe (2010), Nicolodi e Petermann (2010) e Lins-de-Barros (2017), o litoral de Jaconé-Saquarema é vulnerável a transposição de ondas (variando entre moderada-elevada), com registros de alagamentos, inundações e ressacas entre os anos de 2000 e 2007, ocasionando eventos erosivos de maior magnitude neste trecho. O presente estudo, voltado para o comportamento do arco praial de Jaconé-Saquarema, com base em dados adquiridos entre os anos de 2012-2018, aponta para a elevada dinâmica deste ambiente à chegada de ondas de tempestade que remobilizam sedimentos para o fundo submerso, devolvendo-os imediatamente após as ressacas, permitindo a reconstrução do perfil praial. As mudanças observadas no decorrer dos últimos 6 anos não são aqui interpretadas como característica de erosão, mas sim como resultado de uma dinâmica acentuada, marcada por rápidas mudanças na largura e morfologia da praia. Imagens de satélite entre os anos de 2005 e 2018 também mostram essa variabilidade na largura devido às mudanças repentinas nas condições mar (Figura 86).

Figura 86 - Comportamento do perfil 1 entre os anos de 2005 e 2018



Fonte: Google Earth, 2018.

Porém, faz-se necessário dar continuidade aos monitoramentos neste litoral por um tempo maior. Da mesma forma, ressalta-se a necessidade de um maior gerenciamento costeiro que possa inibir a ocupação das áreas próximas a praia, sujeitas ao alcance das tempestades de maior magnitude, que têm historicamente causado danos às estradas, quiosques, além de inundações em residências, entre outros problemas causados por estes eventos de grande magnitude.

## CONCLUSÃO

A caracterização morfológica e sedimentar da planície costeira de Jaconé-Saquarema apontou para uma geomorfologia bastante descaracterizada, com muitas áreas costeiras completamente modificadas devido a urbanização e ocupação dessas áreas. O intenso crescimento urbano sobre as áreas da barreira arenosa e a instalação de empreendimentos de engenharia no limite interno da praia são os principais fatores que estão alterando a paisagem costeira e com isso, tem se intensificado principalmente em direção as áreas que ainda apresentam uma discreta urbanização (setor oeste da área de estudo).

O arco praial Jaconé-Saquarema é marcada por uma dinâmica distinta ao longo dos seus 19 km de extensão, causada pelas mudanças na energia das ondas que incidem no litoral e devido à presença do costão rochoso que parece contribuir para a convergência de ondas de tempestades no setor oeste. Os monitoramentos da dinâmica do arco praial mostram uma distinta variabilidade dos perfis topográficos de praia nos últimos 6 anos (2012 a 2018), como resultado de uma intensa energia das ondas de tempestades no extremo oeste em Jaconé, diminuindo em direção a leste, até Saquarema; com exceção do perfil 2, considerado o menos dinâmico devido a presença do *beachrock*.

As variações morfológicas mais discretas entre os anos de 2012 e 2015, causadas possivelmente pela influência do El Niño, e as diferenças mais acentuadas nos anos de 2016 e 2018 registraram mudanças mais expressivas entre as estações do ano. A ocorrência expressiva de ressacas nos dois últimos anos provocou uma grande variabilidade na largura e morfologia dos perfis, estes formados principalmente pela influência das ondas de tempestade. Em resposta a este comportamento, o estoque sedimentar na parte emersa da praia mostrou uma boa recuperação após os eventos de ressaca, apontando para a estabilidade deste ambiente.

Os sedimentos que compõem essas praias são constituídos predominantemente por areias quartzosas arredondadas a bem arredondadas, moderadamente selecionadas e apresentam diminuição no tamanho dos grãos de oeste para leste, variando de areia muito grossa a média, respectivamente. O acúmulo de areias finas na área do pós-praia à retaguarda do *beachrock* de Jaconé mostra a importância deste na proteção do litoral, possibilitando o acúmulo de sedimentos com tais características.

A dinâmica acentuada e distinta deste litoral, que varia entre baixa a moderada-alta, é singular e ocorre devido a vulnerabilidade as ondas de tempestade. As ondas, que incidem de

sul, sudoeste e sudeste, esta última registrada nos últimos eventos de ressaca, atingem todo o arco praial, modificando temporariamente a morfologia da praia e, dependendo da sua magnitude, atinge o limite interno deste ambiente e das barreiras arenosas. Com isso, estabelecimentos comerciais, residências, estradas são atingidas com a alta energia das ondas.

A elevada dinâmica deste litoral aliada à existência do *beachrock* de Jaconé, considerado um patrimônio geológico e histórico, reforça a importância de se adotar medidas de gerenciamento costeiro que sejam capazes de garantir o equilíbrio e a preservação desta área, de valor inestimável. Empreendimentos de grande porte como o Terminal de Ponta Negra e o Gasoduto Rota 3, previsto para ser implantado no setor oeste de Jaconé, justamente o mais dinâmico do arco praial, poderão causar impactos significativos neste ambiente.

Além dos empreendimentos, a destruição de estruturas de engenharia ao longo do litoral, em decorrência de eventos de tempestades de grande magnitude, é algo recorrente na área de estudo. Os registros de danos causados por grandes ressacas em Jaconé e Saquarema evidenciam a necessidade de se considerar tais características, que apontam para a vulnerabilidade deste trecho costeiro a eventos de tempestades, o que deve ser levado em consideração no estabelecimento de estruturas e empreendimentos ao longo deste litoral.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, J. The risk society. In: \_\_\_\_\_. *Risk: the policy implications of risk compensation and plural rationalities*. London: UCL Press, 1995. p. 179-195.

ANGULO, R. J.; LESSA, G. C. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, vol. 140, p. 141-166, 1997.

AZEVEDO, F. B. B. *Modelagem da capacidade de suporte da laguna de Saquarema – RJ após a abertura de uma conexão permanente com o mar*. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

BASQUES, M. L. C. L. O meio ambiente em questão: uma análise da arena de debates públicos em Maricá/RJ. *Revista VITAS – Visões Transdisciplinares sobre Ambiente e Sociedade*, ano V, nº 9, p. 1-26, 2015.

BATISTA, A. S. et al. Análise morfooscópica dos sedimentos de ambientes deposicionais no litoral de Maricá, Estado do Rio de Janeiro. *Anais do 14º Simpósio de Geologia do Sudeste, 2015, Campos do Jordão*. A importância dos recursos naturais na economia brasileira, p. 34-38, 2015.

BIAZZI, F. M.; TONELLO, D. *Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) Terminal de Ponta Negra (TPN)*. São Paulo: ARCADISlogis, 88 p, 2014.

BIRKEMEIER, W. A. A user's guide to ISRP: The interactive survey reduction program. *Coastal Engineering Research Center*, Vicksburg, 118 p, 1984.

BIRD, E. C. F. *Coastal Geomorphology: An Introduction*. 2. ed. Inglaterra: Other Wiley Editorial Offices, 2008.

BITENCOURT, D. P.; QUADRO, M. F. L.; CALBETE, N. O. Análise de dois casos de ressaca no litoral da Região Sul no Verão de 2002. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz do Iguaçu/PR, 2002.

BLOTT, S. J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Technical communication. *Earth Surface Processes and Landforms*, nº 26, p. 1237-1248, 2001.

BOGGS JR., S. *Principles of sedimentology and stratigraphy*. 4 ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 662 p, 2006.

BRASIL. Planalto. Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5300.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5300.htm)>. Acesso em: 07 nov. 2018.

CARDONA, O. D. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk management. In:

BANKOFF, G., FRERKS, G., HILHORST, D. (ed). Mapping Vulnerability: *Disasters, Development and People*. London: Earthscan Publishers, 17 p, 2003.

CARTER, R. W. G. *Coastal Environments: An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. 1. ed. London: Academic Press, 1988.

CASTRO, C. M., PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. *Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)*, Rio de Janeiro, vol. 28, nº 2, p. 11-30, 2005.

CASTRO, J. W. A.; COUTINHO, N. M. Erosão e deposição de sedimentos nas praias da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes - Rio de Janeiro. *Anais do XI Congresso da ABEQUA 2007 em Belém - PA*, p. 1-3, 2007.

CASTRO, J. W. A. et al. Rochas de praia (*beachrocks*) da Ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo: Registro Geológico Ímpar da Transição Pleistoceno-Holoceno no Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, vol. 35, nº1, p. 236-241, 2012.

CLIMATEMPO. *Raro anticiclone polar passa pelo Atlântico Sul*. Disponível em <<https://www.climatempo.com.br/videos/video/fDedTbO71-w>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

COE NETO, R., FROIDEFOND, J. M., TURCQ, B. Geomorphologie et chronologie relative des depots sedimentaires recents du littoral bresilien a l'est de Rio de Janeiro. *Bull. Inst. Geól. Bassin d'Aquitaine, Bourdeaux*, vol. 40, p. 67-83, 1986.

COMUNICA BACIA DE SANTOS. Comunicação Bacia de Santos. Disponível em: <<http://www.comunicabaciadesantos.com.br/empreendimento/rota-3.html>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

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

COSTA, E., DOS SANTOS, A., SEABRA, V. Uso de mapa geomorfológico para mapeamento de uso e cobertura da terra no município de Maricá – RJ. *Anais do XI SINAGEO – Geomorfologia: compartimentação de paisagem, processo e dinâmica*. Maringá, PR, 2016.

CIRM. *2º Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II)*. Brasília: MMA, 1997.

DAVIDSON-ARNOTT, R. *Introduction to Coastal processes and Geomorphology*. 1. ed. Londres: Cambridge University Press, 442 p, 2010.

DAVIS, JR.; RICHARD, A. Beach and Nearshore Zone. In: *Coastal Sedimentary Environments*. 3. ed. New York: Springer-Verlag, p. 379-444, 1985.

DAVIS, JR. A. R.; FITZGERALD, D. M. *Beaches and Coasts*. 1. ed. United Kingdom: Blackwell Publishing, 2004.

DHN. *Tábua das marés para o Porto do Rio de Janeiro - Ilha Fiscal*. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

DHN. Serviço Meteorológico Marinho. *Avisos de Mau Tempo*, 2017. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/avisos/avisos.htm>>. Acesso em: 23 out. 2017.

DIAS, J. A. *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos*. Universidade do Algarve, 2004. Faro. Disponível em: <[http://www.oceanografia.ufba.br/ftp/Sedimentologia/Bibliografia/Alverino\\_Dias\\_Analise%20Sedimentar%20Sistemas%20Marinhos\\_2004.pdf](http://www.oceanografia.ufba.br/ftp/Sedimentologia/Bibliografia/Alverino_Dias_Analise%20Sedimentar%20Sistemas%20Marinhos_2004.pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2017.

DIAS, G. T. M.; KJERFVE, B. Barrier and Beach Ridge Systems of the Rio de Janeiro Coast. In: DILLENBURG, S. R.; HESP, P. A. *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers Of Brazil*. Berlin: Springer-Verlag, p. 225-252, 2009.

DONNELLY, J. P. et al. Backbarrier Overwash Record of Intense Storms from Brigantine, New Jersey. *Marine Geology*, vol. 210, p.107-121, 2004.

DOS SANTOS, A. A. B.; COSTA, E. C. P.; SOUSA, R. C. S.; SEABRA, V. S. Aplicação ambiental em geoprocessamento: análise das mudanças de uso e cobertura da terra no município de Saquarema-RJ nos anos de 1984 e 2014. *Anais 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade (21 a 23 de junho 2016)*, 2016.

ECCARD, L. R.; SILVA, A. L. C.; SILVESTRE, C. P. Variações morfológicas nas praias oceânicas de Niterói (RJ, Brasil) em resposta a incidência de ondas de tempestades. *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 10, nº1, pp. 41-55, 2017.

ECONOMIA UOL. *Petrobras prevê iniciar operação do projeto Rota 3 em 2020*. Disponível em <<https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2017/10/25/petrobras-preve-iniciar-operacao-do-projeto-rota-3-em-2020.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

EGLER, C. A. G. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. *Revista Território*, v.1, n.1, p. 31-41, 1996.

EMERY, K. O. A Simple Method of Measuring Beach Profiles. *Limnology and Oceanography*, vol.6, p. 90-93, 1961.

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

FERNANDEZ, G. B.; MUEHE, D. Algumas considerações sobre o efeito do fenômeno El Niño sobre feições costeiras ao longo da costa brasileira. *GEOgraphia*, vol.8, nº15, p. 115-128, 2006.

FERNANDEZ, G. B. et al. Impactos morfológicos e resiliência das praias no litoral do Rio de Janeiro: referência especial a morfodinâmica praial. In: PAULA, D. P.; J. DIAS, A. (orgs.). *Ressacas do Mar: Temporais e Gestão Costeira*. Fortaleza: Editora Premium, 2015. ISBN: 978-85-7924-440-7.

FERREIRA, J. R. *Avaliação do estágio morfodinâmico das praias de Maricá, RJ*. 2014. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

FIGUEIREDO, M. S.; ROCHA, T. S.; FERNANDEZ, G. B. Integração de dados de superfície e subsuperfície da barreira costeira holocênica da Massambaba, RJ. *Anais do XI SINAGEO – Geomorfologia, Compartimentação de paisagem, processo e dinâmica*. Maringá, Paraná, 2016.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, nº 27, p. 3-26, 1957.

FOLK, R. L. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin: Hemphill Publishing Company, 1980.

FONTENELLE, T. H.; CORRÊA, W. B. Gerenciamento e Morfodinâmica Costeira do Arco Praial de Jacaré-Squarema, Estado do Rio de Janeiro. *Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos*. Porto Alegre, 2010. ISBN 978-85-99907-02-3.

FREITAS, B. V.; OLIVEIRA, E. L. Impactos socioeconômicos da construção do complexo portuário-industrial do Açú sobre a população e o território de São João da Barra. *Revista de Geografia – PPGEO/UFJF*, vol.2, nº1, 12 p, 2012.

FRIEDMAN, G. M.; SANDERS, J. E.; KOPASKA-MERKEL, D. C. *Principles of Sedimentology Deposits: stratigraphy and sedimentology*. New York: Macmillan, 792 p, 1992.

GLAESER, J. D. Global distribution of barrier islands in terms of tectonic setting. *The Journal of Geology*, vol.86, nº3, p. 283-297, 1978.

GRALATO, J. C. A. *Variabilidade sazonal da praia na APA de Maricá – RJ*. 2013. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2013.

GRALATO, J. C. A. *Dinâmica de praia e vulnerabilidade às ondas de tempestades do litoral oriental da Ilha Grande (Angra dos Reis - RJ)*. 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2016.

GUIMARÃES, M. B. Mudança e colapso no Litoral Fluminense: os sambaquieiros e os outros no Complexo Lagunar de Squarema, RJ. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, nº 21, p. 71-91, 2011.

HERCULANO, S. Squarema: 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 Squarema (RJ)*, 14 p, 1981.

HORN FILHO, N. O. Granulometria das Praias Arenosas da Ilha de Santa Catarina, SC. *GRAVEL*, nº4, p. 1-21, 2006.

HUFSCHMIDT, G.; GLADE, T. *Vulnerability analysis geomorphic risk assessment*. In: ALCÁNTARA-AYALA, I.; GOUDIE, A. S. (eds). *Geomorphological Hazards and Disaster Prevention*. Cambridge University Press, p. 233-243, 2010.

IGNARRA, S. M. N. *Os arenitos de praia de Itaipuaçu e Jaconé – RJ: origem, idade, distribuição e influência no fluxo de sedimentos*. 1989. 60 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1989.

IRELAND, S. The Holocene sedimentary history of the coastal lagoons of Rio de Janeiro State, Brazil. In: TOOLEY, M. & SHENNAM, I. (eds.). *Sea Level Changes*. Oxford: Brazil Blackwell Ltd, p. 25-66, 1987.

ISLA, F. I. Coastal lagoons. In: PERILLO, G. *Geomorphology and sedimentology of estuaries*. *Marine Geology*, 1. ed., vol. 53, p. 241-272, 1995.

KJERFVE, B. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, D. A. *Estuarine Variability*. New York: Academic Press, pp. 63-81, 1986.

KJERFVE, B.; MAGILL, K. E. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology*, vol. 88, p. 187-199, 1989.

KJERFVE, B. Coastal Lagoons. In: \_\_\_\_\_. *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, vol. 60, p. 1-8, 1994.

KUENEN, H.; PERDOK, W. G. Experimental Abrasion 5. Frosting and Defrosting of Quartz Grains. *The Journal of Geology*, vol. 70, n° 6, p. 648-658, 1962.

LAMEGO, A. R. Restingas na costa do Brasil. *Divisão de Geologia e Mineralogia (DNPM)*, Boletim 96, 92 p, 1940.

LAMEGO, A. R. Ciclo Evolutivo das Lagunas Fluminenses. *Divisão de Geologia e Mineralogia (DNPM)*, Boletim 118, 68 p, 1945.

LAING, A. K. *Guide to Wave Analysis and Forecasting*. Geneva: World Meteorological Organization, 2. ed., n° 702, 1988.

LINS-DE-BARROS, F. M. Risco, Vulnerabilidade Física à Erosão Costeira e Impactos Sócio-econômicos na Orla Urbanizada do Município de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, vol. 6, n° 2, p. 83-90, 2005.

LINS-DE-BARROS, F. M. *Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro*. 2010. 297 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LINS-DE-BARROS, F. M. & MUEHE, D. C. E. H. Avaliação local da vulnerabilidade e riscos de inundação na zona costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. *Quaternary and Environmental Geosciences*, vol. 2, n° 1, p. 55-66, 2010.

- MACARIO, K. D. et al. The marine reservoir effect on the coast of Rio de Janeiro: Deriving  $\delta r$  values from fish otoliths and mollusk shells. *2<sup>nd</sup> Radiocarbon in the Environment Conference*, Debrecen, Hungary, 3-7 July 2017. Radiocarbon 2018, p. 1–18, 2018.
- MAIA, M. C. A. C.; MARTIN, L.; FLEXOR, J. M. Evolução Holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). *Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro, p. 105-118, 1984.
- MALTA, J. V.; ALENCAR, J. W.; OLIVEIRA, C. A.; COUTO, C. Rochas de praia “beachrocks” da Ilha de Cabo Frio – Litoral do Estado do Rio de Janeiro - Sudeste Brasileiro: Gênese e Geocronologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, vol. 18, nº 2, p. 397-409, 2017.
- MANSUR, K. L., RAMOS, R. R. C., GODOY, J. M. O., NASCIMENTO, V. M. R. Beachrock de Jacaré, Maricá e Saquarema - RJ: importância para a história da ciência e para o conhecimento geológico. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 41, nº 2, p. 290-303, 2011.
- MANSUR, K. L. et al. Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro. RJ. In: SCHOBENHAUS, C. & SILVA, C. R. *Geoparques do Brasil: propostas*. Rio de Janeiro: CPRM, p. 689-745, 2012.
- MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S.; HORN FILHO, N. O. Variações granulométricas ao longo da costa da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, vol. 13, nº 3, p. 267-282, 2013.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Fluctuating Holocene Sea Levels in Eastern and Southeastern Brazil: Evidence from Multiple Fossil and Geometric Indicators. *Journal of Coastal Research*. West Palm Beach, Florida, vol. 19, nº 1, p. 101-124, 2003.
- MARTINS, C. A. *Interação geomorfologia e processos de transposição de ondas: praia de Massambaba Leste, litoral do Estado do Rio de Janeiro*. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.
- MCLANE, M. *Sedimentology*. New York: Oxford University Press, 1995.
- MINISTÉRIO DO TURISMO. *IBGE lança mapa da Densidade Demográfica de 2010*. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/governo/2013/10/ibge-lanca-mapa-de-densidade-demografica-de-2010>>. Acesso em 05 nov. 2017.
- MINISTÉRIO DO TURISMO. Rio de Janeiro tem novo mapa turístico. Disponível em: <<http://www.turismo.gov.br/%C3%BAltimas-not%C3%ADcias/6459-rio-de-janeiro-tem-novo-mapa-tur%C3%ADstico.html>>. Acesso em: 02 nov. 2017.
- MORAES, A. C. R.; ZAMBONI, A. 2004. Construindo o conceito de orla marítima. In: *Projeto Orla - Subsídios para um projeto de gestão*. Brasília: MMA e MPO, pp. 7-12.
- MORTON, R. A. & SALLENGER, A. H. JR. Morphological impacts of Extreme Storms on Sandy Beaches and Barriers. *Journal of Coastal Research*, vol. 19, nº 3, p. 560-573, 2003.

MUEHE, D. C. E. H. *Análise Ambiental no Sistema Costeiro Sul-oriental do Estado do Rio de Janeiro*. 1975. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1975.

MUEHE, D. et al. Características Texturais dos Sedimentos de Algumas Praias do Litoral Sul-Oriental do Estado do Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 49, nº 3, p. 435-441, 1977.

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*, vol. 51, nº 3, p. 473-481, 1979.

MUEHE, D.; IGNARRA, S. O Arenito de Praia de Itaipuaçu e sua influência no fluxo de sedimentos. In: Lamego, A. R. (ed.). *Anais do I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES*. Sociedade Brasileira de Geologia. Rio de Janeiro, p. 57-62, 1987.

MUEHE D. Distribuição e caracterização dos sedimentos arenosos da plataforma continental interna entre Niterói e Ponta Negra, RJ. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 19, nº 1, p. 25-36, 1989.

MUEHE, D.; CORRÊA, C. H. T. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos na restinga de Massambaba. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 19, nº 3, p. 387-392, 1989.

MUEHE, D.; CARVALHO, V. G DE. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte dos sedimentos na plataforma continental interna entre a Ponta de Saquarema e Cabo Frio (RJ). *Boletim do Instituto Oceanográfico (online)*, vol. 41, nº 1-2, p. 01-12, 1993.

MUEHE, D.; LIMA, C. F.; LINS-DE-BARROS, F. M. Rio de Janeiro. In: MUEHE, D. *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, pp. 265-296, 2006.

MUEHE, D. Brazilian coastal vulnerability to climate change. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, vol. 5, nº 2, p. 173-183, 2010.

NICOLODI, J. L.; PETERMANN, R. M. Mudanças climáticas e a vulnerabilidade da zona costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, vol. 10, nº 2, p. 151-177, 2010.

NICHOLS, G. Clastic coasts and estuaries. In: *Sedimentology and Stratigraphy*. Chichester: John Wiley & Sons, p. 199-214, 2009.

OLIVEIRA, J. F. DE; MUEHE, D. Identificação das áreas de sedimentos compatíveis na plataforma continental interna para recuperação de praias entre as cidades de Niterói e Macaé - Rio de Janeiro, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, vol. 13, nº 1, p. 89-99, 2013.

OPEN UNIVERSITY, J. H., PORTER, D. L. *Waves, Tides and Shallow-Water Processes*. 2. ed., The Open University, 1999.

PEREIRA, A. J. *Investigação da Estratigrafia da Região Costeira de Maricá – Praia de Itaipuaçu (RJ) – Através do Ground Penetration Radar (GPR)*. 2001. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

PEREIRA, A. J., GAMBOA, L. A. P., SILVA, M. A. M., RODRIGUES, A. R., COSTA, A. A Utilização do Ground Penetrating Radar (GPR) em Estudos de Estratigrafia na Praia de Itaipuaçu – Maricá (RJ). *Revista Brasileira de Geofísica*. Niterói: EDUFF, vol. 21, nº 2, p. 163-171, 2003.

PEREIRA, N. E. S.; KLUMB-OLIVEIRA, L. A. Analysis of the influence of ENSO phenomena on wave climate on the central coastal zone of Rio de Janeiro (Brazil). *Revista da Gestão Costeira Integrada*, vol. 15, nº 3, p. 353-370, 2015.

PERRIN, P. Evolução da Costa Fluminense entre as Pontas de Itacoatiara e Negra, preenchimentos e restingas. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Eds). *Restingas, origens, processos*. Niterói: CEUFF, p. 65-74, 1984.

PETHICK, J. *An introduction to coastal geomorphology*. London: Edward Arnold, 1984.

PETTIJOHN, F. J. *Sedimentary Rocks*. 3. ed. Harper and Row Publishers, 1975.

PINHEIRO, A. B., SILVA, A. L. C., GRALATO, J. C. A., SILVA, T. S. Dinâmica e estabilidade da praia na APA de Maricá (RJ) entre 2008 e 2014. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades*. Teresina, vol. 1, 2015. ISSN: 2236-5311.

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

PINTO, V. C. S. *Morfologia praias e a influência do arenito de praia na distribuição dos sedimentos em Jacaré (Maricá, RJ)*. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

PORTAL G1. *Duas pessoas morrem após desabamento de ciclovia no Rio*. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/04/parte-da-ciclovia-desaba-em-sao-conrado-zona-sul-do-rio.html>> Acesso em: 17 ago. 2018.

RESENDE, M. C. C. M.; SILVA, M. A. M. Dinâmica de formação de cúspides de praia em Icaraí, São Francisco e Charitas - Niterói - RJ. *Atas do 2º Simpósio Geologia do Sudeste - SGB/SP-RJ*, São Paulo, p. 31-32, 1991.

RODRIGUES FRANCISCO, B. H. Ocorrência de Seixos de Arenitos de Praia nos Sambaquis do Moa e da Beirada e a Variação do Nível do Mar no Litoral de Saquarema (RJ). *Anais do Congresso da ABEQUA/SBG*, vol. 5, p. 42-45, 1995.

RONCARATI, H.; NEVES, L. E. *Projeto Jacarepaguá: Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baixada de Jacarepaguá, Município do Rio de Janeiro - RJ*. CENPES, PETROBRAS. DEXPRO, 89 p, 1976.

SANTOS, C. L. DOS; SILVA, M. A. M. DA; SALVADOR, M. V. S. Dinâmica sazonal e os efeitos das ressacas nas praias de Niterói/RJ. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 34, nº 3, p. 355-360, 2004.

SEABRA, V. S. et al. Análise da distribuição espacial das coberturas naturais no litoral leste do estado do Rio de Janeiro – Brasil. *Anais da X Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. Havana: AMA Sello Editorial, vol.1, p. 453-468, 2015.

SILVA, M. A. M.; RESENDE, M. C. C. M.; SANTOS C. L. Um estudo sobre a dinâmica das praias de Niterói (Baía de Guanabara, RJ). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 71(4II), p. 962-967, 1999.

SILVA, A. L. C. *Comportamento Morfológico e Sedimentológico do Litoral de Itaipuaçu (Maricá) e Piratininga (Niterói), RJ, nas últimas três décadas*. 2006. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

SILVA, A. L. C. et al. Retrogradação da Barreira Arenosa e Formação de Leques de Arrombamento na Praia de Itaipuaçu (Oeste de Maricá, RJ). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 9, nº 2, p. 75-82, 2008a.

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*, vol. 38, nº 1, p. 89-99, 2008b.

SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; SANTOS, C. L. Morfodinâmica e a estabilidade da praia de Piratininga, Niterói (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 39, nº 4, p. 684-693, 2009.

SILVA, A. L. C. *Arquitetura sedimentar e evolução geológica da planície costeira central de Maricá (RJ) ao longo do Quaternário*. 2011. 185 p. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

SILVA, F. P.; SEABRA, V. S. O uso do sensoriamento remoto para análise da evolução das manchas urbanas no município de Maricá entre os anos de 1975, 1990 e 2008. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, INPE, 2011.

SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GRALATO, J. C. A.; SILVESTRE, C. P. Caracterização Geomorfológica e Sedimentar da Planície Costeira de Maricá (Rio de Janeiro). *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 15, nº 2, p. 231-249, 2014a.

SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; SOUZA, R. S.; PINTO, M. L. V. The role of beachrocks on the evolution of the Holocene barrier systems in Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, special issue nº 70, p. 170-175, 2014b.

SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GAMBOA, L. A. P.; RODRIGUES, A. R. Sedimentary architecture and depositional evolution of the Quaternary coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 44, p. 191-206, 2014c.

SILVA, T. S., SILVA, A. L. C., PINTO, V. C. S., PINHEIRO, A. B. Morfologia e sedimentologia das praias da Barra de Maricá, Guaratiba, Cordeirinho e Ponta Negra no litoral oriental de Maricá, RJ. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades*. Teresina, vol.1, 2015. ISSN: 2236-5311.

SILVA, M. A. M. et al. Praias da Baía de Guanabara no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, vol. 17, nº 2, p. 205-225, 2016.

SILVESTRE, C. P. *Estrutura interna da barreira holocênica e seus condicionantes geológicos (Maricá – RJ)*. 2013. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

SILVESTRE, C. P. et al. Geomorfologia, Sedimentação e processos atuantes na lagoa de Maricá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, vol. 18, nº 2, p. 237-256, 2017.

SOUZA, C. R. G. et al. Praias arenosas e erosão costeira. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K., (orgs.). *Quaternário do Brasil*. Brasil: Editora Holos, p. 130-152, 2005.

TESTA, P. M. C. et al. Mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da área de entorno do Porto de Maricá RJ: Uma breve análise ambiental sobre os impactos gerados pela implantação do empreendimento. *Anais do 14º EGAL Encuentro de Geógrafos de América Latina - Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos*. Peru, vol. 1, 2013.

TUCKER, M. E. *Sedimentary rocks in the field*. 3. ed.. Chichester: Ed. Wiley, 2003.

TURCQ, B. et al. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems*. Rio de Janeiro, Brazil - série Geoquímica Ambiental, vol. 6. p. 25-46, 1999.

WANG, P.; HORWITZ, M. H. Erosional and Depositional Characteristics of Regional Overwash Deposits Caused by Multiple Hurricanes. *Sedimentology*. vol. 54, p. 545-564, 2007.

WEBSTER, P. J.; HOLLAND, G. J.; CURRY, J. A.; CHANG, H. R. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science* 309 (5742), p. 1844-1846, 2005. DOI: 10.1126/science.1116448

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, vol. 30, p. 377-392, 1922.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology*, vol. 56, p. 93-118, 1984.

ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*. Brasília: MMA, 2008.

## ANEXO – Dados de granulometria do arco praial estudado

Tabela 9 – Granulometria do arco praial de Jaconé-Saquarema

Perfil 1 - Extremo oeste do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	6,21	81,93	9,43	2,02	0,41	0,01	Areia muito grossa
Outono 2013	Frente de praia	24,58	74,94	0,45	0,03	0,01	0	Areia muito grossa
Inverno 2013	Pós-praia	17,63	73,01	7,69	1,03	0,58	0,05	Areia muito grossa
Inverno 2013	Frente de praia	0,76	47,5	33,74	15,31	2,6	0,09	Areia muito grossa
Primavera 2013	Pós-praia	5,98	70,02	23,02	0,91	0,07	0	Areia muito grossa
Primavera 2013	Frente de praia	5,58	87,33	6,97	0,07	0,05	0,01	Areia muito grossa
Verão 2014	Pós-praia	9,58	78,73	11,22	0,45	0,02	0,01	Areia muito grossa
Verão 2014	Frente de praia	0,65	74,57	23,07	1,66	0,05	0	Areia muito grossa
Perfil 2 - Oeste do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	2,37	18,42	6,77	32,59	38,47	1,40	Areia fina
Outono 2013	Frente de praia	0,45	15,51	5,73	39,43	37,57	1,31	Areia média
Inverno 2013	Pós-praia	0	25,21	8,89	33,06	31,92	0,92	Areia média
Inverno 2013	Frente de praia	7,78	86,47	0,68	1,73	3,15	0,19	Areia muito grossa
Primavera 2013	Pós-praia	0,18	22,08	4,54	32,62	39,49	1,08	Areia fina
Primavera 2013	Frente de praia	5,89	91,71	1,46	0,36	0,55	0,03	Areia muito grossa
Verão 2014	Pós-praia	0	4,84	5,81	33,10	54,55	1,70	Areia fina
Verão 2014	Frente de praia	0,01	37,11	16,88	16,9	27,72	1,37	Areia muito grossa
Perfil 3 - Oeste do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	0,86	31,02	30,53	24,21	13,11	0,26	Areia muito grossa
Outono 2013	Frente de praia	0	29,06	53,32	11,40	5,94	0,27	Areia grossa
Inverno 2013	Pós-praia	0,77	21,21	43,77	25,16	8,86	0,23	Areia grossa
Inverno 2013	Frente de praia	0	48,7	51,18	0,11	0	0	Areia grossa
Primavera 2013	Pós-praia	0	11,63	33,03	34,58	20,51	0,25	Areia média
Primavera 2013	Frente de praia	0,02	44,9	52,49	1,69	0,8	0,02	Areia grossa
Verão 2014	Pós-praia	0	20,77	68,90	7,76	2,53	0,04	Areia grossa
Verão 2014	Frente de praia	0	34,62	64,17	0,99	0,22	0,01	Areia grossa
Perfil 4 - Centro-oeste do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	0	5,26	36,19	29,56	28,64	0,35	Areia grossa
Outono 2013	Frente de praia	0	14,7	65,1	9,78	10,3	0,12	Areia grossa
Inverno 2013	Pós-praia	0,1	18,41	27,43	36,13	17,87	0,06	Areia média
Inverno 2013	Frente de praia	0	24,35	73,03	2,44	0,19	0	Areia grossa
Primavera 2013	Pós-praia	0	1,77	28,75	50,13	19,28	0,06	Areia média
Primavera 2013	Frente de praia	0,14	37,48	54,8	5,91	1,66	0,01	Areia grossa
Verão 2014	Pós-praia	1,06	3,67	32,54	50,34	12,24	0,15	Areia média
Verão 2014	Frente de praia	0	5,41	58,24	30,27	6,05	0,03	Areia grossa
Perfil 5 - Meio do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	0	1,98	37,05	41,49	19,34	0,14	Areia média
Outono 2013	Frente de praia	0	5,81	67,56	17,80	8,77	0,05	Areia grossa
Inverno 2013	Pós-praia	0	0,71	27,55	50,99	20,59	0,16	Areia média
Inverno 2013	Frente de praia	0	0,21	43,16	46,2	10,44	0,01	Areia grossa
Primavera 2013	Pós-praia	0	1,37	55,48	32,50	10,62	0,03	Areia grossa
Primavera 2013	Frente de praia	0	2,74	61,2	23,23	12,74	0,09	Areia grossa
Verão 2014	Pós-praia	0,86	6,55	66,90	19,10	6,56	0,03	Areia grossa
Verão 2014	Frente de praia	0	12,24	81,93	4,71	1,11	0,01	Areia grossa

**Legenda:**

AMG – Areia muito grossa

AF – Areia fina

AG – Areia grossa

AMF – Areia muito fina

AM – Areia média

Perfil 6 - Meio do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	0,76	1,21	49,35	37,19	11,34	0,15	Areia grossa
Outono 2013	Frente de praia	0	0,36	80,23	17,11	2,2	0,08	Areia grossa
Inverno 2013	Pós-praia	0	0,34	46,33	40,57	12,71	0,05	Areia grossa
Inverno 2013	Frente de praia	0	0,19	31,56	57,27	10,97	0	Areia média
Primavera 2013	Pós-praia	0	0,02	9,83	69,87	27,64	0,20	Areia grossa
Primavera 2013	Frente de praia	0	1,02	64,4	29,45	11,88	0	Areia média
Verão 2014	Pós-praia	0	1,96	83,18	12,43	2,44	0	Areia grossa
Verão 2014	Frente de praia	0	3,98	76,05	16,14	3,83	0,01	Areia grossa
Perfil 7 - Centro-leste do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	0,71	0,25	49,26	43,04	6,70	0,05	Areia grossa
Outono 2013	Frente de praia	0	0,09	69,43	28,28	2,16	0,04	Areia grossa
Inverno 2013	Pós-praia	0,74	0,06	22,99	61,33	14,81	0,08	Areia média
Inverno 2013	Frente de praia	0	0,32	58,37	35,53	5,78	0	Areia grossa
Primavera 2013	Pós-praia	0	0,04	17,35	67,87	14,61	0,13	Areia média
Primavera 2013	Frente de praia	0	0,05	65,7	29,76	4,49	0	Areia grossa
Verão 2014	Pós-praia	0	0,86	85,42	12,77	0,94	0	Areia grossa
Verão 2014	Frente de praia	0	0,72	85,09	11,92	2,27	0,01	Areia grossa
Perfil 8 - Leste do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	0,2	0,05	47,88	46,11	5,72	0,05	Areia grossa
Outono 2013	Frente de praia	0	0,03	44,97	48,71	6,17	0,12	Areia média
Inverno 2013	Pós-praia	0,01	0,05	31,25	61,85	6,80	0,04	Areia média
Inverno 2013	Frente de praia	0	0,16	74,44	25,24	0,17	0	Areia grossa
Primavera 2013	Pós-praia	0	0,00	24,06	72,85	3,07	0,02	Areia média
Primavera 2013	Frente de praia	0	0,06	57,1	38,94	3,9	0	Areia grossa
Verão 2014	Pós-praia	0	0,26	73,72	25,11	0,90	0	Areia grossa
Verão 2014	Frente de praia	0	0,05	33,53	61,65	4,77	0,01	Areia média
Perfil 9 - Extremo leste do arco praial								
Estação	Subambiente	Cascalho (%)	Areia (%)					Granulometria
			AMG	AG	AM	AF	AMF	
Outono 2013	Pós-praia	0	0,01	40,85	57,08	2,02	0,04	Areia média
Outono 2013	Frente de praia	0	0,01	24,36	74,33	1,29	0,02	Areia média
Inverno 2013	Pós-praia	0,94	0,16	15,97	76,53	6,35	0,07	Areia média
Inverno 2013	Frente de praia	0	0,23	81,56	18,49	0,08	0	Areia grossa
Primavera 2013	Pós-praia	0	0	31,35	67,66	0,99	0	Areia média
Primavera 2013	Frente de praia	0	0,05	49,66	50	0,3	0	Areia grossa
Verão 2014	Pós-praia	0	0,04	28,25	70,02	1,69	0	Areia média
Verão 2014	Frente de praia	0	0,02	44,35	55,08	0,55	0,00	Areia média

**Legenda:**

AMG – Areia muito grossa

AF – Areia fina

AG – Areia grossa

AMF – Areia muito fina

AM – Areia média

Fonte: FARIA, 2014; PINTO, 2015.