

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO – ICHI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**VARIABILIDADE MORFOSEDIMENTAR DO SISTEMA PRAIA
DUNA AO LARGO DO BALNEÁRIO CASSINO – RS NO PERÍODO DE
2006 a 2016**

FABRÍCIO SOARES PORTO

RIO GRANDE
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO – ICHI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



**VARIABILIDADE MORFOSEDIMENTAR DO SISTEMA PRAIA
DUNA AO LARGO DO BALNEÁRIO CASSINO – RS NO PERÍODO DE
2006 a 2016**

FABRÍCIO SOARES PORTO

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA DE OLIVEIRA

RIO GRANDE
2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA INFORMAÇÃO – ICHI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo

**VARIABILIDADE MORFOSEDIMENTAR DO SISTEMA PRAIA
DUNA AO LARGO DO BALNEÁRIO CASSINO – RS NO PERÍODO DE
2006 a 2016**

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, área de concentração Geografia das zonas costeiras e processos relacionados na linha de pesquisa de análise de sistemas naturais e ambientais do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de **Mestre em Geografia**.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ulisses Rocha de Oliveira (Orientador – ICHI/ FURG)

Prof. Dr. Miguel da Guia Albuquerque (IFRS – RIO GRANDE)

Profa. Dra. Elaine Siqueira Goulart (IO – FURG)

Prof. Dr. Éder Bayer Mayer (Suplente - ICHI – FURG)

RIO GRANDE
2016

Geography, geography, geography, geography

Geography, geography, geography, geography

Look at the clouds and some will tell you

What the weather will be tomorrow

Look at the plants that grow in this field

And some will tell you what kind of plants to grow

Observe and learn from the world where you live

You miss too many natural signs

You know how to write a code on a computer

But do you know how to grow vegetables

Geography, geography, geography, geography

Geography, geography, geography, geography

Remember you live on a planet that you act like you don't know it

I am curious, I am curious

Floating in your house because your house is in the river

Not because the planet is changing

You got to know that, you got to know that

You got to know the planet where you live

You got to know the planet where you live

You got to know that, you got to know that

Geography, geography, geography, geography

Geography, geography, geography, geography

AGRADECIMENTOS

Inicialmente é importante agradecer ao título de graduação em Geografia, que possibilitou a ampliação do conhecimento geográfico em específico a busca do mestrado na área, junto ao estudo da geografia física da zona costeira e seus processos relacionados. Sempre me identifiquei com pesquisas no litoral, lugar que apresenta a interface de três ambientes o continental, o marinho e o atmosférico, no qual sempre gosto de passar boa parte do meu tempo. O mestrado é feito de distintas fases, a começar pelas disciplinas que me colocaram contato com o saber geográfico, desde conceitos utilizados, que serviram de referencial, até as metodologias, técnicas e aportes direcionados à busca de resultados e discussões para construir a dissertação que passa a ser a fase da reflexão de colocar em prática o conhecimento adquirido. Na sequência e para finalizar, vem o momento da defesa, no qual devemos apresentar o trabalho que foi produzido durante esta etapa, para obtenção do grau. Com relação aos agradecimentos, primordialmente um especial à minha família, primeiro pelo amor incondicional; segundo, pela educação que me foi concedida, por me constituir enquanto pessoa, sempre incentivando minhas ideias e decisões, pois o amparo e o fortalecimento não existem em outro lugar. Obrigado mãe e pai, sem palavras: vocês são a base do meu equilíbrio; ao meu irmão, pela união e amizade; agradeço a minha tia, pelo suporte nos gráficos e nas estatísticas e à avó, pelos almoços na correria do dia a dia. Amo vocês. Um agradecimento especial ao meu amigo e orientador, Ulisses Rocha de Oliveira, pelo conhecimento, organização e dedicação transmitidos para a elaboração desta dissertação, que botou a canhoto para funcionar! Obrigado aos estudantes com quem pude ter contato, sejam pelas conversas nos corredores, vivências em sala de aula, atividades de campo, provas, trabalhos, etc. Aos amigos Léges, Natali, João, Bruno, Silvana, Istael, Tuana, Gian e todo o restante, com quem pude desenvolver o conhecimento geográfico. À turma de 2014 de mestrado, a todo o corpo docente da FURG, pelo conhecimento e atenção dedicados para esta escrita: professores César Martins, Solismar Martins, Rossana Telles, Éder Maier; professores de outros institutos: Glauber Acunha e Lauro Calliari, por cederem o laboratório de sedimentologia para tratar as amostras junto com a técnica responsável. Gostaria de agradecer ao pessoal do IFRS – Rio Grande, em especial ao professor Miguel Albuquerque e ao Seu João, grande técnico de geoprocessamento e pessoa muito boa de trabalhar; obrigado pelos levantamentos topográficos e ensinamentos passados. Ao Deivid Leal Alves, professor e também colega de mestrado na Geografia, com quem pude trocar algumas experiências sobre perfis topográficos. Ao pessoal do laboratório de Geomorfologia, à minha prima meio uruguaia Carol, valeu pela amizade, conhecimentos femininos e experiências do mestrado; à Karine “vamo simhora” georreferenciar; ao Guilherme, esse já nasceu topógrafo; ao Rodrigo, pelas experiências trocadas e pelos campos executados e, finalizando, agradecer à CAPES, pela bolsa de mestrado. Como diz Fernando Pessoa, “O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”. Desse modo, meus francos agradecimentos a todos que fazem e fizeram parte da minha vida enquanto ser humano. Que este momento possa ser compartilhado com todos vocês, na especialidade de cada um.

Good Vibes!!!!!!

RESUMO

Esta dissertação analisou a variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino - RS, localizado na planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, buscando inferir sobre processos costeiros físico-naturais e atividades antrópicas atuantes. O período analisado foi de 2006 a 2016. A área de estudo apresenta 19 km, onde foram coletados dados em 20 trechos, a cada quilômetro. Foi realizado levantamento topográfico e utilizada uma base cartográfica para análise qualitativa e quantitativa dos seguintes parâmetros morfométricos: orientação da linha de costa e dos perfis, largura da praia, deslocamento da linha d'água, deslocamento do limite praia duna, largura e altura do campo de dunas e das dunas frontais, declividade da praia e da face praial. Adicionalmente foi analisado a granulometria da face da praia e a altura de onda na praia em três eventos de alta energia. Os resultados mostram uma praia com presença de reentrância próxima aos molhes, sob sua influência, como no caso dos trechos do 1 ao 3, sendo nos demais um pouco mais retilínea. A largura da praia é variável espacialmente. Por exemplo, foi de 26,19 m no segmento 13 e 162,17 m no segmento 1 numa mesma imagem aérea analisada. A declividade da praia foi baixa, variando de $1,32^\circ$ (perfil 17) a $2,66^\circ$ (perfil 2). A granulometria da praia em geral é composta por areia fina (classe modal de $2,75\Phi$), sendo que apenas o perfil 5 apresentou areia muito fina devido à presença de depósito de lama na face praial no período da coleta. No entanto, houve mais locais com presença de lama (perfil 4 a perfil 13). A energia de onda foi baixa nos segmentos 1 e 2, aumentando gradativamente até o 4, como resultados da proteção que a mesma sofre dos Molhes. Já no segmento 5 a energia de onda apresentou diminuição significativa. Do segmento 11 para o sul da praia a energia de onda foi alta. Há presença de dunas frontais, podendo chegar a 90 m de largura e passar de 5 m de altura e em alguns trechos há presença de dunas embrionárias que não chegam a 2 m de altura. Em relação às alturas das dunas frontais o perfil 6 foi o maior, com 5,5 m enquanto nos perfis mais ao sul tiveram seu topo em 4,2 m no perfis 19 e 20. As menores alturas foram nos perfis 16 e 17 com 2,4 m. A altura do campo de dunas oscilou entre 3,5 a 7,2 metros. A largura do campo de dunas foi crescente entre os trechos 1 e 2 e 3 e 4, onde são mais largos. A partir do trecho 5 decresce bastante, pois nessa extensão inicia a área urbana, já no trecho 13 os valores são crescentes. Do trecho 14 ao 20 as dunas são mais largas. É possível afirmar que este sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino apresentou-se influenciado diretamente por atividades antrópicas, principalmente pelas obras dos Molhes da Barra (1 ao 4) e a realização das dragagens periódicas (4 ao 13). Logicamente há também a influência direta dos processos costeiros físico-naturais, atmosféricos e meteorológicos que auxiliam essa deposição constante de sedimentos (areias e depósitos lamíticos).

ABSTRACT

This dissertation analyzed the morphosedimentary variability of the beach dune system off the Cassino resort - RS, located in the coastal plain of the State of Rio Grande do Sul, seeking to infer about physical-natural coastal processes and active anthropic activities. The period analyzed was from 2006 to 2016. The study area presents 19 km, where data were collected in 20 stretches, each kilometer. A topographic survey was carried out and a cartographic base was used for qualitative and quantitative analysis of the following morphometric parameters: orientation of the coastline and profiles, width of the beach, displacement of the water line, displacement of the beach dune boundary, width and height of the field of dunes and the frontal dunes, slope of the beach and the beach face. Additionally, the granulometry of the beach face and the wave height at the beach were analyzed in three high energy events. The results show a beach with presence of reentrancy close to the piers, under its influence, as in the case of stretches from 1 to 3, being in others a little more rectilinear. The width of the beach is variable spatially. For example, it was 26.19 m in segment 13 and 162.17 m in segment 1 in the same aerial image analyzed. The beach slope was low, ranging from 1.32° (profile 17) to 2.66° (profile 2). The granulometry of the beach in general is composed of fine sand (modal class of 2.75Phi), and only profile 5 presented very fine sand due to the presence of mud deposit on the beach face during the collection period. However, there were more sites with presence of mud (profile 4 to profile 13). The wave energy was low in segments 1 and 2, gradually increasing to 4, as a result of the protection that it suffers from the Piers. In segment 5, the wave energy presented a significant decrease. From segment 11 to the south of the beach the wave energy was high. There is presence of frontal dunes, being able to reach 90 m of width and to pass of 5 m of height and in some stretches there are presence of embryonic dunes that do not reach 2 m of height. In relation to the heights of the frontal dunes, profile 6 was the largest, with 5.5 m while in the southern profiles they had their top in 4.2 m in profiles 19 and 20. The lowest heights were in profiles 16 and 17 with 2 , 4 m. The height of the dune field ranged from 3.5 to 7.2 meters. The width of the dune field was increasing between sections 1 and 2 and 3 and 4, where they are wider. From section 5 decreases a lot, because in this extension starts the urban area, already in section 13 the values are increasing. From stretches 14 to 20 the dunes are wider. It is possible to affirm that this beach dune system off the Cassino resort was directly influenced by anthropic activities, mainly by the works of the Molhes da Barra (1 to 4) and the periodic dredging (4 to 13). Of course there is also the direct influence of the physical-natural, atmospheric and meteorological coastal processes that aid in the constant deposition of sediments (sands and lamitic deposits).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autor.....	5
Figura 2: Variabilidade da barreira Holocênica na Província Costeira do Rio Grande do Sul. Fonte: Dillenburg <i>et al.</i> (2009).....	11
Figura 3: Setores de uma praia arenosa em perfil. Fonte: HOEFEL (1998).	17
Figura 4: Estágios morfodinâmicos de praias arenosas oceânicas segundo Wright & Short (1984). Fonte: Calliari <i>et al.</i> , (2003).....	19
Figura 5: Dinâmica de interação do sistema praia duna. Fonte: (HESP, 2000).	23
Figura 6: Gráfico de orientação dos vinte perfis topográficos medidos. Fonte: Autor.	29
Figura 7: Mosaicos da área de estudo – Balneário Cassino para 27/2/2006, 01/5/2014 e 18/6/2015 localizando os perfis topográficos feitos em campo e os segmentos coletados nas imagens. Fonte: Autor.	31
Figura 8: Gráfico de orientação da linha da costa nos 19 Km analisados. Fonte: Autor.	36
Figura 9: Largura da praia ao longo dos vinte trechos analisados através de imagens aéreas (2006, 2014 e 2015) e perfis topográficos (2015). Fonte: Autor.....	37
Figura 10: Série temporal da posição das feições identificadas nas imagens: linha d'água (LP), em vermelho; banco interno (B1), em verde; banco intermediário (B2), em azul; e banco externo (B3), em preto. Fonte: Goulart & Calliari, 2013.	38
Figura 11: Deslocamento do limite praia duna entre 2006 e 2014 e entre 2014 e 2015. Fonte: Autor.	39
Figura 12: Deslocamento da linha d'água entre 2006 e 2014 e entre 2014 e 2015. Fonte: Autor.	40
Figura 13: Declividade da praia e da face praial nos vinte perfis topográficos. Fonte: Autor.	43
Figura 14: Histograma de frequência simples das amostras do perfil 1 ao 10. Fonte: Autor, elaborado no programa (SYSGRAN 3.0).....	46
Figura 15: Histograma de frequência simples das amostras do perfil 11 ao 20. Fonte: Autor, elaborado no programa (SYSGRAN 3.0).....	47
Figura 16: Diâmetro médio e mediana dos grãos na face praial. Fonte: Autor.	48
Figura 17: Desvio padrão do tamanho do grão. Fonte: Autor.	48
Figura 18: Modelo de previsão de ondas em águas rasas extraído do site com os respectivos valores conforme os dias 20 e 25/8/2015 e dia 27/3/2016. Fonte: © 2000 - 2016 www.windguru.cz.....	49
Figura 19: Altura estimada de arrebentação de onda (Hb) para os três eventos. Fonte: Autor.	50
Figura 20: Largura do campo de dunas ao longo dos vinte segmentos. Fonte: Autor.	52
Figura 21: Gráfico com largura das dunas frontais. Fonte: Autor.	53
Figura 22: Altura do campo de dunas ao longo dos vinte perfis topográficos. Fonte: Autor ..	54
Figura 23: Altura das dunas frontais ao longo dos vinte perfis topográficos. Fonte: Autor	55
Figura 24: Mosaico secção norte da praia do Cassino, entre os perfis 1 e 4, mostrando a maior endentação da praia e a presença de dunas preservadas. Fonte: Autor, usando imagens <i>Google Earth™ Pro</i> no <i>Quantum Gis</i>	56
Figura 25: Mosaico da secção central em 2006, 2014, 2015 com os perfis coletados em 2015. Fonte: Autor, usando imagens <i>Google Earth™ Pro</i> no <i>Quantum Gis</i>	57

Figura 26: Mosaico da secção sul em 2006 e 2015 com localização dos perfis coletados em campo em 2015. Fonte: Autor, usando imagens *Google Earth™ Pro* no QGis.58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produções científicas selecionadas para análise de acordo com o ano da área de estudo, autores, título e tipo de produção e tema apresentado, em ordem cronológica.	25
Tabela 2: Pontos (GPS) das coordenadas geográficas de vinte pontos de controle ao longo de 19 km para posterior coleta de dados topográficos.	27
Tabela 3: Planilha com cálculo da declividade da praia.....	42
Tabela 4: Planilha com cálculo da declividade da face praial.	43
Tabela 5: Planilha com parâmetros estatísticos das amostras representativas coletadas na face praial.	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC	Autarquia do Balneário Cassino
CNES	<i>Centre National d'Études Spatiales</i> - Centro Nacional de Estudos Espaciais
CM	Coroa da Mariana
DLA	Deslocamento Linha d'Água
DLPD	Deslocamento Limite Praia Duna
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
GPS	<i>Global Positioning System</i> - Sistema de Posicionamento Global
ENE	Ondulações e vagas de Leste-NordesteNE
GSD	<i>Ground Sample Distance</i> - Distância Correspondente do Terreno
Hb	Altura da onda na arrebentação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFRS	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
Yb	Largura da Praia
LDF	Largura Dunas Frontais
LCD	Largura Campo de Dunas
N	Vento Norte
NEMA	Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental
NE	Vento Nordeste
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
P	Perfil topográfico
RN	Referência de Nível
RTK	<i>Real Time Kinematic</i> - Cinemática em tempo real
S	Vento Sul
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SEC	Secretaria Especial do Cassino
SEP	Secretaria Especial de Portos
SW	Vento Sudoeste
T	Período de Onda
TIFF	<i>Tagged Image File Format</i> - Formato de arquivo raster
TR	Amplitude de maré
UTM	<i>Universal Transverse Mercator coordinate system</i> - Sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator
ZC	Zona Costeira

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	11
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
3.1 Localização da área de estudo	5
3.2 Condicionantes naturais	5
3.2.1 Clima regional	6
3.2.2 Processos oceânicos.....	7
3.2.3 Descarga estuarina.....	8
3.3 Geologia e geomorfologia regional	9
4. REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 Geomorfologia costeira.....	13
4.2 Processos costeiros condicionantes	13
4.2.1 Marés, ondas e correntes de deriva litorânea.....	14
4.2.2 A ação eólica sobre o relevo costeiro	15
4.3 Praias arenosas oceânicas	16
4.3.1 Setores praias.....	17
4.3.2 Tipos de praia	18
4.4 Dunas costeiras	20
4.5 Sistema praia duna	22
4.6 Atividades humanas que modificam a paisagem costeira	23
5. MATERIAIS E MÉTODOS	25
5.1 Revisão bibliográfica para levantamento de dados.....	25
5.2 Análise morfológica.....	26
5.2.1 Levantamento de perfis topográficos	26

5.2.2	Utilização de técnicas de geotecnologias	30
5.3	Caracterização granulométrica.....	32
5.4	Caracterização da altura de onda na praia em eventos de alta energia	34
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
6.1	Parâmetros morfossedimentares da praia.....	35
6.1.1	Orientação da linha de costa (α)	35
6.1.2	Largura da praia (Y_b)	36
6.1.3	Mobilidade da linha de costa	38
6.1.3.1	Deslocamento Limite Praia Duna	39
6.1.3.2	Deslocamento da Linha d' Água	40
6.1.4	Declividade da praia e da face praial	42
6.1.5	Granulometria da praia	44
6.1.6	Atenuação de energia de onda na praia	49
6.2	Parâmetros morfossedimentares das dunas.....	52
6.2.1	Largura do Campo de Dunas.....	52
6.2.2	Largura das Dunas Frontais.....	53
6.2.3	Altura máxima das dunas	54
6.2.4	Variabilidade morfológica das dunas	55
6.3	Influência antrópica no sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino	58
6.3.1	Construção e ampliação dos Molhes da Barra e dragagens	58
6.3.2	Urbanização.....	60
6.3.3	Plano de manejo dunar	61
6.3.4	Veículos automotores na faixa de praia	62
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	APÊNDICE A	77

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Decreto nº 5.300/2004, a zona costeira brasileira corresponde ao espaço geográfico de interação entre o ar, o mar e a terra, incluindo seus recursos renováveis ou não e abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre (BRASIL, 2004). A Constituição Federal, no parágrafo 4º Art. 225, define “Zona Costeira” como patrimônio nacional, cuja utilização se dará na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais (Regulamento: Medida Provisória nº 2.186-16, de 23/8/2001). Para Muehe (2003), o ambiente costeiro é composto por um complexo sistema de interações entre os elementos marinhos, continentais e atmosféricos, uma zona de confluência de diferentes forças, na qual se inserem as praias arenosas oceânicas e as dunas costeiras e seus processos de interação.

As praias arenosas ocorrem em todas as linhas de costa onde haja disponibilidade de carga e um agente que a transporte. Segundo Short (1999), as praias arenosas oceânicas são corpos de sedimentos arenosos não coesivos e inconsolidados sobre a zona costeira. Constituem um dos ambientes mais ativos da zona costeira, sendo considerados sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis, que constantemente se ajustam a flutuações dos níveis de energia locais e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos (HOEFEL, 1998). A evolução desse ambiente é marcada pela dinâmica de ondas, ventos, marés, correntes que transportam sedimentos, remodelando frequentemente as feições das praias, atreladas também às intempéries climáticas e às ações humanas. Para Masselink e Hughes (2003), são depósitos de areia ou cascalho, gerados pelas ondas e encontrados em costas marinhas, lacustres e estuarinas.

As dunas costeiras formam-se à retaguarda das praias arenosas e sua extensão está relacionada à magnitude dos aportes sedimentares (SHORT & HESP, 1982). Para Shermann (1995), as dunas costeiras são ambientes extremamente dinâmicos e reagem a mudanças ambientais em diversas escalas de tempo e de espaço. A dinâmica do sistema de dunas representa a integração de um conjunto de processos geomorfológicos e respostas sedimentares sobre períodos particulares de tempo. Para Cordazzo e Seeliger (1995), as dunas costeiras, mais precisamente as frontais, representam o limite entre o ambiente praiado e as dunas interiores. Praias e dunas podem ter usos múltiplos, tais como proteger propriedades dos avanços do mar e prover locais de reprodução, substratos habitáveis e áreas de refúgio para a vida silvestre, uma vez que a utilização humana seja controlada por meio de regulamentos compatíveis (NORDSTROM, 2010).

Ao largo do balneário Cassino, localizado na faixa oceânica do Rio Grande do Sul, ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos, ocorre um sistema praia duna bem desenvolvido. Conforme Dillenburg e Hesp (2009), nessa porção da costa há uma plataforma larga com declividade suave (entre 1° e 2°), uma praia de múltiplos bancos ou barras paralelas, que marcam uma ampla zona de arrebentação e dunas frontais bem-desenvolvidas, com aproximadamente 400 m de largura e 3 m de altura, frente a uma vasta sequência de cordões litorâneos regressivos de menor elevação, que representam o estoque sedimentar acumulado durante o Holoceno (VILLWOCK, 1984; TOMAZELLI, 1990; SEELIGER, 1992; TOMAZELLI; VILLWOCK, 1992; TOZZI, 2000). Contempla esse sistema uma antepraia bem-desenvolvida, com presença de pluma estuarina proveniente do estuário da Lagoa dos Patos, cujo maior desenvolvimento ocorre em situação de vazante. Essa mistura estuarina tem o estuário propriamente dito, apresentando delta de maré vazante, delta de maré enchente e zona de turbidez máxima (CALLIARI & FACHIN, 1993).

Para Calliari *et al.* (2006), ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos, prolongando-se por 12 km, encontram-se as praias mais dissipativas da costa oceânica do Rio Grande do Sul. Tal fato se deve à presença dos sedimentos praias mais finos (entre 2,75 e 2,5 Ø), indicando a influência da descarga lagunar na zona costeira. Isso significa que, nesse trecho de praia de 12 km, a granulometria dos sedimentos é aproximadamente 0.030mm. Nesse ambiente praias ocorre significativo fluxo de veículos automotores, desencadeado por particularidades do mesmo, como a baixa declividade e a granulometria fina, com boa compactação (PORTO, 2014).

Segundo Pereira (2005), a dinâmica costeira da praia do Cassino (sistema praia duna) é um reflexo da complexa batimetria que antecede a zona de arrebentação das ondas, ocasionando concentração de energia em certos pontos e dispersão em outros. Já a presença de sedimentos lamosos na faixa de praia, para Martins (2003), costumam atapetar o estirâncio e o pós-praia em determinadas condições.

Segundo Seeliger (1992); Calliari e Klein (1993), as dunas frontais são bem-desenvolvidas (*main foredunes*) nesse segmento da costa, na planície costeira do Rio Grande do Sul, apresentando expressões topográficas de 3 a 6 m de altura. Naturalmente, o campo de dunas da referida porção da costa possui uma fisiografia típica de praias dissipativas, dos tipos parabólica e barcanoide com orientação a SW, devido à incidência dos ventos NE, seguidas de reverso, com áreas depressionárias sazonalmente alagadiças (SEELIGER, 1998).

A análise das características geomorfológicas do sistema praia duna, articulando processos costeiros físico-naturais e atividades antrópicas é preocupação que justifica a motivação para o estudo, que direciona algumas perguntas. Como está caracterizada a morfologia do sistema praia duna ao largo do balneário Cassino, segmento sul da desembocadura da Lagoa dos Patos? Há variações ou seções definidas nesse segmento de costa? Ações antrópicas têm sido relevantes na configuração de tais características? Considerando-se que o referido recorte espacial apresenta um sistema praia duna bem-desenvolvido e que nele ocorrem diversas dinâmicas de caráter físico, biológico e humano, é possível identificar divisões da praia ou das dunas, que expõem maior ou menor reflexo da antropização, podendo o mesmos serem identificados e evidenciados.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Analisar a variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino – RS, no período de 2006 a 2016.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a largura da praia, o deslocamento da linha d'água e do limite praia duna, bem como a largura das dunas frontais e do campo de dunas em vinte trechos, por meio da utilização de imagens de satélites dos dias 27/2/2006, 1/5/2014 e 18/6/2015;
- Demonstrar a largura e a declividade da praia e a largura e altura das dunas ~~nestes~~ nos vinte trechos selecionados, por meio da medição de perfis topográficos transversais à linha de costa;
- Caracterizar a granulometria da face da praia e a altura de onda na praia em eventos de alta energia nos mesmos vinte trechos, em 2015;
- Inferir se os processos costeiros físico-naturais e as atividades antrópicas podem e são responsáveis pelas características mensuradas ao longo de dez anos.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo compreende uma extensão da linha de costa de 22 km de extensão, desde o Molhe Oeste ($32^{\circ}09'19.13''$ S $52^{\circ}15'29.04''$ O), limite sul da desembocadura da Lagoa dos Patos, até a região em torno dos destroços do Navio Altayr ($32^{\circ}09'38.97''$ S $52^{\circ}05'47.28''$ O) (Figura 1). Nesse trecho, encontra-se o balneário Cassino, motivo pelo qual o sistema praia duna analisado será chamado de sistema praia duna ao largo do balneário Cassino. Essa extensão de costa está localizada onde há a maior utilização da praia para turismo e lazer em Rio Grande e onde há maior aglomeração de carros na faixa de praia no país.

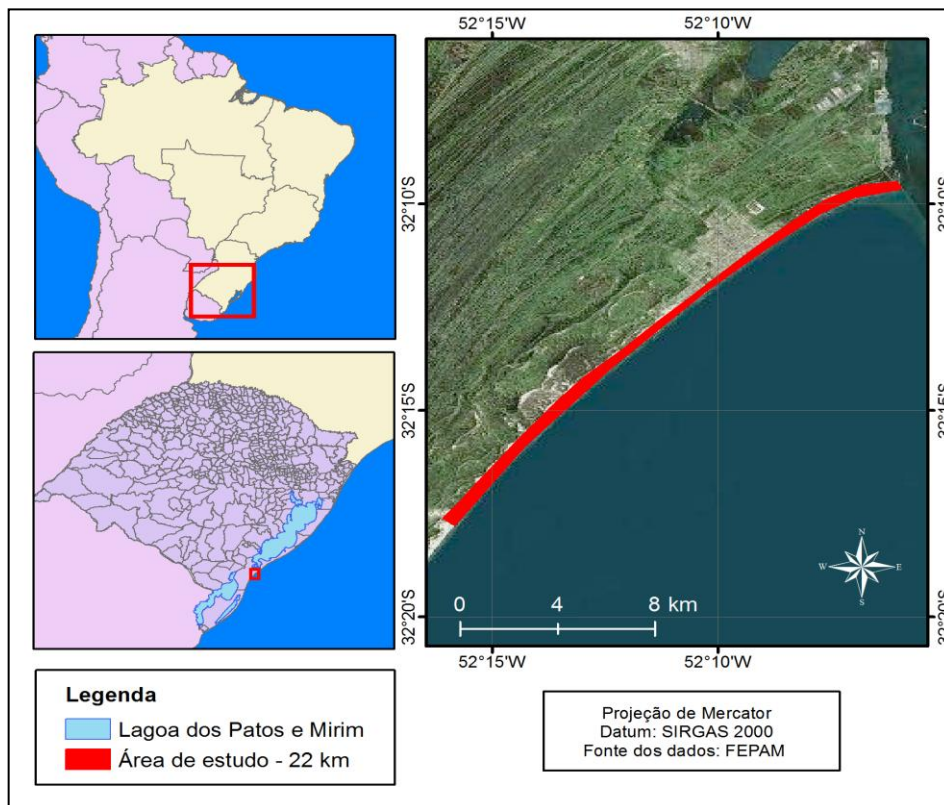


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autor.

3.2 Condicionantes naturais

Conforme Calliari *et al.* (2006), a linha de costa do Rio Grande do Sul caracteriza-se por uma barreira arenosa de 620 km, que apresenta forma suavemente ondulada, orientada, a sua maior parte, no sentido NE-SW e composta, principalmente, por praias dissipativas a intermediárias, caracterizadas por areia fina. Para Dillenburg *et al.* (2003), o litoral do Rio Grande do Sul possui duas áreas de projeções da costa, onde há campos de dunas

transgressivas, e duas áreas de embaimento, onde predominam cordões litorâneos (*beach ridges*). As praias arenosas e as dunas frontais também acompanham tal variação, havendo praias onde predomina a transgressão sobre a barreira adjacente, gerando dunas escarpadas e suprimimento dunar, praias onde predomina a progradação, gerando dunas embrionárias e novos cordões de dunas frontais e praias estáveis ou indefinidas. Assim, as características dunares e de variação da linha de costa oscilam ao longo dos diferentes segmentos da costa gaúcha.

A área de estudo está no embaimento do estuário da Lagoa dos Patos, perante uma barreira progradante, caracterizada por cordões litorâneos regressivos que marcam a porção no sul da desembocadura da Lagoa dos Patos, onde ocorrem processos físico-naturais costeiros e atividades antrópicas responsáveis pelas características mensuradas. Esse sistema praia duna pertence uma longa faixa de areia, que se estende por centenas de quilômetros junto a baixas planícies costeiras. As características em estudo são regidas por fatores climáticos, biológicos e oceanográficos.

3.2.1 Clima regional

O sul do Brasil, segundo Nimer (1989), apresenta clima mesotérmico superúmido, sem possuir uma estação seca bem-definida. A maior influência no clima é o centro de alta pressão do Atlântico Sul que, aliado à proximidade da convergência subtropical e ao sistema lagunar Patos-Mirim, imprime características temperadas-quente sobre o local.

O caráter temperado do clima do sul do Brasil que, para Klein e Calliari (1997), determina características de clima temperado-quente à região costeira e a distribuição de fauna e flora. A estação de verão é a mais quente, com o mês de janeiro representando a época de maior temperatura, com uma média entre 25°C e 30°C, tendo a estação de inverno logicamente como a época mais fria da região, ao longo de seus quatro meses de temperaturas frias, com uma média de 13°C. Tais características meteorológicas evidenciam o uso do ambiente praias para turismo, sol e mar, respeitando um aspecto sazonal.

A média pluviométrica anual fica entre 1200-1500 mm, com variações anuais relacionadas, principalmente, ao padrão e frequência da passagem de frentes frias (KLEIN *et al.*, 1997). A pluviosidade, através de seus totais e de seu regime anual, concede à região certo grau de unidade ou individualidade que não se encontra em outra região geográfica do Brasil. No entanto, a intensa umidade não altera a distribuição das quatro estações bem-definidas ao longo do ano, o que caracteriza diferentes dinâmicas na paisagem da praia do Cassino.

Para Klein *et al.* (1997), a procedência dos ventos da costa do Rio Grande do Sul está relacionada, basicamente, a dois sistemas de alta pressão atuantes na região: o anticiclone do Atlântico Sul e a passagem de sistemas frontais polares. Os ventos mais frequentes provêm do quadrante NE, principalmente na primavera e no verão, enquanto os ventos S-SW possuem frequência secundária e são mais recorrentes no inverno, normalmente associados a frentes frias e tempestades (CALLIARI; KLEIN, 1993). Os ventos de NE dominam durante a maior parte do ano, mas nos meses de outono e, principalmente, no inverno, associados ao aumento da frequência de passagem de sistemas frontais, ventos de sul, sobretudo de SW começam a ter importância significativa (KRUSCHE *et al.*, 2002). Mesmo que apresente as características anuais, essa região está sujeita a alterações das condições climáticas, principalmente em função da passagem de frentes vindas das regiões polares, traçando perturbações de grande evidência.

3.2.2 Processos oceânicos

A sucessão de mudanças em um ambiente praial, relativas à costa, é provocada pela ação dos agentes que, gerando erosão, transporte e deposição de sedimentos e outros materiais levam a constantes alterações. Trata-se dos chamados processos oceânicos; neste estudo, o enfoque é dado por tais fatores, do próprio oceano, como as marés, as ondas e as correntes litorâneas.

A maré astronômica, ao longo do litoral do Rio Grande do Sul, é de pequena amplitude, com média anual diária atingindo cerca de 0,47m. De acordo com a classificação proposta por Davies (1980), a região se enquadra em um regime de micromarés dominada por ondas, com elevações bruscas nos níveis do mar da ordem de 1 a 2m ocorrendo como resultado de marés meteorológicas positivas, ocasionadas pela agitação marítima, as quais podem provocar alterações significativas na morfologia das praias quando associadas à alta energia de onda. (CALLIARI *et al.*, 1998)

A direção de propagação dominante das ondas para a área de estudo é a sudeste. Segundo Strauch (2001), existem dois regimes de onda predominantes: o primeiro é o da direção sul-sudeste, que apresenta ondas longas com períodos maiores, como do tipo ondulações (*swell*) e o segundo são ondas do tipo vagas (*sea*), geradas localmente, que possuem tamanhos e períodos menores, conhecidos como vagas, cuja propagação se dá na direção leste-sudeste. Para Wainer (1963), no litoral do Rio Grande do Sul e na região sul do Brasil, dois tipos de mar costumam estar presentes simultaneamente: são ondas geradas por vento e ondulações geradas por tempestades longínquas, interferindo um no outro, com

predominância ora das vagas, ora das ondulações. Do ponto de vista sazonal, percebe-se a distribuição entre as quatro estações do ano. Conforme ressaltam Romeu *et al.* (2010), as ondulações de sul são dominantes durante o outono e o inverno. No entanto, os cenários do quadrante leste (ondulações de ENE e vagas de ENE) predominam durante o verão e a primavera, com domínio das ondulações durante a primavera e de vagas durante o verão.

O Rio Grande do Sul apresenta uma costa bastante exposta, com uma influência de regime de ondas que condiciona os processos costeiros ocorrentes na praia do Cassino como uma costa em progradação que sofre influência dos molhes e da pluma. Para Romeu *et al.* (2010), as ondas superficiais oceânicas são a principal fonte de energia para a zona costeira. Essa exposição às ondas, associada à abundância de areia de granulação fina e a uma amplitude insignificante das marés, é fator que faz com que, na maior parte do tempo, a praia se comporte como "praia dissipativa", dentro do esquema mordinâmico proposto por Wright; Short (1984), ou como intermediária banco e cava longitudinal, dadas as correntes litorâneas.

A propagação de ondas em águas rasas ocasiona as correntes litorâneas. Segundo Tomazelli e Villwock (1992), essas correntes são geradas por ondas e ventos e se constituem no principal agente transportador lateral de sedimentos e, conseqüentemente, os maiores responsáveis pelas transformações morfológicas dos ambientes litorâneos na região em estudo. Os autores, observando indicadores geomorfológicos, mostraram que a deriva líquida se faz de SW para NE, concordando com os estudos já realizados anteriormente por Calliari e Fachin (1993), os quais sugerem que correntes de NE seriam responsáveis pelo transporte de sedimentos finos em direção ao sul, devido à maior frequência e à menor intensidade dessa corrente.

Além das correntes longitudinais ou de deriva, ocorrem as correntes de retorno, feições características de estágios intermediários dos bancos de areia. Segundo Maia; Calliari (2010), o primeiro banco soldado da praia, e logo após um canal de escoamento de uma corrente de retorno, seguido de uma cava muito abrupta e profunda, pode ocasionar riscos potenciais aos banhistas.

3.2.3 Descarga estuarina

A maior parte das pesquisas sobre a dinâmica da Lagoa dos Patos, situada no extremo sul do Brasil, limita-se a estudos que considerem o efeito do vento e da descarga fluvial em escalas de tempo sinóticas. (MÖLLER, 1996; MÖLLER *et al.*, 1996; MÖLLER *et al.*, 2001; FERNANDES, 2001; FERNANDES *et al.*, 2002; FERNANDES *et al.*, 2005)

Os regimes de curso no sistema estuarino estão pautados pelos desníveis existentes dentro da Lagoa dos Patos e na costa oceânica. A descarga fluvial está diretamente relacionada à pluviosidade da região, apresentando um padrão sazonal. Períodos com alta descarga fluvial, acima da média histórica de $2400 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (MÖLLER & FERNANDES, 2010), ocorrem ao longo de três estações, compreendendo o final do outono, todo o inverno e o início da estação dos ventos, a primavera, estimulando o regime de vazante. O refluxo caracteriza a saída de material em suspensão. A modificação do regime desse fluxo acontece no final da primavera e no verão, caracterizando outras ações de baixas descargas lagunares. Entretanto, dependendo dos ventos atuantes e da pluviosidade, o limite pode deslocar-se mais para o norte, em ocasiões de estiagem e ventos do quadrante sul, ou para o sul, no caso de grande descarga fluvial e ventos do quadrante norte, transferindo a região estuarina para a entrada do canal, próximo ao oceano. (CALLIARI *et al.* 2009; MÖLLER & FERNANDES, 2010)

Os mapas granulométricos da região estuarina, para Calliari & Fachin (1993), demonstraram que a distribuição faciológica predominante é a arenosa, sendo a presença de finos restrita aos ambientes de baixa energia, como as regiões mais profundas dos canais e as zonas mais abrigadas do estuário (enseadas). Fatores evidenciam que a deposição de sedimentos finos dentro do estuário é limitada aos períodos em que a hidrodinâmica é fraca, permitindo a consolidação desses sedimentos, floculados ou não. Boa parte dos sedimentos finos foge para as regiões contíguas à plataforma interna. (CALLIARI & FACHIN, 1993)

Segundo Soares e Möller (2001), o influxo de água fluvial, de baixa salinidade, na plataforma continental sul-brasileira, é maior no outono, inverno e primavera, devido à descarga da Lagoa dos Patos, que é maior no inverno e na primavera. O alto nível de precipitação nos rios provoca considerável entrada de sedimentos finos (silte e argila) de bacia de drenagem e, assim, o estuário recebe sedimentos a partir de uma variedade de fontes (CALLIARI *et al.* 2015). Durante o outono/inverno, ventos marítimos ao longo da plataforma continental argentina favorecem o transporte da pluma do Rio da Prata para o norte.

3.3 Geologia e geomorfologia regional

A geologia da província costeira do Rio Grande do Sul está desenvolvida sobre uma margem continental do tipo passiva, com presença de planícies costeiras, sistemas lagunares e barreiras de origem marinha, que são marcas da evolução tecno-sedimentar da costa brasileira. Esse sistema apresenta aproximadamente 625 km de extensão, de morfologia

caracteristicamente dominada por ondas. Os depósitos produzidos se orientam na forma de barras ou bancos paralelos à linha da costa. (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995)

A planície costeira do Rio Grande do Sul é composta por depósitos que se acumularam em sistemas deposicionais específicos, desenvolvidos na região durante o final do Terciário e, principalmente, durante o Quaternário: um sistema de leques aluviais, ocupando uma faixa contínua ao longo da parte mais interna da planície costeira e quatro distintos sistemas deposicionais transgressivos-regressivos do tipo laguna-barreira. Os sedimentos do sistema de leques foram retrabalhados pelos diversos eventos transgressivos-regressivos, geradores dos sistemas de barreiras. Cada barreira provavelmente se originou no limite atingido por uma transgressão e foi preservada devido à regressão da linha de costa, forçada por uma queda glácio-eustática do nível do mar. (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2005)

A barreira IV, que aparece na Figura 2, é o mais recente sistema deposicional do tipo laguna barreira da província costeira do Rio Grande do Sul, tendo o seu desenvolvimento durante o período holocênico como consequência da última grande transgressão pós-glacial (TOMAZELLI & VILLWOCK, 2005). Segundo Dillenburg (2005), é possível distinguir que, embora apresente características homogêneas relacionadas aos depósitos costeiros, a costa do Rio Grande do Sul tem um variado espectro de barreiras costeiras, sendo que temporalmente coexistentes barreiras de naturezas transgressiva e regressiva. Segundo o autor, cabe destacar também que a linha de costa do Rio Grande do Sul é suavemente ondulada na forma de reentrâncias (embaixamentos) e saliências (projeções). Tal condição é proveniente do balanço de sedimentos positivo e negativo, respectivamente, prevalecente em uma escala de longo período (séculos e milênios) na costa do Rio Grande do Sul.

A praia do Cassino encontra-se adjacente a um trecho de Barreira IV progradante sem laguna na retaguarda (Figura 2). Esse trecho delimitado apresenta características junto à planície costeira, com cordões litorâneos regressivos (*beach ridges*) e sedimentação influenciada pela desembocadura lagunar-fluvial.

Na costa oceânica do Rio Grande do Sul, a conformação praticamente retilínea, a ação direta de ondas de média e alta energia, a pequena amplitude das marés, a presença de correntes litorâneas longitudinais e a abundância de sedimentos de granulometria fina fazem com que assumam predominantemente um comportamento morfodinâmico dissipativo (CALLIARI & KLEIN, 1993; TOZZI & CALLIARI, 2000), dentro do esquema morfodinâmico proposto por Wright e Short (1984). Esses tipos de praia apresentam dunas na retaguarda, em virtude da alta energia e estoque sedimentar.

De acordo com Lélis (2003), a posição da linha de costa é resultado de interações morfodinâmicas e controlada basicamente pelas características das ondulações geradas pelos sistemas meteorológicos e pelo balanço hídrico e sedimentar, resultante entre o aporte continental e o marinho. No caso da costa do Rio Grande do Sul, ao trabalhar com a mobilidade da linha de costa, devem ser analisadas as discussões relacionadas à evolução da linha de costa, tem-se a retrogradação e progradação de costas arenosas com regime de micromarés, as quais resultam principalmente da dinâmica entre a quantidade e o tipo de suprimento sedimentar, energia física das ondas e mudanças relativas do nível do mar. (TOLDO JR *et. al.*, 2005)

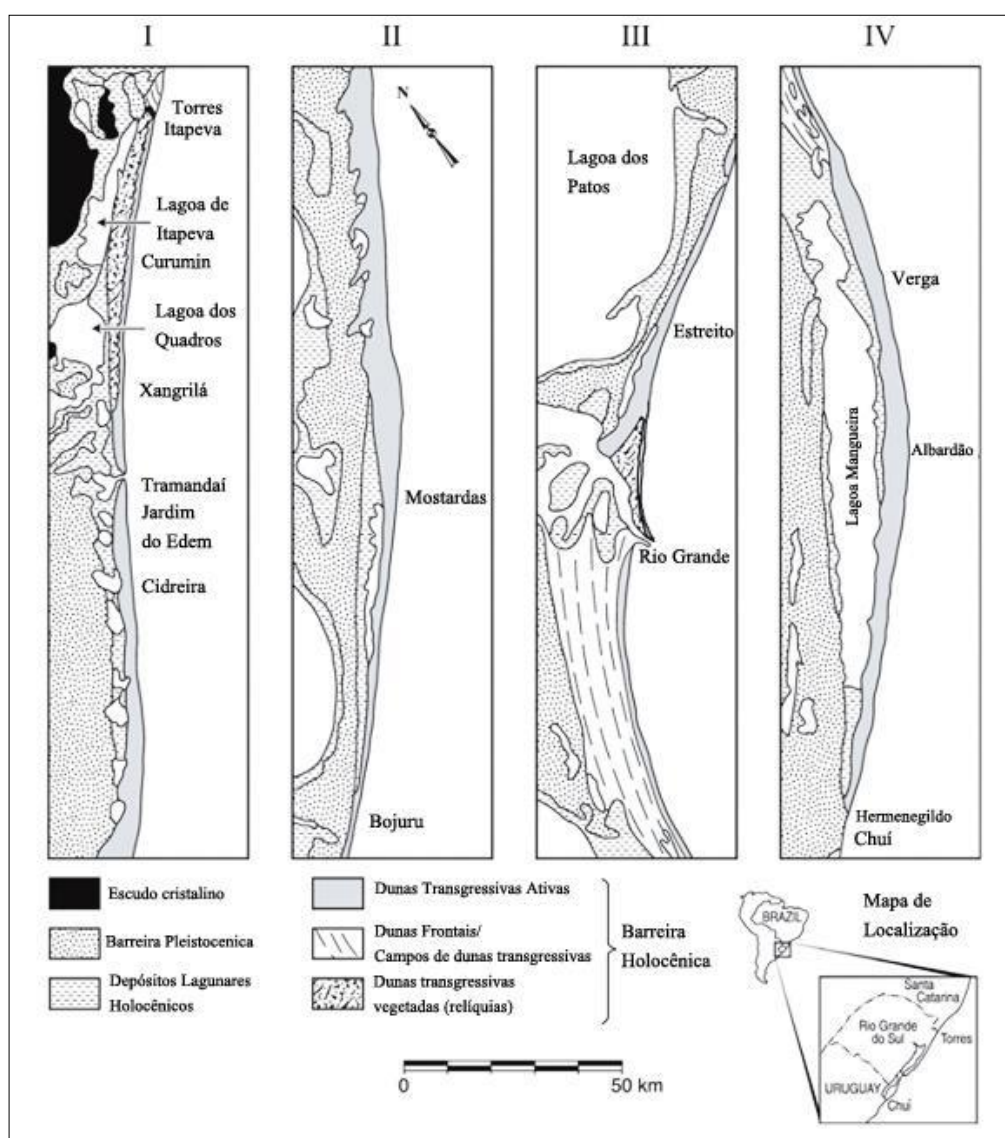


Figura 2: Variabilidade da barreira Holocênica na Província Costeira do Rio Grande do Sul. Fonte: Dillenburg *et al.* (2009).

A costa do Rio Grande do Sul apresenta uma conjunção de fatores que favorece a formação e a evolução de um dos mais extensos sistemas contínuos de dunas costeiras do

mundo: possui topografia com baixa rugosidade (planície costeira), regime de ventos apropriado (em velocidade e direção) e um grande estoque de areia quartzosa fina, oriunda da plataforma e disponível em uma longa praia, continuamente exposta à ação das ondas (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992). Segundo Villwock e Tomazelli (1995), a Barreira IV possui um campo de dunas bem-desenvolvido, com largura variável entre 2 e 8 km e se estende praticamente ao longo de toda a linha de costa. A figura anterior mostra essa variação.

As dunas livres (predominantemente do tipo barcanóide) migram no sentido SW, em resposta aos ventos de alta energia provenientes de NE, o que faz transgredir os terrenos mais antigos e avançar para dentro dos corpos lagunares adjacentes (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). Também chamadas de dunas móveis, conforme Seeliger *et al.* (2004), ventos de nordeste podem fazê-las migrar até 50 m por ano. Para os autores citados, densa rede de raízes, hastes e folhas de *Blutaparon*¹ retêm a areia e formam, gradativamente, pequenas elevações de até um metro de altura, conhecidas como “dunas incipientes” ou “dunas embrionárias”. A composição textural da praia é representada por uma areia fina quartzosa bem-selecionada, a qual, nas estações quentes, migra no largo pós-praia de baixa declividade, formando as dunas embrionárias. (CALLIARI & TOZZI, 2000)

Para Seeliger (1998), a flora restringe-se às dunas, uma vez que a região do pós-praia, sob condições normais, é um ambiente inóspito para o crescimento de plantas, devido ao grande estresse salino existente. As dunas da área de estudo são colonizadas por plantas herbáceas, perenes ou anuais. Nesses locais, o tipo de vegetação predominante é de gramíneas, observado em dunas, que é a zona da praia mais preservada, através da qual ~~uma~~ evolução e a preservação do cordão dunar são vitais para o surgimento de outras plantas. Para Vieira; Calliari e Oliveira (2004), as plantas mais adaptadas ao estresse salino na zona de deposição de matéria orgânica trazida do mar (*drift line*) propiciam a fixação de areia trazida pelo vento, obstaculizando a sua progressão e proporcionando a formação de dunas embrionárias.

Segundo Silva (1995), outra feição morfológica importante na área de estudo são os chamados sangradouros. Esses pequenos cursos d'água formam pequenos canais de drenagem, cortando as dunas e desembocando junto ao oceano. A distribuição espacial de tal feição é relacionada à morfologia das áreas posteriores ao primeiro cordão de dunas frontais, à fisiografia dos sistemas de dunas frontais e às características morfodinâmicas da praia.

¹São moitas de planta pioneira que tipicamente coloniza a pós-praia do nordeste do Brasil até a Província de Buenos Aires.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Geomorfologia costeira

A geomorfologia costeira para Teixeira *et al.* (2003) estuda a morfologia do relevo costeiro e os processos associados, podendo colaborar em problemáticas de áreas derivadas ou destinadas a ações antrópicas. Em sua evolução, a classificação costeira e a descrição de seus fenômenos passam por uma considerável atenção aos efeitos da mudança relativa do nível do mar, especialmente no tocante ao período Holocênico e na reconstituição da paisagem orientada pelas formas atuais do relevo. Já nas variações morfodinâmicas das praias com mudanças em curto espaço de tempo, Muehe (2003) salienta efeitos que resultam de modificações climáticas, ajustamento isostático, de efeitos tectônicos locais, de variações de pressão atmosférica, de modificação na circulação oceânica e de deformações do geóide por efeitos gravitacionais.

A análise da paisagem costeira através do conhecimento de sua evolução e dos condicionantes que operam em sua dinâmica, permite-nos compreender a morfogênese e a morfodinâmica. Tais fatores são decisivos para o desenvolvimento de intervenções que visem minimizar possíveis impactos negativos, principalmente aqueles atrelados a perdas econômicas, de qualidade de vida e que tenham influência comprometedora nos sistemas naturais. (ROSSETTI, 2008; GUERRA & MARÇAL, 2006)

Observa-se, com isso, que os agentes e processos costeiros apresentados, atuantes no sistema praia duna (orla), no contexto de zona costeira, são capazes de construir e reconstruir ambientes costeiros e transformar a configuração litorânea. Por essa razão, as feições costeiras, conforme Garrison (2010), não se apresentam homoganeamente, mas formando um verdadeiro mosaico de formas espaciais, com diversos fatores atrelados a intervenções e desenvolvimentos na linha de costa.

4.2 Processos costeiros condicionantes

O relevo terrestre é o resultado da ação dinâmica de forças endógenas e exógenas. A porção costeira, no contexto em questão, corresponde à região da tríplice interface continente–oceano–atmosfera (SILVA *et al.*, 2004; AB’SABER, 2010; DAVIDSON-ARNOTT, 2010), sujeita a sucessivas alterações morfológicas. A variabilidade da paisagem costeira é produto do intercâmbio de vários elementos, tendo a litologia predominante e a escala espaço-temporal de processos intempéricos como apoio.

Eventos como o movimento de placas tectônicas, oscilações do nível do mar, dinâmica erosiva e deposicional, associados a ações de ondas, marés, correntes, sistemas fluviais,

eólicos e glaciais definem os tipos de feições e o estado de equilíbrio que uma determinada paisagem costeira irá apresentar (SILVA *et al.*, 2004; ROSSETTI, 2008). Segundo Silva *et al.* (2004), as características geomorfológicas dos ambientes costeiros são regidas por ações de natureza física, química e biológica, através de processos erosivos e deposicionais.

Em meio às atuações físicas que esculpem a acomodação da linha de costa, destacam-se a ação de correntes de maré, ondas e correntes litorâneas (ROSSETTI, 2008). As ações biológicas são responsáveis, por exemplo, pela bioconstrução a partir de sistemas deposicionais como as dunas (SEELIGER, 1998). Já a ação química tem papel decisivo no intemperismo litológico e precipitação de materiais (SILVA *et al.*, 2004). Estas podem sofrer reajustes a partir de intervenções antrópicas. (MUEHE, 2003)

Para Muehe (2003), a dinâmica costeira é a principal responsável pelo desenvolvimento das praias arenosas e pelos processos erosivos e deposicionais que as mantêm em constante alteração. Marés e correntes longitudinais afetam a configuração das praias em algum grau, mas as ondas de tempestade são, de longe, o agente mais importante que modifica seu perfil de equilíbrio.

4.2.1 Marés, ondas e correntes de deriva litorânea

As marés são oscilações diárias complexas no nível do mar, com variação mundial indo de praticamente imperceptível até diversos metros. As marés astronômicas são produtos da flutuação periódica do nível da água em função do movimento rotacional da terra, em combinação com a força gravitacional exercida pela lua e, de forma secundária, pelo sol (ROSSETTI, 2008). A variação da maré pode se dar na forma semidiurnas (duas preamar e duas baixa mar), marés diurnas (uma preamar e uma baixa mar) ou marés mistas, que ocorrem em um período de 24 horas. (SILVA *et al.*, 2004; ROSSETTI, 2008)

As marés que atingem a costa dão origem às ondas de marés oceânicas, “cujas amplitudes são, em geral, baixas” (ROSSETTI, 2008). Porém, a amplitude das marés pode aumentar conforme ocorre seu deslocamento em direção à costa, em razão da morfologia costeira. Costas com amplitudes de marés inferiores a 2 metros são classificadas como de regime de micromaré; amplitudes entre 2 e 4 metros são classificadas como de mesomaré e amplitudes superiores a 4 metros são características de regime de macromaré (ROSSETTI, 2008). A geração de correntes de marés nas zonas costeiras transporta sedimentos e, por conseguinte, atua na morfodinâmica costeira. (SILVA *et al.*, 2004)

As ondas são geradas principalmente por ventos e denominadas *swell*, quando ultrapassam a zona da ação do vento criador e continuam suas trajetórias e vagas (*sea*),

quando dependem do vento. A profundidade e a morfologia oceânica alteram a altura (H), o comprimento de onda (L) e a velocidade de propagação das ondas (SILVA *et al.*, 2004). Em regiões rasas (profundidade menor que $L/2$), as ondas possuem a capacidade de movimentar os sedimentos do fundo oceânico e, quando ocorre um decréscimo de L e um aumento de H, as ondas se quebram (SILVA *et al.*, 2004). As arrebentações das ondas possuem várias formas e estão ligadas à esbeltez (H/L) da onda e ao ângulo do fundo próximo à praia (SILVA *et al.*, 2004). As ondas em águas rasas contribuem para os padrões de circulação costeira (deriva litorânea) que, por sua vez, transportam sedimentos e modificam a morfologia costeira.

Correntes litorâneas incluem fluxos unidirecionais desenvolvidos ao longo da costa e correntes de retorno. As correntes ao longo da costa são geradas pelo impacto de ondas que se deslocam obliquamente à costa e, em longo prazo, são mais efetivas no “transporte de sedimentos do que outros fluxos formados por efeitos sazonais” (ROSSETTI, 2008). A deriva litorânea, segundo Christopherson (2012), é uma corrente longitudinal gerada apenas na zona de espraiamento e trabalha junto com a ação das ondas para transportar grandes quantidades de areia, cascalho e detritos pela orla. Esses sedimentos são marcados pela transferência lateral, promovida basicamente pela atividade das ondas que incidem obliquamente à linha de costa. Qualquer obra de engenharia costeira que interfira nos padrões de circulação litorânea só deve ser feita depois de estudos detalhados sobre seus efeitos na deriva litorânea dos sedimentos. Muitos estudiosos consideram que os indicadores geomorfológicos são os melhores para avaliar a deriva litorânea. Já as correntes de retorno são fluxos que se deslocam no sentido da costa para o oceano, com desenvolvimento em costas inclinadas e origem associada a variações topográficas que influenciam na elevação das ondas. (ROSSETTI, 2008)

4.2.2 A ação eólica sobre o relevo costeiro

Os ventos são de extrema importância para a dinâmica costeira. Seu papel não se restringe às ondas e às correntes de deriva. Depois que, por ação das ondas e correntes, a areia depositada na praia é exposta ao ar, ela seca e é submetida aos ventos, recomeçando sua movimentação por suspensão, saltação ou arraste.

Os movimentos de partículas pelo vento ($<0,125\text{mm}$) de diâmetro considerados sedimentos muito finos, como a poeira, em geral, permanecem em suspensão em função do fluxo turbulento e da velocidade da massa de ar por processos eólicos. Já os sedimentos de fração areia (0,125 a 2mm) são, via de regra, transportados por saltação para uma mesma velocidade de vento, sendo que, quanto maior a partícula, menor será o deslocamento. Muitas

vezes, por meio de pequenos saltos e partículas de diâmetro superior a 0,5mm (areia grossa, muito grossa, grânulos e seixos) e comumente se deslocam pelo processo chamado arrasto, de pouca significância em relação aos outros movimentos, devido ao peso de partículas maiores, ao atrito e ao substrato. (TEIXEIRA *et al.*, 2003)

Segundo Teixeira *et al.* (2003), as partículas eólicas do tamanho de areia são particularmente importantes, pois constituem diferentes feições morfológicas, das quais as dunas são, sem dúvida, as mais importantes acumulações de areia em áreas desérticas e mesmo em muitas áreas litorâneas. Na zona costeira, a ação eólica, conforme Davidson-Arnott e Law (1990), condiciona a organização dos grãos de areia, pois grandes quantidades de areia são movimentadas ao longo das linhas de costa. Quando os ventos sopram do mar, elas acabam por levar a areia da praia, construindo grandes campos de dunas cuja orientação retrata a direção dos ventos dominantes na região costeira.

4.3 Praias arenosas oceânicas

As praias são formas de depósitos sedimentares sobre o centro dinâmico da zona costeira, dominados principalmente por ondas e limitados internamente pelos níveis máximos de ação de ondas de tempestade, pelo início da ocorrência de dunas fixadas ou qualquer outra alteração fisiográfica brusca, caso existam, e externamente pelo início da zona de arrebenção (SHORT, 1999). Para Muehe (2003), as praias são feições deposicionais no contato entre terra emersa e água, comumente constituídas por sedimentos arenosos, podendo também ser formadas por seixos e por sedimentos lamosos. Nesse último caso, a praia frequentemente se encontra associada a uma planície de maré.

A morfologia dos perfis de praia depende da geomorfologia costeira e mais ainda da interação entre o “clima de ondas” e a granulometria dos sedimentos. Segundo Muehe (2003), é influenciada pela granulometria, sendo a distribuição e o tamanho do grão componente fundamentais para a identificação do tipo de deposição e do transporte de sedimentos na costa.

Sua declividade da terra ao mar varia segundo a natureza dos materiais dominantes: maior nas praias de seixos rolados e menor em sedimentos arenosos finos. A composição granulométrica, geralmente, tem correlação com a inclinação do perfil praial. O tamanho e a constituição do grão que formam as praias exercem um papel importante no comportamento e na declividade das praias arenosas. Grãos unimodais mais finos tendem a gerar um perfil com pendente mais suave, enquanto grãos progressivamente mais grossos geram perfis gradualmente mais íngremes. (KOMAR, 1976)

Para Silva *et al.* (2004), o ambiente resultante da interação dos processos costeiros com o continente é a praia, um sistema extremamente dinâmico, “cujas características morfológicas refletem o agente modificador predominante”. Os perfis praias sofrem variações temporais em função das alternâncias das condições de tempo bom (acresção) e de tempestade (erosão) (TEIXEIRA *et al.*, 2003), ou melhor, condições de baixa e alta energia hidrodinâmica atuantes. Embora mantenham características gerais de equilíbrio dinâmico, sua posição e forma mudam constantemente em várias escalas temporais (diárias, sazonais, decadais, seculares e milenares).

4.3.1 Setores praias

O sistema praias na concepção de Hoefel (1998), pode ser dividido em Ante-praia, Praia média, Face praias e Pós-praia (Figura 3).

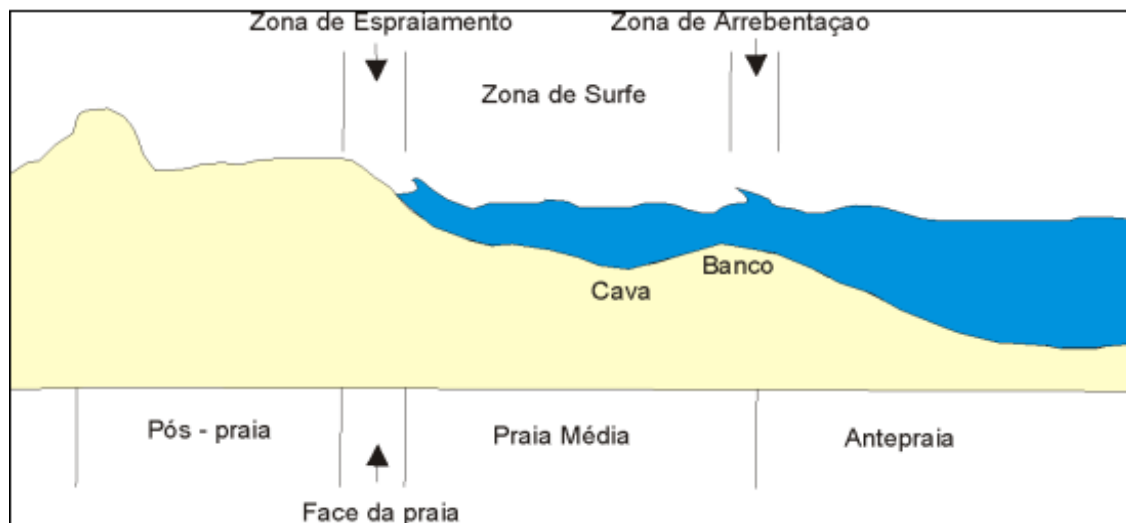


Figura 3: Setores de uma praia arenosa em perfil. Fonte: HOEFEL (1998).

Ante-praia é a porção do perfil praias dominada por processos de refração, atrito com o fundo e empolamento, que se estende em direção ao mar, a partir da zona de arrebentação até o limite máximo da ação das ondas sobre o fundo (processos de refração, difração e empinamento). Praia média é a porção do perfil sobre a qual ocorrem os processos da zona de surfe da zona de arrebentação. A face da praia ou estirâncio é identificada como a parte do perfil praias sobre a qual ocorrem os processos da zona de varrido (porção entre a máxima e a mínima excursão da onda sobre a face da praia), compreendendo uma zona sujeita à ação das marés e ao espraçamento das ondas. E por último o Pós-praia, zona que se estende do limite superior do varrido até o início das dunas fixadas por vegetação ou de qualquer outra mudança fisiográfica brusca.

4.3.2 Tipos de praia

Baseados em estudos iniciados na década de 1960, Masselink e Short (1993) classificaram praias arenosas através do parâmetro relativo da maré ($RTR = Tr / Hb$), que associa a influência da maré (Tr) e das ondas (Hb) sobre as praias, distinguindo: praias dominadas por onda ($RTR < 3$), modificadas pela maré ($3 < RTR < 15$) e dominadas pela maré ($RTR > 15$). Esses diferentes tipos de praia são caracterizados por morfologia e processos hidrodinâmicos peculiares.

As praias dominadas por ondas são geralmente praias sujeitas à micro-maré astronômica que, geralmente, têm suas características morfodinâmicas associadas à ação das ondas. Estas geram correntes e, em conjunto com o embasamento e a disponibilização de sedimento, formam e alteram as linhas de costa. As praias arenosas oceânicas dominadas por onda foram classificadas por Wrigth e Short (1984) em refletivas, intermerdiárias e dissipativas (Figura 4), sendo, posteriormente, associada à energia, por Wrigth et al. (1985).

As praias refletivas, segundo Short (1999), possuem baixa energia de onda (curto espaço de ação hidrodinâmica); elevados gradientes na topografia, o que reduz sensivelmente a largura da zona de surfe e ponto de quebra das ondas, ocorrendo praticamente na face praial, na forma ascendente ou mergulhante. O estoque sedimentar é geralmente composto por areias de granulometria grossa, depositadas, em sua maior parte, na porção subaérea da praia, mas também ocorrem em praias com areia fina onde há predomínio da baixa energia de onda. (CALLIARI et al. 2003)

Para Short (1999), as praias dissipativas apresentam alta energia de onda, com alto valor do Parâmetro Adimensional Ômega ($\Omega > 5,5$), com uma zona de surfe larga, composta por dois ou mais bancos. Apresenta elevado estoque sedimentar na porção subaquosa da praia, com grande aporte sedimentar, fazendo com que as ondas arrebentem longe da face praial, decaindo progressivamente em altura, ao longo da arrebentação. Com um tipo de onda deslizante (primeira quebra), a mergulhante, um baixo gradiente topográfico (planície costeira, praia e plataforma) e areias de granulometria fina em todos os setores da praia, com grande aporte sedimentar. Ao analisar os múltiplos bancos das praias dissipativas, a tendência é caracterizar individualmente, possibilitando a análise separada da morfologia e dinâmica de cada banco arenoso. (MASSELINK & SHORT, 1993)

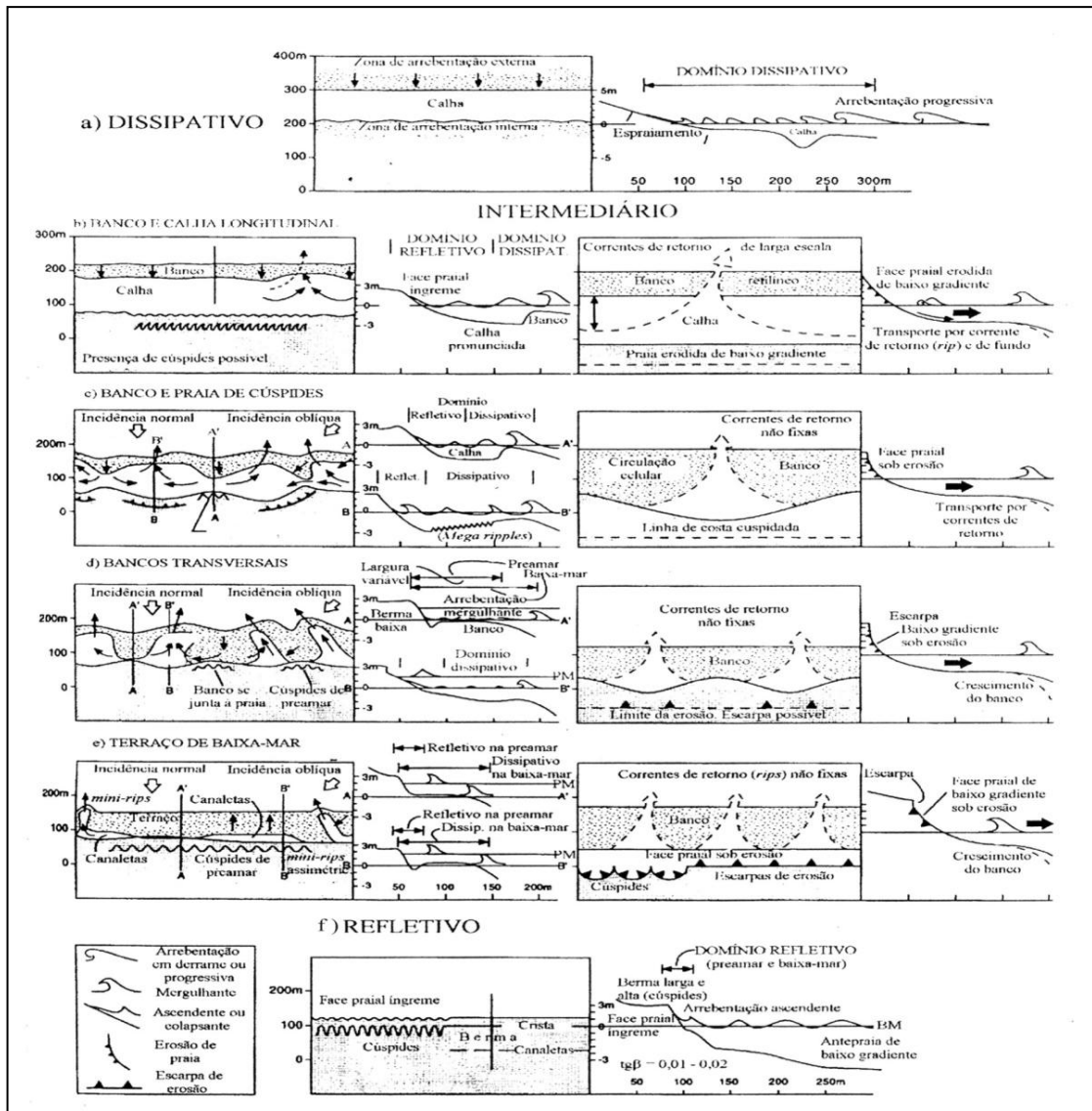


Figura 4: Estágios morfodinâmicos de praias arenosas oceânicas segundo Wright & Short (1984). Fonte: Calliari *et al.*, (2003).

Praias intermediárias representam a transição do reflectivo ao dissipativo, ou vice-versa, da condição da baixa à alta energia de onda, quando valores de ω oscilam entre 1,5 e 5,5 (Wright *et al.*, 1985). Apresentam uma progressiva redução ou aumento da largura da calha longitudinal em decorrência da migração do banco submarino da zona de arrebentação em direção à praia, resultado da passagem da alta para a baixa energia de onda ou vice-versa, podendo conter bancos longitudinais, rítmicos ou transversais. O tipo de arrebentação é mergulhante e/ou deslizante, com ocorrência de correntes de retorno na zona de surfe e presença de areia fina a média. (HOEFEL, 1998)

Segundo Wright e Short (1984), identificaram quatro tipos intermediários de praias em uma sequência acresciva, conforme Hoefel (1998), na seguinte ordem: Banco e Cava Longitudinais (BCL), onde o relevo é bem mais pronunciado, as ondas incidentes quebram

progressivas, tipo mergulhantes, com cúspides em larga escala e correntes de retorno incipientes podem ser notadas. Banco e Praia Rítmicos (BPR), onde sua morfologia é diferenciada pelo caráter rítmico do banco e da face praial, dominado por ondas incidentes e sub-harmônicas na porção distal e nas adjacências dos perfis, com fracas correntes de retorno com pronunciadas topografias banco-cava. Banco Transversal e *Rip* (BTR) nos quais ciclos de acreção fazem com que bancos em crescente protuberância soldem-se à praia, com correntes de retorno bem-desenvolvidas, promovendo erosão das reentrâncias, que se alternam com megacúspides na face praial. E, por fim, Crista-Canal/Terraço de Maré Baixa (CC/TMB), caracterizada por um perfil relativamente plano na maré baixa, com uma face praial bastante íngreme na maré alta, caracteriza um estado de baixa energia, embora com grande deposição de sedimentos junto à porção proximal do perfil, onde ainda podem ser observadas correntes de retorno de fraca intensidade.

4.4 Dunas costeiras

As dunas costeiras, segundo Carter *et al.* (1990), são depósitos eólicos que ocorrem geralmente sobre barreiras arenosas além da zona do pós-praia, em praias oceânicas, estuarinas, lagunares e lacustres, desde regiões polares até equatoriais. Desenvolvem-se especialmente a partir de praias sujeitas a ventos frequentes, soprando do mar e com disponibilidade abundante de sedimentos arenosos. Esses depósitos apresentam as mais diversas dimensões, morfologias e graus de estabilidade. (CARTER *et al.*, 1990)

As dunas costeiras são ambientes extremamente dinâmicos e reagem a mudanças ambientais, em diversas escalas de tempo e de espaço. A dinâmica do sistema de dunas representa a integração de um conjunto de processos geomorfológicos e respostas sedimentares sobre períodos particulares de tempo. Os estudos relativos aos sistemas de dunas costeiras tratam de fenômenos em escalas temporais de horas a milênios, e abrangendo escalas espaciais de centímetros a quilômetros. (SHERMANN, 1995)

Segundo Muehe (2003), dunas costeiras se formam em locais cuja velocidade do vento e disponibilidade de areias praiais de granulometria fina são adequadas ao transporte eólico. Para Cordazzo e Seeliger (1988), a formação das dunas costeiras dá-se devido à interação de três elementos: vento, areia e vegetação, sendo que a vegetação é essencialmente composta por herbáceas e gramíneas, diferenciada nos flancos marítimo e continental. Esses fatores controlam o desenvolvimento das dunas costeiras, tais como o suprimento de areia (na praia), a frequência e a velocidade dos ventos (regime), a orientação dos ventos em relação à costa, a

vegetação relacionada ao tipo (densidade), a própria forma do relevo, além das atividades humanas.

A presença de vegetação é importante na formação das dunas costeiras, atuando principalmente de duas maneiras: diminui o fluxo de ar e a capacidade de transporte, depositando areia, e atua como estabilizadora da superfície (CORDAZZO *et al.*, 2006). A densidade de cobertura vegetal varia de acordo com as condições climáticas da área, sendo chamadas de cordões dunares, quando se apresentam paralelos à linha de costa, alterando a dinâmica da formação das dunas. Segundo Trindade (1991), as dunas, quando não possuem cobertura vegetal, ficam suscetíveis à ação eólica, desarticulando e acarretando problemas junto aos lugares, modificando o relevo.

Como setores em perfil, temos a pré-duna ou dunas incipientes (embrionárias) onde surgem os primeiros agrupamentos vegetais, das quais derivam campos de dunas transgressivos, corredores de deflação e dunas frontais (PRESS *et al.*, 2006). As dunas frontais incipientes também chamadas de *nebkas*² ou *produnes*, têm sua origem pela acumulação de areias nos tufo de vegetação do pós-praia. Para Seeliger *et al.* (2004) e Cordazzo *et al.* (2006), as dunas embrionárias ou incipientes são pequenas elevações de areia de até 1m de altura que apresentam baixa diversidade de espécies. As dunas frontais (*foredune*) são cordões arenosos paralelos à praia arenosa, segundo Goldsmith (1985), Hoefel (1998), Giannini *et al.* (2005), com um comprimento muito superior à largura e à altura, ocupando uma porção superior da praia, podendo se desenvolver a partir de dunas incipientes. Para Hesp (2000), compõem cristas de dunas que se estendem paralelamente à linha de costa, são convexas, simétricas ou assimétricas. Corredores de deflação (*blowouts*) desenvolvem-se a partir das morfologias erosivas das dunas costeiras, que possuem uma forma de cavas ou depressões, formada a partir da erosão, pelo vento de um substrato arenoso ou de uma duna pré-existente, podendo haver influência de ondas de tempestade, esculpando a duna frontal e desestabilizando-a, favorecendo a subsequente erosão eólica (PRESS *et al.*, 2006). *Dunas parabólicas* são tipicamente formadas a partir da evolução de *blowouts*, possuindo, dessa forma, uma morfologia similar. A diferença entre estes está na extensão e na presença de arrastamento de cumes (*trailing ridges*) nas dunas parabólicas. Essas dunas também podem originar e evoluir para campos de dunas transgressivas. (GOLDSMITH, 1985)

²As *nebkas* são montículos de areia formados pela deposição eólica em meio à vegetação. Possuem caudas alongadas no sentido do vento, sendo chamadas dunas de sombra.

4.5 Sistema praia duna

De acordo com Short e Hesp (1982), o tamanho da duna frontal e o dos sistemas de dunas continentais são influenciados por três variáveis ambientais primárias: velocidade regional dos ventos, tamanho de grão e orientação da linha de costa ou exposição aos ventos. O nível de exposição aos ventos em direção ao continente, determinado pela orientação da linha de costa, pode produzir variações locais no transporte eólico de sedimentos.

A diferenciação entre as praias, ao longo da barreira, influencia a presença e o comportamento das dunas frontais devido a mudanças relativas à orientação da linha de costa. Em função dos ventos predominantes e das características morfodinâmicas das praias, as dunas frontais variam de bem-desenvolvidas a inexistentes, ao longo dos setores costeiros. (CALLIARI *et al.*, 2006)

As praias dissipativas são aquelas de alta energia, com alto suprimento de sedimento, formando as dunas frontais mais altas e largas. Nas praias intermediárias, sistemas de moderada energia de onda, onde o suprimento de sedimento tende a ser menor, há menor tamanho da duna frontal. As praias refletivas são sistemas de baixa energia de onda ou de areias grossas. Nestas, o potencial de transporte de sedimento é muito baixo e as dunas frontais formadas são pequenas. (SHORT & HESP, 1982)

Segundo Hesp (2000), a estabilidade da praia está intrinsecamente ligada ao crescimento da vegetação. No momento em que dunas frontais sofrem progradação, a vegetação tende a se desenvolver, alargando as dunas. Por sua vez, quando as mesmas sofrem erosão, a vegetação será restringida, ocorrendo escarpas na duna frontal, conforme Figura 5.

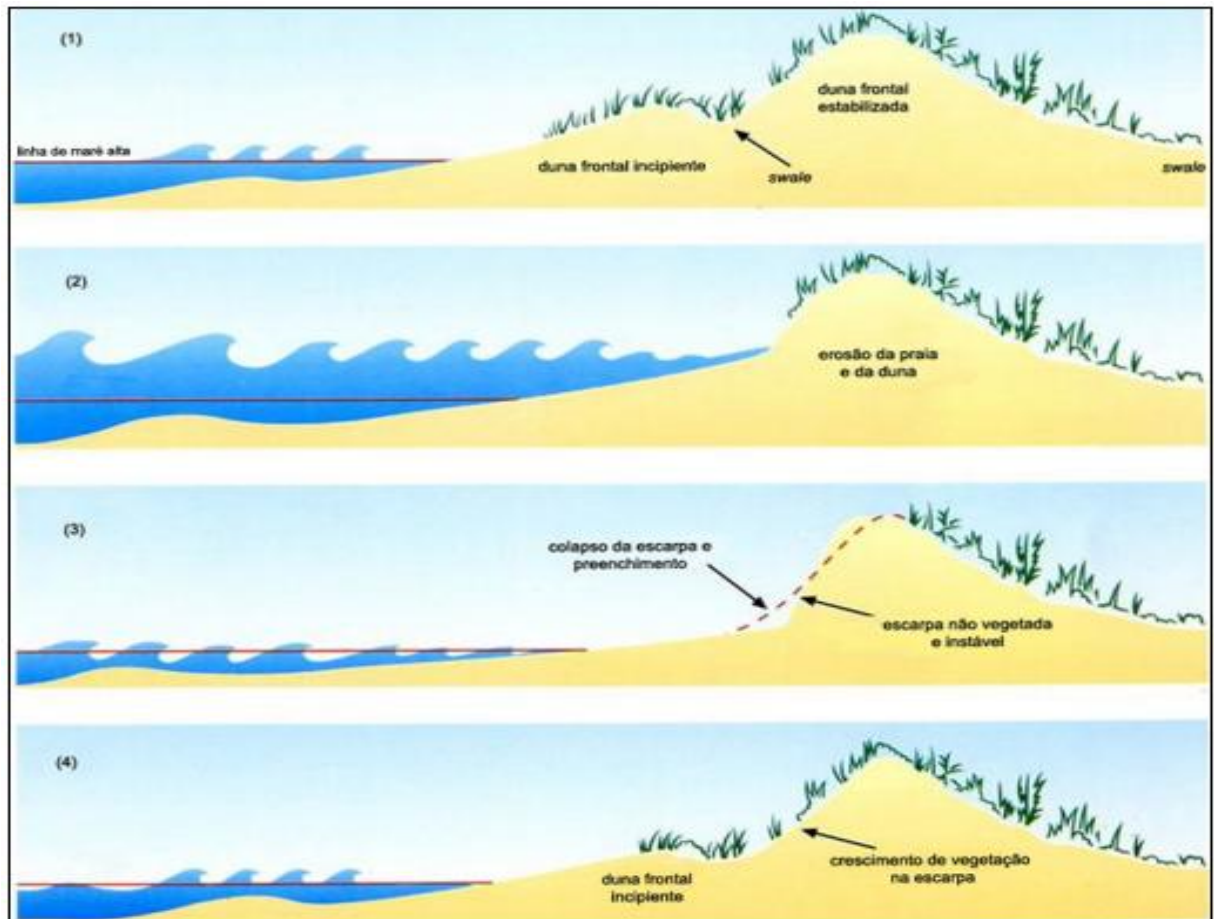


Figura 5: Dinâmica de interação do sistema praia duna. Fonte: (HESP, 2000).

4.6 Atividades humanas que modificam a paisagem costeira

A paisagem é vista como resultado da “combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução”, conforme Bertrand (2004). Segundo Guerra e Marçal (2006), as atividades humanas atuam de forma direta e indireta na paisagem costeira, primeiramente impondo limites de ocupação ou atividades permitidas e colaborando para a preservação ou recuperação de sistemas costeiros naturais, ou interferindo inevitavelmente mediante alterações dos aspectos, sejam estes por meio das mudanças no aporte de sedimentos, do desvio de canais e deltas, de atividades de terraplanagem em dunas e mesmo dragagem de canais de acesso, além de áreas submersas aterradas.

A intervenção antrópica, segundo Christopherson (2012), tem marcado decisivamente a geomorfologia das paisagens costeiras, especialmente em áreas de constante pressão, como o sistema praia duna, devido à alteração do modelado por atividades como: viabilização de projetos de engenharia urbana e industrial, como exemplo a urbanização, as áreas portuárias,

as obras de engenharia costeira, os canais de drenagem, dragagem no canal de acesso e presença de veículos automotores na faixa de praia e nas dunas.

Praias arenosas são as formações encontradas em diversas costas, atraindo milhões de visitantes a cada ano e fornecendo a base econômica para muitas comunidades. [...] as praias respondem com mudanças de forma e de posição que podem ter consequências econômicas indesejáveis quando resultam em destruição do patrimônio ou em custos elevados, na tentativa de interromper ou retardar o processo de reajuste morfológico (MUEHE, 2003). Alguns fatores corroboram na alteração na dinâmica natural de praias arenosas oceânicas, tais como: a urbanização, que acarreta, por vezes, a destruição de dunas; a implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píers, quebra-mares, muros, etc.; a retirada de areia da praia por mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia, dragagens em canais de maré e na plataforma continental: diminuição/perda das fontes de sedimentos para as praias; entre outros aspectos que interferem diretamente nesses ambientes. (SOUZA *et al.*, 2005)

Para Vieira *et al.* (2004), o livre acesso do automóvel à praia aumenta o risco de contaminação ambiental, devido aos vazamentos de líquidos e emissões inerentes ao atual estágio tecnológico dos veículos. [...] modificações ambientais associadas ao trânsito de veículos sobre os sistemas de praias arenosas, sugerindo ainda que o procedimento adotado possa ser utilizado para caracterizar a existência de modificação física de parâmetros relacionados à compactação da camada superficial em praias arenosas. (VIEIRA *et al.*, 2004)

O ciclo de erosão e recomposição da duna garante o equilíbrio dinâmico que protege as costas da incursão da água do mar, em eventos de ressaca. Mas esse mesmo ciclo pode ser rompido quando a atividade antrópica modifica características do ambiente (HESP, 2000). No Brasil, as dunas, do ponto de vista legal, são consideradas áreas de preservação permanente (NEMA, 2005). Porém, nas últimas décadas, as dunas costeiras, de forma particular, têm sido alvo de múltiplos impactos humanos. (SEELIGER; COSTA, 1998; CORDAZZO *et al.*, 2006)

Segundo estudos realizados pelo NEMA (2005), os principais são a retirada de areia, a urbanização e a estabilização ou instabilidade, ocasionando mudança do padrão natural. Para o ser humano, o soterramento de casas e vias e sumidouro de sedimentos praias, podendo causar erosão praial. A urbanização em zonas costeiras, por exemplo, é algo que, na maioria das vezes, modifica a composição original dos campos de dunas. Fatores climáticos igualmente alteram de forma intensa sua morfologia e, por conseguinte, a dinâmica costeira. As dunas costeiras (transgressivas) sofrem com problemas ambientais.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Revisão bibliográfica para levantamento de dados

Esta revisão (Tabela 1) consistiu em fundamentar um banco de informações geográficas da área de estudo, com trabalhos que já foram realizados em diferentes propostas e escalas, com o intuito de buscar estudos realizados no sistema praia duna, relacionados às características morfológicas, sedimentológicas e hidrodinâmicas.

Tabela 1: Produções científicas selecionadas para análise de acordo com o ano da área de estudo, autores, título e tipo de produção e tema apresentado, em ordem cronológica.

Nº	ANO	AUTORES	TÍTULO	TIPO	TEMA
1	1993	CALLIARI & KLEIN	Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS	ARTIGO	Relevo, sedimentação
2	1993	CALLIARI & FACHIN	Laguna dos Patos, influência nos depósitos lamíticos costeiros.	ARTIGO	Desembocadura lagunar, pluma estuarina
3	1998	CALLIARI <i>et al.</i>	Beach morphology and coastline erosion associated with storm Surges in southern Brazil Rio Grande to Chui, RS.	ARTIGO	Correntes marinhas, ventos
4	1998	CALLIARI <i>et al.</i>	Lama na praia do Cassino: influência das dragagens: estudo de caso 'a grande deposição de 1998'.	ARTIGO	Lama na praia do Cassino
5	2000	ESTEVEVES <i>et al.</i>	Seasonal changes in beach profile inducing response of beachfront owners in southern Brazil.	ARTIGO	Variação da linha de costa
6	2000	TOZZI & CALLIARI.	Morfodinâmica da praia do Cassino.	ARTIGO	Aporte Sedimentar
7	2001	STRAUCH	Caracterização do Estado do Mar em Rio Grande (RS), Brasil.	ANAIS	Processos oceânicos
8	2003	CALLIARI & FARIA	Bancos de lama na praia do Cassino: formação implicações geomorfológicas, ambientais e riscos costeiros.	ARTIGO	Depósito de lama
9	2003	LÉLIS	Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul.	TCC	Variações da linha de costa
10	2003	MARTINS <i>et al.</i>	Ocorrência de fragmentos de lama na praia do Cassino, RS, Brasil.	ARTIGO	Depósito de lama na zona subaérea
11	2004	FONTOURA	Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes das Barra do Rio Grande, RS, Brasil	TESE	Variabilidade sedimentar e hidrodinâmica
12	2005	PEREIRA	Variabilidade da orla oceânica do Rio Grande do Sul e suas implicações na elaboração de planos de contingência: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos.	DISSERTAÇÃO	Variabilidade da orla oceânica
13	2005	FIGUEIREDO & CALLIARI	Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro.	ARTIGO	Distribuição de Sangradouros
14	2007	ESPÍRITO SANTO	Variabilidade morfodinâmica entre as regiões da Querência e do Navio Altair na praia do Cassino, RS.	DISSERTAÇÃO	Variações morfodinâmicas

15	2007	LOPES <i>et al.</i>	Estudo do impacto ambiental sobre a biodiversidade da praia do Cassino causado por veículos automotores.	ANAIS	Veículos automotores e os impactos na biodiversidade
16	2007	BORBA <i>et al.</i>	Efeito da orientação da linha de costa no transporte das areias eólicas e na formação das dunas frontais da praia do Cassino, RS	ARTIGO	Ambiente costeiro sistema praia-duna
17	2010	ADÉLIO	Avaliação da percepção social dos usuários a respeito do trânsito de veículos na praia do Cassino, Rio Grande/RS.	TCC	Trânsito de veículos automotores
18	2013	LEAL ALVES	Análise da vulnerabilidade nos Balneários Querência-Atlântico Sul e Hermenegildo (RS) a partir de indicadores geomorfológicos e antrópicos.	TCC	Intervenção humana
19	2014	PORTO	Considerações acerca da presença de veículos automotores na faixa de praia ao largo do Balneário Cassino/RS, do seu processo de gestão e de sua distribuição espaço temporal.	TCC	Veículos automotores na praia do Cassino
20	2014	MOLLER	Análise da distância da orla urbana dos Balneários Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí - RS, em relação à linha de preamar marinha.	TCC	Orla urbanizada
21	2015	GOULART <i>et al.</i>	Medium-term morphodynamic behavior of a multiple sand bar beach.	ARTIGO	Bancos na zona de arrebenção
22	2014	COSTA	Considerações sobre a evolução morfológica das dunas frontais ao Balneário Cassino – RS a partir da implantação de ações de manejo.	TCC	Ações de manejo dunar
23	2014	OLIVEIRA	Identificação de alterações ambientais no estuário da Lagoa dos Patos (RS) decorrentes de atividades portuárias.	DISSERTAÇÃO	Impactos da dragagem portuária
24	2015	CALLIARI <i>et al.</i>	Fine grain sediment transport & deposition in the Patos Lagoon–Cassino beach sedimentary system.	ARTIGO	Transporte e deposição de sedimentos

Fonte: Autor.

Os diferentes temas em questão das produções científicas da área de estudo, serviram de base para relacionar e entender as características morfodinâmicas e sedimentológicas; a variação da linha de costa; a influência dos depósitos lamíticos, da pluma estuarina e das atividades de dragagem; a influências da construção e ampliação dos molhes da barra; a ação dos veículos automotores no pós-praia e do plano de manejo de dunas tiveram como objetivo balizar o presente estudo e auxiliar na discussão.

5.2 Análise morfológica

5.2.1 Levantamento de perfis topográficos

Primeiramente, foram realizadas vistorias para a escolha das áreas a serem medidas, dentro de um perímetro de 19 km, ao largo do Balneário Cassino. Optou-se por medir vinte perfis perpendiculares à linha de costa, englobando o sistema praia duna a partir do molhe oeste em direção ao sul, a cada quilômetro de costa, com espaçamento de um quilômetro entre

cada perfil, visando analisar a variabilidade ao longo do trecho. Os vinte trechos (Tabela 2) foram demarcados através de estacas ou cercas, localizadas a cada início de perfil, em geral no reverso das dunas, as quais foram pintadas com tinta laranja fluorescente.

Tabela 2: Pontos (GPS) das coordenadas geográficas de vinte pontos de controle ao longo de 19 km para posterior coleta de dados topográficos.

Km	PONTOS DE CONTROLE (Trechos)	GPS/GARMIN (Estacas)	GPS/GEODÉSICO (Início do perfil)
0	1	32°05'55 09" S	396169.4171 X
	Molhes da Barra	52°03'61 07" O	6441507.7351 Y
1	2	32°06'11 25" S	395133.9020 X
	Curva acentuada da praia	52°04'44 59" O	6441205.5180 Y
2	3	32°07'33 44" S	394202.9001 X
	Terminal Norte (entre a curva da praia e o antigo terminal turístico)	52°05'30 04" O	6440722.6427 Y
3	4	32°08'11 09" S	394202.9001 X
	Terminal Sul (Antigo Terminal Turístico)	52°06'47 17" O	6440722.6427 Y
4	5	32°09'20 04" S	393407.1934 X
	200 m ao norte do ABC X	52°07'22 19" O	6440207.2038 Y
5	6	32°10'49 09" S	392670.6541 X
	ABC IX, a 200 m ao norte do Arroio do Gelo	52°08'47 11" O	6439600.6571 Y
6	7	32°11'12 06" S	391099.3756 X
	Estátua de Iemanjá	52°09'17 88" O	6438268.3572 Y
7	8	32°11'34 00" S	390370.0348 X
	Cabanas Dunas, a 200 m ao norte do sangradouro	52°09'46 78" O	6437604.3325 Y
8	9	32°11'56 06" S	389631.7967 X
	Sangradouro norte da Querência	52°10'15 24" O	6436900.2142 Y
9	10	32°12'21 03" S	388818.0272 X
	EMA e Câmera Argus da FURG	52°10'41 01" O	6436131.4428 Y
10	11	32°12'48 06" S	388104.0370 X
	Limite sul do Atlântico Sul	52°11'13 38" O	6435281.5637 Y
11	12	32°13'13 02" S	387400.2171 X
	Camping do Leopoldo – Parque Eólico limite norte	52°11'41 01" O	6434515.4113 Y
12	13	32°13'36 01" S	386744.7626 X
	Parque Eólico centro norte	52°12'07 02" O	6433803.1453 Y
13	14	32°13'58 01" S	386076.8086 X
	Parque Eólico centro sul	52°12'32 07" O	6433116.9904 Y
14	15	32°14'15 03" S	385528.4597 X
	Parque Eólico limite sul	52°12'32 07" O	6432581.5971 Y
15	16	32°14'42 03" S	384734.7502 X
	Antena	52°13'24 09" O	6431741.1501 Y
16	17	32°15'08 00" S	384288.2804 X
	Planície A (sem ponto de controle aparente)	52°13'70 55" O	6431035.9821 Y
17	18	32°15'26 05" S	383515.2657 X
	Planície B (sem ponto de controle aparente)	52°14'00 06" O	6430382.7576 Y
18	19	32°15'53 02" S	382806.8994 X
	Próximo a um sangradouro. a norte do mato de eucalipto	52°14'29 07" O	6429691.0419 Y
19	20	32°16'23 00" S	383134.3430 X
	Vila de pescadores	52°14'52 06" O	6429432.9702 Y

Fonte: Autor.

A medição dos perfis foi realizada nos dias 14, 15, 22 e 28 de abril e 4 de maio de 2015. No dia 14/4/2015 quando foram medidos os perfis 5, 6, 7, 8, 9, a maré estava baixa com baixa energia de onda; no dia 15/4/2015 os perfis 1, 2, 3, 4 foram medidos numa maré intermediária e com moderada energia de onda; no dia 22/4/2015 os perfis 10, 11, 12, 13, 14 foram medidos num dia de maré intermediária e moderada energia de onda, assim como no dia 28/4/2015 quando foram coletados os perfis 15 e 16. No dia 4/5/2015 os perfis coletados foram 17, 18, 19, 20, num dia de maré relativamente alta e vento sudoeste.

O levantamento foi efetuado através do receptor Geodésico da marca Leica Viva GS15 GNSS, o qual recebe as frequências L1 e L2 e L2C, com 120 canais, operando com uma tolerância na precisão em 3D (X, Y, Z) de 0,05m. Este possui um rádio *Pacific Crest* ADL acoplado que lhe dá um alcance operacional de 15 km, podendo receber sinal dos sistemas GPS L2, GPS L5, *Glonas*, *Galileo* e *BeiDou*. Este equipamento foi disponibilizado pelo IFRS - Campus Rio Grande, tendo auxílio em campo de um técnico em geoprocessamento.

O método utilizado para a medição foi o de posicionamento relativo cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic – RTK*) de levantamento de dados, pelo Sistema de Posicionamento por Satélites (GPS). O método consiste em posicionar um receptor GPS em um ponto fixo de coordenadas conhecidas e outro receptor móvel no ponto do qual se deseja determinar as coordenadas, segundo Corseuil e Robaina (2003), possibilitando o levantamento topográfico por coordenadas geodésicas com alta precisão, com vistas à obtenção de pontos com coordenadas x, y (posição) e z (altura elipsoidal). Todos os pontos coletados foram registrados pelo modo *stop-and-go*, que consiste em parar num determinado ponto e salvar as suas coordenadas. A antena de estação-base permaneceu fixa no ponto de apoio altimétrico.

A base de dados topográficos consistiu de 1.185 pontos coletados ao longo dos vinte perfis, dispostos transversalmente à linha de costa em geral, desde a retaguarda do campo dunas até o final da zona de surfe. Nem todos os perfis iniciaram no reverso das dunas, em função da dificuldade de acesso. A coleta não seguiu um limite de metragem para cada perfil, preferindo-se seguir a silhueta do terreno o que, de fato, representa diferentes tamanhos de perfis. A orientação dos perfis topográficos foi estipulada mediante o uso de um GPS da marca *GARMIN-GPSMAP-76CSx*, com uma bússola acoplada, sendo que a angulação serviu para deixar o perfil no sentido transversal à linha de costa, sendo também utilizadas balizas para auxílio na orientação dos perfis. Ressalta-se que os mesmos não seguiram perfeitamente perpendiculares (90°) à linha de costa, mas se aproximaram bastante disto. A Figura 6 mostra a orientação dos perfis medidos.

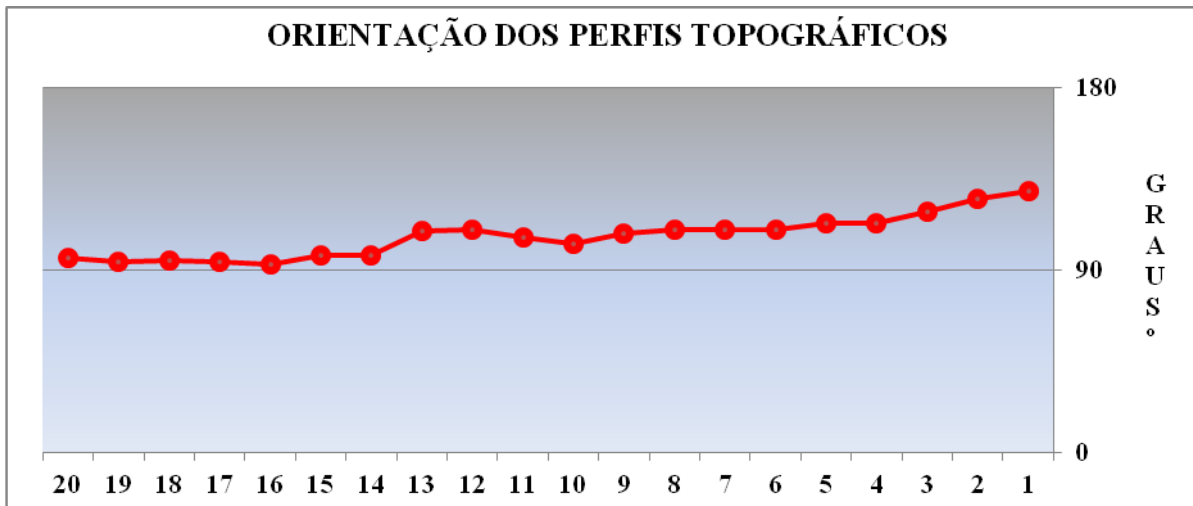


Figura 6: Gráfico de orientação dos vinte perfis topográficos medidos. Fonte: Autor.

Os dados coletados foram organizados em uma tabela Excel com cada ponto adquirido e as suas respectivas coordenadas X, Y, baseadas em SIRGAS 2000, zona 22 Sul, projetadas em UTM (Universal Transversa de Mercator) e coordenadas de altitude Z („H”) que correspondem à altitude do ponto amostrado em relação ao elipsóide WGS84. As coordenadas de altitude Z (geométricas) tendo sido, então convertidas para altitudes reais (ortométricas „h”) fazendo analogia ao modelo do geóide local.

Foi usado o sistema MAPGEO10, do IBGE, para calcular a ondulação geoidal e, na sequência, foi feita a diminuição em relação ao valor obtido do Z, informado pelo GPS Geodésico. Essa conversão foi realizada através do modelo de ondulação geoidal, calculado a partir da equação ($N=H-h$), chegando-se a um valor de 4,555. Essa altitude ortométrica, determinada com base no ponto da Referência de Nível (RN1961E), e o valor de apoio altimétrico da BASE_CORSAN foram calibrados, utilizando o nivelamento geométrico feito por Teixeira (2011), que encontrou o valor ortométrico (H) de 3,376 metros, subtraindo os valores encontrados pela diferença de 1,179 metros.

A partir da medição dos perfis foram analisados os seguintes parâmetros morfométricos:

- **Largura da praia (Yb):** medida através da diferença entre o valor do limite das dunas com a praia e o mínimo do espriamento ou *datum* arbitrário (0,0),
- **Declividade da praia e face praial:** com cálculo efetuado com base no Teorema de Pitágoras onde através da diminuição das alturas entre os dois valores obtêm-se o cateto oposto, e mediante este valor o mesmo foi dividido pela distância horizontal entre os pontos. Como a inclinação é dada em graus ($^{\circ}$) $=\hat{A} = \arctg DV/DH$ o valor foi estabelecido mediante o valor da tangente α . A declividade da praia foi medida entre o ao limite superior da praia (altura máxima da praia foi estipulada partindo do ponto

subsequente a zona de varrido até o ponto final do limite praia duna), e a cota zero do perfil e a distância horizontal entre os pontos. Já a declividade da face praial foi medida mediante a cota negativa abaixo do nível do mar até a cota zero.

- **Largura e altura do campo de dunas:** a largura do campo de dunas partiu do início dos perfis até o seu limite com a praia. Como vários perfis não foram medidos desde o início, estes valores foram complementados com os derivados de imagens aéreas. A altura foi definida pelo ponto mais alto medido neste segmento.
- **Largura e altura das dunas frontais:** seus limites, necessários para definição da largura, foram identificados em campo e posteriormente nos perfis plotados. A altura foi definida pelo ponto mais alto medido neste segmento.

5.2.2 Utilização de técnicas de geotecnologias

A análise do sistema praia duna também foi realizada no *software* QGIS 2.8.2. Para a construção das bases cartográficas foram utilizadas imagens de satélite de 27/2/2006, 1/5/2014 e 18/6/2015 respectivamente, extraídas do *software* Google Earth™ Pro, que apresenta diversas fontes de dados como Digital Globe – Data SIO, NOAA, U.S. NAVY, NGA, GEBCO. As imagens foram salvas em uma resolução de até 4800x3020 pixels³. A aquisição das imagens destas datas se deu por dois motivos: cobrem praticamente toda a área de estudo; a imagem de 2006 representa um período sem presença de lama na faixa de praia, a de 2014 um período com deposição de lama e a de 2015 pode ser relacionada com o período onde foram medidos os perfis topográficos. Esta recobriu somente até o segmento 15.

Após a coleta das cenas, foi realizada a etapa de mosaicagem para cada data, a qual consiste em unir cenas a fim de obter a área de estudo por completa. Tendo essa etapa concluída, pegou-se como referencia (base) para o georreferenciamento⁴ o mosaico mais antigo (2006), o que permitiu corrigir⁵ os outros dois mosaicos, para obter o erro (RMS) aproximado. O georreferenciamento apresentou erro de deslocamento (dX (pixels), dY (pixels) e erro Residual (pixels) menor que 1 m (0,00001) para cada mosaico.

Tendo como base os pontos do perfil topográfico realizado em campo, a partir de um shape de pontos (arquivo vetorial) vetorizou-se os mesmo segmentos para os mosaicos de

³Em um arquivo matricial o trabalho é realizado *pixel a pixel*, e tal condição é passível de sofrer verificações no decorrer dos cruzamentos. A escolha da escala da imagem deve ser levada em conta mediante a importância à introdução do conceito da GSD, que pode ser traduzida como Distância Correspondente no Terreno, a qual refere-se ao tamanho real (no terreno) de um determinado *pixel* com relação à resolução de uma imagem e à sua escala (FITZ, 2008).

⁴Georreferenciamento consiste em adicionar referência espacial a imagem, associando um conjunto de coordenadas espaciais a cada pixel.

⁵Corregimento garante a coincidência espacial entre os pixels de todos os dados utilizados.

2006, 2014 e 2015. Contudo, considerando a dinâmica da praia, alguns não seguiram uma forma retilínea na extensão do cordão de dunas até a zona de surfe. A Figura 7 representa essa etapa.

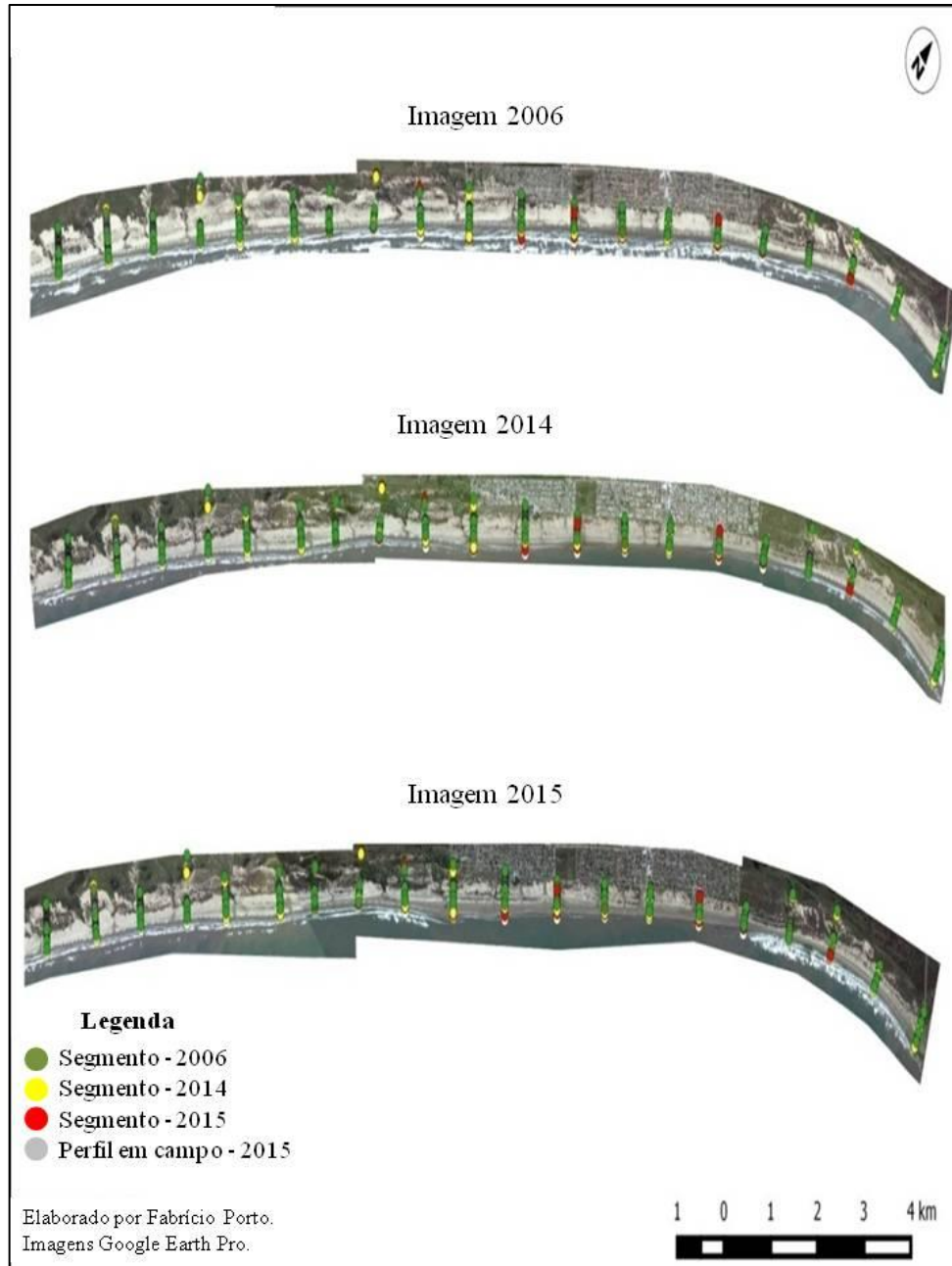


Figura 7: Mosaicos da área de estudo – Balneário Cassino para 27/2/2006, 01/5/2014 e 18/6/2015 localizando os perfis topográficos feitos em campo e os segmentos coletados nas imagens. Fonte: Autor.

Os parâmetros morfométricos extraídos das imagens foram analisados no sistema praia duna ao longo de um período cronológico de dez anos. Para uma melhor visualização do mapa, foram atribuídas siglas para os parâmetros analisados. As distâncias foram calculadas

em metros, a partir da visualização e identificação dos parâmetros. Sendo assim, foram realizadas as seguintes análises:

- **Orientação da Linha de Costa (α):** determinada mediante o cálculo do ângulo no caso o Azimute Norte (N) que é o ângulo formado na direção norte até a direção desejada, vai de 0° a 360° , medido no sentido horário, caso em que o ângulo formado é o valor de cada perfil topográfico. Esta é praticamente a mesma para as três cenas.
- **Largura da Praia (Yb):** medição feita entre o limite superior da praia, considerado como a base das dunas frontais e a linha d'água no momento da cena.
- **Deslocamento Limite Praia Duna:** em cada um dos vinte trechos foi marcado um ponto no limite praia duna nas cenas de 2006, 2014 e 2015, possibilitando analisar sua variação.
- **Deslocamento Linha d'Água:** em cada um dos 20 trechos também foi marcado um ponto na linha d'água no momento das cenas de 2006, 2014 e 2015, sendo medida e analisada a variação, em metros, entre os pontos.
- **Largura do Campo de Dunas (LCD):** medição feita a partir do início do campo de dunas até o reverso das mesmas, englobando zonas de banhado ou vegetadas interduna. Ressalta-se que esses dados são mais abrangentes do que os medidos pelos perfis que, em alguns casos, não contemplaram a largura total das dunas.
- **Largura Dunas Frontais (LDF):** medição feita a partir da base da duna frontal até o reverso da mesma. A medição dos perfis pode auxiliar na melhor definição dos limites da duna frontal, assim como a presença de vegetação mais densa.

5.3 Caracterização granulométrica

Para a análise granulométrica, foram coletadas vinte amostras superficiais na face praial, ao largo do balneário Cassino, nos mesmos trechos onde foram medidos os perfis topográficos e analisados os parâmetros das imagens aéreas. As amostras coletadas foram ensacadas, numeradas e levadas ao laboratório de Oceanografia Geológica – LOG, para lavagem em água corrente, com vistas à retirada do sal. Depois, as amostras foram para a estufa, a fim de serem totalmente secas. Na sequência, realizou-se a desagregação, para separar a amostra e o quarteamento para homogeneizar as amostras em frações semelhantes. Fez-se, então, a separação do sedimento em um béquer e a pesagem na balança analítica, que identificou aproximadamente 40g por amostra. O próximo passo foi a separação de sedimentos finos com um funil de vidro, uma peneira de 0,062mm e água destilada (1000 ml). Esses sedimentos ultrapassavam a peneira e caíam direto dentro de uma grande proveta, a

qual serviria para o próximo passo: a pipetagem.

Para quantificação e análise granulométrica de grosseiros, foi utilizada a escala de Wentworth (1922), compreendendo as seguintes etapas: preparação (processamento, lavagem, secagem a 75°C), quarteamento, pesagem e peneiração com $1/2\phi$ até $1/4\phi$ (*phi*). O método de peneiramento foi realizado de forma manual, a fim de separar gradualmente a areia nas suas subdivisões. Além disso, efetuou-se a pesagem do sedimento retido em cada malha em um béquer tarado, obtendo, então, apenas o peso final da amostra, o qual foi transformado em um percentual do peso total peneirado, obtendo uma perda de sedimentos ao fim desse procedimento, que será nomeada mediante cada amostra analisada.

Para quantificar e analisar os sedimentos finos (no caso, somente a amostra P5F), foi utilizado o método baseado na Lei de Stokes, que é determinada a partir de princípios físicos, como no da velocidade de decantação de cada partícula. Utilizou-se a técnica para determinar o tempo de espera entre a agitação das partículas e a realização de pipetagens. As partículas que possuem maiores diâmetros tendem a decantar mais rapidamente, sendo necessário menor tempo de espera. Logo, as partículas menores terão um tempo de espera maior. A agitação foi feita através de um agitador de madeira. Ao total, foram sete pipetagens, que determinaram as subdivisões presentes em silte e argila. Cada pipetagem consistia na retirada de 10 ml da amostra diluída a 10 cm até a quinta e depois 5cm na sexta e sétima, com intervalos de profundidade; em seguida, era depositada em um béquer (vazio) previamente pesado e, posteriormente, na estufa. Após a secagem, foi realizada uma nova pesagem. Para obter-se o peso dos sedimentos, subtraiu-se o valor do peso final do béquer (vazio) com o peso obtido após a coleta da pipetagem, obtendo-se, por fim, o peso da granulometria específica.

O tratamento estatístico O tratamento estatístico das amostras de sedimentos foi feito no programa (SYSGRAN 3.0), que determina os parâmetros granulométricos, seguindo os métodos de Folk; Ward (1957), calculando o diâmetro médio do grão (Mz), a mediana (Md), o grau de selecionamento ou desvio padrão (σ), a assimetria (Ski) e a curtose (Kg). O diâmetro médio do grão (Mz) foi calculado conforme a média aritmética citada acima dos percentuais 16 (terço mais grosseiro), 84 (terço mais fino) e 50 (terço central da curva), utilizando a escala Wentworth (1922). A mediana (Md) representa o tamanho de grão, que divide a distribuição granulométrica nos (50%). O desvio padrão (Dp Mz), segundo Folk e Ward (1957), é a variação central do tamanho dos grãos a partir da média aritmética. Já a assimetria é o grau de agudez dos picos, que é a tendência de a curva de frequência simples deslocar-se para um dos lados. Por fim, a curtose reflete o desvio de uma distribuição normal

nas extremidades, sendo mesocúrtica (valor = 0 ou 3), leptocúrtica (pico acentuado, $Kr > 3$) e curva platicúrtica (pico mais chato, $Kr < 3$).

5.4 Caracterização da altura de onda na praia em eventos de alta energia

Durante a realização dos trabalhos de campo a praia estava sendo fortemente influenciada pelos depósitos de lama na antepraia, com significativa atenuação de energia em certos trechos da praia que estavam sendo analisados.

Essa caracterização foi realizada através da observação visual de cada perfil, durante três eventos de alta energia de onda, nos dias 20 e 25/8/2015 e no dia 27/3/2016. A altura, o período de onda e a direção da deriva em águas profundas bem como a escolha das datas de coleta basearam-se nos dados dos sites www.windguru.cz e www.surfguru.com.br.

A metodologia de observação visual utilizada se baseou-se em Melo Filho (2002). Foi observada a altura significativa da arrebentação (H_b), definida como a diferença de nível entre as cristas e os cavados anteriores. Foram utilizados veículos particulares para os trabalhos em campo, partindo do ponto 1, no quilômetro 0, junto aos Molhes da Barra até o ponto 20, no quilômetro 19, próximo às carcaças do navio Altayr. Houve dificuldades de acesso aos vinte pontos analisados e quanto ao tempo de permanência em cada um, devido a riscos de atolamento e subida do nível do mar. No último trabalho em campo as vias de acesso interurbanas até o camping do Leopoldo foram utilizadas. Nesse período, os trechos 12 a 19 foram estipulados à distância, pois o nível da maré estava na base da duna frontal.

Neste trabalho foi estipulada a altura das séries de onda, com critério de classificação da energia de onda definido em: Alta ($A > 1$ m), Moderada (M entre 0,51 e 1 m), Baixa (B de 0,1 e 0,5 m) e Flat ($F < 0,1$ m).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dezenove quilômetros de sistema praia duna analisados inserem-se num ambiente de planície costeira Atlântica, em área de influência estuarina. Nesse ambiente existem redes de drenagem natural, os chamados sangradouros que cortam as dunas e a praia, ligando os banhados das retrodunas ao mar, com conexão junto ao lençol freático, além dos processos costeiros condicionantes como marés, ondas, correntes e deriva que alteram constantemente a dinâmica morfológica e sedimentar entre ambiente oceânico e lagunar. A variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino foi baseada na análise de dez parâmetros morfométricos e dois sedimentares obtidos do sistema praia duna nos vinte trechos analisados, derivados da realização dos perfis topográficos, da análise das imagens aéreas, da coleta de sedimentos e da observação visual das ondas. Nesse item, primeiramente serão apresentados os resultados da avaliação individual dos parâmetros junto com a variabilidade espaço-temporal do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino com a análise dos processos costeiros físico-naturais e das atividades antrópicas.

6.1 Parâmetros morfossedimentares da praia

6.1.1 Orientação da linha de costa (α)

Em relação à geometria da praia, esta apresenta maior embaiamento próximo ao molhe oeste da barra do Rio Grande (trecho 1 ao 4), sendo menos embaiada entre os trechos 4 e 20. Do trecho 3 ao 19, a orientação oscila entre 40 e 50 graus norte conforme representação na Figura 8. Pequenas oscilações de orientação, como entre os trechos 4 e 6 e 12 e 14 estão associadas a influência dos depósitos de lama na praia no período analisado.

Dois aspectos relacionados à desembocadura da Lagoa dos Patos são relevantes nas características morfossedimentares da praia: os Molhes da Barra e os sedimentos provenientes da desembocadura. O primeiro é relevante na curvatura da praia e na zona de sombra entre os trechos 1 e 4, enquanto o segundo influencia diretamente diversas características, sobretudo na deposição de sedimentos finos (lama) e atenuação de energia entre os trechos 5 e 13.

Os molhes influenciam a atenuação de energia entre os trechos 1 e 3, com acréscimo gradual. A distribuição se apresenta com uma grande endentação, refletindo uma gradação de energia de norte em direção ao sul. Lélis (2003) também aponta a influência imposta pela estrutura dos molhes na alteração do comportamento praiial, sendo este responsável pela existência de uma “zona de sombra”, o que é válido para a secção norte da área.

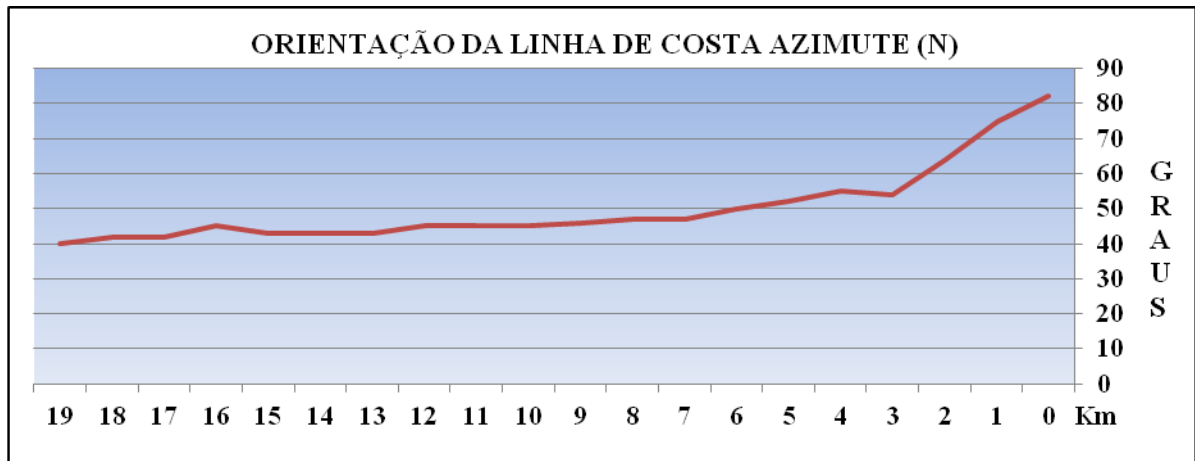


Figura 8: Gráfico de orientação da linha da costa nos 19 Km analisados. Fonte: Autor.

Em relação à curvatura da praia, segundo estudos realizados por Calliari *et al.* (1998) foi verificado que entre os anos de 1911 a 1956, junto ao molhe oeste, a linha de praia aumentou cerca de 720 m, delineando uma linha perpendicular à praia e paralela ao molhe com uma taxa de aumento de 16 m/ano. Em um menor espaço tempo entre 1911 e 1919 o crescimento foi de 620 m a uma razão de 77,5 m/ano, evidenciando uma rápida configuração do ambiente sedimentar à grande obra de engenharia realizada.

Entre os anos de 1950 e 1956 os levantamentos batimétricos, realizados pela antiga Diretoria de Obras do Porto e Barra do Rio Grande também indicaram que a progradação da linha de costa diminui à medida que essa se distancia da estrutura dos molhes. Assim, a 550 m da estrutura dos molhes, entre as datas extremas, houve um aumento de 580 m, fornecendo uma taxa de 12,8 m/ano. (OLIVEIRA, 2014)

Para Oliveira (2014), a obra de prolongamento e aprofundamento dos molhes acabou interferindo ainda mais na dinâmica do ambiente, causando várias alterações, como o aumento na vazão e no volume do material descartado pelas dragas, em eventos de vazante, ocorre à intensificação das correntes no Molhe Oeste.

6.1.2 Largura da praia (Yb)

A Figura 9 mostra a distribuição dos vinte segmentos analisados com valores a partir do limite inferior das dunas frontais até a linha d'água, quanto para a análise das imagens como para os perfis topográficos.

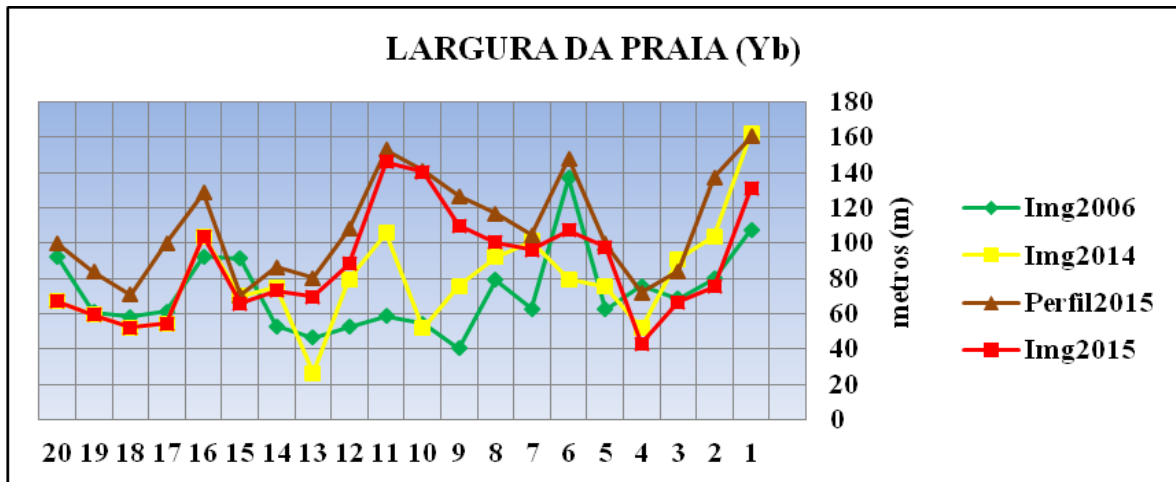


Figura 9: Largura da praia ao longo dos vinte trechos analisados através de imagens aéreas (2006, 2014 e 2015) e perfis topográficos (2015). Fonte: Autor.

Na Figura 9, em escala cronológica, nota-se que em 2006 as maiores larguras de praia foram encontradas nos segmentos 1, 6, 15 e 16 e as menores larguras nos segmentos 9, 12, 13 e perfil 14. Na imagem de 2014 foram encontrados os maiores valores de largura de praia no segmento 1 (largura máxima obtida de 162,17 m), no 2, 7 e 11 e os menores valores no 4, 10 e 13 (largura mínima obtida de 26,19 m). No perfil de 2015, ocorreram os maiores valores nos perfis 1, 6 e 11. Já na imagem de 2015, as maiores larguras foram nos segmentos 1, 10 e 11, o que indica uma variabilidade lateral significativa ao longo dos 19 km de praia analisados, sendo a praia mais larga junto ao molhe oeste, atualmente entre o segmento 5 e 11 mais estreita, sendo mais exposta nos segmentos 17 e 20.

Em relação à deposição de sedimentos finos (lama), Martins *et al.* (2003) atribuem que os sucessivos processos de deposição lançam o sedimento fino para o pós-praia, incluindo o material dos “bancos de lama”, que são alterados pela ação hidrodinâmica das ondas e marés. Para Goulart (2014) a presença de lama na zona de arrebenção afetou a variabilidade dos bancos arenosos em escalas semanais e mensais, caracterizando também a progradação da linha de costa.

Segundo Goulart (2014) a lama não faz crescer a praia, essa área microtidal, onde inundações são causadas principalmente por tempestades que podem atingir 1,8 m. Durante esses eventos, as maiores taxas de erosão da praia são observadas. Uma série de seis anos e dados provenientes de imagens de vídeo foram utilizados para estudar o comportamento morfodinâmico conforme Figura 10. Dados diários de bancos de areia, para Maia *et al.* (2010) o primeiro banco soldado da praia, e logo após um canal de escoamento de uma corrente de retorno, seguido de uma cava muito abrupta e profunda e a posição de linha de água conforme demonstrados na Figura 10, obtidos a partir dessas imagens. Durante esse período, todo o sistema está migrando da costa, em uma taxa de 9 m/ano.

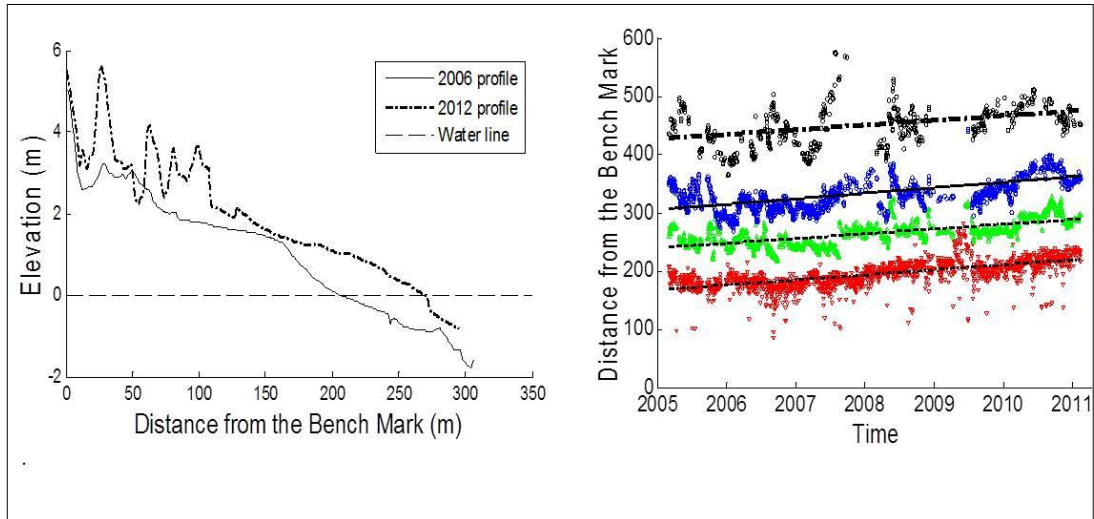


Figura 10: Série temporal da posição das feições identificadas nas imagens: linha d'água (LP), em vermelho; banco interno (B1), em verde; banco intermediário (B2), em azul; e banco externo (B3), em preto. Fonte: Goulart & Calliari, 2013.

A largura de praia se encontra em acresção na maioria dos trechos analisados (1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20). As maiores variações acrescivas entre 2006 e 2015 ocorreram nos perfis 7 a 12, que podem ter sido ocasionadas pela deposição de lama na praia. Esses dados (Figura 9) podem auxiliar na definição precisa da localização da zona de influência da lama na praia. A maior acresção ocorreu no perfil 11, com 87,25 m, no ano de 2015. Já a diminuição mais significativa foi de 32,92 m, no segmento 4, provavelmente decorrente da concentração de energia no local pós deposição de lama.

6.1.3 Mobilidade da linha de costa

A linha de costa ou do litoral (*shoreline*) é a linha que demarca o contato entre as águas e as terras, variando com os movimentos das marés. Para Martins *et al.* (2004), a linha de costa é um ambiente caracterizado pelo acentuado dinamismo, o que lhe confere instabilidade e o torna sensível às alterações promovidas por processos naturais e antrópicos.

No caso da área de estudo, analisando esse recorte espacial de 53 anos Lélis & Calliari (2004) chegaram à taxa média de 4,10 m/ano de acresção para o trecho entre os anos de 1947-1975, 1,46 m/ano entre 1975-2000 e 3,22 m/ano entre 1947-2000. Assim como Calliari & Klein (1993), Lélis (2003) analisou outro segmento a 12 km de costa a partir do Molhe Oeste em direção ao sul, e identificou uma progradação média de 114,83 m para o referido trecho de praia entre os anos de 1947-1975. Analisando o mesmo trecho com dados entre 1975-2000, o autor constatou uma redução no acréscimo, sendo que a progradação média calculada para este período foi de 36,67 m. Esse segmento já é mais influenciado pelos sedimentos provenientes da pluma estuarina. Segundo Calliari *et al.* (2001), mais de dezoito episódios de

deposição de lama sobre a praia foram observados desde 1972, associados à ação das ondas de tempestades, as quais são capazes de suspender depósitos de lama localizados entre as isóbatas de 6 a 15 m. Tais aspectos têm influenciado localmente na variação da linha de costa. A mobilidade da linha de costa foi analisada mediante seu deslocamento ao longo do limite praia duna e na linha d'água. Através das imagens dos anos em análise, foi possível identificar as variações ocorridas ao longo dos trechos.

6.1.3.1 Deslocamento Limite Praia Duna

A Figura 11 mostra o deslocamento do limite praia duna, onde valores positivos sugerem deslocamento acrescivo da costa em direção ao mar e valores negativos, a erosão com deslocamento à retroterra. Foram utilizadas as imagens de 2006, 2014 e 2015, analisadas mediante sua variação ao longo das datas.

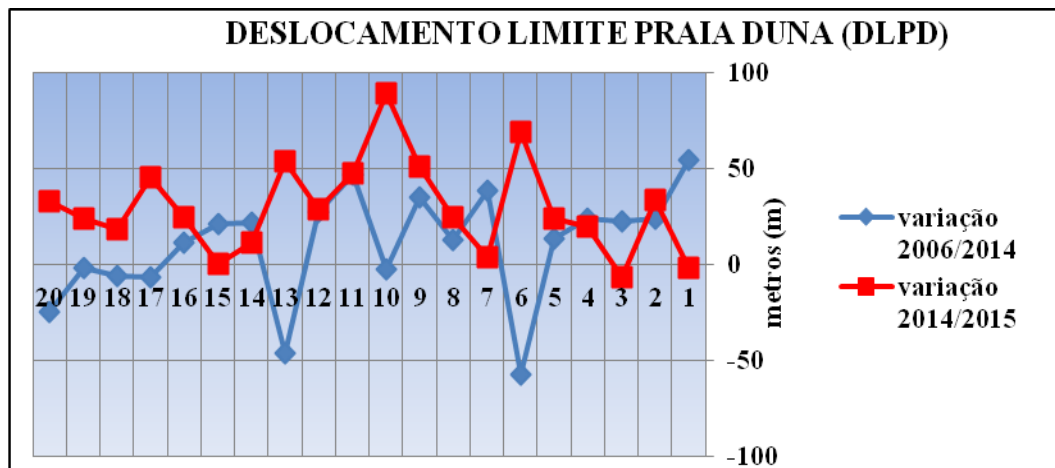


Figura 11: Deslocamento do limite praia duna entre 2006 e 2014 e entre 2014 e 2015. Fonte: Autor.

A variação da linha de costa entre 2006 e 2014 apresentou-se estável a acrescivo, com os valores até 50 m de progradação, havendo dois pontos de erosão. Já na variação 2014 e 2015, nota-se um aumento maior da praia na porção central, com quase 100 m no segmento 10. Pode-se notar, na Figura 11 um padrão de acresção ao longo das variações entre as imagens 2006 e 2014. Na variação de 2006 para 2014, o que se obteve foi um maior deslocamento do limite praia duna no segmento 1, de 54,50 m, no segmento 7 houve um deslocamento de 38,55 m, e no segmento 9 um valor de 35,12 m. Já em relação à diminuição (erosão), esta ocorreu no segmento 6, com -57,60 m; depois no 13, com -46,46 m e, por fim, no 20, com -25,01 m. Na variação entre as imagens de 2014 e 2015, também houve acresção na base da duna. O maior aumento foi no segmento 10 com 89,30 m, sendo que em cinco trechos a variação foi de mais de 50 m em apenas um ano, ficando o segmento 6 com 68,65 m e o 13 com 53,82 m. A variação desproporcional provavelmente está associada à formação de

um novo cordão de dunas, podendo ter influência humana direta (ações da prefeitura) ou não. Apenas houve diminuição no trecho 3 de -6,71 m e depois de -1,97 m no segmento 1.

Ao coletar os dados do deslocamento do limite praia duna (DLPD), faz-se uma atribuição direta ao depósito lamítico encontrado nesse ambiente desde o final de 2013. A praia é influenciada pela construção dos Molhes da Barra e pelas atividades de dragagens e pela pluma estuarina. Esse ambiente de fatura sedimentar faz com que os sedimentos, especialmente os finos (silte+argila=lama), se depositem em forma de lama fluída na praia, ocasionando progradação e consequente aumento da largura da mesma. Parte desses sedimentos se deposita no limite superior (dunas), fazendo com que o mesmo se desloque em direção ao mar.

6.1.3.2 Deslocamento da Linha d'Água

Foi analisado deslocamento ao longo dos pontos coletados em cada trecho das imagens. O valor de variação de 2006 para 2014, de 2014 para 2015 foi, então, analisado conforme a Figura 12.

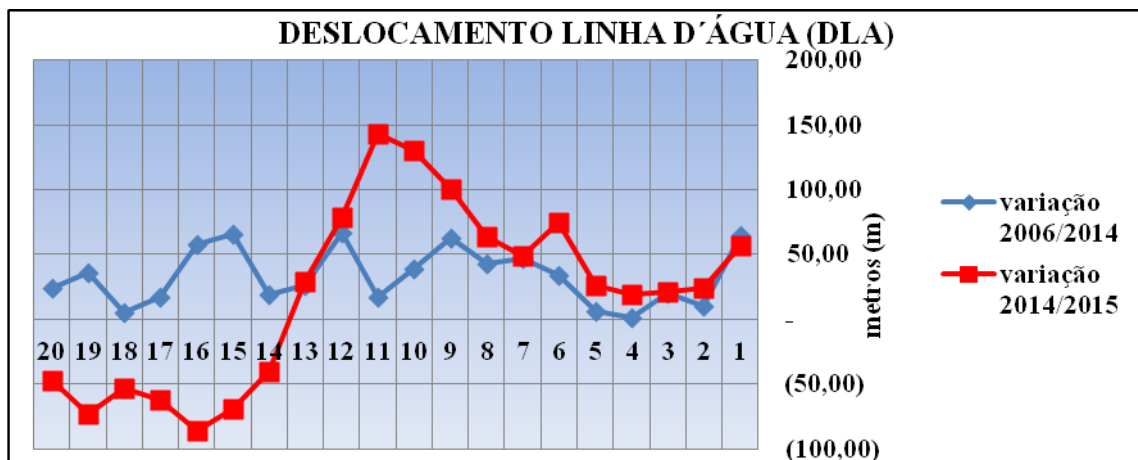


Figura 12: Deslocamento da linha d'água entre 2006 e 2014 e entre 2014 e 2015. Fonte: Autor.

A variação da linha de costa entre 2006 e 2014 apresentou-se progradação, mas proporcional, com valores de até cerca de 50 m de acresção. Já na variação 2014 e 2015 nota-se um aumento significativo na porção central, com ápice de quase 150 m de aumento do deslocamento no segmento 11. Esse valor diminuiu significativamente do segmento 12 até o 20 tendo, inclusive, valores negativos.

Entre 2006 e 2014, houve acresção em praticamente todos os segmentos, havendo estabilidade apenas no 4 e 18. Os maiores deslocamentos positivos foram entre os segmentos 6 e 16. Mediante a análise da distribuição do gráfico do deslocamento da linha d'água, verifica-se que, na variação 2014/2015 foi quando o deslocamento apresentou as menores

variações, as quais também podem estar dentro do erro de georreferenciamento. Nesse período, ocorreu variação de 70 a 150 m no local onde houve deposição de lama fluida no pós-praia (segmento 6 ao 12). Já entre os segmentos 14 e 20 houve diminuição significativa, provavelmente decorrente da ação de ondas no momento da imagem (maré cheia ou ondas de tempestade). Na Figura 12, pode-se identificar que a cena de 2015 está em período de alta energia, enquanto na imagem de 2014 não. Na cena em destaque, pode-se identificar também que o trecho onde há recuo da linha d'água não há ondas e o que apresenta avanço há ondas.

Segundo Calliari & Klein (1993), a competência hidrodinâmica do canal, que lança no mar uma grande quantidade de material, atua como uma barreira para os sedimentos transportados. Lélis (2003) destaca que esse processo viabiliza um maior depósito de sedimentos e incide na variação positiva da linha de costa, no trecho de praia ao sul da desembocadura lagunar. Os valores de acreção praial corroboram o processo e demonstram que o mesmo ocorre de forma desigual. Maiores valores de acreção praial ocorreram recentemente em maior proporção nos segmentos diretamente influenciados pelos depósitos de lama.

Para Calliari *et al.* (2010; 2014), os depósitos lamíticos, além de gerarem uma atenuação da energia das ondas, também são responsáveis pelo aumento do volume dos sedimentos. Segundo Calliari (2003), as estas dragagens amplificaram o processo de deposição natural de sedimentos finos na ante-praia e plataforma interna visto que, grandes volumes são lançados pontualmente numa escala temporal curta. Os locais históricos e atuais de despejo tanto no interior do estuário como quanto na ante-praia são “instáveis” para sedimentos finos com alto conteúdo de água.

Calliari & Fachin (1993), através de levantamentos sedimentológicos superficiais e subsuperficiais na plataforma e ante-praia próximas à embocadura lagunar, verificaram que o depocentro do depósito lamítico estava localizado em frente à Querência. Os dados analisados no presente estudo mostram um deslocamento da lama para norte, sendo neste período o depocentro localizado na porção central da orla do Balneário Cassino, que já foi considerada uma região de grande energia da praia, na qual o acúmulo de depósitos lamíticos ocorrem devido às ondulações, ventos e correntes que influenciam forçantes no sentido da pluma estuarina. A lama tem influencia diretamente do segmento 5 ao 12. Há uma zona de sombra nas imagens de 2014 e 2015 sem quebra de ondas entre os pontos coletados conforme (Figura 25).

6.1.4 Declividade da praia e da face praial

Dados de declividade podem depender de diversos fatores, como tipo de sedimento, largura da praia e feições morfológicas como cúspides. As praias oceânicas do Rio Grande do Sul para Calliari *et al.* (2006), apresentam um predomínio de areia fina quartzosa, apresentando baixa declividade (2°), com poucas e inexpressivas cúspides praias. De acordo com as sequências morfodinâmicas descritas na literatura por Wright & Short (1984), as praias do RS variam entre intermediárias e dissipativas, as quais representam grande dissipação das ondas em um sistema praial, favorecida por granulometria finas (areia fina à muito-fina), tendo pendentes suaves e incidência de ondas relativamente altas que arrebatam gradualmente, de forma deslizante, arrebatada externa com bancos e cavas longitudinais espraiando-se sobre uma ampla faixa do perfil. O cálculo da medida de inclinação da praia (Tabela 3) e da face da praia (Tabela 4) podem ser interpretados espacialmente na Figura 13.

Tabela 3: Planilha com cálculo da declividade da praia.

Perfil	CÁLCULO DA DECLIVIDADE DA PRAIA					
	Posição Linha d'água	Altura Do Limite Superior Da Praia	Cateto Oposto/ Adjacente	Distância Horizontal	Inclinação (°) = $\hat{A} = \text{Arctg}$ Dv/Dh	Declividade (Grau)
P1	0,1	2,6	2,5	160,30	0,015595758	0,89
P2	0,3	1,5	1,2	93,20	0,012875536	0,74
P3	0,1	1,7	1,6	84,20	0,019002375	1,09
P4	0,1	1,9	1,8	71,80	0,025069638	1,44
P5	0	1,8	1,8	99,60	0,018072289	1,04
P6	0	1,4	1,4	147,90	0,009465855	0,54
P7	0,2	1,5	1,3	104,70	0,012416428	0,71
P8	0,1	1,2	1,1	116,50	0,00944206	0,54
P9	0,1	1,1	1	115,40	0,008665511	0,50
P10	0	1,2	1,2	141,20	0,008498584	0,49
P11	0,1	1,7	1,6	142,50	0,01122807	0,64
P12	0,6	1,6	1	76,20	0,01312336	0,75
P13	0,1	1,6	1,5	80,00	0,01875000	1,07
P14	0	1,4	1,4	86,50	0,016184971	0,93
P15	0	1,5	1,5	70,30	0,021337127	1,22
P16	0	1,6	1,6	128,30	0,012470772	0,71
P17	0	2,3	2,3	100,10	0,022977023	1,32
P18	0	1,6	1,6	70,70	0,022630835	1,30
P19	0	1,6	1,6	88,30	0,018120045	1,04
P20	0,1	1,6	1,5	83,40	0,017985612	1,03

Fonte: Autor.

Tabela 4: Planilha com cálculo da declividade da face praial.

CÁLCULO DA DECLIVIDADE DA FACE PRAIAL						
Perfil	Posição Linha D' Água	Abaixo Do Nível Do Mar	Cateto Oposto/ Adjacente	Distância Horizontal	Inclinação (°) = $\hat{A} = \text{Arctg}$ Dv/Dh	Declividade Em Graus
P1	0,1	-0,1	0,2	8,3	0,02	1,38
P2	0,3	-0,1	0,4	8,6	0,05	2,66
P3	0,1	-0,2	0,3	11	0,03	1,56
P4	0,1	-0,2	0,3	15,7	0,02	1,09
P5	0	-0,1	0,1	8,7	0,01	0,66
P6	0	-0,3	0,3	15,8	0,02	1,09
P7	0,2	-0,1	0,3	13,7	0,02	1,25
P8	0,1	-0,3	0,4	22,8	0,02	1,01
P9	0,1	-0,2	0,3	11,2	0,03	1,53
P10	0	-0,2	0,2	14,2	0,01	0,81
P11	0,1	-0,1	0,2	10,2	0,02	1,12
P12	0,6	-0,1	0,7	31,1	0,02	1,29
P13	0,1	-0,2	0,3	10	0,03	1,72
P14	0	-0,6	0,6	13,5	0,04	2,54
P15	0	-0,2	0,2	11,1	0,02	1,03
P16	0	-0,2	0,2	8,9	0,02	1,29
P17	0	0	0	5,1	0	0
P18	0	0	0	5,2	0	0
P19	0	0	0	4,7	0	0
P20	0,1	-0,1	0,2	6	0,03	1,91

Fonte: Autor.

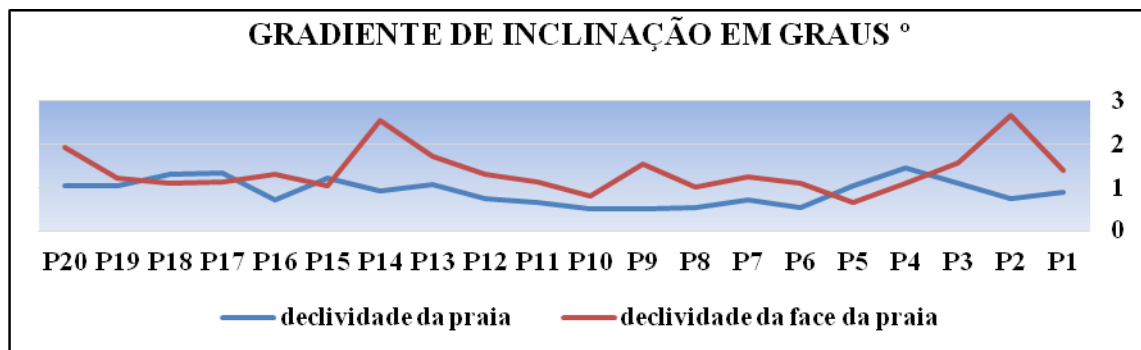


Figura 13: Declividade da praia e da face praial nos vinte perfis topográficos. Fonte: Autor.

Pode-se observar que a praia do Cassino apresenta mais baixa declividade que o padrão da costa do Rio Grande do Sul, cerca de 1° na praia e entre 1° e 2° na face da praia.

Menores valores de declividade são encontrados na praia entre o perfil 6 e o 12. Nesse segmento, há dois fatores relevantes: a praia é mais larga e a granulometria, mais fina. É possível observar que as declividades mais altas da praia encontram-se nos perfis P4 (1,44°), P17 (1,32°) e P18 (1,30°) e as menores nos P8 (0,54°), P9 (0,49°) e P10 (0,50°), indicando nos segmentos destacados, uma praia muito plana até para os padrões regionais.

As declividades da face praial mais altas encontram-se no P2 (2,66°) e P14 (2,54°), em virtude do pacote de lama que se formou nesses pontos, já as menores alturas estão no P5 (0,66°) e P10 (0,81°) que, mesmo estando em área dos depósitos lamíticos, apresentam aporte sedimentar mais junto às dunas. Na face da praia, os valores apresentam variações pontuais nos P2, P14 e P20, por características específicas do perfil praial, sem determinar trecho, mas apresentando variações laterais dos parâmetros. É importante ressaltar que, nos perfis 17, 18 e 19, devido à sobre-elevação da maré no dia da coleta dos dados, houve a dificuldade em marcar os pontos na zona de varrido, pois foram subidas do nível do mar com projeções oriundas do quadrante Sul (ventos e correntes).

6.1.5 Granulometria da praia

Neste item são apresentados os resultados referentes à granulometria das amostras superficiais da face praial. Os dados da granulometria foram coletados em 29/9/2015, período posterior ao último grande depósito de lama na face praial, ocorrido no final do ano anterior, mas que posteriormente já tinha sido capeado com areias finas, mostrando recomposição de sedimentos arenosos no processo. Provavelmente, se as amostras tivessem sido coletadas no período da medição dos perfis, em abril e maio de 2015, os dados poderiam ser ainda mais convergentes com os de declividade e largura da praia, com mais presença de sedimentos finos entre os segmentos 4 e 13.

Mudanças nesse padrão geral ao longo de certos trechos da costa são devidas a variações granulométricas, sob a forma de cascalho biodetrítico e areias quartzosas grossas e média, provindas da antepraia ou na presença de sedimentos mais finos. As praias adjacentes à desembocadura da Lagoa dos Patos apresentam as areias mais finas de todo o litoral gaúcho, características herdadas da descarga lagunar na barra do Rio Grande, resultando em praias de pendente suave. Conforme Calliari & Klein (1993), ao sul dos molhes da Barra do Rio Grande encontram-se as praias mais dissipativas da barreira entre Rio Grande e o Arroio Chuí. Tal fato se deve à presença dos sedimentos praias mais finos ao longo da costa do RS (entre 2,75 e 2,5 Ø). No segmento em destaque, a granulometria dos sedimentos é aproximadamente 0.030 mm mais fina que as praias ao sul. Siegle (1996), Figueiredo & Calliari (2005) caracterizaram a variação dos sedimentos nas adjacências da desembocadura encontrando uma igualdade dos tamanhos de grãos entre os subambientes das regiões próximas à base do Molhe Oeste da Barra e um aumento do tamanho de grão em direção ao Navio. Anos depois, a granulometria pode até estar levemente mais fina.

Tabela 5: Planilha com parâmetros estatísticos das amostras representativas coletadas na face praial.

Amos- tra	km	Mz	Md	Dp	Ski	Kg	Média	Seleciona- mento	Assime- tria	Curtose	% Areia	% Silte	% Argila
P1F	0	2,69	2,69	0,28	0,09	1,01	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Mesocúrtica	100	0	0
P2F	1	2,74	2,76	0,29	-0,09	1,08	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Mesocúrtica	100	0	0
P3F	2	2,6	2,59	0,26	0,15	0,97	Areia fina	Muito bem selecionado	Positiva	Mesocúrtica	100	0	0
P4F	3	2,61	2,60	0,27	0,14	1,01	Areia fina	Muito bem selecionado	Positiva	Mesocúrtica	100	0	0
P5F	4	3,33	2,84	1,74	0,75	4,27	Areia muito fina	Pobremente selecionado	Muito positiva	Extr. leptocúrtica	79,68	13,38	6,94
P6F	5	2,8	2,82	0,40	-0,12	1,36	Areia fina	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	100	0	0
P7F	6	2,83	2,84	0,38	-0,16	1,59	Areia fina	Bem selecionado	Negativa	Muito leptocúrtica	100	0	0
P8F	7	2,59	2,51	0,37	0,31	1,08	Areia fina	Bem selecionado	Muito positiva	Mesocúrtica	100	0	0
P9F	8	2,73	2,73	0,33	-0,07	1,43	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	100	0	0
P10F	9	2,77	2,79	0,39	-0,15	1,40	Areia fina	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	100	0	0
P11F	10	2,82	2,82	0,34	-0,08	1,37	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	100	0	0
P12F	11	2,72	2,75	0,36	0,08	1,23	Areia fina	Bem selecionado	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	100	0	0
P13F	12	2,6	2,62	0,37	-0,12	1,20	Areia fina	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica	100	0	0
P14F	13	2,61	2,61	0,29	0,02	1,11	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	100	0	0
P15F	14	2,62	2,62	0,30	0,00	1,08	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Mesocúrtica	100	0	0
P16F	15	2,64	2,63	0,29	0,14	0,92	Areia fina	Muito bem selecionado	Positiva	Mesocúrtica	100	0	0
P17F	16	2,66	2,66	0,32	-0,01	1,15	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	100	0	0
P18F	17	2,66	2,69	0,37	-0,05	1,25	Areia fina	Bem selecionado	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	100	0	0
P19F	18	2,72	2,73	0,33	-0,03	1,18	Areia fina	Muito bem selecionado	Aprox. simétrica	Leptocúrtica	100	0	0
P20F	19	2,68	2,67	0,33	0,10	1,24	Areia fina	Muito bem selecionado	Positiva	Leptocúrtica	100	0	0

Fonte: Autor.

Os resultados confirmam que as amostras dos sedimentos coletados na praia do Cassino contêm grande quantidade de grãos de areia fina. Das vinte amostras analisadas, dezenove apresentaram a dominância de areias finas no período da coleta. Apenas o perfil 5 apresentou areia muito fina na coleta, com uma porcentagem de silte e argila, resquícios de lama na face praial (Tabela 5). Em relação ao desvio padrão (D_p), há predomínio de amostras muito bem selecionadas; na face praial, predominam amostras aproximadamente simétricas. Quanto à curtose (K_g), 37,5% são extremamente leptocúrticas (1) distribuição em questão é mais alta (afunilada) e concentrada que a distribuição normal, 31,25% mesocúrticas (5) com o mesmo achatamento que a distribuição normal e 31,25% platicúrticas onde a função de distribuição é mais "achatada" do que a distribuição normal, com $K_g=1,102$.

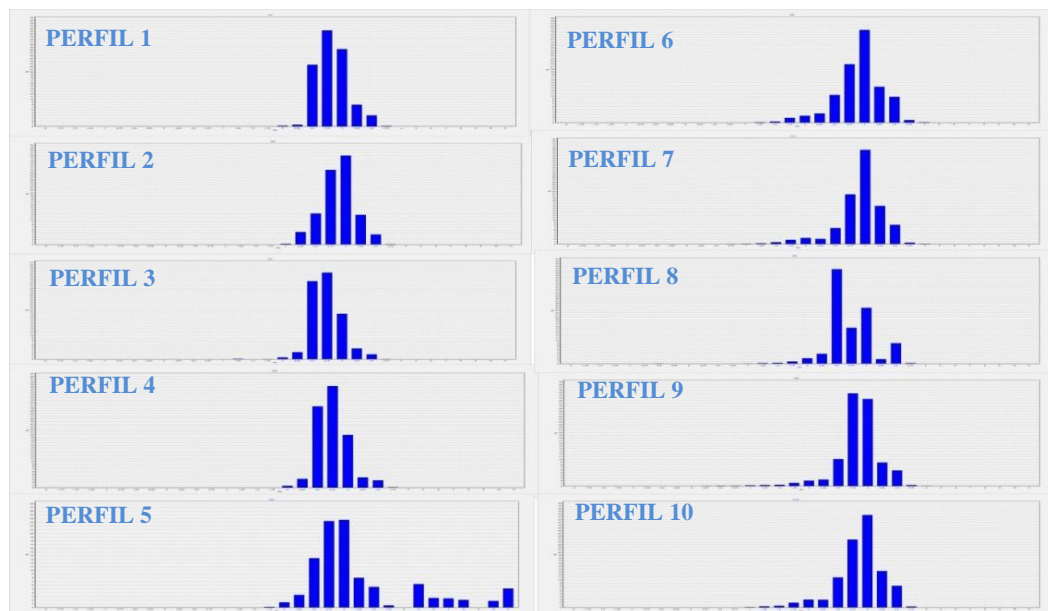


Figura 14: Histograma de frequência simples das amostras do perfil 1 ao 10. Fonte: Autor, elaborado no programa (SYSGRAN 3.0).

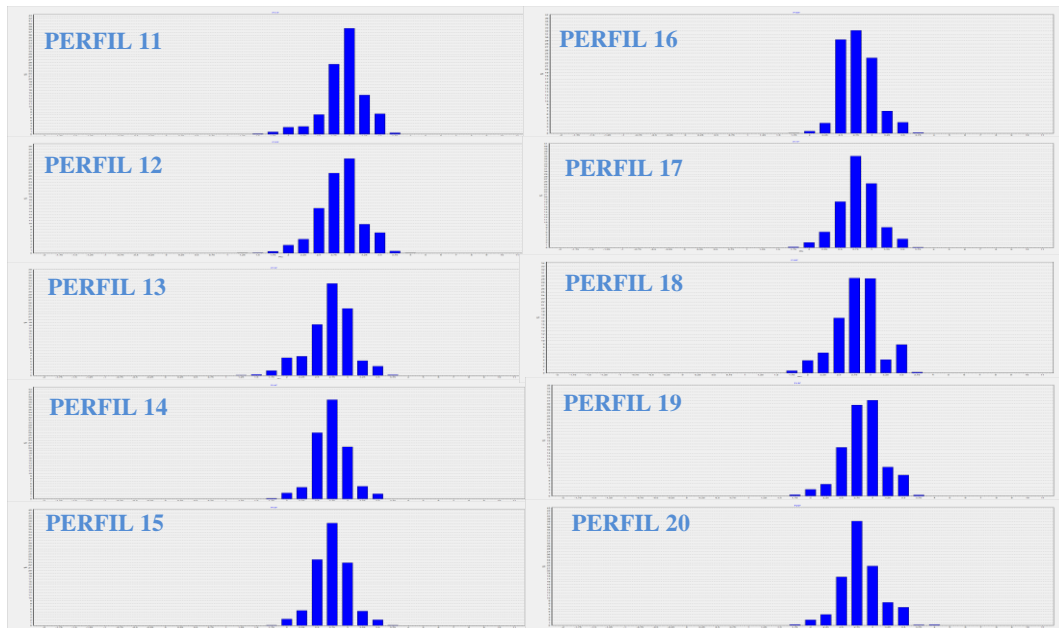


Figura 15: Histograma de frequência simples das amostras do perfil 11 ao 20. Fonte: Autor, elaborado no programa (SYSGRAN 3.0).

Os histogramas granulométricos indicam a moda, o sedimento predominante, que é areia fina a muito fina, a média do grão, mesmo sendo feita a coleta posteriormente aos perfis, apresentou reflexo da lama. Apenas o perfil 5 apresentou uma característica de areia muito fina, devido à presença de depósito de lama na face praial onde foi coletada a amostra, mas mesmo assim sua declividade apresentou-se abaixo de 3 graus.

A distribuição dos histogramas acima representa que a maior quantidade de sedimento está expressa em 2,5, 2,75 e 3Phi, que indicam areia fina à muito fina. A classe modal, que é aquela de maior frequência, é de 2,75Phi. O grau de seleção apresentou-se, em sua maioria, bem-selecionado e com bastante assimetria (classificação positiva) da distribuição granulométrica, pois os valores de média e mediana seguiram um valor bastante próximo. Mas o atual processo de deposição de lama (silte e argila) na praia do Cassino pode estar ocasionando, provavelmente, pequenas diferenças no sedimento praial. É importante ressaltar que os dados também mostraram grãos com 5, 6, 7, 8Phi, indicadores de silte fino e silte muito fino e 10 e 11Phi, que evidenciam argila grossa e argila média. Através de uma abordagem baseada na análise granulométrica, a determinação do diâmetro do grão das amostras coletadas está exposta a seguir nos gráficos.

Em termos de dados gerais, com a média dos percentis ao longo dos vinte trechos, estão expostos à distribuição média e mediana dos grãos na Figura 16, e o desvio padrão, na Figura 17. A determinação do diâmetro médio do grão apresentou-se sutilmente mais fino junto aos molhes e entre os trechos 5 e 11. O valor da mediana apresentado no gráfico tem um

valor de tamanho de grão que divide a distribuição granulométrica caracterizando os sedimentos mais finos com um valor em média de 2,6 *Phi*.

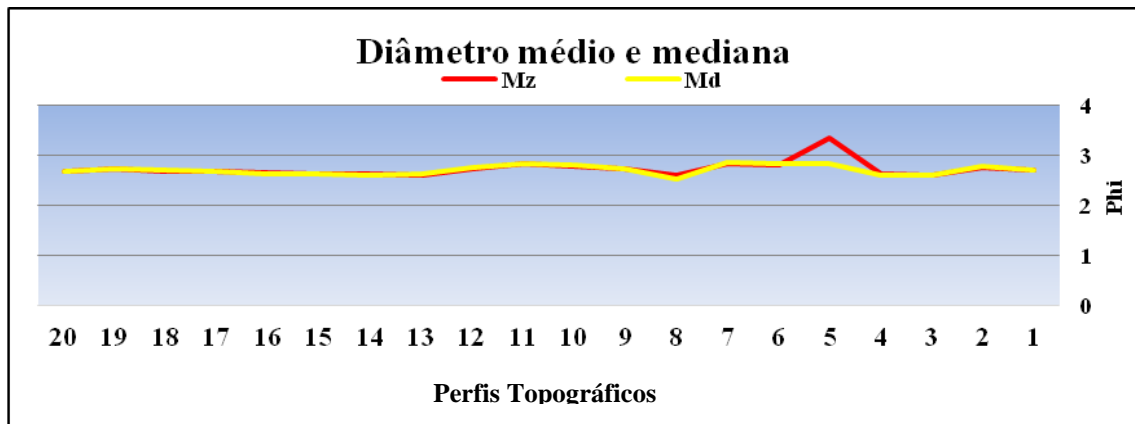


Figura 16: Diâmetro médio e mediana dos grãos na face praial. Fonte: Autor.

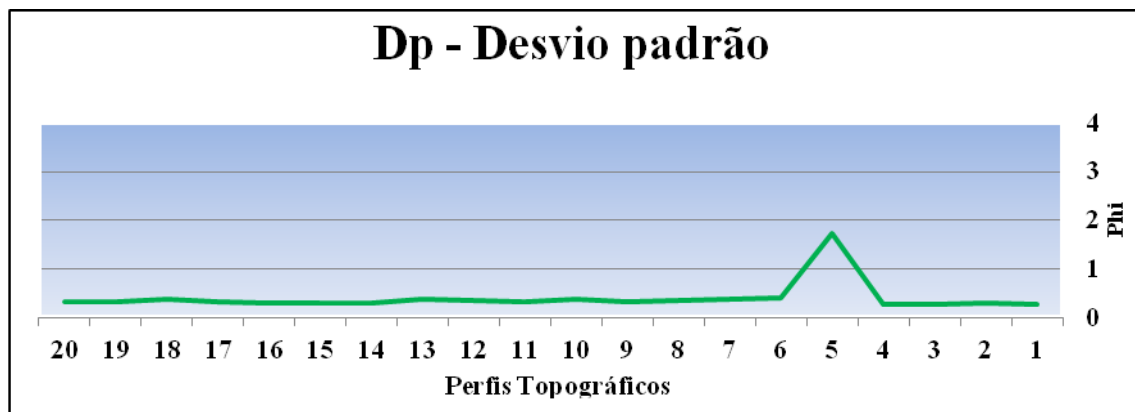


Figura 17: Desvio padrão do tamanho do grão. Fonte: Autor.

Os dados obtidos, de certa forma, convergem com Tozzi & Calliari (2000), para os quais a porção sul do Balneário apresenta uma maior mobilidade, oscilando entre estágios dissipativo a intermediário, pois diminui a influência da barra e aumenta a exposição às condições de leste. Ocorre que no perfil mais ao sul, próximo ao navio Altayr, há sedimentos levemente mais grossos (2,20 *phi*) de morfologia levemente mais estreita e inclinada. Para Pereira (2005), o trecho em questão apresenta areia fina, com 2,38 Φ , com 0,35 de seleção e pequena dispersão de seus valores, o que representa o ponto mais próximo ao navio, que é o perfil 20 com Mz de 2,68 Φ e desvio padrão de 0,33 de seleção. Nunca houve registros de depósitos de lama na praia emersa e na zona de arrebenção próximo ao Navio Altayr (ESPÍRITO SANTO, 2007), sendo os registros dessas ocorrendo, segundo o presente trabalho, até os trechos 12 ou 13, distante alguns quilômetros ao norte do navio naufragado.

6.1.6 Atenuação de energia de onda na praia

O presente trabalho foi desenvolvido num período de forte atuação dos bolsões de lama sobre a praia. Uma das maiores influências foi à atenuação de onda na praia. Este item apresenta uma caracterização dessa atenuação da energia de onda na praia durante três eventos de alta energia analisados neste trabalho. As características dos eventos mencionados estão sumarizadas na Figura 18.

Brazil - Rio Grande, Lat: -32.05, Lon: -52.02, Fuso horário: GMT-3 [Detalhe / Mapa], Arquivos disponíveis: 27.10.2004 - 24.03.2016								
GFS 27 km	Velocidade do vento (nós)							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	18	18	15	15	13	14	13	15
	Direção do vento							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	↗	↗	↗	↗	↑	↑	↑	↖
	SSW	SSW	SSW	SSW	S	S	S	SSE
	Ondulação (m)							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Direção da vaga								
00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
↖	↖	↖	←	←	↖	↖	↖	
NE	NE	NE	E	E	SSE	SSE	SSE	
Período da vaga (s)								
00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
8	8	8	8	9	9	9	9	
GFS 27 km	Velocidade do vento (nós)							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	14	15	15	15	16	16	19	20
	Direção do vento							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	↗	↗	↗	↑	↑	↖	↖	←
	SSW	SSW	SSW	S	S	SSE	ESE	E
	Ondulação (m)							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	2.3	2.3	2.2	2.1	2	2	1.9	1.9
Direção da vaga								
00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
↑	↑	↑	↖	↖	↖	↖	↖	
S	S	S	SSE	SSE	SSE	SSE	SSE	
Período da vaga (s)								
00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
12	12	12	12	12	12	12	12	
GFS 27 km	Velocidade do vento (nós)							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	13	13	14	14	16	15	17	18
	Direção do vento							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	↘	↓	↓	↓	↓	↓	↘	↘
	NNW	N	N	N	N	N	NNW	NW
	Ondulação (m)							
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
	3.6	3.2	2.9	2.7	2.6	2.4	2.3	2.2
Direção da vaga								
00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
←	←	←	←	←	↖	↖	↖	
E	E	E	E	E	ESE	ESE	ESE	
Período da vaga (s)								
00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
10	10	10	10	10	10	10	10	

Figura 18: Modelo de previsão de ondas em águas rasas extraído do site com os respectivos valores conforme os dias 20 e 25/8/2015 e dia 27/3/2016. Fonte: © 2000 - 2016 www.windguru.cz.

A Figura 18 mostra dados dos dias em que foram feitos os trabalhos de campo para observar as ondas na praia (20/ 9h – 25/ 10h – 27/ 13h). No dia 20/8/15, a velocidade do

vento manteve-se com uma média de 15 nós, com uma variação entre o segundo e terceiro quadrantes, começando com direção sudoeste, passando por sul até chegar a sudeste, com uma ondulação acima dos 2 m, com direção oscilando leste e sudeste. Já no dia 25/8/15, a velocidade do vento ficou em 15 nós, com variações iniciando de sudoeste e sul e com oscilação para sudeste e leste. A ondulação prevista acima dos 2 m, respectivamente, com direção sul e sudeste e o período bem longo, com doze segundos. No dia 27/3/16, os dados do site apresentaram uma velocidade de vento entre 15 e 18 nós, com direção noroeste e norte e com uma ondulação acima dos 3 m, com direção leste e sudeste e período de vaga de dez segundos. A Figura 19 mostra a altura de arrebenção observada na praia durante os três eventos.

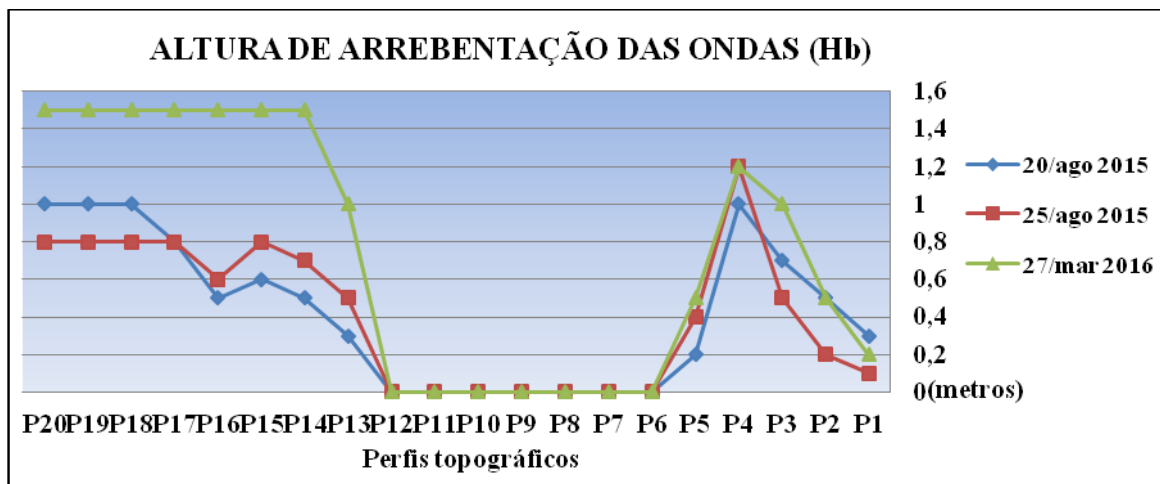


Figura 19: Altura estimada de arrebenção de onda (Hb) para os três eventos. Fonte: Autor.

No dia 20/8/15, houve predomínio da baixa energia em nove trechos (1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12,) sendo cinco com alta (3, 17, 18, 19 e 20) e seis com moderada energia (2, 3, 13, 14, 15 e 16). Já no dia 25/8/15 a direção sudeste apresentou-se com período de doze segundos em média; os trechos de baixa energia foram sete (5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11), sendo cinco com moderada (1, 2, 12, 16, 17) e oito com alta energia (3, 4, 13, 14, 15, 18, 19 e 20). E para finalizar, no dia 27/03/16, o que se pode ver é uma direção sudeste, com período de dez segundos, com oito trechos de baixa energia (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12), quatro de moderada energia (1, 2, 3, 13) e oito de alta energia (4, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20).

Conforme a Figura 18, na porção nordeste da praia, que possui orientação N-S, a linha de costa é protegida das ondulações de sul/sudeste e vagas de leste/nordeste pelos Molhes da Barra. Observa-se que, neste trecho, existiu pouca variação no clima de ondas. No mesmo segmento, há um progressivo aumento na altura significativa de onda na praia, ao largo, podendo, no trecho 4, a altura chegar a mais de 1m próximo à praia. A partir do trecho 5, houve nos períodos destacados, um declínio da energia de ondas, ocasionado por uma zona de

sombra, da praia devido ao depósito de lama. A altura significativa apresentou somente acréscimo novamente a partir do perfil 13, voltando a seguir, certo padrão de incidência sobre a praia. Isso aconteceu durante todos os eventos analisados e trabalhados em campo; nos trechos destacados ao sul, foram encontradas as maiores alturas de ondas, principalmente com direção da vaga de leste. Sintetizando os períodos analisados, a menor energia de ondas na praia ocorreu nos segmentos 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11; a maior, nos segmentos 3, 4, 16, 17, 18, 19 e 20. Nos trechos 1, 2, 12, 13, 14, 15, 16 houve energia de onda na costa, mas com certa atenuação.

A dinâmica da desembocadura estuarina é um elemento que desempenha intensa influência no tipo e estoque de sedimento no trecho progradante da praia, agindo de forma sinérgica com os Molhes da Barra a partir da atenuação da incidência de ondas. No caso atual, as dragagens foram efetuadas em 2013 e 2014, sendo finalizadas em janeiro do mesmo ano. É importante frisar que ações naturais oriundas das estações do ano, mobilizam lama para a praia, mas essa dragagem movimentou muita lama fluida, num curto espaço de tempo. Notou-se na praia, a partir de fevereiro, março e abril, a ausência de ondas na zona de arrebentação, principalmente na área urbana do balneário, indicando que a lama fluída depositou-se em algum segmento marinho. A explicação é que a lama ficou e fica depositada no mar até chegarem as tempestades de abril (início das grandes tempestades na costa do RS), cuja energia é suficiente para remobilizar a lama fluida e jogá-la na praia. Essa deposição deixou a praia com baixa energia, conforme foi demonstrado no item altura de onda na praia e pode-se observar na (Figura 26). Até o final dos trabalhos de campo, em 2015, ainda não havia ocorrido mudança desse cenário. No entanto, durante a fase final de correção deste trabalho, após a defesa, uma série de eventos de alta energia, somada à diminuição da precipitação regional e à ausência de dragagens, continuou a lançar os depósitos de lama na praia e a energia da zona de arrebentação retornou, mostrando ser um processo cíclico.

Calliari & Tozzi (2000) sugerem também que as condições da dinâmica ondulatória de Sul/Sudeste, especialmente quando associadas às marés meteorológicas, resultam em perfis dissipativos e situações erosivas, apresentando eventos extremos com alto poder de remobilização de sedimentos. Tais condições, se persistentes, tendem a remobilizar a lama da praia e antepraia até criando feições erosivas no sistema praia duna, como ocorreu posteriormente à realização deste trabalho, em 2016.

6.2 Parâmetros morfossedimentares das dunas

6.2.1 Largura do Campo de Dunas

A Largura do Campo de Dunas (LCD) foi medida nos vinte trechos, usando as imagens de satélite e os perfis topográficos. Porém, nem todos os perfis abrangeram a totalidade do campo, tais como os perfis 2, 3, 11 e 17. Os limites foram impostos para medição dos perfis devido a áreas privadas ou demarcadas com cerca para construções de residências e parque eólico e cobertura vegetal.

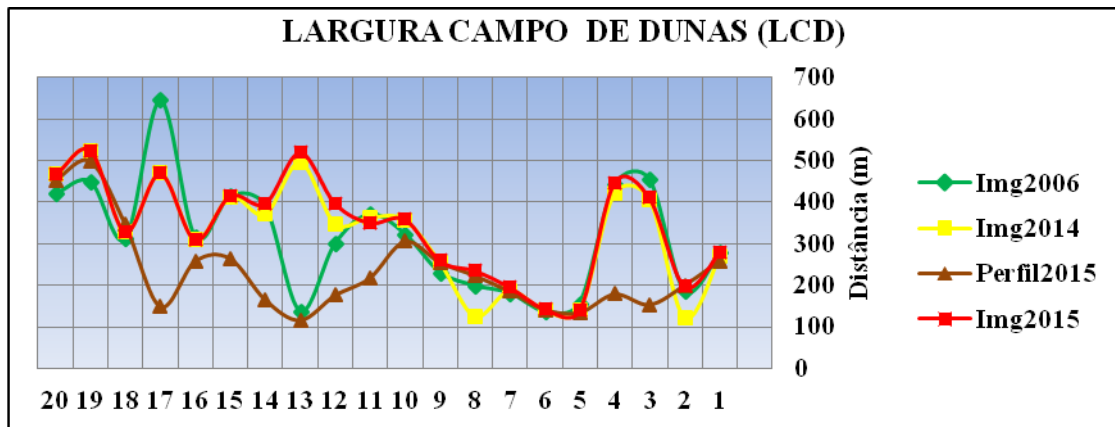


Figura 20: Largura do campo de dunas ao longo dos vinte segmentos. Fonte: Autor.

A praia do Cassino, naturalmente, favorece o aporte de areia para as dunas, pois é larga, pouco inclinada, composta por areia quartzosa fina e apresenta características dissipativas a intermediárias (CALLIARI *et al.* 2005). As características das dunas da praia do Cassino são determinadas a partir da interação entre a energia proveniente das condições do mar ao largo (marés, ondas e correntes litorâneas) e, principalmente dos processos climáticos locais (ventos e umidade do ar), com os sedimentos já dispostos no ambiente costeiro (barreira IV).

A Figura anterior mostra que esse campo de dunas tem, naturalmente, entre 300 a 500 metros. Isso pode ser visto nos segmentos 3 e 4, e do 10 ao 20, pois entre os trechos 5 e 9, a urbanização estreita o campo dunar. A análise das larguras mostra um campo de dunas bem amplo e com variações métricas. Na Figura 19, no ano de 2006, o segmento 17 apresentou a maior largura, com 645,56 m e o segmento 13 a menor, de 116,21 m. Na imagem de 2014 a maior largura foi 524,71 m, no segmento 19, e de 121,27 m, no trecho 2. Na imagem de 2015, o trecho 13 teve 519,69 m e o trecho 5, apenas 139,84 m, mostrando significativa variação entre os segmentos.

A largura do campo de dunas é crescente entre os trechos 1 e 2 e 3 e 4, onde são relativamente largos. A partir do segmento 5, a largura decresce bastante, pois nesse trecho se inicia a área urbana. Os valores obtidos são crescentes até o trecho 13, provavelmente

associados à ocupação à beira mar e a geometria da linha de costa. Do segmento 13 aos 20, as dunas são mais largas e também há variações.

Foi possível identificar, também em relação às imagens, que os campos de dunas aumentaram nos segmentos 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 18, 19 e 20 durante o período de análise. Já os segmentos 3, 5, 11, 15, 16 e 17 apresentaram diminuição. Destes, os segmentos 3, 5 e 15 apresentaram maior diminuição (erosão da porção frontal). Em relação à diminuição, o trecho 3 apresentou 44,69 m, associado à escarpa da duna frontal pela ação marinha, no segmento ao norte da zona de atenuação.

6.2.2 Largura das Dunas Frontais

Para análise das variações na largura das dunas frontais ao longo dos vinte trechos coletados, foram utilizados os dados das imagens de satélites dos anos de 2006, 2014 e 2015 e do perfil topográfico realizado em 2015. Diferentemente da largura do campo de dunas, neste parâmetro, os valores do perfil foram relevantes na determinação dos valores da largura.

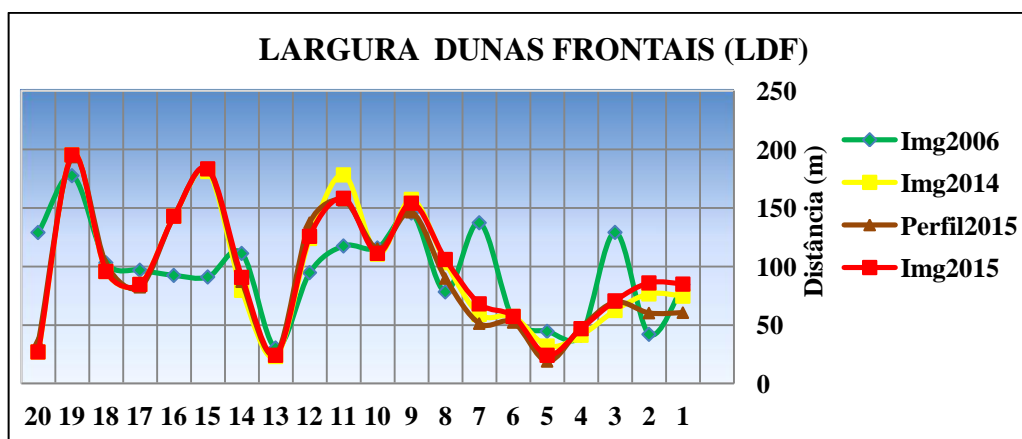


Figura 21: Gráfico com largura das dunas frontais. Fonte: Autor.

Após a análise da Figura 21, com relação às imagens, a (LDF), a de 2006, o segmento 19 foi o que apresentou maior largura de duna frontal: de 177,71 m, seguido do segmento 9, com 145,86 m e do segmento 7, com 137,49 m. A maior largura ocorreu no limite sul, na imagem de 2014, no segmento 19, com mais de 193,66 m de largura. As menores larguras foram no segmento 13, com 30,50 m; no segmento 4, com 41,36 m e no 2, com 42,18 m. Na imagem de 2014, a maior largura foi no segmento 19, assim como em 2006, com uma diferença de 17,75 m. O segmento 15 apresentou 181,29 m e o segmento 11, 178,39 m. As menores larguras ficaram no segmento 13, com 23,21 m e no segmento 20, com 27,10 m e no 5, com 32,13 m. Na imagem de 2015, o maior valor também foi no segmento 19, mas o segundo maior valor foi no segmento 15, com 183,55 m, e no segmento 11, com 158,39 m.

As menores larguras ocorreram nos perfis 5, 13 e 20. Os valores destacados representam perfis, e as dunas são feições tridimensionais costeiras.

Os trechos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 17, 18, 20 apresentaram duna frontal bem-definida, com menos de 100 metros de largura. Pode-se inferir que as dunas frontais são levemente mais estreitas próximas aos Molhes da Barra. Cabe ressaltar a presença de dunas embrionárias nos trechos ao norte, próximo aos molhes (1, 2, 3) e na secção sul (14, 15, 16, 17), próximo ao limite sul. O restante foi considerado dunas frontais com seu limite inferior. Nos trechos 1, nos Molhes da Barra, e 7, próximo à estátua da Iemanjá, há muita antropização, o que aumenta a complexidade da medição. Tais valores ressaltam a variabilidade da largura das dunas obtidas por apenas um perfil a cada quilômetro.

6.2.3 Altura máxima das dunas

A altura máxima do campo de dunas (Figura 22) e das dunas frontais (Figura 23) foi baseada nos dados do levantamento topográfico, seguindo a silhueta (topografia) do terreno em cada perfil, fato que pode não ter registrado as maiores alturas.

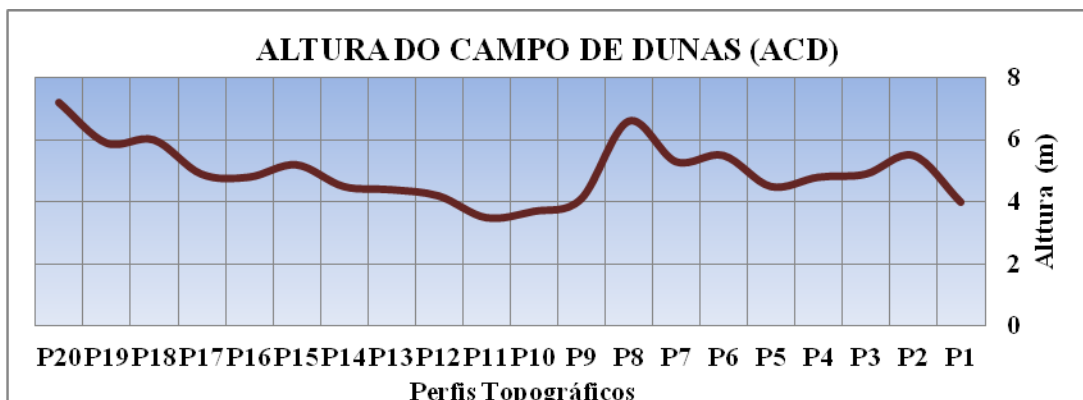


Figura 22: Altura do campo de dunas ao longo dos vinte perfis topográficos. Fonte: Autor

Com relação à altura máxima do campo de dunas (Figura 22), oscilou entre 3,5 a 7,2 metros, mostrando variabilidade. As dunas mais elevadas medidas encontram-se no perfil 20, com mais de 7 metros, localizado numa área de campo de dunas bem ampla, sem obstáculos que impedissem medir desde o reverso do campo de dunas. Já o perfil 8, com 6,6 m de altura máxima, sofre a influência direta da área urbana e da Av. Beira Mar, que provocam a retenção das dunas. Tal fato demonstra a complexidade dos processos envolvidos. As menores alturas ocorreram nos perfis 11 (3,5 m), junto ao camping do Leopoldo; no perfil 10, no início do Parque Eólico (3,7 m); no limite sul do Atlântico Sul e no perfil 1, onde teve apenas 4 m de elevação máxima, junto aos Molhes da Barra. As áreas de atividades antrópicas podem desestabilizar o aporte e a fixação sedimentar das dunas.

Quanto à altura das dunas frontais (Figura 23), esta oscilou entre 2,4 a mais de 5 m, mostrando variabilidade.

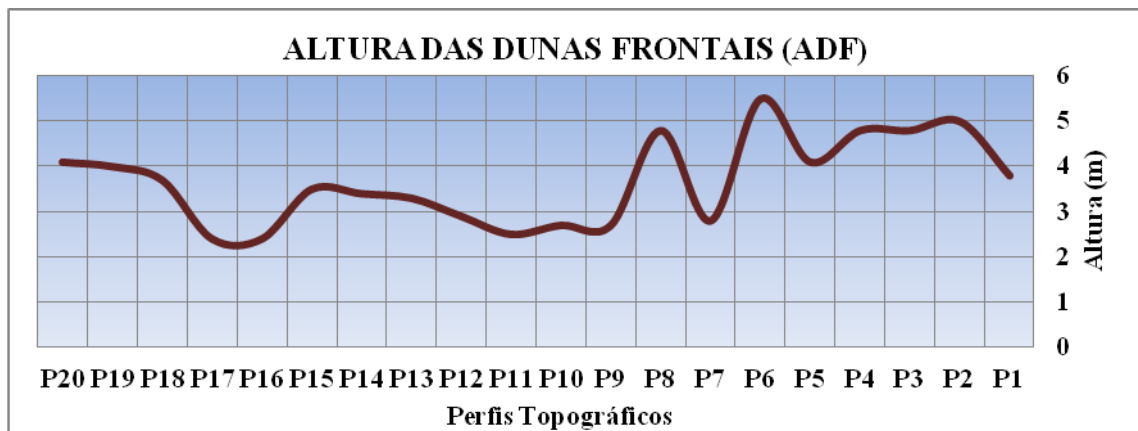


Figura 23: Altura das dunas frontais ao longo dos vinte perfis topográficos. Fonte: Autor

As dunas frontais mais elevadas medidas encontram-se nos perfis 6, com 5,5 m, e nos perfis 3, 4 e 8, com 4,8 m, enquanto as menores, nos perfis 16 e 17 com 2,4 m. É possível observar certo padrão, com dunas mais altas ou confinadas até o P8; e entre o P9 e P13, as dunas são mais baixas, crescendo progressivamente em um ambiente em acresção até o P20, ambiente mais inóspito. Os perfis 9, 10, 11, 12 e 13 não apresentam duna frontal bem-definida, o que pode ser observado na Figura 23.

6.2.4 Variabilidade morfológica das dunas

A praia do Cassino apresenta variações periódicas em seu perfil, em função do regime de ondas, cursos do sistema estuarino e marés meteorológicas. Condições que favorecem o aporte de areia para as dunas, pois são largas, pouco inclinadas, compostas por areia quartzosa fina, além apresentarem características dissipativas a intermediárias (CALLIARI & KLEIN, 1993; 1995; CALLIARI *et al.*, 1998).

Segundo Borba *et al.* (2007), a região do terminal turístico apresenta dunas com largura de 110 metros, divididas em dois ambientes distintos: o primeiro (dunas inativas), do início do perfil até os 70 m, que corresponde a brejos e depressões úmidas; e o segundo representa o ambiente de dunas ativas ou semifixas, limitado a uma largura de 40 m. O autor verificou o baixo desenvolvimento de dunas embrionárias nesse trecho, o que reflete o maior coeficiente de variação do pós-praia calculado. Em consequência disso, a face marinha da duna frontal apresenta morfologia abrupta de elevada inclinação. Observações de campo indicam que o trecho próximo aos molhes da Barra (1 e 2) e os trechos no segmento sul da deposição de lama é onde ocorre o maior desenvolvimento das dunas embrionárias. Nos

trechos 3 e 4, pela ação de ondas (Figura 19), e nos 5 a 12, pela influência da lama e ainda nos trechos próximos ao navio, pela ação das ondas, desenvolvem-se menos dunas embrionárias.

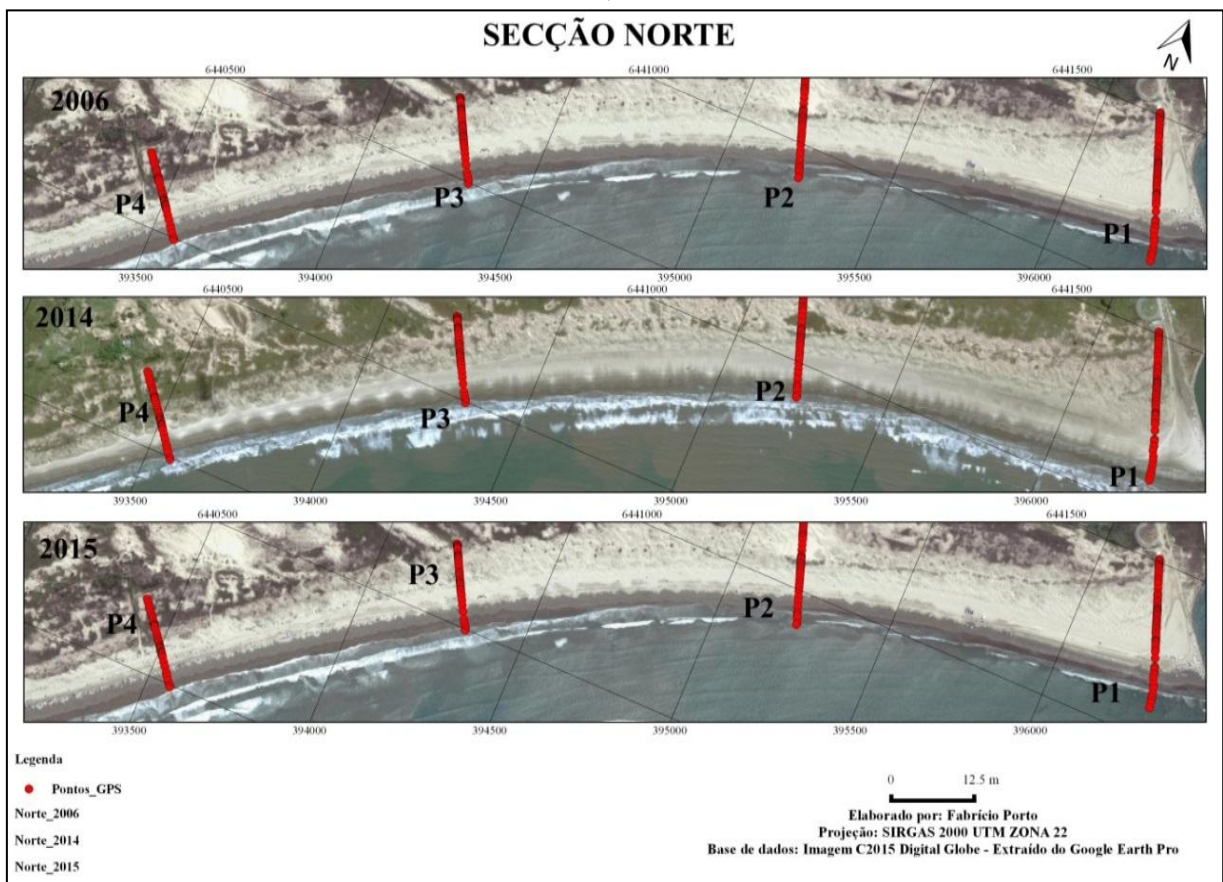


Figura 24: Mosaico secção norte da praia do Cassino, entre os perfis 1 e 4, mostrando a maior endentação da praia e a presença de dunas preservadas. Fonte: Autor, usando imagens *Google Earth™ Pro* no *Quantum Gis*.

Na Praia do Cassino, durante a primavera, há o predomínio dos ventos de N e E, devido à intensificação do anticiclone do Atlântico Sul. Os eventos citados contribuem para a formação de um padrão de acresção sedimentar, já que estão relacionados a eventos de baixa energia que alteram a morfologia da praia, aumentando o estoque subaéreo e disponibilizando mais areia que, posteriormente poderá ser remobilizada pelo vento, conforme Borba *et al.* (2007). Com base nos resultados obtidos, pode-se inferir, primeiramente, que a deposição de areia sobre as dunas frontais está diretamente relacionada à transferência sedimentar a partir dos bancos arenosos, tendo em vista que o balanço acrescivo verificado em todos os perfis monitorados foi acompanhado de uma variação vertical positiva nas cristas das dunas frontais.

A largura das dunas apresenta aumento dos molhes em direção à área urbana e depois maior desenvolvimento na secção sul. Durante o período de primavera e verão, os sedimentos finos, presentes em torno do molhe, são redistribuídos em direção ao sul, alcançando o Balneário da Querência. Borba *et al.* (2007) evidenciaram uma maior variação espacial no

campo de dunas em relação às verificadas na praia, com variações que podem passar de 1 m, num curto período.

A largura do campo de dunas é maior nos perfis próximos ao Molhe Oeste (1, 2, 3, 4). Nos trechos 5, 6, 7, 8, 9, 10, onde existe a área urbana, há uma diminuição considerável na largura. Do trecho 13 até o 20, as dunas costeiras também são largas. A área urbana tende a limitar o desenvolvimento dunar. Dados levantados por Lélis (2003) indicam que a área urbana do Cassino aumentou cerca de oito vezes entre 1947 e 2000, especialmente nas faixas marginais do Balneário. Atualmente, o Balneário Cassino apresenta uma orla urbanizada com 6,2 km de extensão (Figura 25). Segundo Alves (2013), a urbanização levou ao desenvolvimento nas extremidades do Cassino, que originalmente não faziam parte do planejamento oficial do município do Rio Grande. Exemplo dessa ocorrência é o Balneário Atlântico Sul, o qual não deixa as dunas migrarem para o interior da planície.

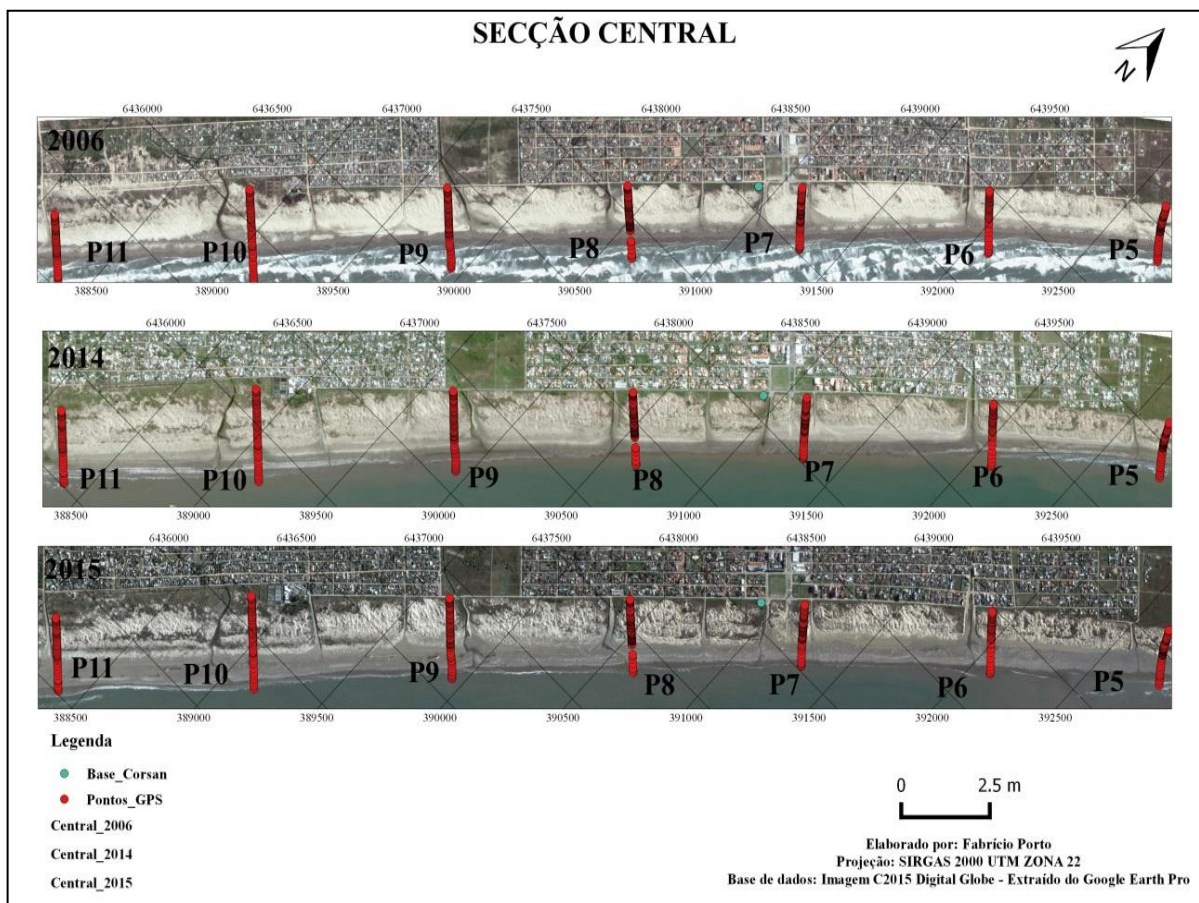


Figura 25: Mosaico da secção central em 2006, 2014, 2015 com os perfis coletados em 2015. Fonte: Autor, usando imagens *Google Earth™ Pro* no *Quantum Gis*.

Neste trecho, a praia tem sofrido com o acúmulo de lama, na zona de surf e pós-praia; no caso, silte e argila aparecem nessa amostra coletada na face praial, conforme ocorrido em 2014 (Figura 25). Ao apresentar menor declividade, em consequência da zona de sombra existente na praia relacionado ao depósito lamítico, que faz com que nesses pontos a altura

mantenha-se estabilizada, já que a lama serve como uma barreira para o aporte eólico e as variações da maré e das ondulações, não deixando o sedimento migrar para o ambiente dunar.

Segundo Borba *et al.* (2007), a praia próxima ao Navio Altair (Figura 26) possui elevado aporte de areia para as dunas frontais, decorrente de sua orientação da linha de costa, favorável à incidência de ventos *onshore*, determinando que parte dos sedimentos praias migrem do mar para as dunas (E-NE para SW-W). O fato corrobora os resultados obtidos da relação entre a orientação da linha de costa ao vento dominante e a altura das dunas frontais; as dunas mais desenvolvidas localizam-se na área em torno do navio Altair.

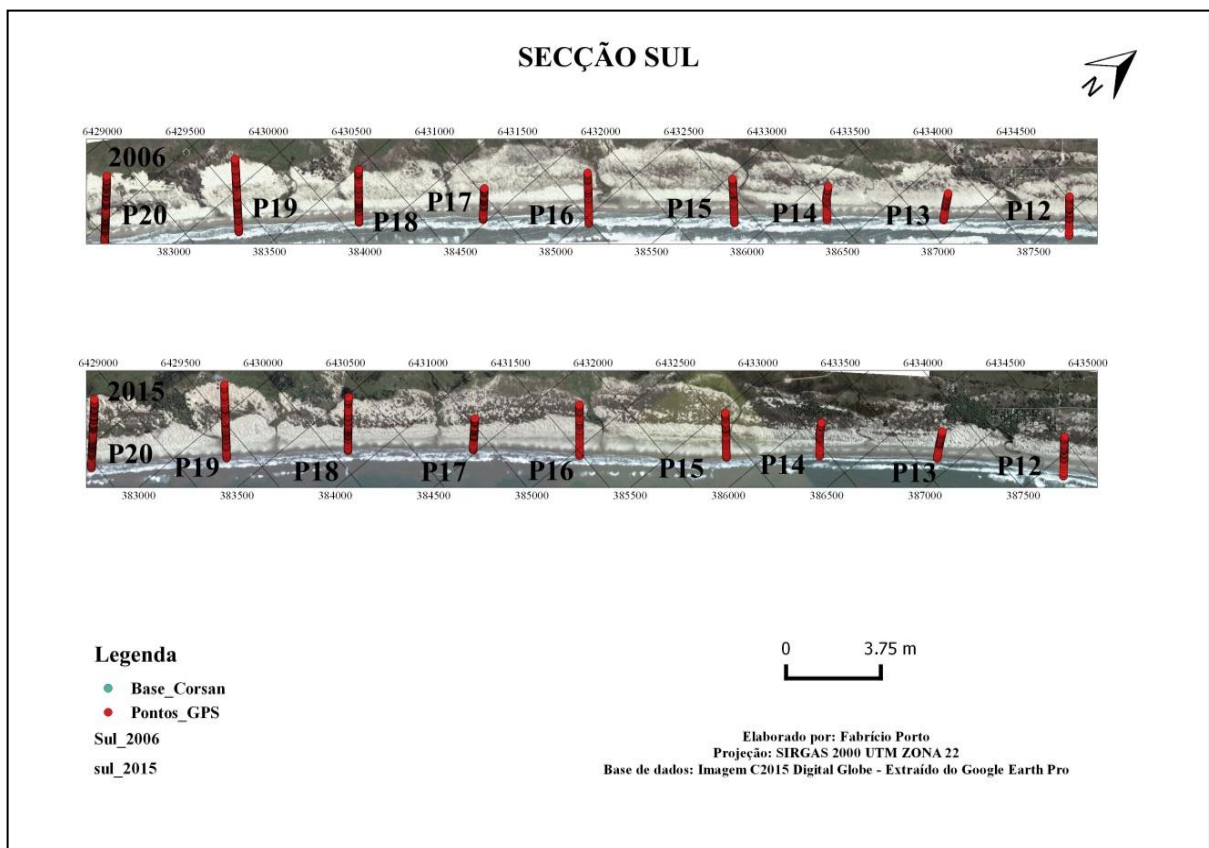


Figura 26: Mosaico da secção sul em 2006 e 2015 com localização dos perfis coletados em campo em 2015. Fonte: Autor, usando imagens *Google Earth™ Pro* no QGIS.

6.3 Influência antrópica no sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino

Diversas atividades antrópicas podem influenciar o sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino, tais como: a construção dos Molhes da Barra, as dragagens portuárias, a urbanização, o plano de manejo dunar e os veículos automotores na faixa de praia.

6.3.1 Construção e ampliação dos Molhes da Barra e dragagens

Antes da construção dos molhes para a fixação da saída do Canal, a barra era extremamente instável e oferecia grandes riscos à navegação marítima, apresentando uma

profundidade variável de 2,75 a 4,40 m abaixo do nível do mar. Em 1910, foi iniciada a construção dos dois quebra-mares pela *Compagnie Française du Port* Rio Grande, denominados molhes e inaugurados em 1º de março de 1915, quando o navio-escola Benjamin Constant de 6,35 m de calado transpôs a Barra, de então 9 m de profundidade (Cadastro final da obra “As Built” Secretaria de Portos, contrato N°: 018/2001 – MT).

O molhe oeste, inicialmente, foi projetado com 3.350 m de comprimento, posteriormente tendo prolongamento de 900 m, enquanto o molhe leste teve extensão de 4.960 m com mais 500 m após a reforma. A obra de prolongamento e aprofundamento obteve um pequeno ajuste, pois a Secretaria Especial de Portos (SEP) alterou o projeto, passando o prolongamento do molhe Oeste para 300 m e do molhe Leste para 200 m, segundo Oliveira (2014). Também houve redução da abertura total da boca da saída dos Molhes da Barra: dos 725 m iniciais, passou para 560 m, decorrendo na diminuição da largura da desembocadura do canal. Essa grande obra de engenharia costeira gerou alterações fisiográficas na linha de costa, sendo a mais significativa a presença de uma curva acentuada da praia, devido à presença de uma zona de sombra, a sul do molhe oeste.

As dragagens, por sua vez, começaram em 1883. Há registro de outras dragagens entre 1911 e 1915 (50 mil/m³). Entre 1915 e 1940, foram dragados 11 milhões m³ de sedimentos, os quais foram lançados em terra (terraplenos, Ilha da Base, Regatas, Bairro Getúlio Vargas). Entre 1940 e 1951 foram dragados 3,5 milhões m³ e lançados principalmente em terra e na Coroa da Mariana (CM). De 1951 a 1960, foram dragados 2,7 milhões m³ e lançados todo na Coroa da Mariana. Entre 1961 e 1970, um registro também com volume dragado de 3,5 milhões m³ lançados todos na Coroa da Mariana. De 03 de julho de 1961 a 11 de novembro de 1962 foi retirado um total de 477.800 m³ de sedimentos, sendo considerada uma dragagem de baixo volume de remoção (CALLIARI & GRIEP, 1998).

De 1971 a 1980 foram dragados 5,5 milhões m³, lançados na CM (2 milhões), e Ponta dos Pescadores e Oceano, 3,5 milhões m³, para o aprofundamento do Canal para 14 m. Entre os anos de 1972 e 1975, foi dragado um novo canal, que fosse possível atingir a profundidade de 14 m, sendo removidos 703.032 m³ de sedimentos, dados obtidos em Motta (1978). Segundo Oliveira (2014) o processo de dragagem ocorreu também nos anos de 1980, com a remoção de 1.106.445 m³ e, em 1981, removendo 1.892.039 m³ de sedimentos.

Entre 1981 e 1990, foram dragados cerca de 17 milhões m³ de sedimento, os quais foram lançados em Terra (Ilhas dos Cavalos e Pólvora), no Saco do Mendanha, CM e no Oceano. De 1991 a 2001, houve uma dragagem de cerca de 9 milhões m³, lançados principalmente no oceano (8 milhões) e CM (1 milhão). Em 1998, registrou-se, na praia do

Cassino, durante os meses março e abril, uma deposição extraordinária de lama, o qual afetou 13 km de costa, ao sul da zona central do Balneário. O efeito durou quatorze meses. Durante o período, foram descartados 640.000 m³ de sedimento no interior do estuário (CM) e 2.300.000 m³ no oceano, a cerca de 13 m de profundidade, a nordeste dos molhes. (CALLIARI, 1998)

No entanto, com a necessidade de expansão portuária, foi feita uma ampliação dos molhes, descrita anteriormente, e planos de aumento do calado para 18 metros, o que já foi realizado parcialmente. São as chamadas dragagens de manutenção, para que as condições de navegabilidade do canal atingissem a profundidade adequada. Para Oliveira (2014), a atividade de dragagem mais recente, realizada entre Novembro de 2013 e Janeiro de 2014, ocorreu nas áreas do Canal de Acesso ao Porto do Rio Grande, Canal de Acesso ao Porto Novo e Bacia de Evolução, sendo retirado um volume total de 1.645.166,01 m³ de sedimentos, lançado no oceano, a leste da desembocadura.

Discute-se a responsabilidade dessa dragagem na posterior deposição de lama fluida na praia, em períodos anteriores e no período que contempla o de análise do presente estudo, sendo que a deposição dessa lama fluida na antepraia e praia é responsável por várias das características morfossedimentares mensuradas, como atenuação de energia na praia, largura e declividade da praia e migração da linha d'água e limite superior da praia. Parece haver coincidência entre as atividades de dragagem e as alterações das características morfossedimentares da praia, pois a partir do momento em que as mesmas começaram a lançar o rejeito no oceano, começaram a ser mais frequentes e amplos os processos de deposição de lama na antepraia e praia, afetando principalmente o trecho entre os perfis 5 e 13, porção defrontante à área urbana do Balneário.

6.3.2 Urbanização

Em relação ao perímetro urbano, o Balneário iniciou perpendicular à costa segundo Pinheiro (1999), devido ao seu primeiro meio de transporte ter sido o trem, que fazia transporte de passageiros ao longo dos trilhos, em uma viagem que se estendia até a já consolidada “*Villa Sequeira*”, chegando ao Oceano Atlântico, que também impôs uma característica singular dessa sua urbanização no sentido transversal, e não paralelo, à orla da praia.

Para Lélis (2003), seus dados indicaram que a área urbana do Cassino aumentou cerca de oito vezes entre 1947 e 2000, especialmente nas faixas marginais do Balneário. Para o autor, a década de setenta foi marcada pela retirada de areia das dunas, para fins de

aterramento de áreas de marismas. A urbanização crescente, segundo Alves (2013), levou ao desenvolvimento de novos loteamentos nas extremidades do Cassino, que originalmente não faziam parte do planejamento oficial do município do Rio Grande. Existem diversos locais com ocupação irregular no sistema de dunas, cujas principais áreas localizam-se entre o acesso da localidade de Stella Maris e o denominado Camping do Leopoldo, além de áreas de uso e ocupação especial, cedidas pela União à Estação Marinha de Aquicultura (EMA) da FURG, e a outra contida na área do Porto Organizado de Rio Grande.

O fato é que o Balneário não manteve a urbanização perpendicular à linha de costa. Segundo Moller (2014), atualmente o que se observa é que há 4 km de urbanização perpendicular, entre a Av. Beira Mar e o final do Bolaxa, e 6,2 km entre o ABC X, localizado a 5 km dos molhes da barra e o Balneário Atlântico Sul e o camping do Leopoldo, 13 km a Sul dos Molhes da Barra, estando a maior parte da área urbana localizada no reverso da Avenida Beira Mar, exceto nos extremos norte e sul da área urbana.

A urbanização do Balneário Cassino impacta principalmente o deslocamento dunar pra retroterra. Nesse segmento, há cortes nas dunas para acesso à praia, trilhas nas dunas, vegetação e retenção do deslocamento dunar.

6.3.3 Plano de manejo dunar

O Plano de Manejo de Dunas Costeiras realizado é um importante instrumento para a conservação e a regeneração do sistema de dunas costeiras. Segundo o Nema (2005) a intensidade e a orientação dos ventos dominantes, a disponibilidade dos sedimentos arenosos, a dimensão do grão de areia, o tipo de vegetação, o grau de cobertura vegetal, a essência de anteparos físicos, a amplitude de marés, o regime de ondas, a topografia, o tipo de praia e numa escala de tempo maior, a tendência do nível do mar, constituem-se nos quesitos básicos à formação dos diversos tipos de dunas costeiras.

Desde o início da década de 1970 até meados da década de 1980, o cordão de dunas da praia do Cassino foi alvo de uma degradação desenfreada de origem antrópica, alterando consideravelmente a morfologia do cordão dunar. Essa degradação foi mais acentuada no trecho de 12 km, compreendido desde o molhe oeste até o Balneário Atlântico Sul, por ser uma área próxima à zona urbana, o que a torna mais vulnerável à degradação. As ações identificadas como agentes degradativos foram: a retirada de areia para a construção civil, o pastoreio, a abertura de acessos à praia, o depósito de resíduos sólidos, a ocupação humana (urbanização), o pisoteio e, ainda, o trânsito de veículos, conforme dados do NEMA (2005).

O plano de manejo costeiro dunar teve seus primórdios no “Projeto Dunas Costeiras” que a partir de um plano-piloto de recuperação de dunas desenvolvido pelo NEMA, em 1986, em uma área de 800 metros de extensão, localizada na Querência, situada a 3 km, ao sul da porção central do Balneário Cassino. A área se encontrava bastante degradada, devido à retirada de areia do campo de dunas para aterros, construções e obras, uma prática comumente observada nas décadas de 1970 e 1980 (COSTA, 2014).

A abertura de vias de acesso para a praia era feita através da destruição de dunas situadas entre as ruas que desembocavam na praia, em meados da década de oitenta; muitos desses acessos foram posteriormente fechados, a partir do plano de manejo executado pelo NEMA, o que evidencia um avanço para a proteção da praia e de suas dunas frontais. É possível identificar treze vias de acesso que a praia do Cassino possui para os veículos automotores atingirem a faixa de praia. Importante salientar o Programa Dunas Costeiras, idealizado pelo NEMA (2006), o qual a partir do ano de 1994, realizou um fechamento gradativo de dezessete ruas de acesso à praia, em uma extensão de 2.500 m, que compreendia a zona urbana do Cassino. Além disso, houve conscientização de pelo menos parte da sociedade acerca da importância da preservação das dunas. Esse manejo aproveita o aporte sedimentar para deixar formar as largas e bem desenvolvidas dunas da área de estudo, sendo relevante para termos um sistema praia duna relativamente bem preservado na área de estudo.

6.3.4 Veículos automotores na faixa de praia

Segundo Vieira *et al.* (2004), a praia do Cassino é uma das faixas de praia mais impactadas pelo trânsito de veículos no mundo, com significativa presença de carros, motos, caminhões, ônibus e trailers, ocasionando danos ao sistema natural. Para Adélio (2010), o trânsito de veículos na praia do Cassino ocorre desde as primeiras décadas do século XX e se tornou parte da cultura e dos costumes da população de Rio Grande e das pessoas das cidades do entorno que frequentam o Balneário durante o verão. Vieira e Wütke (2003) afirmam que a origem da presença de veículos na faixa da praia do Cassino engloba, desde fatores históricos, culturais, geomorfológicos até uma interpretação errônea da legislação permitindo o trânsito de veículos de qualquer tipo, sem qualquer restrição.

Para Vieira *et al.* (2004), esta é área mais afetada devido às suas melhores condições de rolamento de veículos. Para Porto & Oliveira (2014), a circulação de tantos veículos automotores na praia do Cassino se dá por uma questão cultural, um hábito enraizado no Balneário. Cabe ressaltar que esse ambiente anatômico, com a formação de uma pista de rodagem na zona pós-praia, propicia o fluxo de veículos automotores na faixa do pós-praia,

desencadeado por particularidades desta como a baixa declividade e a granulometria fina, descritas neste trabalho.

A utilização do veículo automotor de qualquer classe na faixa de praia, por um lado traz conforto aos usuários, mas por outro gera impactos, como poluição atmosférica e impacto sobre as aves costeiras (CANABARRO, 2007; KALIL, 2000) e mariscos, grupo de moluscos bivalves (LOPES *et al.*, 2007)). Sobre o relevo, embora os veículos tragam impactos, estes não conseguem ser identificados com clareza pelas imagens aéreas analisadas e perfis realizados. O que fica de registro são as trilhas deixadas pelos veículos na praia, com localizada compactação, e a abertura de vias na praia e ainda arruamento interno, na área urbana, cortando o cordão dunar.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados revelam um sistema praia duna bem desenvolvido ao largo do Balneário Cassino, entre os Molhes da Barra e o navio Altayr, podendo apresentar o sistema praia duna mais de 500 metros de largura (em perfil), em alguns segmentos, sendo que a faixa de praia muitas vezes apresenta mais de 100 metros de largura. No extremo sul os perfis 19 e 20, são mais extensos que no extremo norte (perfis 1 a 3), enquanto que os situados junto à área urbana são confinados pela mesma. Os resultados mostram uma praia com maior embaiamento próximo aos molhes, sob sua influência, caso dos perfis 1 a 3, e nos demais trechos um pouco mais retilínea.

Com relação à largura da praia, esta apresentou significativa variação lateral, isto é, entre os perfis, em um dado período tempo. A maior acresção ocorreu no segmento 11, com 87,25 m, no ano de 2015. Já a diminuição mais significativa foi de 32,92 m, no trecho 4, provavelmente decorrente da concentração de energia no local pós-deposição de lama. Essa praia apresentou diferenças laterais nos parâmetros morfossedimentares analisados, o que decorre da presença dos Molhes da Barra, os quais influenciam diretamente os perfis 1 a 3 e os depósitos de lama fluida, que influenciam diretamente nos perfis 6 a 12; do perfil 11 para o segmento sul da praia, a energia de onda já é mais condizente com as praias da costa oceânica do Rio Grande do Sul, sujeita à alta energia de onda, além dos processos naturais atuantes.

O deslocamento do limite praia duna apresentou-se positivo. Somente os segmentos 1 e 3 sofreram diminuição na variação de 2006/2014. Os demais dezoito segmentos todos sofreram acresção relativamente grandes. Na variação de 2014/2015, os segmentos 6, 13, 15, 18 e 20 apresentaram diminuição do limite praia duna. Já a variação da linha d'água entre 2006/2014 teve valores com no mínimo de 50 e no máximo de 100 m de progradação. Para a variação 2014/2015, notou-se um aumento de 150 m no deslocamento do segmento 11; na sequência, esse valor diminuiu nos segmentos 12 até 20, atribuindo valores negativos. Tais resultados se referem ao período de tempo analisado, podendo oscilar de acordo com as variações da antepraia (pluma estuarina) e as ações de processos costeiros nos períodos anteriores à captação dos dados.

A declividade da praia foi baixa, com valores geralmente abaixo de 2 graus. Tais valores estão relacionados basicamente à granulometria da praia e, no caso da declividade da praia, há relação com a largura. A granulometria da praia, em geral, é composta por areia fina, apresentando areia muito fina, devido à presença de depósito de lama na face praias, sobretudo entre os perfis 4 e 13.

A energia de onda foi baixa nos segmentos 1 e 2, aumentando gradativamente até o trecho 4, como resultados da proteção que a mesma sofre dos Molhes da Barra. Já no segmento 5, a energia de onda, no período dos trabalhos de campo, cai bruscamente, ficando praticamente sem ondas, mesmo que ao largo elas ultrapassem os 2 m de altura, relacionada à presença de lama na antepraia (o que perdurou até o final de julho de 2016). Do perfil 11 para o segmento sul da praia a energia de onda já é mais condizente com as praias da costa oceânica do Rio Grande do Sul, sujeita à alta energia de onda.

A largura do campo de dunas foi crescente entre os segmentos 1 e 2 e 3 e 4, onde são mais largos. A partir do trecho 5, decresce bastante, pois neste trecho inicia a área urbana. Os valores são crescentes até o trecho 13. Do segmento 14 ao 20, as dunas são mais largas. Com relação à altura do campo de dunas, a oscilação ficou entre 3 e 7 m, mostrando variabilidade no relevo. As dunas mais elevadas medidas encontram-se nos trechos mais ao sul do balneário e próximas à área urbana. As menores alturas ocorreram nos trechos mais suscetíveis a ações humanas junto ao camping do Leopoldo, no início do Parque Eólico limite norte, no limite sul do Atlântico Sul e junto aos Molhes da Barra.

As dunas frontais são bem desenvolvidas na maioria dos trechos, podendo chegar a 90 m de largura e passar de 5 m de altura e, em alguns perfis, há presença de dunas embrionárias que não chegam a 2 m de altura, com influência direta do aporte eólico presentes ao norte e ao sul da área de estudo. Do trecho 9 ao 13, o mesmo não ocorre por influência dos depósitos lamíticos, somada à ação de ondas e correntes que atapetam os sedimentos sobre o continente, desestabilizando as dunas, mas também a presença excessiva de veículos automotores e o pisoteio sobre o ambiente dunar pode prejudicar o transporte sedimentar.

A análise morfossedimentar dos resultados dos parâmetros do sistema praia duna entre o Molhe Oeste da Barra e as proximidades do navio Altayr identificaram que em apenas 19 km ocorrem diferenças em termos de orientação, deslocamento, largura, altura, declividade, granulometria e energia de onda, que evidenciam a complexidade desse sistema praia duna. Dessa forma, pôde-se inferir acerca da presença de uma subdivisão do sistema praia duna ao largo do Balneário Cassino (trecho Molhes – Navio Altayr) em secções norte, central e sul.

A secção norte da área compreende os trechos 1 ao 4, entre os molhes e o antigo terminal turístico. O segmento apresenta sistema praia duna bem preservado e mais curvado em planta, também mais voltado para sul, mais influenciado pelos molhes da Barra (Oeste). A construção dos Molhes da Barra exerce alterações decisivas na dinâmica evolutiva da linha de costa, pois interfere no fluxo e na deposição dos sedimentos, bem como na propagação de ondas e correntes. O caráter antrópico do transporte de sedimentos litorâneo influenciado

pelos Molhes da Barra fez com que a praia passasse para uma aguda curvatura, mais do que ocorre no restante da área. A alteração na orientação da linha de costa, associada às diferenças laterais das ondulações, causa distintas fisiografias no sistema praia duna em curtos trechos de linha de costa com uma redução do grau de exposição da praia.

A secção central localiza-se na área urbana do Balneário Cassino, compreendendo o trecho 5 até o 11. A lama influencia diretamente o segmento 5 ao 12, no período analisado, sobretudo em 2014 e 2015. A partir do trecho 6 até o 10, o que se nota é uma relação novamente com a largura, mas também que envolve o sedimento de compactação mais fino, pois devido à presença de lama no pós-praia, tais trechos acabam por ficar estabilizados, pois os depósitos lamíticos funcionam com limitadores da migração do sedimentos, tanto para o aporte eólico quanto para a energia de ondas que não modelam o ambiente o que faz com que a declividade permaneça pequena, sem influência no gradiente da praia, influenciada pela Lagoa dos Patos, pela presença submersa de bancos arenosos e depósitos de lama condicionando alterações nas ondulações que incidem na praia.

A secção sul, entre o Parque Eólico e as carcaças do navio Altayr, trecho que compreende os segmentos distribuídos do trecho 12 ao 20, é o local mais inóspito das secções da praia analisadas, com menor incidência de atividades antrópicas a alterar a dinâmica costeira, sendo o mais intenso o trânsito de veículos automotores.

Os processos costeiros físico-naturais (marés, ondas, ventos e correntes) e as atividades antrópicas (urbanização, obra dos molhes, dragagem do canal de acesso, trânsito de veículos automotores, planos de manejo de dunas, etc.) que agem no sistema praia duna, ocasionam sua própria formação e as alterações nas características geomorfológicas definindo a morfologia e a dinâmica sedimentar do ambiente mensurado. As ações humanas mais relevantes sobre a morfologia do sistema praia duna estudado são os molhes da barra e as dragagens portuárias. Os molhes por si só considerados uma grande barreira física, gerando influência nos processos costeiros atuantes, no sentido de formarem uma zona de sombra junto aos molhes e uma maior endentação da praia (trecho 1 ao 4). Já o impacto das dragagens é mais complexo e menos comprovado. No entanto, se esta tiver realmente relação direta com a lama na praia, pode-se dizer que as atividades de dragagem impactam mais o segmento central da área de estudo, entre os trechos 5 e 13, tendo menor ou nenhum impacto direto junto aos molhes e próximo ao navio Altayr.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELIO, J.P. *Avaliação da percepção social dos usuários a respeito do trânsito de veículos na praia do Cassino, Rio Grande/RS*. Trabalho de conclusão do curso. Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, 2010.

ALVES, D.C.L. *Análise da vulnerabilidade nos Balneários Querência, Atlântico Sul e Hermenegildo (RS) a partir de indicadores geomorfológicos e antrópicos*. 2013. 104 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande, 2013.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. R. *RA E GA*, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BICALHO, H. *Melhoramento da Barra e da navegação interior da província – Relatório apresentado ao Governo Imperial*. Rio de Janeiro: Tipografia Nacional, 1883.

BORBA, E.C.M.; TABAJARA, L.C.A.; CALLIARI L.J. Efeito da orientação da linha de costa no transporte das areias eólicas e na formação das dunas frontais da praia do Cassino, RS. *XIº Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA*. Belém – PA, 2007.

BORBA, E.C.M.; CALLIARI, L.J. Variações sazonais no perfil de praia e na cobertura vegetal em diferentes setores da praia do Cassino – RS. In: *Congresso Ibero-Americano de Oceanografia*, v.1, Fortaleza. Anais. São Paulo: RBMA, 2008.

BORBA, E. C. M.; CORDAZZO, C. V. Comparação entre o aporte eólico e a deposição de areia nas dunas frontais da praia do Cassino. In: *XX Semana Nacional de Oceanografia*, 2008, Arraial do Cabo - RJ. Anais da XX Semana Nacional de Oceanografia, 2008.

BRASIL. *Decreto nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004*. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira, estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5300.htm> Acesso em: 10 maio 2015.

BRASIL. *Lei n. 7.661, de 16 de Maio de 1998*. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Disponível em: <[mhttp://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7661.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7661.htm)> Acesso em: 10 maio 2015.

CANABARRO, P.L. *O impacto de veículos sobre o comportamento alimentar e de descanso das aves na praia do Cassino, Rio Grande do Sul, Brasil*. Trabalho de conclusão de curso. Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, 2007.

CALLIARI, L.J.; KLEIN, A. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas em Geociências*, v. 20, n. 1, p. 48–56, 1993.

CALLIARI, L.J., FACHIN, S. Laguna dos Patos: influência nos depósitos lamíticos costeiros. *Pesquisas em Geociências*, v. 20, n. 1, p. 57–69, 1993.

CALLIARI, L.J., KLEIN, A. Variabilidade das praias oceânicas entre Cassino e Chuí, RS. *Publicação Esp. Inst. Oceanogr. São Paulo*, v. 11, p. 55-63, 1995.

CALLIARI, L.J., GRIEP, G. *EIA/RIMA*. Ampliação dos Molhes da Barra do Rio Grande, 1998.

CALLIARI, L.J., TOZZI, H., KLEIN, A. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil - Rio Grande to Chui. RS. In: *Land and Ocean Interaction in Coastal Zone (LOICZ) Meeting*, São Paulo, p. 231–247, 1998.

CALLIARI, L.J., SPERANSKI, N. Homogeneidades e heterogeneidades das praias do Rio Grande do Sul. *VIIIº Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA*, Mariluz, Imbé, RS. Anais, p.57, 2001.

CALLIARI, L.J., MUEHE, D., HOEFEL, F.G., TOLDO JR., E. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, São Paulo, v. 51, n. único, p. 63-78, 2003.

CALLIARI, L., PEREIRA, A.O., OLIVEIRA, S.A., FIGUEIREDO. Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. *Gravel*, Porto Alegre, n.3, p. 15-30, 2005.

CALLIARI, L.J., TOLDO, E.E., NICOLODI, J.L., SPERANSKI, N., ALMEIDA, L.E.S.B., LIMA, S.F., ESTEVES, L.S., MARTINS, L.R. *Classificação geomorfológica do litoral brasileiro*, Ministério do Meio ambiente - MMA, Brasil, 2006.

CALLIARI, L.J. Lama na praia do Cassino: influência das dragagens. Estudo de caso ‘grande deposição de 1998’. *Instituto de Oceanografia*. Laboratório de Oceanografia Costeira e Estuarina. 2010.

CALLIARI, L. J., GUEDES, R.M.C., PEREIRA, P.S., LÉLIS, R.F., ANTIQUEIRA, J.A.; FIGUEIREDO, S.A. Perigos e riscos associados a processos costeiros no litoral Sul do Brasil (RS): uma síntese. *Brazilian Journal Aquatic School Technology*, v.14, n.1, p. 49-61. 2010.

CALLIARI, L.J.; FARIA, A.F.G. Bancos de lama na praia do Cassino: formação, implicações geomorfológicas, ambientais e riscos costeiros. Disponível em: < http://www.abequa.org.br/trabalhos/quatmar_176.pdf > Acesso em 12 maio 2015.

CALLIARI, L.J., WINTERWERP, J.C., FERNANDES, E., CUCHIARA, D., VINZON, S.B., SPERLE, M., HOLLAND, K.T. Fine grain sediment transport & deposition in the Patos Lagoon–Cassino beach sedimentary system. *Continental Shelf Research*, v. 29, n. 3, p.14, 2009. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2008.09.019>> Acesso em: 27 jun. 2015.

CARTER, R.W.G.; NORDSTROM, K. F.; PSUTY, N.P. The study of coastal dunes. In: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.; CARTER, B. *Coastal dunes, forms and process*. Chichester: John Wiley & Sons, p. 1-16, 1990.

CAVALCANTI, L.C.S. Cartografia de paisagens: *fundamentos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CHRISTOPHERSON, R.W. *Geossistemas: uma introdução à geografia física*. 7.ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B.; SEELIGER, U. *Guia ilustrado: planta das dunas da costa sudoeste atlântica*. Pelotas: USEB, 2006.

CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. *Guia ilustrado da vegetação costeira do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: FURG, 1988.

CORSEUIL, C.W.; ROBAINA, A.D. Determinação altimétrica através de sistema de posicionamento global. *Ciência Rural*, v. 33, n.5, p. 673-678, 2003.

COSTA, D.C. *Considerações sobre a evolução morfológica das dunas frontais ao Balneário Cassino – RS a partir da implantação de ações de manejo*. Monografia de conclusão de curso de Geografia Bacharelado, Rio Grande, RS: Universidade Federal do Rio Grande, FURG, 2014.

DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D.; LAW, M.N. Seasonal patterns and controls on sediment supply to coastal foredunes, Long Point, Lake Erie. In: NORDSTROM, K. F.; PSUTY, N.P.; CARTER, B. *Coastal dunes – form and process*. Chichester : J. Willey, p.177-200, 1990.

DAVIDSON, R.; ARNOTT, R. *Introduction to coastal processes and geomorphology*. New York: Cambridge, 2010.

DILLENBURG, S. As barreiras costeiras holocênicas do Rio Grande do Sul. In: *Xº Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA*, Guarapari-ES. 2005.

DILLENBURG, S.; HESP, P. *Geology and geomorphology of holocene costal barriers of Brazil*. Berlin: Springer, 2009.

ESTEVES, L.S., OLIVEIRA, U.R., SILVA, A.R.P., VRANJAC, M.P., PIVEL, M.A.G., BARLETTA, R.C., VANZA, A. Seasonal changes in beach profile inducing response of Beachfront owners in southern Brazil. Simpósio Brasileiro sobre praias arenosas, 2000, Itajaí. *Anais do Simpósio Brasileiro sobre praias arenosas: morfodinâmica, ecologia, usos, riscos e gestão*. Itajaí: Univali, p. 361-362, 2000.

FIGUEIREDO, S.A. & CALLIARI, L.J. Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro. *Gravel*, Porto Alegre, n. 3, p. 47-57, 2005.

FITZ, P.R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.27, p.3-7, 1957.

FONTOURA, J.A.S. *Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio*

Grande, RS, Brasil 2004, 298 p. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2004.

GARRISON, T. *Fundamentos de oceanografia*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GIANUCA, N.M. Fauna das dunas costeiras. In: SEELIGER, U.A. *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, 1998. p. 114-116.

GIANNINI, P.C.F., ASSINE, M.L., BARBOSA, L.M., BARRETO, A.M.F., CARVALHO, A.M., CLAUDINO-SALES, V., MAIA, L.P., MARTNHO, C.T., PIERRE PEULVAST, J., SAMAKUSHI, A.O., TOMAZELLI, L.J. Dunas e paleodunas eólicas costeiras e interiores. In: SOUZA, C.R.G., SUGUIO, K., OLIVEIRA, A.M.S., OLIVEIRA, P.E. *Quaternário no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, p.235-257, 2005.

GOOGLE Earth Pro. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 12 de mar. de 2015.

GOOGLE Earth Pro. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 18 de abr. de 2015.

GOOGLE Earth Pro. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 22 de mai. de 2015.

GOOGLE Earth Pro. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 04 de jun. de 2015.

GOOGLE Earth Pro. Disponível em: <<http://www.google.com/earth/index.html>>. Acesso em: 15 de jul. de 2015.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M.S. *Geomorfologia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GRIFFITHS, J.S.; ABRAHAM, J.K. 2008. Factors affecting the use of applied geomorphology maps to communicate with different end-users, *Journal of Maps, Europe*, V 5 p. 201-210, 2008.

GRUBER, N.L.S. *A antepraia na região de Tramandaí, RS*. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS, 2002.

GOLDSMITH, V. Coastal dunes. In: DAVIS, R.A. *Coastal sedimentary environments*. 2.ed. New York: Springer. 1985. p. 171-236.

GOULART, E.S. *Variabilidade morfodinâmica temporal e eventos de inundação em um sistema praias com múltiplos bancos*. 2014, 143 f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Química, Física e Geológica, Área de Oceanografia Geológica. Rio Grande, RS. Universidade Federal do Rio Grande, 2014.

GOULART, E.S.; CALLIARI, L.J. Medium-term morphodynamic behavior of a multiple sand bar beach. *Journal of Coastal Research (ICS)*, p.1774–1779. 2013.

HESP, P.A. Coastal sand dunes: form and function. *CDVN Technical Bulletin*, v. 4, p.28, 2000.

HESP, P.; THOM, B.G. 1990. Geomorphology and evolution of active transgressive dunefields. In: NORDSTROM, K.F., PSUTY, N., CARTER, B. *Coastal dunes, forms and process*. The geological of America: John Wiley & Sons. England, n. 12, p. 253-288, 1990.

HOEFEL, F.G. *Morfodinâmica de praias*. Ed. Univali, Itajaí. Santa Catarina, Brasil, p. 140 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências, Sistema MAPGEO10. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias>. Acesso em: 20 jul. 2015.

KALIL, L.G. *Avaliação da interferência humana com as aves da praia do Cassino no ano de 2000*. Trabalho de conclusão do curso. Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, 2000.

KLEIN, A.H.F. & CALLIARI, L.J. Praias oceânicas entre Cassino e Chuí (RS): variações da permeabilidade e sua influência no processo de troca de sedimentos. In: *VI Congresso da Associação Brasileira dos Estudos do Quaternário - ABEQUA*, 6, 1997, Curitiba.

KOMAR, P.D. *Beach processes and sedimentation*. New Jersey: Prentice Hall, 1976.

KRUSCHE, N.; SARAIVA, J.M.B.; REBOITA, M.S. 2002. *Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS*. Rio Grande: FURG, 2002.

LEATHERMAN. Barrier Island Handbook. University of Maryland, College. O'Brien, R., MacRae. Planning for Western Australia's 12,000 Km coastline. *Australian Planner*, v. 30, n. 2, p.86-93, 1988.

LÉLIS, R. J. F. *Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul*. Trabalho de conclusão do curso. Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, 2003.

LÉLIS, R.J.F.; CALLIARI, L.J. Historical shoreline changes near lagoonal and river stabilized inlets in Rio Grande do Sul State, southern Brazil. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 0749-0208), SI (39): 301-305, 2004. Coastal Education & Research Foundation, Charlottesville, VA, U.S.A. Disponível em: <http://www.cerf-jcr.org/images/stories/59_lelis.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2015.

LOPES, M.N.; Chaves, P. F.; San Martins, L.V.; Vieira, H. Estudo do impacto ambiental sobre a biodiversidade da praia do Cassino causado por veículos automotores. Caxambu – MG, Sociedade de Ecologia do Brasil. *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, 8, p. 1-2, 2007.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J., RHIND, D.W. *Sistemas e ciência da informação geográfica*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

- MAIA, N. Z.; CALLIARI, L. J. Situações potenciais de risco associadas ao banho de mar na praia do Cassino, RS: análise de fatores morfodinâmicos e sociais. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 14, n.1, p. 21-28, 2010.
- MARTINS, L.R.S. Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicas da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Escola de Geologia*, UFRGS. Porto Alegre, n. 13, p. 100, 1967.
- MARTINS, L.R.; MARTINS, I. R.; TABAJARA, L.L. Ocorrência de fragmento de lama na praia do Cassino, RS, Brasil. *Gravel*, Porto Alegre, n.1, 2003.
- MARTINS, L.R., TABAJARA, L.L., FERREIRA, E.R. Linha de costa: problemas e estudos. *Gravel*, Porto Alegre, n. 2, p. 40-56, 2004.
- MASSELINK G.; HUGHES M.G. *Introduction to coastal processes and geomorphology*. New York (USA): Arnold, 2003.
- MASSELINK, G.; SHORT, A.D. The effect of tide range of beach morphodynamics: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, n.9, p.785-800, 1993.
- MELO FILHO, E. *Projeto Sentinelas do Mar: instruções para efetuar as observações* (Texto originalmente escrito em Maio de 1991 como parte do Projeto Sentinelas do Mar. Na ocasião o autor atuava como professor do Programa de Engenharia Oceânica da COPPE/UFRJ.) Relat. Int. LaHiMar UFSC Santa Catarina n° - 001, 2002.
- MÖLLER, O.O.; FERNANDES, E.H.L. *O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Rio Grande: FURG, 2010.
- MÖLLER, B.A. *Análise da distância da orla urbana dos Balneários Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí - RS, em relação à linha de preamar marinha*. Monografia de conclusão de curso de Geografia Bacharelado, Rio Grande, RS: Universidade Federal do Rio Grande, FURG, 2014.
- MORAES, A.C.R.; ZAMBONI, A. Construindo o conceito de orla marítima. In: BRASIL. Ministério do Planejamento. *Projeto Orla: subsídios para um projeto de gestão*. Brasília: MMA e MPO, 2004.
- MOTTA, V.F. Processos sedimentológicos em estuários. Programa de Engenharia Oceânica. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1978.
- MUEHE, D. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.
- NEMA. Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental. *Plano de manejo das dunas costeiras do município do Rio Grande*. Rio Grande, 2005.
- NEMA. Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental. *Gestão ambiental das dunas costeiras: conservação e manejo*. Rio Grande, 2008.

NEVES, L.P.D. *Variação espaço-temporal da macrofauna bentônica na Praia do Cassino, extremo sul do Brasil*. 102 p. Dissertação de Mestrado – Pós-graduação em Oceanologia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Rio Grande, 2006.

NUNES, E.D., OLIVEIRA, R.M., SANTOS, G.M. Mapeamento geomorfológico: considerações metodológicas utilizando recursos de modelos digitais de elevação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba. *Anais*. Curitiba: INPE. 1989.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NICOLODI, J.L., SIEGLE, E., RECHDEN F.O., CORRÊA, I.C.S. Análise sedimentológica do pós-praia no Rio Grande do Sul. In: MARTINS, L.R.; TOLDO JR.; DILLENBURG E.E. *Erosão costeira: causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais*, Porto Alegre: Editora: UFRGS, 2002.

NORDSTROM, K. F. *Recuperação de praias e dunas*. São Paulo: Oficina de Textos. 2010.

OLIVEIRA, U.R.; BARLETTA, R.C.; HORN FILHO. Distribuição espacial das características morfodinâmicas das praias arenosas da costa oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 41, n. 2, p. 89-103, 2014.

OLIVEIRA D.B. *Dragagens no porto do Rio Grande: um estudo sobre os impactos e conflitos de uso*. 80 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2014.

PEREIRA, P.S. *Variabilidade da orla oceânica das praias do Rio Grande do Sul e suas implicações na elaboração de planos de contingência: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos*. 102 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Química, Física e Geológica, Rio Grande, RS. Universidade Federal do Rio Grande, 2005.

PORTO, F.S. *Considerações acerca da presença de veículos automotores na faixa de praia ao largo do Balneário Cassino/RS, do seu processo de gestão e de sua distribuição espaço temporal*. Monografia (Curso de Geografia), Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande (RS), 2014.

PRESS, F., SIEVER, R., GROTZINGER, J., JORDAN, T.H. *Para entender a terra*. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROSA, L.S. *Perturbações antrópicas nas dunas da praia do Cassino (RS): em especial a presença de espécies exóticas*. Monografia (Curso de Especialização em Ecologia Aquática Costeira), Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande (RS), 2007

ROMEU, M.A.R., FONTOURA, J.A.S., MELO FILHO, E., HAMMES, G. Estimativas dos cenários característicos de agitação marítima para a região oceânica do RS utilizando dados de reanálise do modelo WW3. In: Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, 4, 2010, Rio Grande. *Anais*. Rio Grande: FURG. 2010.

ROSS, J. L.S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*, 9. ed. São Paulo: Contexto: 2012.

ROSSETTI, D.F. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SEELIGER, U.A. *Coastal foredunes of southern Brazil: physiography, habitats, and vegetation*. New York: Academic Press, 1992.

SEELIGER, U.A. *Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, 1998.

SEELIGER, U.A.; CORDAZZO, C.; BARCELLOS, L. *Areias do Albardão: um guia ecológico ilustrado do litoral no extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, 2004.

SHERMANN, D. J. Problems of scale in the modeling and interpretation of coastal dunes. *Marine Geology*, n. 124, p. 339-349, 1995.

SHORT, A.D. Australia beach systems: the morphodynamics of wave through tide, dominated beach, dune systems. *Journal of Coastal Research*, SI, v. 35, p.7-20, 2000.

SHORT, A.D. *Handbook of beach and shore face morphodynamics*. Chichester : Wiley, p. 379, p. 1-19, 1999.

SHORT, A D.; AAGARD, T. Single and multi-bar beach changes model. *Journal of Coastal Research*, n. 15, p. 141-157, 1993.

SHORT, A.D.; HESP, P.A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, n.48, p. 259- 284, 1982.

SIEGLE, E. *Distribuição dos sedimentos litorâneos entre o Farol da Conceição e Farol do Chuí, RS e fatores condicionantes*. 104 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Oceanografia Física, Biológica e Geológica. Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 1996.

SILVA, C.G.; PATCHINEELAM, S.M.; BATISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R.A. *Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa*. Introdução à Geologia Marinha, Rio de Janeiro: Interciência, p.175-218. 2004.

SILVA, R.P. *Comportamento morfodinâmico dos sangradouros entre a praia do Cassino e Chuí*. Trabalho de conclusão de curso. Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 1995.

SILVA, R.P.; CALLIARI, L. J. Erosão costeira causada por sangradouros ao longo do litoral Sul Rio-Grandense: Trecho Rio Grande Chuí. In: Congresso da ABEQUA e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul, 6, Curitiba, Brasil. *Anais*, p.420- 423, 1997.

SORENSEN, J.C.; MCCREARY, S.T. Institutional arrangements for managing coastal resources and environments, Coastal Management Publication No. 1, NPS/US AID Series, National Park Service, Office of International Affairs, Washington, D.C., 1990 Sorensen, J.C. and S.T. McCreary. *Institutional Arrangements for Management of Coastal Resources*. Coastal Management Publication No. 1, (Rev. ed.) U.S.Nat. Pk. Serv./USAID Series. 194 p. 1990.

SOUZA, C.R.G., SOUZA FILHO, P.W.M., ESTEVES, L.S., VITAL, H., DILLENBURG, S. R., PATCHINEELAM, S.M., ADDAD, J.E. *Praias arenosas e erosão costeira*. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

SPERANSKI, N.S.; CALLIARI, L.J. *Padrões de refração de ondas para a costa do Rio Grande do Sul e sua relação com a erosão costeira*. MMA Brasília, p.446-454, 2006.

STRAUCH, J. C. Caracterização do Estado do Mar em Rio Grande (RS), Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14, Aracaju, 2001. *Anais em CDROM*. 2001.

TEIXEIRA, D.L. *Elaboração da carta de ondulações geoidais da metade sudoeste do Balneário Cassino, Rio Grande/RS, com uso do sistema GNSS/Nivelamento*. Monografia de conclusão de curso. Curso de Geoprocessamento. Instituto Federal - Campus Rio Grande, 2011.

TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C.M., FAIRCHILD, T.R., TAIOLI, F. *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

TESSLER, M.G.; GOYA, S.C. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia da USP*, São Paulo, n. 17, p. 11-23, 2005.

TOLDO JR, E.E., DILLENBURG, S.R., ALMEIDA, L.E.S.B., TABAJARA, L.L., MARTINS, R.R., CUNHA, L.O.B.P. *Parâmetros morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS*. UFRGS, 20 (1): 27-32, *Anais*, 1993.

TOLDO JR, E.E.; ALMEIDA L. E. S. B. A linha d' água como indicadora da posição da linha de praia. *I Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas*, 2003.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, v. 19, n. 1. 1992.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. *Gravel*, Porto Alegre, v. 3, p. 109-115, 2005.

TOZZI, H.A.M.; CALLIARI, L.J. Monitoring storm's impact on Rio Grande do Sul, coastline, southern Brazil. Universidade do Vale do Itajaí. *Anais do Simpósio Brasileiro sobre praias arenosas: morfodinâmica, ecologia, usos, riscos e gestão*. Itajaí: Editora da Univali, p. 186-189. 2000.

TOZZI, H.A.M., CALLIARI, L.J. Morfodinâmica da Praia do Cassino, RS. *Pesquisas em Geociências*, v. 27, n. 1, p. 29-42, 2000.

TRINDADE, A. 1991. *Estudo florístico e fitossociológico do estrato arbustivo-arbóreo de um trecho de floresta arenícola costeira do Parque Estadual das Dunas - Natal - RN*. 110f. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1991.

- VIEIRA, H.; WÜTKE, J. *As condições de segurança e trafegabilidade da rodovia RS-734*. Laudo Pericial solicitado pela Promotoria de Defesa Comunitária da Cidade do Rio Grande. 2003.
- VIEIRA, H.; CALLIARI, L.J.; OLIVEIRA, G. Estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros físicos: um estudo do caso. *ENGEVISTA*, São Paulo, v. 6, n. 3 p. 54-63, 2004.
- VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CECO/UFRGS, *Notas técnicas nº5*. 1995.
- WAINER, I. J. *Relatório técnico: análise e previsão das alturas de onda em Tramandaí*. Porto Alegre: IPH, 1963.
- WENTWORTH, C.R. A scale of grade and class terms of clastic sediments. *Journal of Geology*, v.3, p. 377-392, 1922.
- WESCHENFELDER, J. *Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, estado do Rio Grande do Sul, Brasil*. 93 p. Dissertação de mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre: UFRGS, 1996.
- WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamics variability of surf zones in Australia. In: KOMAR (Ed.), *Handbook of coastal processes and erosion*. CRC Press, Boca Raton, Flórida, p. 35-64. 1984.
- WRIGHT, L.D., SHORT, A.D., GREEN, M.O. Short terms changes in the morphodynamic states of beach and surf zones. *Marine Geology*, n. 62, p. 339-364. 1985.

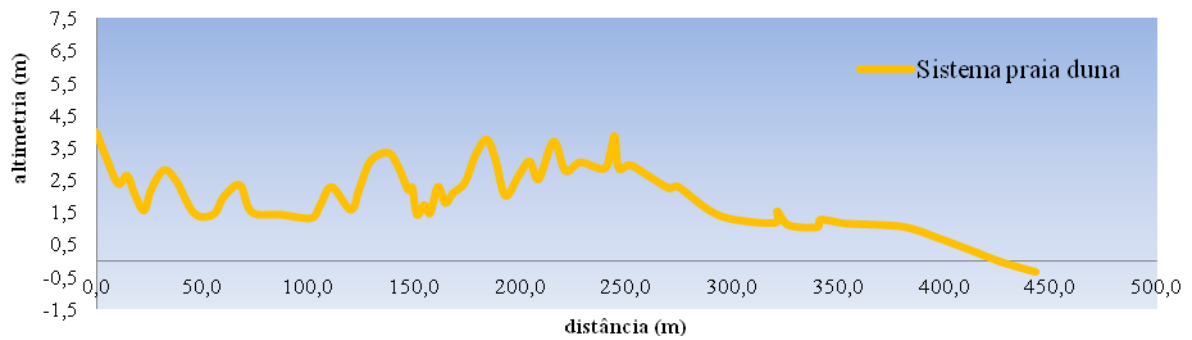
APÊNDICE A

Descrições dos perfis topográficos por trecho

Perfil topográfico 1 – Molhes da Barra

A largura total do perfil medido foi de 442,60 m. A largura da praia subaérea foi de 160,20 m e das dunas frontais de 53,40 m. A altura máxima das dunas foi de 4,0 m e do limite superior da praia de 2,6 m. Observou-se em campo a presença de *blowouts* com altura de 1,5 m e duas cristas dunares sem dunas embrionárias, realizado em 15/4/2015.

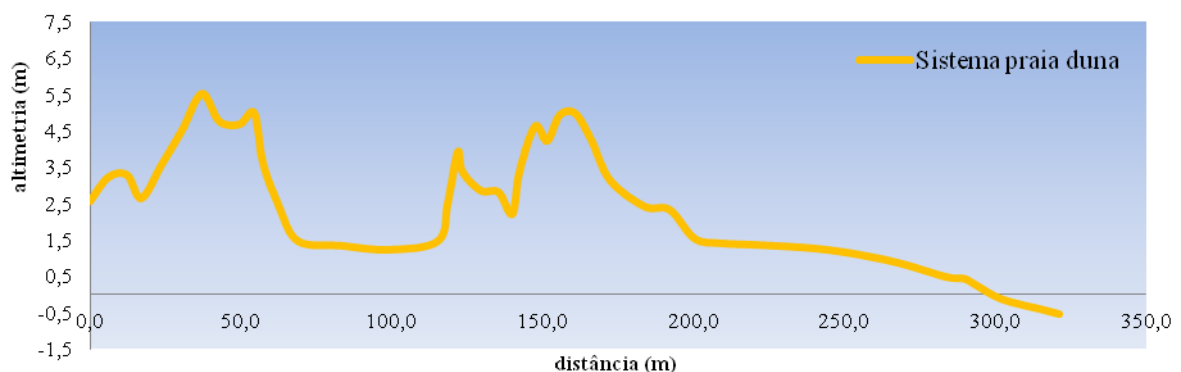
Perfil 1



Perfil topográfico 2 - Curva acentuada da praia

A largura total do perfil foi de 321,10 m, a largura da praia subaérea foi de 137,30 m e a das dunas frontais de 52,10 m. A altura máxima das dunas foi de 5,5 m e do limite superior da praia de 1,5 m. Observou-se presença de *blowouts* com altura de 1,5 m, duas cristas dunares e presença de dunas embrionárias, realizado em 15/4/2015.

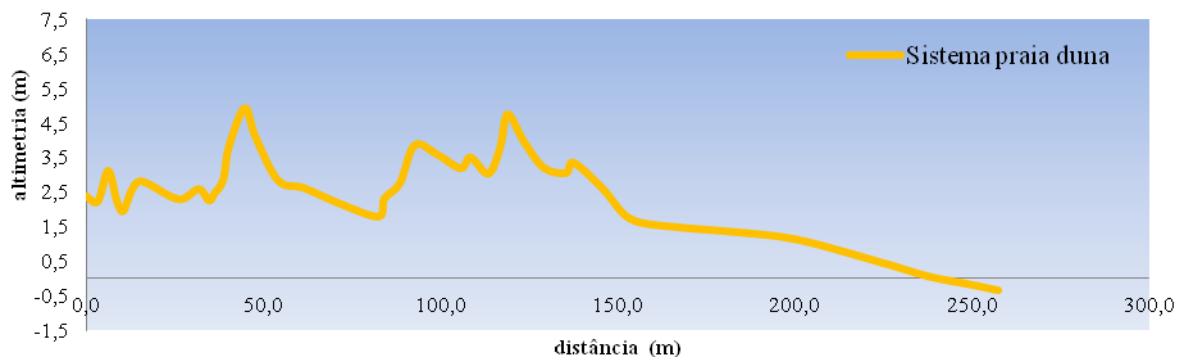
Perfil 2



Perfil topográfico 3 - Terminal Norte (entre a curva da praia e o antigo terminal turístico)

A largura total do perfil foi de 257,40 m, a largura da praia subaérea foi de 84,20 m e das dunas frontais de 58,80 m. A altura máxima das dunas foi de 4,9 m e a do limite superior da praia de 1,7 m. Observou-se em campo uma crista dunar bem definida e presença de dunas embrionárias, realizado em 15/04/2015.

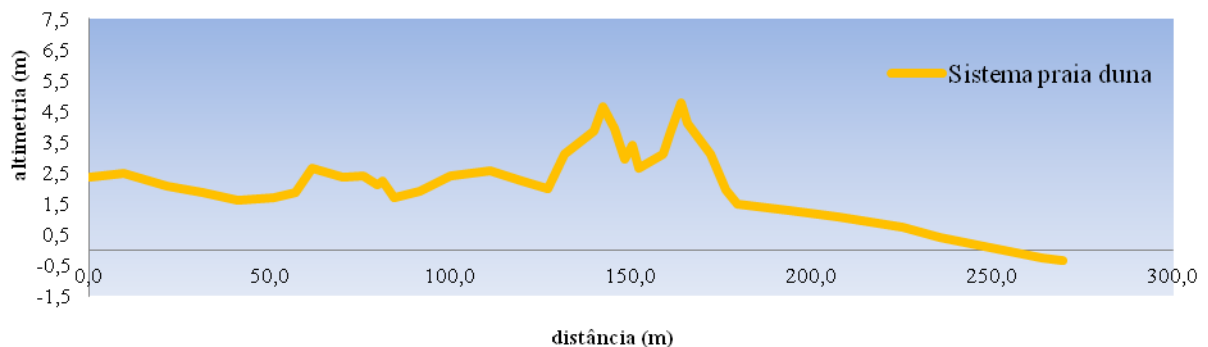
Perfil 3



Perfil topográfico 4 - Terminal Sul (Antigo Terminal Turístico)

A largura total do perfil foi de 269,20 m, a largura da praia subaérea foi de 71,80 m e das dunas frontais foi de 44,80 m. A altura máxima das dunas foi de 4,8 m e do limite superior da praia de 1,9 m de altura. As dunas são pouco desenvolvidas com uma crista dunar, tendo dunas frontais baixas e ausência de dunas embrionárias, realizado em 15/4/2015.

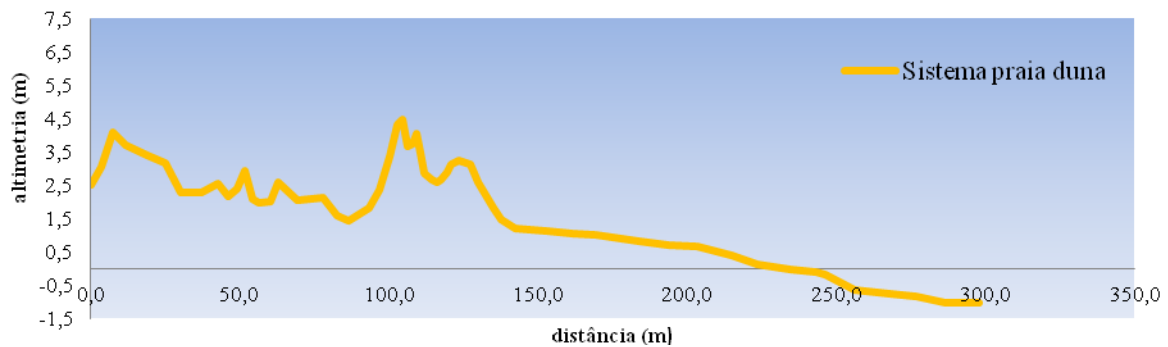
Perfil 4



Perfil topográfico 5 - 200 m ao norte do ABC X

A largura total do perfil foi de 297,80 m, a largura da praia subaérea foi de 99,60 m e das dunas frontais de 40,90 m. A altura máxima das dunas foi de 4,5 m e do limite superior de 1,8 m não apresentando duna embrionária, zona de estirâncio bem larga com 54,30 m e apenas uma crista dunar. Início da praia com influência da lama atualmente, realizado em 14/4/2015.

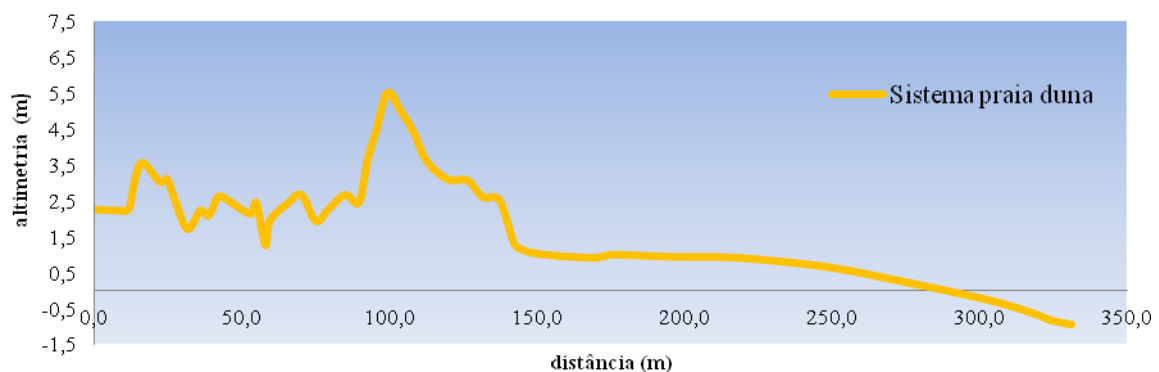
Perfil 5



Perfil topográfico 6 - ABC IX, a 200 m ao norte do Arroio do Gelo

A largura total do perfil foi de 331,20 m, a largura da praia subaérea foi 148,00 m e das dunas frontais de 47,60 m. A altura máxima das dunas foi de 5,5 m e seu limite superior de praia de 1,4 m de altura, sem presença de dunas embrionárias, com a zona de estirâncio medindo 25,70 m, depósito de lama e uma crista dunar, realizado em 14/4/2015.

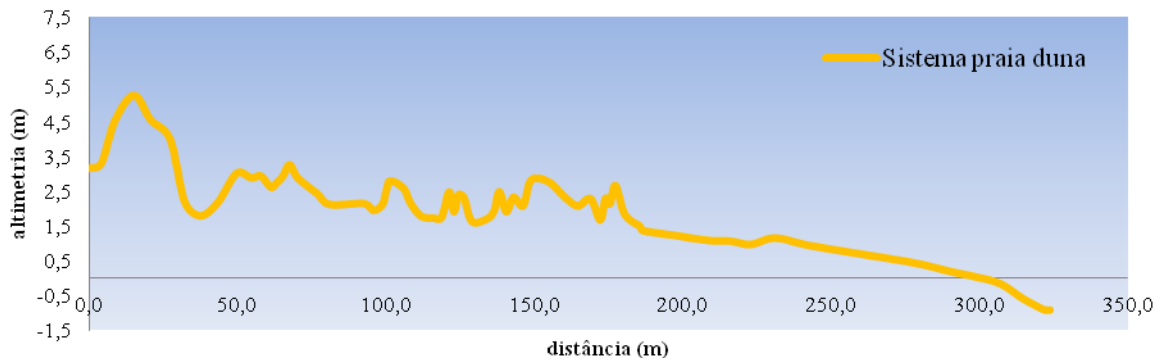
Perfil 6



Perfil topográfico 7 - Estátua de Iemanjá

A largura total do perfil foi de 323,70 m, a largura da praia subaérea foi de 104,70 m e das dunas frontais de 39,90 m. A altura máxima das dunas foi de 5,3 m, seu limite superior com uma altura limite de 1,5 m, com presença de dunas embrionárias. A largura da zona de estirâncio foi de 19,70 m, com lama na face e zona de surfe, realizado em 14/5/2015.

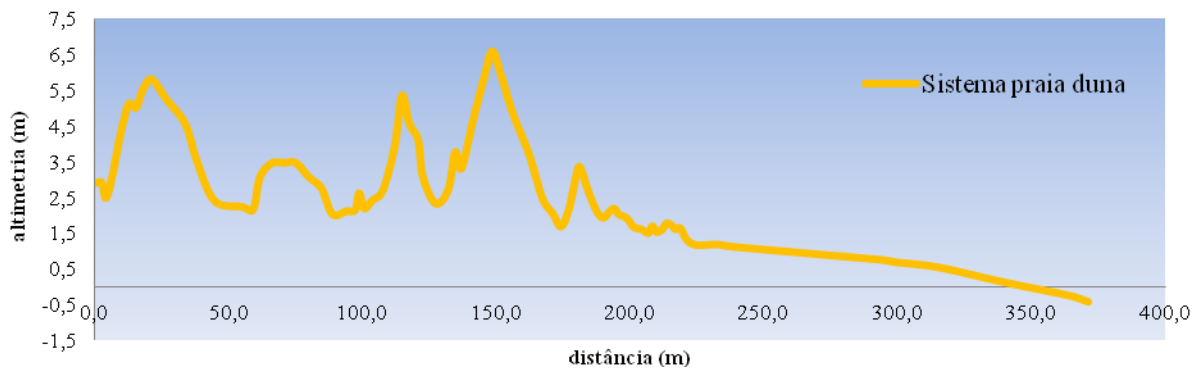
Perfil 7



Perfil topográfico 8 - Cabanas Dunas, a 200 m ao norte do sangradouro

A largura total do perfil foi de 371,30 m, a largura da praia subaérea 116,60 m e das dunas frontais de 40,00 m. A altura máxima das dunas foi 6,6 m e a do limite superior da praia com altura limite de 1,2 m. Presença de duna embrionária e duas cristas dunares. A largura da zona de estirâncio foi de 7,6 m no momento, havendo depósito de lama, realizado em 14/5/2015.

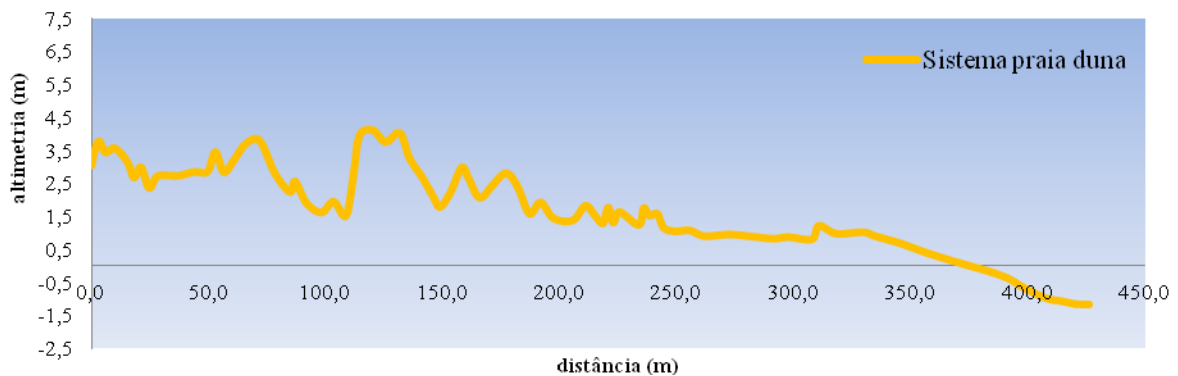
Perfil 8



Perfil topográfico 9 - Sangradouro norte da Querência

A largura total do perfil foi de 425,90 m, a largura da praia subaérea foi de 126,60 m e das dunas frontais de 78,40 m. A altura máxima das dunas foi 4,1 m e do limite superior da praia de 1,1 m. Na zona de estirâncio houveram depósitos de lama procedente de eventos mais antigos. Houve no período presença de dunas embrionárias e de *blowouts* com altura de 2,4 m e indícios de formação de novos campos de dunas, realizado em 14/5/2015.

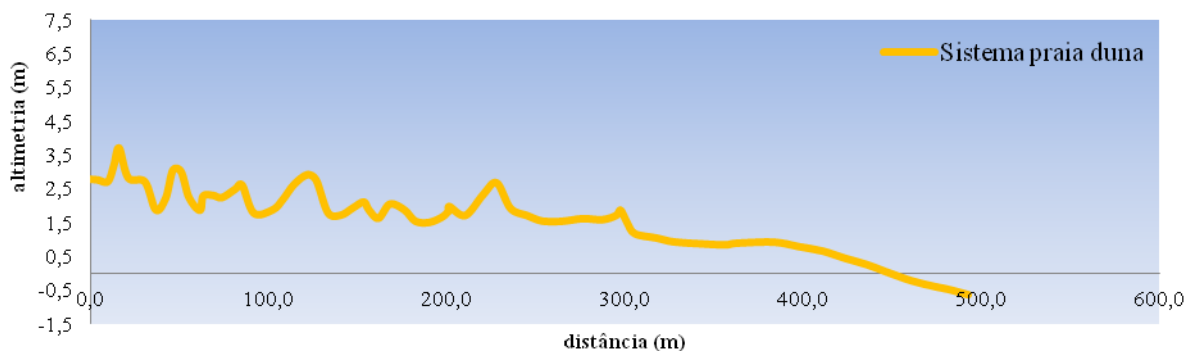
Perfil 9



Perfil topográfico 10 - EMA e Câmera Argus da FURG

A largura máxima do perfil foi de 492,60 m, a largura da praia subaérea foi de 141,20 m e a das dunas frontais de 45,60 m. A altura máxima das dunas foi de 3,7 m e do limite superior da praia de 1,2 m. No período houve presença de depósitos lamíticos na face, dunas embrionárias e cristas dunares em desenvolvimento, realizado em 22/4/2015.

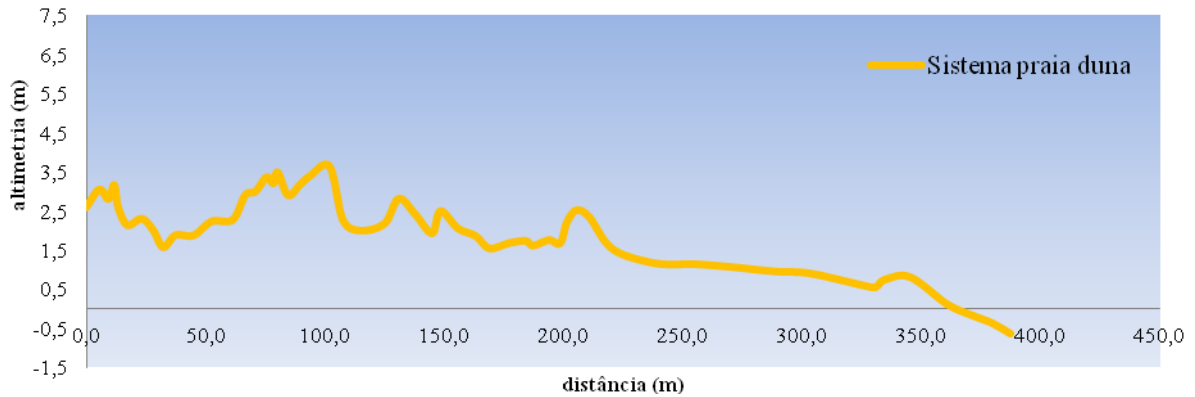
Perfil 10



Perfil topográfico 11 - Limite sul do Atlântico Sul

A largura máxima do perfil foi de 387,00 m, a largura da praia subaérea foi de 152,80 m e a das dunas frontais de 61,30 m. A altura máxima das dunas foi de 3,5 m e do limite superior da praia de 1,7 m. No período houve crista dunar e desenvolvimento de um novo campo de dunas no pós-praia, realizado em 22/04/2015.

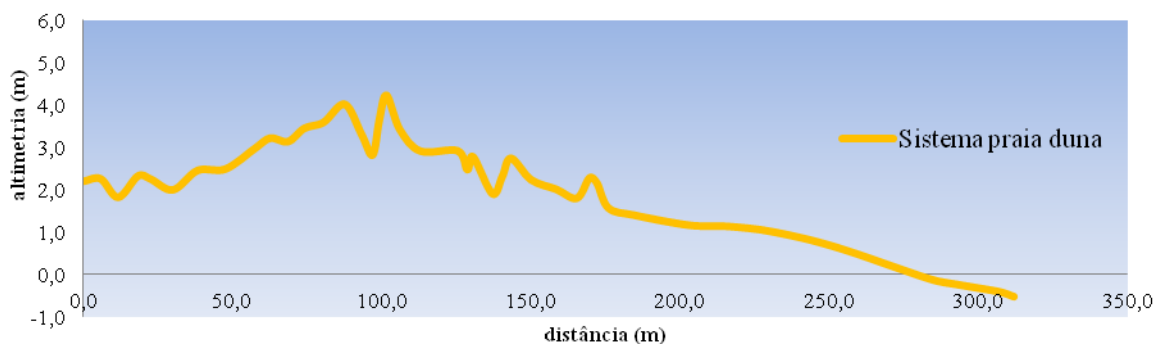
Perfil 11



Perfil topográfico 12 - Camping do Leopoldo e Parque Eólico limite norte

A largura máxima do perfil foi de 311,80 m, a largura da praia subaérea foi de 107,60 m e a das dunas frontais de 52,40 m medidos. A altura máxima das dunas foi de 4,2 m e a altura do limite superior da praia foi de 1,6 m. No período houve presença de duna embrionária e frações lama, realizado em 22/4/2015.

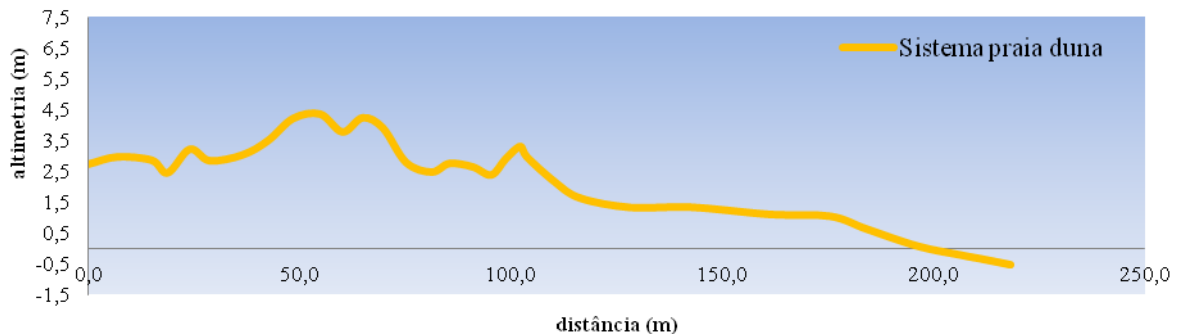
Perfil 12



Perfil topográfico 13 - Parque Eólico centro norte

A largura máxima do perfil foi de 218,10 m, a largura da praia subaérea foi de 80 m e a das dunas frontais de 55,40 m. A altura máxima das dunas foi 4,4 m e do limite superior da praia foi de 1,6 m. No período analisado não houve presença de fração lama, havendo uma crista dunar bem definida, realizado em 22/4/2015.

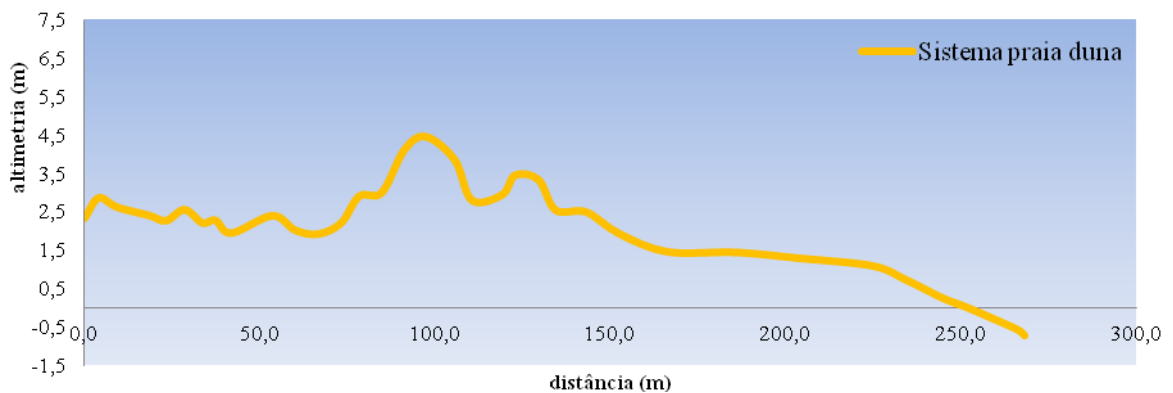
Perfil 13



Perfil topográfico 14 - Parque Eólico centro sul

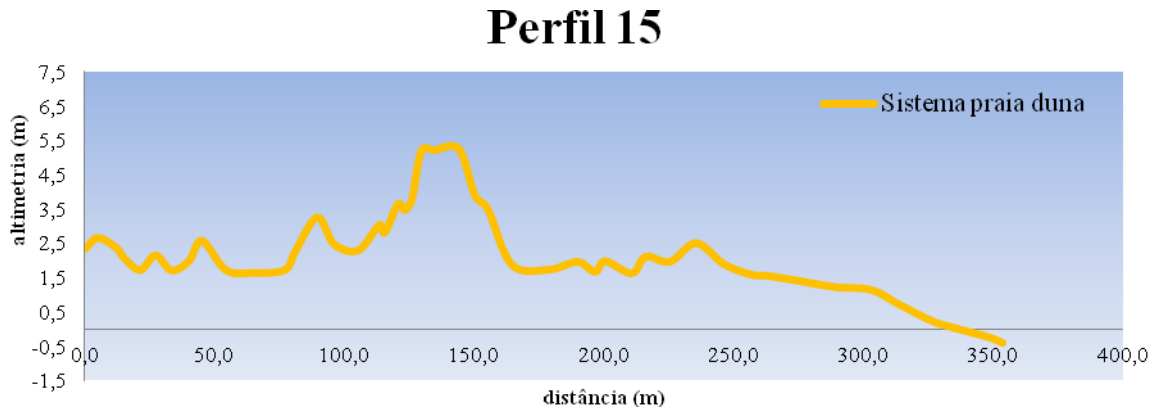
A largura máxima do perfil foi de 268,10 m, a largura da praia subaérea foi de 86,50 m e a das dunas frontais de 44,70 m. A altura máxima das dunas foi 4,5 m enquanto a do limite superior da praia foi de 1,4 m. No período haviam duas cristas dunares bem definidas, realizado em 22/4/2015.

Perfil 14



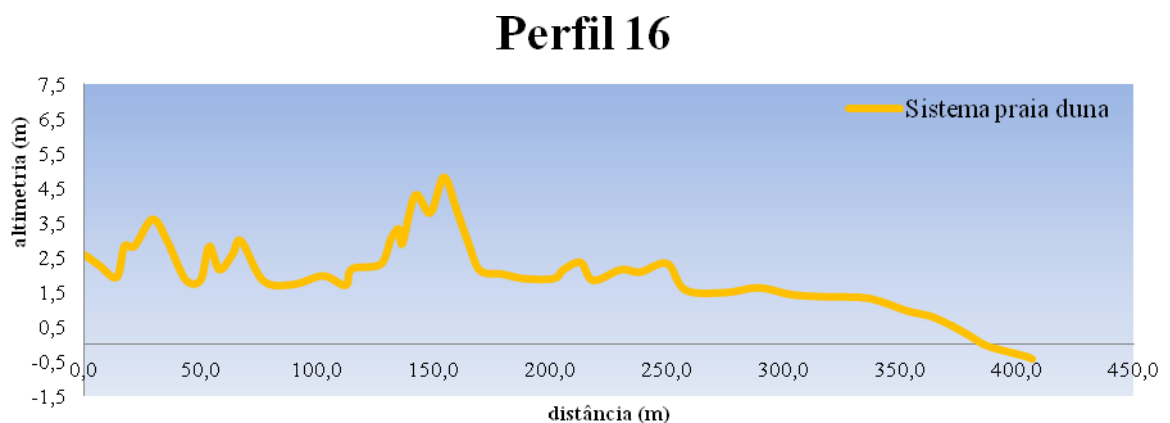
Perfil topográfico 15 - Parque Eólico limite sul

A largura máxima do perfil foi de 354,00 m, a largura da praia subaérea foi de 70,30 m e a das dunas frontais foi de 34,80 m. A altura máxima das dunas foi 5,2m e a do limite superior da praia foi de 1,5 m. No período havia um *blowouts* com altura de 1,7 m e duas cristas dunares no local, realizado em 28/4/2015.



Perfil topográfico 16 - Antena

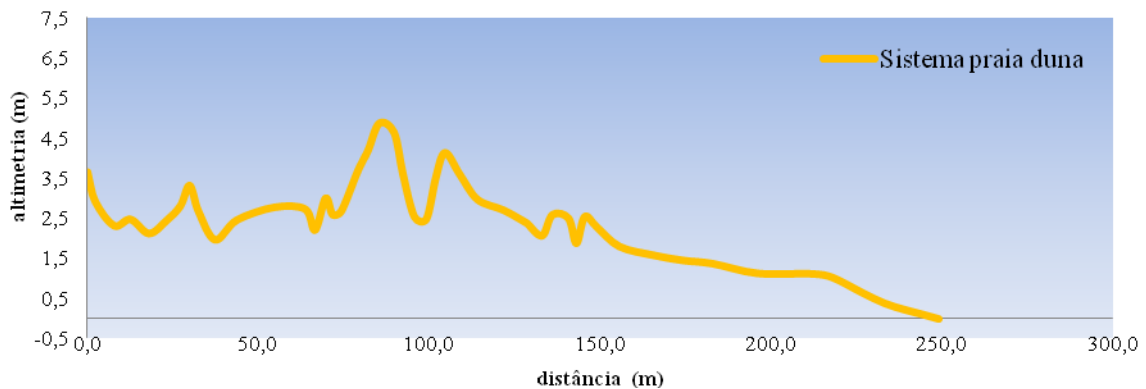
A largura máxima do perfil foi de 406,40 m, a largura da praia subaérea foi de 128,40 m e a largura das dunas frontais foi de 52,80 m. A altura máxima das dunas foi de 4,8 m e do limite superior da praia de 1,6 m. No período houve formação de bermas bem acentuados e duas cristas dunares, realizado em 28/4/2015.



Perfil topográfico 17 - Planície A (sem pronto de controle aparente)

A largura máxima do perfil foi de 249,10 m, a largura da praia subaérea foi de 100,10 m e a das dunas frontais de 39,90 m. A altura máxima das dunas foi 4,9 m e a do limite superior da praia de 2,3 m. No período houve duas cristas dunares, realizado em 4/5/2015.

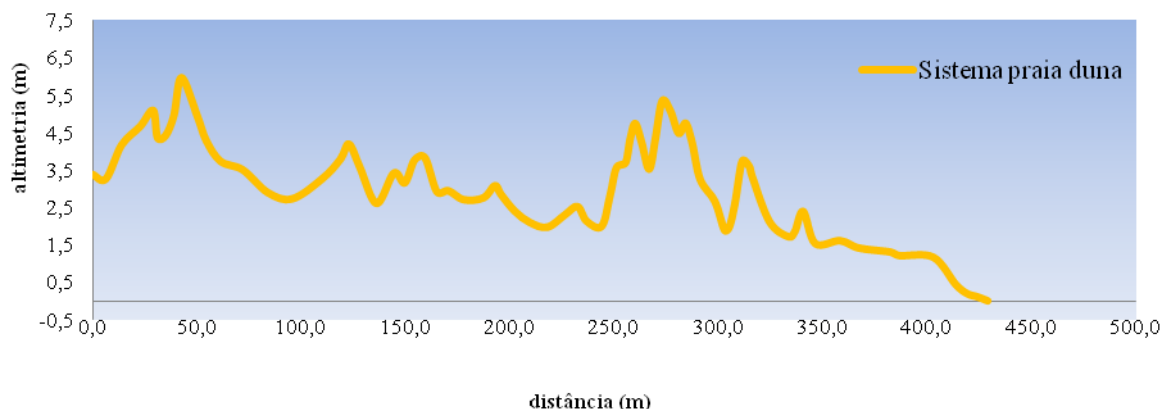
Perfil 17



Perfil topográfico 18 - Planície B (sem pronto de controle aparente)

A largura máxima do perfil foi de 428,90 m, a largura da praia subaérea foi de 70,70 m e das dunas frontais de 68,80 m. A altura máxima das dunas foi 6,0 m e do limite superior da praia foi de 1,3 m. No período este ambiente foi marcado por uma crista dunar bem definida, realizado em 4/5/2015.

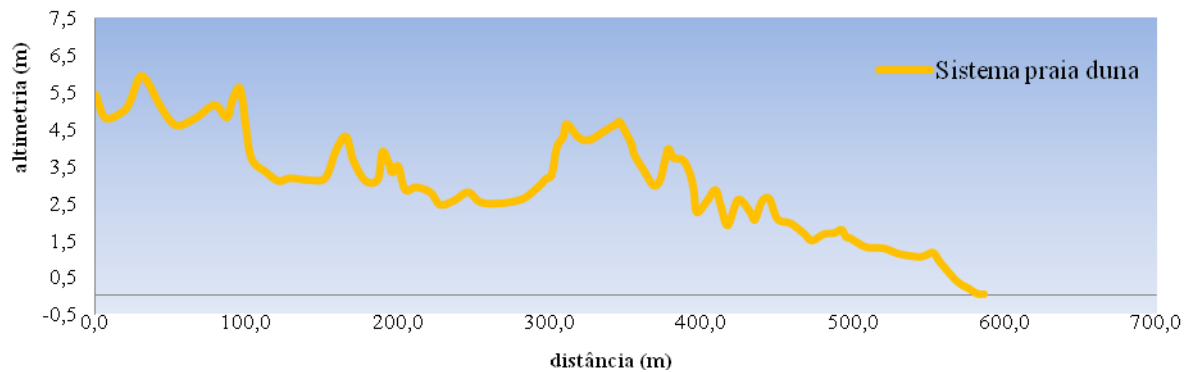
Perfil 18



Perfil topográfico 19 - Próximo a um sangradouro, a norte do mato de eucaliptos

A largura máxima do foi de 586,30 m, a largura da praia subaérea foi de 83,60 m e a das dunas frontais de 67,92 m. A altura máxima das dunas foi 5,9 m enquanto o limite superior apresentou uma altura limite de 1,6 m. Houve uma crista dunar bem definida, realizado em 4/5/2015.

Perfil 19



Perfil topográfico 20 - Vila de pescadores

A largura máxima foi de 550,60 m, a largura da praia subaérea foi de 98,60 m e a das dunas frontais de 95,90 m. A altura máxima das dunas foi 7,2 m e o limite superior da praia apresentou uma altura limite de 1,6 m. Houve no período presença de um *blowout* (no caso formando um pequeno banhado) com altura de 2,8 m havendo cristas dunares bem definidas, realizado em 4/5/2015.

Perfil 20

