

RENATO JOSÉ FURIGO LÉLIS

**ASPECTOS MORFOSEDIMENTARES DA PRAIA DAS RENDEIRAS,
LAGUNA DA CONCEIÇÃO (ILHA DE SANTA CATARINA – SC).**

Florianópolis
2006

**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Geografia**

Renato José Furigo Lélis

**Aspectos morfossedimentares da praia das Rendeiras, laguna da Conceição
(ilha de Santa Catarina – SC).**

Orientador: Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de concentração: Utilização e conservação dos recursos naturais

Florianópolis/SC, Janeiro de 2006

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio incondicional desde o início de meus estudos;

Ao meu orientador, pelo acompanhamento ao longo do estudo e pela paciência para lidar com um aluno tão perfeccionista, individualista e rebelde (com os prazos!);

Ao pessoal do LOC – Fred, Adriano, Roque, Gustavo, Carla, Milena, Lucélia, Ruy e Mário. Especial para Denis, João Marcos e Ciro, pelo grande auxílio na coleta e tratamento dos dados;

Ao pessoal do LCM – Elpídio, Diego, Anselmo, Lamartine, pelo auxílio durante os trabalhos;

À Capes, pelo auxílio financeiro;

À EPAGRI de Tubarão, pelo empréstimo da estação total;

Ao IPUF, pelo grande auxílio na liberação dos aerolevantamentos e das cartas batimétricas;

Aos meus amigos – Felipe “Casulão”, Carlos “Baiano”, Julio “Julico do Jaíba”, Ari e toda a galera da Fortaleza da Barra, principalmente do Recanto do Vovô, pelo inesquecível convívio diário;

Aos meus irmãos de coração – Felipe Caron e Pedro Pereira, e ao professores Francisco “Paleo” Buchmann e Lauro Calliari, pelas longas discussões oceanográficas;

Aos meus colegas de mestrado, pelo incentivo e pelas dicas;

Aos professores da Pós-graduação em Geografia, em especial para os Profs. Norberto Horn-Filho, Érico Porto-Filho e Ruth Lock, pelo grande auxílio ao longo do trabalho;

À ilha de Santa Catarina;

RESUMO

A Praia das Rendeiras se localiza na porção central da laguna da conceição, ilha de Santa Catarina, estendendo-se no sentido leste-oeste ao longo de aproximadamente 2km da margem. A praia é moldada pela ação de ondas, resultantes da atuação de ventos de norte/nordeste sobre o corpo lagunar, e sofre forte influência de estruturas antrópicas. O objetivo desse trabalho consistiu em identificar as características morfossedimentares da praia, dando uma maior ênfase à morfológica do banco marginal submerso associado à praia. A caracterização teve como base a coleta e processamento de dados batimétricos, sedimentológicos e de fotos de campo, além do cálculo da pista efetiva de vento (fetch) ao longo da praia. Os resultados mostraram uma forte heterogeneidade nas características morfológicas, tanto nas áreas emersas quanto nas áreas submersas. Os sedimentos se comportaram de forma mais homogênea, com tamanho de grão na classe areia fina, bem selecionada, para toda a praia. Os teores de carbonato biodetrítico se apresentaram maiores na porção central, e os teores de matéria orgânica total, nas extremidades. Os maiores valores de fetch encontrados coincidem com o setor de maior declividade e menor volume sedimentar. O setor com o maior desenvolvimento do pós-praia apresenta menor grau de exposição e mais de 50% dos aportes pluviais existentes. Com base nos resultados foi possível identificar três setores morfológicamente distintos: oeste, central e leste. O grau de exposição e o fetch aumentam do extremo leste para o extremo oeste. A heterogeneidade ao longo da praia é controlada pelos seguintes fatores: orientação da linha de costa, morfologia lagunar, grau de exposição e influência de estruturas antrópicas.

ABSTRACT

The Rendeiras beach is located in the central portion of Conceição Lagoon, Santa Catarina island, extending with a east-west orientation along approximately 2km of the margin. The beach is molded by the action of incident waves, resulting from the performance of north/northeast winds on the water, indeed suffers strong influence of anthropogenic structures. The objective of this work consisted of identifying the morfosedimentary characteristics of the beach, with emphasis on the morphology of the marginal submerged bank associated with the beach. The characterization had as base the collection and geoprocessing of bathymetric, sedimentological and field pictures data, besides the calculation of the effective wind fetch along the beach. The results showed a strong heterogeneity in the morphologic characteristics, not only in the emerged but also in the submerged areas. The submerged area presents morphologic features such as transverse bars and mega ripples, with different morphologies depending on the place of occurrence. The sediments behaved in a more homogeneous way, with grain size in the fine sand class, well sorted, for the whole beach. The major concentrations of biotritical carbonate were found in the central portion, and the total organic matter, in the beach extremities. The largest values of fetch coincide with the largest steepness section and the smallest sedimentary volume. The most developed backshore presents a smaller exposure degree to the waves and wind and more than 50% of the existent pluvial contributions. According to the results was possible to identify three sections with different morphological types: west, central and east. The exposure degree and fetch increase from the central part of the beach toward the extremities. The transverse bars orientation and steepness values suggest the existence of currents generated by waves in opposite directions, starting from the central section. The heterogeneity along the beach is controlled by the following factors: coast line orientation, lagoon morphology, exposure degree and anthropogenic structures influence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<i>Figura 1: Zonação hidrodinâmica do perfil praial.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2: Zonação morfológica do perfil praial.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3: Respostas morfológicas sob condições energéticas em praias oceânicas (acima) e em praias estuarinas (abaixo, perfis 3A, 3B e 3C). Modificado de Nordstrom (1993).</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4: Modelo conceitual de Masselink & Short (1993). HT e LT se referem aos níveis médios das marés alta e baixa, respectivamente.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 5: Os seis tipos de praias protegidas definidos por Hedge et al. (1996).</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6: Mapa de localização da área de estudo.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 7: Compartimentação da laguna da Conceição. Extraído de Andrade (2000).</i>	<i>37</i>
<i>Figura 8: Batimetria da laguna da Conceição (MUEHE & CARUSO JR., 1999). Modificado de Andrade (2000).</i>	<i>39</i>
<i>Figura 9: Os sedimentos de fundo da Laguna da Conceição. Modificado de Grê & Horn Filho (op cit.).</i>	<i>41</i>
<i>Figura 10: Cobertura de gramíneas, rancho de embarcações e esgoto pluvial compõe o pós-praia. ...</i>	<i>43</i>
<i>Figura 11: Modelo digital de terreno (MDT) da praia das Rendeiras (Extraído de Derntl et al., 2004).</i>	<i>45</i>
<i>Figura 12: Efeitos do canal da Barra sobre a onda de maré. A estação E1 situa-se na desembocadura do canal; a estação E2, no limite entre o canal e o corpo lagunar; as demais estão distribuídas ao longo da laguna. Extraído de Andrade (2000).</i>	<i>47</i>
<i>Figura 13: Atenuação da maré meteorológica. A estação E1 situa-se na desembocadura do canal; a estação E7, próxima ao limite entre o canal e o corpo lagunar. Extraído de Andrade (2000).</i>	<i>49</i>
<i>Figura 14: A Praia das Rendeiras com vento sul (calmaria), à esquerda e com vento nordeste (agitação), à direita. Ambas as fotos de detalhe apresentam um nível baixo da água, expondo toda a face praial (fotos do autor).</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15: Barras transversais (acima), cúspides (abaixo, à esquerda) e micro-cúspides (abaixo, à direita) e expostas em dia de baixo nível da água.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 16: Mapa de uso e ocupação do solo na região da laguna da Conceição (CREA & ABES, 2000).</i>	<i>53</i>
<i>Figura 17: Ponte sobre a avenida das Rendeiras, ligando a lagoa central (acima, à esquerda) à lagoa sul (abaixo, à direita). Observa-se a praia das Rendeiras, na lagoa central.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 18: A pavimentação da Avenida das Rendeiras e o muro de contenção, na parte central. Notar o acúmulo de água e as rachaduras sobre a calçada, resultantes da ação das ondas.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 19: Fluxograma das etapas de trabalho.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 20: Setores determinados para a coleta de dados.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 21: Posicionamento dos marcos instalados para o levantamento batimétrico. O ponto na extrema direita representa o marco geodésico instalado pela empresa AEROCONSULT e referenciado ao marégrafo de Imituba.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 22: Localização dos perfis topográficos. Os perfis em verde representam os obtidos a partir do MDT em escala 1:2000 (PG1 a PG5); os perfis em vermelho representam os obtidos a partir da batimetria de detalhe (PL = Perfil Setor Leste; PC = Perfil Setor Central; PO = Perfil Setor Oeste). ...</i>	<i>65</i>
<i>Figura 23: Pontos de coleta de sedimentos.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 24: Diagrama ETA (erosão–transporte-acumulação) para sedimentos superficiais (0 - 1 cm), segundo Hakanson (op cit.).</i>	<i>67</i>
<i>Figura 25: Exemplo de cálculo da pista efetiva fornecido por Hakanson (op cit.).</i>	<i>69</i>
<i>Figura 26: Localização dos pontos utilizados para o cálculo do fetch.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 27: Localização dos pontos batimétricos utilizados para o estudo.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 28: Isóbatas, de metro em metro, obtidas por interpolação a partir dos dados batimétricos.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 29: Batimetria plana em escala 1:2000.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 30: Modelo digital de terreno obtido com base na batimetria (visão noroeste).</i>	<i>77</i>
<i>Figura 31: Modelo digital de terreno obtido com base na batimetria (visão leste).</i>	<i>78</i>
<i>Figura 32: Mapa de declividades, obtido a partir da batimetria. As curvas de nível são referentes a valores de profundidade.</i>	<i>79</i>
<i>Figura 33: Localização dos pontos batimétricos obtidos com a estação total.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 34: Batimetria do setor Oeste.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 35: MDT do setor Oeste.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 36: Batimetria do setor Central.</i>	<i>83</i>

Figura 37: MDT do setor Central.....	84
Figura 38: Batimetria do setor Leste.....	85
Figura 39: MDT do setor Leste.....	86
Figura 40: Perfis topográficos obtidos a partir do MDT em escala 1:2.000.....	87
Figura 41: Perfis topográficos do setor Oeste.....	89
Figura 42: Perfis topográficos do setor Central.....	90
Figura 43: Perfis topográficos do setor Leste.....	91
Figura 44: Histogramas de frequência simples das amostras sedimentares.....	93
Figura 45: Gráfico do percentual de matéria orgânica total e carbonato biodetrítico por amostra.....	94
Figura 46: Gráfico do percentual de matéria orgânica e carbonato biodetrítico por amostra.....	95
Figura 47: Gráfico do percentual de matéria orgânica e carbonato por perfil amostral.....	96
Figura 48: Gráfico do percentual de matéria orgânica e carbonato por posição da amostra no perfil.....	96
Figura 49: Gráfico de relação Profundidade x Carbonato/Mat. Orgânica.....	97
Figura 50: distribuição dos valores de fetch, para o vento nordeste.....	98
Figura 51: distribuição dos valores de fetch, calculados para o vento sudoeste.....	99
Figura 52: Diagrama ETA, obtido com base no cálculo do fetch para os ventos Sudoeste e Nordeste.....	100
Figura 53: morfologia do pós-praia no extremo oeste da praia.....	101
Figura 54: cúspides irregulares e barras transversais – setor oeste.....	102
Figura 55: porção central do setor oeste, onde se inicia o depósito sedimentar coberto por gramíneas e barras transversais mais proeminentes.....	102
Figura 56: visão geral da porção central do setor oeste. Notar parte da transversal emersa pelo baixo nível da água, ancorada à praia.....	103
Figura 57: Morfologia da porção central do setor oeste.....	103
Figura 58: Vista panorâmica de uma barra transversal emersa e dos processos de refração de onda causados pela batimetria irregular.....	104
Figura 59: Vista panorâmica de barra transversal e a zona de sombra causada pela mesma na praia.....	104
Figura 60: Morfologia da porção central do setor oeste, com parte de uma barra transversal exposta.....	105
Figura 61: área sob influência direta do campo de dunas ativas. Notar a disputa entre as gramíneas e a <i>Blutaparon portulacoides</i>	106
Figura 62: Detalhe de duna embrionária escarpada, associada a uma árvore. No fundo, o campo de dunas ativas.....	106
Figura 63: Final do setor oeste, sem a cobertura de gramíneas e com algumas dunas embrionárias cobertas por espécies pioneiras.....	107
Figura 64: final do setor oeste. A praia emersa desaparece.....	107
Figura 65: Detalhe do muro de contenção. Notar a presença de algumas barras transversais, que existem apenas nesse ponto.....	108
Figura 66: Setor central, praticamente sem depósito sedimentar em área emersa. A foto foi tirada em dia de baixo nível de água. Notar o acúmulo de material grosseiro e a homogeneidade da área submersa.....	108
Figura 67: Detalhe de um esporão de pedra construído na tentativa de aumentar a deposição sedimentar. No fundo, o início de uma passarela de madeira.....	109
Figura 68: Detalhe da passarela de madeira. Nesse local também existe acúmulo de material grosseiro oriundo de estruturas antrópicas. No fundo, o início do setor leste, com o aparecimento de depósitos emersos.....	109
Figura 69: Detalhe de erosão sob a passarela. A ação de ondas não possibilita a acumulação de depósitos sedimentares.....	110
Figura 70: Ponto que marca o início do setor leste, com o surgimento de depósitos emersos.....	110
Figura 71: Parte inicial do setor leste, sem barras transversais e escarpas nos depósitos emersos.....	111
Figura 72: Detalhe da extensão do depósito coberto por gramíneas e o rancho de embarcações, no fundo.....	111
Figura 73: Cúspides praias próximas à quadra de vôlei.....	112
Figura 74: detalhe do acúmulo de sedimento grosso no extremo leste. Notar as microcúspides.....	112
Figura 75: Depósito de sobrelavagem ativo.....	113
Figura 76: Depósito de sobrelavagem inativo, parcialmente coberto por gramíneas.....	113
Figura 77: Microdelta formado na frente do maior aporte pluvial presente na praia. Essa feição apresenta intensa variação morfológica, de acordo com a precipitação e a ação de ondas.....	114
Figura 78: Rancho de embarcações e microdelta, formado por um aporte pluvial.....	115

<i>Figura 79: Vista panorâmica de um microdelta formado pela ação de um aporte pluvial, extremo leste da praia.</i>	115
<i>Figura 80: Alteração morfológica da margem, resultante da presença do trapiche.</i>	116
<i>Figura 81: Localização dos aportes pluviais.</i>	117
<i>Figura 82: Gráfico de distribuição dos aportes pluviais entre os setores da praia.</i>	117

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Estudos sobre barras transversais ao longo do mundo.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 2: Parâmetros morfodinâmicos e declividade (β) obtidos para a praia das Rendeiras por Derntl et al. (2004).</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 3: Arquivos raster utilizados no estudo.</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 4: Arquivos vetoriais pré-existentes utilizados no estudo.</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 5: Classificação granulométrica dos sedimentos segundo Folk & Ward (1957).....</i>	<i>92</i>
<i>Tabela 6: Resumo das características morfossedimentares da praia das Rendeiras.....</i>	<i>118</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1. OBJETIVOS	15
1.1. OBJETIVO GERAL.....	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. ASPECTOS TEÓRICOS	16
2.1. AMBIENTES ESTUARINOS E LAGUNARES: DEFINIÇÕES.....	16
2.2. PRAIAS.....	17
2.2.1. Definições.....	18
2.2.2. Zonação e processos hidrodinâmicos do ambiente praial.....	20
2.2.3. Aspectos geomorfológicos do ambiente praial.....	23
2.2.3.1. Barras transversais.....	25
2.3. CLASSIFICAÇÕES E MODELOS SEQÜENCIAIS DE EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA.....	28
2.3.1. Modelos seqüenciais para praias estuarinas.....	30
2.3.1.1. Modelos para praias protegidas.....	32
3. ÁREA DE ESTUDO	36
3.1. LOCALIZAÇÃO.....	36
3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS.....	38
3.3. ASPECTOS MORFODINÂMICOS DA PRAIA DAS RENDEIRAS.....	41
3.4. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS/METEOROLÓGICOS.....	45
3.5. CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS.....	46
3.6. AÇÕES ANTRÓPICAS.....	52
4. MATERIAIS E MÉTODOS	56
4.1. ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS DIGITAL E DOS REFERENCIAIS CARTOGRÁFICOS.....	57
4.1.1. Base digital de dados.....	57
4.1.2. Referencial cartográfico.....	57
4.1.3. Recorte da área de estudo.....	58
4.2. DADOS PRÉ-EXISTENTES.....	59
4.3. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DE DETALHE.....	61
4.4. GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO.....	62
4.5. OBTENÇÃO DE PERFIS TOPOGRÁFICOS PERPENDICULARES À LINHA DE COSTA.....	64
4.6. ANÁLISE DE SEDIMENTOS.....	65
4.7. CÁLCULO DA PISTA EFETIVA DE VENTO.....	67

4.8.	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS EMERSAS	71
4.9.	ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS MORFOSEDIMENTARES	72
5.	RESULTADOS	73
5.1.	ASPECTOS MORFOLÓGICOS	73
5.1.1.	Batimetria em escala 1:2000	73
5.1.2.	Batimetria de detalhe	80
5.1.3.	Perfis topográficos	86
5.2.	SEDIMENTOS	92
5.3.	PISTA EFETIVA DE VENTO	97
5.4.	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS EMERSAS	101
6.	DISCUSSÃO	118
7.	CONCLUSÕES	124
	REFERÊNCIAS	126

INTRODUÇÃO

Ambientes lagunares e estuarinos estão inseridos entre os principais recursos naturais existentes nas zonas costeiras. Locais onde se misturam águas continentais e oceânicas e se formam consideráveis depósitos sedimentares, ocupam lugar de destaque em função da abundância e diversidade das comunidades biológicas, da existência de áreas abrigadas e do próprio recurso hídrico. São ambientes únicos e de alta sensibilidade ambiental, sendo também áreas de proteção e procriação para organismos marinhos e aves migratórias.

Cerca de dois terços das maiores cidades do mundo estão relacionadas a estuários. Tanto o seu valor econômico quanto a sua vulnerabilidade residem na multiplicidade de usos relacionados a esses ambientes. Atividades antrópicas consistem em portos, áreas residenciais, indústrias dependentes da água, recreação, navegação, natação, banho de sol, caça e pesca. Os ambientes correlatos – dunas, marismas, manguezais, praias, restingas, entre outros, oferecem uma infinidade de recursos que são amplamente explorados por essas populações, em torno das quais desenvolvem-se áreas de proteção ambiental e parques ou balneários e cidades. Ao longo da costa brasileira não é conhecida a quantidade exata desses ambientes, mas existem registros de sua distribuição ao longo de todo o litoral, tendo as suas características fisiográficas diferenciadas em função da história geológica de cada setor e das atuais modificações pela ação antrópica.

A extensão da linha de costa nesses ambientes (baías, estuários e lagunas) chega a atingir valores maiores do que a linha de costa oceânica em muitos países do mundo. As praias representam uma grande parte dessa linha de costa, mas muitas vezes são subvalorizadas em comparação com os outros setores do estuário. Muitas praias são pequenas, outras são artificiais; e muitas são visualmente pouco atrativas se comparadas aos outros ambientes costeiros (NORDSTROM, 1993; JACKSON *et al.*, 2002). Apesar disso, elas representam um grande valor ecológico e para o ser humano.

Dentro de estuários e lagunas, as praias têm importante papel para a manutenção do sistema. Representam depósitos de sedimentos formados nas margens pela ação das ondas sobre o fundo lagunar, sendo o elo de ligação de

importantes intercâmbios sedimentares entre áreas emersas e submersas, além de serem proteções naturais contra a erosão; são áreas de constante ciclagem de nutrientes, pela intensa hidrodinâmica e pela ação eólica, que propiciam um fluxo contínuo de sedimentos variados; apresentam uma comunidade biológica exclusiva e são áreas de alimentação para peixes e aves; são locais onde se acumulam depósitos de minerais de importância econômica (pláceres); são áreas propícias para o lazer e ocupação urbana, onde o acesso ao corpo hídrico é facilitado.

Atividades de manejo em áreas lagunares e estuarinas têm dado ênfase na qualidade das águas e no uso do solo associados à expansão urbana, que polui as águas e reduz significativamente os habitats. Entretanto, as praias não têm recebido o mesmo *status* do que os ambientes correlatos. A competição por espaços ao longo das margens tem levado à eliminação das praias (algumas são perdidas por erosão natural). Apesar do assoreamento ser mais comum em estuários e lagunas, esse ocorre mais em áreas de marismas e locais protegidos, e não nas praias (NORDSTROM, 1993). Muitas são aterradas com areia ou blocos de pedra, ou são substituídas por muros de contenção (WARD *et al.*, 1989).

As praias estuarinas e lagunares são comuns, mas muito pouco estudadas, sendo muito distintas das praias oceânicas de costas abertas, as mais conhecidas. As atividades de manejo derivam do conhecimento sobre as praias oceânicas, as quais não se adequam, já que os processos físicos que as condicionam são significativamente distintos (JACKSON *et al.*, *op cit.*).

Dentro desse contexto, fica claro que apesar de serem ambientes aparentemente monótonos e de baixo grau de exploração econômica, as praias estuarinas e lagunares devem ser mais estudadas; mais especificamente, os processos sedimentares e ecológicos que ocorrem nesses ambientes devem ser melhores compreendidos, com o intuito de se entender o grau de importância desses processos para o funcionamento do ambiente lagunar como um todo.

O objeto de estudo desse trabalho é uma praia lagunar denominada de praia das Rendeiras, localizada na porção central de um ambiente de intensa atividade antrópica, chamado de Lagoa da Conceição, situada na ilha de Santa Catarina, Estado de Santa Catarina. Tem-se uma lista bibliográfica de mais de 500 estudos

técnicos e científicos já efetuados sobre este corpo lagunar. Contudo, são escassos os que enfocam os processos sedimentares dentro dele.

A temática central consiste na descrição dos aspectos morfológicos da praia das Rendeiras, em diferentes escalas espaciais e temporais, com base em descritores morfológicos e sedimentológicos. Os métodos de análise de dados envolvidos têm como base principal as chamadas “tecnologias da informação” (LOUDON, 2000) - sistemas de posicionamento global, cartografia digital, modelagem espacial. Procura-se, dentro de um enfoque qualitativo, delimitar a área de abrangência da praia e compreender alguns processos de intercâmbio sedimentar, bem como, algumas interações dos agentes hidrodinâmicos com a morfologia praial, em base a uma descrição morfossedimentar.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GERAL

Esse estudo será direcionado para contribuir com o conhecimento dos aspectos morfossedimentares da Praia das Rendeiras, com ênfase no banco submerso associado a ela.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Obter as medidas morfométricas atuais do banco;
- ✓ Descrever as feições rítmicas;
- ✓ Discutir aspectos hidrodinâmicos com base na descrição das feições geomorfológicas;
- ✓ Identificar distintos setores ao longo da praia, com base nas características morfossedimentares e nas tendências de transporte, erosão e deposição;

2. ASPECTOS TEÓRICOS

Nesse tópico serão apresentados os principais conceitos e os embasamentos teóricos utilizados nesse estudo, para que se tenha um entendimento comum dos mesmos. Dá-se ênfase aos aspectos que definem e caracterizam as praias de ambientes abrigados e em locais de micromarés, por serem mais relevantes ao estudo. Inclui-se um breve resumo dos conceitos sobre os ambientes nos quais a praia das Rendeiras está inserida: estuários e lagunas.

2.1. AMBIENTES ESTUARINOS E LAGUNARES: DEFINIÇÕES

Na literatura existem inúmeras definições sobre ambientes estuarinos e lagunares. Uma detalhada revisão sobre as definições de inúmeros autores pode ser encontrada em Pereira (2004). Tais ambientes são extremamente dinâmicos e amplamente diferenciados entre si (tanto na sua morfologia, quanto em relação a seu comportamento hidrodinâmico), fato que dificulta uma definição ou caracterização genérica. Dessa forma, diferentes conceitos e classificações são dados através das características adotadas, e em função da especialidade e objetivo dos pesquisadores (PEREIRA, *op cit*).

Estuários são definidos em função das características hidrográficas, com base na estratificação vertical da coluna da água e em processos advectivos e difusivos responsáveis pelo transporte de água e material em suspensão (PRITCHARD, 1989, *apud* NORDSTROM, 1993). A definição mais utilizada para o termo “estuário” tem forte caráter hidrográfico (PRITCHARD, 1955 e CAMERON & PRITCHARD, 1963 *apud* MIRANDA *et al.*, 2002):

[...]estuário é um corpo de água costeiro semifechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental[...]

Nessa classificação, a localização espacial do estuário está condicionada à área onde ocorre a mistura entre as massas de água, que varia ao longo do tempo em função da interação entre as forçantes do sistema.

Já as lagunas têm a sua definição mais embasada em características morfológicas. Zenkovitch (1969) as define como “corpos d’água rasos e alongados, separados do mar por uma barreira e geralmente orientado paralelo à costa, possuindo ou não canais de ligação através da barreira”. Uma laguna pode ou não se comportar como um estuário, uma vez que, não havendo comunicação com o mar, pode não ocorrer mistura de águas doces e salgadas em níveis mensuráveis.

Entretanto, outras definições de lagunas a enquadram obrigatoriamente como um estuário, ou pelo menos parte dela, como a definição de Phleger (1969):

[...]um corpo de água marinha interior, geralmente orientado na direção paralela à costa, separado do oceano por uma barreira, mas interligando-se ao mesmo com um ou mais canais restrito[.]

Para Miranda *et al.* (*op cit.*) as lagunas costeiras são uma forma particular de estuário que merece definição e classificação específica. De fato, na observação prática, encontram-se lagunas que apresentam em sua totalidade características mixohalinas, e portanto, sob a luz da definição de Pritchard (1955; apud MIRANDA *et al*, *op cit.*), são estuários típicos.

A laguna da Conceição, em comunicação permanente com o mar e de águas mixohalinas, não pode ser considerada um sistema estuarino típico. Entretanto, as praias nela inseridas apresentam comportamentos semelhantes às dos sistemas estuarinos, em função das características hidrodinâmicas semelhantes desses ambientes no que diz respeito à formação de praias. Esse fato ocorre em muitos locais do mundo, e por esse motivo, as praias desses dois ambientes são estudadas de maneira semelhante, sendo englobadas em um grupo específico. Outros parâmetros que as caracterizam e que permitem enquadrá-las em um único grupo serão discutidos nos subitens que seguem.

2.2. PRAIAS

Geograficamente, não há limitações para o estabelecimento de praias, desde que haja disponibilidade de sedimentos para formá-las, espaço e agentes hidrodinâmicos para concentrá-los em zonas transicionais entre o ambiente aquático e o terrestre. Estas tendem a serem mais desenvolvidas onde a disponibilidade de

sedimentos é maior e sobre regiões amplas (HOEFEL, 1995). São encontradas nas adjacências de planícies costeiras extensas e de ilhas barreiras, mas podem formar-se em quaisquer tipos de lagos, rios e estuários. Em lagos suficientemente amplos observa-se o desenvolvimento de praias dominadas por ondas e de morfodinâmica comparável à de praias oceânicas (NUMMEDAL *et al.* 1984). No caso das praias estuarinas, ainda pouco estudadas, o controle morfodinâmico é regido pelos processos estuarinos. Ainda questiona-se atualmente a possibilidade de enquadrar este tipo de praias numa classificação global (SHORT, 1994).

As praias apresentam-se como sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis, que constantemente ajustam-se a flutuações dos níveis de energia locais e sofrem retrabalhamento por processos eólicos, biológicos e hidráulicos. Estes últimos são relativamente muito mais importantes e ocorrem em escalas temporais variadas. Abrangem um amplo espectro de modos de movimento, entre os quais destacam-se as ondas geradas pelo vento, as correntes litorâneas (longitudinais e oblíquas), as oscilações de longo período (subharmônicas e de infra-gravidade) e as marés. Respondendo às flutuações dos níveis de energia através de mudanças morfológicas e trocas de sedimentos com regiões adjacentes, as praias atuam como zonas tampão e protegem a costa da ação direta da energia hidrodinâmica, sendo esta sua principal função ambiental (HOEFEL, 1998).

2.2.1. Definições

Existem inúmeros trabalhos que definem o ambiente praial de diversas maneiras, principalmente as praias oceânicas. Uma revisão detalhada das visões sobre esse ambiente desde o início do século XX pode ser encontrada em Hoefel (1998). Os conceitos utilizados para definir o termo “praia” evoluíram consideravelmente, mas o caráter não coesivo dos sedimentos que a compõe e também a dominância destes sistemas por fatores hidrodinâmicos primários como ondas e marés, sendo estas últimas de importância secundária, é praticamente unânime. Segundo Short (1982), nos casos em que a influência das marés supera a das ondas, estabelecem-se “terraços de maré” e não praias propriamente ditas.

A maior diferença encontrada na visão dos autores reside na delimitação do ambiente praial. Alguns autores consideram limites físicos, como dunas e falésias (KOMAR, 1976), mas a grande maioria recorre à área de atuação do agente hidrodinâmico mais importante – as ondas superficiais, como em Short (1982), Horikawa (1988), Hardisty (1990), Nordstrom (1993) e Jackson *et al.* (2002).

Nordstrom (*op cit.*) apresentou uma definição que é muito semelhante a todas as outras encontradas atualmente, independentemente do local onde se formam. O ambiente praial natural é definido como sendo

[...] um depósito de sedimentos inconsolidados, normalmente areias, cascalhos ou seixos, criado e moldado pela ação de ondas e correntes induzidas por ondas, que se estende a partir da profundidade, medida na maré baixa de sizígia, a qual o fundo começa a sofrer retrabalhamento pelas ondas, até o limite terrestre de atuação das ondas em eventos de alta energia [...].

A praia pode se estender por centenas de metros em locais onde a declividade é baixa e existe um regime de meso/macromaré, ou pode se estender até alguns metros em lugares com regime de micromarés, declividade alta e energia de ondas mínima.

O mesmo autor apresenta uma definição específica para praias estuarinas, enfatizando que a mesma também inclui praias lagunares com características estuarinas. São

[...]depósitos de areia, cascalho ou seixo moldados pelas ondas e pelas correntes induzidas por ondas, em ambientes de fetch¹ restrito, onde as ondas de geração local são os agentes dominantes na morfodinâmica[...]

Os limites do ambiente são os mesmos definidos anteriormente, baseados na área de atuação das ondas superficiais sobre os sedimentos.

¹ *Fetch*, ou pista de vento, refere-se à extensão ao longo da superfície hídrica, no sentido do vento atuante, submetida ao cisalhamento pela ação do vento. A extensão do *fetch* e a intensidade e duração do vento determinam a altura, o período e, conseqüentemente, a velocidade de propagação das ondas geradas, bem como as características do trem de ondas até interagirem com o fundo. Quanto maior o *fetch*, maior o período e a altura das ondas.

2.2.2. Zonação e processos hidrodinâmicos do ambiente praiial

Os principais fatores hidrodinâmicos que influenciam na morfologia praiial são as ondas e as correntes induzidas por ondas, mas as correntes induzidas pelo vento e pela maré também são significativas (MASSELINK & SHORT, 1993; NORDSTROM, 1993).

A interação das ondas de gravidade com o fundo geram outros agentes que, localmente, têm importância significativa. Processos de reflexão geram ondas de infragravidade, que podem adquirir um comportamento estacionário ou se propagarem lateralmente à linha de costa (ondas marginais), gerando feições rítmicas ao longo da praia, como cúspides e sequências de barras arenosas transversais e/ou oblíquas à linha de costa. Para praias de micromarés, a influência das variações de nível da água são observadas na pequena mudança do posicionamento da área de atuação das ondas e na formação de feições rítmicas submersas (WRIGHT *et al.* 1979; SHORT, 1991). A pequena variação da área de atuação das ondas aumenta consideravelmente a probabilidade de formação de ondas de infragravidade, que são responsáveis pelas feições rítmicas (WRIGHT *et al.*, 1982)

A partir do ponto em que as ondas começam a interagir como fundo, diferentes processos de dissipação energética ocorrem. Assim, desde o início da interação do fundo com as ondas, até o ponto de quebra, e depois até a face da praia, formam-se setores diferenciados na morfologia praiial (que recebem zonação específica), os quais, por sua vez, influenciam na formação de diferentes componentes hidrodinâmicos. Estes terão maior ou menor importância relativa dependendo do setor em que estão atuando.

O ambiente praiial é segmentado sob as óticas hidrodinâmica e morfológica. Esta segunda é mais abrangente por incluir os setores emersos, e será discutida no item subsequente.

Hidrodinamicamente, distinguem-se numa praia as seguintes zonas, de acordo com Hoefel (1998) (Figura 1):

a) Zona de Varrido (*Swash Zone*) - é aquela região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão das ondas sobre a face praial. Os processos do varrido, principalmente sua máxima excursão vertical (*run-up*), são importantes para estudos por representarem as condições de contorno do ambiente praial e por determinarem os níveis máximos de atuação sobre a praia dos agentes hidrodinâmicos do surfe, além de determinarem se o sedimento seria armazenado na praia ou retornado à zona de surfe (HORN & MASON, 1994). São comuns nessa zona feições rítmicas de expressão longitudinal à costa, como cúspides praias, que podem ou não estar associados a feições da zona de surfe. Logo acima da zona de varrido pode ocorrer uma feição deposicional conhecida como berma (*berm*), e em praias muito íngremes, na porção inferior da zona de varrido observa-se um degrau (*beach step*).

b) Zona de Surfe (*Surf Zone*)- A zona de surfe em uma praia depende diretamente do modo de dissipação energética das ondas incidentes; ou seja, do tipo de quebra. Em praias de baixa declividade, as ondas que inicialmente quebraram reformam-se como vagalhões (*bores*) espraiando-se ao longo da zona de surfe até atingirem a linha de praia. Durante este percurso, grande parte de energia é transferida para a geração de correntes longitudinais (*longshore currents*) e transversais à praia (*rip currents*) e para a excitação de oscilações de longo período, conhecidas como de infra-gravidade, de frequência variável entre 30s e alguns minutos. Em praias muito íngremes, que refletem a energia de ondas incidentes, a zona de surfe tende a ser dominada por movimentos de frequência subharmônica (período igual ao dobro do da onda incidente). Como resultado, em ambos os casos espera-se na zona de surfe um espectro energético distinto do das ondas incidentes, governando os processos morfodinâmicos desta porção da praia. A menos que a arrebentação seja pontual ou muito estreita numa praia, é impossível dissociá-la da zona de surfe, motivo pelo qual Horikawa (1988) *apud* Hoefel (1998) sugere que, num sentido amplo, o termo “zona de surfe” seja utilizado para designar tanto a zona de arrebentação (item c) como a de surfe propriamente dita. De fato, em praias dissipativas ou multi-barradas os processos da zona de surfe misturam-se aos de arrebentação, formando uma zona única.

c) Zona de Arrebentação (*Breaking Zone*) - a zona de arrebentação é aquela porção da praia caracterizada pela ocorrência do processo de quebra das ondas,

que representa o modo de dissipação energética da onda sobre a praia. A altura da arrebenção sempre será limitada pela profundidade. Ao ponto de quebra, associa-se a ocorrência de uma barra arenosa submersa. Por armazenarem grandes volumes de sedimento, as barras arenosas desempenham importante papel no balanço de sedimentos dos sistemas praias e também na determinação do espectro energético que alcança a face praial, uma vez que são responsáveis pela dissipação de uma parte considerável da energia de ondas. Nas praias em que ocorrem, atuam como tampões, minimizando a erosão costeira. Morfologicamente, são bastante ativas e, dependendo do regime hidrodinâmico atuante, podem apresentar uma diversidade de formas que inclui: barras longitudinais lineares e crescentes; barras transversais e barras oblíquas.

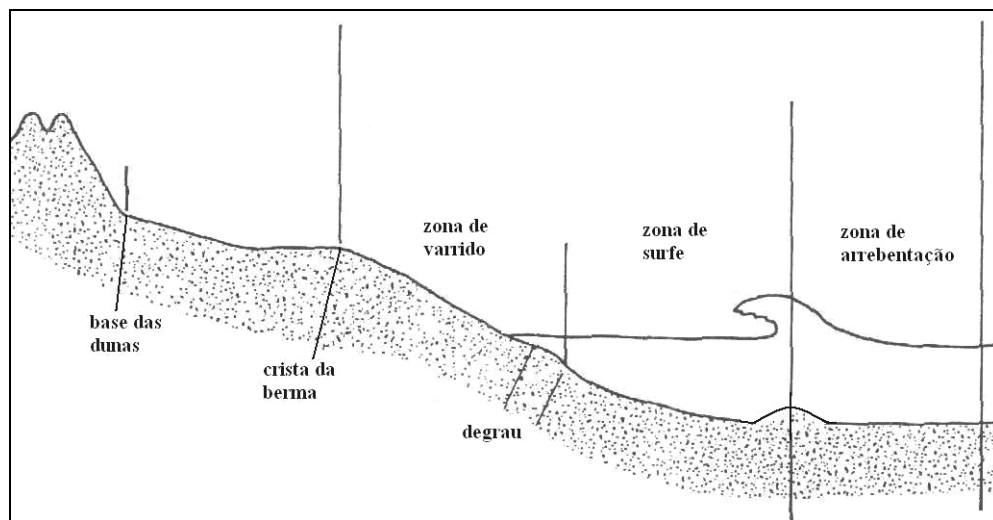


Figura 1: Zonação hidrodinâmica do perfil praiial.

2.2.3. Aspectos geomorfológicos do ambiente praial

Até hoje não é padronizada a nomenclatura (em língua inglesa ou portuguesa) utilizada para designar os subambientes praias e mesmo os limites destes últimos permanecem em desacordo, o que dificulta muito as discussões que envolvem o assunto.

A utilização de diferentes subdivisões do ambiente praial segue a evolução dos estudos, e nesse trabalho será utilizada a nomenclatura mais utilizada atualmente por pesquisadores brasileiros, americanos e australianos, resumida por Hoefel (1998). A figura 2 ilustra essa subdivisão:

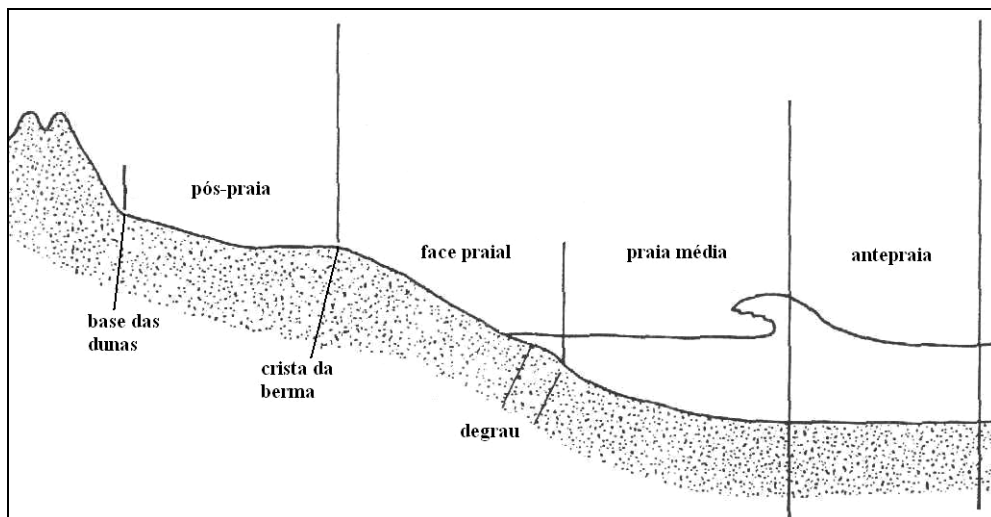


Figura 2: Zonação morfológica do perfil praial.

- pós-praia (*backshore*): zona que se estende do limite superior do varrido até o início de dunas fixadas por vegetação ou de qualquer outra mudança fisiográfica brusca;
- face praial (*beachface*): identifica a porção praial sobre a qual ocorrem os processos da zona de varrido;

- praia média: porção do perfil sobre o qual ocorrem os processos da zona de surfe e da zona de arrebentação; essa nomenclatura é mais usada por pesquisadores brasileiros, tanto que não existe nem uma tradução do termo para o inglês. É comum os autores usarem também zona de arrebentação;
- antepraia (*shoreface*): porção do perfil dominada por processos de empolamento (“*shoaling*”), que estende-se a partir da zona de arrebentação até o limite máximo da ação das ondas sobre o fundo ($h/L < 1/4$).

Existe uma certa “vantagem” da zonação morfológica para a hidrodinâmica: o fato de que a primeira engloba tanto a parte emersa quanto submersa do ambiente, enquanto a segunda engloba apenas a parte submersa. No entanto, isso não significa que seja melhor a utilização da zonação morfológica - depende do estudo a ser realizado.

As praias estuarinas micromarés são mais conhecidas pelas suas feições morfológicas do que pela sua hidrodinâmica, talvez pelo fato da dificuldade de se estudar os agentes hidrodinâmicos. Se comparadas morfológicamente às praias oceânicas de alta energia, se assemelham às praias de meso e macromarés (JACKSON *et al.*, 2002) e nada têm a ver com as praias de micromarés.

Existe um conflito de definições sobre os limites entre os regimes de micro, meso e macromarés que dificulta a descrição das feições morfológicas das praias submetidas a cada um dos três regimes. Para discutir esse impasse, Nordstrom (1993) recorreu à comparação de estudos sobre feições morfológicas presentes em praias estuarinas, estudadas por diversos autores, em diferentes regimes de maré. Observando a ocorrência de um grupo característico de feições em praias com regime de maré até 1 metro, limite sugerido por Hayes (1979), considerou esse o mais adequado entre regimes de micro e mesomaré.

Sendo assim, de acordo com a classificação de Hayes (1979), as principais feições morfológicas que caracterizam uma praia estuarina/lagunar em regime de micromaré são feições rítmicas e barras submersas. Cúspides praias são encontradas em diferentes escalas, com comprimento desde poucos centímetros até centenas de metros. Já as barras são comumente pequenas em termos absolutos,

mas são extremamente grandes se comparadas às dimensões totais das praias estuarinas de micromaré.

A complexidade e a ritmicidade da topografia é associada à dominância de ondas de infragravidade. A variação da energia de ondas superficiais e da maré é quem define o período das ondas de infragravidade, determinando o tipo, a escala, a localização e o espaçamento das feições (SHORT, 1991).

Barras arenosas são freqüentemente citadas na literatura sobre praias, mas a informação é fragmentada e estritamente qualitativa, sendo pouco estudadas (HOEFEL, 1998). Há freqüentemente pouca informação para definir se as barras se encontram soldadas ou não à costa, ou se são estacionárias ou migratórias. Estudos sobre barras em praias de baixa energia são dificultados pelo excesso de bioturbação (que elimina as estruturas sedimentares), as baixas taxas de movimentação, e a dependência de condições de tempestade para identificar os mecanismos de mudança; em praias de alta energia, a dificuldade é, obviamente, a hostilidade do ambiente.

Os tipos mais comuns de barras em praias estuarinas e lagunares conhecidos são barras paralelas múltiplas e barras transversais (NORDSTROM, *op cit.*). Nesse trabalho será dada maior ênfase ao segundo tipo, em função de sua notável presença na área de estudo.

2.2.3.1. Barras transversais

O termo “barras transversais” foi citado primariamente por Shepard (1952) como “*barras que se estendem em ângulo mais ou menos reto à linha de costa*”. Barras transversais e oblíquas são observadas em todo o mundo e apresentam uma grande variedade de formas e comprimentos (KONICKI & HOLMAM, 2000). São chamadas também de “*finger bars*”, “*sand waves*” e “*mega ripples*”, mas para Niedoroda & Tanner (1970) esses termos não são adequados para representar a real importância dessa feição para o ambiente praias, por serem muito genéricos, sendo as barras transversais um grupo específico que mantém apenas características genéticas semelhantes às demais citadas.

São comuns em locais de baixa energia, como lagos e embaiamentos, principalmente em regiões de micromaré, mas também ocorrem em regiões meso e macromaré quando há abundância de sedimentos (NORDSTROM, 1993). A tabela 1 ilustra, em ordem cronológica, alguns locais registrados por estudos científicos. Existem também outros estudos mais qualitativos, como no Brasil (TANNER, 1967), Canadá, Japão, e Rússia (NIEDORODA & TANNER, *op cit.*).

Para Niedoroda & Tanner (*op cit*) a ocorrência de barras transversais está restrita a áreas com abundância de sedimentos, com uma larga área submersa de pouca declividade e baixos valores anuais de altura média de onda. Entretanto, trabalhos posteriores mostraram a ocorrência de barras transversais em locais de média e baixa energia, como nos EUA (KONICKI & HOLMAM, 2000), e na Austrália (WRIGHT & SHORT, 1984), mostrando que elas estão presentes em ambientes muitos distintos, mas com características diferentes. Konicki & Holmam (*op cit.*) enfatizam diferenças morfológicas e hidrodinâmicas dos diferentes ambientes nos quais foram encontradas e descritas barras transversais (tabela 1).

Tabela 1: Estudos sobre barras transversais ao longo do mundo.

Referência/local	Espaçamento (comp. de onda)	Extensão	Ambiente
Moody (1964) – Delaware, EUA	300 – 2000m	<100m	Alta energia
Niedoroda & Tanner (1970) – Flórida, EUA	64 – 218m	107 – 640m	Golfo, baixa energia (Hb médio = 6cm)
Bruner & Smosna (1989) – Virginia, EUA	13-15m	45-70m	Embaiamento, baixa energia (ondas de poucos cm)
Carter (1978) - Irlanda	5 – 6m	1 – 13m	Lago, baixa energia (Hb < 20cm)
Konicki & Holmam (2000) – Duck, Carolina do Norte, EUA	Barras internas: 12 – 179m Barras Externas: 22 – 358m	Barras internas: 10 – 55m Barras Externas: acima de 200m	Praia exposta com sistema de barra/cava, média energia (média anual de Hb = 90cm)

Apesar da existência de estudos sobre barras transversais desde a década de 50, ainda são discutidos os mecanismos reais de sua formação, os motivos de sua existência e porque em muitos locais se mantém estáveis por décadas, e em outros migram até 700m com a deriva litorânea (BRUNN, 1955). Konicki & Holmam (*op cit.*)

acreditam que elas são formadas por vários mecanismos diferentes, específicos em cada ambiente em que existem, sendo impossível uma generalização.

Através de estudos de modelos físicos em escala reduzida e a comparação com ambientes naturais, Niedoroda & Tanner (*op cit.*) chegaram à conclusão de que as barras transversais se formam como resultado de um ajuste do fundo com as características das ondas locais. Quando esse balanço é obtido, o sedimento é transportado a uma taxa exata para manter a forma geométrica da barra transversal. A interação de ondas, correntes e transporte de sedimento tende a perpetuar as barras. Assim, o sistema evolui para uma distribuição desigual da energia de onda em função da refração e da fricção com a crista da barra, fato que mantém a morfologia.

Bruner & Smosna (1989) atribuíram a remoção de sedimentos da face da praia em eventos de tempestade para a formação das barras transversais. Nordstrom (1993) enfatizou essa necessidade de abundância de sedimentos e a influência de ondas de infragravidade.

Barcilon & Lau (1973) estudaram o mesmo grupo de barras de Niedoroda & Tanner (1970) e desenvolveram um modelo de instabilidade para descrever a formação das barras. Eles mostraram que correntes uniformes e paralelas à linha de costa, se propagando sobre um substrato de baixa declividade e com uma leve irregularidade, sofrem uma perturbação que causa a formação de ondas marginais. O resultado é a geração de formas de fundo transversas, as quais o espaçamento depende do inverso da declividade e do quadrado da velocidade da corrente longitudinal. Falques (1991) corrigiu um pequeno erro e apresentou a seguinte fórmula para definir o espaçamento entre as barras (L):

$$L = 2\pi V^2 / g \text{ sen } \beta$$

onde g é a gravidade, V é a velocidade média de corrente e β é a declividade.

No entanto, Konicki & Holmam (2000), com o estudo mais completo e detalhado até o momento sobre barras transversais, onde foram analisados 15 anos de dados, testaram a hipótese formulada por Barcilon & Lau (1973) e Falques

(1991), mas não encontraram evidências de que as barras são formadas por instabilidades geradas por correntes longitudinais, mas concordaram com o efeito combinado de ondas e correntes para a formação das feições.

2.3. CLASSIFICAÇÕES E MODELOS SEQÜENCIAIS DE EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA

A ampla observação de praias ao longo do mundo levou à identificação das variáveis e dos processos globais responsáveis por seu comportamento morfodinâmico (HOEFEL, 1998). Por sua vez, se são comuns a estes ambientes os mesmos processos governantes, também espera-se encontrar entre eles uma certa semelhança morfodinâmica. O estudo das variáveis que condicionam a morfologia propiciou a criação de termos na tentativa de agrupar praias com características semelhantes, baseados em parâmetros matemáticos que integram (ou não) descritores morfológicos e hidrodinâmicos.

O “nível energético” das ondas a que se encontram submetidas as praias determina a sua morfodinâmica, sendo esse parâmetro primário o diferencial de praias oceânicas, estuarinas, lagunares e quaisquer outras existentes. Por esse motivo é utilizado na maioria dos trabalhos comparativos entre praias de ambientes heterogêneos (TANNER, 1960; DAVIES, 1964; DAVIS & HAYES, 1984).

Entretanto, existe uma forte subjetividade na utilização de alguns termos. Tanner (*op cit.*) considera um ambiente de baixa energia onde ocorrem “*alturas de ondas menores que 10cm*”. Davis & Hayes (*op cit.*) utilizam o termo para descrever ambientes onde a altura média de ondas é 30cm. Hedge *et al.* (1996) definem praias protegidas por recifes como de baixa energia, onde encontraram ondas de até 1m. Alguns autores utilizam os termos baseados em características morfológicas, sem entrar na questão das características do clima de ondas, deixando o termo ainda mais vago (JACKSON *et al.*, 2002).

Apesar da ampla utilização desses termos, eles devem ser utilizados apenas para comparação entre grupos de praias (DAVIES, *op cit.*; JACKSON *et al.*, *op cit.*) não para uma classificação geral. É fácil definir como sendo de baixa energia

ambientes com ondas menores que 10cm (TANNER, *op cit.*), mas locais onde se encontram ondas maiores que 1m devem ser considerados de baixa energia apenas comparativamente. Jackson *et al.* (*op cit.*) discutem amplamente a utilização desses termos e citam outros conceitos derivados, como “praias protegidas” (*sheltered beaches*) ou “praias com *fetch* restrito” (*fetch-limited beaches*), mas advertem que esses também podem gerar incoerências, sendo ambíguos aos anteriores.

Nordstrom (1993) também considera esses termos como sendo de caráter relativo. As características de *fetch* restrito em praias de ambientes abrigados diferenciam parcialmente essas para as praias expostas, mas não necessariamente experimentam regimes de baixa energia de ondas, a não ser relativamente. Também cita costas com grandes pistas de vento, mas com baixa energia de ondas, como a costa oeste da Flórida (TANNER, *op cit.*).

O desenvolvimento de estudos de longa escala temporal, abrangendo praias morfologicamente distintas entre si e sujeitas a climas de ondas também distintos, propiciou o desenvolvimento de modelos seqüenciais de evolução morfológica. Devido à extrema amplitude de variação dos processos governantes bem como de suas importâncias relativas em diferentes praias, a generalização não é fácil e ainda buscam-se elementos complementares.

Os modelos mais avançados existentes até hoje enfocam a evolução de praias oceânicas. Existem modelos de praias micromarés com barra única (GUZA & INMAN, 1975; SHORT, 1979; SASAKI, 1983; WRIGHT & SHORT, 1984; SUNAMURA, 1988; e LIPPMANN & HOLLMAN, 1990) e praias multibarradas (SHORT & AAGAARD, 1993). Para praias com meso-macromarés, pode-se citar Wright *et al.* (1982), Jago e Hardisty (1984), Short (1991), Hardisty *et al.* (1993) e Masselink e Short (1993). Como esse trabalho está focado para as praias estuarinas, não serão descritos os modelos acima. Os leitores interessados podem consultar os trabalhos acima listados e também a detalhada revisão bibliográfica sobre morfodinâmica de praias oceânicas apresentada por Hoefel (1998).

2.3.1. Modelos seqüenciais para praias estuarinas

Para praias fora do ambiente marinho ainda não existe conhecimento suficiente para a elaboração de modelos seqüenciais de evolução confiáveis. Nordstrom (1993) apresenta uma breve discussão sobre as alterações morfológicas, induzidas por variações energéticas, observadas em praias estuarinas em locais de mesomaré (de 1m a 4m, de acordo com HAYES, 1979), baseado em informações sobre praias oceânicas mesomarés. O autor também salienta que não existem dados suficientes na literatura para se propor modelos seqüenciais de evolução morfológica para praias estuarinas em locais de macro e micromarés.

O modelo clássico de resposta morfológica do ambiente praiial à condições de alta energia envolve a remoção do sedimento da face da praia e a deposição em área submersa na forma de barras, criando pontos de quebra (de ondas), conforme mostrado na figura 3. Após o evento o perfil inicial começa a ser recomposto pela migração das barras para a face da praia.

Para praias estuarinas, a presença de barras submersas não necessariamente representa uma resposta à condições energéticas como em praias oceânicas, sendo uma forma que, quando presente, é relativamente estável e praticamente não participa do intercâmbio sedimentar observado. A ação de ondas de alta energia causa a mesma resposta do perfil praiial em ambas as praias, como observado na figura 3 (perfil 3A), mas a diferença reside na recomposição do perfil: nas praias estuarinas, muitas vezes as barras formadas continuam emersas, ou ancoradas à face da praia. São essas novas formas que irão recompor o perfil inicial. Sob condições normais, não existe, em praias estuarinas, energia suficiente para promover a migração das barras submersas em direção à face da praia.

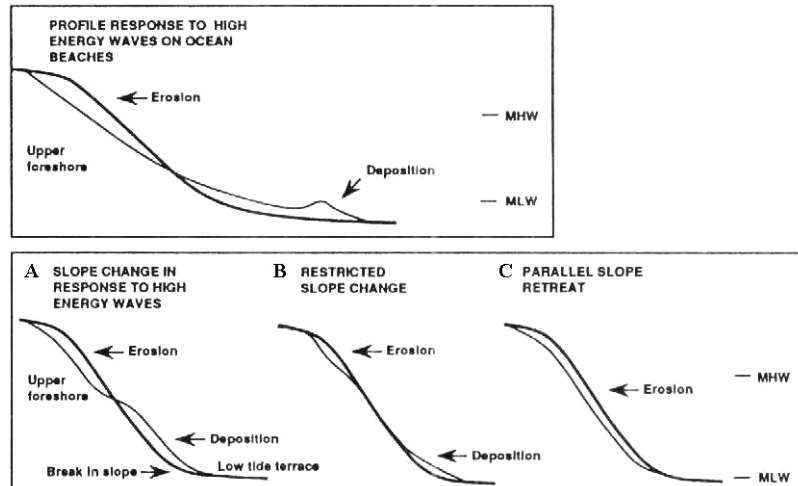


Figura 3: Respostas morfológicas sob condições energéticas em praias oceânicas (acima) e em praias estuarinas (abaixo, perfis 3A, 3B e 3C). Modificado de Nordstrom (1993).

Outras duas formas de alteração do perfil praias são apresentadas nas figuras 3B e 3C (figura 3). O perfil 3B é observado em locais onde o aporte sedimentar é intenso, ocorrendo aparentemente uma rápida recomposição do perfil. O perfil 3C representa alterações induzidas por transporte sedimentar paralelamente à linha de costa, mantendo a declividade e alterando apenas o volume de sedimentos. Esse último tipo está comumente associado à migração lateral de feições rítmicas, como cúspides. As praias estuarinas podem exibir tanto o tipo B quanto o tipo C, mas os registros indicam que a maioria delas apresenta apenas um deles, resultado das características hidrodinâmicas reinantes no local. A alteração na declividade, associada à variação de volume desigual entre as áreas emersas e submersas é observada apenas em locais submetidos a intensas tempestades.

No que diz respeito às variações sazonais, as maiores mudanças na declividade são comumente encontradas nas estações em que a praia sofre um maior ataque dos ventos que geram as ondulações mais significativas (JACKSON *et al.*, 2002). Não existe, portanto, um padrão sazonal, sendo o período de maior variação morfológica dependente do grau de exposição e da orientação da praia em relação aos ventos reinantes e dominantes. Mesmo assim, as variações são mínimas se comparadas às praias oceânicas (NORDSTROM, 1993).

2.3.1.1. Modelos para praias protegidas

Em praias oceânicas protegidas por promontórios ou praias em estuários e lagunas com comunicação pouco restrita, onde a ação da maré é significativa, o modelo proposto por Masselink & Short (1993), apesar de não ser específico para esses tipos de praia, apresenta bons resultados. Esse modelo, além de se basear nas características granulométricas e ondulatórias através da parâmetro Ômega (Ω)², introduz um novo parâmetro, inspirado em Short (1991), chamado de *Relative Tide Range - RTR* (parâmetro de variação relativa da maré). Este relaciona a altura da maré (TR) e a altura da onda na arrebentação (Hb), através da fórmula: $RTR = TR/Hb$.

O RTR ilustra qual processo está sendo mais importante em determinado ambiente sob diversas condições (figura 4). Os valores de Ômega indicam onde condições reflectivas, intermediárias ou dissipativas de energia na zona de surfe são predominantes, enquanto os valores de RTR indicam a importância relativa das ondas uma vez que considera não só a altura absoluta da onda na arrebentação e sim a proporção entre essas e a altura da maré. Dessa forma o RTR permite verificar se dada altura de onda é ou não significativa em uma determinada altura de maré a ponto de causar erosão ou acréscimo de sedimentos na porção aérea da praia (HOEFEL, 1998).

Dentro desse modelo as praias podem ser agrupadas em três classes baseadas no gradiente de inclinação da face da praia e na relativa energia de ondas. Dentro de cada grupo as praias possuem as mesmas alturas de ondas, marés e características do sedimento.

Mesmo assim, os autores salientam que o modelo proposto é essencialmente conceitual e que são necessários limites mais rigorosos para delinear os diferentes

² Através do parâmetro empírico adimensional Ômega (Ω), baseado nas proposições de Dean (1973) e Darlymple e Thompson (1977), Wright e Short (1984) relacionaram quantitativamente as variáveis granulométricas e ondulatórias envolvidas no condicionamento morfodinâmico de uma praia, associando cada tipo a intervalos numéricos distintos de Ω . O parâmetro é expresso por $\Omega = Hb / Ws \cdot T$, onde Hb é a altura da onda na zona de arrebentação, Ws é a velocidade de decantação das partículas (específica para cada tamanho de grão) e T é o período da ondulação. O modelo, composto de seis estágios, se adequa a praias expostas submetidas a regime de micromarés, onde a altura relativa da maré não é levada em consideração.

tipos de praias. Ainda são necessários mais dados provenientes de praias ao longo de todo o mundo para ser realmente definido um modelo de aplicação global, sobretudo para praias protegidas.

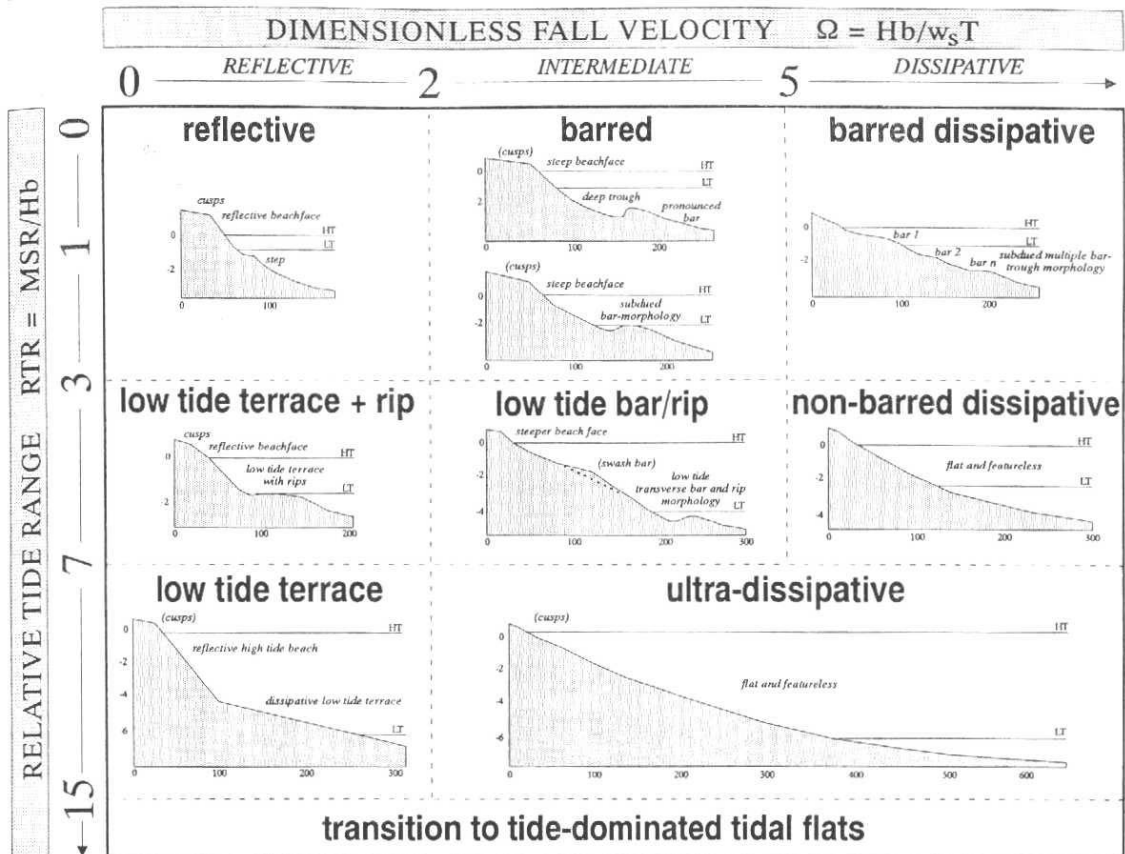


Figura 4: Modelo conceitual de Masselink & Short (1993). HT e LT se referem aos níveis médios das marés alta e baixa, respectivamente.

Hedge *et al.* (1996) apresentaram o modelo para praias protegidas mais conhecido atualmente. Estudando o comportamento de 40 praias arenosas protegidas da costa da Austrália, geraram uma classificação de seis grupos de praias, indicando uma clara distinção entre as praias sujeitas a altas e baixas energias de ondas com base nos perfis topográficos. A classificação foi resultado de uma análise de agrupamento englobando 46 descritores hidrodinâmicos, 16 morfológicos e 7 sedimentológicos de cada praia. Os seis grupos são: Côncavas,

Íngremes, Planas, Moderadamente Côncavas, Moderadamente Íngremes e Praias com degrau (Figura 5).

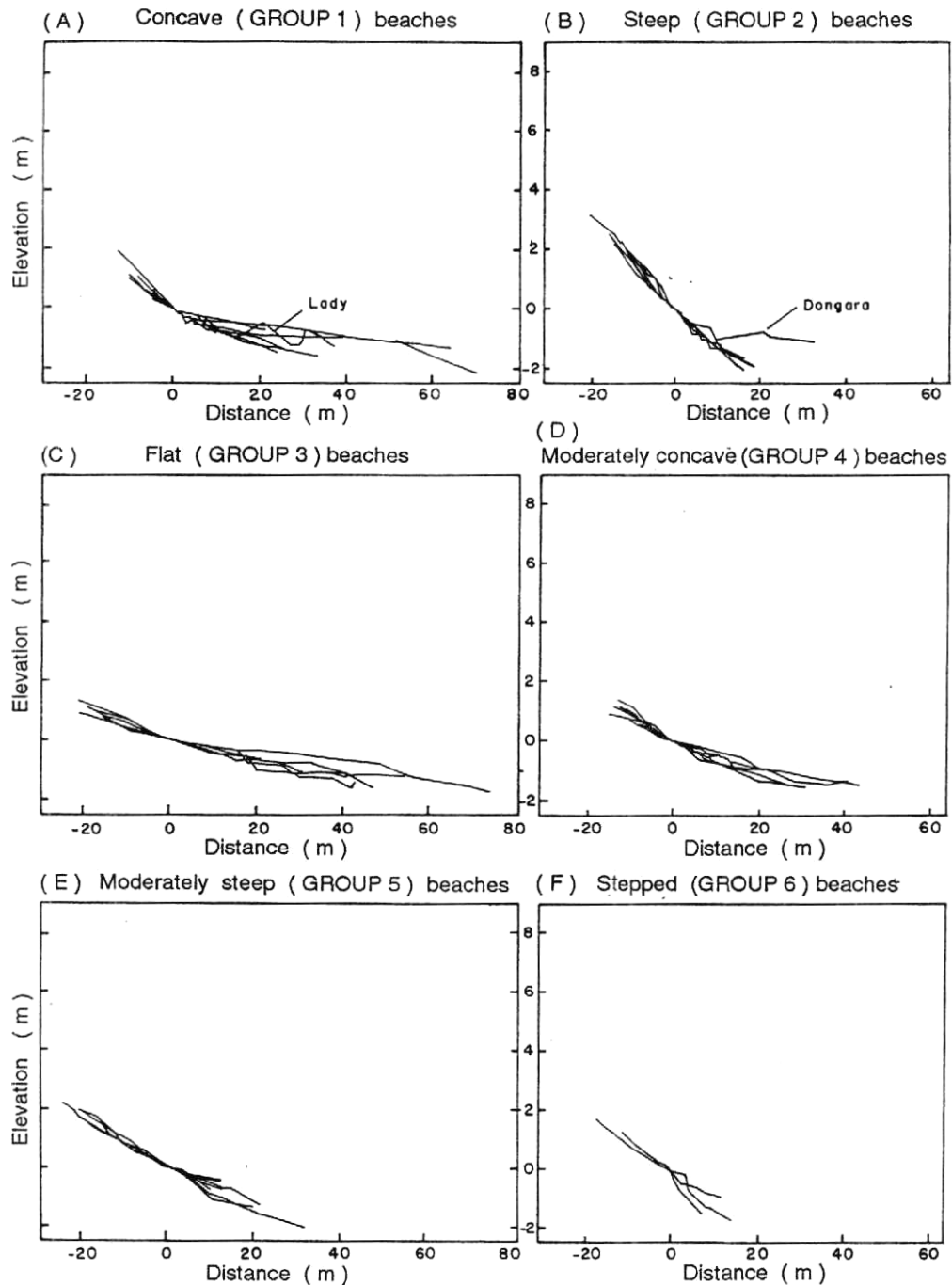


Figura 5: Os seis tipos de praias protegidas definidos por Hedge *et al.* (1996).

As associações morfológicas entre as praias podem ser feitas em termos de sua inclinação e dimensões. As praias do tipo íngreme e plana possuem

comparativamente dimensões maiores, mas com inclinações diferentes. Em todos os casos, esses dois tipos de praia, semelhantes aos modelos para praias com alta energia de onda, se diferenciam dos demais grupos sob condições de baixa energia. Esses grupos correspondem em forma aos tipos dissipativo e reflectivo do modelo de Wright & Short (1984). Os outros quatro grupos são todas formas de praias essencialmente em baixa energia de onda.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO

A ilha de Santa Catarina, situada entre as latitudes $27^{\circ}22'45''\text{S}$ e $27^{\circ}50'10''\text{S}$ e longitudes $48^{\circ}21'37''\text{W}$ e $48^{\circ}34'49''\text{W}$, é caracterizada como uma ilha tipicamente continental da costa sudeste do Brasil e do litoral central de Santa Catarina (HORN FILHO *et al*, 2000). O município de Florianópolis, a capital do Estado, está assentado na ilha. A laguna da Conceição situa-se na porção leste da ilha, entre as latitudes $27^{\circ}39'02''\text{S}$ e $27^{\circ}35'08''\text{S}$ e longitudes $48^{\circ}30'23''\text{W}$ e $48^{\circ}24'24''\text{W}$ (figura 6).



Figura 6: Mapa de localização da área de estudo.

A praia das Rendeiras localiza-se na porção central da laguna, denominada por muitos autores de Lagoa do Meio³ (figura 7). A origem do nome se deve às heranças coloniais, já que o local é tradicionalmente conhecido pela produção de rendas pelos colonos e descendentes.

A praia apresenta um extenso banco marginal submerso, chamado de banco das Rendeiras, sobre o qual se formou o ambiente praiial; na parte emersa, estende-se uma avenida ao longo de toda a orla, também chamada de Rendeiras. A praia tem como limite leste uma formação granítica (morro do Gravatá), e como limite oeste um estreito canal de navegação que liga a Lagoa do Meio com a Lagoa de Baixo (Canto da Laguna).

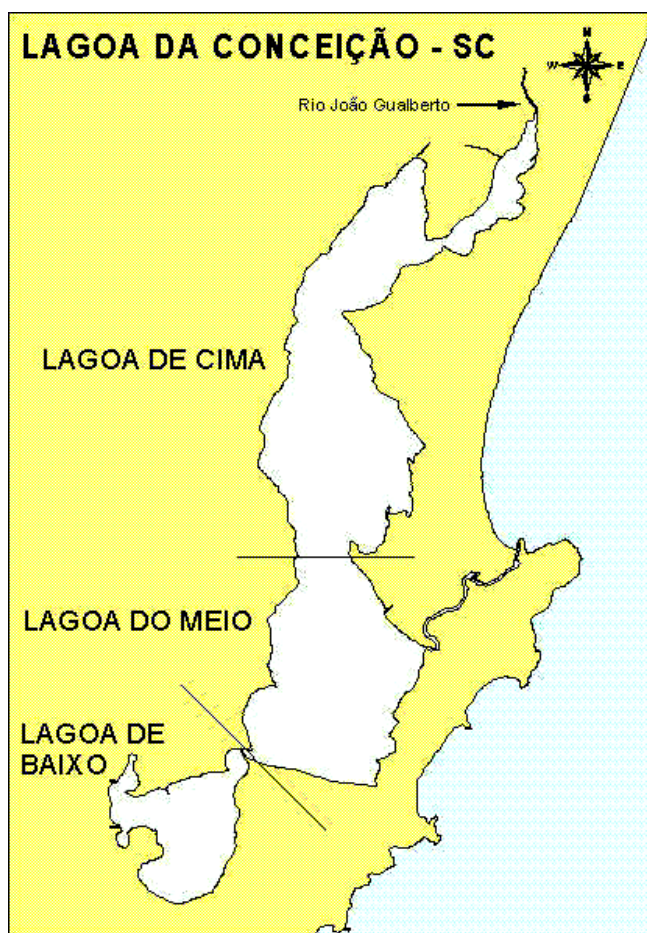


Figura 7: Compartimentação da laguna da Conceição. Extraído de Andrade (2000).

³ É comum diversos autores dividirem a Lagoa da Conceição em três grandes compartimentos: Lagoa de Cima, Lagoa do Meio e Lagoa de Baixo (ou Canto da Laguna). Extraído de Andrade (2000).

3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

A laguna da Conceição constitui um sistema estuarino-lagunar com área total aproximada de 19,2km², extensão máxima de 13,5km no sentido norte-sul, e largura variável entre 0,15 e 2,5km (MUEHE & CARUSO Jr., 1999). Comunica-se com o mar através de um estreito canal meandrante, com cerca de 2,8km de extensão (PEREIRA, 2004). Além do canal, por onde a laguna recebe águas marinhas, existem também aportes de água doce provenientes de eventos pluviométricos, do escoamento superficial e da drenagem de pequenos córregos e rios, dentre os quais pode-se destacar o rio João Gualberto Soares (ou rio das Capivaras), no extremo norte da laguna (figura 7).

A planície costeira onde está situada a laguna da Conceição é constituída de depósitos marinhos de idade quaternária. Seu processo de formação está relacionado aos movimentos transgressivos e regressivos do nível do mar ocorridos no Pleistoceno e Holoceno (CARUSO JR., 1993). Essas oscilações eustáticas permitiram a formação de depósitos sedimentares com diferentes características texturais e mineralógicas ao longo da planície. Os processos físicos responsáveis pelo retrabalhamento desses depósitos, principalmente nos períodos em que a região da Laguna da Conceição esteve submersa, determinaram a sua morfologia atual (MUEHE & CARUSO, 1989).

Muehe & Caruso (*op cit.*) descreveram as margens da laguna: sua margem oeste é constituída por encostas altas e íngremes do complexo cristalino com praias pouco desenvolvidas, formadas por sedimentos arenosos imaturos trazidos pelos pequenos córregos que descem das encostas. Exceção constitui a margem nordeste da Lagoa de Baixo, onde há conspícuo desenvolvimento de esporões arenosos. A margem leste é constituída no seu segmento norte por um largo campo de areias marinhas (i.e. restinga) cujo limite oceânico é formado pela praia de Moçambique e que se estende para o sul até a elevação cristalina do morro da Galheta, de direção NE-SW, do qual é separado pelo canal da Barra da Lagoa. A porção sul é completada por um extenso campo de dunas, associado à praia da Joaquina, que se desenvolveu sobre depósitos marinhos e lagunares, sendo o responsável pelo isolamento dessa porção do corpo lagunar.

A morfologia do fundo da laguna da Conceição foi conhecida a partir de um levantamento batimétrico realizado em 1983 (MUEHE & CARUSO Jr. *op cit.*), sendo o estudo pioneiro, utilizando teodolitos e fio de prumo (figura 8). Um segundo levantamento foi coordenado pelo IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis) e executado pela empresa AEROCONSULT, no ano de 2002, utilizando ecossonda, nas partes mais profundas, e nível eletrônico, nas áreas rasas (AEROCONSULT, 2002). Esse último, em escala 1:2000, constitui um levantamento muito mais preciso e detalhado; no entanto, os dados ainda não foram completamente trabalhados e analisados. Parte desse levantamento será utilizado nesse estudo para a descrição morfológica das áreas submersas.

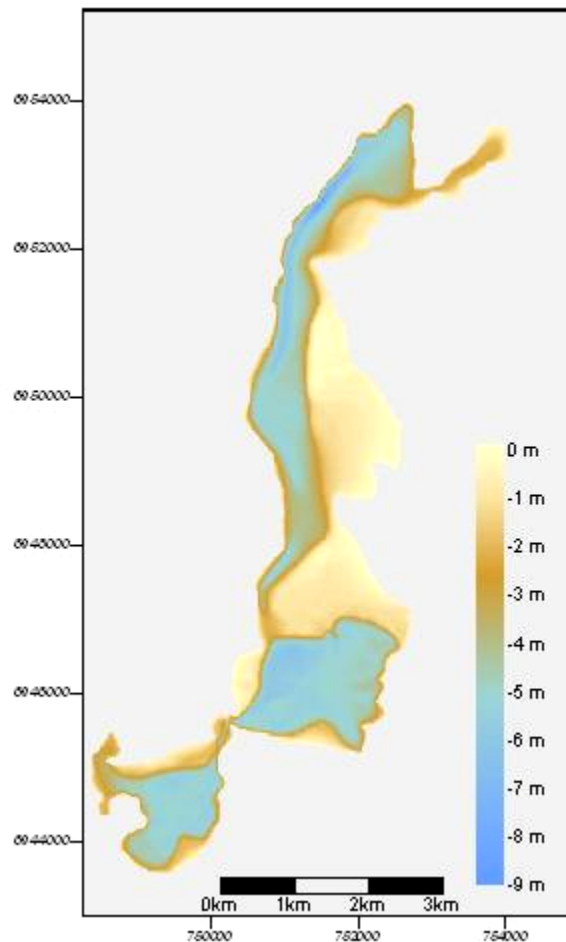


Figura 8: Batimetria da laguna da Conceição (MUEHE & CARUSO JR., 1999). Modificado de Andrade (2000).

Segundo Muehe & Caruso Jr. (1999), o fundo lagunar apresenta, de maneira geral, um perfil assimétrico determinado pela desigualdade entre a margem oeste, composta pelo embasamento cristalino, e leste, onde se observam depósitos sedimentares. Ainda de acordo com esses autores, na margem oeste são encontradas as maiores profundidades, atingindo até 8,7m. A profundidade média é de 1,7m, sendo que 44% do fundo possui profundidades maiores que 4m e 29% são águas rasas (<1m).

A Lagoa do Meio (figura 7), onde se situa a praia das Rendeiras, com margens rochosas em ambos os lados (Maciço Central, a oeste, e morro da Galheta, a leste), apresenta perfis de fundo simétricos, com profundidades em torno de 5m. Na margem sul, a praia das Rendeiras estende-se por cerca de 2km no sentido leste-oeste, sendo moldada pelas ondas locais geradas pela ação dos ventos do setor norte sobre o corpo lagunar. Ancorado à margem, existe o já citado banco marginal submerso, de extensão variável, e um esporão que se estende a maiores profundidades na metade leste.

Sobre a composição do fundo, Grê & Horn Filho (1999) afirmaram a existência de duas classes texturais no corpo lagunar: areia e lama. As areias estão presentes na maior parte do corpo lagunar, enquanto que a lama aparece nas porções mais profundas, em locais com menor atuação de ondas superficiais. Uma análise preliminar na região da praia das Rendeiras, executada por Porto-Filho (1993), identificou a predominância da classe Areia, também identificada por Grê & Horn Filho (*op cit.*). O mesmo autor mostrou que existe uma certa heterogeneidade ao longo da praia, observando-se areia média e grossa, no extremo leste, e areia fina e muito fina ao longo dos setores centrais e oeste.

Pode-se limitar os sedimentos superficiais de fundo da laguna em cinco fácies texturais: areia, areia siltosa, silte arenoso, silte e silte argiloso. A areia ocupa cerca de 40% da superfície, com profundidades inferiores a 1,5m, incluindo a maior parte dos bancos marginais. A fácies areia siltosa situa-se em profundidades entre 1,5 e 4m, ocupando 10% da área na porção central da laguna. O silte arenoso cobre 45% do fundo e é dominante nas regiões mais profundas das porções sul e central, e ao norte, junto à margem oeste. O silte é encontrado somente em 2% da área da

laguna, em um setor isolado na Laguna de Baixo. Por fim, o silte argiloso cobre 3% da área, localizando-se na região noroeste do corpo lagunar (figura 9).

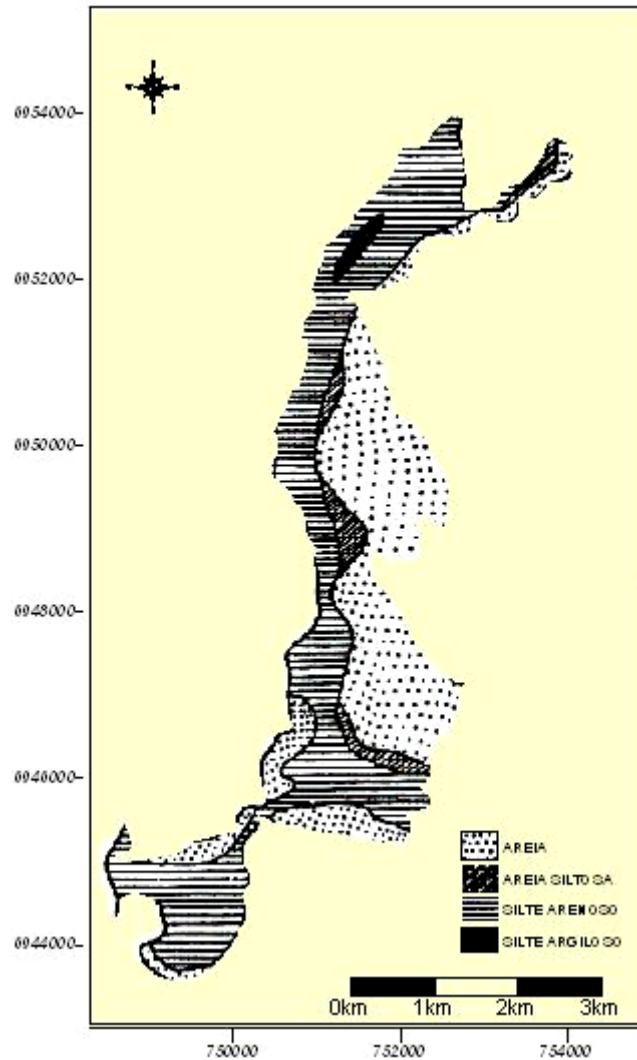


Figura 9: Os sedimentos de fundo da Laguna da Conceição. Modificado de Grê & Horn Filho (*op cit.*).

3.3. ASPECTOS MORFODINÂMICOS DA PRAIA DAS RENDEIRAS

A interação entre a hidrodinâmica lagunar e a morfologia da praia das Rendeiras é um tema ainda pouco conhecido, como é o caso de muitas praias estuarino-lagunares. Poucos trabalhos foram realizados, sendo que a maioria tem

um enfoque qualitativo. As descrições encontradas são superficiais e muitas medidas apresentam valores questionáveis.

Almeida & Porto Filho (2000) separaram as praias da laguna da Conceição em dois tipos: *praias de sedimentos arenosos grossos e imaturos*, associadas ao sopé das encostas do cristalino, na margem oeste, e *praias de areia fina*, associadas às áreas de depósitos sedimentares marinhos, onde na antepraia aparecem bancos arenosos submersos extensos. Nesse segundo grupo, onde se inclui a praia das Rendeiras, o sedimento possui tamanho de grão na classe de areia fina, composto principalmente por grãos de quartzo bem selecionados. Ainda segundo esses autores, ondas superficiais geradas pelos ventos locais influenciam o fundo até 1,5m de profundidade, originando fluxos bidirecionais ao longo das margens, formando pontais e esporões arenosos, bancos marginais ou barras transversais.

Porto Filho (2000) fez uma breve descrição da morfologia da praia das Rendeiras: toda praia encontra-se exposta à ação dos ventos do setor norte, sendo que as variações morfológicas ao longo da praia são resultantes de diferenças na hidrodinâmica. Em toda a sua extensão a faixa intermarés (e.g. face praial) é estreita e plana, composta por areias finas, exceto em um pequeno setor na porção leste, onde aparece areia média (PORTO-FILHO, 1993). A antepraia atinge profundidades de até 5m nas extremidades, apesar da média ser muito menor do que esse valor. A maior extensão da antepraia está na porção central, atingindo mais de 30m e profundidade de até 1m. O autor salienta a presença marcante de barras transversais submersas em toda a extensão praial.

O pós-praia, ainda de acordo com Porto-Filho (*op cit.*), constitui-se numa faixa de terraço lagunar, limitada por muros de contenção, sendo todo coberto por gramíneas (figura 10). É cortado por inúmeros canais pluviais provenientes da drenagem do campo de dunas e das áreas urbanizadas, e apresenta ranchos de embarcações, quadras de vôlei e outras estruturas.



Figura 10: Cobertura de gramíneas, rancho de embarcações e esgoto pluvial compõe o pós-praia.

Um estudo pioneiro, no que diz respeito a análises quantitativas, foi realizado por Derntl *et al.* (2004), com o objetivo de caracterizar e comparar morfodinamicamente as praias protegidas de baías, enseadas e lagunas ao longo da costa de Santa Catarina, incluindo, nesse grupo, a praia das Rendeiras. Nesse estudo foram efetuados levantamentos topográficos, análise granulométrica de sedimentos e medições de altura e período das ondas, além do cálculo de quatro parâmetros morfodinâmicos: ômega (Ω), ômega teórico ($\Omega_{\text{teórico}}$), forma da praia (F) e parâmetro relativo da maré (RTR)⁴. Os valores dos parâmetros calculados para a praia das Rendeiras se encontram na tabela 2. O levantamento topográfico efetuado em um trecho da praia é ilustrado na figura 11.

⁴ Sonu (1973) desenvolveu um parâmetro para verificação do grau de acreção ou erosão da praia através de sua forma ($F = V/Lh_{\text{max}}$, onde V é o volume do perfil praial, L é a largura da praia e h_{max} é a altura máxima do perfil). Altos valores de F são associados a perfis convexos, e baixos valores, a perfis côncavos. Perfis lineares assumem o valor de 0,5. Klein (1997) propôs um método indireto para a determinação do estágio morfodinâmico de uma praia através da sua declividade, chamado de ômega teórico ($\Omega_t = 0,0225/(\tan\beta)^2$). A declividade é função da granulometria e da hidrodinâmica, os mesmos parâmetros utilizados para calcular ômega (Ω), e um valor médio de Ω_t representaria as condições mais frequentes da morfologia.

Tabela 2: Parâmetros morfodinâmicos e declividade (β) obtidos para a praia das Rendeiras por Derntl *et al.* (2004).

Praia das Rendeiras – parâmetros morfodinâmicos							
F	β	Ext. máx.	Ext. aérea	Ω	$\Omega_{\text{teórico}}$	RTR	Classif. (Masselink & Short, 1993)
0,8	0,9	128,0	15,1	3,1	86,3	6,7	Banco e corrente de retorno de maré baixa

Segundo os autores alguns parâmetros encontrados se mostraram contraditórios, como os valores de Ω (WRIGHT & SHORT, 1984) e Ω teórico (KLEIN, 1997). Wright *et al.* (1982) atribuem essa contradição ao fato de que o parâmetro Ω , por representar condições instantâneas, pode não representar o estágio morfológico da praia, que pode estar em desequilíbrio com hidrodinâmica atuante no momento da medição.

A classificação de uma praia com a morfologia de *banco e corrente de retorno de maré baixa*, baseada no parâmetro RTR de Masselink & Short (1993), não parece se adequar à praia das Rendeiras. Na prática, não se observam marés significativas a ponto de gerarem correntes com capacidade para a formação de uma ritmicidade tão marcante, como ocorre em algumas praias expostas com morfologia de barras transversais e correntes de retorno (*rip currents*). Apesar da existência de barras transversais, explicitadas no MDT da figura 11, estas são muito diferentes das apresentadas por Wright & Short (1984), como descrito na tabela 1. Entretanto isso não significa que o parâmetro não se aplique a esse tipo de praia, já que pode ter havido um baixo número de medições, o que levou a uma classificação inadequada.

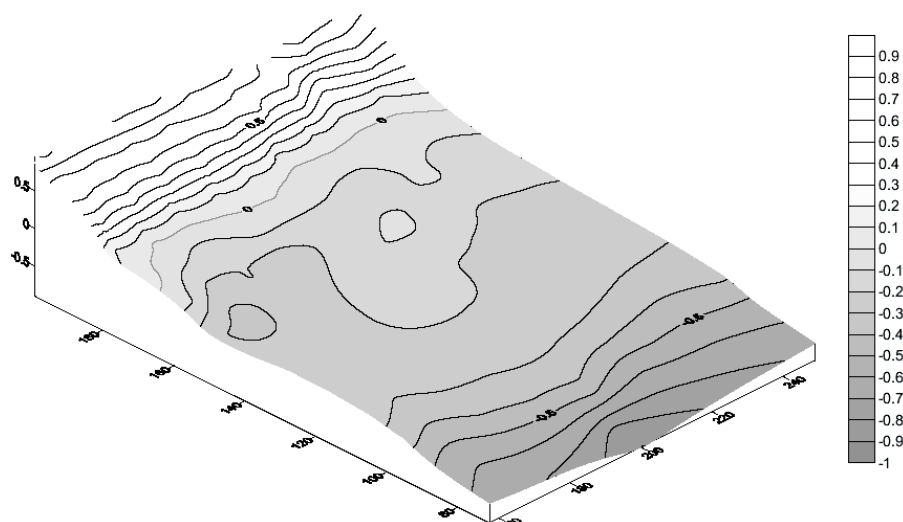


Figura 11: Modelo digital de terreno (MDT) da praia das Rendeiras (Extraído de Derntl *et al.*, 2004).

3.4. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS/METEOROLÓGICOS

A ilha da Santa Catarina, segundo a classificação de Köppen, está incluída em uma região de clima mesotérmico úmido (Cfa) (VIANELLO & ALVES, 1991). De acordo com Nimer (1989), define-se como uma região de clima temperado. A laguna da Conceição está situada sob a isoterma de 20°C, com a temperatura do ar apresentando uma amplitude de variação anual média de 7,9°C e diária de 4,2°C (INEMET *apud* PORTO FILHO, 1993). A maritimidade tem influência termorreguladora sobre o clima, resultando em amplitudes térmicas moderadas: nos meses de verão não ultrapassando os 40°C, e mínimas durante o inverno nunca menores do que 0°C. No inverno, devido às frentes frias, não são raras grandes amplitudes térmicas em 24 horas. O clima de Florianópolis pode então ser caracterizado como de verões quentes e invernos amenos.

As chuvas ocorrem durante todo o ano, sendo que os meses de verão apresentam os maiores índices pluviométricos (CRUZ, 1998). As oscilações ocorrem entre 172,4 e 74,1mm, dentro de um índice anual de 1611 mm. As taxas de evaporação mensais variam entre 71,8 e 212,8mm, para os meses de junho e

janeiro, respectivamente; anualmente variam entre 808,8 e 1474,4mm, sendo 1083,8mm a média de evaporação anual (INEMET *apud* PORTO FILHO, 1993).

Pamplona (1999) citou e explicou os principais sistemas atmosféricos que controlam o clima da zona costeira de Santa Catarina: Massa Tropical Atlântica (mTA), originada no Anticiclone Semifixo Subtropical Atlântico, alcançando o Estado com ventos do setor norte (reinantes), atuando em 80% do ano na circulação local; Massa Polar Atlântica (mPA), formada em altas latitudes, é precedida pela Frente Polar Atlântica, alcançando o Estado com ventos do setor sul (dominantes), atuando em cerca de 20% na circulação local; Frente Polar Atlântica (FPA) resultante do encontro da mPA e da mTA, ocasionando a denominada “Iestada”; e Linhas de Instabilidade Tropical (LIT), que ocorrem predominantemente no verão trazendo ventos de oeste a noroeste, geralmente nos finais de tarde ou antes da entrada das FPA.

Nota-se uma variabilidade no comportamento das massas de ar, e conseqüentemente das frentes e marés meteorológicas ao longo dos registros históricos. Anomalias caracterizam-se por elevados índices pluviométricos, prolongados meses de estiagem, vendavais e chuvas de granizo, não havendo um padrão de distribuição, temporal e espacialmente. Parte desse comportamento se deve ao fato de Santa Catarina estar situada em uma área de frontogênese, caracterizada por constantes mudanças bruscas de tempo em decorrência da passagem das frentes frias (HERRMANN *et al.*, 1996).

3.5. CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS

As marés são habitualmente responsáveis pelas trocas de água, sendo tão importantes a ponto de servirem de referência para padrões de classificação (DAVIES, 1964). Em alguns estuários e lagunas as marés são a principal fonte de energia para a mistura das diferentes massas d'água, para a ressuspensão de sedimentos do fundo e para o transporte dos sedimentos pelo estuário (NICHOLS & BIGGS, 1985).

No entanto, sob a ótica da geomorfologia praial, dentro de um sistema estuarino-lagunar de comunicação restrita e submetido a um regime de micro-marés, como é o caso da laguna da Conceição, as marés perdem um pouco do seu grau de importância em função da forte atenuação sofrida no processo de entrada da onda de maré. Durante ciclos de maré, verificou-se, segundo Sierra de Ledo & Klingebiel (1999), que o canal que liga a laguna da Conceição ao mar atua como um amortecedor dos efeitos da onda de maré, reduzindo em até 90% a amplitude desta no interior da laguna. Rosman (1996) *apud* Andrade (2000), em modelo unidirecional aplicado ao canal da Barra, verificou um amortecimento da ordem de 95% (figura 12). Marés de sizígia típicas com altura de 1m na embocadura marítima do canal causam variações no nível da água inferiores a 5cm no interior da laguna. Marés de quadratura típica apresentaram alturas de 40cm e causam variações da ordem de 3cm (ANDRADE, *op cit.*).

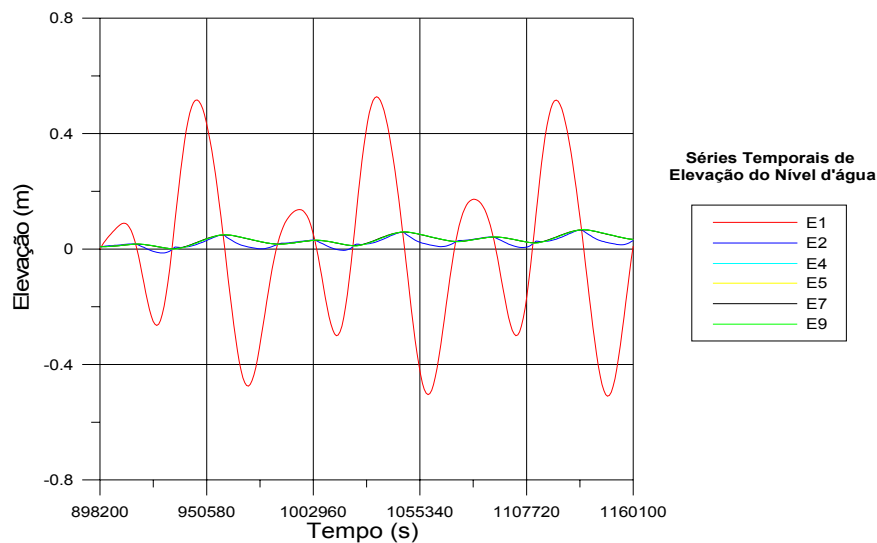


Figura 12: Efeitos do canal da Barra sobre a onda de maré. A estação E1 situa-se na desembocadura do canal; a estação E2, no limite entre o canal e o corpo lagunar; as demais estão distribuídas ao longo da laguna. Extraído de Andrade (2000).

Através de um modelo 2D, Andrade (2000) observou que as elevações máximas no interior da laguna ocorrem com um atraso de aproximadamente 4 horas

em relação à preamar na entrada do canal. Também foi possível observar que o enchimento e o esvaziamento da laguna da Conceição ocorrem sem defasagem significativa entre os níveis em seu interior, ou seja, esta se comporta como um “pistão”, enchendo-se uniformemente durante a entrada de água no canal e esvaziando-se da mesma forma durante a saída.

Dentro desse contexto, as marés astronômicas pouco influenciam nos aspectos morfológicos do sistema lagunar, principalmente no que diz respeito às praias, mas mesmo assim podem influenciar no transporte de sedimentos. O modelo 2D aplicado por Andrade (*op cit.*), analisando um período de três dias na maré de sizígia, verificou que na vazante os períodos e as velocidades das correntes no canal foram maiores do que na enchente. Como as diferenças encontradas foram pequenas, o autor acredita que o canal tem uma leve tendência a expulsar sedimentos, ou seja, fazer o que se denomina “auto limpeza”.

A ação eólica sobre o corpo lagunar é responsável pela geração das ondas superficiais e de seiches e, conseqüentemente, correntes induzidas, configurando-se como um dos principais agentes controladores da hidrodinâmica. A constante ocorrência de sistemas frontais, porém com baixo padrão espacial e temporal, como já dito anteriormente, resulta em bruscas variações na direção e intensidade dos ventos. Em média, 6 a 6,5 sistemas frontais mensalmente atingem as latitudes entre 35° e 25° S, sendo mais constantes e freqüentes durante o inverno (TOZZI & CALLIARI, 1999).

Sierra de Ledo & Klingebiel (1999), observaram seiches produzidos no interior da Laguna da Conceição, no seu eixo longitudinal, com amplitudes de 2 a 6 cm. Dados não publicados do Laboratório de Oceanografia Costeira da Universidade Federal de Santa Catarina (LOC/DEGEO/IG/UFSC), obtidos através de um monitoramento semanal de dois pontos extremos, no eixo longitudinal, também observaram variações do nível da água de até 6cm, associados a ventos fortes e constantes, tanto do setor sul, quanto do setor norte. Com os ventos do sul a água empilha-se na porção norte, e vice-versa. Andrade (2000), através da modelagem, observou seiches produzidos com altura de até 3cm.

Os ciclones extratropicais associados às frentes frias se relacionam diretamente com as variações relativas nos níveis marinhos, conhecidas como marés meteorológicas, caracterizadas pelo empilhamento de água sobre a costa (positiva), com ventos do setor sul, e o recuo das águas (negativa) com ventos do setor norte. Isso interfere no sistema através da entrada de águas marinhas para dentro do corpo lagunar, com o empilhamento, e vice-versa, amplificando significativamente os efeitos esperados da ação das ondas de maré astronômica. Tal processo, contrabalançado pelos eventos pluviométricos e a evaporação, controlam o nível das águas dentro do sistema. Andrade (2000) observou que, com o efeito da maré meteorológica, o amortecimento da onda de maré ao longo do canal passa de 95 para 85%, causando variações de até 20cm, ao invés de 5cm (figura 13).

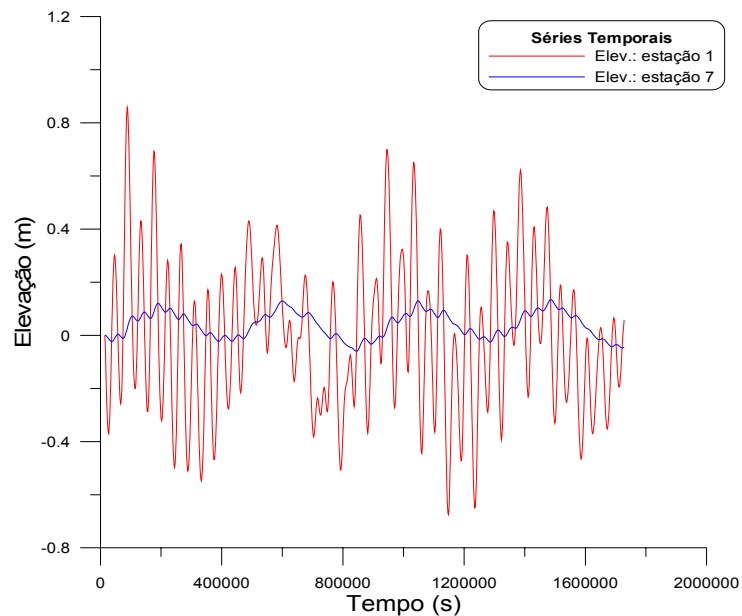


Figura 13: Atenuação da maré meteorológica. A estação E1 situa-se na desembocadura do canal; a estação E7, próxima ao limite entre o canal e o corpo lagunar. Extraído de Andrade (2000).

Sob o ponto de vista geomorfológico, a variabilidade espaço-temporal do nível da água influencia todos os outros processos hidrodinâmicos atuantes, sendo de grande importância no contexto da geomorfologia praiar. Isso inclui principalmente a

ação das ondas sobre as margens e o fundo lagunar e a intensidade das correntes (NORDSTROM, 1993). A área de atuação das ondas, bem como a sua interação com o fundo, está condicionada ao nível da água. Assim, a variação do nível da água é determinante na morfologia.

No que diz respeito às praias, as ondas de gravidade são os principais agentes controladores da morfologia (HOEFEL 1998; NORDSTROM, 1993; JACKSON, *et al.*, 2002). Em um sistema lagunar, elas podem ser geradas internamente ou entrar pela comunicação marítima. No caso da laguna da Conceição, não existe influência de ondulações geradas externamente, a não ser de maneira indireta, com o empilhamento da água associado à chegada de ondulações de longo período provindos do setor sul (TOZZI & CALLIARI, 1999). Até o momento não existem registros de estudos enfocando as características das ondas superficiais geradas dentro da laguna da Conceição. Dados não publicados, obtidos pelo autor, detectaram na praia das Rendeiras, ondas superficiais de até 0,3m dentro da zona de arrebentação, com períodos de até 4s, com ventos de nordeste; com ventos do setor sul, observa-se total calmaria (figura 14).

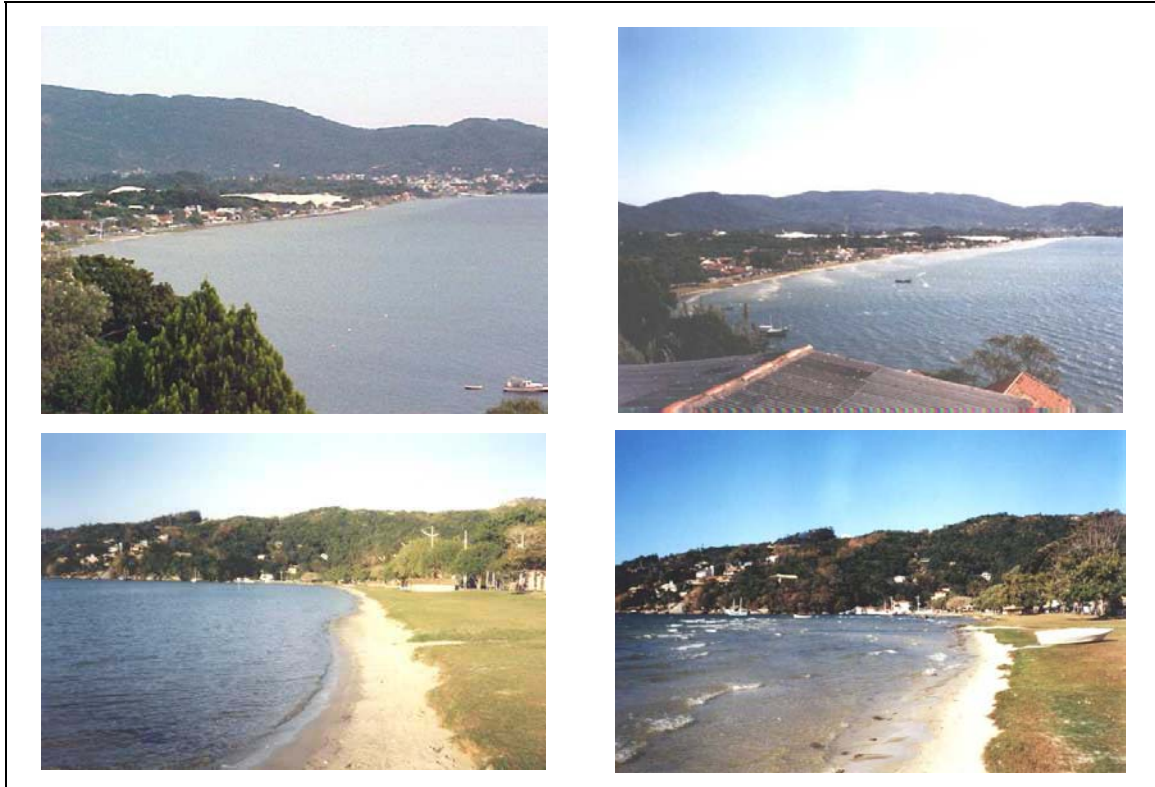


Figura 14: A Praia das Rendeiras com vento sul (calmaria), à esquerda e com vento nordeste (agitação), à direita. Ambas as fotos de detalhe apresentam um nível baixo da água, expondo toda a face praial (fotos do autor).

A interação dessas ondas incidentes com o fundo lagunar gera outros agentes físicos que são determinantes na morfologia da praia das Rendeiras. Processos de reflexão geram ondas de infra-gravidade, marginais e/ou estacionárias, responsáveis pela formação das cúspides praias e barras arenosas transversais (figura 15). A interação dessas formas rítmicas com as ondas gera correntes induzidas que transportam sedimento, mantendo a ritmicidade e gerando inúmeras formas de leito, além de selecionarem o sedimento em vários setores.



Figura 15: Barras transversais (acima), cúspides (abaixo, à esquerda) e micro-cúspides (abaixo, à direita) e expostas em dia de baixo nível da água.

3.6. AÇÕES ANTRÓPICAS

A ampla utilização da laguna da Conceição, a contínua ocupação das margens e a emissão de poluentes acarretam problemas ambientais que colocam em risco a saúde pública e o desenvolvimento da região. Conforme citado no documento “Diagnóstico Ambiental Preliminar da Laguna da Conceição” (CREA & ABES, 2000), a região da lagoa é protegida por diversos decretos, com exceção de algumas áreas de expansão urbana (figura 16). Apesar do amparo legal, a ocupação desordenada é visível em vários locais. VIEIRA (1998) evidencia que o corpo lagunar e, principalmente, a sua porção litorânea, apresentam sinais significativos de uma ocupação mal planejada, sendo urgente a tomada de decisões que visem um melhor ordenamento do uso do solo na região.

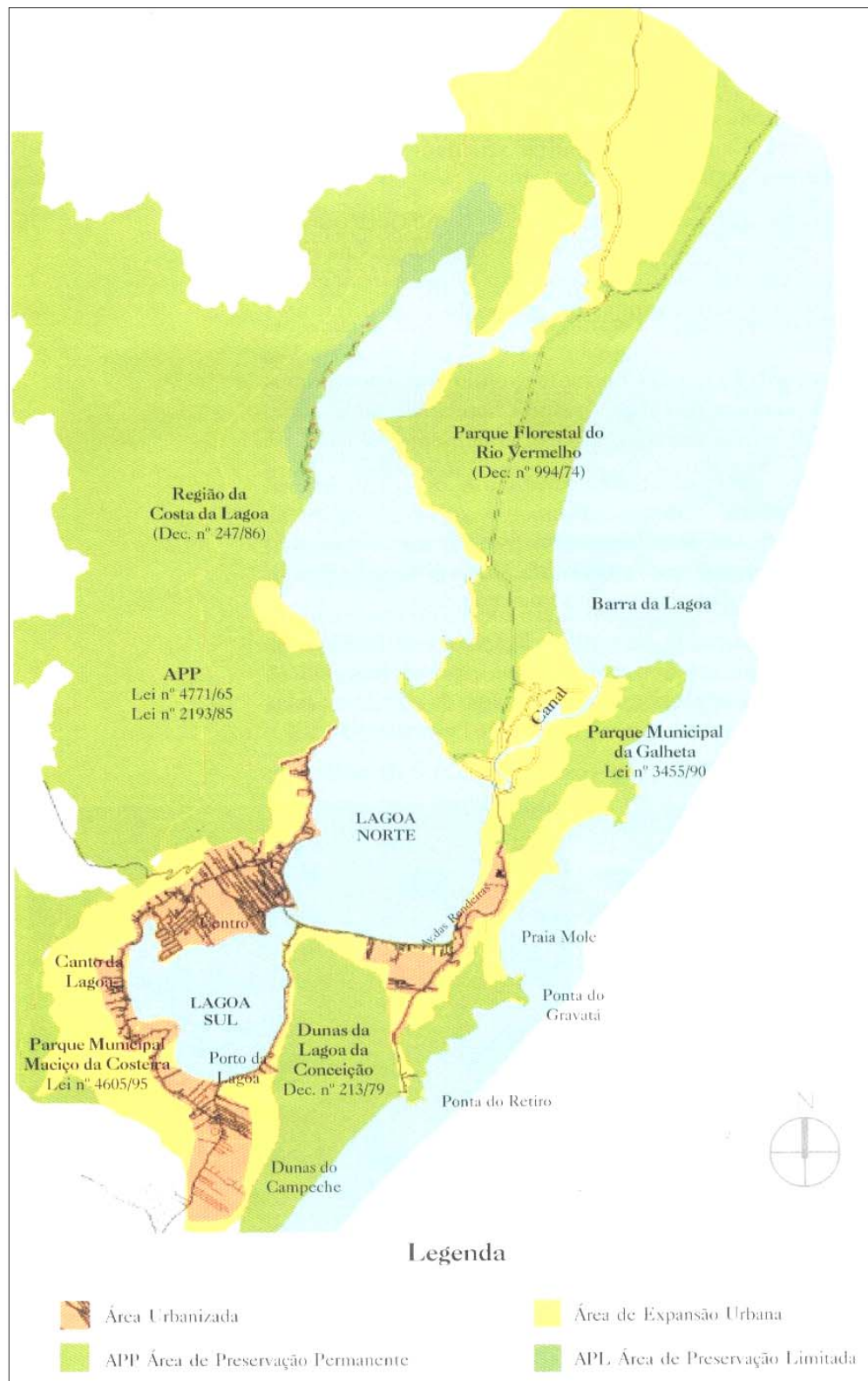


Figura 16: Mapa de uso e ocupação do solo na região da laguna da Conceição (CREA & ABES, 2000).

A laguna da Conceição é um dos principais cartões postais de Florianópolis, sendo ponto de referência para atividades como recreação, banho e esportes náuticos. Este atrativo fez com que ocorresse um acelerado crescimento urbano na região, passando de uma população de 11.002 habitantes em 1980 (IBGE), para uma população atual estimada em 33.000 habitantes (CREA & ABES, *op cit.*), considerando população residente e flutuante.

De acordo com relatório elaborado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, em conjunto com o CREA/SC (CREA & ABES, *op cit.*), a população se concentra em três áreas principais: 1) na área que liga a Lagoa de baixo à Lagoa do meio, nas proximidades da ponte da av. das Rendeiras (figura 17); 2) nas áreas ao longo do canal da Barra da Lagoa; 3) nos entornos da lagoa de baixo, no Canto da Lagoa. Também é observado atualmente um crescimento significativo da população residente no Distrito de São João do Rio Vermelho, adjacente ao norte da laguna.



Figura 17: Ponte sobre a avenida das Rendeiras, ligando a lagoa central (acima, à esquerda) à lagoa sul (abaixo, à direita). Observa-se a praia das Rendeiras, na lagoa central.

A avenida das Rendeiras existe desde os primórdios da colonização da ilha, servindo como acesso das regiões centrais à Freguesia da Barra da Lagoa. Atualmente ela se encontra pavimentada com lajotas e possui, na região central, um muro de contenção, que continuamente sofre com a ação das ondas, já que não há acúmulo de sedimentos suficientes nesse local para a formação de uma praia típica (Figura 18).



Figura 18: A pavimentação da Avenida das Rendeiras e o muro de contenção, na parte central. Notar o acúmulo de água e as rachaduras sobre a calçada, resultantes da ação das ondas.

A orla é muito utilizada para lazer, principalmente para esportes aquáticos. Também se observam locais para banho de sol, uma quadra de vôlei e alguns locais onde se pratica a pesca artesanal. O local acompanhou o crescimento econômico da região da laguna e hoje são observados, ao invés de pequenos comércios de rendas, inúmeros restaurantes e casas residenciais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Abaixo, na figura 19, tem-se um fluxograma resumo das etapas metodológicas do trabalho:

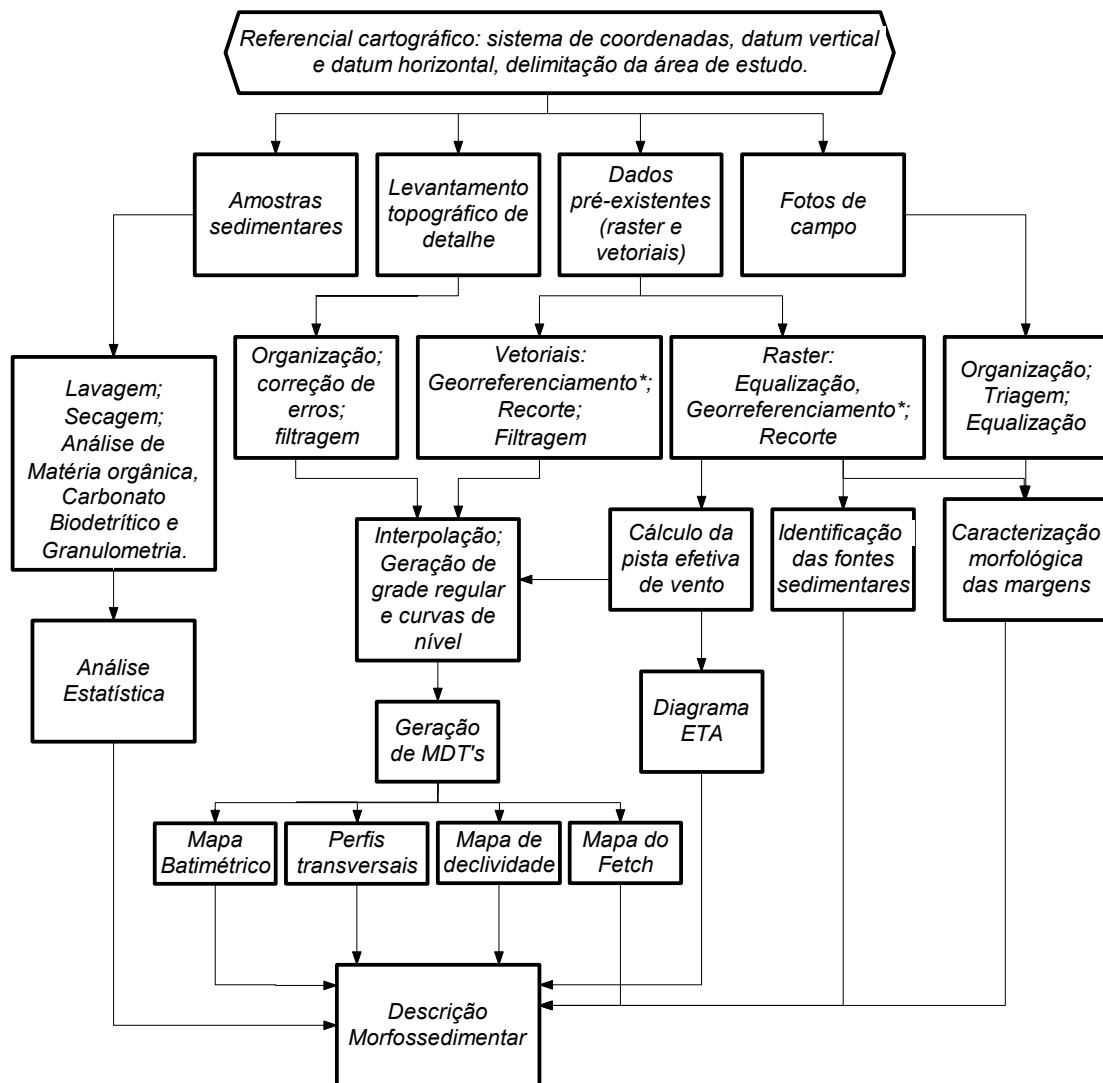


Figura 19: Fluxograma das etapas de trabalho.

4.1. ESTRUTURAÇÃO DA BASE DE DADOS DIGITAL E DOS REFERENCIAIS CARTOGRÁFICOS

4.1.1. Base digital de dados

Em função dos diferentes tipos de dados (*raster*, vetoriais, tabelas), optou-se pela utilização de um *software* (ArcView 3.2) que possibilitasse a visualização, a manipulação e o cruzamento desses dados com base em um referencial cartográfico. A base digital foi utilizada para a visualização simultânea dos dados e para a vetorização de dados *raster*.

Também foram utilizados alguns softwares auxiliares, como o SURFER 8 (para conversão de formato de dados, espacialização, geração de MDT e layout de mapas), AutoCAD (edição de arquivos vetoriais), GRAPHER (para plotagem de perfis), ERDAS (processamento de imagens); EXCEL (planilha de dados) e SYSGRAN (análise estatística de dados sedimentológicos).

4.1.2. Referencial cartográfico

O referencial é necessário para que os dados possam ser visualizados sem erros de posicionamento e projeção. Os referenciais adotados pelo trabalho foram:

- ✓ Sistema de Coordenadas: UTM (Fuso 22S; -51W);
- ✓ *Datum* Horizontal: SAD'69;
- ✓ *Datum* Vertical: Marégrafo de Imbituba; marco geodésico instalado pela empresa AEROCONSULT.

4.1.3. Recorte da área de estudo

A área de estudo foi delimitada entre as coordenadas planas UTM E = 750271, 752650; N = 6943044, 6944349, englobando toda a praia, o banco marginal e as adjacências submersas e emersas relevantes para o estudo.

Com base em observações de campo e dos dados pré-existentes sobre a área de estudo, foi determinada uma divisão em três setores, os quais apresentam notáveis diferenças morfológicas: Oeste, Central e Leste. Todo o levantamento de dados teve como base de estudo esses três setores.

A figura 20 ilustra onde serão os setores de concentração de coleta de dados, notadamente em cada setor acima apresentado.

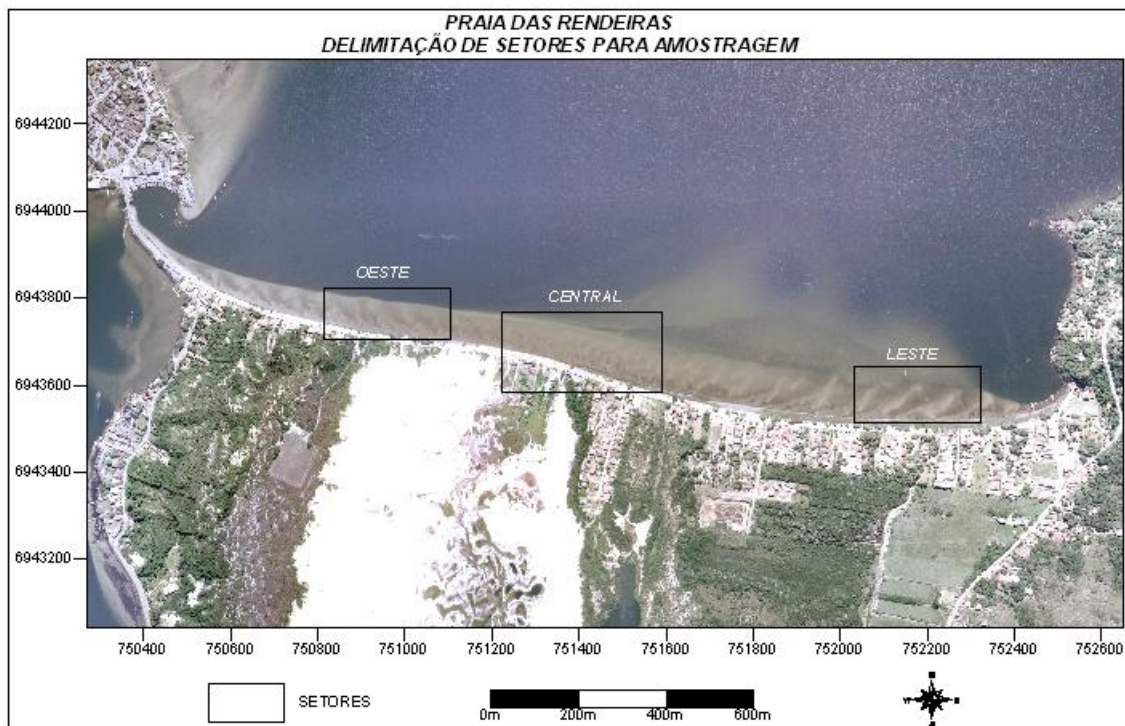


Figura 20: Setores determinados para a coleta de dados.

4.2. DADOS PRÉ-EXISTENTES

Foi feito um levantamento de dados existentes sobre a área de estudo, que possibilitou uma significativa redução do esforço amostral. Os dados podem ser divididos em dois grupos: vetoriais (arquivos gráficos compostos por linhas, pontos e polígonos) e *raster* (arquivos matriciais, representados por imagens digitais em níveis de cinza e em composições coloridas)

- Imagens (*raster*): A tabela a seguir lista os dados *raster* que foram utilizados.

Tabela 3: Arquivos *raster* utilizados no estudo.

Imagem	Fonte	Data	Escala/Resolução
Satélite Quick Bird	LOC	2002	0,6m pixel
Aerofotos	IPIUF/AEROCONSULT	2000	1:2000

O pré-processamento dos dados *raster* consistiu nas seguintes etapas:

I. Digitalização com *scanner* de mesa (no caso das aerofotos no formato de filme fotográfico);

II. recorte da área de estudo.

III. ampliação de contraste e balanço de cores;

IV. georreferenciamento (se necessário); A imagem Quick Bird já foi obtida com georreferenciamento com base nos mesmos referenciais cartográficos adotados, procedimento executado pela equipe do LOC. O georreferenciamento dos outros dados foi feito com base na obtenção de pontos na tela sobre a imagem Quick Bird através da extensão *ImageWarp* do ArcView, permitindo uma padronização dos erros de posicionamento. A qualidade do georreferenciamento foi feita com base no cálculo do erro quadrático médio (também pelo ArcView), que não poderia ser superior a 1,5 pixels para áreas urbanas.

V. Inserção na base digital.

- Vetoriais: A tabela a seguir lista os arquivos vetoriais utilizados.

Tabela 4: Arquivos vetoriais pré-existentes utilizados no estudo.

Dado	Escala	Data	Fonte
Altimetria (curvas de nível, hidrografia)	1:10.000	2002	IPIUF
Batimetria	1:2.000	2002	IPIUF

O pré-processamento consistiu em:

I. Conversão digital para o formato *raster* (no caso de dados em papel – cartas batimétricas);

II. Georreferenciamento, apenas para as cartas batimétricas. O processo de georreferenciamento foi o mesmo aplicado para as imagens, através da extensão *ImageWarp* do ArcView;

III. Inserção na base digital;

IV. Vetorização – obtenção de atributos espaciais (coordenadas E/N; profundidade);

V. Recorte da área de estudo;

VI. Organização dos pontos amostrais; Correção de erros;

Após o pré-processamento dos dados, esses serviram como base de dados para o planejamento e análises das etapas subseqüentes do trabalho.

4.3. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DE DETALHE

Com o objetivo de identificar as características morfológicas da área submersa da praia em um maior nível de detalhe, foi executado um levantamento batimétrico dos três setores definidos previamente.

O levantamento foi executado com o auxílio de uma estação total modelo Leica TPS330 e com o auxílio de dois prismas. A estação trabalhou no modo rápido de captura de pontos, propiciando valores de coordenadas e de altimetria com precisão de 0,02m.

Previamente ao levantamento foram instalados marcos de referência, com valores de coordenadas e de altimetria bem definidos e amarrados a um marco geodésico presente na área de estudo, que possui cota altimétrica referenciada ao marégrafo de Imbituba. Os valores de coordenadas e de altimetria dos marcos foram transferidos com o auxílio da estação total. A figura 21 ilustra os marcos auxiliares instalados para a execução do trabalho.

A coleta dos dados altimétricos foi controlada através de perfis perpendiculares a linha de costa de cada local, com rumos previamente definidos através do programa AutoCAD. Procurou-se coletar pontos distantes no máximo 5m, condição importante para uma interpolação fiel dos dados.

Não houve a necessidade de monitorar o nível da água, já que as profundidades não foram obtidas a partir de medições da coluna de água e sim com prismas presos a uma haste metálica. No momento da medição, a base da haste fica em contato com o fundo, sendo que os valores obtidos são corrigidos para a cota do marco geodésico de acordo com a altura da haste.

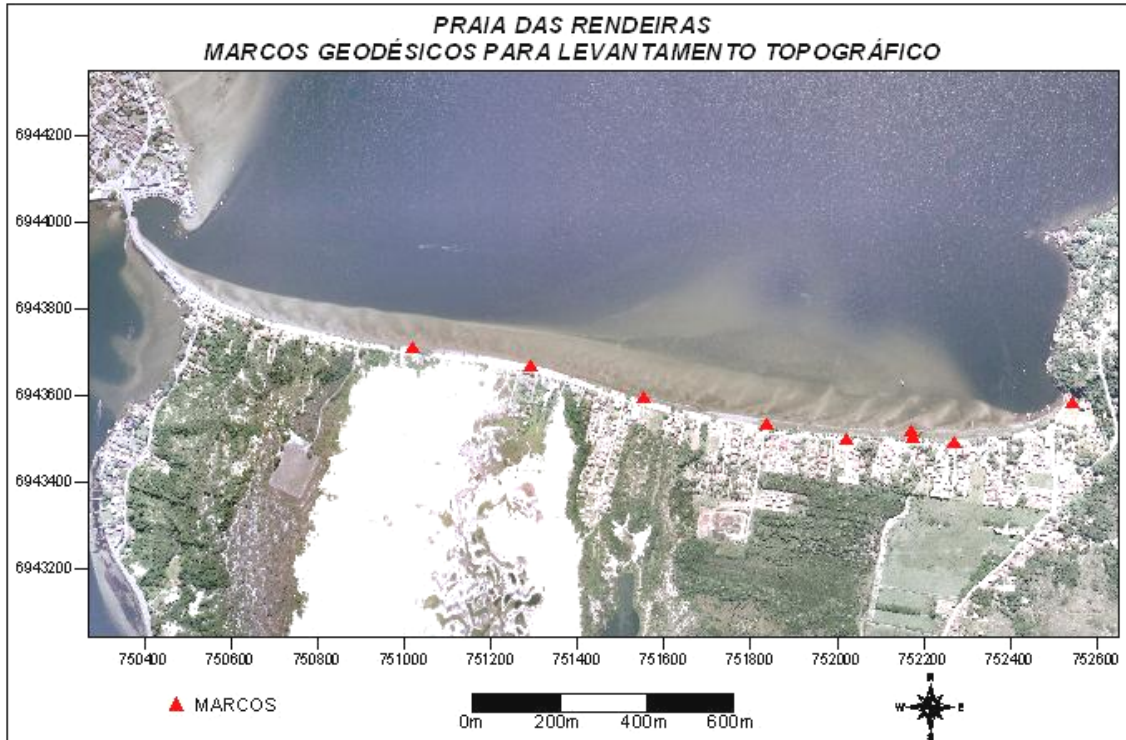


Figura 21: Posicionamento dos marcos instalados para o levantamento batimétrico. O ponto na extrema direita representa o marco geodésico instalado pela empresa AEROCONSULT e referenciado ao marégrafo de Imbituba.

Após a coleta dos pontos a estação foi conectada ao computador, onde foram baixados os dados em forma de tabela (três colunas: E, N, Z). A partir daí os dados foram filtrados e alguns pontos considerados inadequados para a interpolação foram eliminados.

4.4. GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO

Modelos digitais de terreno são uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dados de relevo, informações geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informações meteorológicas e

dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos que podem ser representados por um MDT.

A partir do MDT são possíveis a análise descritiva de superfícies e a obtenção de medidas como volume, declividade, comprimento e largura, além de permitir analisar a distribuição de propriedades em uma perspectiva tridimensional.

O método de geração dos MDTs, bem como das etapas de organização, interpolação e pós-processamento dos dados foram inspirados em Moore *et al.* (1991).

Para a geração do MDT a partir dos dados coletados nesse estudo foi necessária a geração de curvas de nível, que representam as propriedades estudadas de um modo contínuo ao longo de uma superfície. Isso foi feito através de interpoladores de dados, modelos matemáticos que criam grades (regulares e irregulares) a partir de um conjunto de amostras. O interpolador definido nesse trabalho foi o *Krigging*, que cria uma grade regular de dados levando em consideração a tendência de todo o conjunto de amostras.

Os dados batimétricos obtidos pela estação total e a batimetria em escala 1:2.000 do IPUF foram interpolados através do programa SURFER, gerando grades regulares com espaçamento de 5x5m para a batimetria de detalhe e 10x10m para a batimetria em escala 1:2.000. Após a interpolação, as grades passaram por um processo manual de correção de erros localizados, que ocorrem em função de dados incorretos e distribuição desigual dos pontos amostrais.

O último passo consistiu na definição da representação gráfica da grade numérica, que para esse estudo foi representada por um modelo de superfície disponibilizado pelo programa SURFER 8, onde é possível trabalhar com textura e iluminação para a visualização dos dados.

Com base nos MDT's, foram obtidas novas grades com valores de declividade através de uma rotina (script) do programa SURFER 8, a qual foi desenvolvida com base em equações apresentadas por Moore *et al.* (1993). Nesse método, a declividade é calculada a partir do gradiente entre os nós da grade do MDT, com base em uma superfície horizontal, medida em graus (entre 0° e 90°).

4.5. OBTENÇÃO DE PERFIS TOPOGRÁFICOS PERPENDICULARES À LINHA DE COSTA

Para auxiliar na identificação das características topográficas dos diferentes setores da praia foram obtidos perfis perpendiculares à linha de costa a partir dos MDTs gerados a partir das batimetrias.

O posicionamento dos perfis foram determinados através do programa AutoCAD, definindo os rumos a partir da orientação da linha de costa em cada setor, totalizando 14 perfis. Cinco perfis foram gerados para a extração de dados sobre o MDT em escala 1:2.000 e nove para a extração de dados sobre os MDT's gerados com dados da estação total, sendo três para cada um dos setores previamente definidos. Tomou-se o cuidado para definir o posicionamento dos perfis sobre locais onde houve a coleta de pontos, isto é, os dados apresentados nos perfis não são apenas resultantes da interpolação do MDT, mas sim, em sua maioria, por dados coletados em campo. A figura 22 ilustra os perfis analisados.

Através do programa SURFER 8 foi feita a sobreposição dos perfis com os MDT's. Através do comando *SLICE*, foi possível extrair dos MDT's valores de profundidade e distância a partir da margem ao longo de cada perfil, gerando tabelas de dados. Cada linha de dados apresentada na tabela corresponde à intersecção do perfil com as isóbatas do MDT.

Posteriormente os dados obtidos nas tabelas foram plotados em gráficos bi-dimensionais (profundidade x distância) através do programa GRAPHER.

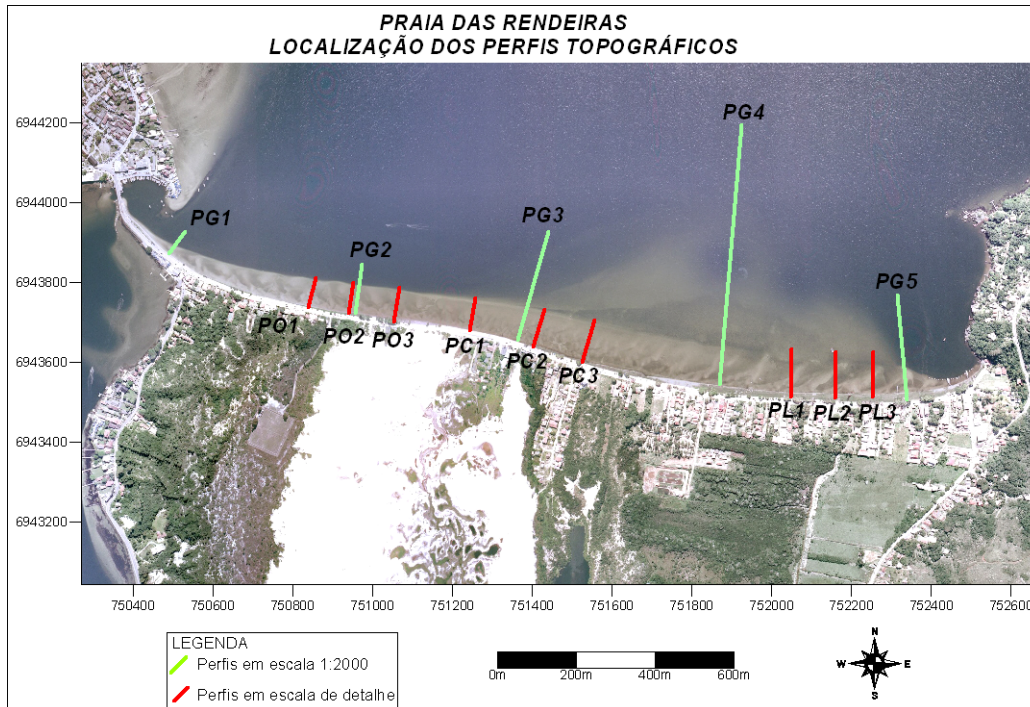


Figura 22: Localização dos perfis topográficos. Os perfis em verde representam os obtidos a partir do MDT em escala 1:2000 (PG1 a PG5); os perfis em vermelho representam os obtidos a partir da batimetria de detalhe (PL = Perfil Setor Leste; PC = Perfil Setor Central; PO = Perfil Setor Oeste).

4.6. ANÁLISE DE SEDIMENTOS

A coleta de sedimentos nesse trabalho teve por finalidade analisar as características dos sedimentos ao longo de perfis dentro de cada setor determinado previamente. Também se procurou analisar as diferenças de composição em função das feições rítmicas submersas.

Para isso, foram coletados sedimentos ao longo de perfis perpendiculares à orientação da linha de costa, dentro de cada setor. Selecionou-se o mesmo posicionamento de um perfil topográfico em cada setor, onde sobre cada um foram coletadas 4 amostras, totalizando 12 pontos amostrais. A figura 23 ilustra os pontos de coleta.

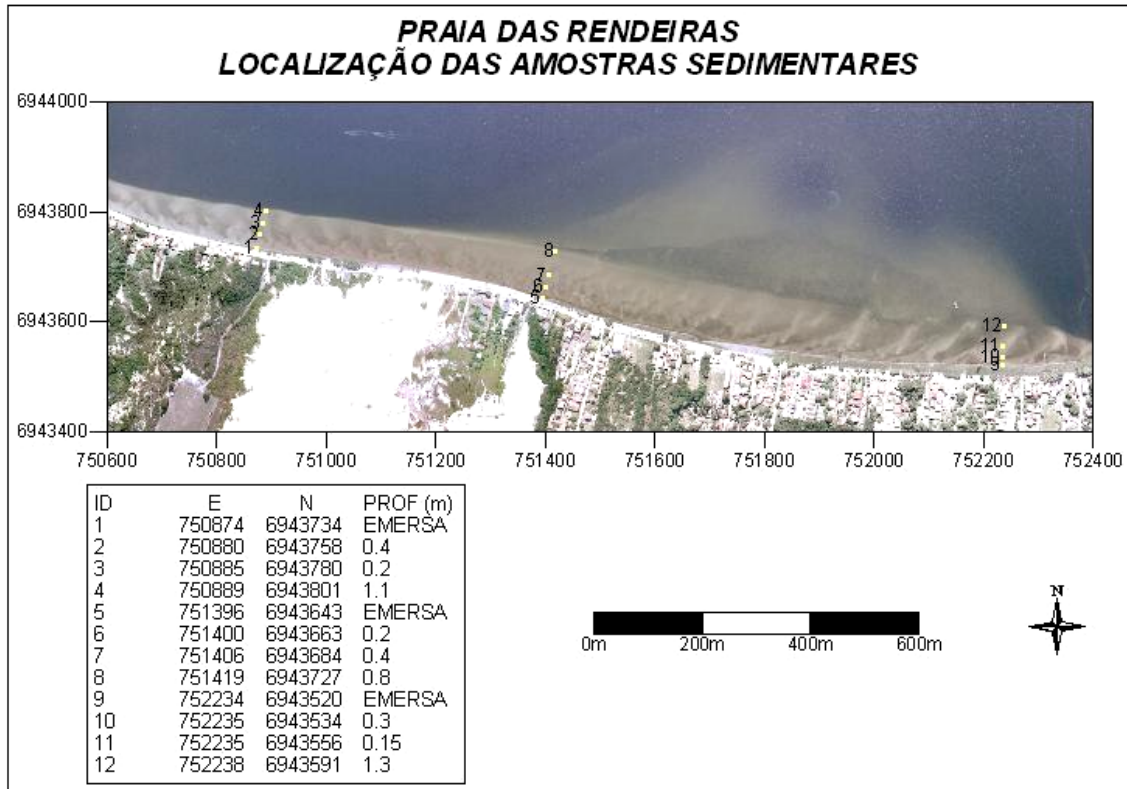


Figura 23: Pontos de coleta de sedimentos.

Os pontos de coleta foram previamente definidos através da obtenção de coordenadas sobre a base digital de dados. As coordenadas foram inseridas em um receptor GPS para localização das mesmas em campo. Nos pontos em locais submersos as amostras foram coletadas com uma draga coletora tipo *Van Veen*, e as de locais emersos com auxílio de uma pá.

As análises em laboratório foram inspiradas em Gross (1971) e Suguio (1973). Inicialmente as amostras foram lavadas para a retirada de sais que podem interferir nas análises posteriores. Após secagem a 60°C, foram retiradas cerca de 30g de amostra. Iniciou-se o processo de análise de carbonato biodetrítico por queima com HCl (GROSS, *op cit.*); posteriormente analisou-se o teor de matéria orgânica total através da queima com peróxido de hidrogênio (H₂O₂). A última análise consistiu no peneiramento da amostra para determinar o tamanho de grão em intervalos de ½ phi.

Os resultados do peneiramento foram submetidos a tratamento estatístico segundo Folk & Ward (1957) para a determinação do tamanho médio de grão e do grau de seleção, utilizando o programa SYSGRAN.

4.7. CÁLCULO DA PISTA EFETIVA DE VENTO

A pista efetiva de vento representa a área máxima de atuação dos ventos sobre a superfície hídrica. Quanto maior a área e a intensidade dos ventos, maior a período das ondulações geradas. A determinação da pista efetiva de vento para um determinado setor possibilita uma análise de tendência à erosão, transporte ou acumulação de sedimentos do local, relacionando os valores às profundidades. A relação pista efetiva X profundidade gera um diagrama chamado ETA (erosão/transporte/acumulação), conforme definido por Hakanson (1981), válido para sedimentos superficiais (0 – 1cm). A figura 24 apresenta o diagrama.

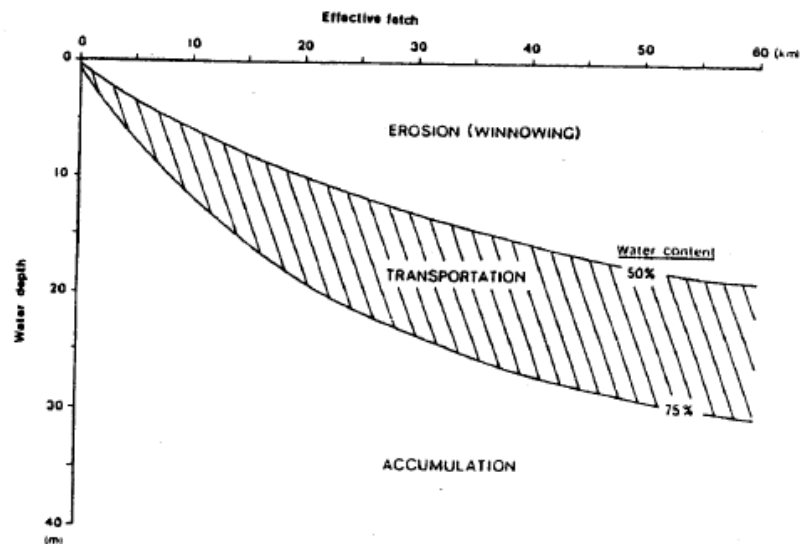


Figura 24: Diagrama ETA (erosão–transporte-acumulação) para sedimentos superficiais (0 - 1 cm), segundo Hakanson (*op cit.*).

O cálculo de pista efetiva leva em consideração a direção do vento dominante, a distância do ponto calculado até a barreira mais próxima, o co-seno do ângulo de incidência do vento e uma constante relativa a escala cartográfica.

A fórmula utilizada para a realização dos cálculos é a seguinte:

$$L_f = \frac{\sum x_i \cos \gamma_i}{\sum \cos \gamma_i} \cdot S$$

onde:

L_f - é a pista efetiva

x_i - é a distância (em centímetros) entre o ponto e a barreira mais próxima;

$\cos \gamma$ - é o valor relativo ao co-seno do ângulo;

S - é uma constante estipulada em função da escala do mapa base.

A figura 25 demonstra como é feito o cálculo para determinar a pista efetiva (L_f), conforme proposta de Hakanson (*op cit.*).

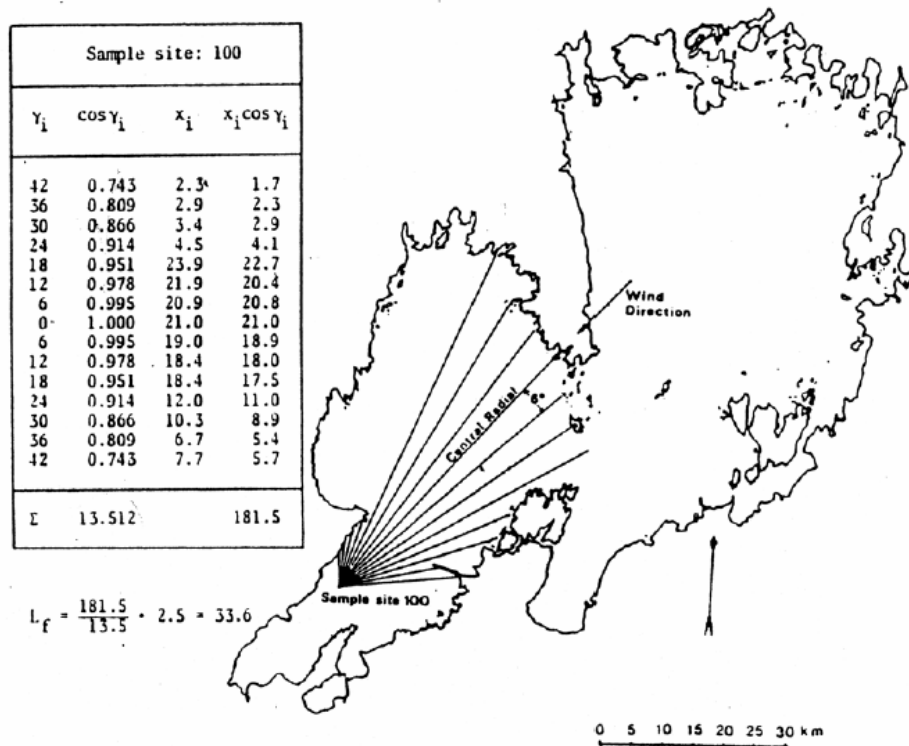


Figura 25: Exemplo de cálculo da pista efetiva fornecido por Hakanson (*op cit.*).

As medidas foram efetuadas tendo como base doze pontos, conforme apresentados na figura 26. Foi utilizada como base cartográfica a altimetria em escala 1:10.000 do IPUF. Todos os pontos amostrais correspondem a pontos cotados extraídos da batimetria em escala 1:2000 do IPUF.

Apesar da escala do mapa base ser 1:10.000, as medidas foram efetuadas com o auxílio do programa autoCAD, diretamente no computador. Como em um arquivo digital a escala depende da visualização, a escala utilizada para os cálculos foi a natural – 1:1. Isso porque os valores obtidos pelas medidas foram efetuados diretamente sobre o mapa em projeção UTM, obtendo valores de distância reais, de acordo com a projeção. Não são medidas de distância de acordo com a escala.

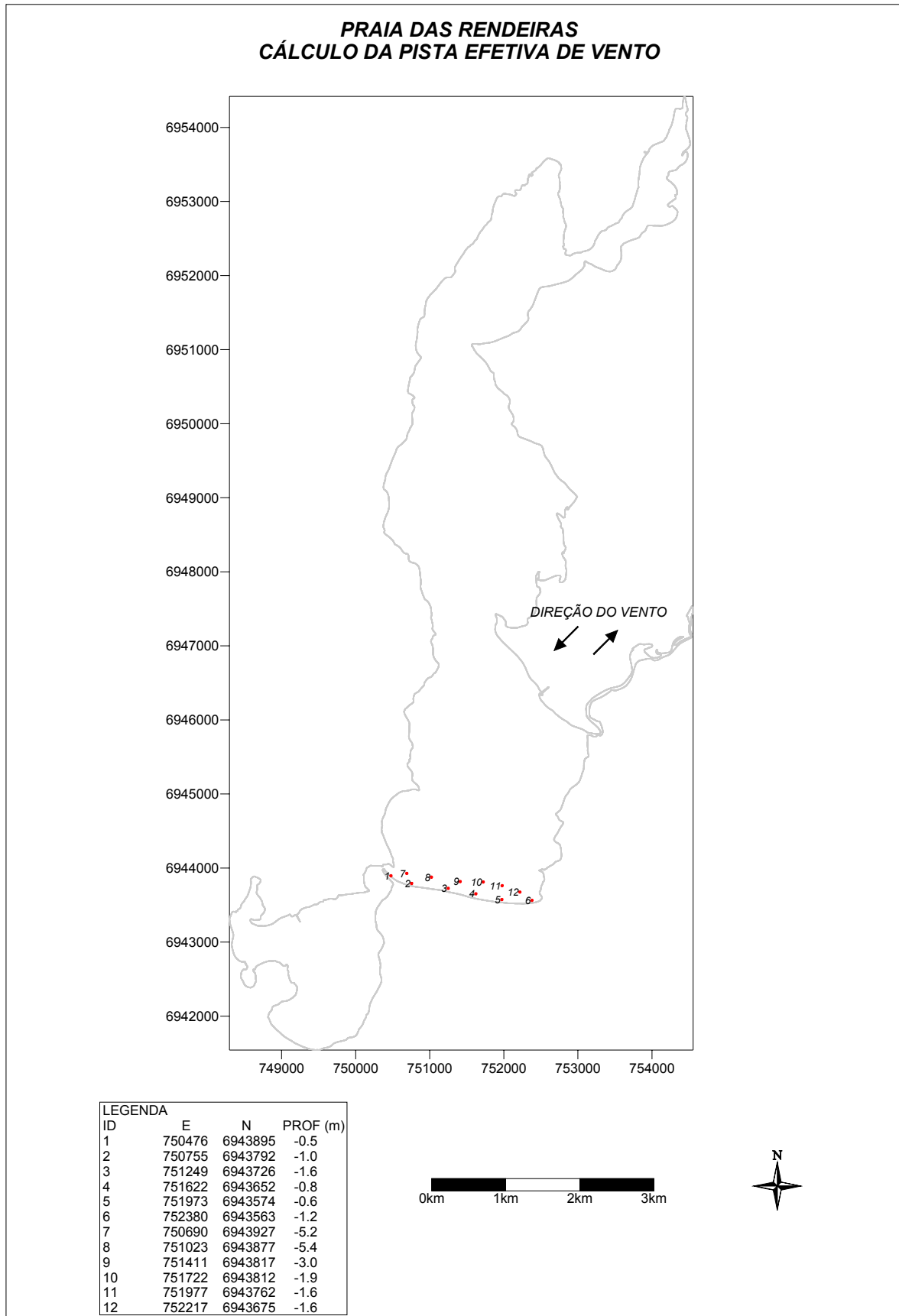


Figura 26: Localização dos pontos utilizados para o cálculo do fetch.

Apesar do método proposto por Hakanson (*op cit.*) utilizar apenas o vento dominante para efetuar os cálculos, para esse trabalho foi utilizado o vento dominante (sudoeste), mas também o reinante (nordeste), para comparar o comportamento dos sedimentos de acordo com o vento atuante.

As medidas obtidas foram espacializadas em dois mapas de distribuição dos valores de fetch, para análise do grau de exposição, e plotadas em um diagrama ETA, para a comparação do comportamento dos sedimentos superficiais ao longo do banco.

4.8. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS EMERSAS

As áreas emersas da praia foram caracterizadas com base em fotos obtidas em campo e nos aerolevantamentos. Não houve uma periodicidade regular, nem um caráter sazonal. O objetivo foi obter registros fotográficos de diferentes níveis de água, de diferentes níveis de intensidade hidrodinâmica, dos aportes fluviais, das feições geomorfológicas, das características das margens e das ações antrópicas.

As fotos foram catalogadas de acordo com o setor e a data. Sobre cada foto, houve uma interpretação das informações obtidas. A partir daí, houve uma triagem e uma divisão das mesmas de acordo com as características morfológicas e hidrodinâmicas que apresentam, de acordo com os parâmetros acima descritos.

A distribuição dos aportes pluviais foi obtida através da coleta em campo do posicionamento espacial com auxílio de um GPS. Após a coleta dos pontos, esses foram plotados sobre o aerolevantamento da AEROCONSULT/IPUF do ano de 2002 para análise de sua distribuição.

4.9. ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS MORFOSEDIMENTARES

Essa etapa consistiu na integração e análise de todas as informações geradas no trabalho. Cabe aqui salientar que faltam ainda inúmeros parâmetros para apresentar uma descrição morfossedimentar completa, como, por exemplo, uma análise mais detalhada das características sedimentológicas, análises estratigráficas, transporte sedimentar e comportamento hidrodinâmico.

Tendo como base os três setores, Leste, Central e Oeste foi feita uma comparação dos resultados obtidos para os seguintes parâmetros:

- ✓ A pista efetiva de vento e o diagrama ETA;
- ✓ Os mapas batimétricos;
- ✓ Os mapas de declividade;
- ✓ Os perfis transversais;
- ✓ As propriedades sedimentológicas;
- ✓ As características morfológicas das margens;
- ✓ O posicionamento das fontes sedimentares

Com base na análise comparativa, foi elaborado um mapa síntese das características morfossedimentares ao longo da praia.

5. RESULTADOS

5.1. ASPECTOS MORFOLÓGICOS

5.1.1. Batimetria em escala 1:2000

A figura 27, a seguir, apresenta os pontos amostrais utilizados para a confecção do mapa batimétrico em escala 1:2000. Como já dito anteriormente, os pontos foram extraídos de um levantamento batimétrico executado pelo IPUF/AEROCONSULT no ano de 2002, abrangendo todo o corpo lagunar. Foi feita a digitalização das cartas batimétricas através de um *scanner* de mesa, o georreferenciamento das mesmas e a digitalização manual ponto a ponto. A imagem de fundo corresponde ao aerolevantamento efetuado pela AEROCONSULT no ano de 2000.

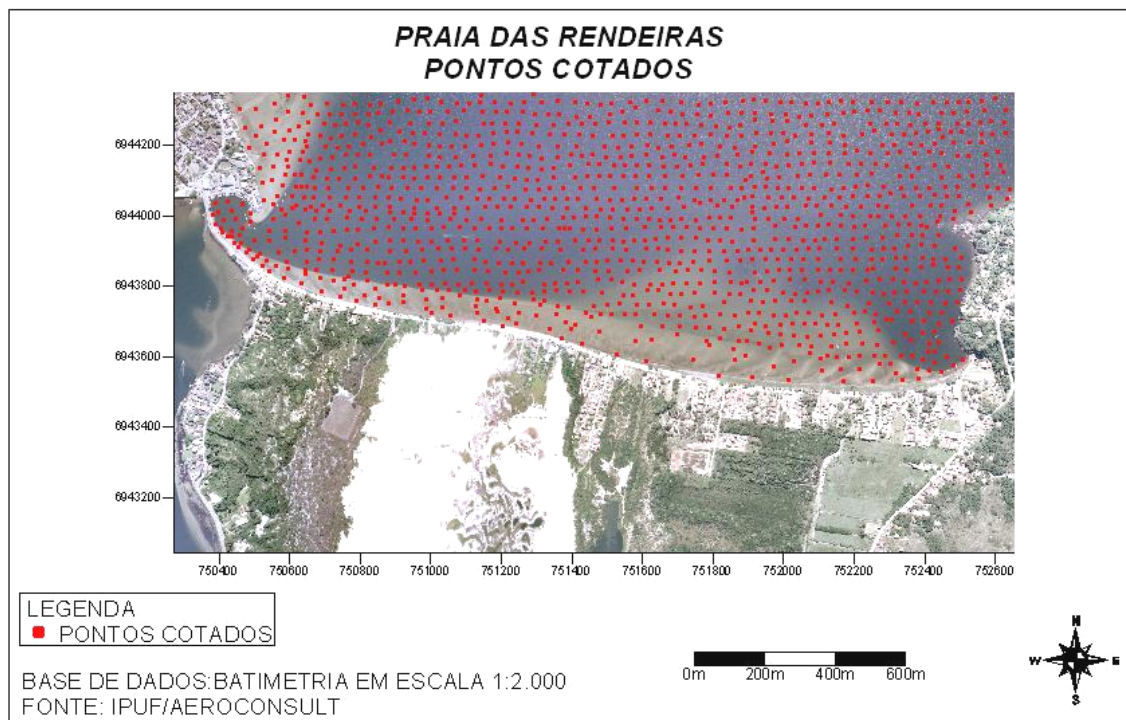


Figura 27: Localização dos pontos batimétricos utilizados para o estudo.

Do levantamento original foram extraídos 1171 pontos, com base no recorte da área de estudo. Como esse levantamento foi efetuado através de uma ecossonda, alguns locais sobre o banco marginal, onde a navegação é inviável, apresentaram uma baixa densidade de pontos. Esses espaços vazios foram completados com pontos cotados através da estação total, com o objetivo de viabilizar a interpolação dos dados nesses locais. Somados aos pontos extraídos da base do IPUF, os pontos utilizados para a confecção do mapa batimétrico somaram um total de 2101.

Terminada a organização dos pontos amostrais, foi feita a interpolação pelo método *Krigging* no programa SURFER, gerando as isóbatas apresentadas figura 28.

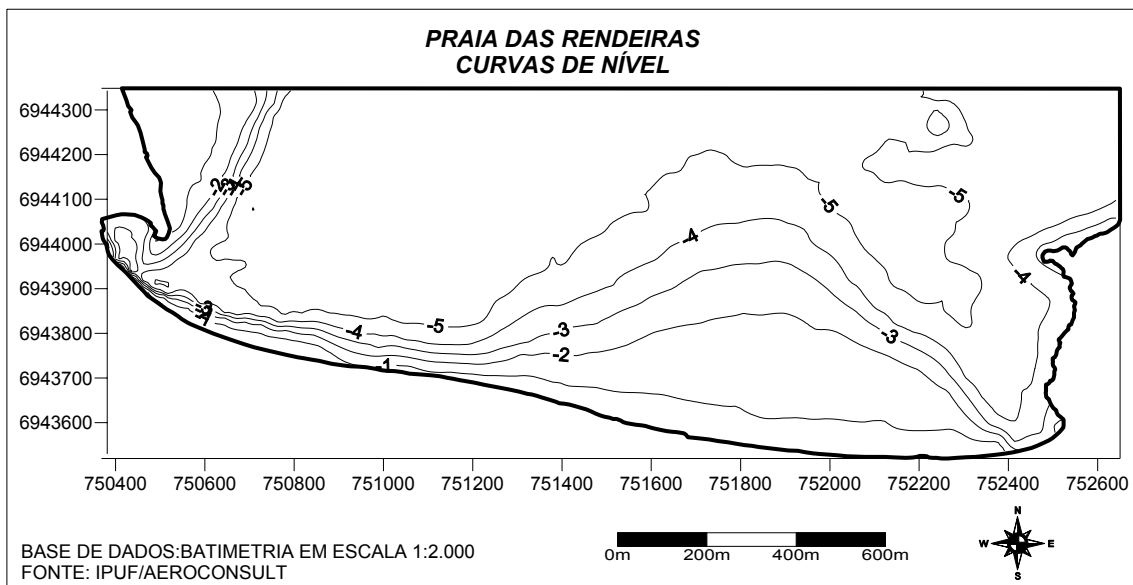


Figura 28: Isóbatas, de metro em metro, obtidas por interpolação a partir dos dados batimétricos.

Analisando as isóbatas, podem ser observados alguns erros oriundos da falta de pontos cotados em alguns locais. Por exemplo, no setor oeste, próximo ao costão rochoso, a isóbata de 3m cruza para a área emersa, o que é impossível de ocorrer. Por maior que seja a declividade, uma representação mais fiel da realidade deveria

apresentar também as isóbatas de 2 e 1 m antes de atingir o costão. Esse erro não foi corrigido manualmente porque não teria uma influência direta aos objetivos desse trabalho, já que as margens do costão não fazem parte da praia das Rendeiras. Se observados os pontos utilizados para a interpolação (figura 27), pode-se constatar que existe uma boa densidade de amostras nesse local e que, portanto, seria impossível existirem feições submersas que pudessem passar despercebidas e que fossem importantes para a análise dos aspectos batimétricos. Pode ter ocorrido também erros de posicionamento dos pontos cotados durante a coleta em campo dos mesmos, o que é impossível de ser corrigido.

Entretanto, a boa densidade de pontos permitiu a confecção de um mapa batimétrico, apresentado na figura 29, bastante fiel à realidade e que permitiu analisar, de maneira geral, a morfologia de fundo da praia das Rendeiras.

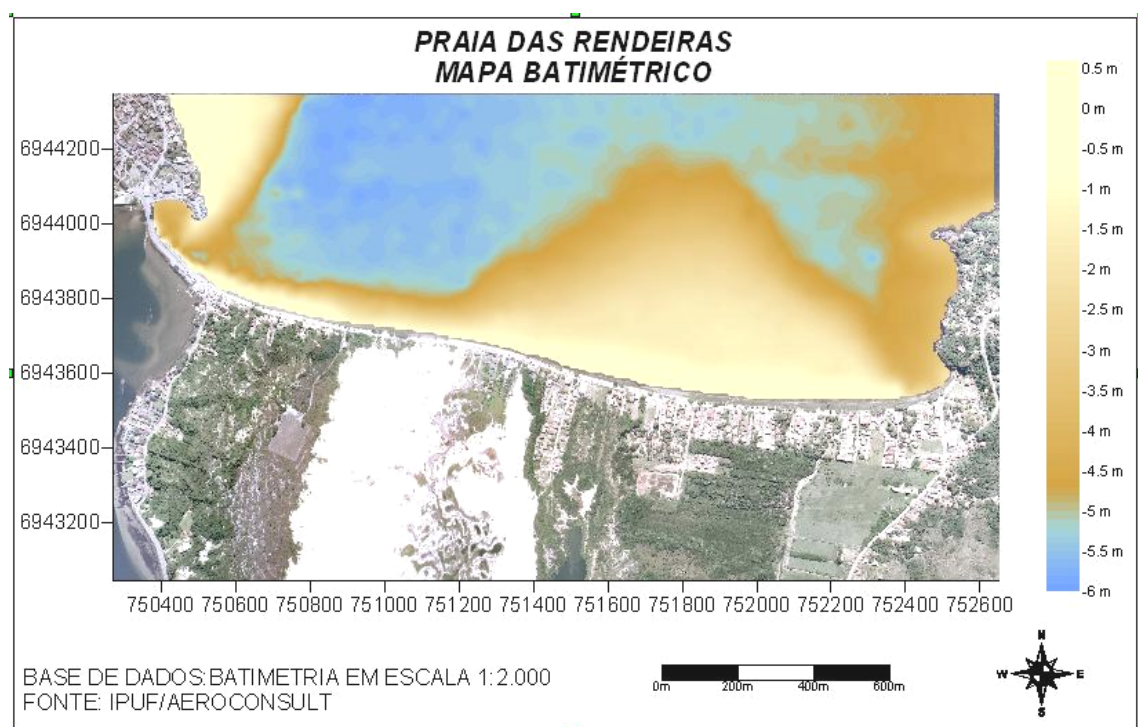


Figura 29: Batimetria plana em escala 1:2000

A figura 29 mostra que o banco marginal se estende com dimensões variáveis até atingir profundidades em torno de 1,5 m. Esse banco pode ser facilmente

visualizado pelo aerolevanteamento. A partir daí, ocorre uma forte descontinuidade, representada por um talude.

No setor oeste e metade do setor central, o talude se estende diretamente até o fundo lagunar propriamente dito, em profundidades entre 5 e 6 m. Na outra metade do setor central e no setor leste, o talude possui uma menor declividade e, ao invés de avançar até o fundo lagunar, atinge um platô que se estende entre profundidades de 2 e 4m.

Esse platô é a superfície de um imenso depósito sedimentar submerso, na forma de um lóbulo, ou esporão, que se estende além de 590 m da margem em sua maior extensão. Pelo aerolevanteamento pode-se observar uma parte desse depósito. As extremidades do depósito possuem declividades mais suaves, atingindo o fundo lagunar, também entre as profundidades de 5 e 6m.

No extremo leste da praia, o banco também termina abruptamente, onde o talude avança até profundidades entre 3 a 4 m, em uma área que apresenta características morfológicas semelhantes a um canal, pela concavidade e pela proximidade com o costão. Essa forma pode, de fato, propiciar maiores valores de corrente nesse local, dependendo das condições hidrodinâmicas.

As figuras 30 e 31 mostradas a seguir ilustram, sob dois ângulos de visão tridimensional, o modelo digital de terreno gerado a partir dos dados da batimetria.

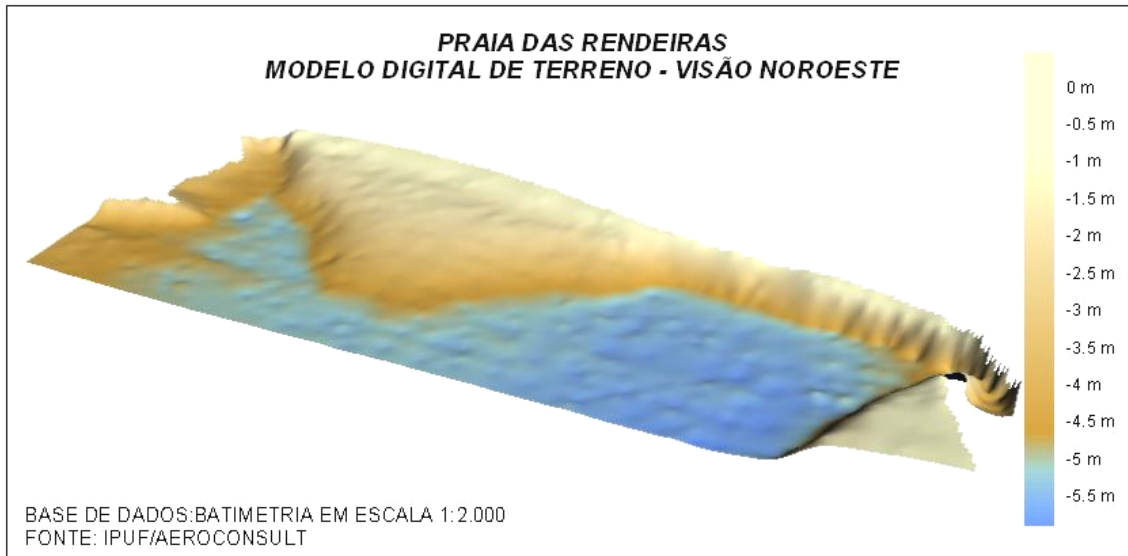


Figura 30: Modelo digital de terreno obtido com base na batimetria (visão noroeste).

Pelo MDT pode ser mais facilmente visualizada a dimensão do depósito sedimentar submerso existente e a forte heterogeneidade que esse causa na morfologia ao longo da praia. Também se evidencia a marcante descontinuidade que ocorre próxima à profundidade de 1,5 m. Para facilitar a visualização das feições morfológicas foi aplicado um exagero vertical que causou uma visualização “enganosa” da declividade sobre o banco marginal – o banco parece mais inclinado; essa declividade acentuada pode ser vista pelo MDT em visão leste, da figura 31.

Pelo MDT em visão Noroeste notam-se as características de menor extensão e descontinuidade abrupta do banco no seu setor oeste. Essa descontinuidade, ou quebra, também existe ao longo dos setores central e leste; no entanto, é muito mais suave. A diferença é que nesses dois setores existe uma forte influência do volume sedimentar submerso.



Figura 31: Modelo digital de terreno obtido com base na batimetria (visão leste).

Outro detalhe importante apresentado pelo MDT é a morfologia do extremo leste. Por um ajuste hidrodinâmico, o depósito sedimentar submerso não é soldado ao costão rochoso onde está ancorada a praia. Entre o depósito e o costão, forma-se uma depressão, muito semelhante a um canal de escoamento.

A figura 32, a seguir, apresenta os valores de declividade obtidos a partir da batimetria.

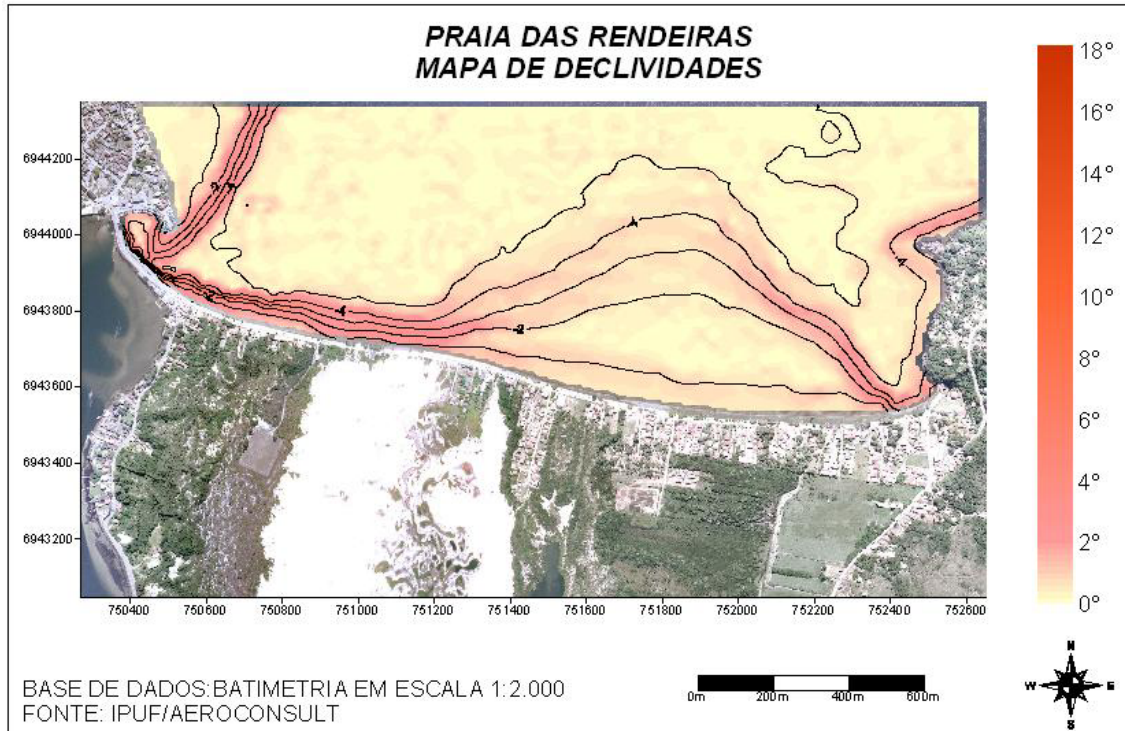


Figura 32: Mapa de declividades, obtido a partir da batimetria. As curvas de nível são referentes a valores de profundidade.

O mapa de declividades mostra a forte heterogeneidade do setor oeste e parte do setor central para o restante da praia. No setor oeste, o banco avança com declividades entre 2° e 3°; entre o setor oeste e o setor central, o banco atinge os maiores valores de declividade, entre 3° e 4°. Nesses setores, o talude possui uma inclinação entre 6° e 8°, mais próxima ao setor central, até atingir 11°, no extremo oeste.

No setor leste e em parte do setor central, onde se inicia o depósito sedimentar submerso, o banco tem menores valores de declividade, entre 0° e 2°, resultado das maiores extensões do banco nessa área. O talude também tem declividades bem menores, entre 2° e 3°. No extremo leste a declividade aumenta onde acaba o depósito submerso, atingindo valores de até 8°.

Sobre o depósito submerso se observam áreas totalmente planas, que caracterizam um platô entre as profundidades de 2 e 3 m. O depósito possui baixos valores de declividade até atingir o fundo lagunar, exceto na sua porção leste, onde a declividade atinge até 7°, corroborando com a morfologia característica de um

canal nesse setor, onde maiores valores de velocidade de corrente dificultariam a deposição sedimentar.

5.1.2. Batimetria de detalhe

A figura 33, a seguir, apresenta os pontos batimétricos obtidos com auxílio da estação total dentro dos três setores pré-definidos anteriormente, com o objetivo de caracterizar em um nível de maior detalhe os aspectos morfológicos sobre o banco marginal.

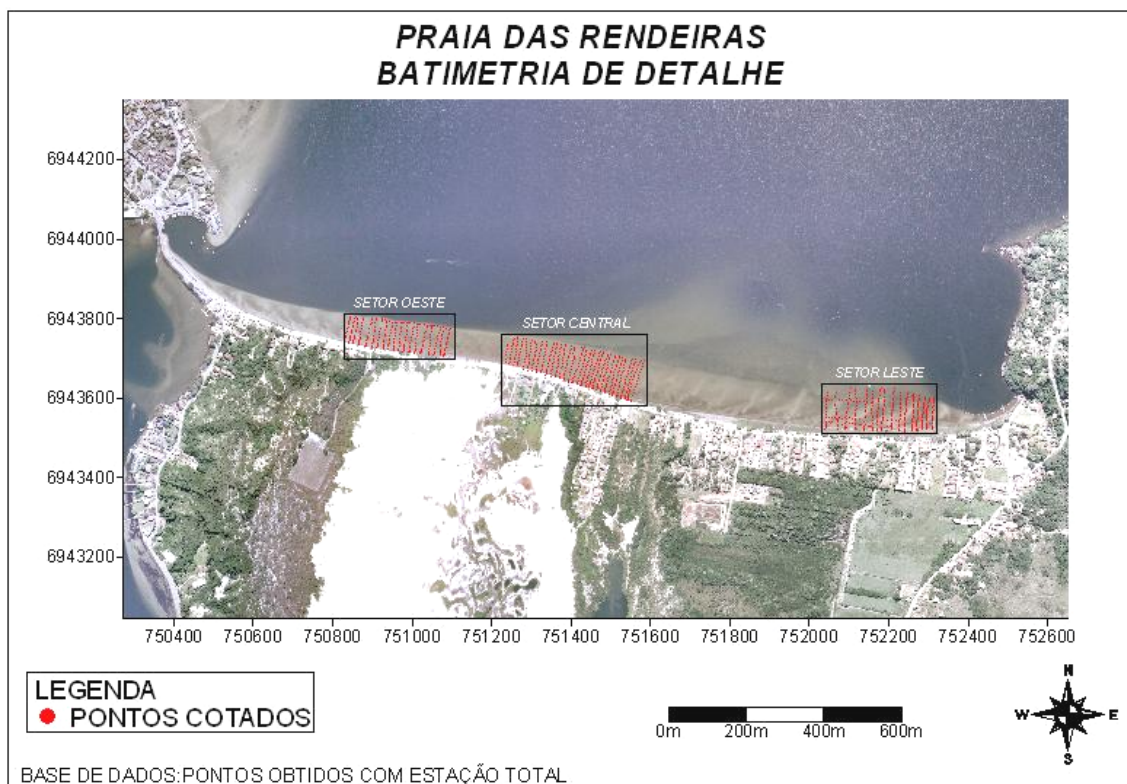


Figura 33: Localização dos pontos batimétricos obtidos com a estação total.

Foram obtidos, no total, 1396 pontos amostrais, sendo 582 no setor leste, 509 no setor central e 305 no setor oeste. Os dados obtidos passaram pelo mesmo

processo de interpolação e geração gráfica aplicados na batimetria em escala 1:2.000.

A figura 34, a seguir, apresenta o mapa batimétrico obtido para o levantamento efetuado no setor oeste.

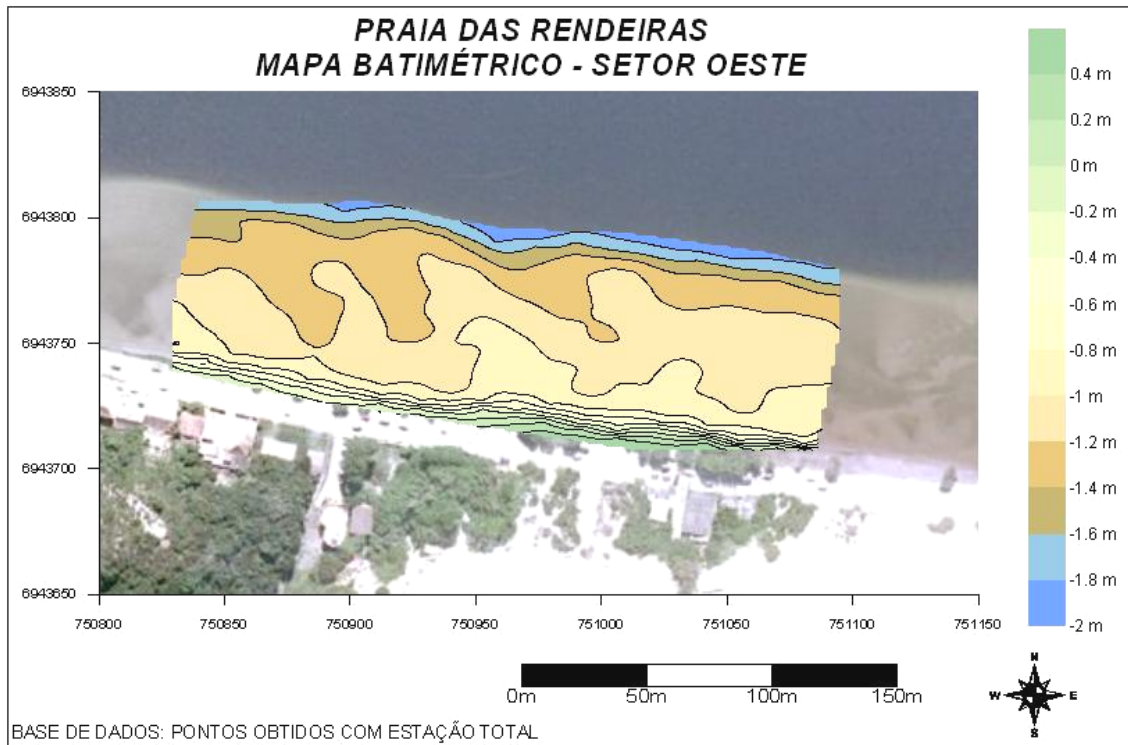


Figura 34: Batimetria do setor Oeste.

Pelo mapa pode-se observar as menores distâncias das curvas de nível próxima à margem, caracterizando as maiores declividades ao longo da face praial. As demais curvas de nível evidenciam a existência de barras transversais submersas bem formadas, orientadas em um ângulo aproximado de 30° a oeste de um perfil perpendicular à margem. Essas barras chegam a atingir até 0,45m de altura entre a crista e a cava. As barras possuem espaçamento entre as cristas, na sua porção mediana, em torno de 65 m.

Nesse setor, o banco termina próximo à profundidade de 1,8 m, possuindo uma extensão média de 74 m. A figura 35, a seguir, apresenta o modelo digital de terreno obtido a partir da batimetria mostrada na figura 34.

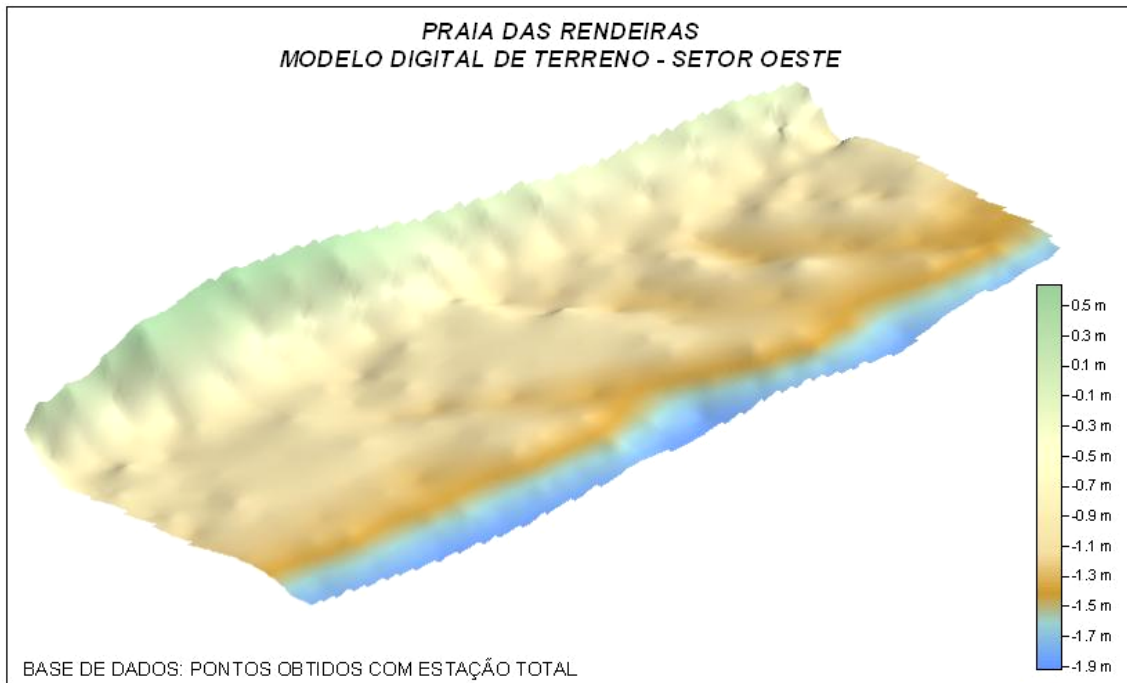


Figura 35: MDT do setor Oeste.

No MDT pode-se ver claramente a presença das barras transversais e sua inclinação em relação à margem. A quebra do banco acompanha a evolução das barras. É possível notar características semelhantes quanto à orientação, ao espaçamento e a forma. As barras apresentam maiores larguras próximas à margem, se afunilando em direção ao fundo. Contrariamente, apesar dessas semelhanças; é notável a diferença de volume sedimentar entre as quatro barras abrangidas pelo MDT, o que reflete em diferenças de amplitude entre a crista e a cava.

A figura 36, a seguir, apresenta a batimetria obtida para o setor central.

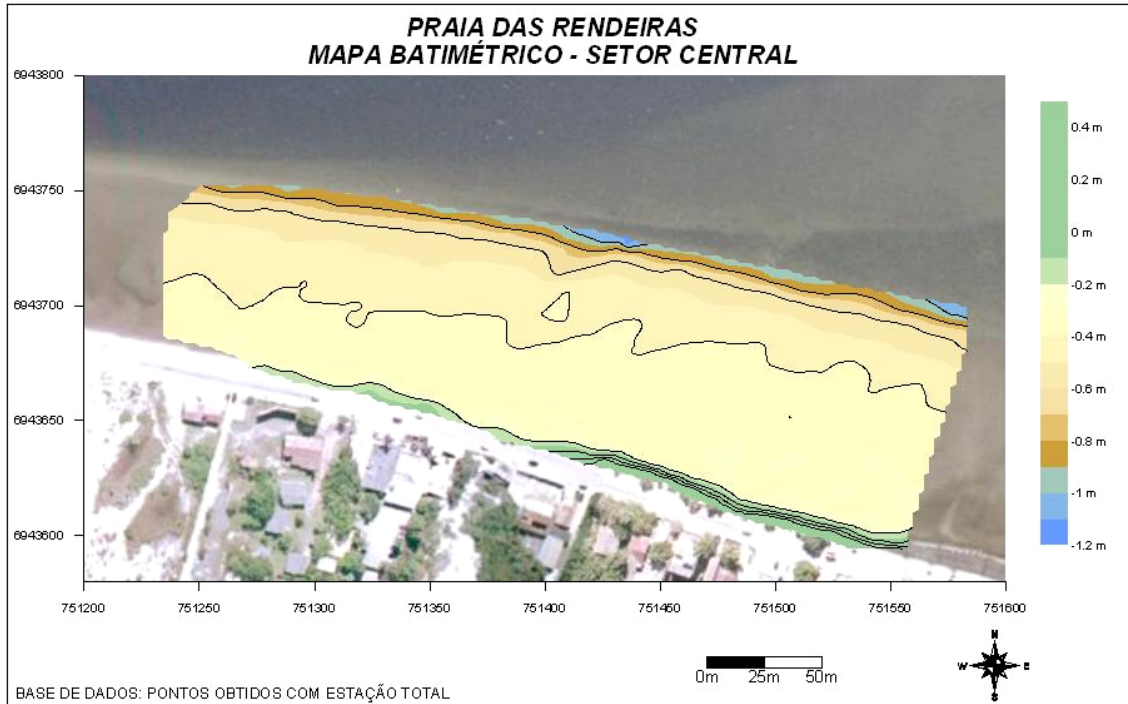


Figura 36: Batimetria do setor Central.

O mapa mostra que o setor central apresenta características morfológicas bem homogêneas, com ausência de barras transversais. Uma feição visível neste setor são marcas de ondulação chamadas de *mega-ripples*, que se formam perpendicularmente à direção de propagação de ondas. No MDT (figura 37), é possível visualizar essas feições, que apresentam um certo ângulo em relação à margem.

Uma característica importante é a ausência de áreas emersas na extremidade esquerda desse setor. O banco apresenta extensões que variam de 71m, na extremidade esquerda, a 102m, na extremidade direita. É notável que existe um aumento gradativo do volume sedimentar no sentido oeste-leste; contrariamente, a declividade aumenta no sentido leste-oeste.

A figura 37, a seguir, apresenta o MDT gerado para o setor central.

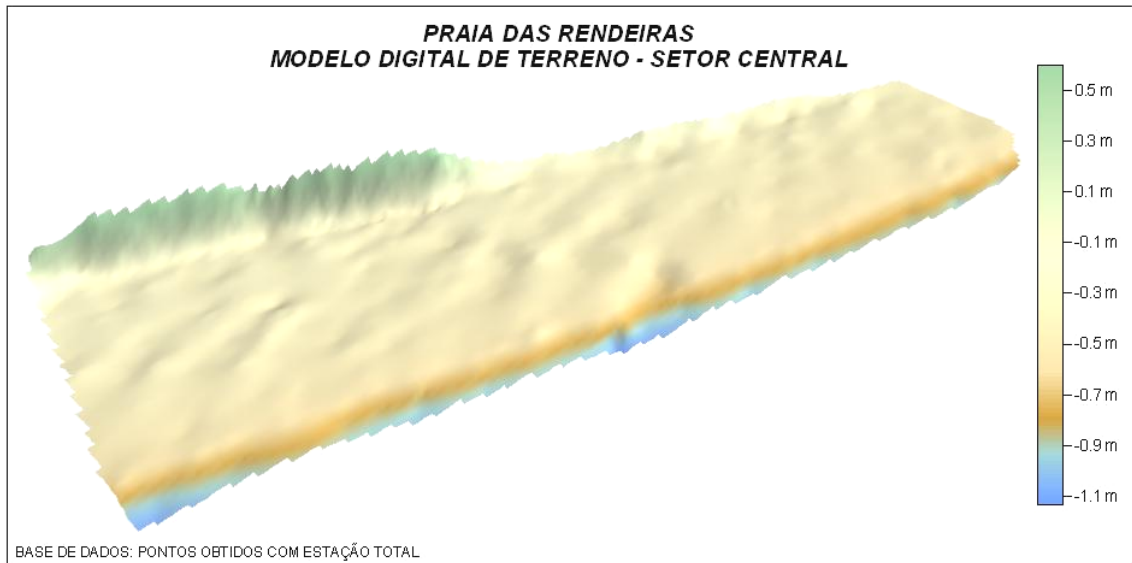


Figura 37: MDT do setor Central.

O MDT mostra a homogeneidade da superfície do banco nesse setor, com poucas variações batimétricas. O banco atinge profundidades bem menores do que no setor oeste, chegando no máximo a 0,75 m. O MDT também evidencia a ausência completa de sedimentos nas áreas emersas na metade esquerda do setor.

A figura 38, a seguir, apresenta a batimetria obtida para o setor leste.

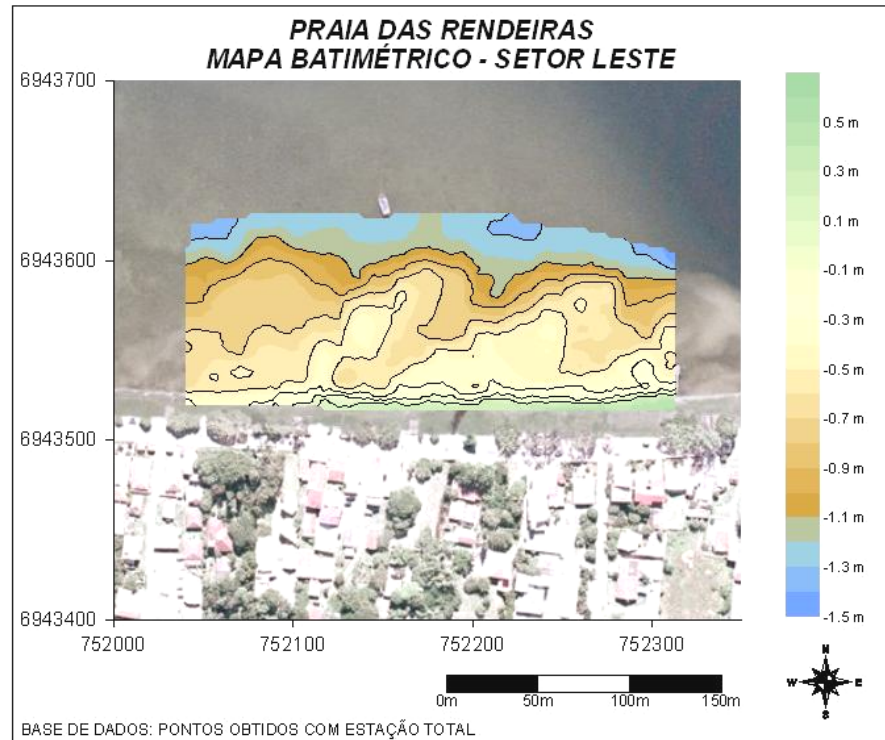


Figura 38: Batimetria do setor Leste.

O mapa mostra uma forte heterogeneidade do fundo, com a presença marcante de barras transversais submersas, como o setor oeste. A heterogeneidade do fundo se estende até o final do banco, que não apresenta uma linearidade como nos outros setores. O banco se estende até profundidades em torno de 1,1 m, com comprimentos que variam entre 70 e 83 m.

As barras transversais se orientam com uma inclinação de até 42° a leste em relação à uma perpendicular à orientação da margem. O MDT apresentado a seguir, na figura 39, mostra a forte inclinação dessas barras.

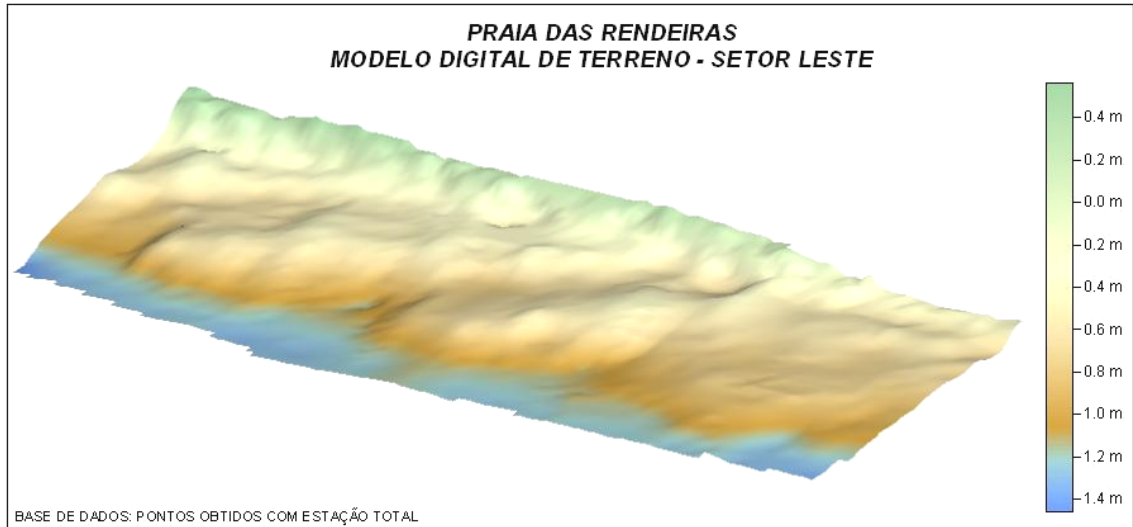


Figura 39: MDT do setor Leste.

As barras nesse setor apresentam amplitude de até 0,55 m, maiores que no setor oeste, e o espaçamento entre as barras, na sua porção mediana, chega a 106 m. A diferença de largura ao longo das barras é menor do que no setor oeste, bem como a forma das mesmas.

5.1.3. Perfis topográficos

Os perfis topográficos apresentados a seguir foram extraídos dos mapas batimétricos mostrados no item anterior, com base no método descrito no item 4.5. A figura 22, mostrada no item 4.5, apresenta a localização dos perfis.

A figura 40 mostra os perfis topográficos obtidos a partir da batimetria em escala 1:2000, chamados de Perfis Gerais (PG1 a PG5).

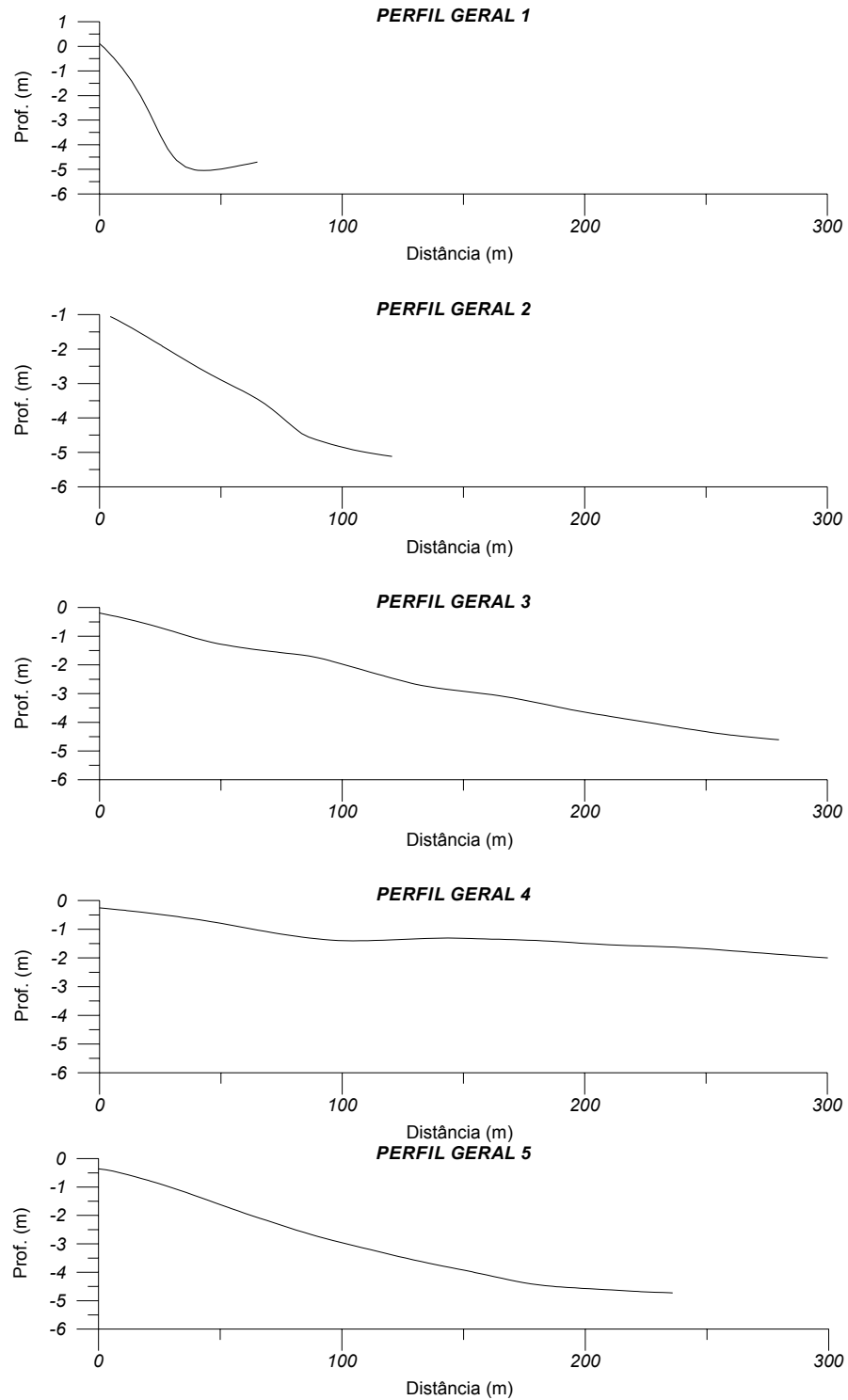


Figura 40: Perfis topográficos obtidos a partir do MDT em escala 1:2.000.

Esses perfis mostram claramente as diferenças morfológicas ao longo da praia. Nessa escala, é possível identificar as características gerais de alguns parâmetros morfológicos, como a declividade e a extensão. Não é possível visualizar com clareza a descontinuidade que define o limite do banco marginal em função da

escala, mas nos perfis 1, 2 e 3 pode-se perceber uma clara mudança na declividade, que representa a quebra do banco.

Do perfil 1 ao 4, a declividade diminui, ao passo que a extensão aumenta, mostrando o aumento do volume sedimentar no sentido oeste-leste. No perfil 5, a declividade volta a aumentar, e a extensão diminui. O perfil geral 1 mostra o local onde o banco possui a menor extensão, no extremo oeste da praia. O perfil geral 4 mostra o local de maior extensão; esse perfil também mostra toda a extensão do depósito sedimentar presente e a planície submersa (platô) que existe nesse local.

A profundidade de 5m marca o início do fundo lagunar propriamente dito, e pode-se perceber que cada perfil atinge essa cota com extensões completamente distintas. O perfil geral 4, por exemplo, atinge essa cota apenas a 615m da margem⁵, enquanto que o perfil 1 atinge a 115m.

A figura 41, apresentada a seguir, mostra os 3 perfis extraídos da batimetria de detalhe obtida para o setor oeste.

Os perfis mostram um aumento da extensão do banco no sentido oeste-leste, variando de 65m, no perfil 1, a 73m, no perfil 3, mas todos terminam a uma profundidade de 1,5m. Nos perfis 1 e 3 é possível visualizar com clareza a descontinuidade que existe no limite do banco marginal; no perfil 2, a descontinuidade é mais difícil de ser visualizada pela presença de uma barra transversal, mas o aumento da declividade no final do perfil identifica a quebra.

Nos perfis 1 e 2 é possível identificar a presença de uma barra arenosa pela variação na declividade da curva. No perfil 1, a barra está representada por uma convexidade entre 30 e 50m; o perfil 2 já atinge a barra em uma porção mais larga, como pode ser visualizado entre 30 e 60m. É interessante o “degrau” que existe no perfil 2, que marca o início da barra arenosa.

⁵ Para fins de comparação entre os perfis, o eixo X foi padronizado até os 300m, mas o perfil 4 atinge uma extensão muito maior. Se não houvesse a padronização da escala dos eixos, a comparação da morfologia entre os perfis ficaria mais difícil de ser visualizada.

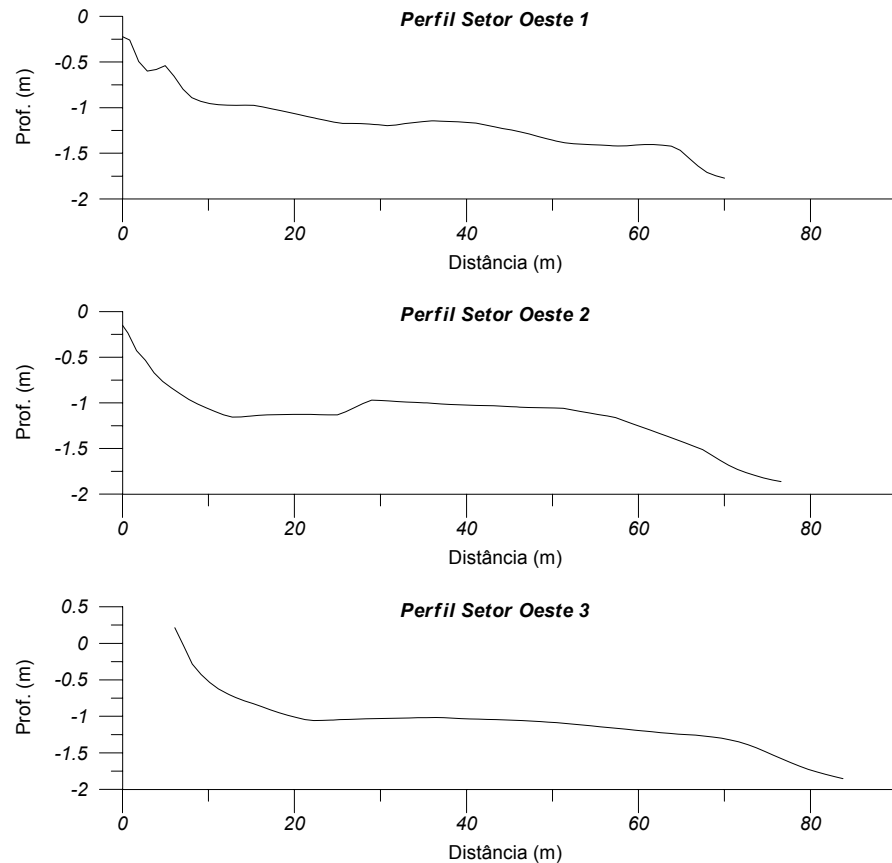


Figura 41: Perfis topográficos do setor Oeste.

O perfil 2 mostra todas as feições existentes, a partir da margem: face praial, cava e barra. A amplitude entre a cava e a crista da barra atinge, nesse perfil, 0,40m.

A declividade na face praial se apresenta muito mais acentuada do que ao longo do banco. Sob uma visão geral, o banco apresenta-se quase sem declividade, e a presença de barras arenosas quebra a monotonia do perfil. Pode-se ver que o perfil 3 não cruza nenhuma feição de tamanho significativo.

A figura 42, mostrada a seguir, mostra os 3 perfis extraídos da batimetria de detalhe obtida para o setor central.

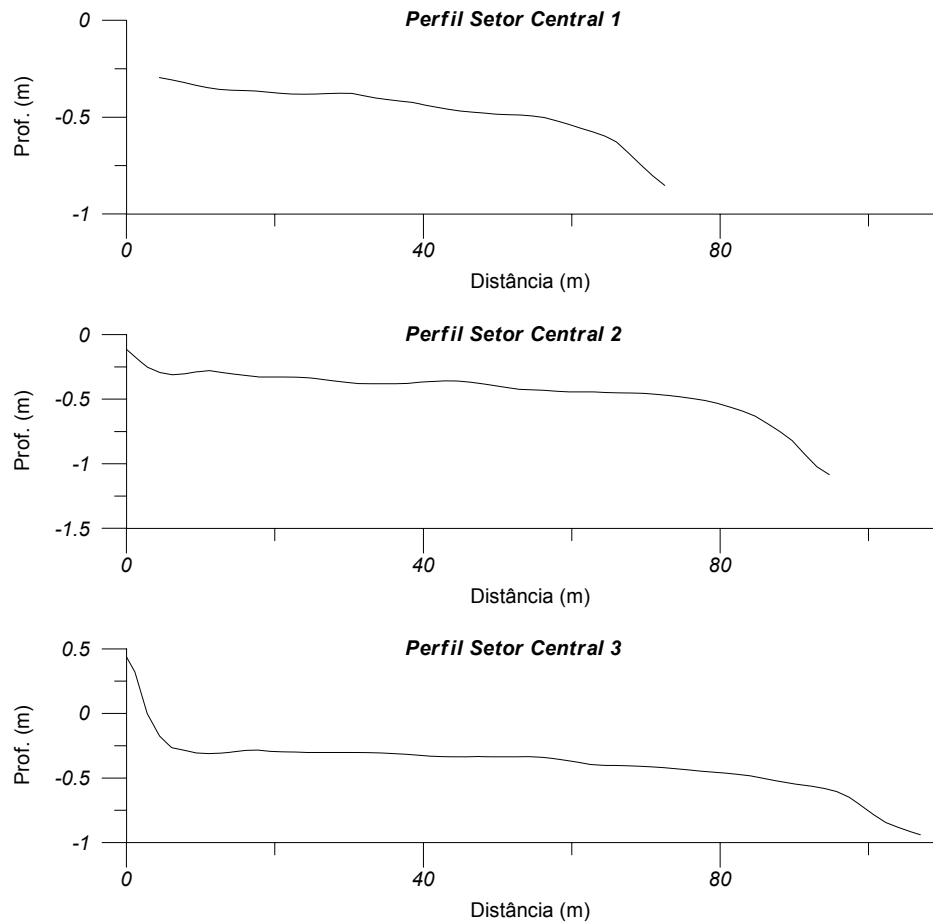


Figura 42: Perfis topográficos do setor Central.

Os perfis mostram que o setor central não possui variações topográficas significativas, resultado da ausência de barras submersas. A quebra do perfil mostra o limite da extensão do banco marginal, na profundidade em torno de 0,5m. Como no setor oeste, a extensão do banco aumenta do perfil 1, com 62m, ao perfil 3, com 96m.

Uma característica importante é que apenas o perfil 3 possui uma face praial característica; isso porque os perfis 1 e 2 foram obtidos em locais onde não há nenhuma feição na área emersa.

A figura 43, a seguir, mostra os três perfis extraídos da batimetria de detalhe obtida para o setor leste.

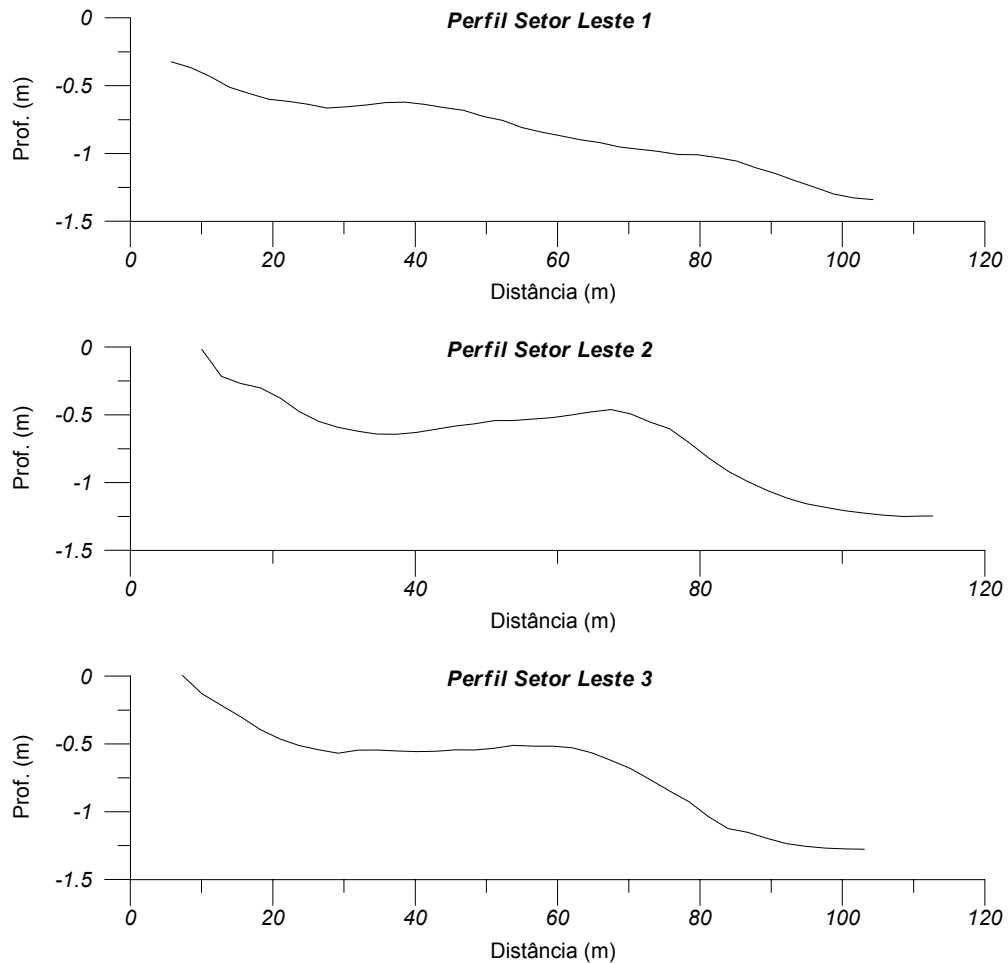


Figura 43: Perfis topográficos do setor Leste.

Os perfis do setor leste mostram uma forte variação da declividade pela presença das barras arenosas transversais. As barras são visualizadas, com dimensões diferentes, nos três perfis. No perfil 2, a amplitude entre a cava e a crista da barra chega a 0,35m.

A extensão do banco, contrariamente aos outros dois setores, diminui do perfil 1, com 85m, ao perfil 3, com 80m, em torno de 1,0m de profundidade. O limite do banco é mais facilmente visualizado nos perfis 2 e 3, pela presença das barras arenosas.

A face praial apresenta uma declividade menor do que nos outros dois setores, aumentando do perfil 1 ao perfil 3.

5.2. SEDIMENTOS

Como já dito anteriormente, as amostras sedimentares foram coletadas tendo com base três perfis perpendiculares à margem, sendo um perfil em cada setor amostral: oeste, central e leste. Foram coletadas 4 amostras por perfil, sendo a primeira na zona de transição entre a face praial e o pós-praia, a segunda e a terceira na porção mediana do banco, e a quarta bem próximo da quebra, ou final, do banco. No caso dos setores leste e oeste, onde a morfologia de fundo é influenciada pelas barras transversais, as duas amostras localizadas no setor mediano do banco foram coletadas da seguinte maneira: a primeira na cava e a segunda na crista da barra. O posicionamento das amostras pode ser visto na figura 23.

A seguir, na tabela 5 e na figura 44 são apresentados os resultados obtidos da análise granulométrica e do tratamento estatístico das amostras de sedimento.

Tabela 5: Classificação granulométrica dos sedimentos segundo Folk & Ward (1957).

Amostra	Média (Phi)	Classificação	Seleção
Perfil Oeste			
R01	2,06	Areia fina	Muito bem selecionado
R02	2,339	Areia fina	Bem selecionado
R03	2,438	Areia fina	Bem selecionado
R04	2,384	Areia fina	Muito bem selecionado
Perfil Central			
R05	1,908	Areia média	Bem selecionado
R06	2,171	Areia fina	Moderadamente selecionado
R07	2,316	Areia fina	Bem selecionado
R08	2,35	Areia fina	Muito bem selecionado
Perfil Leste			
R09	2,073	Areia fina	Bem selecionado
R10	2,247	Areia fina	Moderadamente selecionado
R11	2,17	Areia fina	Bem selecionado
R12	2,248	Areia fina	Moderadamente selecionado

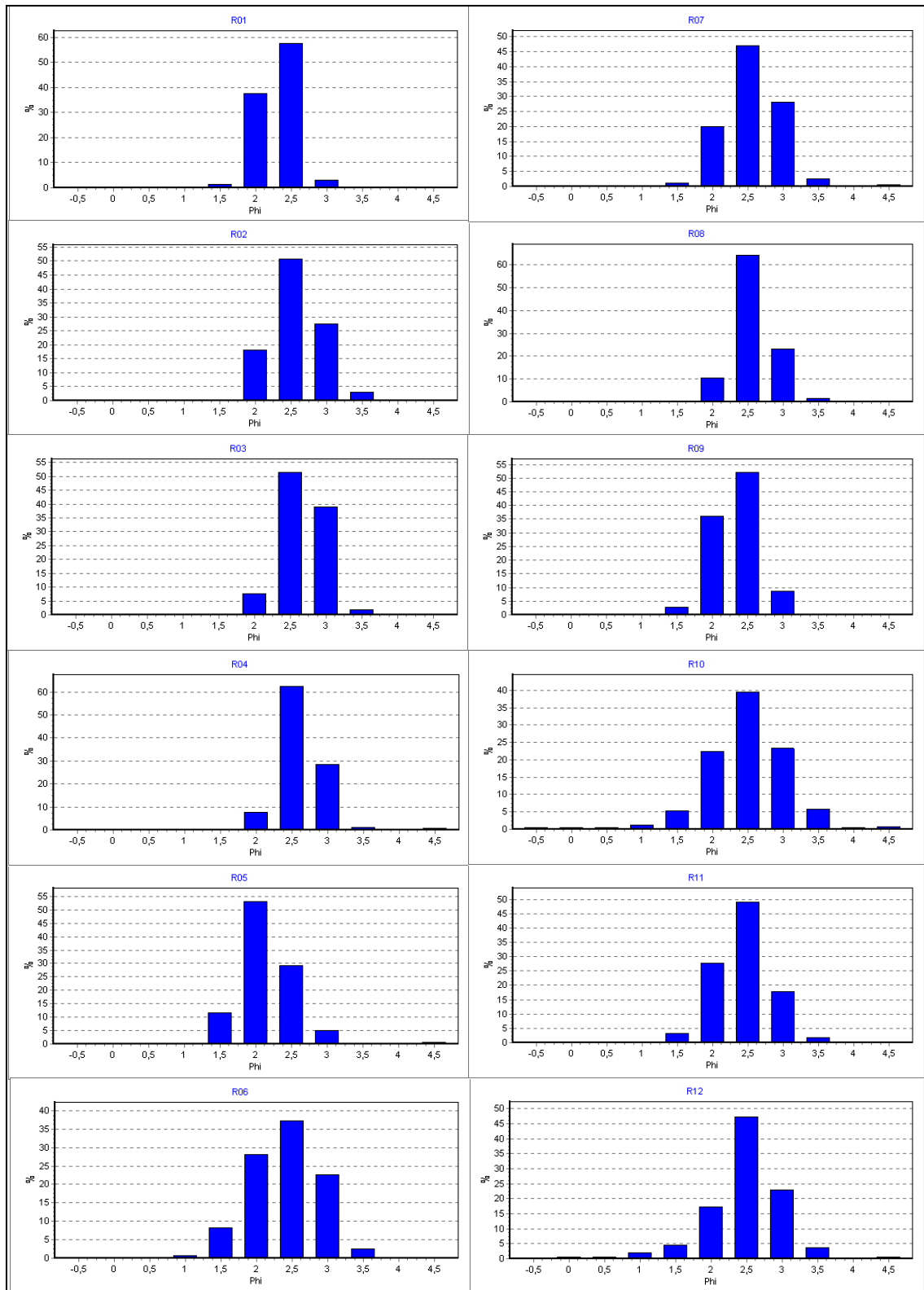


Figura 44: Histogramas de freqüência simples das amostras sedimentares.

Os resultados mostram que existe uma homogeneidade no tamanho médio de grão e no grau de seleção ao longo de toda a praia. Com exceção da amostra R05, todas as amostras apresentaram variações no tamanho médio de grão pouco significativas, sendo classificadas como areia fina.

A amostra R05, classificada como areia média, foi coletada próxima a um local com forte influência antrópica, caracterizada pela existência de obras de engenharia relacionadas à avenida das Rendeiras. Nesse local existe um grande acúmulo de detritos oriundos do desgaste das estruturas de concreto presentes na área, o que pode ter influenciado na amostragem. Apesar desse local ser o ponto que sofre o maior ataque das ondas, como observado em campo, esse fato deveria influenciar no grau de seleção e não no tamanho médio de grão, já que não existem outras fontes de sedimento no local, a não ser os detritos das obras.

Comparativamente, o grau de seleção se mostrou um pouco maior nas amostras do setor oeste em direção ao setor leste. Mas a variação é muito pequena para se obter uma relação com o posicionamento das amostras. Também não houve alteração significativa do tamanho médio de grão e do grau de seleção em relação à profundidade.

Entretanto, os resultados obtidos da análise dos teores de carbonato biodetrítico e de matéria orgânica total no sedimento apresentaram maiores variações, como mostrado na figura 45.

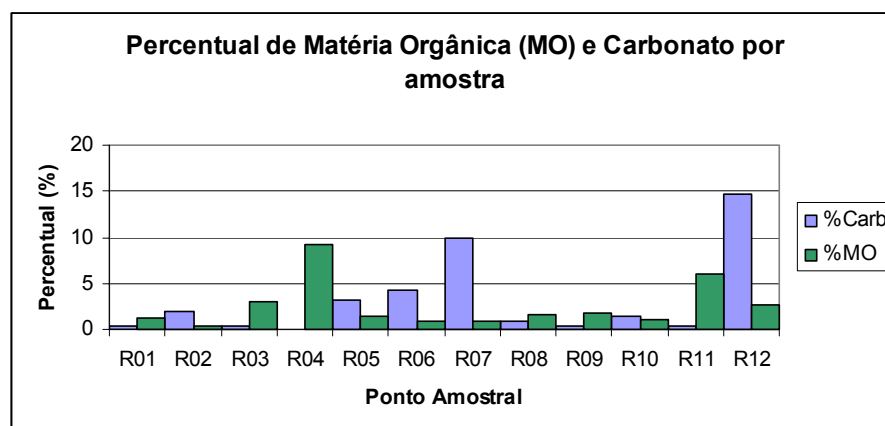


Figura 45: Gráfico do percentual de matéria orgânica total e carbonato biodetrítico por amostra.

Pelo gráfico pode-se perceber que os maiores valores de carbonato foram encontrados nas amostras R6, R7 e R12, e de matéria orgânica nas amostras R3, R4, R11 e R12. Os menores valores para carbonato foram encontrados nas amostras R1, R3, R4, R9 e R11; para a matéria orgânica, foram as amostras R2, R6, R7 e R10.

Aparentemente o setor central (amostras R5 a R9) possui maiores concentrações de carbonato do que os outros dois setores, onde não foram encontradas concentrações significativas, com exceção da amostra R12, a mais profunda do setor leste. Contrariamente, os teores de matéria orgânica total se mostraram maiores nos setores oeste e leste, principalmente nas amostras mais profundas, (R3 e R4, no setor oeste, R11 e R12, no setor leste). O gráfico a seguir apresenta os valores médios por perfil, ou setor amostral (figura 46).

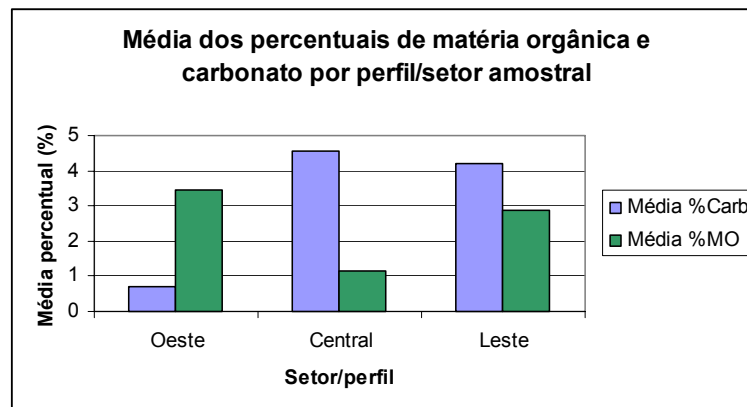


Figura 46: Gráfico do percentual de matéria orgânica e carbonato biodetrítico por amostra.

O setor leste também apresentou uma alta concentração de carbonato biodetrítico, mas isso foi em função da amostra R12. Com exceção dessa, os valores são semelhantes ao setor oeste.

O gráfico a seguir mostra os percentuais acumulados para cada perfil, ou setor amostral (figura 47).

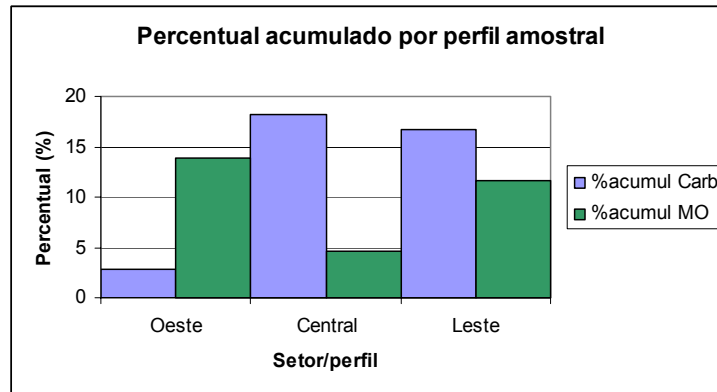


Figura 47: Gráfico do percentual de matéria orgânica e carbonato por perfil amostral.

Novamente se observam maiores concentrações de carbonato biodetrítico no setor central, e maiores concentrações de matéria orgânica total nos setores leste e oeste.

Para analisar a variabilidade das concentrações ao longo de cada perfil amostral, foi construído o gráfico apresentado na figura abaixo (figura 48).

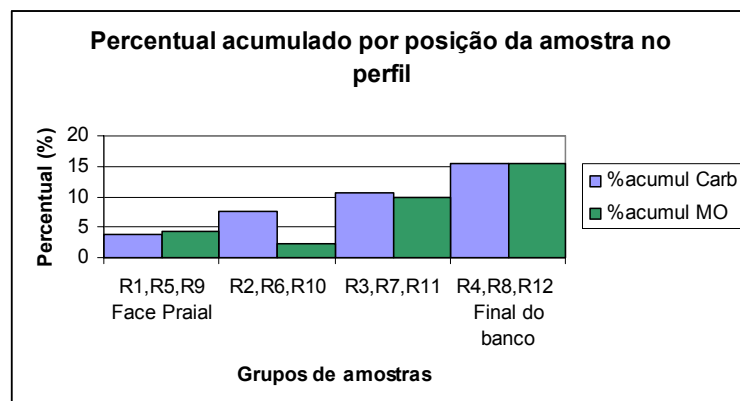


Figura 48: Gráfico do percentual de matéria orgânica e carbonato por posição da amostra no perfil.

O gráfico mostra que as concentrações de carbonato e matéria orgânica aumentam da área emersa para as áreas mais profundas. No entanto, o diagrama

de dispersão apresentado a seguir (figura 49), mostra que não há uma relação significativa entre a profundidade e as concentrações obtidas, apesar dos valores absolutos mostrarem o contrário. Os valores de R^2 obtidos por regressão linear mostram que tanto o teor de carbonato biodetrítico quanto o de matéria orgânica não são dependentes da profundidade.

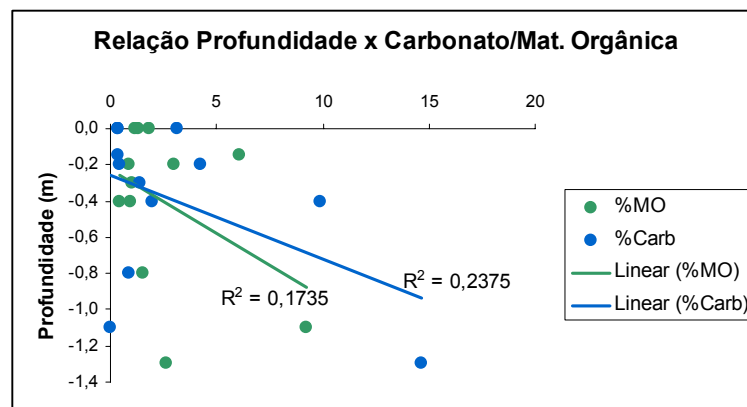


Figura 49: Gráfico de relação Profundidade x Carbonato/Mat. Orgânica.

Aparentemente, há uma maior relação da heterogeneidade da morfologia de fundo com os teores de carbonato biodetrítico e de matéria orgânica total do que dessas variáveis com a profundidade e com o tamanho médio de grão. Com base nos resultados obtidos pela batimetria, pode-se inferir que quanto mais heterogênea a morfologia, maior a concentração de matéria orgânica e menor a de carbonato biodetrítico. É provável que a presença das barras transversais favoreça a formação de áreas propícias para a acumulação de matéria orgânica.

5.3. PISTA EFETIVA DE VENTO

A figura 50, a seguir, apresenta os valores de pista efetiva de vento (fetch) calculados para a atuação do vento nordeste.

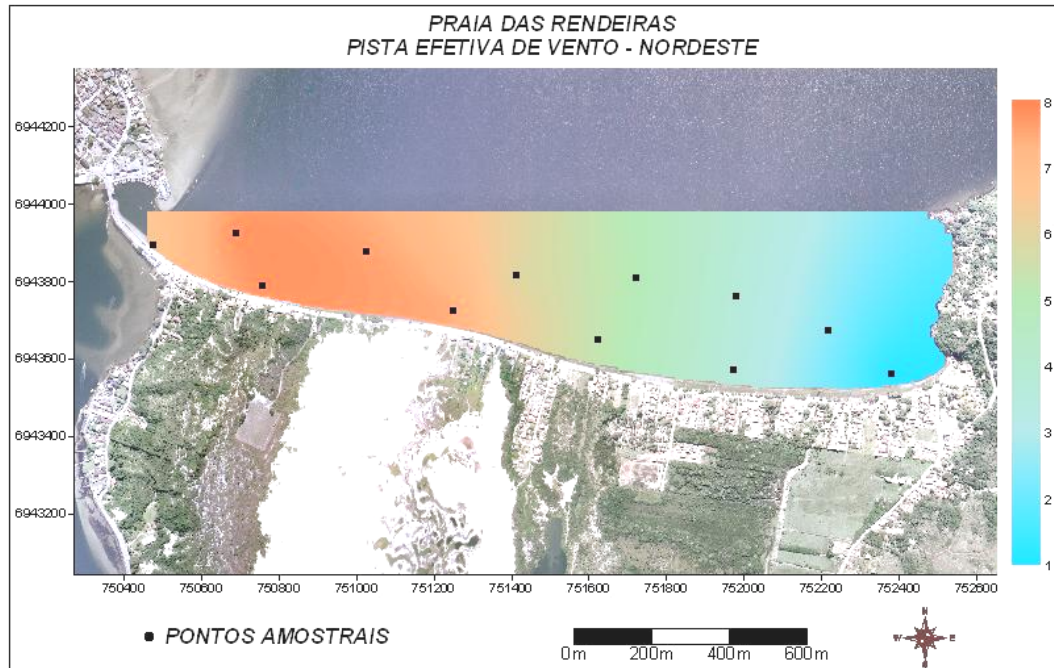


Figura 50: distribuição dos valores de fetch, para o vento nordeste.

O mapa mostra que o setor oeste apresenta um grau de exposição maior que o setor leste, e que, portanto, está submetido a um maior nível energético de atuação das ondas superficiais. Os maiores valores estão concentrados na zona de transição entre setor oeste e o setor central.

Para o vento sudoeste, a figura 51, apresentado a seguir, mostra os valores de pista de vento obtidos.

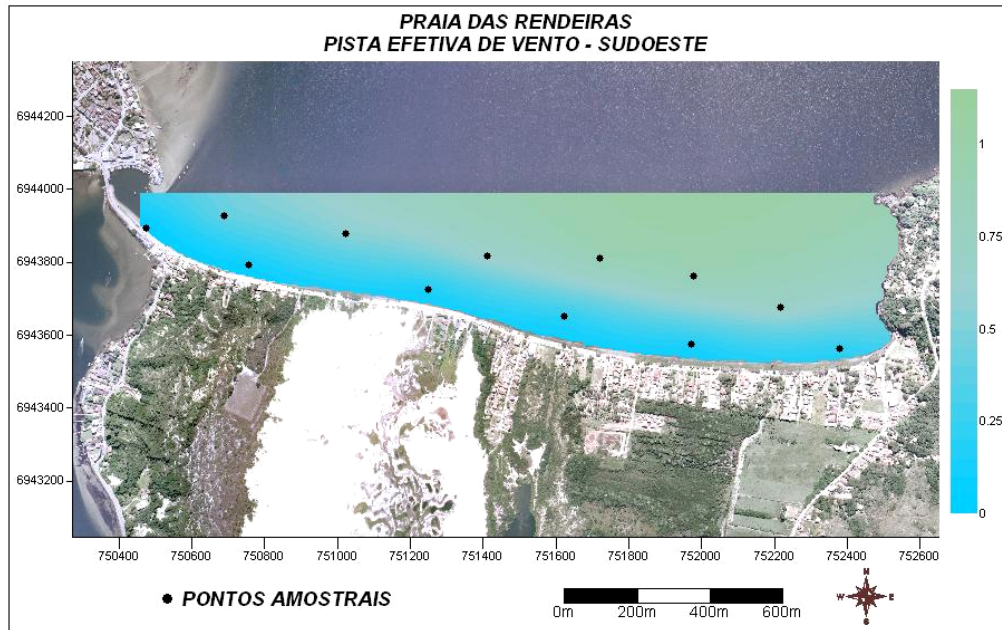


Figura 51: distribuição dos valores de fetch , calculados para o vento sudoeste.

Como esperado, o mapa mostra que toda a praia está protegida da atuação dos ventos do setor sul, já que a praia está exposta para o norte. A diferença de valores ao longo do banco é mínima. Entretanto, o ângulo de ataque do vento sudoeste deve ser responsável pela formação de correntes no sentido oeste-leste sobre o banco.

A figura 52 mostra os valores de fetch obtidos plotados em um diagrama ETA.

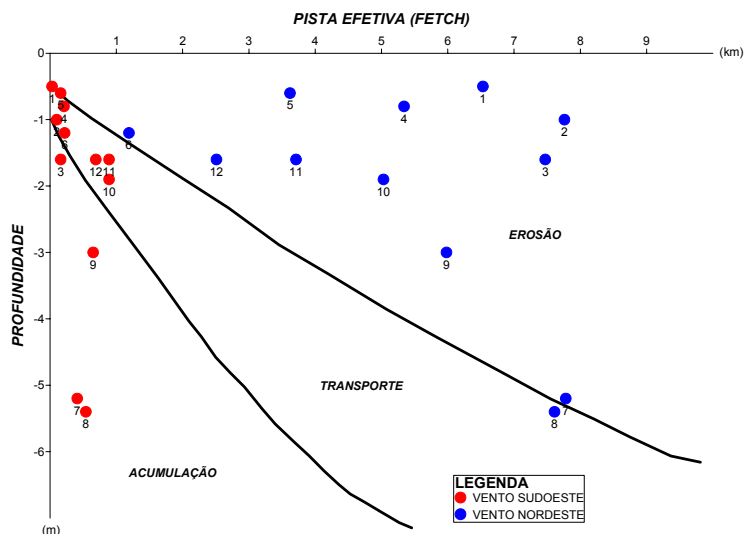


Figura 52: Diagrama ETA, obtido com base no cálculo do fetch para os ventos Sudoeste e Nordeste.

O diagrama mostra um comportamento bem diferenciado dos sedimentos nos pontos amostrais de acordo com o vento atuante. Com o vento nordeste, há uma tendência de erosão dos sedimentos superficiais; com o vento sudoeste, há uma tendência de acumulação e transporte com menores intensidades.

Sob a atuação do vento nordeste, a diferença encontrada entre as amostras está relacionada com a profundidade; as amostras localizadas em locais mais profundos estão sujeitas a menores intensidades hidrodinâmicas (relacionadas ao vento). As amostras 1 a 4 são as que se apresentam mais expostas e estão sujeitas a maiores valores de erosão; as amostras 5 e 6, apesar de se localizarem em locais rasos, como as amostras 1 a 4, apresentam menores valores de erosão por estarem em locais mais protegidos.

Sob a atuação do vento sul, o alto grau de proteção da praia a esses ventos propicia apenas o transporte e a acumulação. A profundidade influencia na intensidade do transporte: quanto mais profunda, menor o transporte, maior a acumulação.

5.4. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS EMERSAS

As áreas emersas da praia apresentam forte heterogeneidade ao longo da mesma, semelhante ao que ocorre nas áreas submersas. Através das fotos de campo, foi possível identificar as características específicas de cada setor.

Sob uma visão geral, a praia das Rendeiras apresenta três setores distintos: dois setores côncavos, nas extremidades, e um convexo, no centro. Na figura 6, da área de estudo, e em vários mapas desse trabalho essa morfologia pode ser facilmente visualizada. Foi com base nessa configuração que os setores definidos para o estudo foram determinados.

O setor oeste apresenta um pós-praia com pequena extensão, composto por areia com baixa compactação e a face praias possui cúspides irregularmente espaçadas, intercaladas pelas barras transversais que se ancoram na área emersa.

Na extremidade oeste existe uma pequena praia limitada por um muro de contenção, que segura a estrutura da avenida. As figuras 53 e 54 ilustram esse local.



Figura 53: morfologia do pós-praia no extremo oeste da praia.



Figura 54: cúspides irregulares e barras transversais – setor oeste.

A partir da porção central do setor oeste, entre o pós-praia e o muro de contenção começam a aparecer depósitos sedimentares cobertos por gramíneas, conforme mostrado nas figuras 55, 56 e 57. A partir desse local, o pós-praia apresenta maiores extensões e as barras transversais começam a ser mais evidentes, tendo uma maior influência na morfologia.



Figura 55: porção central do setor oeste, onde se inicia o depósito sedimentar coberto por gramíneas e barras transversais mais proeminentes.



Figura 56: visão geral da porção central do setor oeste. Notar parte da transversal emersa pelo baixo nível da água, ancorada à praia.



Figura 57: Morfologia da porção central do setor oeste.

Em dias de baixo nível da água, esse local é o que apresenta o maior número de barras transversais expostas, como mostradas pelas figuras 58, 59 e 60. Nesse dias, é notável o processo de refração de ondas causado pela presença das barras.



Figura 58: Vista panorâmica de uma barra transversal emersa e dos processos de refração de onda causados pela batimetria irregular.



Figura 59: Vista panorâmica de barra transversal e a zona de sombra causada pela mesma na praia.



Figura 60: Morfologia da porção central do setor oeste, com parte de uma barra transversal exposta.

O depósito sedimentar coberto por gramíneas apresenta uma escarpa erosiva em toda a sua extensão, morfologia que se mantém constante e não apresenta uma sazonalidade.

A partir desse ponto a praia começa a ter influência direta do campo de dunas ativo existente na área, e a cobertura de gramíneas começa a sofrer competição com espécies pioneiras de dunas, como a *Blutaparon portulacoides*. O depósito arenoso além do pós-praia adquire em alguns pontos características de dunas embrionárias, escarpadas por erosão, e apresenta volumes maiores do que na área coberta exclusivamente por gramíneas, porém é mais estreito. Esse local caracteriza a zona de transição entre o setor oeste e o setor central. As figuras 61, 62 e 63 ilustram esse local.



Figura 61: área sob influência direta do campo de dunas ativas. Notar a disputa entre as gramíneas e a *Blutaparon portulacoides*.



Figura 62: Detalhe de duna embrionária escarpada, associada a uma árvore. No fundo, o campo de dunas ativas.



Figura 63: Final do setor oeste, sem a cobertura de gramíneas e com algumas dunas embrionárias cobertas por espécies pioneiras.

A figura 64, a seguir, marca o ponto final do setor oeste, onde as dunas desaparecem e o pós-praia adquire as menores extensões encontradas. A curvatura da praia muda de côncava, para convexa, e fica mais exposta aos agentes hidrodinâmicos.



Figura 64: final do setor oeste. A praia emersa desaparece.

No setor central, em dias de alto nível de água na laguna, o pós-praia fica todo submerso e a praia desaparece, como se não existisse. O volume de sedimento que se deposita nesse setor é muito menor do que nos setores leste e oeste, e o pós-praia se resume a uma estreita faixa de areia ancorado em um muro de contenção de quase 2 m de altura (figuras 65 e 66). Existe uma grande quantidade de material grosseiro, resultante de atividades antrópicas.



Figura 65: Detalhe do muro de contenção. Notar a presença de algumas barras transversais, que existem apenas nesse ponto.

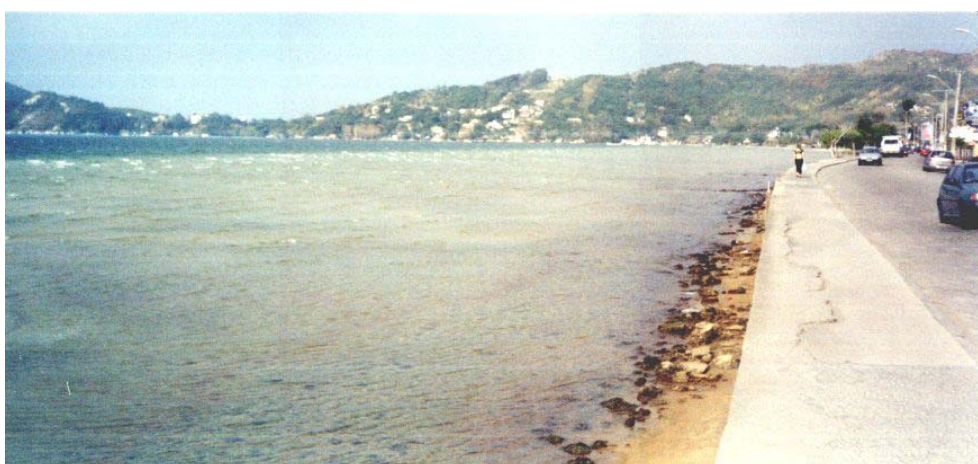


Figura 66: Setor central, praticamente sem depósito sedimentar em área emersa. A foto foi tirada em dia de baixo nível de água. Notar o acúmulo de material grosseiro e a homogeneidade da área submersa.

Na zona de transição entre o setor central e o setor leste da praia, existem estruturas antrópicas construídas na tentativa de aumentar a deposição sedimentar no local, como mostrado na figura 67. Tem início uma passarela de madeira, juntamente com alguns depósitos arenosos cobertos por gramíneas e algumas árvores (figura 68). Embaixo da passarela aparecem indícios de forte erosão, como mostrado na figura 69.

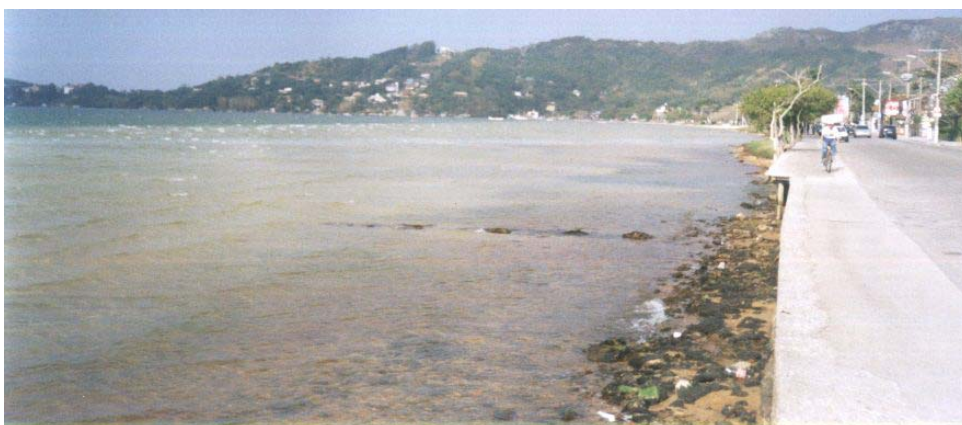


Figura 67: Detalhe de um esporão de pedra construído na tentativa de aumentar a deposição sedimentar. No fundo, o início de uma passarela de madeira.

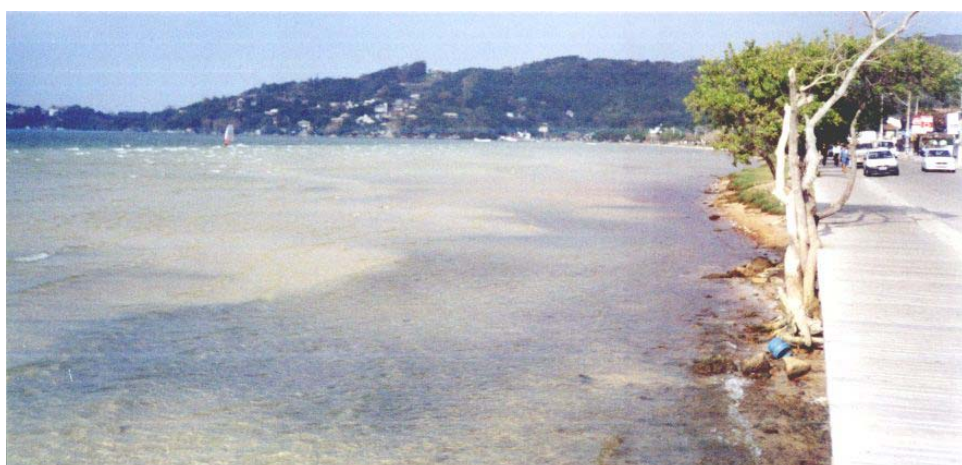


Figura 68: Detalhe da passarela de madeira. Nesse local também existe acúmulo de material grosseiro oriundo de estruturas antrópicas. No fundo, o início do setor leste, com o aparecimento de depósitos emersos.



Figura 69: Detalhe de erosão sob a passarela. A ação de ondas não possibilita a acumulação de depósitos sedimentares.

A partir desse ponto começa o setor leste, que se caracteriza pelo surgimento de um extenso depósito arenoso coberto por gramíneas e a face praial semelhante ao do setor oeste, com cúspides praias intercaladas por barras transversais ancoradas à margem. O depósito coberto por gramíneas nesse setor também apresenta escarpas erosivas em toda a sua extensão. As figuras 70 e 71 ilustram a morfologia do setor leste, próxima ao setor central.



Figura 70: Ponto que marca o início do setor leste, com o surgimento de depósitos emersos.



Figura 71: Parte inicial do setor leste, sem barras transversais e escarpas nos depósitos emersos.

Em direção ao extremo leste, o depósito emerso aumenta até atingir as maiores extensões encontradas na praia (figura 72). Nesse local ocorre o maior grau de influência antrópica, com a existência de quadras de vôlei (figura 73), ranchos de embarcações (figura 72), trapiches e outras estruturas de lazer. Nesse setor também ocorre a maior concentração de estruturas urbanas (casas e restaurantes).



Figura 72: Detalhe da extensão do depósito coberto por gramíneas e o rancho de embarcações, no fundo.



Figura 73: Cúspides praias próximas à quadra de vôlei.

No extremo leste o pós-praia se torna estreito, e é comum encontrar depósitos de areia grossa, como mostrado na figura 74.



Figura 74: detalhe do acúmulo de sedimento grosso no extremo leste. Notar as microcúspides.

No setor leste também é comum em vários locais a ocorrência de depósitos, ou leques, de sobrelavagem. A figura 75 mostra um desses depósitos. Esses depósitos são construídos pela ação de ondas em dias de alto nível de água na laguna. Após um certo período de tempo, esses leques são cobertos por vegetação e incorporados definitivamente às áreas emersas. A figura 76 mostra um leque de sobrelavagem inativo.



Figura 75: Depósito de sobrelavagem ativo.



Figura 76: Depósito de sobrelavagem inativo, parcialmente coberto por gramíneas.

Ao longo de toda praia existem aportes pluviais de diferentes magnitudes e muitos deles têm influência significativa na morfologia. Em alguns locais chegam a se formar microdeltas, principalmente no setor leste, onde os aportes têm mais magnitude. O figura 81, a seguir, mostra a distribuição dos aportes pluviais ao longo da praia. As figuras 77, 78 e 79 ilustram as feições geomorfológicas influenciadas pelos aportes.



Figura 77: Microdelta formado na frente do maior aporte pluvial presente na praia. Essa feição apresenta intensa variação morfológica, de acordo com a precipitação e a ação de ondas.



Figura 78: Rancho de embarcações e microdelta, formado por um aporte pluvial.



Figura 79: Vista panorâmica de um microdelta formado pela ação de um aporte pluvial, extremo leste da praia.

Os trapiches presentes no setor também influenciam na morfologia, com a formação de esporões arenosos ancorados na praia, como mostrado pela figura 80.



Figura 80: Alteração morfológica da margem, resultante da presença do trapiche.

Os aportes pluviais se distribuem ao longo de toda a praia, sendo, no total, 40 aportes. A figura 81, mostrado a seguir, apresenta a distribuição dos mesmos.

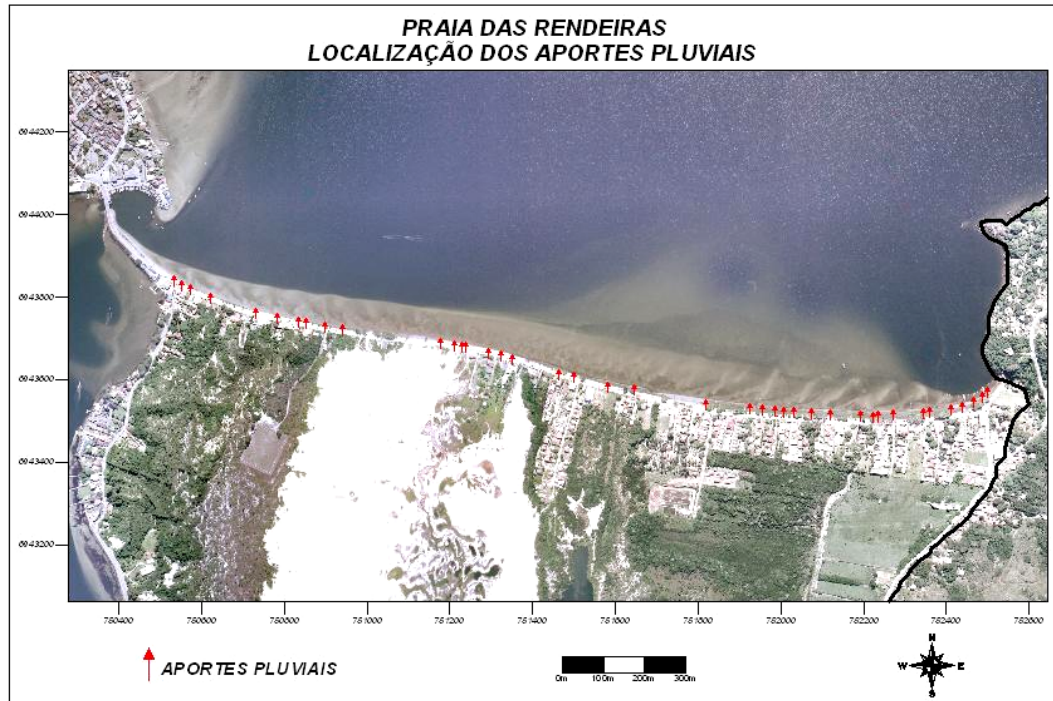


Figura 81: Localização dos aportes pluviais.

Entretanto, os aportes de maior magnitude e que têm maior influência na morfologia estão concentrados no setor leste. O gráfico apresentado a seguir (figura 82) mostra a distribuição da quantidade de aportes pluviais em cada setor da praia. Pode-se notar que mais de 50% dos aportes está concentrado no setor leste.

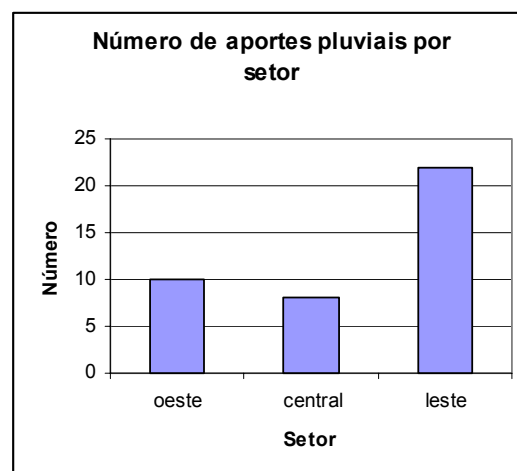


Figura 82: Gráfico de distribuição dos aportes pluviais entre os setores da praia.

6. DISCUSSÃO

A tabela a seguir apresenta um resumo das principais características obtidas para cada setor da praia das Rendeiras.

Tabela 6: Resumo das características morfossedimentares da praia das Rendeiras.

	OESTE	CENTRAL	LESTE
Morfológicos			
Extensão do banco	70 – 80m	71 – 102m	70 – 83m
Declividade	3° - 4° (11° no extremo oeste)	2,5° - 3°	0° - 2° (8° no extremo leste)
Profundidade máxima	1,8m	0,75	1,1
Declividade do talude	6° - 11°	6° - 8°	2° - 8°
Profundidade que o talude atinge	5,5m	5,0m	2,5m
Barras transversais			
Orientação em relação à perpendicular da margem	30°O	-	42°E
Amplitude	0,45m	-	0,55m
Espaçamento	75m	-	106m
Extensão	92m	-	145m
Perfis praias			
Classificação (Hedge <i>et al.</i> , 1996)	Moderadamente Côncava	Plana	Moderadamente Côncava
Sedimentos			
Tamanho médio de grão	2,3	2,1	2,1
Grau de seleção	0,34 – Muito bem selecionado	0,42 – Bem selecionado	0,45 – Bem selecionado
Teor de carbonato biodetrítico	0,7%	4,55%	4,19%
Teor de matéria orgânica total	3,46%	1,16%	2,89%
Morfologia das margens			
Extensão do pós-praia	0,5 – 2,0m	0,5m	1,5 – 28m
Cobertura vegetal	Gramíneas e espécies pioneiras de dunas	-	Gramíneas
Estruturas antrópicas	Muro de contenção	Muro de contenção Passarela	Trapiches Quadra de vôlei Rancho de embarcações
Aportes pluviais	10	8	22
Grau de exposição			
Fetch (vento nordeste)	6,5 - 7,5km	3,6 – 5,3km	1,2 – 3,0km

A tabela deixa clara a heterogeneidade que existe ao longo dos 2km de extensão da praia das Rendeiras. Com exceção do tamanho médio de grão, todas as outras informações obtidas permitem identificar distintos setores ao longo da praia.

Os estudos anteriores realizados sobre as características dos sedimentos sobre o banco das Rendeiras (GRÊ & HORN FILHO, 1989; PORTO-FILHO, 1993) identificaram tamanhos de grão maiores na parte leste da praia. Essa característica provavelmente não foi identificada por esse estudo em função da estratégia amostral adotada. Somente no extremo leste se observam depósitos de sedimentos mais grossos, e nesse setor não foram coletadas amostras.

De fato, tanto o extremo leste quanto o extremo oeste apresentaram características distintas dos três setores onde o estudo concentrou a coleta de dados. No extremo oeste a praia possui a menor extensão, em função da limitação do tamanho do banco marginal. Atualmente, a praia está ancorada em uma ponte, mas na sua configuração original esse ponto extremo era caracterizado por um esporão arenoso formado pelo retrabalhamento dos depósitos eólicos adjacentes.

Já no extremo leste, as características apresentadas revelam uma maior influência da presença do morro da Galheta e da provável existência de antigos depósitos de encosta, com sedimentos mais imaturos e grosseiros. A ausência de sedimentos de maior tamanho em qualquer outro ponto da praia leva a crer que a fonte desses sedimentos é local e que não há competência hidrodinâmica para transportá-los para outros setores da praia.

Dentro dos estudos sobre praias ao longo de todo o mundo, o tamanho médio de grão do sedimento é um parâmetro determinante na morfologia. A maioria dos modelos conceituais relaciona a granulometria com algum outro parâmetro para classificar as praias em grupos morfológicos, ou morfodinâmicos, semelhantes. Modelos muito bem aceitos pela ciência, como de Wright & Short (1984), Short & Aagard (1993) e Hedge *et al.* (1996) utilizam a granulometria para diferenciar os tipos de praia.

Entretanto, mesmo com a aparente homogeneidade granulométrica ao longo da praia das Rendeiras, comportamentos morfológicos bem distintos foram

observados. Isso leva à necessidade de se identificar os outros parâmetros responsáveis pela heterogeneidade.

Um estudo apresentado por Siegle (1996) ao longo das praias expostas da costa sul do estado do Rio Grande do Sul mostrou que pequenas variações no tamanho médio de grão, até dentro da mesma classe granulométrica, podem causar fortes alterações morfológicas nos perfis praias estudados. Complementarmente, Lélis & Calliari (2004), estudando o comportamento evolutivo das praias adjacentes à desembocaduras de rios e lagunas, também na costa do Rio Grande do Sul, identificaram que nesses locais a orientação da linha de costa e o grau de proteção das praias são determinantes nas heterogeneidades morfológicas identificadas em curtas distâncias.

Esse exemplo mostra que a morfologia praial está diretamente relacionada às características locais de onde ela se forma. Jackson & Nordstrom (1992) utilizam o termo “controle específico local” para englobar o grupo de agentes responsáveis pelas características de uma praia. Em ambientes restritos, como estuários e lagunas, vários outros agentes, além da granulometria, podem ser responsáveis por heterogeneidades morfológicas em curtas distâncias.

Os mesmos autores acima citados (JACKSON & NORDSTROM, *op cit.*) consideram que a morfologia do estuário, ou laguna, e as estruturas antrópicas controlam as características eólicas e hidrodinâmicas atuantes nas praias existentes nesses locais.

Com base nos resultados obtidos por esse trabalho, pode-se dizer que três agentes são os principais controladores das características morfossedimentares da praia: a configuração da linha de costa, o grau de exposição heterogêneo e as estruturas antrópicas.

Os resultados obtidos do cálculo do fetch mostraram que o local que apresenta o maior grau de exposição está posicionado entre os setores chamados de oeste e central. Esse local é exatamente o que apresenta os maiores valores de declividade do banco (com exceção das extremidades). Além disso, coincide com a parte mais exposta da margem. Como já dito anteriormente e facilmente observado

pelo aerolevanteamento e pelas fotos de campo, o setor central destaca-se dos outros dois setores, que se configuram como dois embaixamentos.

Não existem dados históricos suficientes para saber se a morfologia da margem sempre apresentou essa configuração. O fato é que hoje o seu posicionamento é controlado pela presença de estruturas antrópicas. O muro de contenção construído para proteger a avenida das Rendeiras mantém fixa a morfologia da linha de costa.

No setor central freqüentemente ocorrem danos à estrutura pela ação de ondas. A orientação da margem, influenciada por estruturas antrópicas, e o grau de exposição determinam a morfologia desse setor da praia. A configuração mais exposta e o maior nível energético prejudicam a acumulação de sedimentos no local, que se depositam nos setores oeste e leste. Isso impede a formação de um pós-praia bem desenvolvido.

Dois características do setor leste – menor grau de exposição e correntes favoráveis em condições de vento sul, são os prováveis agentes responsáveis pela morfologia observada: grandes extensões do pós-praia, baixa declividade do banco e um imenso depósito sedimentar submerso. Soma-se a isso a quantidade de aportes pluviais existentes, muito superior aos outros setores da praia.

Já no setor oeste o grau de exposição é maior, mas a configuração da linha de costa, na forma de um embaixamento, permite a formação de um pós-praia. Esse pós-praia não é desenvolvido como no setor leste, mas a morfologia é semelhante, bem como o acúmulo de sedimentos pela presença de dunas embrionárias e barras transversais ancoradas.

O acúmulo de sedimentos nos dois setores extremos leva a condição da existência de correntes simultâneas com direções opostas sobre o banco, em condições de ventos do setor norte. Essas correntes se formariam a partir da zona de maior exposição, no setor central, e seguiriam rumos opostos. De fato, praticantes do *windsurf* no local relataram a existência dessas correntes em direções opostas.

A presença das barras transversais com orientações opostas é outro fator que indica a existência de correntes opostas. Barçilon & Lau (1973) afirmam que as barras têm o seu eixo principal formado perpendicularmente à direção das correntes. Aplicando a fórmula desenvolvida por esses autores e corrigida por Falques (1991), apresentada no item 2.2.3.1, é possível calcular valores de corrente em função do espaçamento medido entre as barras.

Tomando-se $L = 145\text{m}$ e $\beta = 2^\circ$, para o setor leste, obtém-se uma velocidade de corrente de $2,8\text{m/s}$; tomando-se $L = 92\text{m}$ e $\beta = 3^\circ$ para o setor oeste, chega-se a $2,2\text{m/s}$. Maiores valores de corrente para o setor leste, mais competência para transportar sedimentos. Esses valores também explicam porque as barras no setor leste são mais proeminentes, e porque o setor oeste é menos desenvolvido.

Cabe aqui salientar que os valores de correntes obtidos pelo modelo de Barçilon & Lau (1973) e Falques (1991) são valores extremamente superiores aos que podem ser encontrados com medições *in situ* na área de estudos. É claro que para o cálculo de valores mais precisos ao modelo precisa ser mais trabalhado.

Apesar dos dados evidenciarem a existência de correntes opostas, não fica claro porque elas teriam intensidades diferentes. O fato é que as barras existentes no setor oeste são muito distintas das barras do setor leste.

O modelo hidrodinâmico aplicado por Andrade (2000) não detectou esse comportamento de correntes. O que ocorre é que o estudo apresentado pelo autor analisou o comportamento de correntes formadas pelo vento e pela ação combinada da maré, em outra escala de análise. Correntes longitudinais formadas dentro da zona de arrebentação não são detectadas por um modelo com a escala utilizada pelo autor.

Entretanto, isso não significa dizer que o comportamento das correntes dentro do corpo lagunar identificado por Andrade (*op cit.*) não condiz com a morfologia do banco das Rendeiras. O modelo de transporte de partículas apresentado mostra claramente a corrente na direção leste em condições de vento sul/sudoeste, o que provavelmente é responsável pelo maior transporte de sedimentos para o setor leste, já que os ventos do sul são muito mais intensos.

Quanto aos perfis praiais, a classificação segundo Hedge *et al.* (1996), apresentada na tabela 6, mostrou-se um tanto subjetiva. Na verdade, a praia das Rendeiras se encontra em um estágio entre as classificações de plana e moderadamente côncava. Segundo os autores, as praias planas apresentam grandes extensões na zona de arrebentação, e também na zona de espraiamento, que podem chegar a atingir mais de 20m. O tamanho médio de grão dessas praias é de 0,18mm.

Para as praias moderadamente côncavas, as extensões da zona de arrebentação são menores (no máximo 10m), mas a morfologia se assemelha mais aos perfis obtidos para a praia das Rendeiras. A granulometria dessas praias também é semelhante – 0,26mm.

A praia das Rendeiras apresentou sedimentos compatíveis com as praias moderadamente côncavas, mas extensões da zona de arrebentação semelhantes às praias planas. Os perfis do setor central se mostraram nitidamente distintos dos outros dois setores. Uma formulação matemática desse modelo conceitual propiciaria uma maior aplicação do mesmo em estudos sobre praias estuarinas.

7. CONCLUSÕES

A praia das Rendeiras possui uma forte heterogeneidade morfológica ao longo de seus 2km. A morfologia é controlada pela morfologia lagunar, pela configuração da linha de costa, pelo grau de exposição e pela presença de estruturas antrópicas.

Podem ser observadas três morfologias distintas:

- O setor central, com batimetria homogênea, sem feições geomorfológicas significativas, ausência de pós-praia e o maior grau de exposição;
- O setor leste, com um extenso pós-praia coberto por gramíneas, barras transversais proeminentes e bem espaçadas na zona de arrebentação, e a presença de um extenso depósito sedimentar submerso; nesse setor ocorre o maior número de aportes pluviais e de feições geomorfológicas, como leques de sobrelavagem, microdeltas e cúspides na face praial; no extremo leste existem depósitos de sedimentos grossos e pequena extensão da zona de arrebentação;
- O setor oeste, com barras transversais menos desenvolvidas e orientadas e direção oposta às barras do setor leste, pós-praia relativamente curto, com areia pouco compactada. Parte do setor possui dunas embrionárias, parte possui depósitos arenosos cobertos por gramíneas e parte se encontra ancorado ao muro de contenção; no extremo oeste se encontram as menores extensões do banco e a maior declividade do talude.

O tamanho médio de grão dos sedimentos se mantém pela maior parte do banco, com exceção de alguns setores localizados, como no pós-praia do setor central e do extremo leste, onde nesse último, onde ocorrem depósitos de areia média e grossa (Porto-filho, 1993). Os teores de matéria orgânica total e de carbonato biodetrítico estão relacionados com a morfologia de fundo: quanto mais homogênea, maior a concentração de carbonato, menor a concentração de matéria orgânica.

A configuração morfológica revela a existência de correntes simultâneas em direções opostas sobre o banco, em condições de ventos do setor norte. Essas correntes são geradas pelo maior nível energético das ondulações próximo ao setor central, resultado de uma maior pista efetiva de vento. Essas correntes podem ser responsáveis pela formação das barras transversais existentes nos setores oeste e leste.

O menor grau de exposição do setor leste propicia o desenvolvimento de uma praia mais extensa do que nos outros setores, com um maior número de feições geomorfológicas, reflexo de um volume sedimentar muito mais significativo.

REFERÊNCIAS

- AEROCONSULT, 2002. **Relatório da Batimetria**. Florianópolis, SC. 44p
- ALMEIDA, L. E. S. B.; PORTO-FILHO, E. 2000. Características morfodinâmicas das praias arenosas da Laguna da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC. Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas. **Resumos...** 128-129.
- ANDRADE, R. C. 2000. **Estudo da circulação hidrodinâmica da Laguna da Conceição, SC**. Dissertação de mestrado. Engenharia Oceânica - Universidade Federal do Rio de Janeiro: CD-ROM.
- BARCILON, A. L.; LAU, J. P. 1973. A model for formation of transverse bars. **Journal of Geophysical Research**, vol 78, No 15: 2656-2664.
- BRUNER, K.R., SMOSNA, R.A., 1989. The movement and stabilization of beach sand on transverse bars, Assateague Island, Virginia. **J. Coastal Res.** 5 (3), 593–601.
- BRUNN, P. 1955. Migrating sand waves or sand humps, withn special reference to investigations carried out on the Danish North Sea coast. **Proc. Conf. Coastal Eng., Conuncil Wave Res., 5th**, pp 269-295.
- CARUSO Jr F. 1993. Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina – Escala 1: 100.000. Texto explicativo e Mapa. **Notas Técnicas**, 6:1-28.UFRGS, RS.
- CARTER, R.W.G., 1978. Small-scale transverse bars in Lough Neagh, Northern Ireland. **J. Earth Sci. R. Dublin Soc.** 1, 205–209.
- CREA & ABES 2000. **Diagnóstico ambiental preliminar da Laguna da Conceição**. Florianópolis, SC.
- CRUZ, O. 1998. **Ilha de Santa Catarina e o Continente Próximo. Um Estudo de Geomorfologia Costeira**. Editora da UFSC, 280p.
- DALRYMPLE, R.A. & THOMPSON, W.W. 1977. Study of equilibrium beach profiles. **Proc. 15th Int. Conf. Coast. Eng.**, Honolulu, Havaí: 1277-1296.

- DAVIES, J. L. 1964. A morphogenetic approach to world shorelines. **Zeitschrift fur Geomorphologie** 8: 127-142.
- DAVIS, J. L.; HAYES, M. O. 1984. What is a wave dominated coast? **Marine Geology** 60: 313-329.
- DEAN, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. **Proc. of Conf. on Engineering Dynamics in the Surf Zone**, Sydney, 208-214.
- DERNTL, J. R.; KLEIN, A. H. F.; TOLDO, E. E. JR.; DAFFERNER, G. 2004. Morfologia das praias arenosas protegidas de Santa Catarina: baías, enseadas e lagunas. Congresso Brasileiro de Oceanografia. **Resumos...p. 474.**
- FALQUES, A. 1991. A note on the Barcelona and Lau model for transverse bars. **Rev. De Geofísica** 47: 191-195.
- GRÊ, J. C. R.; HORN FILHO, N. O. 1999. Caracterização textural dos sedimentos de fundo da Laguna da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. In: Sierra de Ledo, B.; Soriano-Sierra, E. J. (eds). **O Ecossistema da Laguna da Conceição**, NEMAR/CCB/UFSC, SDM/FEPEMA, pp. 25-34.
- GROSS, M.G. 1971. Carbon Determination. **Procedures in Sedimentary Petrology**. Wiley Interscience, New York.
- GUZA, R. T. & INMAN, D.L. 1975. Edge waves and beach cusps. **J.Geophys.Res.**, 87 (21): 2997-3012.
- HAKANSON, L. 1981. **A Manual of Lake Morphometry**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York..
- HARDISTY, J.; DAVIDSON, M. RUSSEL, P.; HUNTLEY, D.A. & HOAD, J.P. 1993. Numerical experiments with infra-gravity waves on a macro-tidal beach profile. **Journal of Coastal Research**, SI 15: 198-214.
- HARDISTY, J. 1990. **Beaches: Form and Process**. Unwin Hyman, 321p
- HAYES, 1979. Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In: Leatherman, Sp. (ed), **Barrier Islands**. New York, Academic Press, p 1-28.

HEDGE, B.; ELIOT, I.; HSU, J. 1996. Sheltered Sandy Beaches of Southwestern Australia. **Journal of Coastal Research**, 12 (3): 748-760

HERRMANN, M.L.P.; MARIMON, M.P.C.; LOPES, P.S. & MACHADO, S.M.. 1996. Adversidades climáticas: levantamento dos impactos negativos no Estado de Santa Catarina, período de 1980 a 1995. **Anais do I Congresso de História e Geografia de Santa Catarina**. Florianópolis: 599-609.

HOEFEL, F. G. 1995. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Monografia. Curso de Oceanologia, FURG, Rio Grande, Rio Grande do Sul. 82p.

_____, F. G 1998. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Ed. UNIVALI, Itajaí, Santa Catarina.

HORIKAWA, K. 1988. **Nearshore Dynamics and Coastal Processes**. University of Tokyo Press. 522p

HORN, D.P. & MASON, T. 1994. Swash zone sediment transport modes. **Marine Geology**, 120: 309-325.

HORN FILHO, N. O.; LEAL, P. C. & OLIVEIRA, J. S. 2000. Ilha de Santa Catarina, SC – Brasil: 88 km de Praias Arenosas. **Simpósio Brasileiro Sobre Praias Arenosas**, Itajaí, p.164-165.

JAGO, C.F. & HARDISTY, J. 1984. Sedimentology and morphodynamics of a macrotidal beach, Pendine Sands, SW Wales. **Marine Geology**, 60: 123-154.

LÉLIS, R.J.F. & CALLIARI, L. J. 2004. Historical Shoreline changes near lagoonal and stabilized river inlets at Rio Grande do Sul state, southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, IS 32.

LIPPMANN, T.C. & HOLMAN, R.A. 1990. The spatial and temporal variability of sand bar morphology. **J. Geophys. Res.**, 95(C7): 11, 575-11, 590.

LOUDON, T. V. 2000. Geoscience after IT: Part G. Familiarization with spatial analysis. **Computer & Geosciences** 26: A51-A62.

JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. 1992. Site specific controls on wind and wave processes and beach mobility on estuarine beaches in New Jersey, USA. **Journal of Coastal Research**, 8 (1): 88-98.

JACKSON, N. L.; NORDSTROM, K. F.; ELIOT, I.; MASSELING, G. 2002. "Low energy", sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. **Geomorphology**, 48:147-162.

KOMAR, P.D. 1976. **Beach process and sedimentation**. Prentice Hall, Inc. 429p.

KONICKI, K. M.; HOLMAM, R. A. 2000. The statistics and kinematics of transverse bars on an open coast. **Marine Geology**, 169: 69-101.

MASSELINK, G.; SHORT, A. D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research** 9 (3): 785-800.

MOODY, D. W. 1964. **Coastal Morphology and processes in relation to the development of submarine sand ridges off bethany beach, delaware**. Tese, Johns Hopkins Inst., 108p.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. 1991. Digital Terrain Modeling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications, **Hydro. Proc.**, v. 5, no. 1, p. 3-30.

MOORE, I. D.; LEWIS, A.; GALLANT J. C. 1993. Terrain properties: Estimation Methods and Scale Effects, **Modeling Change in Environmental Systems**.. JAKEMAN A.J *et al.* (eds), John Wiley and Sons, Nova York.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M. & KJERFVE, B. 2002. **Princípios de oceanografia costeira de estuários**. Ed. USP. São Paulo.

MUEHE, D. & CARUSO JR, F.1989. Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Laguna da Conceição, Ilha de Santa Catarina. **Geosul**, 4(7): 32-44. Convênios CIRM-UFSC/NEMAR 070/045/83 e 070/129/87.

_____ 1999. Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Laguna da Conceição, Ilha de Santa Catarina. In: *Sierra de Ledo, B.; Soriano-Sierra*,

E. J. (eds). **O Ecossistema da Laguna da Conceição**, NEMAR/CCB/UFSC, SDM/FEPEMA, pp. 15-24.

NICHOLS, M.M. & BIGGS, R.B. 1985. Estuaries. **Coastal sedimentary environments**. Ed. R.A. Davis, Springer-Verlag, New York: 77-186.

NIEDORODA, A. W.; TANNER, W. F. 1970. Preliminary study of transverse bars. **Marine Geology**, 9: 41-62.

NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. IBGE / DERNA. RIO DE JANEIRO.

NORDSTROM, K. F. 1993. **Estuarine Beaches**. Elsevier Applied Science, Nova York, EUA.

NUMMEDAL, D.; SONNENFELD, D.L. & TAYLOR, K. 1984. Sediment transport and morphology at the surf zone of Presque Isle, Lake Erie, Pennsylvania. **Marine Geology**, 60: 99-122

PAMPLONA, M. 1999. **Mapeamento da Ocupação do Solo como Base para o Estudo do Clima Local Gerado pelo Espaço Urbano da Cidade de Florianópolis na Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Geografia. UFSC, Florianópolis, 113p.

PEREIRA, M. L. M. 2004. **Estudo da dinâmica das águas do canal da Barra da Laguna**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Geografia, UFSC, Florianópolis.142p

PHLEGER, F.B.. 1969. Some general features of coastal lagoons. **Lagunas Costeras, un Simposio**. Ed. A. Ayala-Castañares. Universidade Autonoma de México, DF.

PORTO FILHO, E. 1993. **Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Laguna da Conceição - Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Geografia. UFSC, Florianópolis: p. 54-243.

_____ 2000. Uso da faixa litorânea associada a Avenida das Rendeiras e interferências na morfodinâmica praias, Laguna da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC. Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas. **Resumos...** 424-425.

PRITCHARD, D.W. 1955. Estuarine circulation patterns. **Proc. Amer. Soc. Civil Eng.**, (Separate 717): 81

SASAKI, T. 1983. Three dimensional topographic changes on the foreshore zone of sandy beaches. University of Tsukuba: Institute of Geoscience, **Science Report (A)**, 4: 69-95p.

SHEPARD, F.P., 1952. Revised nomenclature for depositional coastal features. **Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.** 36 (10), 1902–1912.

SHORT, A. D. 1979. Three dimensional beach stage model. **J. Geol.**, 87: 553-571.

_____ 1982. Morphodynamics of a macrotidal beach. **Marine Geology** 50: 97-128.

_____ 1991. Macro-meso tidal beach morphodynamics - an overview. **Journal of Coastal Research**, 7(2): 417-436.

_____ 1994. Beach morphodynamics in variable wave, tide and sediment - toward a global beach classification system. **Sandy Beaches' 94**, Resumos, Valdivia, Chile, 27-28.

SHORT, A. D. & AAGAARD, T. 1993. Single and multi-bar beach change models. **Journal of Coastal Research**, SI 15:141-157.

SIEGLE, E. 1996. **Características sedimentológicas das praias compreendidas entre Cassinio e Chuí**. Monografia de conclusão do curso de Oceanologia. FURG, RS.

SIERRA DE LEDO, B. & KLINGEBIEL, A. 1999. Effets sur la structure hydrologique d'un système lagunaire, resultant de son ouverture permanente vers la mer: exemple de la Laguna da Conceição (Ile de Santa Catarina) Brèsil. In: B. Sierra de Ledo & E.J. Soriano-Sierra (eds.). **O ecossistema da Laguna da Conceição**. NEMAR/CCB/UFSC. Florianópolis, Brasil: 385-402.

SONU, C.J. 1973 Three dimensional beach changes. **J. Geol.**, 81: 42-64.

SUGUIO, K. 1973. **Introdução a Sedimentologia**. Edgar Bluncken, EDUSP, São Paulo.

SUNAMURA, T. 1988. Beach morphologies and their change. *In: Horikawa, K., (ed.), Nearshore Dynamics and Coastal Processes*, University of Tokoyo Press: 133-166.

TANNER, W. F. 1960. Florida Coastal Classification. **Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Societies**, 10: 259-266.

_____ 1967. Finger bars on na ideal low-wave, low-tide beach, Santa catarina Island, Brazil. **Geol. Soc. Am. Spec. Papers**, 115:219.

TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J. 1999. Trajetórias e distribuição das tempestades extratropicais e o impacto na costa do Rio Grande do Sul. *In: Anais do VII Congresso da ABEQUA*. Porto Seguro, Bahia.

VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. 1991. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Imprensa Universitária de Viçosa - UFV. Viçosa.

VIEIRA, F. 1998. **Caracterização morfológica da margem lagunar da Laguna da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC**. Trabalho de conclusão de curso em Geografia, UFSC, SC.

WARD , L. G.; ROSEN, P.S.; NEAL, W. J.; PILKEY JR., O. H.; PILKEY SR., O. H.; ANDERSON, G. L.; HOWIE, S. J. 1989. **Living with Chesapeake Bay and Virginia's ocean shores**. Durham, NC. Duke University Press.

WRIGHT, L.D; THOM, B.G. & CHAPPELL, J. 1979. Morphodynamic variability of high energy beaches. *In: Proc. 16th Int. Conf. Coastal Eng.*, ASCE, Hamburg, 1978, pp 1180-1194.

WRIGHT, L. D.; GUZA, R.T. & SHORT, A.D. 1982. Dynamics of a high energy dissipative surf zone. **Marine Geology**, 45: 41-62.

WRIGHT, L. D. & SHORT. A. D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, 56:93-118.

ZENKOVITCH, V.P. 1969. Origin of barriers beaches and lagoon coast. **In: Lagunas Costeras, un simposio**; Mem. Sim. Intrn. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO. Mexico:27-38.