

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

JOÃO PEDRO DE MOURA JARDIM

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE SAZONAIS DE INVERNO E
VERÃO PARA A CLASSIFICAÇÃO DAS DUNAS FRONTAIS DO MUNICÍPIO DE
CAPÃO DA CANOA, LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Porto Alegre

2010

JOÃO PEDRO DE MOURA JARDIM

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE SAZONAIS DE INVERNO E
VERÃO PARA A CLASSIFICAÇÃO DAS DUNAS FRONTAIS DO MUNICÍPIO DE
CAPÃO DA CANOA, LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Co-orientadora: Msc Luana Carla Portz

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

JOÃO PEDRO DE MOURA JARDIM

**ANÁLISE DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE SAZONAIS DE INVERNO E
VERÃO PARA A CLASSIFICAÇÃO DAS DUNAS FRONTAIS DO MUNICÍPIO DE
CAPÃO DA CANOA, LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do
Sul.

Aprovado em _____ de _____ de 2010.

Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a Nina Simone Vilaverde Fujimoto

Prof^a Dra. Tânia Marques Strohaecker

AGRADECIMENTOS

- À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela qualidade do ensino
- Ao CNPq, à FAURGS, à prorext, à Prefeitura Municipal de Capão da Canoa e ao CECO, pelo apoio ao projeto de extensão universitária de Diagnóstico e Plano de Manejo das Dunas Frontais para o Município de Capão da Canoa
- Ao Professor Nelson Luiz Sambaqui Gruber, pela amizade e a oportunidade oferecida a mim de entrar em contato com os trabalhos realizados pela equipe do CECO.
- Às Professoras Tânia Marques Strohaecker, Nina Simone Vilaverde Fujimoto, aos professores Francisco Eliseu Aquino e Paulo Roberto Rodrigues Soares pela disposição em me ajudar a concluir essa etapa em um momento único.
- À Luana e ao Rogério, pela paciência, disposição, receptividade e pelas andanças na Rural para a elaboração desse trabalho.
- Aos grandes amigos de caminhada geográfica Cardia, Thiago, Fernando, Mantova e Mari, pela amizade e companheirismo
- Aos companheiros, amigos e funcionários do CECO, Ricardo, Rafael, Fran, Gilberto Santos (Giba) e Maribel
- À minha família, pelo apoio, amor, educação e formação do meu caráter.
- A todas as pessoas e amigos que, de alguma forma, fizeram parte dessa história.

"Eu não sei como eu posso parecer ao mundo, mas para mim, eu pareço ser apenas como uma criança brincando na beira do mar, divertindo-me e encontrando um seixo mais liso ou uma concha mais bonita do que o ordinário, enquanto o grande oceano da verdade permanece todo indescoberto diante de mim."

Isaac Newton

RESUMO

A orla do município de Capão da Canoa, Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul, possui 18 km de extensão intercalando áreas de alta densidade ocupacional com áreas não urbanizadas que preservam suas características naturais. Os sistemas de dunas frontais representam sistemas naturais bastante delicados e vulneráveis à pressão de uso. Neste trabalho, buscou-se analisar o índice de vulnerabilidade das dunas frontais, a partir de levantamentos de campo ao longo da orla do município, sendo esta dividida em 71 perfis realizados em setembro de 2008 (inverno) e fevereiro de 2010 (verão), utilizando-se uma lista de controle de vulnerabilidade (*checklist*). A partir da taxaço de parâmetros, atribuiu-se um índice de vulnerabilidade (IV) para cada perfil, estabelecendo-se um IV de inverno e um IV de verão, e a média entre eles para enquadrá-los em um nível de vulnerabilidade. Os valores mais altos encontrados coincidiram com as áreas mais urbanizadas do município, no distrito sede, Capão Novo, Arroio Teixeira e Balneário Curumim, tanto no inverno quanto no verão, devido à posição da urbanização que muitas vezes reduz a largura dos cordões de dunas frontais. Os fatores que mais contribuíram para a degradação das dunas frontais foram: a condição de praia, no inverno, e a pressão de uso, no verão, indicando a alta fragilidade de alguns perfis ao longo da orla.

Palavras-chave: dunas frontais, índice de vulnerabilidade, Capão da Canoa

ABSTRACT

The shoreline of Capão da Canoa, Rio Grande do Sul State north coast, stretches for 18 km, alternating densely populated areas with non urban empty spaces that still have their natural features preserved. The foredunes systems represent a very delicate and vulnerable environment to anthropic pressure. This paper aimed to evaluate the foredunes' vulnerability, by field evaluation of 71 profiles along Capão da Canoa shoreline in september 2008 (wintertime) and february 2010 (summertime), using a field checklist. After rating some parameters, a Vulnerability Index was established for each profile during wintertime and summertime, and their average was calculated to give them a vulnerability level. The highest values matched the most densely populated areas in that municipality, mainly downtown and in the districts of Capão Novo, Arroio Teixeira and Curumim, both in winter and summer, due to the position of the urban area, that often shortens the width of the foredune ridges. The major factors contributing to foredune degradation were: beach condition during winter time and use pressure, during summertime, indicating the high vulnerability associated with some profiles along the shoreline.

Keywords: foredunes, vulnerability index, Capão da Canoa

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Delimitação da Zona Costeira segundo critérios jurídicos e físicos (Extraído de BID, 1998).....3
- Figura 2: Divisão do Litoral Gaúcho segundo o GERCO, em Litoral Norte, Médio e Sul. Modificado de: Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte, FEPAM, 20008
- Figura 3: Mosaico de imagens da orla de Capão da Canoa, modificado de: Diagnóstico para o Plano de Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa (2009)..... 10
- Figura 4: Ilustração esquemática dos limites da orla: inicia-se na isóbata de 10 m de profundidade em direção ao continente; a partir da linha de preamar e/ou limites de ecossistemas, 200 metros para orlas não urbanizadas e 50 metros para orlas urbanizadas. (BRASIL, 2006). 17
- Figura 5: Ocupação da Orla de acordo com o seu nível de urbanização, extraído de: Projeto Orla, Fundamentos para Gestão Integrada (BRASIL, 2006). 18
- Figura 6: Divisão da Região Hidrográfica do Litoral em quatro grandes setores: Litoral Norte, Litoral Médio Oeste, Litoral Médio Leste e Litoral Sul, disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp>> (RIO GRANDE DO SUL, 2010)..... 19
- Figura 7: Estratificação cronológica dos estágios de evolução urbana no bairro Navegantes, Capão da Canoa. Extraído de Strohaecker (2007).....25
- Figura 8: Setorização da área construída do município conforme níveis de densificação (Strohaecker, 2007).26
- Figura 9: Perfil longitudinal dos sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira no Rio Grando do Sul, indicando os períodos de transgressão do nível do mar, de acordo com os estudos de Tomazelli e Villwock (1999).29
- Figura 10: Sistemas de circulação atmosférica que atuam sobre o clima do Rio Grande do Sul. Extraído de: Vieira (1988).33
- Figura 11: Rosas-de-vento representando a freqüência de ocorrência dos ventos nas estações meteorológicas de Torres e Imbé, com predominância de ocorrência do vento NE. Os números no centro das rosas representam porcentagens de calmaria. Extraído de Tomazelli et al (2008).....35

Figura 12: Compartimentação das subdivisões do prisma praial, modificado de Short (1999) por Toldo Jr. (2010).	37
Figura 13: Perfil longitudinal representativo dos distintos perfis morfodinâmicos praias. (TOLDO Jr. 1993).	38
Figura 14: Classificação dos setores da costa de acordo com seus comportamentos progradantes ou retrogradantes. Adaptado de Toldo Jr. et al., (1999)	41
Figura 15: Exemplo de terrenos dunares com certo grau de estabilização (Fonte: arquivo pessoal).	44
Figura 16: Princípio de formação de uma duna incipiente pelo aprisionamento da areia nos rizomas da espécie <i>Blutaparon portulacoides</i> (Fonte: arquivo pessoal).	45
Figura 17: Dinâmica de interação praia-duna, modificado de Hesp (2000).	47
Figura 18: Gráfico correspondente ao primeiro perfil analisado na orla de Capão de Canoa – Bairro Navegantes - indicando a relevância da seção D (pressão de uso) para a vulnerabilidade do sistema.	51
Figura 19: a) blowouts do tipo prato raso (saucer) e do tipo b) alongados (through). Extraído de PORTZ (2008), modificado de HESP (2000).	55
Figura 20: Setorização da orla segundo o nível de urbanização, os setores em vermelho representam áreas urbanizadas enquanto os verdes áreas sem urbanização. Extraído de: Diagnóstico para o Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa (2009)	57
Figura 21: Gráficos poligonais para os índices de vulnerabilidades (IV) e parciais (IP) para cada perfil.	60
Figura 22: Áreas correspondentes ao perfil 6, no inverno de 2008. Extinção total da duna (esquerda) com substituição por pavimento; construção sobre o pós praia (direita) (Fonte: arquivo pessoal).	61
Figura 23: Processo de escarpamento encontrado no perfil 23. O escarpamento da duna contribui para a acentuação do alto IP da seção A (Fonte: arquivo pessoal).	62
Figura 24: Exemplos de gráficos poligonais de levantamentos realizados em fevereiro de 2010.	65
Figura 25: Estrutura fixa na praia, distrito de Curumim (Fonte: arquivo pessoal).	66

Figura 26: Setorização da orla de Capão da Canoa segundo os seus Índices médios de Vulnerabilidade (IV), modificado de Strohaecker (2007).....	69
Figura 27: Gráfico poligonal de sobreposição dos IP de vulnerabilidade inverno/verão. Fotos tiradas para os respectivos períodos (Fonte: arquivo pessoal).	70
Figura 28: Dunas frontais remanescentes no perfil 6 (verão de 2010) e extinção da duna frontal no perfil 7, substituída pelo calçadão (Inverno de 2008).....	72
Figura 29: Desembocadura de canal presente no perfil 12 (Fonte: arquivo pessoal).	73
Figura 30: Erosão acentuada das paredes laterais devido ao fluxo do sangradouro. Foto tirada em setembro de 2008 (Fonte: arquivo pessoal).	74
Figura 31: Perda de areia do sistema para a rua na retro duna, fevereiro de 2010 (Fonte: arquivo pessoal).	74
Figura 32: Gráficos de sobreposição inverno verão para o posto 4 em Capão Novo	75
Figura 33: Gráfico de IV médio do perfil 58, em arroio Teixeira (Fonte; arquivo pessoal)	76
Figura 34: Gráficos dos perfis 64 e 65, que apresentam a menor vulnerabilidade da orla de Capão da Canoa (Fonte: arquivo pessoal).	77
Figura 35: Cotas altimétricas da duna e pós-praia, medidas em períodos distintos de inverno (linha azul) e verão (linha rosa), distrito sede de Capão da Canoa. Fonte: Diagnóstico para o Plano de Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa (2009).	80
Figura 36: Características de pressão de uso sobre a praia (Fonte: arquivo pessoal).	81
Figura 37: Implantação de cercados para retenção de areia e geração de dunas, em Montevideo- Uruguai (Foto: Arquivo pessoal).....	82
Figura 38: Uso de cobertura morta para a recomposição do perfil das dunas, Torres-RS (Fonte: arquivo pessoal).	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos municípios da Zona Costeira por Estados e os novos municípios criados a partir de 1980. Fonte: Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil, MMA (2009).	6
Tabela 2: frequência do vento NE nas estações meteorológicas de Torres e Imbé, em intervalos de velocidade. Fonte: Tomazelli & Dillenburg (2008).	35
Tabela 3: Lista de taxaço de valores de 0-4 para os parâmetros das seço es de A,B,C e D e seus respectivos escores (E) para o perfil 1 de Capão da Canoa levantado em fevereiro de 2010.	51
Tabela 4: Níveis de vulnerabilidade e suas características, modificado de Laranjeira (1997).	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Histograma típico de distribuição granulométrica de ambientes praias marinhos no litoral do Rio Grande do Sul, indicando a unimodalidade das areias finas e o alto grau de seleção imposto pelo ambiente. Autor: João Pedro Jardim (2010).	31
Gráfico 2: Índices de vulnerabilidade parciais (IP) médios para cada seção dos perfis de 1 à 14, no inverno de 2008.	61
Gráfico 3: comportamento dos IV de inverno ao longo da orla do município de Capão da Canoa.	63
Gráfico 4: Índices de vulnerabilidade parciais (IP) médios para cada seção dos perfis 40,41,42,68,69,70 e 71, no verão de 2010.	66
Gráfico 5: comportamento dos IV de verão ao longo da orla do município de Capão da Canoa.	67
Gráfico 6: comportamento dos IV de inverno (2008) e verão (2010) ao longo da orla do município de Capão da Canoa.	68
Gráfico 7: média dos índices de vulnerabilidade parciais(IP) para cada seção do <i>checklist</i> em função da estação do ano.	77
Gráfico 8: distribuição sazonal da frequência de dias com potencial de ressacas (Nicolodi, 1999).....	79

LISTA DE ABREVIATURAS

A. P.	Antes do Presente
IPTU	Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana
ITBI	Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. ZONA COSTEIRA	2
1.1 DEFINIÇÕES DE ZONA COSTEIRA	2
1.1.1 Aspectos da Ocupação da Zona Costeira no Brasil	4
1.1.2 Litoral Norte do Rio Grande do Sul	7
1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	9
2 GERENCIAMENTO COSTEIRO	11
2.1 GESTÃO INTEGRADA DA ZONA COSTEIRA	11
2.2 PLANEJAMENTO COSTEIRO NO BRASIL.....	12
2.2.1 Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)	13
2.2.2 Objetivos do PNGC	13
2.2.3 Projeto Orla	15
2.2.4 Gerenciamento Costeiro no Rio Grande do Sul	18
3. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	20
3.1 OBJETIVO GERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4 JUSTIFICATIVA PARA O TEMA	21
5 EVOLUÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE CAPÃO DA CANOA	23
6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO	27
6.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....	27
6.1.1 Sistemas Depositionais do Tipo Laguna-Barreira	28
7 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL	32
7.1 REGIME ANEMOMÉTRICO	34

8 PRAIA	36
9 MARÉS, CORRENTES E DERIVA LITORÂNEA	39
10 EROSÃO COSTEIRA	40
11 DUNAS COSTEIRAS.....	42
11.1 DUNAS FRONTAIS	42
11.1.1 Dunas Frontais Estabilizadas	43
11.1.2 Dunas Frontais Incipientes	44
12 INTERAÇÕES PRAIA-DUNA	46
13 IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DAS DUNAS COSTEIRAS	48
14 METODOLOGIA	49
14.1 AGRUPAMENTO DOS PERFIS	52
15 PARÂMETROS DO <i>CHECKLIST</i>.....	54
16 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
16.1 PERFIS DE INVERNO DO SETOR 1.1 (DISTRITO SEDE)	57
16.2 PERFIS DE VERÃO NOS SETORES 1.3 E 1.5 (CAPÃO NOVO E CURUMIM)	63
16.3 COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE (IV) DE INVERNO E VERÃO	67
16.3.1 Análise dos Índices de Vulnerabilidade Inverno/Verão.....	70
16.4.1 O Efeito das Ressacas sobre o Sistema Praia-Duna	78
17. EXEMPLOS DE ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE DUNAS FRONTAIS	82
17.1 INSTALAÇÃO DE ESTEIRAS:.....	83
17.2 PLANTIO DE VEGETAÇÃO NATIVA:.....	83
17.3 COBERTURA MORTA:.....	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO A – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA PLANILHA DO CHECKLIST	90

ANEXO B - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO DENDROGRAMA DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PERFIS	91
ANEXO C- REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CORRELAÇÃO DOS PERFIS.....	92
ANEXO D- REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS	93

INTRODUÇÃO

As Zonas Costeiras do mundo são, atualmente, os espaços sob maior pressão de uso no planeta, o que as torna particularmente vulneráveis uma vez que abrigam ambientes raros e frágeis. São, também, alvos de uma crescente urbanização e concentração das atividades humanas. Segundo Gruber et al. (2003), estima-se que, no decorrer do século XXI, 80% das atividades humanas têm concentração nessa zona. Atualmente, a valorização cultural desses espaços tem sido um importante vetor de ocupação e urbanização acelerada. Os frágeis e dinâmicos ambientes litorâneos têm sido intensamente utilizados para fins de recreação, lazer e turismo. Nas últimas cinco décadas, por exemplo, o Litoral Norte do Rio Grande do Sul experimentou um impulso acelerado na implantação de loteamentos para fins de segunda residência. O mercado imobiliário reserva as áreas de menor apelo paisagístico e cênico para os estratos sociais da classe média, e os espaços mais valorizados e de maior beleza paisagística para a implantação de hotéis, condomínios e loteamentos de luxo, sendo que estes últimos, freqüentemente localizam-se em setores mais vulneráveis dos ambientes costeiros (STROHAECKER, 2007).

Essa urbanização intensa, condicionada pela valorização dos espaços litorâneos, comprometeu a qualidade paisagística e ambiental de seus diversos ambientes característicos.

É nesse contexto que se mostra imperativo um correto diagnóstico das condições ambientais desses espaços, a fim de que o poder público seja devidamente subsidiado na elaboração de planos de gestão sócio-ambientais e ordenamento territorial, para que então se possa almejar um desenvolvimento sustentável das áreas litorâneas.

O município de Capão de Canoa, no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, é um destino muito procurado durante o veraneio e, portanto, bastante caracterizado pela moradia de segunda residência. O município tem experimentado um vertiginoso crescimento urbano (sua taxa de urbanização no ano 2000 já era de 99,45%) e demográfico (para determinação da taxa de crescimento demográfico, considera-se somente a população residente), tendo este último atingido o valor médio anual de

5,16% entre 1991 e 2000 (RIO GRANDE DO SUL, 2010). A ocupação desordenada da orla é responsável pelo aumento do grau de vulnerabilidade de seus sistemas naturais, tais como as dunas frontais, feições geomorfológicas características da paisagem litorânea do estado e importantes quanto à proteção dos assentamentos urbanos litorâneos frente às ressacas, que provocam enormes prejuízos materiais.

Neste trabalho, serão analisadas as dunas frontais da orla do município de Capão de Canoa e, a partir disso, serão diagnosticados os seus índices de vulnerabilidade, por meio da aplicação de uma lista de controle de vulnerabilidade (*checklist*) capaz de diagnosticar os principais impactos de ordem antrópica e natural que ameaçam a resiliência desses sistemas.

1. ZONA COSTEIRA

O conceito de zona costeira engloba uma gama de abordagens e diferenciações político-jurídicas, no entanto, apresenta diversos consensos a respeito.

1.1 DEFINIÇÕES DE ZONA COSTEIRA

Existe certa dificuldade na tentativa de delimitação das Zonas Costeiras, fato que ainda configura-se como polêmico em âmbito internacional, pois há diversas definições que, por vezes, podem tornar esse conceito menos preciso. Tal dificuldade deve-se ao fato de que as Zonas Costeiras abrigam diversos ambientes, cujas características são ora consideradas, ora descartadas.

Em alguns casos, quando se trata de delimitar formalmente a Zona Costeira frente a certas finalidades, os fatores naturais podem ser ponderados e fornecer as bases de uma divisão bastante sólida, pois há áreas onde o Litoral circunscreve de fato paisagens e ecossistemas com limites físicos bem definidos. Alguns autores, nesse sentido, identificam a Zona Costeira como sendo o espaço compreendido entre a linha de costa e as primeiras mudanças fisiográficas significativas no sentido do interior do continente.

Nos casos em que as Zonas Costeiras nem sempre são unidades naturais evidentes, há de se buscar critérios do campo social para delimitá-las. Começou-se

a utilizar critérios de cunho mais geográfico e abrangente para a delimitação desses espaços singulares. Dentre esses, utilizam-se aquelas considerações que dizem respeito às suas funcionalidades ecológicas, à demografia e às divisões político-administrativas, tais como as divisões municipais, no âmbito do exercício do planejamento e ação política e o padrão predominante de uso do solo, que qualifica economicamente o perfil dos lugares (MORAES, 1999).

O conceito de Zona Costeira, virtualmente mais abrangente, ganhou destaque no cenário mundial quando se intensificou a discussão sobre os direitos dos Oceanos, questão pertinente no período do Pós-Guerra, no âmbito da ONU (Organização das Nações Unidas) e países membros (GRUBER et al., 2001).

Em uma tentativa bastante abstrata de conceituação de Zonas Costeiras, pode-se dizer que são áreas de interação entre fenômenos atmosféricos, oceânicos e terrestres. Tais áreas apresentam largura variável e bordejam os continentes, os mares interiores e os lagos. Funcionalmente, é a grande interface entre a terra e a água onde os processos de produção, consumo e intercâmbio ocorrem em altas taxas de intensidade (VILLWOCK, 2001).

Uma definição bastante aceita internacionalmente é a que foi formulada por Rodriguez & Windevoxhel (1988), a qual diz que a Zona Costeira é a porção de terra afetada pela sua proximidade com o oceano e aquela porção do oceano afetada pela sua proximidade com a terra. Pode-se ainda dizer, segundo o critério adotado por alguns países como os Estados Unidos, que a Zona Costeira é a unidade territorial que vai desde os limites da Zona Econômica Exclusiva até o limite terrestre de influência climática marinha (Figura 1).

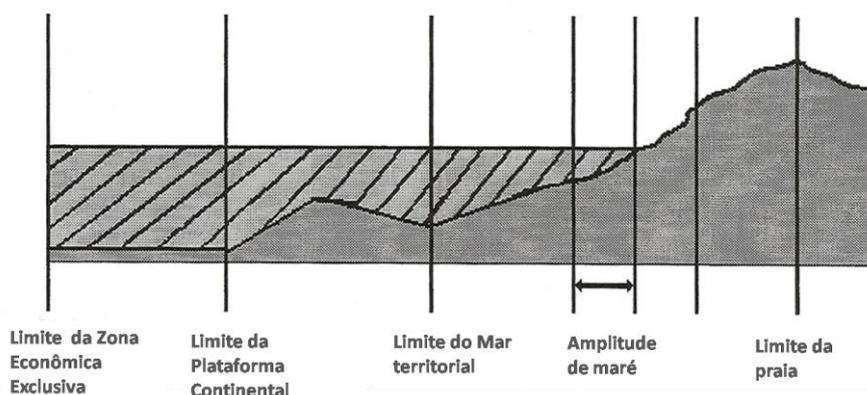


Figura 1: Delimitação da Zona Costeira segundo critérios jurídicos e físicos (Extraído de BID, 1998).

Em âmbito nacional, a CIRM (Comissão Interministerial para os Recursos do Mar) estabeleceu os seguintes critérios para delimitar a Zona Costeira Brasileira, grosso modo, consideram-se dois segmentos:

- Faixa Marítima - é a faixa que se estende mar afora distando 12 *milhas marítimas* das *Linhas de Base* estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, compreendendo a totalidade do Mar Territorial.
- Faixa Terrestre - é a faixa do continente formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na Zona Costeira (CIRM, 2001). Os municípios que se defrontam com o mar fazem parte de um cadastro de áreas especiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹.

Há, ainda, uma questão relevante levantada por Moraes (1999) sobre o critério de delimitação da ZC, que o torna um pouco dúbio, tomando os municípios como referência. Essa constatação deriva do fato de que a abrangência territorial dos municípios brasileiros é bastante desigual. Há, no Brasil, áreas municipais muito exíguas, a exemplo do Nordeste do país, e outras demasiadamente abrangentes e amplas, como no Amapá. A situação pode ser ilustrada quando se comparam as áreas dos municípios de Recife (PE), que possui 217 km², e Macapá (AP), que possui 6.407 km² (IBGE ,2010) de extensão territorial, fato este que explicita a heterogeneidade geradora de polêmicas quanto à delimitação da ZC no país.

1.1.1 Aspectos da Ocupação da Zona Costeira no Brasil

Historicamente, os fluxos de mercadorias e pessoas por via marítima foram fatores de vital importância para a manutenção da coesão territorial do Brasil.

A maneira pela qual a ocupação do território nacional desenrolou-se, desde a colonização, priorizou a dispersão de pequenos entrepostos comerciais através do litoral Brasileiro.

¹ Cadastro dos municípios brasileiros com área total ou parcialmente localizada na Zona Costeira , que é a faixa terrestre identificada preliminarmente por uma distância de 20 km sobre uma perpendicular, contados a partir da Linha da Costa, e por uma faixa marítima de 6 milhas (11,1 km) com mesma origem, agregando as informações já existentes (código geográfico e nome do município) com as produzidas na identificação e/ou classificação do município dentro da zona, tais como: ilha, litoral, baía, estuário, lagoa e interior.

A lógica da formação territorial dos primeiros assentamentos coloniais do Brasil estava subordinada à exploração mercantilista europeia. Todos os centros de difusão para a ocupação do território estavam assentados na costa, que articulavam os espaços produtivos interiores com o comércio marítimo, pois o eixo principal para o escoamento da produção desembocava nos portos marítimos. Em suma, esses povoamentos acabavam por funcionar como nós entre o espaço produtivo e o comércio com as metrópoles

A configuração territorial das Capitânicas Hereditárias, que compreendiam estreitas faixas litorâneas e territórios bastante alongados continente adentro, juntamente com as dificuldades relativas à ocupação do interior, favoreceu o surgimento do pontilhado de assentamentos coloniais ao longo da costa. (VIDIGAL et al., 2006).

No contexto histórico mais recente, a ocupação da ZC brasileira nas últimas décadas tem sido marcada por três vetores principais de desenvolvimento, a saber: a urbanização, a Industrialização e a exploração turística (MORAES, 1999).

A partir da consolidação da economia nacional como de modelo urbano-industrial em meados da década de cinquenta, houve também a concentração espacial das atividades produtivas e de logística nesses espaços, gerando um aporte muito grande de recursos energéticos, humanos, financeiros e de infraestrutura. Tal fato acarretou no aumento significativo das taxas de crescimento demográfico das cidades litorâneas. A urbanização, por sua vez, encontra na valorização cultural desses espaços o principal vetor de ocupação nas décadas recentes. Nesse sentido, a urbanização dá-se a partir da implantação de loteamentos, condomínios, hotéis, resorts e infra-estrutura, sendo os últimos criados para atender às demandas do turismo, outro vetor apontado como indutor da exploração e uso dos espaços litorâneos.

Um fator igualmente importante na compreensão dos movimentos migratórios e de crescimento demográfico das cidades costeiras é o de ordem política. Trata-se do aumento do número de emancipações municipais nas duas últimas décadas, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul, Ceará, Maranhão, Santa Catarina e Pernambuco, conforme a tabela 1, elaborada pelo Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Ministério do Meio Ambiente (2009). No período entre 1980 e 2000, houve um incremento de 23,54% no número de municípios na Zona Costeira Brasileira, em que a macrorregião do

Nordeste respondeu por 43,01% dessa taxa e a segunda colocada, a macrorregião região Sul, por 29,03%.

Macrorregiões e Unidades da Federação	Nº de municípios na Zona Costeira	Novos municípios na Zona Costeira 1980-2000
Norte	38	9
Rondônia	—	—
Acre	—	—
Amazonas	—	—
Roraima	—	—
Pará	30	6
Amapá	8	3
Tocantins	—	—
Nordeste	215	40
Maranhão	34	9
Piauí	34	2
Ceará	5	14
Rio Grande do Norte	30	4
Paraíba	28	1
Pernambuco	20	5
Alagoas	20	1
Sergipe	18	—
Bahia	46	4
Sudeste	67	17
Minas Gerais	—	—
Espírito Santo	18	3
Rio de Janeiro	34	12
São Paulo	15	2
Sul	75	27
Paraná	7	1
Santa Catarina	35	7
Rio Grande do Sul	33	19
Total	395	93

Tabela 1: Distribuição dos municípios da Zona Costeira por Estados e os novos municípios criados a partir de 1980. Fonte: Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil, Strohaecker (2009).

No Brasil, metade da população reside a pouco menos de 200 km do mar. Destaca a ZC compreende uma faixa de 8.698 km de extensão e de largura variável que abrange uma área de aproximadamente 388 mil km². Pelo menos -se o fato de que 13 das 17 capitais dos estados litorâneos localizam-se à beira-mar (GRUBER et al.,2001).

A Zona Costeira do Brasil, a exemplo de muitas outras, evidencia que sobre ela se desenham múltiplas formas de uso e ocupação. Nela podem ser encontradas desde tribos coletoras e comunidades tradicionais de pescadores, a metrópoles e cidades médias, com uma alta densidade demográfica e alta densidade de equipamentos urbanos e industriais, como nas cidades do Rio de Janeiro (6.186.710

hab.), Santos (417.098 hab.), Salvador (2.998.056 hab.), Recife (1.561.659 hab.) etc.² (IBGE, 2000).

Ao traçar-se um panorama geral para elucidar a magnitude da ocupação da ZC brasileira, nota-se que nessa extensa unidade territorial vivem cerca de 39 milhões de pessoas, distribuídas em 17 estados, 395 municípios e 16 metrópoles (Macriodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União, 2009).

1.1.2 Litoral Norte do Rio Grande do Sul

O Litoral Norte do Rio Grande do Sul, bem como toda a extensão do litoral do estado, apresenta características bastante distintas do resto do litoral brasileiro e da maioria dos litorais no planeta, tanto do ponto de vista geológico e paisagístico quanto da singularidade ecológica.

Segundo a delimitação estabelecida pelo Programa de Gerenciamento Costeiro da FEPAM (GERCO-RS), a Região Hidrográfica do Litoral é dividida em três regiões: Litoral Norte, Litoral Médio e Litoral Sul (Figura 2).

O Litoral Norte- onde se encontra o município de Capão da Canoa, área de estudo deste trabalho- possui uma extensão de 120 km de linha de costa e uma área superficial de 3.700 km² (do total de 43.000 Km² para toda a região costeira).

A geologia da planície costeira que forma esse litoral é de idade recente, formada por uma extensa planície sedimentar que data do Quaternário (1,6 milhões de anos A.P.), onde as fácies sedimentares e as feições geomorfológicas encontram-se em sua maioria, inconsolidados e ainda em formação e, portanto, sujeitos à erosão e ao retrabalhamento por agentes exógenos, tal fato torna-os frágeis e especificamente vulneráveis às pressões de uso e ocupação do solo, relativos ao recente processo de urbanização do Litoral Norte.

Nessa porção do Litoral, há uma seqüência de ambientes de grande valor ecológico, de significativa produção biológica, e de valiosa importância paisagística. Entre esses ambientes, podem-se considerar as praias marinhas, as dunas frontais, os campos de dunas, os banhados e o notório rosário de lagoas, as matas

² Dados referentes à estimativa da população para o ano de 2009, extraído de IBGE cidades.

Em termos demográficos, o Litoral Norte do Rio Grande do Sul têm se destacado de maneira notória no último decênio, com uma taxa média de crescimento anual na ordem de 2,84% (21 municípios considerados). Esse indicador ilustra a relevância desse processo quando comparado com as médias do Brasil (1,63%) e do estado (1,23%) para o mesmo período. (STROHAECKER, 2007).

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Capão da Canoa localiza-se no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo uma área de 97 km² entre as coordenadas (29° 44' 44" de latitude S e 50° 00' 35" de longitude). O Território municipal limita-se ao sul com o município de Xangri-Lá, coincidente com a Rua Ubatuba; ao norte, com uma extensão do Município de Terra de Areia e pela Rota do Sol (RS 486); a leste com o Oceano Atlântico que compreende uma orla de aproximadamente 18 km e por fim a oeste, com a Lagoa dos Quadros e seus municípios limítrofes (Terra de Areia e Maquiné). Além da sede, o território municipal é composto pelos distritos de Capão Novo, Arroio Teixeira e Curumim e pela zona rural (STROHAECKER, 2007). O estudo proposto nesse trabalho tem por objetivo analisar os 18 km de orla municipal (Figura 3), onde se encontram as dunas frontais, cujas características particulares de interação com o sistema construído e os processos naturais condicionam diferentes níveis de vulnerabilidade.



Figura 3: Mosaico de imagens da orla de Capão da Canoa, modificado de: Diagnóstico para o Plano de Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa (2009).

2 GERENCIAMENTO COSTEIRO

O conceito de gerenciamento costeiro, em sua concepção mais básica, refere-se a todos os planos, programas e medidas governamentais orientados a disciplinar os usos dos recursos costeiros e/ou sua conservação. Esses planos têm como princípio fundamental promover a atenuação dos conflitos envolvendo os diversos atores que participam da produção do espaço na Zona Costeira.

Segundo Strohaecker:

O gerenciamento costeiro foi implantado, inicialmente, nos Estados Unidos, a partir de 1972, com The Coastal Zone Management Act, e disseminado por vários países ao longo das décadas de 1970 e 1980. (STROHAECKER, 2007, p.36)

Para a autora, com o decorrer do tempo, o conceito foi paulatinamente limitando-se no sentido de que se compreendeu que a natureza sistêmica da Zona Costeira era bastante complexa, o que demandaria uma articulação entre os agentes econômicos e sociais. A partir disso, no âmbito da política, foi incorporada a participação da sociedade civil na elaboração, implementação e fiscalização dos programas que atuassem sobre as zonas costeiras.

2.1 GESTÃO INTEGRADA DA ZONA COSTEIRA

Diante de um cenário de alta complexidade e vulnerabilidade ambiental e da carência de normas de ordenamento territorial, a Zona Costeira encontra-se muitas vezes intensamente explorada. Isso ocorre no espectro de uma exploração que visa à maximização dos lucros em curto prazo, comprometendo a biodiversidade, a qualidade ambiental e reduzindo as potencialidades desses ambientes no tocante a possível diversificação de usos sustentáveis.

Os interesses dos diversos agentes que atuam sobre a zona costeira são muitas vezes conflitantes e de difícil resolução. Para tanto, muitos países costeiros têm adotado programas de Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC).

O desafio inerente à elaboração de tais programas para países de dimensões continentais como o Brasil, que possui um litoral muito extenso (aproximadamente 8.000 km), deriva do próprio fato de que a zona costeira brasileira apresenta muitas

singularidades e variações. Ao longo de sua extensão, há uma grande diversidade de particularidades geológicas, geomorfológicas, regime de marés e correntes e as diferenças de uso e ocupação.

Os convênios de cooperação entre instituições públicas, de pesquisa e mesmo entre outros países que compartilham características semelhantes é o instrumento atual mais eficaz na produção de conhecimento científico para subsidiar planos de gestão.

Em suma, a definição mais aceita para Gestão Integrada da Zona Costeira é: Um processo dinâmico mediante o qual se desenvolvem e executam estratégias coordenadas de distribuição dos recursos ambientais, socioculturais e institucionais com o fim de alcançar a conservação e o manejo múltiplo da Zona Costeira. Essa modalidade de gestão se dá quando as ações são programadas por dois ou mais setores. Esse planejamento precisa ter seus objetivos programáticos equilibrados por meio de: a) otimização do desenvolvimento econômico; b) uso público dos recursos; c) proteção ambiental mediante a coordenação inter setorial. Esse equilíbrio se efetiva fazendo uso de instrumentos de planejamento tais como o ordenamento territorial, as avaliações de impactos ambientais, análises da relação de custo-benefício, os planos de manejo e a participação da sociedade civil (RODRIGUEZ & WINDEVOXHEL, 1998).

2.2 PLANEJAMENTO COSTEIRO NO BRASIL

Em 1987, a CIRM (Comissão Interministerial dos Recursos) estabeleceu o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO), que norteava a metodologia a ser utilizada nos zoneamentos ecológico-econômicos e o modelo institucional a ser implantado para a sua execução. O programa foi adotado em seis estados da federação, a saber: Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O Brasil apresenta uma posição de destaque e liderança na América do Sul frente à Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI-UNESCO), parte integrante da Organização das Nações Unidas (ONU). A Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), criada em 1974, é uma assessoria direta à

Presidência da República e tem por objetivo implantar um programa de zoneamento da Zona Costeira a ser executado pelos órgãos ambientais estaduais. Em 1988, é instituído o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), através da Lei nº 7.661/88 regulamentada pela CIRM e aprovada na 25ª Reunião Ordinária do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Em 1996, os resultados foram publicados no Macrodiagnóstico da Zona Costeira na Escala da União (1:1.000.000), cuja revisão resultou na publicação do mesmo em 2009 destacando as vulnerabilidades ambientais do litoral brasileiro.

2.2.1 Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)

Frente à diversidade e fragilidade ambiental dos ecossistemas costeiros, torna-se imperativa a gerência desses recursos por parte do poder público. O uso racional desses espaços garante a saúde, bem-estar e diversificação econômica às populações que vivem nas zonas costeiras, nelas incluídas, as áreas úmidas e as áreas estuarinas. (CIRM, 2001).

Para se efetivar uma política dessa ordem, o governo brasileiro implantou o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), visando ao ordenamento da ocupação dos espaços litorâneos.

O PNGC foi instituído pela lei 7.661 de 15/05/1988, instituindo a zona costeira do país como patrimônio nacional. A constituição Federal de 1988, por meio de seu Título VIII, Capítulo VI, Artigo 225, parágrafo 4º determina que:

A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. (BRASIL, 1988).

2.2.2 Objetivos do PNGC

O PNGC tem como princípio fundamental o estabelecimento de normas gerais visando à gestão ambiental da Zona Costeira, lançando as bases para a

elaboração de políticas, planos e programas estaduais e municipais, para tanto busca os seguintes objetivos:

- A promoção do ordenamento do uso dos recursos naturais e da ocupação do solo;
- O estabelecimento do processo de gestão, de forma integrada, descentralizada e participativa, das atividades sócio-econômicas na Zona Costeira, de modo a contribuir para elevar a qualidade de vida de sua população e a proteção de seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural;
- O desenvolvimento sistemático do diagnóstico da qualidade ambiental da Zona Costeira, identificando suas potencialidades, vulnerabilidades e tendências predominantes, como elemento essencial para o processo de gestão;
- A incorporação da dimensão ambiental nas políticas setoriais voltadas à gestão integrada dos ambientes costeiros e marinhos, compatibilizando-as com o PNGC;
- O efetivo controle sobre os agentes causadores de poluição ou degradação ambiental sob todas as formas, que ameaçam a qualidade de vida na Zona Costeira;
- A produção e difusão do conhecimento necessário ao desenvolvimento e aprimoramento das ações de Gerenciamento Costeiro. (CIRM, 2001, pg. 14).

O plano dispõe de ações programadas, que prevêem compatibilizar suas ações com as políticas públicas que incidam sobre a Zona Costeira, de modo que todas as estratégias de implantação de indústrias, infra-estrutura de transportes, turísticas, ações sobre pesca e utilizações dos terrenos de marinha se dêem por meio de parcerias. Tal orientação busca disciplinar as atividades para que sejam otimizadas, garantindo o não esgotamento dos recursos em curto prazo. Dentre essas ações, está contemplada a elaboração dos Zoneamentos Ecológico-Econômicos das zonas costeiras dos estados, promovendo as suas atualizações sistemáticas, a fim de que possam ser operacionalizados Sistemas de Informações do Gerenciamento Costeiro (SIGERCO), além da capacitação dos técnicos e a integração com as instituições de pesquisa.

As competências quanto à execução das ações previstas no PNGC são distribuídas nos três níveis de divisão nacional:

- **Nível Federal:** O Ministério Do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), como órgão central do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), deve coordenar a implementação do PNGC e deve ser assessorado pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO).

- **Nível Estadual:** Os estados devem planejar suas atividades de Gerenciamento Costeiro em articulação intergovernamental com os municípios e com a sociedade. Os estados devem coordenar seus planos estaduais, seus sistemas de informação, estruturar e executar os planos de monitoramento e promover a estruturação de um colegiado estadual.

- **Nível Municipal:** Devem implantar o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro, em concordância com o PNGC e do Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro, estruturar seus sistemas de informação e planos de monitoramento, bem como seu colegiado municipal.

O PNGC II, instituído em dezembro de 1997, reafirmou o modelo institucional, articulando as atribuições de maneira integrada, sua principal característica, no entanto, foi a mudança realizada de uma abordagem mais técnica e metodológica para uma de ordem mais política. A delimitação da ZC varia conforme os próprios objetivos voltados aos planos de gestão e, portanto, é necessária a consideração dos limites político-administrativos nesse conceito, reforçando o papel dos municípios como o local de ocorrência dos problemas e o também onde os mesmos devem ser resolvidos (STROHAECKER, 2007).

2.2.3 Projeto Orla

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) vem articulando várias estratégias relacionadas aos planos de gestão, com destaque para a criação do Projeto Orla, em parceria com a Secretaria do Patrimônio da União (SPU). Suas normativas têm como objetivo principal a compatibilização das políticas ambientais e patrimoniais do governo federal. O Projeto Orla é uma iniciativa do governo federal, supervisionado pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO) da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), e vinculado à Secretaria do Patrimônio da União do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SPU/MP).

Para fins de estratégias, propõe o fortalecimento dos atores locais envolvidos nos setores públicos e privados para que o uso da orla dê-se de maneira integrada. Ainda, reitera o estímulo de atividades socioeconômicas compatíveis com a característica do local, tornando possível assim o desenvolvimento sustentável da orla.

A lei 9.636/98, que versa sobre os patrimônios da União, aos quais se integram os terrenos e acrescidos de marinha reforça o caráter público da orla e, portanto, pretende zelar contra a descaracterização e a apropriação indevida dessas porções significativas da orla. Entre esses espaços, encontram-se as praias, que são tão simbólicas e características para os usos de lazer e recreação para grande parte da sociedade brasileira. As áreas patrimoniais da União, contempladas no projeto Orla, podem ser mais detalhadamente delimitadas (Figura 4). Delimitam-se os terrenos de marinha como sendo: todas as áreas que distam 33 metros, em direção ao continente, da linha de preamar médio estabelecida em 1831, e todas as áreas continentais como as que margeiam rios e lagoas, onde se faça sentir a influência das marés. As praias por sua vez, segundo a determinação da lei 7.661/88, compreendem as áreas cobertas e descobertas periodicamente pelas águas, seguidas de faixas adjacentes cobertas por detritos como areias e cascalhos, até o limite do ecossistema praial (MMA, 2006). As praias são, dentre as áreas dominiais, as únicas que não podem ser destinadas ao uso **privativo** e **individual**, devendo permanecer de uso comum do povo.

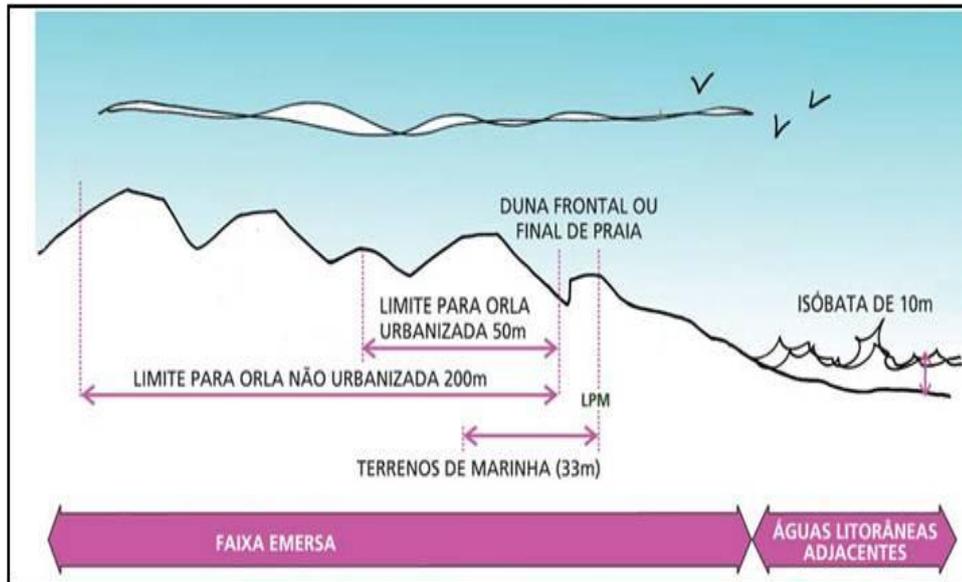


Figura 4: Ilustração esquemática dos limites da orla: inicia-se na isóbata de 10 m de profundidade em direção ao continente; a partir da linha de preamar e/ou limites de ecossistemas, 200 metros para orlas não urbanizadas e 50 metros para orlas urbanizadas. (BRASIL, 2006).

A fim de se obter uma gestão que integre particularidades, o projeto propõe a identificação de unidades de paisagem, congregadas a partir de quatro elementos da costa: suporte físico, estrutura/padrão de drenagem, cobertura vegetal e mancha urbana. A estruturação da paisagem corresponde, de fato, a uma descrição do conjunto estudado, ao mesmo tempo em que possibilita destacar seus diversos detalhes. Seguindo esse princípio, é possível visualizar de maneira mais precisa os diversos tipos genéricos de orla, relativos à sua face de contato com o mar, (abrigada, semi-exposta e exposta); e também as características gerais de sua ocupação, como sendo não urbanizada, em processo de urbanização, e com urbanização consolidada (Figura 5). As tipologias de orla podem também estar de acordo com o estágio de verticalização da orla, divididas entre: Orlas Horizontais, orlas com pelo menos 50% de sua área ocupada por construções com até três andares; Orlas Verticais baixas, que não ultrapassem os cinco andares e Orlas Verticalizadas quando o território urbano é composto por mais de 50% de prédios mais altos que cinco andares.

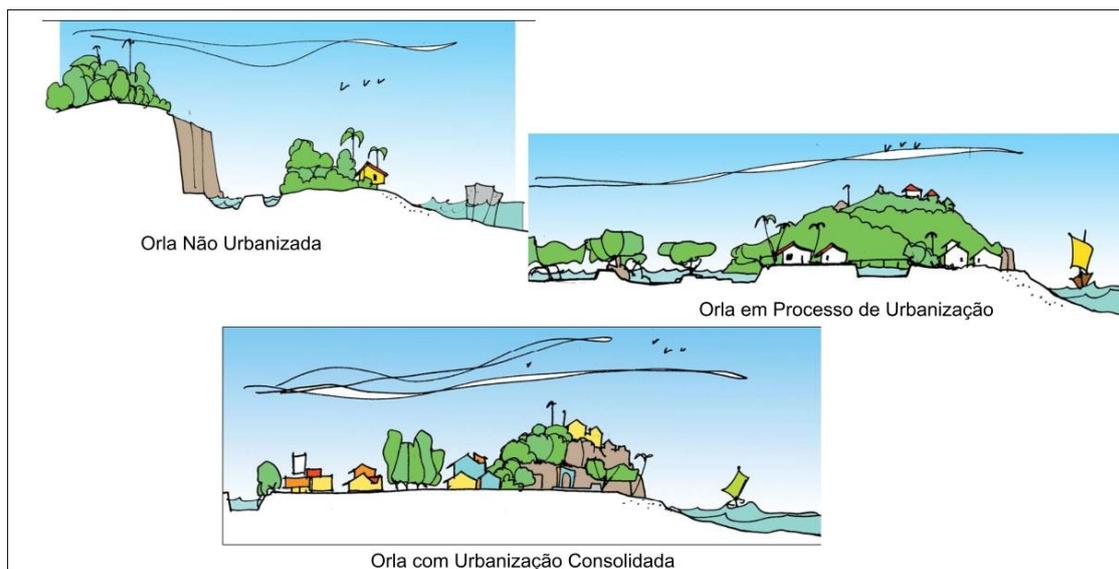


Figura 5: Ocupação da Orla de acordo com o seu nível de urbanização, extraído de: Projeto Orla, Fundamentos para Gestão Integrada (BRASIL, 2006).

As etapas de diagnóstico e de classificação das orlas em análise visam à elaboração de cenários desejados. Para tanto, partindo-se das caracterizações levantadas para a orla e do conhecimento de seus problemas e conflitos atuais, pode-se determinar de que maneira o uso e ocupação do solo nesse espaço podem contribuir para o tipo de desenvolvimento almejado. Todo o processo culmina na elaboração de planos de intervenção, que contêm as estratégias que deverão ser adotadas pelos municípios para gerirem suas orlas e, sem os quais, não pode haver cessão das áreas dominiais por meio de termo de convênio junto à SPU.

2.2.4 Gerenciamento Costeiro no Rio Grande do Sul

O Programa de Gerenciamento Costeiro do Estado do Rio Grande do Sul (GERCO-RS) foi iniciado em 1988 a cargo da FEPAM, mas desde 1999 está subordinado à Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). O programa visa à implantação de um sistema de coordenação administrativa da zona costeira. As estratégias de gestão são subsidiadas por instrumentos de planejamento como o ZEE (Zoneamento Ecológico-Econômico), sistemas de informações para enquadramento dos recursos hídricos, planos de ação e gestão, monitoramento costeiro, licenciamento e fiscalização (RIO GRANDE DO SUL, 2000). A área

abrangida pelo programa estende-se por uma porção da Região Hidrográfica do Litoral, onde as particularidades geomorfológicas, geológicas e de interação marinha e terrestre encontram-se correlacionadas (Figura 6).



Figura 6: Divisão da Região Hidrográfica do Litoral em quatro grandes setores: Litoral Norte, Litoral Médio Oeste, Litoral Médio Leste e Litoral Sul, disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp>> (RIO GRANDE DO SUL, 2010).

O GERCO-RS preconiza a execução descentralizada das estratégias de gestão, atribuindo aos municípios maior autonomia e responsabilidade para ordenar seus territórios incorporando a dimensão ambiental em suas políticas.

3. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo norteador do trabalho é a avaliação dos índices de vulnerabilidade do sistema de dunas frontais do município de Capão da Canoa, a partir de suas variações de inverno e verão, cujos processos incidentes variam em natureza e intensidade.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar uma caracterização da fisiografia e evolução histórica da ocupação do município de Capão da Canoa.
- Calcular o índice de vulnerabilidade dos sistemas de dunas frontais, com base nos levantamentos de perfis realizados durante o inverno (setembro de 2008) e o verão (fevereiro de 2010).
- Analisar processos incidentes sobre as dunas frontais durante inverno e verão e relacioná-los ao comportamento dos índices de vulnerabilidade.
- Agrupar os setores de dunas por similaridade quanto aos seus índices de vulnerabilidade, através de análise estatística.

4 JUSTIFICATIVA PARA O TEMA

A contextualização dos processos de crescimento demográfico no Litoral Norte, já anteriormente mencionados, é o ponto chave para que se compreendam os fatores responsáveis pelo aumento da pressão de uso e ocupação do solo, que comprometem a qualidade dos recursos naturais dessa região.

O diagnóstico ambiental de uma determinada área é fundamental para que sejam conhecidas suas potencialidades e vulnerabilidades. A partir da elaboração de um inventário e posterior conclusão de um diagnóstico, o pesquisador é provido de indicações sobre os vetores de degradação das condições ambientais. A partir disso, pode-se constatar quais desses vetores estão contribuindo de maneira mais significativa para a diminuição da resiliência (capacidade de recuperação de um sistema após eventos de estresse de natureza física ou antrópica) do sistema em análise.

A proposta balizadora deste trabalho constitui-se na utilização de uma lista de controle de vulnerabilidade (*checklist*) proposta por Williams Et Al (2001) e adaptado às particularidades do litoral rio-grandense por pesquisadores do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Ocênica (CECO), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para a determinação da vulnerabilidade dos sistemas de dunas frontais presentes nos 18 Km de orla do Município de Capão da Canoa. Tal metodologia tem se mostrado confiável e bastante utilizada como instrumento de diagnóstico para fins de elaboração de planos de manejo e saneamento ambiental.

As dunas costeiras, em seu conceito mais abrangente, têm uma importância ambiental muito importante na manutenção de ambientes costeiros, atuando como anteparo ao avanço da ocupação humana e protegendo o sistema em sua totalidade (incluindo a ocupação antrópica) contra a ação de marés meteorológicas (ressacas) e vagas de tempestade (PORTZ, 2008). As dunas costeiras são ambientes em delicado equilíbrio, cuja existência depende do balanço entre variáveis de ordem geológica, climática e ecológica.

No contexto de apropriação da orla e uso caracterizado, principalmente por atividades de lazer, os sistemas de dunas frontais do município de Capão da Canoa encontram-se ameaçados em alguns setores onde a densificação urbana alterou a dinâmica natural de interações praia-duna.

Torna-se imperativo um diagnóstico das condições ambientais das dunas frontais do município a fim de que se elaborem planos de manejo que permitam a manutenção desses ambientais e atenuem os conflitos de ordem antrópica.

5 EVOLUÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE CAPÃO DA CANOA

O Litoral Norte caracterizou-se pela intensificação do processo de urbanização, a partir da década de setenta, impulsionado pela conclusão de obras de viação (BR 290) e pelas emancipações ocorridas pela divisão dos territórios municipais de Torres, Osório e Santo Antônio da Patrulha a partir de 1965.

O município de Capão da Canoa emancipou-se do município de Osório em 1982 e apresentou uma das mais altas taxas de urbanização do estado no último período intercensitário, com uma média anual de 5,09%.

A economia do município dinamizou-se a partir do setor de construção civil, que é o mais significativo para a economia do município e garante emprego à população economicamente ativa durante a maior parte do ano.

Segundo levantamentos feitos por Strohaecker (2007), os impostos que mais contribuíram para a arrecadação fiscal em 2005, foram IPTU e ITBI, representando 43,49% do total. A representatividade desse dado indica a importância da arrecadação sobre o uso e ocupação do solo urbano para o município de Capão da Canoa.

As fases de desenvolvimento do município foram estudadas pela mesma autora (2007) e serão descritas nesse trabalho à mesma maneira que pela autora:

- **Sede de Estâncias e Fazendas (1797-1920):**

Até o início do século XX, o território do atual município de Capão da Canoa era ocupado por fazendas e estâncias instaladas ao longo da estrada que ligava Laguna (SC) a Rio Grande. As sedes das fazendas localizavam-se em porções mais interiorizadas, próximas às lagoas, enquanto as porções mais próximas ao mar permaneciam abandonadas por não serem adequadas à prática da agricultura e da pecuária.

- **Balneários para Fins Terapêuticos (1920-1942):**

A procura do litoral para a prática de banhos de mar para o tratamento de doenças reumatológicas, dermatológicas e respiratórias iniciou a ocupação das porções mais próximas do mar, bem como as atividades de veraneio incipientes. Algumas famílias de fazendeiros provenientes de Porto Alegre e São Francisco de Paula instalavam hospedagens para atender à crescente demanda.

- **Balneários para Segunda Residência (1942-1982)**

A partir da década de trinta, as regiões litorâneas passaram a atrair turistas para a prática de atividades de lazer. Para atender a tal demanda, passou-se a investir no mercado de terras a partir da implantação de dezenas de loteamentos no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, pela proximidade com a Região Metropolitana. No caso de Capão da Canoa, a empresa Territorial Capão da Canoa Ltda. foi a responsável pelo processo de loteamento.

Ao final da década de quarenta, passou-se a investir na construção de edifícios para fins de segunda residência, culminando com a expansão das áreas loteadas para norte da sede do município na década de oitenta.

- **Emancipação e Densificação (1982-2010)**

A emancipação do município ocorreu no dia 12 de abril de 1982, através da lei estadual 7.638, representando uma reivindicação de mais de três décadas de vários setores da sociedade local.

A emancipação exige aporte de recursos financeiros e infra-estruturais a partir da demanda crescente dos setores de construção civil e serviços, e, a partir da década de noventa, houve investimentos privados vultosos que expandiram a ocupação urbana do solo no município.

Capão da Canoa é atualmente um dos centros de polaridade no litoral, atraindo vários trabalhadores de municípios vizinhos para atividades de trabalho e lazer, dinamizando alguns setores da economia voltados aos serviços. As áreas centrais, como o bairro Navegantes (Figura 7), são caracterizadas pela demolição de residências e chalés mais antigos e sua substituição por edifícios residenciais e centros comerciais com até 12 andares.

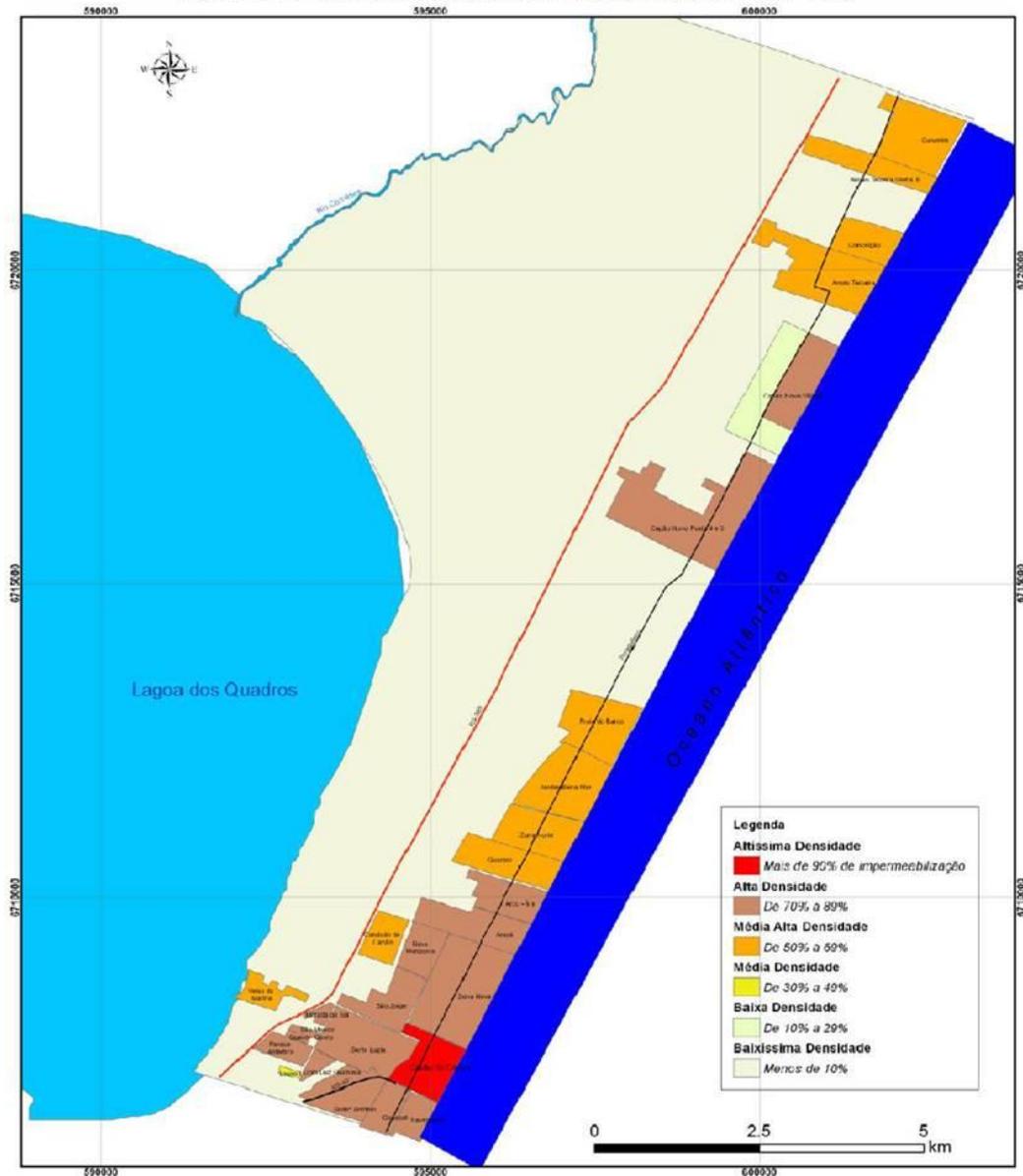


Figura 7: Estratificação cronológica dos estágios de evolução urbana no bairro Navegantes, Capão da Canoa. Extraído de Strohaecker (2007).

As densificações no espaço urbano de Capão da Canoa acarretaram problemas de qualidade ambiental e desconforto urbano, como o sombreamento de ruas interiores, congestionamentos de veículos, elevada impermeabilização do solo e alteração na dinâmica de ventos e brisas.

Para o município foram classificados seis padrões de densidades de ocupação, de baixíssima (<10%) a altíssima densidade (>90%). O setor mais densamente povoado corresponde ao centro e o menos povoado, à zona ruo-urbana, conforme ilustrado na figura 8. A estimativa para a população residente em 2009 (IBGE, 2009) era de 40.861 habitantes, configurando uma densidade populacional média de 421 hab/km².

Figura 5.27 Densidades de Ocupação no Município de Capão da Canoa - 2005



Título:
 A Urbanização no Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul:
 Contribuição para a Gestão Urbana Ambiental do Município de Capão da Canoa.
 Autora: Tânia Marques Strohaecker

Informações Técnicas
 Projeção Transversa de Mercator
 Origem da Quilometragem UTM:
 Equador e Meridiano Central: ° W.G.R.
 Escala: 1:50.000
 Datum: Horizontal - Córrego Alegre
 Zona 22J

Figura 8: Setorização da área construída do município conforme níveis de densificação (Strohaecker, 2007).

6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O conhecimento relativo a características físicas e processos dinâmicos incidentes na zona costeira, em especial nos municípios litorâneos do estado do Rio Grande do Sul como Capão da Canoa, é de vital importância quando se busca efetivar uma gestão eficiente e integrada de seus recursos naturais, promovendo boas práticas de ordenamento territorial.

6.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

A Província Costeira do Rio Grande do Sul é constituída pelo segmento mais meridional das bacias marginais brasileiras, a Bacia de Pelotas. É apoiada por um embasamento cristalino, de idade pré-cambriana, e pelos embasamentos e seqüências sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná, que datam das eras paleozóica e mesozóica (Villwock & Tomazelli, 1995). A Bacia de Pelotas formou-se a partir de eventos geotectônicos ocorridos no Cretáceo, acarretando a abertura do Atlântico Sul, fato que possibilitou o acúmulo gradual de grandes pacotes sedimentares, na ordem de 10.000 m de espessura durante a era Cenozóica.

A porção emersa da Bacia de Pelotas constitui a unidade geomorfológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, uma grande seqüência de depósitos sedimentares arenosos (com aproximadamente 33.000 km²), sua largura média é de 120 km e sua linha de costa tem uma extensão aproximada de 620 km (RIO GRANDE DO SUL, 2010).

A formação da Planície Costeira esteve atrelada a uma seqüência de eventos de transgressão e regressão do nível do mar, relacionadas a variações glácio-eustáticas ocorridas durante o Quaternário (1,6 milhões de anos A.P.) e à relativa calma tectônica experimentada por essa região em relação a outras regiões brasileiras.

As variações do nível do mar estiveram relacionadas a variações paleoclimáticas ocorridas nos últimos 750.000 anos, marcados por alternâncias entre ciclos frios e quentes que produziram estágios glaciais e interglaciais, quando o nível do mar baixava e aumentava, respectivamente. Esses ciclos têm se repetido a intervalos aproximados de 100.000 anos e são conhecidos como ciclos de

Milankovitch. Tais ciclos decorrem de mudanças orbitais e axiais do planeta, como excentricidade da órbita (periodicidade de 96.000 anos), inclinação axial (periodicidade de 42.000 anos) e precessão dos equinócios (periodicidade de 21.000 anos).

A característica mais marcante na evolução da planície Costeira do Rio Grande do Sul foi a formação da sucessão de terraços intercalados com depressões alongadas, ocupadas por lagunas, lagos e pântanos em diferentes estágios evolutivos, que caracterizam o sistema deposicional do tipo laguna-barreira.

6.1.1 Sistemas Depositionais do Tipo Laguna-Barreira

A coalescência lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira (Barreiras I, II, III e IV) foi responsável pela formação e evolução da planície costeira em sua porção leste. A formação de cada sistema esteve ligada ao pico de uma transgressão do nível do mar, seguida de um evento regressivo. Os picos de transgressão do nível do mar são correlacionáveis com os picos da curva de conteúdo isotópico de oxigênio analisado em testemunhos sedimentares, para o Pleistoceno, conforme ilustrado na figura 9.

A idade das barreiras decresce no sentido oeste-leste, e de acordo com as correlações das curvas isotópicas de oxigênio, esses sistemas têm-se formado nos últimos 400.000 anos (Villwock & Tomazelli, 1995).

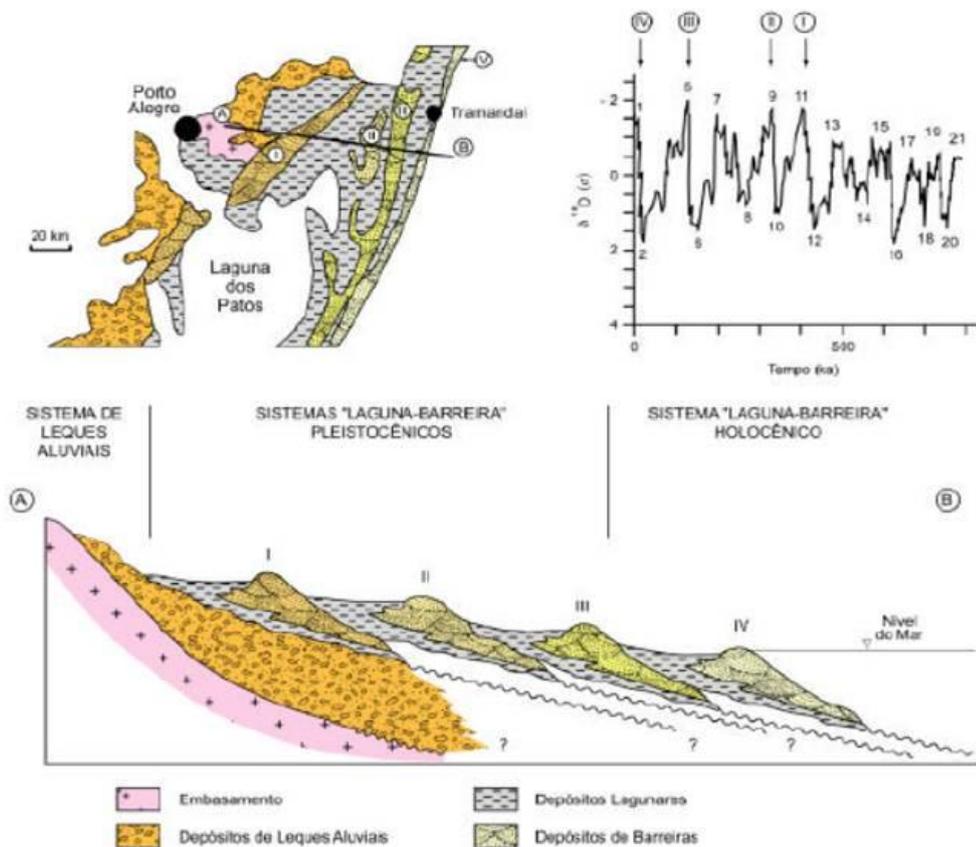


Figura 9: Perfil longitudinal dos sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira no Rio Grande do Sul, indicando os períodos de transgressão do nível do mar, de acordo com os estudos de Tomazelli e Villwock (1999).

6.1.1.1 Sistema Depositional Laguna-Barreira I

É o mais antigo, desenvolveu-se há 400.000 anos A.P. durante o primeiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico. Atualmente, apenas uma porção pequena desse sistema encontra-se preservada, na região noroeste da planície costeira. Esta porção remanescente, conhecida como Coxilha das Lombas, apresenta uma orientação NE-SW, cujo sistema lagunar associado ocupava boa parte do que hoje é bacia do Rio Gravataí e do complexo fluvial do Guaíba. Esse sistema formou-se principalmente, devido à deposição eólica de sedimentos arenosos, ancorados sobre os embasamentos sedimentares e vulcânicos da Bacia do Paraná, e sobre os embasamentos cristalinos do escudo Sul-Rio-Grandense.

6.1.1.2 Sistema Deposicional Laguna-Barreira II

Evoluiu devido a um segundo evento transgressivo-regressivo pleistocênico que ocorreu há aproximadamente 325.000 anos. Foi o estágio inicial da evolução da barreira Múltipla Complexa, responsável pelo isolamento do corpo lagunar que deu origem às Lagoas Patos e Mirim. Suas porções preservadas encontram-se, ao norte, adjacentes à Lagoa dos Barros e, ao sul, isolando a Lagoa Mirim.

6.1.1.3 Sistema Deposicional Laguna-Barreira III

Associado ao terceiro evento transgressivo-regressivo pleistocênico há aproximadamente 120.000 anos A.P., esse sistema encontra-se bem preservado e encerrou a formação do Sistema Lagunar Patos-Mirim.

Alguns de seus depósitos correlacionados, interdigitam-se com depósitos de leques da escarpa do planalto meridional, indicando que durante esse período, a linha de costa atingia a encosta do planalto, fato evidenciado pela formação de cavernas de erosão marinha em alguns pontos próximos à margem oeste da Lagoa Itapeva. Os sedimentos praias dessas barreiras são formados por areias de cor clara, finas e bem selecionadas, porções menos vegetadas desses depósitos por vezes são reativados pelo vento NE (predominante).

6.1.1.4 Sistema Deposicional Laguna-Barreira IV

É o mais recente sistema do tipo Laguna-Barreira, de idade holocênica, formado há aproximadamente 5.000 anos A.P., formou-se por consequência da última grande transgressão pós-glacial. Durante essa transgressão, o nível do mar alcançou aproximadamente cinco metros acima do nível atual, possibilitando a formação dessa barreira formada essencialmente por areias praias e eólicas, graças a elevada disponibilidade de sedimentos arenosos existente na plataforma interna. O sistema progradiu durante a fase regressiva que se seguiu.

Os sedimentos arenosos de ambiente praias, associados a um regime de ventos constante a velocidades ideais, são fonte para a formação dos cordões de

dunas frontais (depósitos eólicos) que caracterizam a análise deste trabalho. O município de Capão da Canoa localiza-se sobre a barreira o sistema Laguna-Barreira IV. As areias praias marinhas desse sistema são quartzosas, de granulometria fina a muito fina, muito bem selecionadas devido à alta energia dinâmica do ambiente dominado por ondas (Gráfico 1).

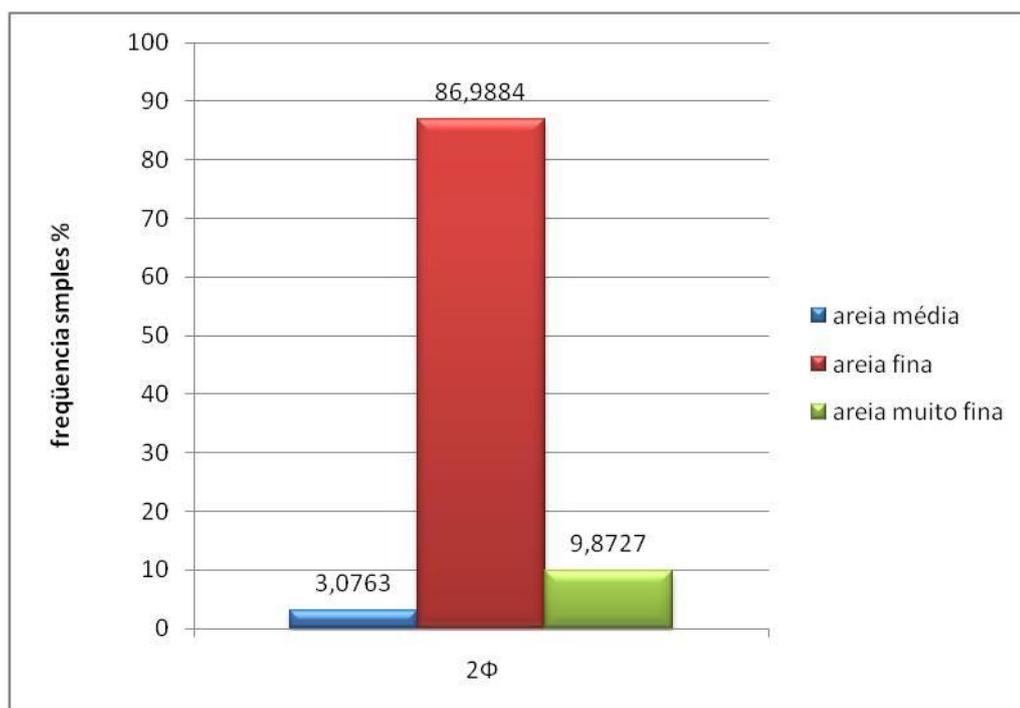


Gráfico 1: Histograma típico de distribuição granulométrica de ambientes praias marinhas no litoral do Rio Grande do Sul, indicando a unimodalidade das areias finas e o alto grau de seleção imposto pelo ambiente. Autor: João Pedro Jardim (2010).

Os subsistemas associados ao sistema Laguna-Barreira IV, como o lagunar de retro-barreira IV, compreendem terrenos deprimidos preenchidos por fácies sedimentares decorrentes de colmatção das lagoas costeiras, a exemplo da Lagoa dos Quadros, a oeste, e a Lagoa Itapeva a norte. Os corpos lagunares são interligados por emissários como o rio Cornélios e o canal João Pedro.

7 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

O estado do Rio Grande do Sul situa-se a 27°03'42" e 33°45'09" de latitude sul, portanto, em área subtropical e sujeito aos principais fatores climáticos que afetam as latitudes médias. As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geada e precipitação eventual de neve. A temperatura média anual oscila entre 16 e 20° C. A média do mês mais quente fica entre 22 e 26°C e a média do mês mais frio entre 10 e 15°C. A precipitação pluviométrica anual varia entre 1000 e 1500 mm. (NIMER, 1977).

O clima da planície costeira do Rio Grande do Sul é influenciado por fatores estáticos e dinâmicos. Dentre os fatores estáticos, cita-se a posição relativa à latitude (média latitude, 30°), a maritimidade e a topografia da planície costeira que, sem a influência de desníveis altimétricos, permite aos fatores eólicos e oceânicos atuar sem grandes interferências.

Os fatores dinâmicos são condicionados pelos principais centros de ação atmosférica, a saber: o anticlone do Atlântico Sul e o anticiclone móvel polar, ilustrados na figura 10. Os dois sistemas caracterizam a circulação atmosférica regional, bem como em todo o sul do continente, drenando massas de ar por efeito de variações termodinâmicas (VIEIRA & RANGEL, 1988). O anticlone do Atlântico Sul é um centro de alta pressão semi-fixo que se localiza sazonalmente entre a faixa de 18° e 35° de latitude sul e é um ativo dispersor de massas de ar tropicais, úmidas e quentes. Os mecanismos de deslocamento das massas de ar desse anticiclone ocasionam os ventos do quadrante NE e SE no território do Rio Grande do Sul. O anticiclone móvel polar é um centro de alta pressão, localizado entre 35° e 55° de latitude sul. Suas massas de ar apresentam características bastante homogêneas, bastante secas e frias, e deslocam-se no sentido SO-NE. A interação dessas massas de ar condiciona comportamentos distintos ao longo do ano.

Durante a primavera e o verão, o anticiclone móvel polar enfraquece, devido ao maior grau de insolação incidente sobre o hemisfério sul, logo o estado fica sob a influência das massas de ar tropicais marítimas dos ventos de quadrante E-NE. Durante o inverno, o anticiclone polar móvel ganha força e promove o deslocamento de massas de ar frio, promovendo a frontogênese resultante do encontro das

massas tropicais marítimas e polares marítimas, fator que responde pela grande precipitação pluviométrica no período.

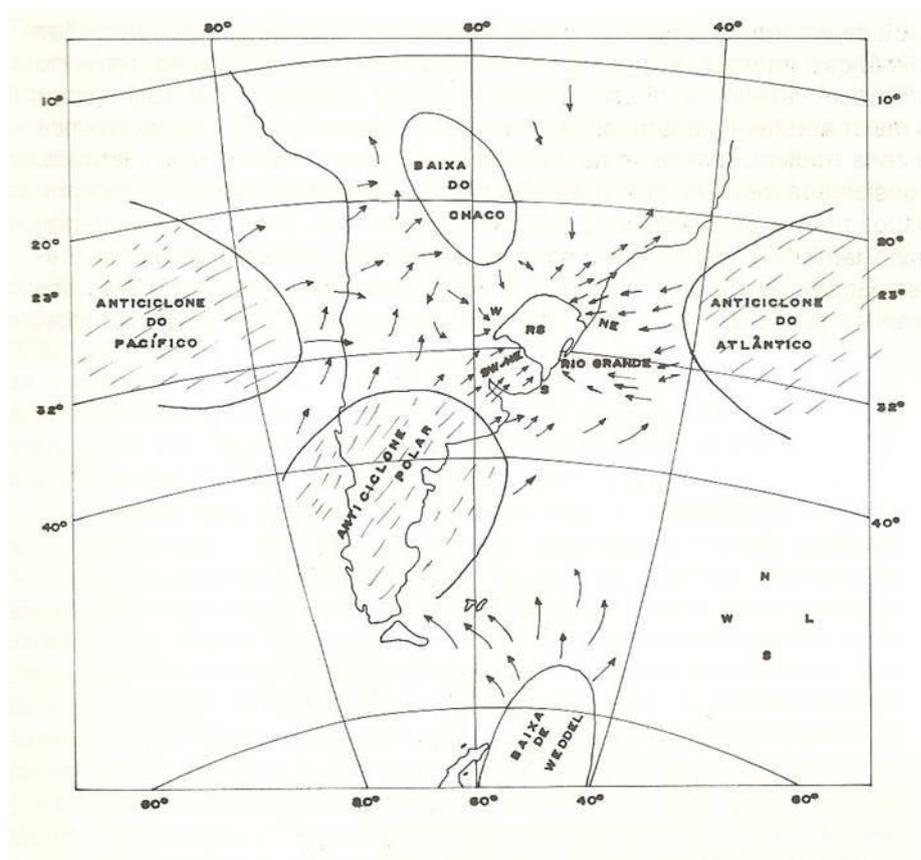


Figura 10: Sistemas de circulação atmosférica que atuam sobre o clima do Rio Grande do Sul. Extraído de: Vieira (1988).

Segundo Vieira e Rangel (1988), o clima do Rio Grande do Sul pode ser considerado como mesotérmico brando (Cfa, segundo Köppen), super úmido e sem estação seca. Segundo os levantamentos realizados por Strohaecker (2007) para o período de 1961 a 2005, com base nos dados coletados na estação meteorológica de Torres (distante 55 km da sede do município de Capão da Canoa), a média de precipitação anual para a região ficou em torno de 1.449,6 mm, típica de climas do tipo Cfa.

7.1 REGIME ANEMOMÉTRICO

Os ventos são os responsáveis pela dinâmica costeira, seja na gênese das ondulações ou no transporte de areia (após secar devido à longa exposição ao ar) na praia subaérea, um dos fatores responsáveis pela formação dos campos de dunas presentes no litoral do Rio Grande do Sul. Além da formação dos campos de dunas, os ventos também contribuem para modelagem, assoreamento e segmentação das lagoas costeiras, de acordo com Villwock e Tomazelli (1995).

A direção dos ventos é controlada, por sua vez, pelos centros de alta pressão do anticiclone do Atlântico Sul e o anticiclone móvel polar, já anteriormente mencionados, cujos ventos possuem sentidos de proveniência de NE e de SW, respectivamente.

As frequências de todos os ventos incidentes sobre a área de estudo foram levantados por Tomazelli (1993), com base em uma série de dados relativos a 13 anos de registros (1970-1982). Devido ao fato de o município de Capão da Canoa situar-se entre a localização das estações meteorológicas de Torres e Imbé, as frequências da direção estabelecidas para as duas localidades serão usadas para ilustrar o regime de ventos da região. Foram contabilizadas as frequências de velocidade (Tabela 2) do vento NE para as duas estações, indicando a predominância da ocorrência desse vento em 24,1 % na estação de Torres e de 41,4 % na estação de Imbé. Segundo Tomazelli et al(2008), o transporte eólico da areia de acordo com o tamanho de grão que predomina na composição das praias do litoral norte do Rio Grande do Sul se dá efetivamente a uma velocidade mínima entre 4,5 a 5 m/s, indicando que a velocidade média do vento NE na região desempenha essa função.

Estação	Direção	Intervalos de velocidade (m/s)					%	velocidade média
		(1-4)	(5-7)	(8-10)	(11-13)	14		
TORRES	NE	11,4	7,9	4	0,7	0,1	24,1	4,9
IMBÉ	NE	16,3	13,5	10	0,7	0,8	41,4	5,7

Tabela 2: freqüência do vento NE nas estações meteorológicas de Torres e Imbé, em intervalos de velocidade. Fonte: Tomazelli et al (2008).

Outra maneira de se representar graficamente a freqüência dos ventos é por meio das rosas-de-vento (Figura 11).

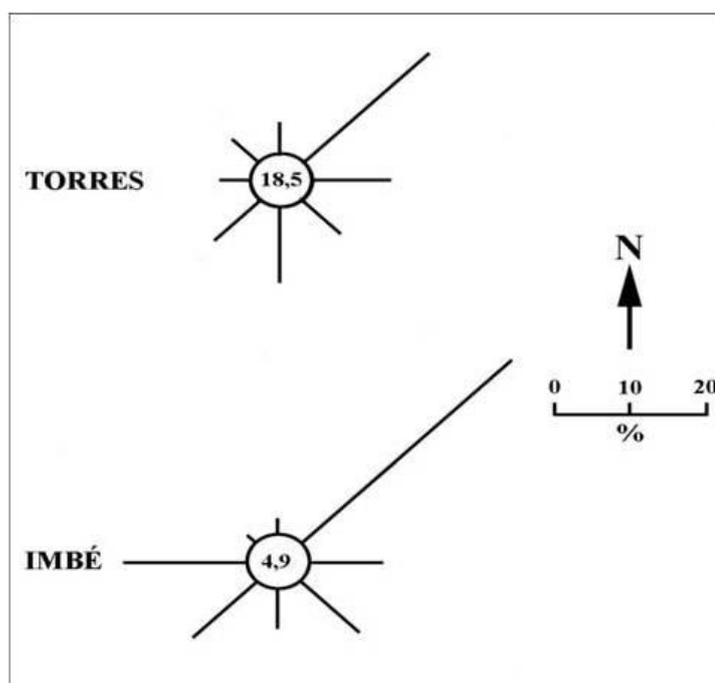


Figura 11: Rosas-de-vento representando a freqüência de ocorrência dos ventos nas estações meteorológicas de Torres e Imbé, com predominância de ocorrência do vento NE. Os números no centro das rosas representam porcentagens de calmaria. Extraído de Tomazelli et al (2008).

8 PRAIA

"Entende-se por praia a área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subseqüente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece um outro ecossistema." (BRASIL, 1988)

A definição de praia proposta pela Constituição Brasileira de 1988 refere-se ao ambiente em contato direto com as forças dinâmicas do oceano, portanto, representando feições inconsolidadas e em constante retrabalhamento pela ação oceânica e eólica.

O prisma praial (Figura 12) proposto por Short (1999) engloba algumas subdivisões notáveis de acordo com as quebras na morfologia deposicional.

A antepraia é caracterizada como a zona de transição entre a zona de surfe e a plataforma continental interna, onde se inicia o empolamento da onda e a interação com o fundo marinho. A zona de surfe compreende o limite inferior do refluxo da onda e a zona de arrebentação, onde ocorrem os processos de mobilização sedimentar que moldam a morfologia de fundo, acarretando a formação de bancos e cavas de areia. O pós-praia por sua vez, abrange a área que vai do limite superior do estirâncio à alguma quebra na homogeneidade do sistema praial, como o pé da duna. Essa compartimento do prisma praial não é coberto pelas águas durante a subida da maré astronômica.

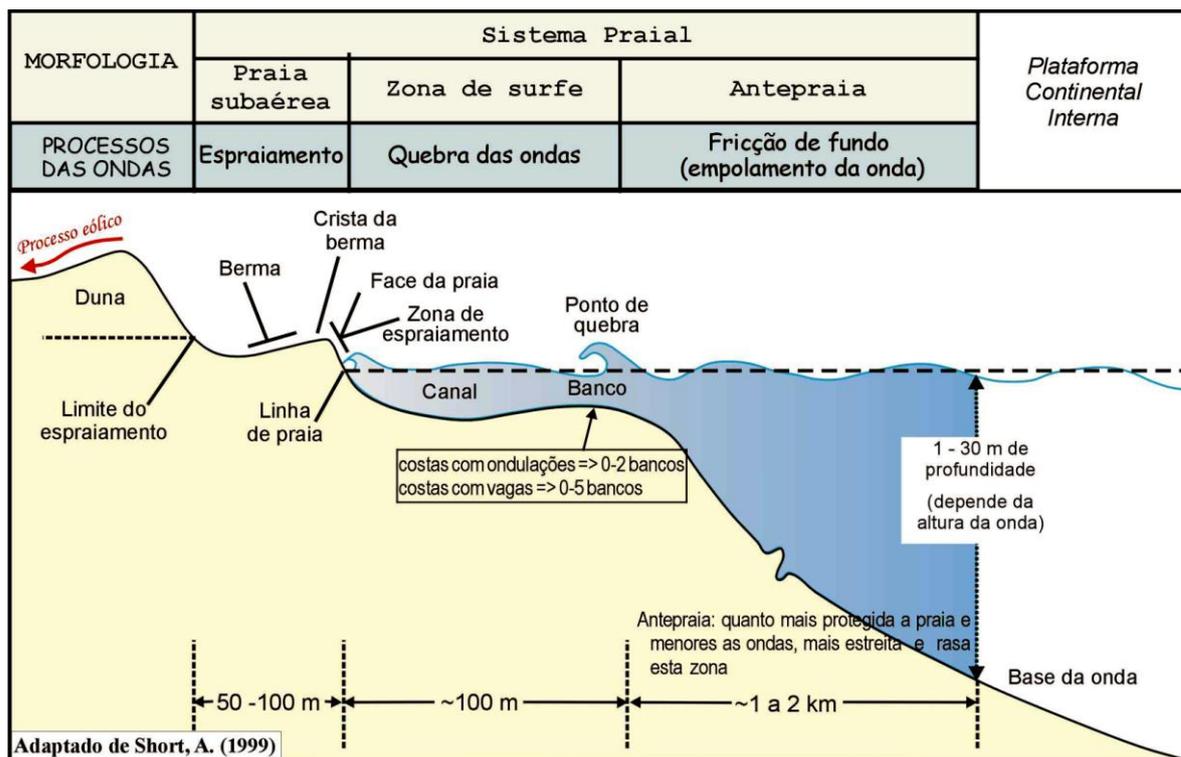


Figura 12: Compartimentação das subdivisões do prisma praial, modificado de Short (1999) por Toldo Jr. (2010).

As praias apresentam diferentes estados morfodinâmicos, que implicam em uma assembléia de feições deposicionais em interação com a hidrodinâmica.

Segundo Toldo Jr et al (1993), o estado morfodinâmico de uma praia depende das condições morfológicas locais, dos sedimentos e da moda presente na arrebenção. Segundo os estudos de Wright e Short (1984), existem dois extremos na classificação dos estados morfodinâmicos das praias (Figura 13).

- **Perfil Dissipativo:** Apresenta declividades suavizadas, caracterizado por praias cuja predominância é de granulometria fina e há abundância de sedimentos em meio subaquoso. A zona de arrebenção dos perfis dissipativos são bastante amplas, ocasionando a dissipação da energia das ondas antes de atingirem o estirâncio.
- **Perfil Reflectivo:** As praias que apresentam perfil reflectivo possuem declividades mais acentuadas, zona de arrebenção mais estreita, e a energia reflete após atingir o estirâncio. O estoque arenoso concentra-se na porção subaérea da praia (TOLDO Jr. et al., 1993).

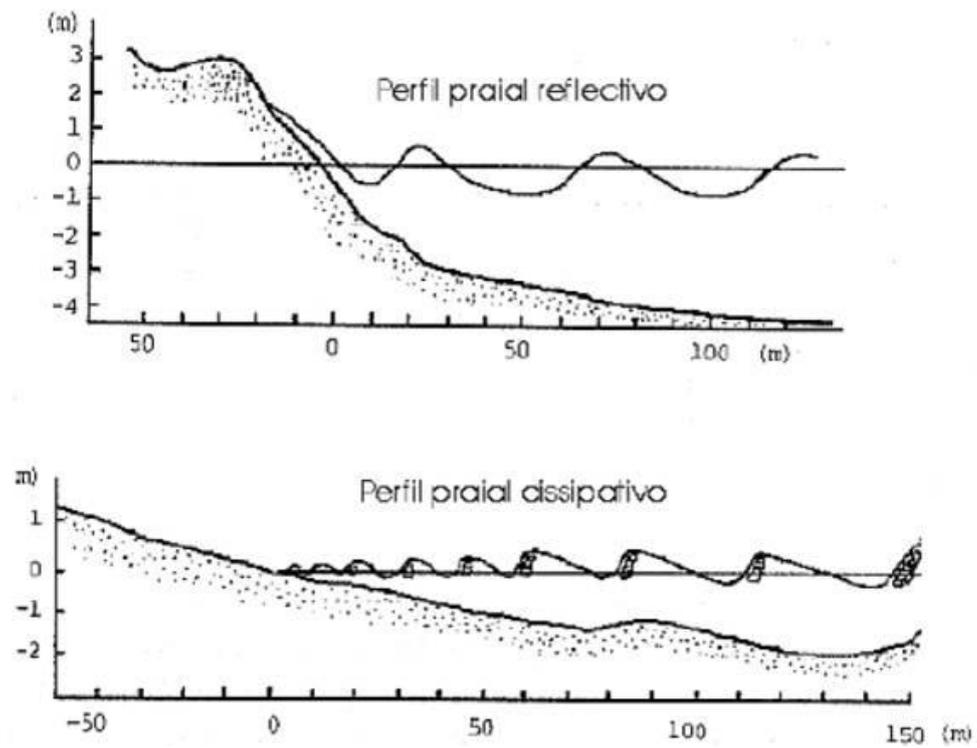


Figura 13: Perfil longitudinal representativo dos distintos perfis morfodinâmicos praias. (TOLDO Jr. 1993).

9 MARÉS, CORRENTES E DERIVA LITORÂNEA

As marés desempenham um papel significativo na modelagem da geomorfologia costeira. Sthraler (1994) define as marés como as mudanças na distribuição planetária das massas d'água, causadas pela mudança de posição dos corpos celestes em relação à Terra e a força gravitacional que eles infligem aos fluídos. Nessas condições, a maré é denominada astronômica e, segundo Nicolodi (1999), a amplitude média de maré na costa do Rio Grande do Sul não ultrapassa os 50 cm. Devido a isso, a costa do estado é caracterizada como do tipo micromaré, pois apresenta uma amplitude média de marés inferior a 2m (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995). As costas do tipo de micromarés apresentam ilhas-barreira alongadas (30 a 100km), pois as correntes de maré não possuem energia suficiente para promover uma grande concentração de descontinuidades através da abertura inlets e canais ao longo das barreiras.

As oscilações do nível do mar em curta escala de tempo mais significativas sobre a região ocorrem sob ação de eventos meteorológicos, relacionados a sistemas frontais que geram as marés de tempestade, conhecidas como ressacas. As ressacas constituem-se como eventos destrutivos que ameaçam comunidades costeiras e agravam-se caso o ambiente costeiro esteja fragilizado por ocupação irregular.

A costa do Rio Grande do Sul é francamente dominada por ondas de moderada à alta energia, devido ao seu perfil retilíneo sem reentrâncias abruptas que pudessem atenuar a energia das ondas. As ondulações (*swell waves*) são resultantes da atividade do cinturão tempestuoso sub-polar do Atlântico Sul, caracterizadas pelo seu longo período (T) e proveniência do quadrante SE, ao passo que as vagas (*sea waves*) têm menor período (T) e são resultantes de ventos locais (quadrante NE).

As correntes litorâneas são resultantes das ondulações incidentes na linha de costa do litoral do estado, logo a deriva litorânea que promove o transporte longitudinal de sedimentos ao longo da zona de surfe obedece ao mesmo sentido da direção dos ventos, com predominância do sentido SW-NE (VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995).

10 EROSÃO COSTEIRA

A costa do estado do Rio Grande do Sul está submetida a algumas variações de natureza dinâmica entre a quantidade e tipo de sedimentos, energia física das ondas e variações relativas do nível do mar, que ocasionam a progradação ou retração da linha de costa.

Um estudo realizado após a análise de dados coletados entre 1975 e 1997, por Toldo Jr. et al. (1999) concluiu que existem 442 km de praia em retração, 173 km de praias em progradação e 6 km de praias estáveis. De acordo com esse levantamento, a maior parte do litoral do estado apresentou taxas de erosão que excederam 100 m em vinte e dois anos, ao passo em que os setores dominados por progradação não ultrapassavam a taxa de 40 m para o mesmo período.

Os setores que apresentam uma taxa maior de transporte longitudinal de sedimentos foram associados à retração da linha de costa, enquanto aqueles que retêm sedimentos mostravam-se progradantes. O setor em que se encontra a área de estudo desse trabalho alterna segmentos de progradação e retração da linha de costa (Figura 14). A linha de costa no município de Capão da Canoa é caracterizada pela transição entre as duas modalidades, sendo que seu comportamento é mais progradante para os setores da orla mais próximos da sede municipal.

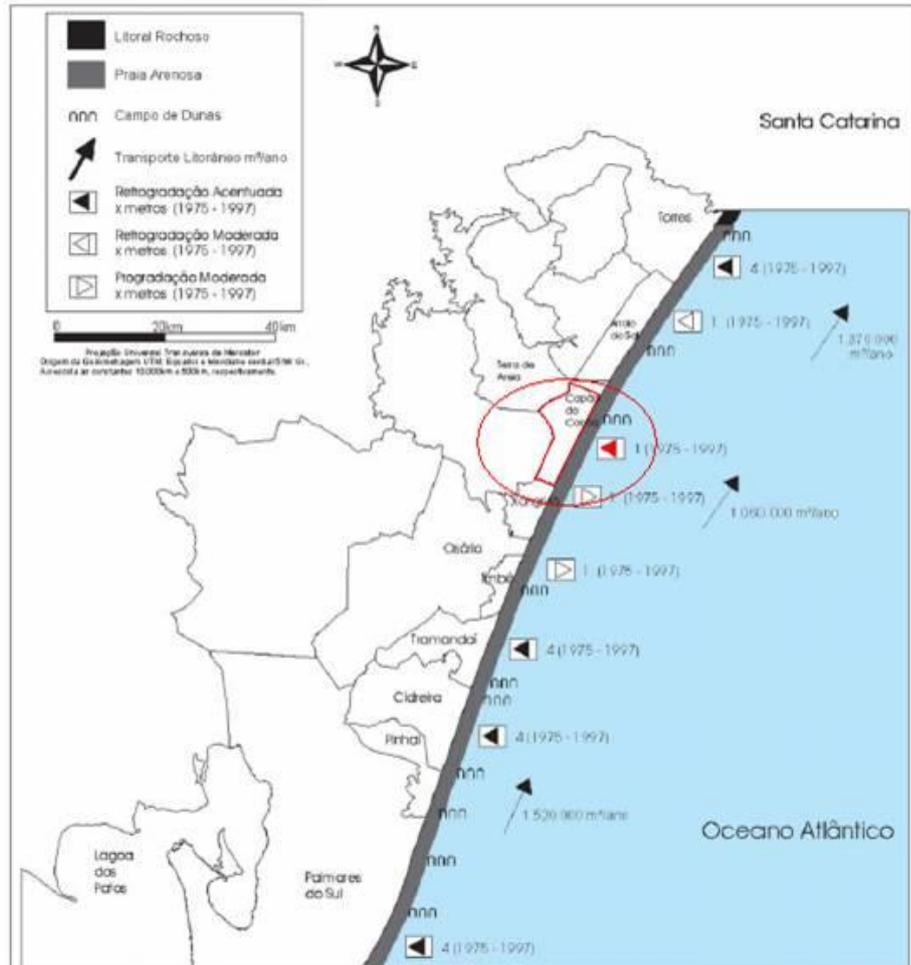


Figura 14: Classificação dos setores da costa de acordo com seus comportamentos progradantes ou retrogradantes. Adaptado de Toldo Jr. et al., (1999)

11 DUNAS COSTEIRAS

As dunas costeiras são feições deposicionais características e presentes em praticamente toda a extensão do litoral do Rio Grande do Sul.

As dunas formam-se através da ação eólica, a partir do transporte e deposição de grãos de areia após depararem-se com obstáculos entrepostos no sentido de seu movimento.

As dunas podem ser móveis ou fixas. Para o primeiro caso, é necessário que haja condições de clima mais seco e pouco desenvolvimento de vegetação, além de uma velocidade crítica para que se inicie o transporte dos grãos de areia (estimada entre 4,5 e 5 m/s de acordo com Tomazelli et al., 2008). As dunas iniciam a sua estabilização quando espécies vegetais pioneiras altamente especializadas, capazes de suportarem o estresse hídrico, alta amplitude térmica superficial, salinidade e falta de nutrientes estabelecem-se no ambiente praial, formando um anteparo ao transporte eólico dos grãos de areia. Após a colonização dos ambientes dunares por espécies vegetais, pode haver condições ótimas para que essa vegetação se desenvolva ainda mais, formando terrenos relativamente estáveis (HESP, 2000).

Segundo Portz (2008), o processo se inicia com a formação de linhas de deposição de material orgânico, como algas e outros organismos marinhos mortos no pós-praia após eventos de maré meteorológica. A migração de areia fina depositada na zona de estirâncio, após sua secagem, para o pós-praia é responsável pelo aporte de areia ao sistema, até que ela fique contida nas linhas de deposição.

11.1 DUNAS FRONTAIS

As dunas frontais configuram o objeto de estudo desse trabalho, pois são muitas vezes os únicos remanescentes de campos de dunas que outrora ocuparam grandes extensões, tornando imperativo seu correto manejo e preservação. As dunas frontais ocupam a porção superior da pós-praia, portanto são uma assembléia morfológica única que interage diretamente com a dinâmica praial. Compõem cristas de dunas que se estendem paralelamente à linha de costa, são convexas, simétricas ou assimétricas e dividem-se em duas categorias básicas, dunas frontais estabilizadas e dunas incipientes/embrionárias (HESP, 2000).

11.1.1 Dunas Frontais Estabilizadas

Após o processo de acúmulo de areia e formação dos cordões arenosos, inicia-se a colonização dos cômoros de areia. No Litoral Norte do Rio Grande do Sul, as espécies vegetais predominantes na colonização das dunas frontais são o capim de praia (*Panicum racemosum*), gramínea de talos altos que gera dunas mais altas e com uniformidade lateral; e a margarida de praia (*Senecio crassiflorus*), espécie que dá origem a dunas arredondadas e com picos elevados (PORTZ, 2008).

À medida que a duna estabiliza-se, a sua morfologia torna-se mais complexa, a face de sotavento torna-se estável, aumentando os níveis de nutrientes e diminuindo a inundação de areia e os níveis de *spray* salino que as atinge.

A morfologia das dunas frontais estabilizadas depende, além do tipo da vegetação, da disponibilidade de sedimentos na pós-praia, das taxas de acreção e erosão eólica e da densidade das redes de drenagem dos sangradouros. Sua altura e volume estão relacionados também com o perfil morfodinâmico da praia que provê sedimentos ao sistema. Praias de perfil dissipativo tendem a apresentar dunas maiores, ao passo que praias reflectivas apresentam dunas menores (HESP, 2000).

Sabe-se que para o litoral do Rio Grande do Sul, o desenvolvimento de dunas frontais estabilizadas (Figura 15) é mais presente no trecho entre Atlântida Sul e Torres, devido à influência das escarpas da Serra Geral que promovem as chuvas orográficas e aumento dos índices de precipitação pluviométrica da região. Portanto, as dunas costeiras nesse setor são mais estreitas e restritas (apesar do perfil dissipativo da praia), devido à umidade que promove o crescimento mais vigoroso da vegetação colonizadora e também devido a variáveis como a menor energia de ondas na região em condições meteorológicas normais, disponibilizando menos suprimento de sedimentos ao pós-praia (MARTINHO, 2008).

O pós-duna, denominação para as áreas que se localizam atrás das dunas no sentido oceano-continente, é geralmente ocupado pelos banhados que dispõem da água provida pelo lençol freático.



Figura 15: Exemplo de terrenos dunares com certo grau de estabilização (Fonte: arquivo pessoal).

11.1.2 Dunas Frontais Incipientes

Dunas frontais incipientes, também conhecidas como dunas embrionárias, representam o estágio inicial da formação das dunas frontais.

Sua formação inicia-se quando a areia transportada pelo vento proveniente dos depósitos secos do pós-praia é aprisionada pela vegetação pioneira da praia. Uma vez aprisionados, os grãos de areia ficam abrigados da ação eólica e vão se acumulando à medida que o fluxo de vento atravessa a vegetação. Tais dunas formam-se na pós-praia sobre o crescimento de vegetação pioneira na linha de detritos da maré ou então, sobre a extensão de rizomas de vegetação que se desenvolveu sobre as dunas estabilizadas (HESP, 2000).

O tipo e a densidade da vegetação determinam a morfologia da duna, em conjunção com a velocidade e direção do vento, taxas de transporte de areia e intensidade das marés. No litoral do Rio Grande do Sul, as espécies vegetais pioneiras mais comumente encontradas na formação de dunas incipientes são o *Blutaparon portulacoides* (Figura 16) e *Paspalum vaginatum*, que por possuírem rizomas espalhados horizontalmente geram dunas menores e mais regulares.



Figura 16: Princípio de formação de uma duna incipiente pelo aprisionamento da areia nos rizomas da espécie *Blutaparon portulacoides* (Fonte: arquivo pessoal).

12 INTERAÇÕES PRAIA-DUNA

As praias e dunas frontais são ambientes altamente dinâmicos e em constante interação. A altura e eventualmente a largura das dunas frontais tendem a aumentar se há grande disponibilidade de sedimentos praias e erosão insignificante.

A praia é alimentada pela remobilização dos sedimentos na zona de surfe, que são depositados como cristas de berma (vide Figura 12). Os fluxos de vento por sua vez disponibilizam o aporte de sedimentos necessário para a formação das dunas frontais. As dunas frontais preservam seus sedimentos enquanto migra em direção ao continente e a praia é erodida, sendo então possível classificá-las conceitualmente de modo diverso das praias, em um contexto de balanço sedimentar (PSUTY, 1988).

A alta energia das ondas, nos eventos de marés meteorológicas, pode elevar o nível do mar e dependendo de sua intensidade e duração pode provocar uma significativa erosão na face marinha das dunas frontais. A erosão da face marinha das dunas caracteriza-se pela feição escarpada, próximas de 90° de inclinação. Subseqüentemente, a areia retorna ao sistema-praia duna sob o regime de ondas de baixa energia e vai recompondo a escarpa erodida da duna frontal, permitindo à vegetação retomar seu crescimento e reparar a duna frontal.

O ciclo de erosão e recomposição da duna (Figura 17) garante o equilíbrio dinâmico que protege as costas da incursão da água do mar em eventos de ressaca, mas esse mesmo ciclo pode ser rompido quando a atividade antrópica modifica as características do ambiente (HESP, 2000).

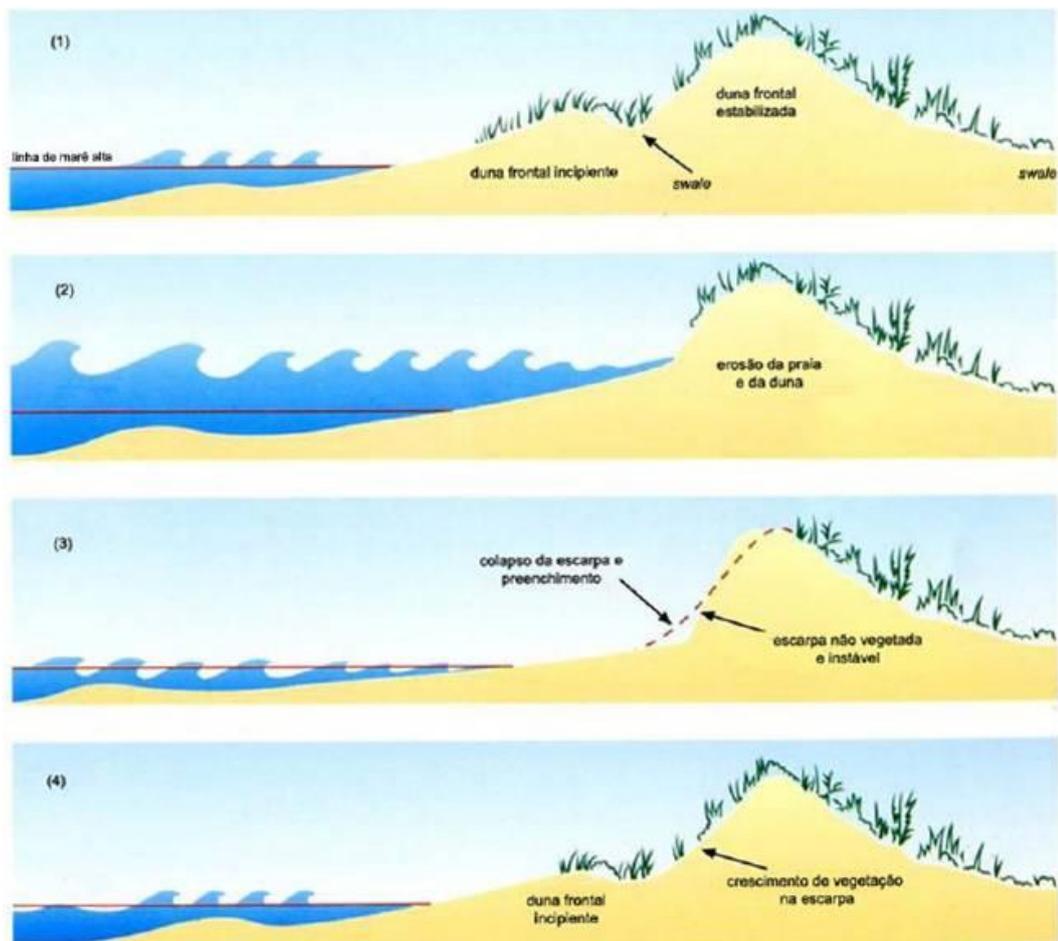


Figura 17: Dinâmica de interação praia-duna, modificado de Hesp (2000).

13 IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DAS DUNAS COSTEIRAS

O valor ecológico das dunas costeiras tem sido muitas vezes ignorado ou subestimado, mas a sua preservação é de fundamental importância para os ambientes costeiros.

A manutenção dos campos de dunas costeiras preserva o caráter natural das praias no sentido de que eles servem como um anteparo à ocupação humana e, eventualmente, à incursão do mar em eventos de tempestades, bem como servindo de estoque sedimentar para os eventos cíclicos de erosão e recomposição das dunas. Abrigam em seu ecossistema espécies de flora e fauna altamente especializadas às condições extremas de seu ambiente, cujo estudo proporciona um valioso conhecimento a respeito da diversidade da vida nos diversos ecossistemas. Por fim, as dunas costeiras atuam na filtragem da água percolante, garantindo a qualidade do lençol freático, bem como potenciais agentes de amenização das praias se bem manejadas em conjunção com a ocupação humana (HESP, 2000).

14 METODOLOGIA

As dunas costeiras atualmente estão sob intensa pressão ao redor do mundo, devido à perda de areia decorrente de atividades como mineração e ocupação humana, fatores que aumentam a vulnerabilidade desses sistemas.

Em Geociências, emprega-se o termo vulnerabilidade costeira a uma série de atributos que caracterizam a fragilidade de trechos costeiros a desastres e incidência de fenômenos naturais (TABAJARA et al., 2005). Para este trabalho, o conceito de vulnerabilidade das dunas frontais aplica-se aos fatores que induzem esses sistemas à erosão e degradação ambiental, descaracterizando o sistema praiado em equilíbrio e ameaçando comunidades costeiras frente a eventos de marés meteorológicas que elevam o nível do mar.

A metodologia aplicada a esse trabalho foi a aplicação de um *checklist* (lista de controle de vulnerabilidade) proposto por Williams et al. (2001) e adaptada às condições locais (conforme ANEXO A), para a determinação de áreas cuja resiliência esteja ameaçada, portanto, prioritárias às ações de intervenção, tais como a elaboração de planos de manejo de dunas. O *checklist* de vulnerabilidade foram adaptados dos métodos estabelecidos pelo programa ELOISE/DUNES da União Europeia para regiões costeiras do Atlântico Sul.

O uso de *checklists* é caracterizado pelo rápido delineamento do problema, a partir da listagem das principais características da duna, sua taxa e avaliação (TABAJARA, 2005). Os principais parâmetros que resumem a condição sistemática das dunas são taxados com notas de 0 a 4, sendo que a primeira representa uma condição de equilíbrio e a última, um estágio avançado de degradação.

Os principais parâmetros foram agrupados em quatro seções:

- A – Morfologia das dunas: 5 parâmetros
- B – Condições de praia: 5 parâmetros
- C – Característica dos 200 m adjacentes ao mar: 8 parâmetros
- D- Pressão de uso: 7 parâmetros

O índice de vulnerabilidade (IV) resultante é obtido pelo simples algoritmo:

$$IV = \sum (A,B,C,D) \times (100) / (\text{máximo valor possível})$$

Cada seção possui um valor máximo possível (caso todos os parâmetros apresentem nota máxima em cada seção (nota 4): A (5x4)=20; B (5x4)=20; C (8x4)=32; D(7x4)=28, o máximo valor possível do sistema (denominador) é igual ao somatório dos máximos valores possíveis das seções, logo:

$$IV = \frac{\sum(20+20+32+28) \times 100}{\text{Máximo valor possível}}$$

$$IV = \frac{\sum(100) \times 100}{\text{Máximo valor possível}}$$

$$IV = \frac{\sum(100) \times 100}{100} = \mathbf{100\%}$$

A equação acima representa, nesse caso, a situação hipotética em que um perfil de duna frontal apresentasse um IV de 100%.

É possível representar graficamente essa informação, através de um gráfico de polígonos, tornando a informação rápida e fácil de ser acessada visualmente. A área do polígono é diretamente proporcional à vulnerabilidade do trecho analisado.

Para a elaboração de tais polígonos, é necessário que se determine os índices de vulnerabilidade parciais (IP) (Tabela 3), para cada seção (Figura 18).

Sendo assim, a informação gráfica permite ao pesquisador identificar qual seção responde pelo maior índice de vulnerabilidade parcial e, portanto, as principais fontes de alteração no equilíbrio do sistema .

Parâmetros Taxados para o Perfil 1 (250-500m)- (02/2010)							
A	E	B	E	C	E	D	E
A1	0	B1	2	C1	0	D1	1
A2	0	B2	2	C2	0	D2	4
A3	2	B3	2	C3	1	D3	4
A4	1	B4	0	C4	1	D4	4
A5	1	B5	2	C5	4	D5	2
				C6	0	D6	0
				C7	2	D7	4
				C8	4		
Σ	4		8		12		19
%	20		40		38		68
Σ de A até D: 43							
IV 43%							

Tabela 3: Lista de taxaço de valores de 0-4 para os parâmetros das seoes de A,B,C e D e seus respectivos escores (E) para o perfil 1 de Capão da Canoa levantado em fevereiro de 2010.

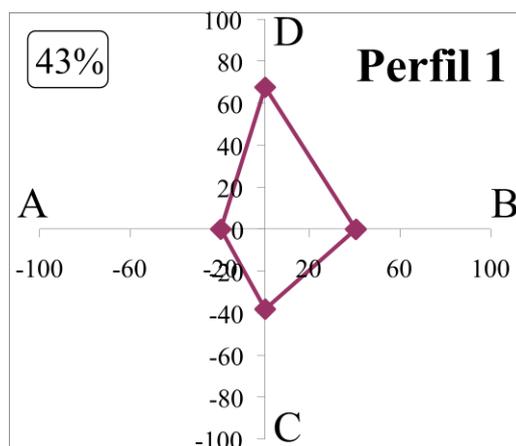


Figura 18: Gráfico correspondente ao primeiro perfil analisado na orla de Capão de Canoa – Bairro Navegantes - indicando a relevância da seção D (pressão de uso) para a vulnerabilidade do sistema.

A avaliação da vulnerabilidade das dunas frontais da orla de Capão da Canoa ocorreu em duas etapas, através de saídas de campo em setembro de 2008 e fevereiro de 2010, para que pudessem ser analisadas variações no IV para o inverno e para o verão.

Os aproximados 18 km de orla foram divididos em perfis de 250 m paralelos à linha de costa, totalizando 71 perfis taxados e analisados, perfazendo um percurso

no sentido sul-norte, portanto, o perfil 1 encontra-se no Bairro Navegantes, na divisa com o município de Xangri-Lá, e o perfil 71 no distrito de Curumim, na divisa com o município de Terra de Areia.

Para a determinação de trechos de 250 m em campo, utilizou-se um GPS Garmin 60C para apoio, com precisão aproximada de 5 m.

Os índices de vulnerabilidade de inverno e verão foram submetidos ao cálculo de média aritmética para determinar-se o IV médio, posteriormente, agrupados por análise multivariada (*cluster analysis*, modo correlação) no *software* Past ®. A partir do agrupamento dos setores por vulnerabilidade, foi possível apontar os perfis mais vulneráveis e passíveis de intervenção, que serão discutidos nos resultados e diagramados em um sistema de informações geográficas (Arcgis®), utilizando-se de imagens de alta resolução disponibilizadas gratuitamente pelo sítio do Google Earth®.

14.1 AGRUPAMENTO DOS PERFIS

A análise fatorial multivariada relaciona a correlação entre o caso e não entre as variáveis e, portanto, torna-se bastante utilizada em ciências naturais (DAL CIN & SIMIONI apud TABAJARA, 2005).

Os IV médios de inverno e verão foram atribuídos aos seus respectivos perfis para então serem agrupados, conforme mostra o dendrograma gerado pelo *software* Past ® (ANEXO B).

Segundo Laranjeira (1997) os graus de vulnerabilidade podem ser pré-estabelecidos em função do limiar de resiliência apresentado pelos sistemas de dunas (Tabela 4). A associação das notas a cada parâmetro se dá de acordo com todo o conhecimento que vêm sendo acumulado por pesquisadores e o consenso multidisciplinar a respeito das dinâmicas naturais em interação que controlam a formação e o equilíbrio das dunas costeiras.

Nível 1 0-20%	Nível de vulnerabilidade em que o grau de transformação do sistema dunar não põe em risco a sua capacidade de auto-regeneração; o grau de vulnerabilidade está compreendido entre 0 a 20%; estado de degradação das feições não ultrapassa o limiar de resiliência; sensibilidade baixa.
Nível 2 20-40%	Nível de vulnerabilidade em que já se percebem sinais de mudanças no conjunto do sistema; a sensibilidade de baixa passa a se acentuar; o nível 2 compreende o intervalo de valores maiores que 20% até 40%.
Nível 3 40-60%	Percebem-se sinais de degradação significativa, já se faz necessária uma certa restrição a uma maior utilização. As feições dunares se posicionam sobre o limiar de resiliência. Considerável nível de degradação dos sistemas. Valores maiores que 40% até 60% estão compreendidos neste intervalo.
Nível 4 60-80%	Observam-se mecanismos de pressão muito significativa; as feições dunares não apresentam mecanismos de resistência aos efeitos negativos; a sensibilidade é elevada; são maiores que 60% e chegando a 80% os valores percentuais do nível 4.
Nível 5 80-100%	Evidenciam - se efeitos de degradação severa e generalizada. Nível de degradação extremamente elevado comprometendo o caráter das geoformas. Limiar de resiliência ultrapassado. Nível de maior caráter impactante que compreende o intervalo de valores maiores que 80% até 100% de vulnerabilidade.

Tabela 4: Níveis de vulnerabilidade e suas características, modificado de Laranjeira (1997).

De acordo com essa classificação, todos os perfis levantadas no inverno de 2008 e verão de 2010 foram enquadrados nas categorias 1, 2, 3 e 4 não sendo encontrado o nível 5 de vulnerabilidade (ANEXO C).

15 PARÂMETROS DO *CHECKLIST*

- **Seção A (morfologia da duna):** A condição geomorfológica é um dos fatores determinantes da resiliência das dunas frontais, pois a capacidade de regeneração das dunas após eventos de estresse ambiental está relacionada à sua extensão e volume. Portanto, quanto maior o sistema e maior a disponibilidade de sedimentos, melhores serão as relações ecológicas e geomorfológicas juntamente com a proteção contra a ação erosiva eólica e marinha (WILLIAMS et al., 2001). Os parâmetros para a seção A desse trabalho foram: Área superficial (m²), largura da duna (m), altura da duna (m), processo de escarpamento e declividade na face frontal marinha.
- **Seção B (condição de praia):** Essa classificação refere-se ao segmento do pós-praia, que está relacionado ao suprimento direto de sedimentos para as dunas frontais. A largura da praia é diretamente proporcional à disponibilidade de sedimentos, da mesma forma que um pós-praia mais estreito dissipa menos energia das ondas e do avanço da maré, afetando o desenvolvimento das dunas frontais na suas faces marinhas. Os parâmetros considerados para a seção B são: largura do pós praia (m); suprimento de areia; brechas na face de praia; largura das brechas na face de praia e dunas embrionárias.
- **Seção C (característica dos 200 m adjacentes ao mar):** A seção C contém parâmetros mais abrangentes que sintetizam o âmbito biofísico, bem como a influência dos sangradouros e áreas impermeabilizadas no sistema praia-duna. Tais parâmetros são: porcentagem da área de *blowouts* (%), fuga de areia do sistema para o continente; porcentagem de brechas no sistema de dunas (%); porcentagem da área vegetada no lado marinho da duna(%); colonização das areias recentemente depositadas por *Blutaparon portucaloides*; porcentagem de cobertura impermeável (%); presença de vegetação exótica e quantidade de sangradouros.
Blowouts , termo em inglês para bacias de deflação eólica , são feições comuns em sistemas de dunas costeiras, caracterizados pelo assoalho ou depressão, paredes erosionais laterais e pelo lóbulo de deposição, formado ao final do sentido do fluxo de areia, pelo aporte de areia erodida do assoalho

e das paredes laterais da bacia. *Blowouts* podem apresentar variadas formas, mas podem ser enquadrados dentro de duas categorias principais: tipo prato raso (*saucer blowout*) e tipo cavidade alongada (*through blowout*). A diferença principal entre as duas formas é que a primeira forma-se sobre as cristas das dunas, em terrenos mais planos, ao passo que a segunda desenvolve-se na face inclinada da duna frontal (Figura 19). As bacias de deflação eólica formam-se em locais onde há uma redução da vegetação fixadora e fluxo constante de vento. As causas para o início do processo de erosão das bacias de deflação podem ser de ordem natural, como a partir da erosão das ondas na duna frontal, aceleração do fluxo de vento no interior do campo de dunas; ou então induzidas por atividades humanas, como o pastoreio e passagem de veículos e pedestres (HESP, 2000).

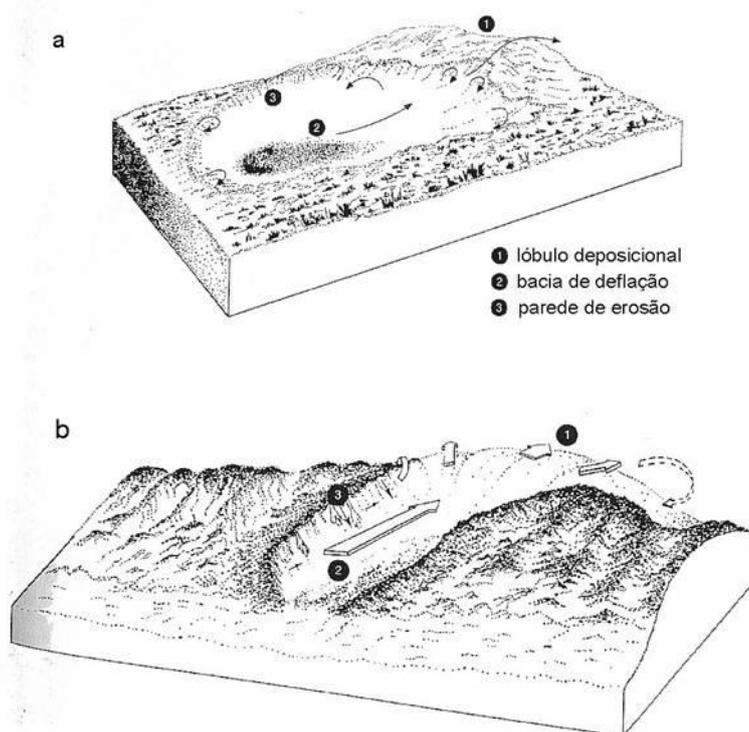


Figura 19: a) *blowouts* do tipo prato raso (*saucer*) e do tipo b) alongados (*through*). Extraído de PORTZ (2008), modificado de HESP (2000).

- **Seção D (pressão de uso):** Por fim, a seção D do *checklist* traz um inventário de elementos de natureza antrópica que afetam diretamente o equilíbrio das dunas frontais, tais como: número de acesso de veículos; densidade de

caminho de pedestres; estágio de urbanização; nível de urbanização (%);
posição da urbanização, número de quiosques e número de proprietários.

16 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos levantamentos feitos em setembro de 2008, buscou-se avaliar o comportamento dos índices de vulnerabilidade das dunas frontais da orla de Capão da Canoa ao final do inverno, uma vez que todos os fenômenos incidentes típicos dessa estação já teriam atingido seu grau máximo de ocorrências. Os levantamentos iniciais foram realizados na divisa com o município de Xangri-Lá, trecho que coincide com a rua Ubatuba, e assim em diante, até o distrito de Curumim. O resultado da análise de cada parâmetro levou à construção dos gráficos de polígonos, que serão associados aos setores mais urbanizados, coincidentes com os setores estabelecidos pelo Plano de Ordenamento da Orla de Capão da Canoa (Figura 20).

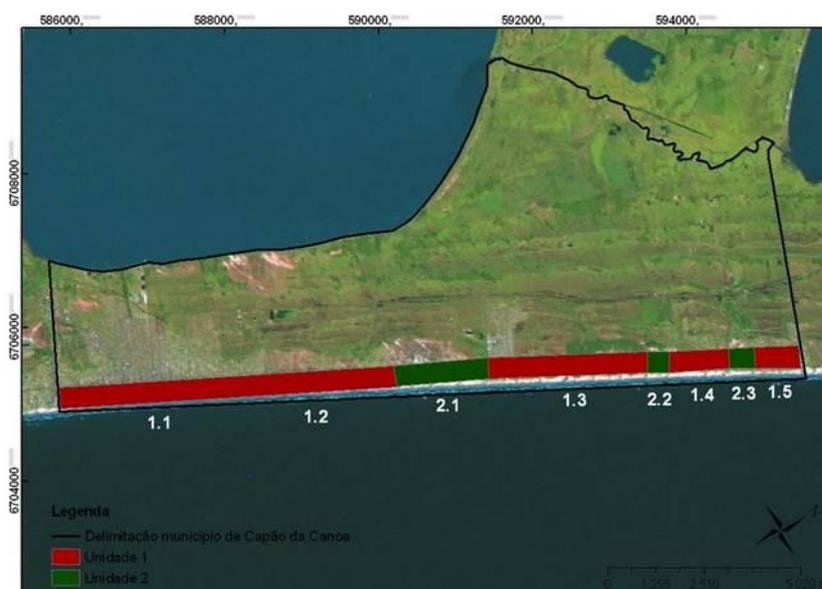
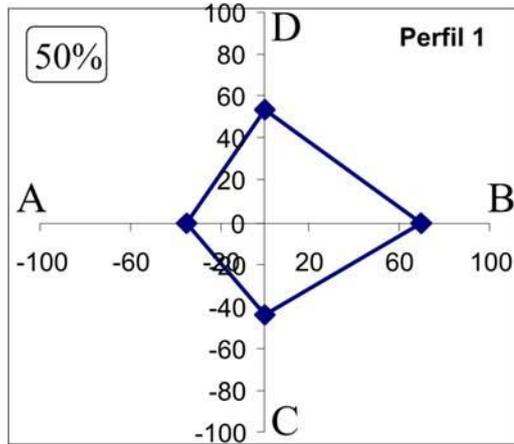


Figura 20: Setorização da orla segundo o nível de urbanização, os setores em vermelho representam áreas urbanizadas enquanto os verdes áreas sem urbanização. Extraído de: Diagnóstico para o Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa (2009)

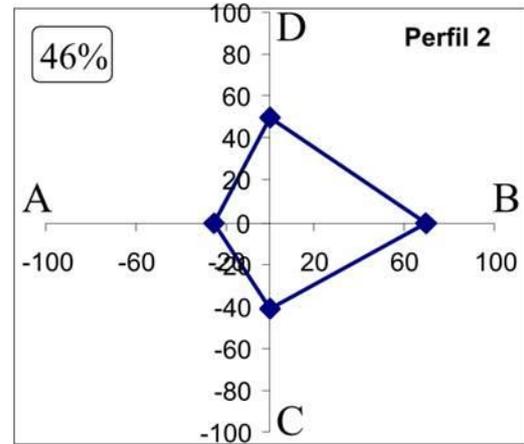
16.1 PERFIS DE INVERNO DO SETOR 1.1 (DISTRITO SEDE)

Em um primeiro momento, foram analisados somente os perfis mais urbanizados e, conseqüentemente, mais representativos do distrito sede, são eles: Perfis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 (Figura 21), para que mais tarde se

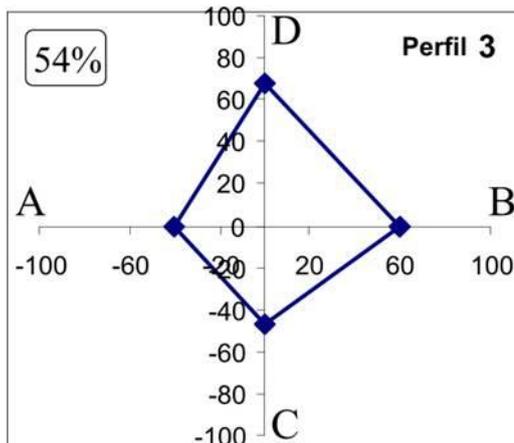
possa tecer um comentário mais abrangente acerca da vulnerabilidade global das dunas frontais da orla de Capão da Canoa.



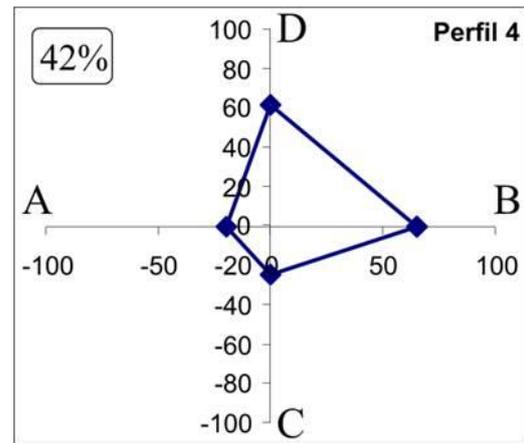
A: Morfologia das Dunas
B: Condições da Praia
C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
D: Pressão de Uso



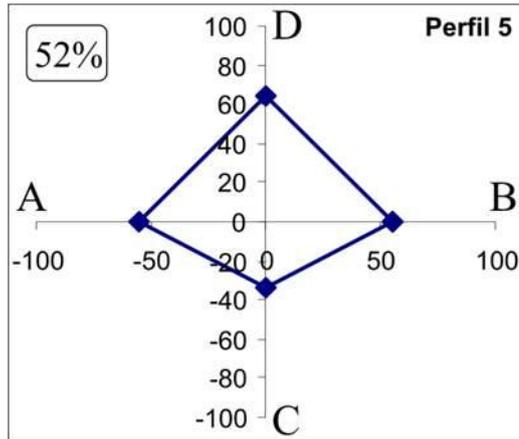
A: Morfologia das Dunas
B: Condições da Praia
C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
D: Pressão de Uso



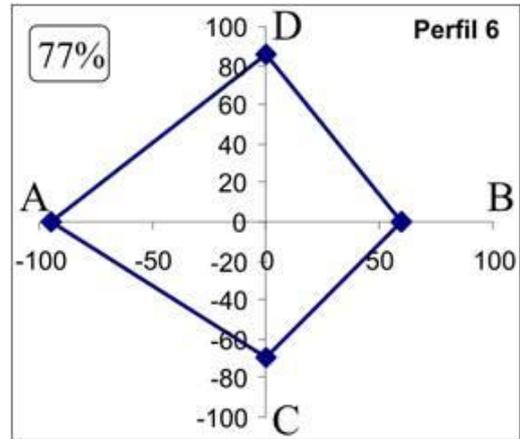
A: Morfologia das Dunas
B: Condições da Praia
C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
D: Pressão de Uso



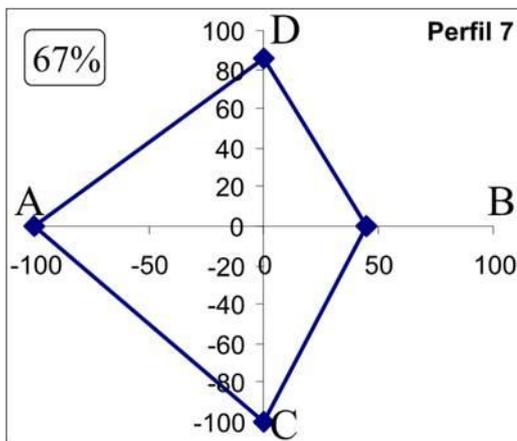
A: Morfologia das Dunas
B: Condições da Praia
C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
D: Pressão de Uso



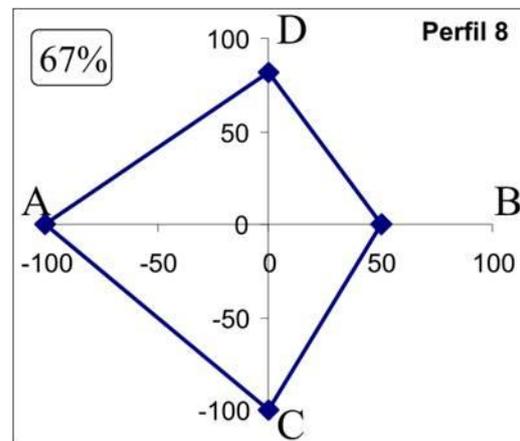
A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso



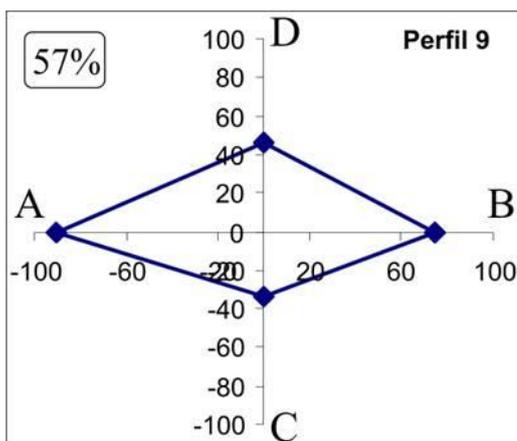
A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso



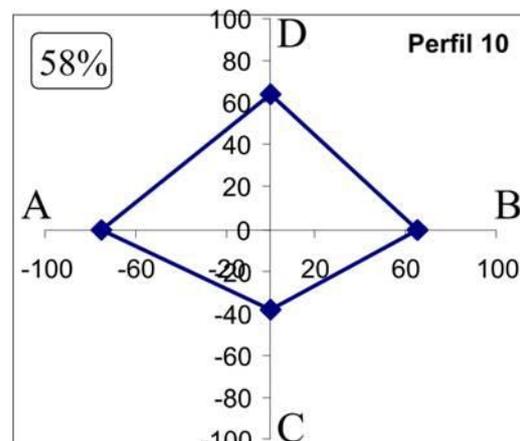
A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso



A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso



A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso



A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso

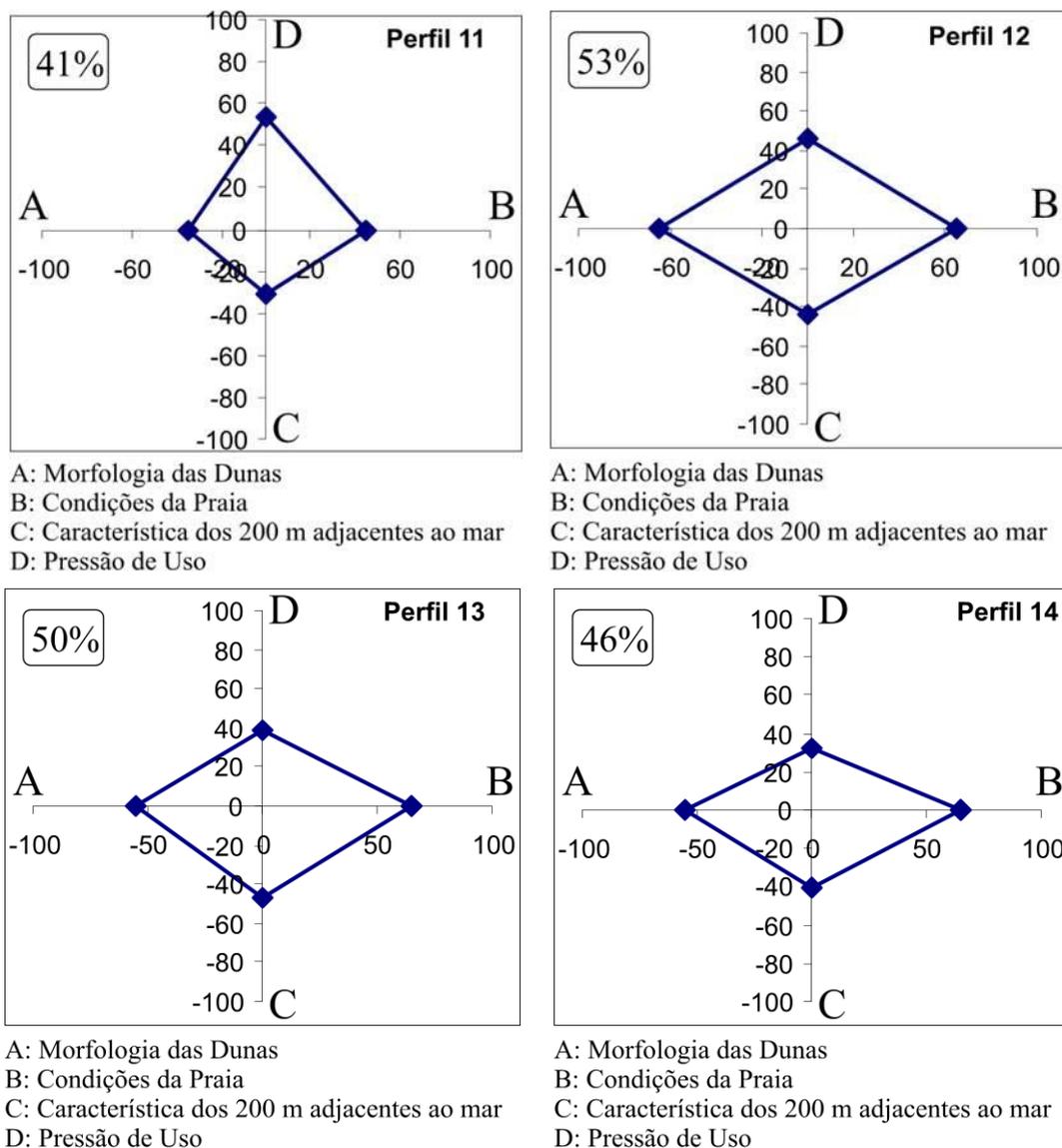


Figura 21: Gráficos poligonais para os índices de vulnerabilidades (IV) e parciais (IP) para cada perfil.

O fator que mais responde pela alteração dos sistemas de dunas no setor mais urbanizado do distrito sede de Capão da Canoa para o período de inverno é o de condição de praia, com um valor médio de 61% (Gráfico 2), mas esse fator não representa uma moda no comportamento de vulnerabilidade, pois é logo seguido pelos fatores “A” morfologia da duna (60%) e pressão de uso (59%). Os 14 perfis que correspondem a esse setor altamente urbanizado e densificado da orla de Capão da Canoa apresentam um IV médio de 50% e, portanto, encaixam-se no nível 3 de vulnerabilidade, no limiar de resiliência das dunas frontais, que se encontram bastante degradadas ou até mesmo extintas devido à urbanização.

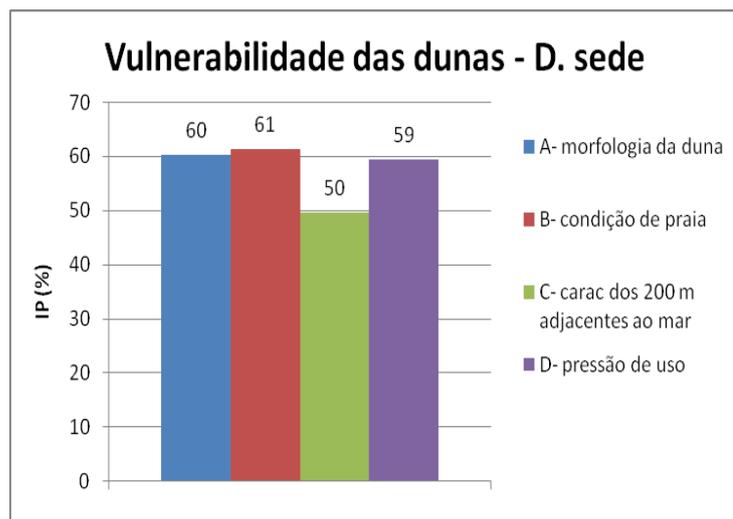
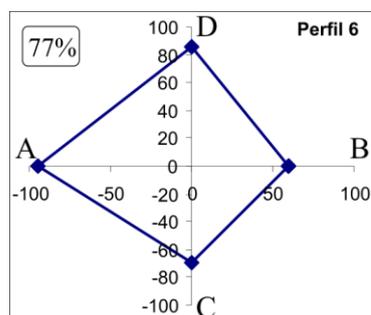


Gráfico 2: Índices de vulnerabilidade parciais (IP) médios para cada seção dos perfis de 1 à 14, no inverno de 2008.

Os perfis que mais contribuem para a vulnerabilidade do sistema no setor do distrito sede são os perfis 6 (Figura 22), 7,8 e 10 (Bairro Zona Nova).



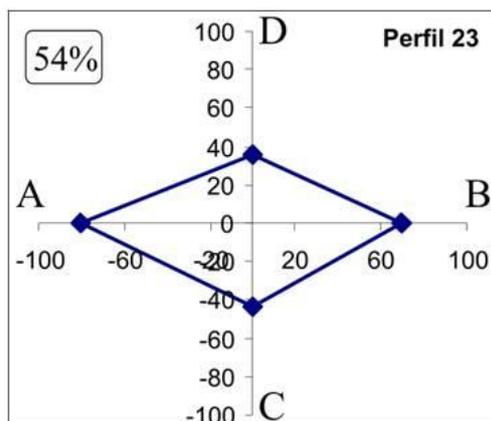
A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso



Figura 22: Áreas correspondentes ao perfil 6, no inverno de 2008. Extinção total da duna (esquerda) com substituição por pavimento; construção sobre o pós praia (direita) (Fonte: arquivo pessoal).

A presença do calçadão e da estrutura do Baronda (estrutura localizada sobre as dunas frontais) representam enormes desequilíbrios no sistema praia-duna, pois as dunas foram praticamente extintas nesse setor e, portanto, expõe as estruturas construídas e a praia à erosão marinha sem que haja estoque de sedimentos disponível para a reposição sedimentar. Em razão da substituição de grande parte da área de dunas pelo pavimento asfáltico no perfil 6 e nos perfis adjacentes, foi atribuído ao parâmetro morfologia da duna (A) o IP de 100%, indicando altíssima vulnerabilidade global para o trecho.

O perfil 23 (Figura 23), localizado no Balneário Jardim Beira Mar, é representativo de uma característica bastante recorrente na morfologia das dunas durante o inverno, quando estão mais suscetíveis aos processos de escarpamento pela ação das marés meteorológicas.



- A: Morfologia das Dunas
- B: Condições da Praia
- C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
- D: Pressão de Uso

Figura 23: Processo de escarpamento encontrado no perfil 23. O escarpamento da duna contribui para a acentuação do alto IP da seção A (Fonte: arquivo pessoal).

Além da face erosiva encontrada na duna frontal, ainda há presença de vegetação exótica, como a *Acacia trinervis*. A presença de espécies exóticas compõe um fator de vulnerabilidade, pois elas competem com a vegetação nativa, impedindo que as últimas se fixem e facilitando a perda de areia pela ação eólica e marinha (PORTZ, 2008).

A breve análise de alguns dos perfis de inverno visa a demonstrar os principais índices parciais (IP) que atuam de maneira mais representativa no sistema

de dunas. O comportamento geral dos IV ao longo da orla de 18 km durante o inverno é mostrado no gráfico 3.

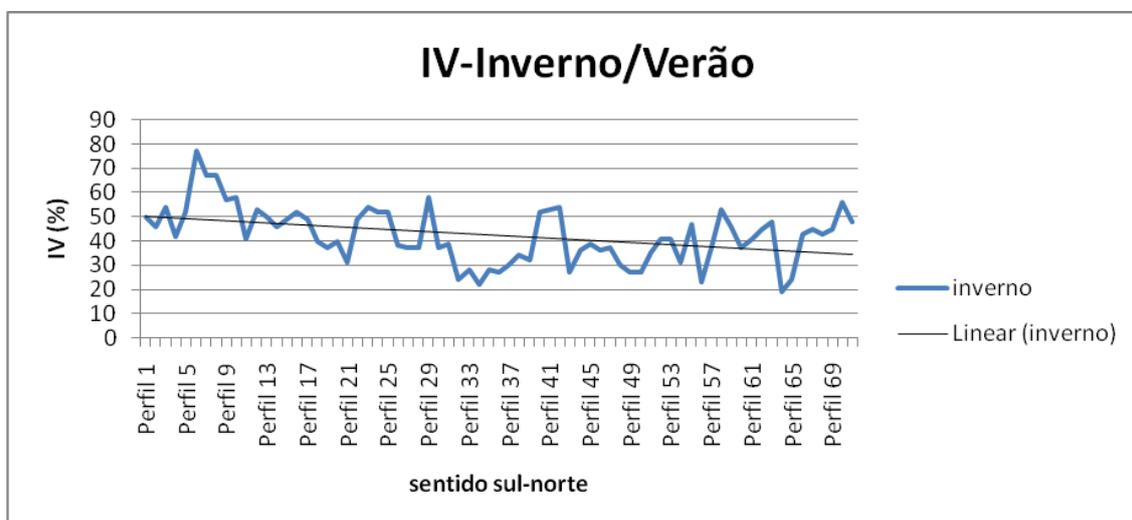


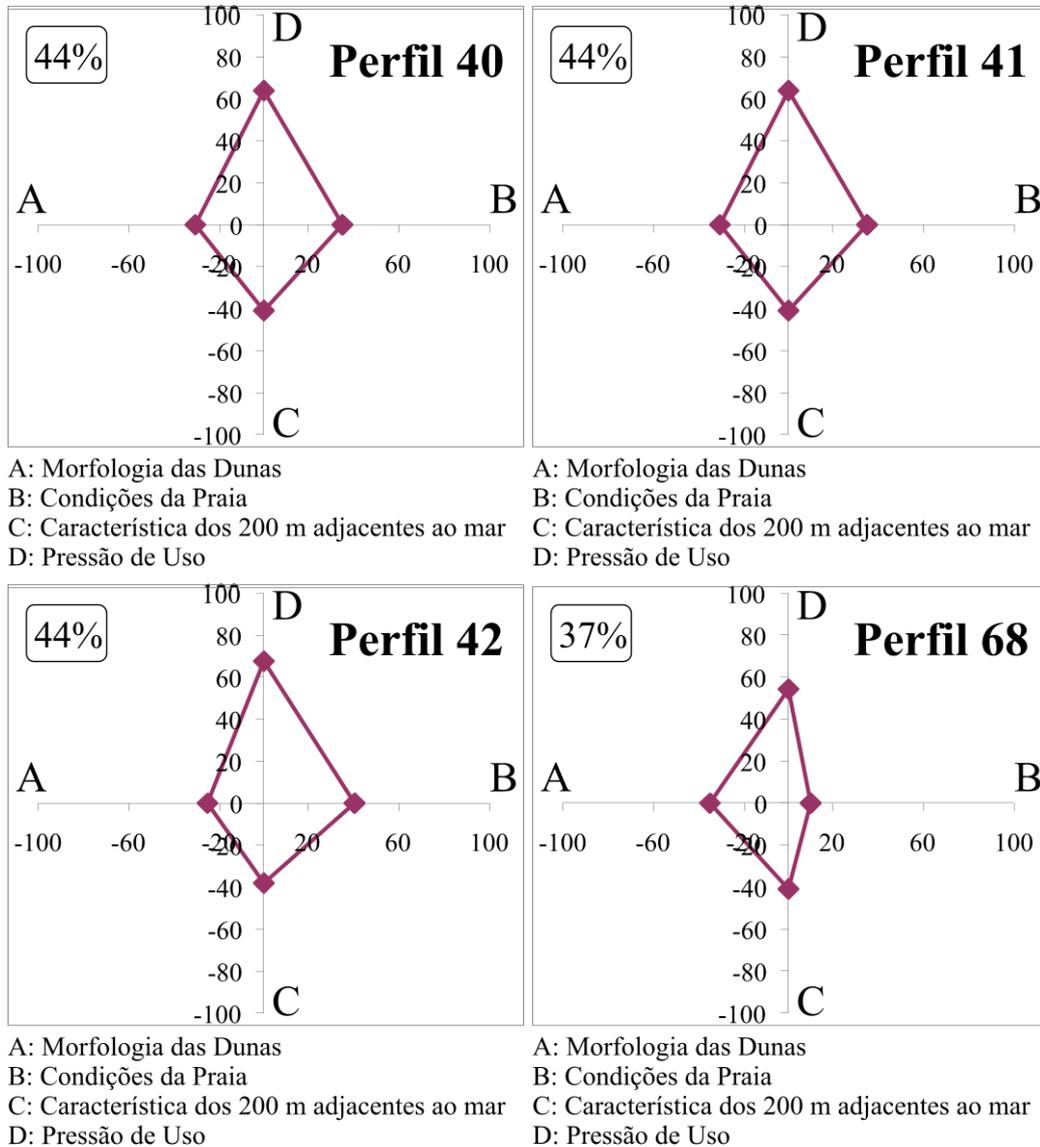
Gráfico 3: comportamento dos IV de inverno ao longo da orla do município de Capão da Canoa. A linha de tendência linear indica o decréscimo dos IV de sul para norte.

A partir da análise preliminar da curva de IV da orla de Capão de Canoa, pode-se concluir que os picos de vulnerabilidade para o período de inverno coincidem com os setores mais urbanizados da orla. Torna-se possível observar que o maior pico de vulnerabilidade ocorre no perfil 6 (anteriormente mencionado), onde quase toda a duna frontal foi extinta pelo calçadão, seguido do pico que ocorre no perfil 29 (Praia do Barco), caracterizando as dunas do distrito sede como altamente vulneráveis. A curva decresce abruptamente nos espaços interurbanos sem a presença de urbanização consolidada no sentido sul-norte, mas volta a subir no perfil 42 (Capão Novo, posto 4), 58 (Arroio Teixeira) e 70 (Curumim).

16.2 PERFIS DE VERÃO NOS SETORES 1.3 E 1.5 (CAPÃO NOVO E CURUMIM)

Os levantamentos realizados para a determinação dos IV de verão das dunas frontais de Capão da Canoa ocorreram em fevereiro de 2010. O mês de fevereiro, após o período das festas de carnaval, representa o fim do veraneio mais expressivo dos meses anteriores, culminando com o máximo de vulnerabilidade para o verão, após todo o impacto gerado pelo intenso uso das praias para fins de lazer. Os perfis

que compreendem os setores mais vulneráveis das dunas desses dois distritos são: 40, 41, 42 (Capão Novo/posto 4), 68, 69, 70, 71 (Curumim), mostrados a seguir na figura 24.



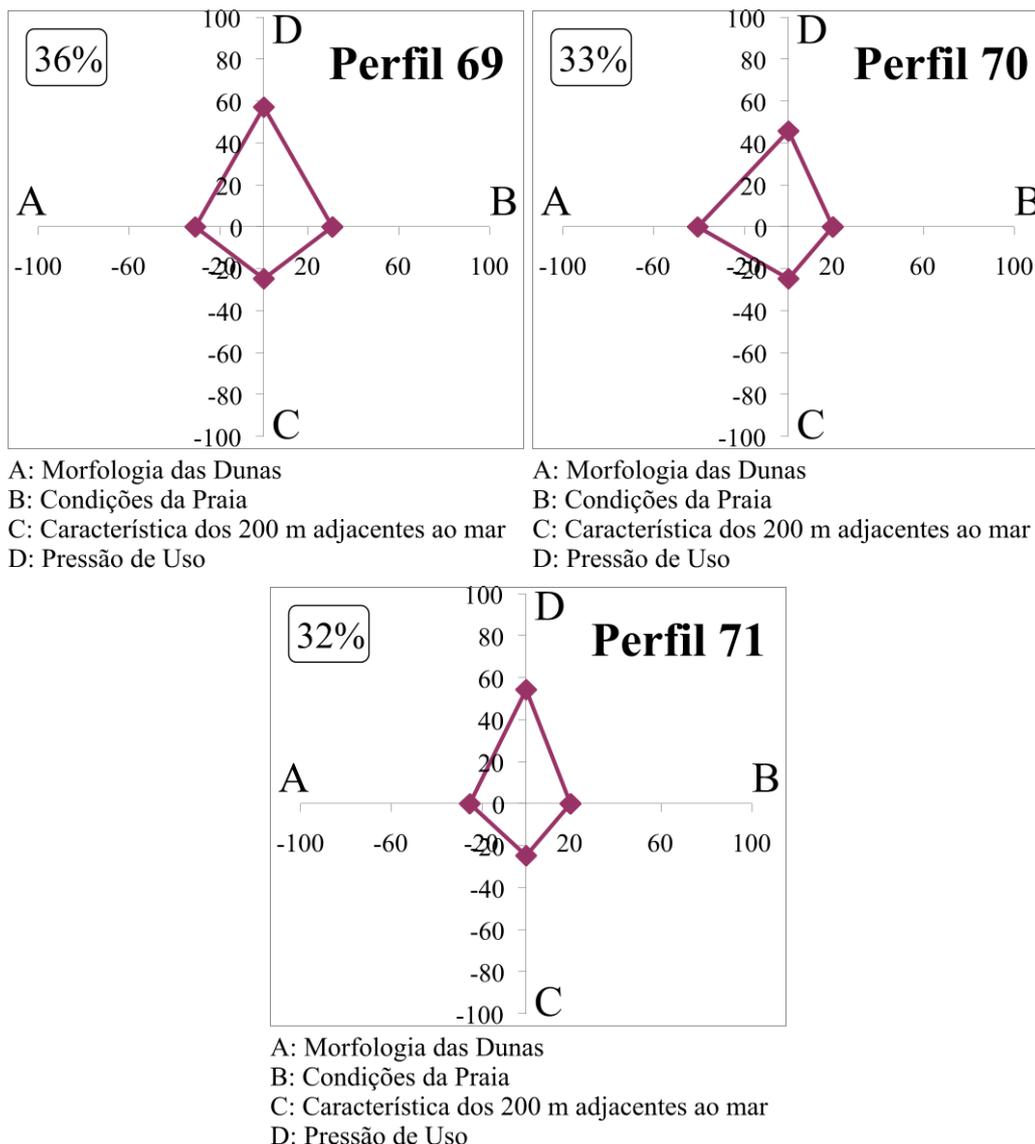


Figura 24: Exemplos de gráficos poligonais de levantamentos realizados em fevereiro de 2010.

O perfil 71 é usado para exemplificar um típico perfil de verão para a orla de Capão da Canoa. Compreende uma faixa de 250 m no distrito de Curumim, que se limita com o município de Terra de Areia, e caracteriza-se pela urbanização já consolidada, com predominância de urbanização horizontal e de moradias de segunda residência, densidade de ocupação média à alta (STROHAECKER, 2007) e, portanto, apresenta grande potencial de poluição visual e sanitária (Figura 25).



Figura 25: Estrutura fixa na praia, distrito de Curumim (Fonte: arquivo pessoal).

Os índices parciais de vulnerabilidade desse perfil são de 25 % para morfologia de duna; 20% para condição de praia; 25% para característica dos 200 metros adjacentes ao mar e de 54% para a pressão de uso. A pressão de uso acentuada nesse setor representa o IP mais significativo, pois há um grau acentuado do número de residências, restaurantes e quiosques na faixa de praia e no pós-duna, reduzindo muito a largura das dunas frontais (média de 26 m). Os índices parciais de vulnerabilidade por seção do *checklist* para os distritos de Capão Novo (posto 4) e Curumim apresentaram uma relevância da pressão de uso na alteração do equilíbrio das dunas frontais, com um valor médio de 58% (Gráfico 4).

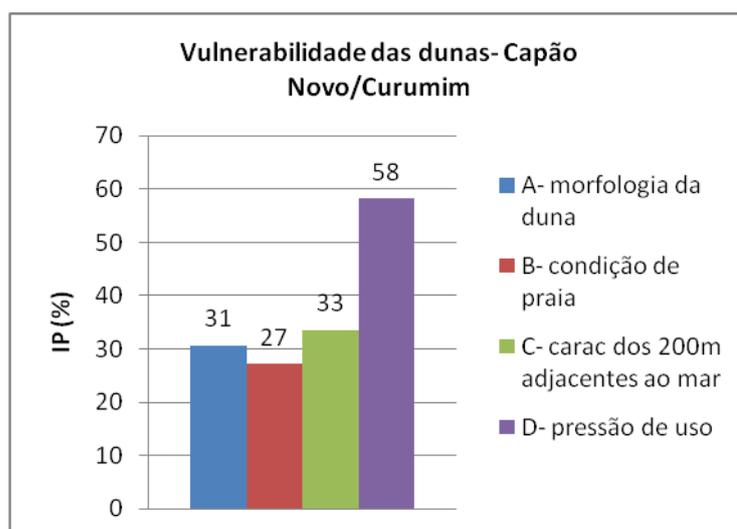


Gráfico 4: Índices de vulnerabilidade parciais (IP) médios para cada seção dos perfis 40, 41, 42, 68, 69, 70 e 71, no verão de 2010.

A curva de distribuição espacial dos níveis de vulnerabilidade relativos para fevereiro de 2010 é mostrada no gráfico 5.

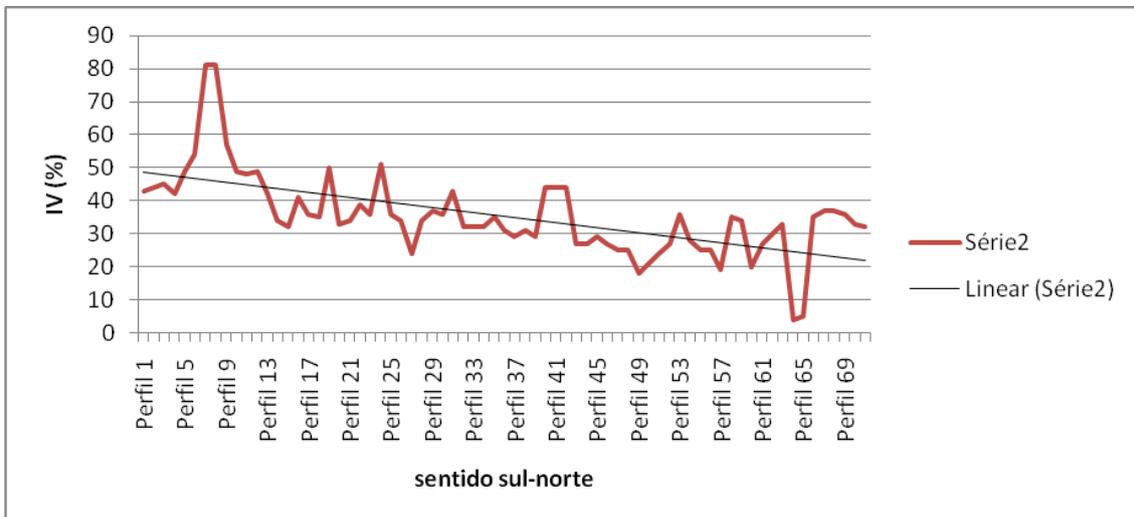


Gráfico 5: comportamento dos IV de verão ao longo da orla do município de Capão da Canoa. Linha de tendência indicando um decréscimo mais expressivo dos IV no sentido sul-norte.

16.3 COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE VULNERABILIDADE (IV) DE INVERNO E VERÃO

O monitoramento das condições ambientais dos sistemas de dunas frontais deve ser contínuo e os dados devem ser sistematicamente coletados, a fim de que os gestores de zonas costeiras possam ser subsidiados com a melhor qualidade e quantidade de dados possíveis.

A natureza das mudanças cíclicas nos estágios de erosão e acresção das dunas já foi bastante estudada e relatada na literatura científica. Há um equilíbrio dinâmico entre as baixas energias de onda e a formação de um perfil de acresção da praia (e conseqüentemente, maior disponibilidade de sedimentos ao sistema de dunas frontais), e as condições de alta energia de onda que ocasionam perfis de erosão (TABAJARA et al., 2004). A intensidade desses processos, no entanto, pode variar de acordo com o nível de degradação das dunas frontais, decorrentes da qualidade do fator antrópico que se expressa através de planejamento e ordenamento territorial, ou pela falta dele. Sendo assim, torna-se imperativo que se

analise as mudanças sazonais no comportamento dos índices de vulnerabilidade das dunas frontais, visando ao aprimorando e à qualidade da tomada de decisões por parte do poder público.

Para a visualização da curva do comportamento dos IV de inverno/verão ao longo da orla de Capão da Canoa, foi realizada a sobreposição dos dois gráficos (Gráfico 6).

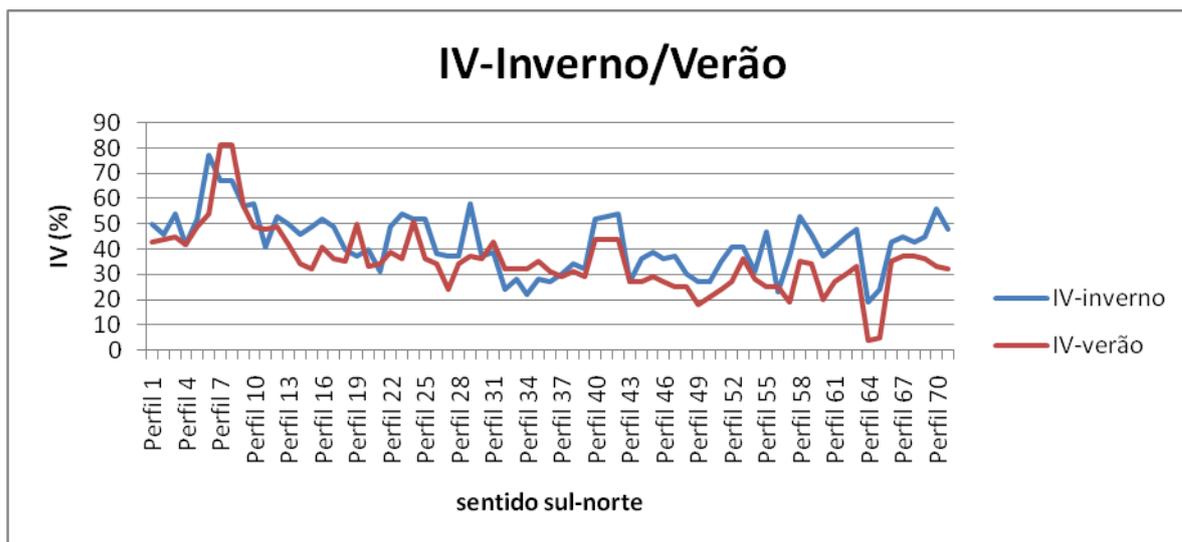


Gráfico 6: comportamento dos IV de inverno (2008) e verão (2010) ao longo da orla do município de Capão da Canoa.

A análise desse gráfico nos permite inferir sobre a relativa superioridade dos valores de IV de inverno, que são em média 7% maiores que os IV de verão, indicando a maior intensidade dos fenômenos que ocorrem no inverno sobre o sistema praia-duna. Os pontos em que isso não ocorre são passíveis de investigação mais profunda e de monitoramentos contínuos, para que se estimem linearidades ou descontinuidades nesse comportamento.

Os valores relativos aos IV de inverno e verão de cada perfil foram submetidos ao cálculo de média aritmética, para a determinação da média de vulnerabilidade ao longo do ano. A partir da atribuição de valores de média foi possível setorizar a orla segundo os níveis de vulnerabilidade (LARANJEIRA, 1997), nos níveis 1 (0-20%), 2 (20-40%), 3 (40-60%) e 4 (60-80%) (Figura 26). Através da setorização, torna-se possível eleger áreas prioritárias para o manejo de dunas, onde os processos de degradação ameaçam os limiares de resiliência das dunas frontais.

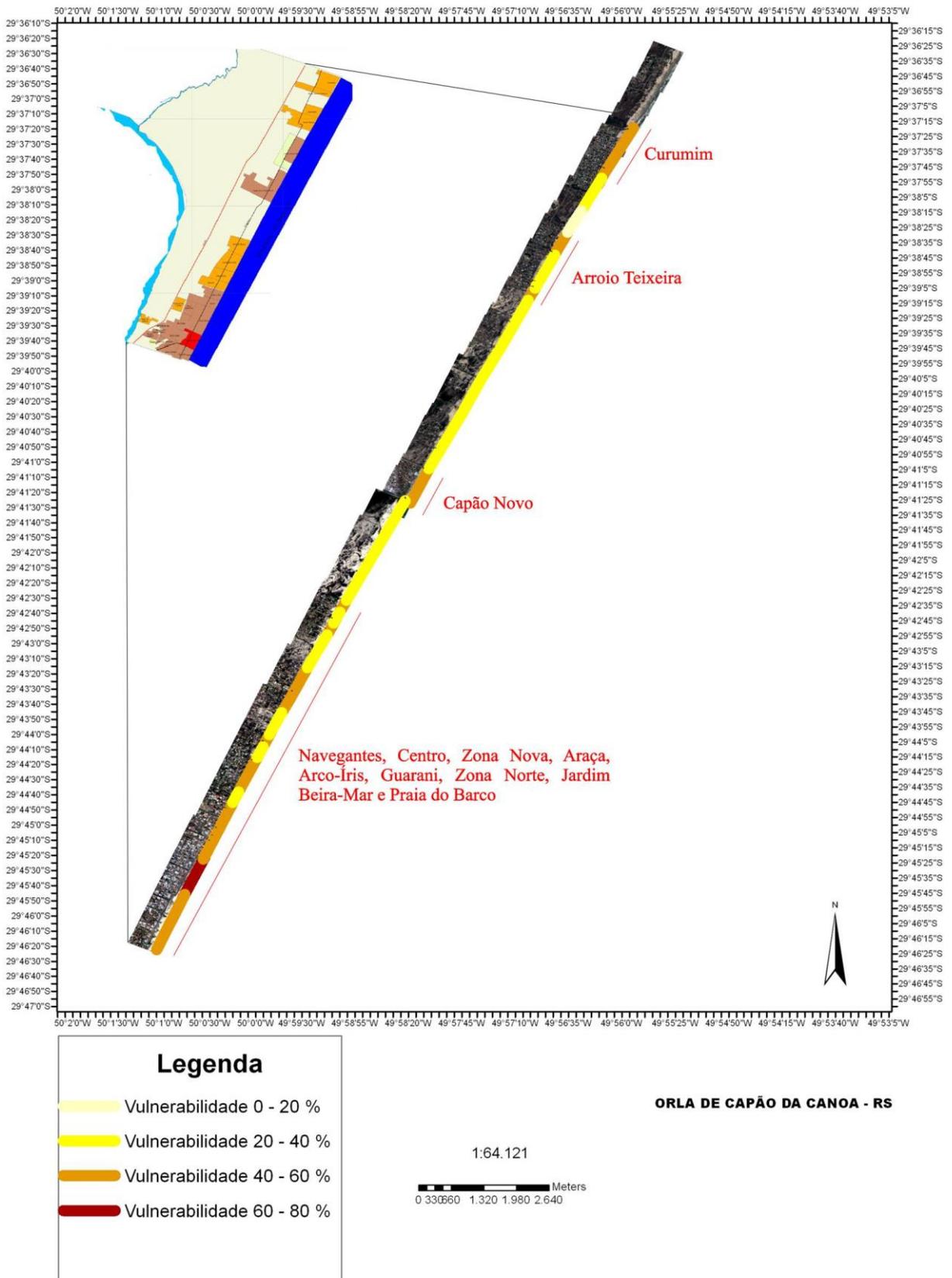


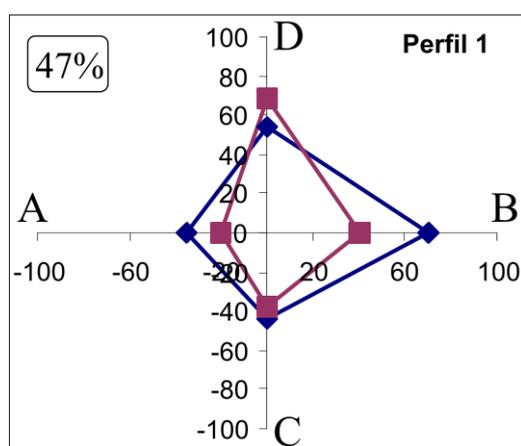
Figura 26: Setorização da orla de Capão da Canoa segundo os seus Índices médios de Vulnerabilidade (IV), modificado de Strohaecker (2007).

16.3.1 Análise dos Índices de Vulnerabilidade Inverno/Verão.

A partir da observação da informação gráfica gerada pelos levantamentos, constatou-se que os setores mais vulneráveis coincidem com as zonas mais urbanizadas da orla do município de Capão da Canoa, em especial, os perfis localizados no bairro Centro. A localização dos perfis encontra-se no ANEXO D. A análise dos IV médios será feita sobre os perfis mais vulneráveis e passíveis de intervenção através de técnicas de manejo de dunas.

Para o Distrito Sede, foram analisados os perfis 1, 6, 7e 12 e 13.

16.3.1.1 Perfil 1 (Bairro Navegantes)



A: Morfologia das Dunas
B: Condições da Praia
C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
D: Pressão de Uso

◆ Polígono Inverno ■ Polígono Verão



Figura 27: Gráfico poligonal de sobreposição dos IP de vulnerabilidade inverno/verão. Fotos tiradas para os respectivos períodos (Fonte: arquivo pessoal).

O perfil 1 enquadra-se no nível 3 de vulnerabilidade, pois seu IV médio é de 47%. Os fatores que mais contribuem para a vulnerabilidade da duna no perfil 1 são as seções B (condição de praia) e D (pressão de uso), porém, a primeira sendo mais significativa no inverno, com uma variação média positiva de 30% em relação ao verão; a última tem uma variação média positiva de 14% em relação ao inverno.

A condição de praia nesse setor é bastante alterada durante o inverno devido à retirada do estoque de sedimentos da praia subaérea durante ondas de tempestade, um indicador bastante claro disso é a ausência de dunas incipientes durante o inverno nesse setor. A pressão de uso aumenta no período de veraneio (dezembro a fevereiro), à medida que se implantam quiosques que degradam a qualidade ambiental da praia devido ao acúmulo de lixo e alteram o transporte de areia dos estoques do berma. É possível observar na foto à esquerda a tentativa de mudança no curso de um canal, a partir da implantação de estacas de madeira (inverno, 2008) que já não apresentavam a mesma integridade estrutural durante a verificação em campo de fevereiro de 2010.

16.3.1.2 Perfis 6 e 7 (Centro)

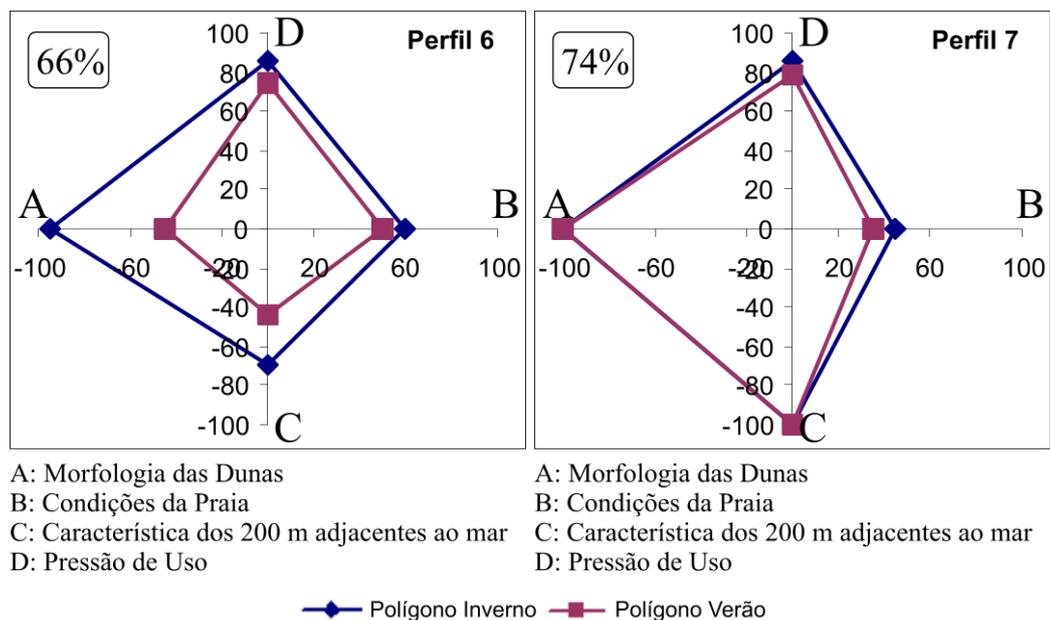
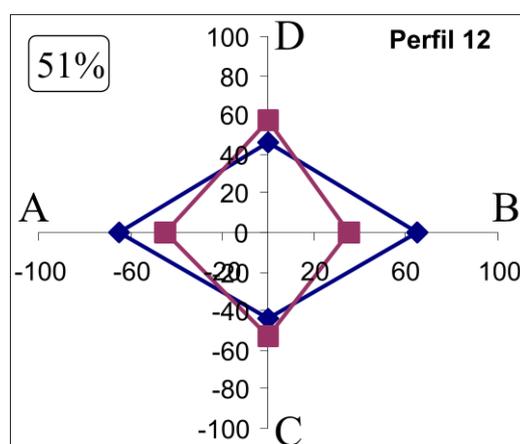




Figura 28: Dunas frontais remanescentes no perfil 6 (verão de 2010) e extinção da duna frontal no perfil 7, substituída pelo calçadão (Inverno de 2008).

Ambos os perfis possuem altíssimo grau de vulnerabilidade e enquadram-se no grau máximo (Nível 4) estabelecido para a orla de Capão da Canoa. Todas as seções apresentam um alto índice parcial de vulnerabilidade, atenuados apenas pelo parâmetro B (condição de praia), pois estes setores apresentavam uma largura satisfatória da pós-praia à época do levantamento de verão (aproximadamente 60 m). A forte pressão de uso que descaracteriza o sistema praia-duna fragiliza o setor frente aos fenômenos incidentes no inverno (de acordo com a predominância do polígono de inverno, facilmente acessado visualmente).

16.3.1.3 Perfil 12 (Zona Nova)



A: Morfologia das Dunas
 B: Condições da Praia
 C: Característica dos 200 m adjacentes ao mar
 D: Pressão de Uso

◆ Polígono Inverno ■ Polígono Verão

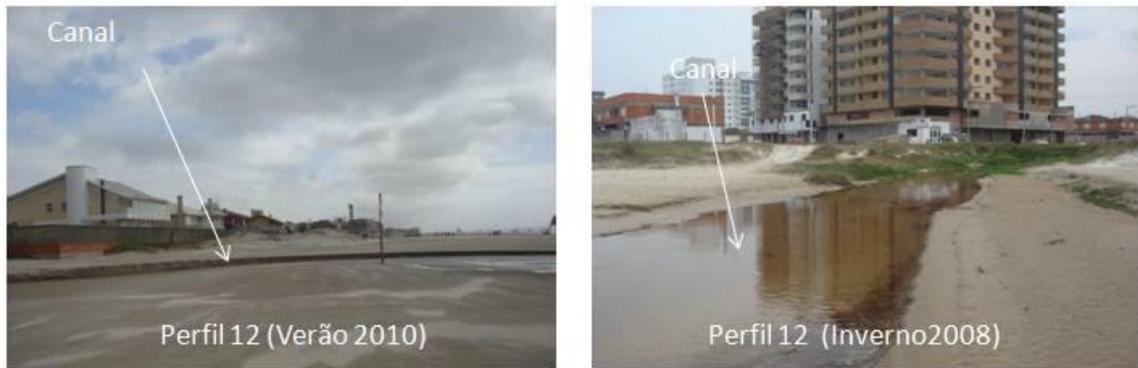


Figura 29: Desembocadura de canal presente no perfil 12 (Fonte: arquivo pessoal).

O perfil 12 pertence ao nível 3 (40-60%) de vulnerabilidade. A presença do canal interrompendo a continuidade lateral do cordão de dunas frontais é responsável pelos altos índices parciais (IP) de cada seção, uma vez que o fluxo do canal erode as paredes laterais das dunas e interrompe a alimentação da duna, que se dá a partir do pós-praia por saltação ou rolamento. Os sangradouros (canais naturais de drenagem) por vezes podem ter um aumento muito grande do nível de vazão, podendo desestabilizar os taludes das paredes laterais que acompanham o fluxo do canal, como o sangradouro do perfil 33, na praia do barco (Figura 30).

Segundo Strohaecker (2007), as áreas impermeabilizadas correspondentes ao distrito sede somavam 7.507.591 m² em 2005, o que correspondia a 61,2% de toda a área impermeável dos lotes e bairros no município, além da presença de 43 canais contabilizados, representando 60% de todos os canais que desaguavam na praia para o mesmo período.

A alta taxa de impermeabilização do distrito sede é diretamente proporcional ao número de canais que deságuam na praia bem como à intensidade da vazão em eventos de grande precipitação pluviométrica.



Figura 30: Erosão acentuada das paredes laterais devido ao fluxo do sangradouro. Foto tirada em setembro de 2008 (Fonte: arquivo pessoal).

16.3.1.4 Perfil 13 (Zona Nova)

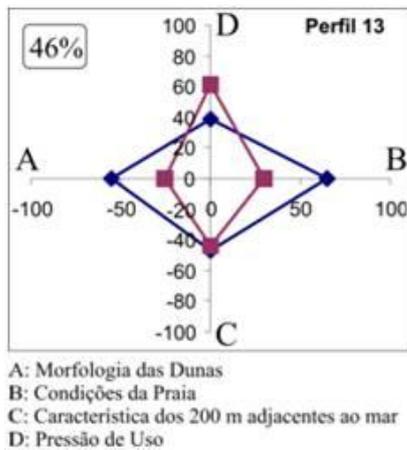


Figura 31: Perda de areia do sistema para a rua na retro duna, fevereiro de 2010 (Fonte: arquivo pessoal).

Embora o perfil 13 apresente um IV típico para os perfis dessa área, a característica mais marcante é a fuga de areia do sistema para o continente. Esse perfil apresenta um ponto de conflito interessante, pois o fator que mais altera o equilíbrio do sistema no verão é a pressão de uso (61%). A posição da urbanização, que ocupa a área de pós duna, associado a uma alta densidade de caminho de pedestres que mata a vegetação e libera areia para o transporte eólico, gerou uma situação de avanço dos lóbulos de deposição de um *blowout* sobre a rua e as casas.

Em Capão Novo, os 2 perfis mais relevantes, por possuírem um alto IV médio, são os perfis 41 e 42

16.3.1.5 Perfil 41 e 42 (Capão Novo-posto 4)

O Balneário de Capão Novo abriga, predominantemente, no setor do posto 4, moradias de segunda residência e apresenta potencial intermediário de poluição visual e sanitária.

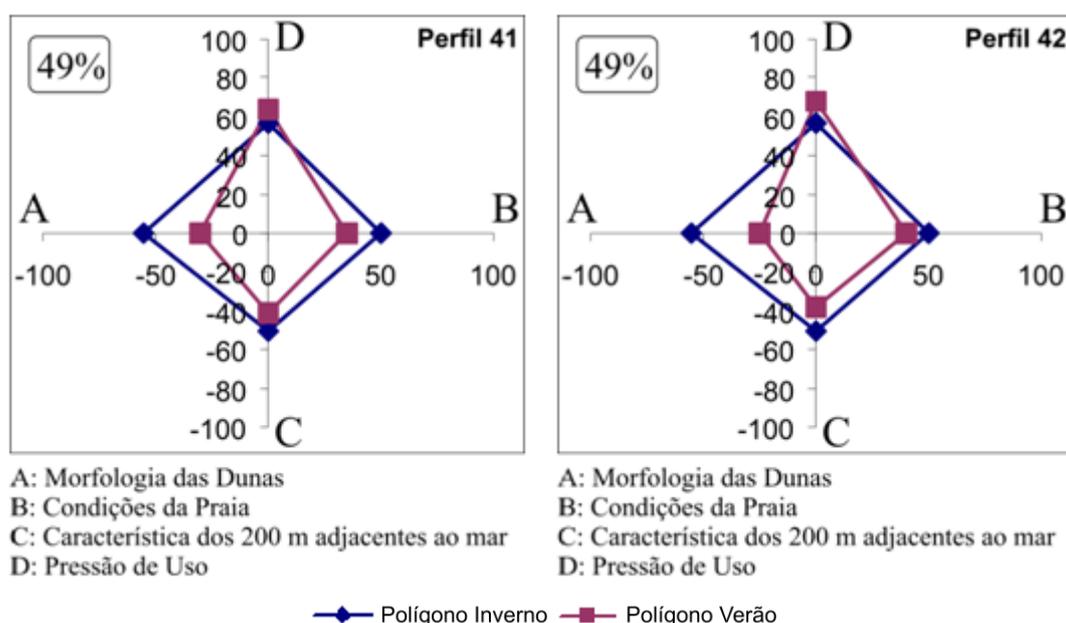


Figura 32: Gráficos de sobreposição inverno verão para o posto 4 em Capão Novo

A comparação do comportamento de IV sazonal nos dois perfis mostra que a maior variação ocorreu na seção A, em aproximadamente 20%.

A morfologia das dunas frontais no posto 4 encontra-se alterada em razão da presença de quadras de esporte e sedes de clubes no pós-duna, reduzindo muito a largura dos cordões dunares, expondo-os a uma maior vulnerabilidade no período de inverno.

Em Arroio Teixeira, o ponto de maior vulnerabilidade está associado à presença de um grande sangradouro, correspondente ao perfil 58 (Figura 34).

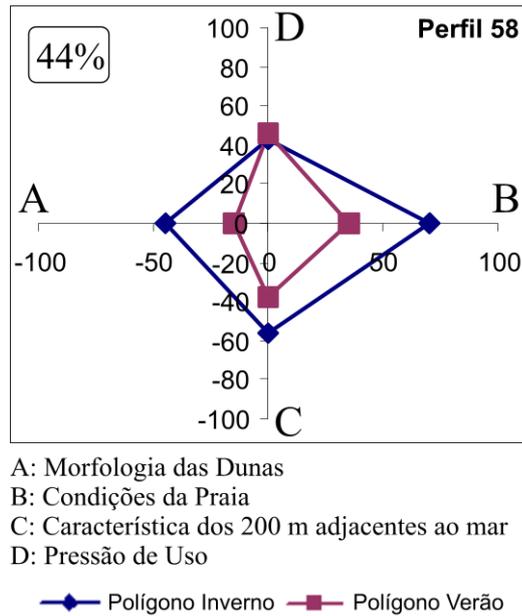


Figura 33: Gráfico de IV médio do perfil 58, em arroio Teixeira (Fonte; arquivo pessoal)

O sangradouro nesse setor escoia uma grande quantidade de água, aumentando a convexidade da praia e a erosão lateral das dunas frontais. Devido à influência do sangradouro, somado à menor largura da pós-praia ao norte do município (TABAJARA, 2004), o IP que apresentou maior variação inverno/verão foi o da seção B (35% de variação), seguido pelo IP da seção e C (18%), devido à falta de colonização das areias depositadas por espécies pioneiras como a *Blutaparon portulacoides*. A alta variação do IP da seção B pode estar relacionada ao aumento da vazão do sangradouro no inverno, associada à remoção de sedimentos no pós-praia durante o inverno.

Nas adjacências de Arroio Teixeira e Conceição, encontram-se os únicos perfis da orla de Capão da Canoa que se encaixam no nível 1 de vulnerabilidade (0-20%), representando um ótimo grau de equilíbrio morfoecológico (Figura 34).

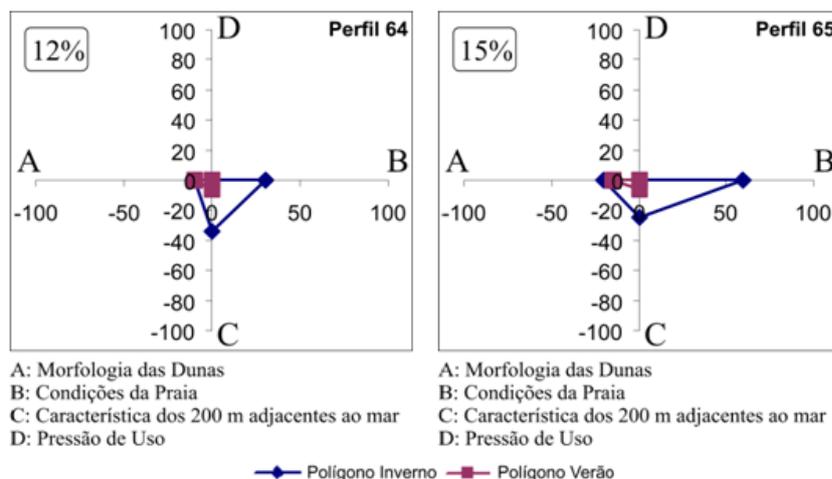


Figura 34: Gráficos dos perfis 64 e 65, que apresentam a menor vulnerabilidade da orla de Capão da Canoa (Fonte: arquivo pessoal).

16.4 Análise dos Fenômenos Incidentes sobre as Dunas Frontais durante os Períodos de Inverno e Verão

Pôde-se observar através da análise dos IV médios de inverno e verão que o IV médio de inverno para todos os perfis da orla do município de Capão da Canoa varia na ordem de 7% em relação ao IV médio de verão para a mesma área. É importante, no entanto, que se avalie a contribuição de cada seção e seus índices de vulnerabilidade parciais médios, para que se possa inferir a natureza dos fenômenos que os agravam (Gráfico 7).

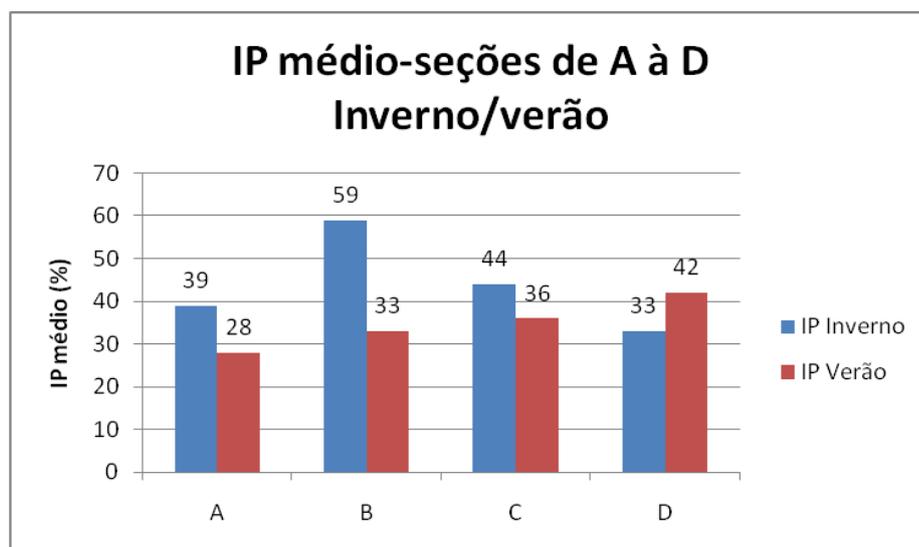


Gráfico 7: média dos índices de vulnerabilidade parciais(IP) para cada seção do *checklist* em função da estação do ano.

O maior índice de vulnerabilidade parcial médio durante o inverno corresponde à seção B (condição de praia), ao passo que o maior IP médio para o verão pertence à seção D (pressão de uso).

Esses dados corroboram o conhecimento sobre a morfodinâmica das praias abertas e dominadas por ondas, em suas variações sazonais, bem como sobre o fato de ocorrer um uso intenso das praias no verão para fins de lazer, caracterizado pela predominância do IP médio da seção D no período do verão.

16.4.1 O Efeito das Ressacas sobre o Sistema Praia-Duna

As regiões extratropicais de ambos os hemisférios são caracterizadas pela contínua migração de características sinópticas, resultando na alta variabilidade atmosférica em curto prazo. Os sistemas de anticiclones, baixas e frentes associadas exercem um considerável impacto sobre essas regiões (JONES & SIMMONDS, 1993). A costa sul do Brasil é submetida a elevações positivas do nível do mar devido à influência dos ventos do quadrante SE e S, associados a passagens de sistemas frontais e vórtices de ciclones (CALLIARI et al., 1997).

Os ciclones extratropicais (baixa pressão), resultantes de sistemas frontais, geram diferenças nos gradientes de pressão atmosféricos, produzindo fortes ventos que geram as marés meteorológicas. Essas por sua vez, transferem energia em forma de ondulação para o mar, incidindo na costa brasileira principalmente entre os meses de abril a outubro (TABAJARA et al.; 2004).

As praias do litoral do Rio Grande do Sul apresentam um perfil morfodinâmico altamente dissipativo devido à passagem de sistemas frontais e à ciclogênese sobre o oceano, durante esses eventos de alta energia, ocorre um empilhamento do trem de ondas na costa, esculpando a face marinha da duna (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992), bem como a erosão de uma parte considerável do estoque sedimentar do pós-praia.

Nicolodi (1999) elaborou um gráfico da frequência do potencial de ocorrência de eventos de ressaca para o litoral do Rio Grande do Sul, baseado no levantamento dos níveis de elevação do mar registrados pela régua de nível da água da laguna de Tramandaí entre os anos de 1944 e 1984 (Gráfico 8).

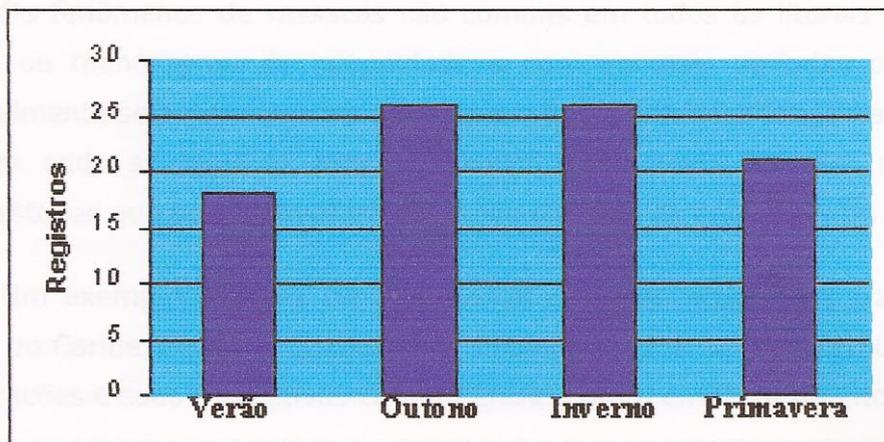


Gráfico 8: distribuição sazonal da freqüência de dias com potencial de ressacas (Nicolodi, 1999).

Segundo o autor, o outono e inverno respondem por mais da metade (57,14%) da freqüência de ocorrência de ressacas no litoral do estado.

A incidência de marés de tempestade gera brechas e escarpas nos sistemas de dunas (Figura 35) e, além da retirada de sedimentos da praia subaérea para a praia submarina, facilita o processo de erosão eólica que mais tarde dá origem a bacias de deflação. O início da primavera marca um regime de energia de ondas mais moderado e a recomposição do perfil praiial (TABAJARA et Al, 2004), conseqüentemente, os índices de vulnerabilidade são menores no período de verão, quando o sistema atinge sua máxima acresção, e maiores durante o inverno, principalmente os índices parciais de vulnerabilidade relativos aos índices A e B. A dinâmica de remoção e recomposição sedimentar no pós-praia e na duna pode ser ilustrada por perfis topográficos perpendiculares à linha de costa, medidos nos períodos de inverno e verão (Figura 35).

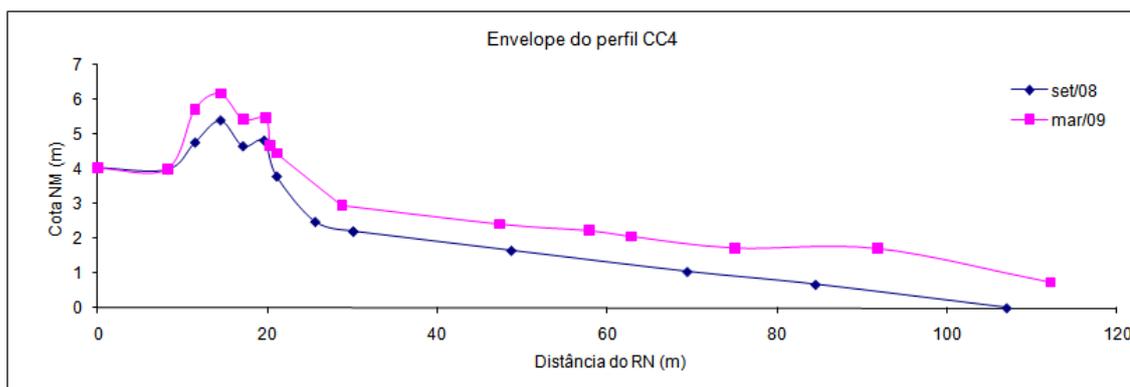


Figura 35: Cotas altimétricas da duna e pós-praia, medidas em períodos distintos de inverno (linha azul) e verão (linha rosa), distrito sede de Capão da Canoa. Fonte: Diagnóstico para o Plano de Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa (2009).

16.4.2 População Sazonal

O maior índice de vulnerabilidade parcial médio (IP) registrado para o verão pertence à seção D, pressão de uso, com uma variação média de 43%. Não é difícil inferir sobre as causas da preponderância da contribuição dessa seção no verão, uma vez que o período é marcado pelo intenso fluxo sazonal de população que se dirige para o litoral que, pressionando de maneira significativa os recursos naturais litorâneos.

As atividades de turismo e veraneio são altamente impactantes sobre as dunas costeiras, no caso de Capão de Canoa, os setores de alta densidade ocupacional concentram também uma alta densidade de caminhos de pedestres; acessos para veículos e estruturas a beira mar, como quiosques fixos e móveis (Figura 36), que contribuem para a morte da vegetação e submetem as frágeis dunas frontais à erosão eólica dos ventos de NE, além da degradação das condições sanitárias da praia.

O município carece de dados exatos sobre a sua população, entretanto, algumas estimativas foram feitas para o ano de 2005. Com base na média de consumo de água e energia elétrica por habitante, bem como a partir da produção de resíduos sólidos, contabilizando uma população sazonal de aproximadamente 100.000 pessoas, sendo que a população permanente estimada pelo IBGE para o mesmo período era de 37.800 pessoas (STROHAECKER, 2007). É importante

mencionar que alguns dos impactos de pressão de uso são de natureza permanente, como a presença de estradas, ruas e posição da urbanização, ao passo que outros são de natureza temporária, como o aumento do número de trilhas para pedestres. Os últimos constituem foco de estratégias de gestão e manejo imprescindíveis para a manutenção dos sistemas de dunas frontais (WILLIAMS, 2001).



Figura 36: Características de pressão de uso sobre a praia (Fonte: arquivo pessoal).

17. EXEMPLOS DE ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE DUNAS FRONTAIS

Segundo Portz (2008), faz-se necessária a tomada de algumas medidas de fiscalização sobre alguns dos fatores que contribuem para a degradação das dunas e praias antes do início da implantação de estratégias de manejo.

Entre essas medidas, está o controle do despejo de lixo por parte da população e dos usuários da praia, tais como os proprietários de quiosques.

Deve-se também coibir o livre trânsito de veículos e pedestres sobre as dunas frontais, afim de que sua condição geomorfológica seja preservada.

Ademais, todos os planos de gestão e manejo precisam ser acompanhados de planos de educação ambiental e sensibilização da população, através da promoção de campanhas divulgadas pelos meios de comunicação, se objetivam algum êxito.

Para áreas de vulnerabilidade baixa à moderada, recomenda-se apenas a restrição da circulação de veículos e pedestres, possibilitando ao sistema recuperar-se naturalmente ao longo do tempo. As áreas que apresentam uma condição de alteração considerável precisam ser recuperadas através de técnicas simples, uma delas, de baixo custo econômico, é a implantação de cercados (Figura 37) transversais à direção predominante do vento, que possibilita o acúmulo contínuo de areia nos anteparos (PORTZ, 2008).



Figura 37: Implantação de cercados para retenção de areia e geração de dunas, em Montevideo- Uruguai (Foto: Arquivo pessoal).

Outros procedimentos também são bastante recorrentes no manejo de dunas, a saber:

17.1 INSTALAÇÃO DE ESTEIRAS:

As esteiras possuem a importante função de aprisionar areia no sistema de dunas e promover o ordenamento do espaço, restringindo às passagens de pedestres que conduzem à praia, e controle dos corredores de escape de areia. Esta técnica também pode ser empregada na proteção dos colmos vegetais plantados, da ação do vento.

Em razão do sentido do transporte eólico predominar de NE para SW, as esteiras transversais ao vento dominante podem ser instaladas no lado à barlavento da duna (PORTZ, 2008).

As dunas construídas por esteiras devem ser estabilizadas com vegetação.

Enquanto as esteiras são efetivas na retenção das areias, a vegetação exige preparo do terreno, estação para a colheita e o plantio, e tempo para iniciar o acúmulo das areias. As esteiras devem ser sobrepostas por novas à medida que vão sendo soterradas ou mantidas até o estabelecimento da vegetação.

17.2 PLANTIO DE VEGETAÇÃO NATIVA:

A formação de perfis vegetais sobre as dunas é capaz de estabelecer a fixação definitiva das areias (Soil Conservation Service, 1986), com eventual otimização das condições para o desenvolvimento das espécies, podendo eventualmente estabilizar o terreno de maneira mais expressiva.

Espécies primárias como *Panicum racemosum* (capim de praia), *Senecio crassiflorus* (margarida de praia) e *Spartina ciliata* (capim salgado) podem ser retirados de locais já estabilizados e tratados com substâncias enraizadoras, para mais tarde serem transplantadas para o terreno, onde são regadas e pulverizadas com fertilizantes químicos (TABAJARA & FERREIRA, 2000).

17.3 COBERTURA MORTA:

A aplicação de cobertura morta (Figura 38) é uma alternativa à utilização de cercados e obedece ao mesmo princípio das demais técnicas, formar uma barreira à mobilização de sedimentos e, para tanto, deve ser posicionada transversalmente à direção do vento predominante.

A obtenção de vegetação morta pode ser feita através de podas realizadas pelas prefeituras municipais (PORTZ, 2008).



Figura 38: Uso de cobertura morta para a recomposição do perfil das dunas, Torres-RS (Fonte: arquivo pessoal).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da tomada de decisões na gestão integrada de zonas costeiras depende da disponibilidade de informação e do constante monitoramento ambiental, conjugado também a fatores sócio-econômicos e culturais, envolvendo a participação e conscientização das populações que habitam as áreas sob gerenciamento.

A metodologia que envolve o uso de *checklists* de vulnerabilidade de dunas costeiras mostra-se bastante confiável e seus resultados providenciam uma radiografia dos principais problemas e conflitos existentes. A delimitação do problema ocorre de forma rápida e econômica, possibilitando rápido acesso e interpretação das informações elaboradas, auxiliando gestores e comunidades na identificação dos parâmetros que mais alteram o equilíbrio desses sistemas naturais. É importante, no entanto, que haja uma continuidade no monitoramento da vulnerabilidade das dunas costeiras, preferencialmente, utilizando-se também dos recursos de pesquisa mais aprofundadas, como levantamentos topográficos e análises de macro-escala, como, por exemplo, estimativa de cenários de elevação do nível do mar e acompanhamento da morfodinâmica da costa a longo prazo.

Os levantamentos de verão e inverno evidenciaram quais parâmetros contribuem mais para a degradação ambiental das dunas frontais em suas diferenças sazonais, sendo que a seção A seção B (condição de praia) contribui mais para o IV médio das dunas no inverno ao passo que a seção D (pressão de uso) contribui mais nos meses de verão. A partir disso, a metodologia do *checklist* configurou-se como excelente indicador de onde os gestores devem focar suas ações. A natureza cíclica de processos de erosão e acresção do perfil praial pode ser alterada em razão da forte pressão de uso exercida pelo homem nos ambientes costeiros e, agravada pelas atividades de lazer e turismo. A intrincada relação entre dinâmicas naturais e interferência antrópica sobre determinados ambientes, exige dos vários setores da sociedade uma mobilização crescente na criação de planos de gerenciamento. A tomada de decisão deve ser norteada pelas evidências obtidas por monitoramento ambiental; estabelecimento de objetivos precisos e avaliação de opções estratégicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **2º Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II)**. Brasília: CIRM/MMA. 2001.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1988.

BRASIL. **Estimativa Populacional, 2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 15 mai 2010.

BRASIL. **Projeto Orla: fundamentos para a gestão integrada**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – Secretaria do Patrimônio da União, 2006.

CALLIARI, L.J. et al. Beach response and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil- Rio Grande to Chuí, RS. In: BORDOMER. **Coastal Environments, Management and Coservation**. Bordeaux. *Actes Du Coloque*, Tomo 2, pg. 56-64. 1997.

CIRM. **2º Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II)**. Brasília: MMA. 2001.

GRUBER, N.L.S et al. **Diagnóstico para o Plano de Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa**. CECO/IG/UFRGS. 2009.

GRUBER, N.L.S; RAMOS, R.C.; NICOLODI, J.L. Litoral ou costa? Melhor: zona costeira. **Ensino de Geografia, planejamento ambiental, gestão territorial**. Porto Alegre: Associação de Geógrafos Brasileiros – Seção Porto Alegre, p. 85-92 – 79, 2001.

GRUBER, N.L.S; BARBOZA, E.G.; NICOLODI, J.L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para a gestão integrada da zona costeira. In: **Gravel n° 1**. Porto Alegre, CECO/IG/UFRGS p. 81-89, 2003.

HESP, P.A. **Coastal Sand Dunes- Form and Functions**. CDVN Technical Bulletin n° 4. Palmerston North, Nova Zelândia: Rotorua, 2000.

JONES, D.A; SIMMONDS, I. A Climatology of Southern Hemisphere extratropical cyclones. In : **Climate Dynamics, Observational, Theoretical and Computacional Research on the Climate System**. Vol 9, n°3. 1993.

LARANJEIRA, M.C. **Vulnerabilidade e Gestão dos Sistemas Dunares-o caso das dunas de Mira.** (Dissertação de Mestrado). Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, 1997.

MARTINHO, C.T. **Morfodinâmica e Evolução dos Campos de Dunas Transgressivos Quaternários do Litoral do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2008. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MORAES, A.C.R. **Contribuição para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro.** São Paulo: Hucitec/Edusp, 1999.

NICOLODI, J.L. **As Ressacas no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. O exemplo de cidreira, RS.** Porto Alegre: UFRGS, 2007. Trabalho de Graduação, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

NIMER, E. Clima. In: **IBGE- Geografia do Brasil, Região Sul.** Rio de Janeiro: SERGRAF-IBGE. P. 35-79, 1977.

PORTZ, L.C. **Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-Lá, litoral norte do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PSUTY, N.P. Sediment budget and dune/beach interaction. In: **Jornal of Coastal Research**, SI 3, p. 1-4, 1988.

RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria Estadual do Planejamento e Gestão do RS, 2010 a. Disponível em: < www.seplag.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=349_> Acesso em 15 mai. 2010

RIO GRANDE DO SUL. **Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte.** Porto Alegre: Fepam/Programa de Gerenciamento Costeiro (Cadernos de Gestão e Planejamento Ambiental, v. 1), 2000.

RIO GRANDE DO SUL. **Programa de Gerenciamento Costeiro-GERCO RS.** Porto Alegre: Fepam, 2010 a. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp>> Acesso em: 10 jun 2010.

RODRÍGUEZ, J.J., WINDEVOXHEL, N.J.. **Análisis regional dela situación de la zona marina costera centroamericana.** Banco Interamericano de Desarrollo - Departamento de Desarrollo Sostenible - División de Medio Ambiente. Washington, D.C., 1998.

SHORT, A. **Handbook of Beach and Shoreface Dynamics.** Chichester: John Wiley, 1999.

SOIL CONSERVATION SERVICE. **Beach dunes: their use and management.** Sydney: Soil Conservation Service of NSW, 1986.

STHRALER, A.N. **Geografia Física.** Barcelona: Ed. Omega, 1994.

STROHAECKER, T.M. **A Urbanização no litoral Norte do Rio Grande do Sul: Contribuição para a Gestão Urbana Ambiental do município de Capão da Canoa.** Porto Alegre: UFRGS, 2007. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

STROHAECKER, T.M. Dinâmica Populacional. In: MMA/Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União.** Brasília: p.59-73. 2009.

TABAJARA, L.L... [et al.] (2005). Vulnerabilidade e classificação das dunas da praia de Capão da Canoa, Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G. (Eds.).In: **Gravel.** CECO/IG/UFRGS.Porto Alegre, n. 3, p. 71-84, 2005.

TABAJARA, L.L; MARTINS L.R.; ALMEIDA, L.E.S.B. Resposta e Recomposição das Praias e Dunas após Seqüência de Ciclones Extratropicais. In: **Gravel.** CECO/IG/UFRGS. Porto Alegre, n. 2, p. 104-121, 2004.

TOLDO Jr., E.E.. **Notas de Aulas de Geologia Costeira e Oceânica.** CECO-IGEO,2010.

TOLDO Jr., E.E. et al. Erosão e Acresção da Zona Costeira. In: MMA/Gerenciamento Costeiro. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro – Rio Grande do Sul.** Brasília.1999

TOLDO JR, E.E. Parâmetros Morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. In: **Pesquisas n° 20**. Porto Alegre: CECO/IG/UFRGS. p. 27-32, 1993.

TOMAZELLI, L.J et al. Geomorfologia e Potencial de Preservação dos Campos de Dunas Transgressivos de Cidreira e Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. In: **Pesquisa em Geociências**. Porto Alegre: IG/UFRGS. p. 47-55, 2008.

TOMAZELLI, L.J. O Regime de Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. In: **Pesquisas n° 20**. Porto Alegre: CECO/IG/UFRGS. p. 18-26, 1993.

VIDIGAL, A.F; CUNHA, M.B., FERNANDES, L.P.C. **Amazônia Azul**: o mar que nos pertence. Rio de Janeiro: Record, 2006.

VIEIRA, E.P. ; RANGEL, S.R.S. **Planície costeira do Rio Grande do Sul**: geografia física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica. 1° edição. Porto Alegre: SAGRA, 1988

VILLWOCK, J.A. Litoral ou costa? A questão conceitual. In: VERDUM, R.; STROHAECKER, T.M. (Orgs). **Ensino de Geografia, planejamento ambiental, gestão territorial**. Porto Alegre: Associação de Geógrafos Brasileiros – Seção Porto Alegre, p. 76 – 79, 2001.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**. Porto Alegre: Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica/Instituto de Geociências/ UFRGS, 1995

WILLIAMS, A.T. et al. Integrated coastal dune management: checklists. In: **Continental Shelf Research**. Pergamon, 2001.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamics of beaches and Surfzones in Australia. In: **Handbook of Coastal Processes and Erosion**, Boca Raton, Florida: CRC Press, p. 35-64, 1984.

ANEXO A – Representação Gráfica Da Planilha do Checklist

Seção A – Morfologia da duna					
	0	1	2	3	4
1 Área superficial (m ²)	>10000 []	>7500 []	>5000 []	>2500 []	<2500 []
2 Largura da duna (m)	> 50 []	> 40 []	> 30 []	>20 []	> 10 []
3 Altura máxima da duna (m)	> 5 []	> 4 []	> 3 []	> 2 []	< 1 []
4 Processo de escarpamento	baixo []		moderado []		alto []
5 Estágios Evolutivos (Hesp, 1988)	1 []	2 []	3 []	4 []	5 []
6 Declividade na face frontal marinha	suave []		moderada []		acentuada []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					

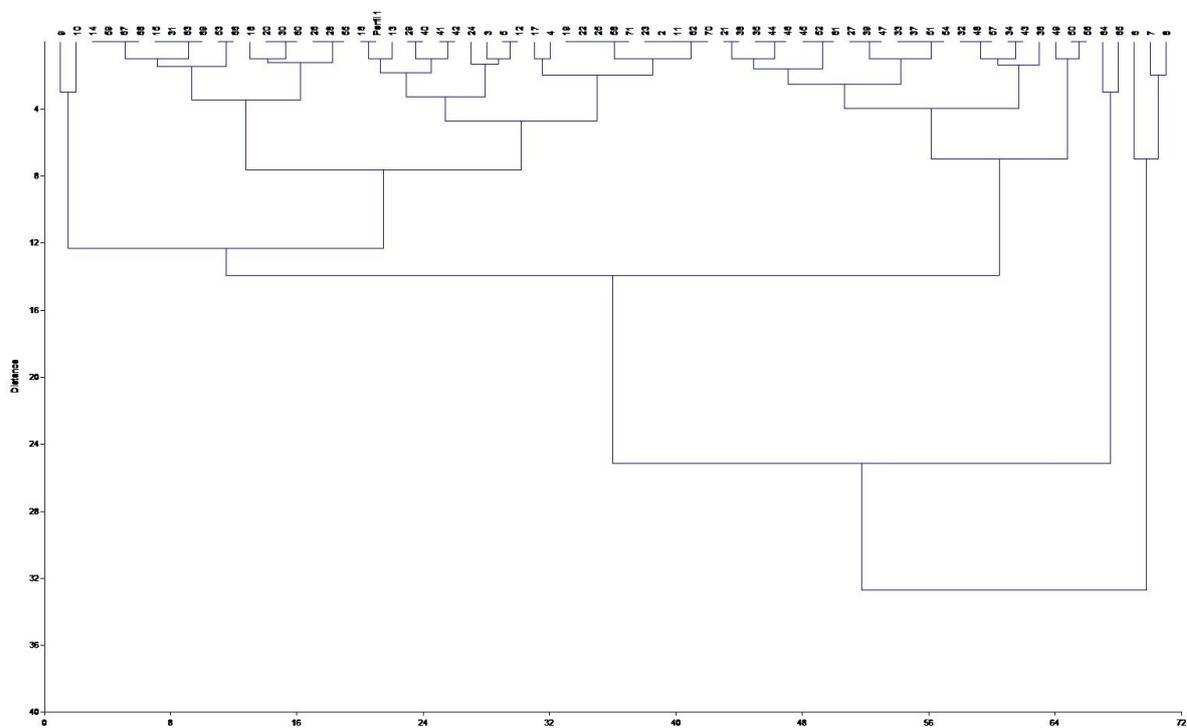
Seção B – Condições da praia					
	0	1	2	3	4
1 Largura do pós praia (m)	> 100 []	> 80 []	> 60 []	> 40 []	£ 40 []
2 Suprimento de areia	alto []		moderado []		baixo []
3 Brechas na face de praia	nenhuma []		algumas []		muitas []
4 Largura das brechas na face de praia	< 2 []		2 - 10 []		> 10 []
5 Dunas embrionárias	muitas []		algumas []		pouca []
6 Pista oblíqua	> 250 []	> 200 []	> 150 []	> 100 []	<100 []
7 Orientação da linha de costa/deriva	> 30 []	> 25 []	> 20 []	> 15 []	< 15 []
8 Índice de concavidade (%)	<10 []	< 30 []	< 50 []	< 70 []	< 90 []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					

Seção C- Características dos 200m adjacentes ao mar					
	0	1	2	3	4
1 % de área de blowouts dentro do sistema	< 5 []	> 5 []	> 10 []	> 20 []	> 40 []
2 Fuga de areia do sistema p/ continente	pouca []		alguma []		muita []
3 % de brechas no sistema de dunas	> 0 []	> 5 []	> 25 []	> 50 []	> 70 []
4 % do lado marinho da duna vegetada	> 90 []	> 60 []	> 30 []	> 10 []	< 10 []
5 Se as recentes areias depositadas foram colonizadas por Blutaparon	muitas []		algumas []		nenhuma []
6 % de cobertura impenetrável	poucas []		algumas []		muitas []
7 Existência de vegetação exótica	nenhuma []		alguma []		muita []
8 Oscilações da linha de costa desde 1976	prograda []		estabiliza []		retrograda []
9 Sangradouros	0 []		1 []		2 ou + []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					

Seção D – Pressão de uso					
	0	1	2	3	4
1 N° de acessos de veículos	0 []	1 []	2 []	3 []	4 []
2 Densidade de caminhos de pedestre	baixa []		média []		alta []
3 Estágio de urbanização	nenhum []	orla rústica []	horiz. padrão []	mista []	vertical []
4 Nível de urbanização (%)	<10 []	>10 []	30 a 50 []	>50 []	>70 []
5 Posição da urbanização	sem []	terço final []	pós-duna []	duna frontal []	pós-praia []
6 N° de quiosque na praia	0 []	1 a 2 []	3 a 5 []	6 a 8 []	9 a 10 []
7 N° de proprietários	um []		alguns []		muitos []
ESCORE TOTAL/ Percentagem					

Para a seção A, foi desconsiderado o parâmetro estágios evolutivos (Hesp, 1988); para a seção B, foram desconsiderados os parâmetros pista oblíqua, orientação da linha de costa e índice de concavidade (%); para a seção C, foi desconsiderado o parâmetro oscilações da linha de costa desde 1976.

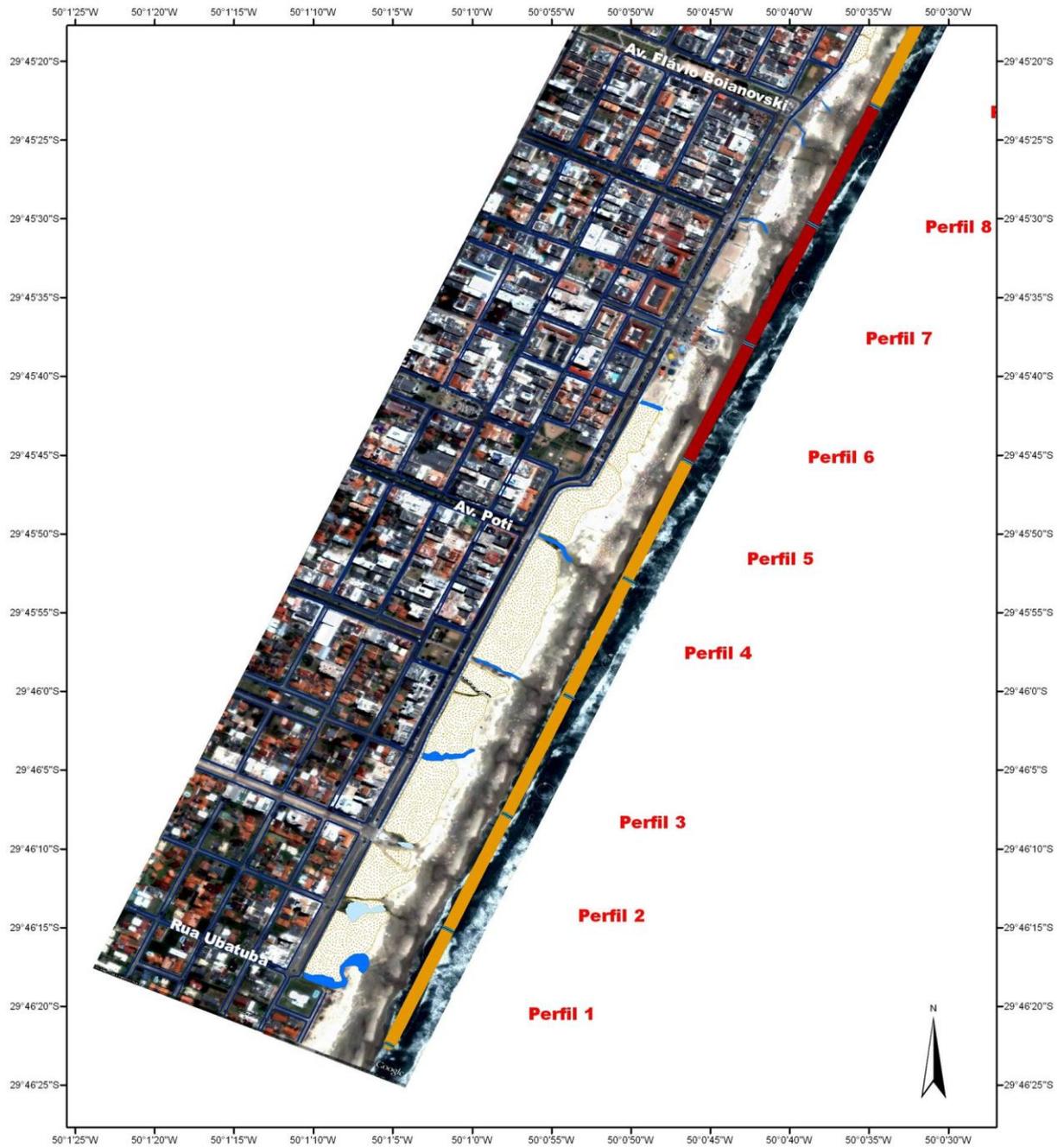
ANEXO B - Representação Gráfica do Dendrograma de Correlação entre os Perfis



ANEXO C- Representação Gráfica da Correlação dos Perfis

nível1 (0-20%)	nível2 (20-40%)	nível3 (40-60%)	nível4 (60-80%)
Perfil 64	Perfil 14	Perfil 1	Perfil 6
Perfil 65	Perfil 18	Perfil 2	Perfil 7
	Perfil 20	Perfil 3	Perfil 8
	Perfil 21	Perfil 4	
	Perfil 26	Perfil 5	
	Perfil 27	Perfil 9	
	Perfil 28	Perfil 10	
	Perfil 30	Perfil 11	
	Perfil 32	Perfil 12	
	Perfil 33	Perfil 13	
	Perfil 34	Perfil 15	
	Perfil 35	Perfil 16	
	Perfil 36	Perfil 17	
	Perfil 37	Perfil 19	
	Perfil 38	Perfil 22	
	Perfil 39	Perfil 23	
	Perfil 43	Perfil 24	
	Perfil 44	Perfil 25	
	Perfil 45	Perfil 29	
	Perfil 46	Perfil 31	
	Perfil 47	Perfil 40	
	Perfil 48	Perfil 41	
	Perfil 49	Perfil 42	
	Perfil 50		
	Perfil 51		
	Perfil 52		
	Perfil 53		
	Perfil 54		
	Perfil 55		
	Perfil 56		
	Perfil 57		
	Perfil 59		
	Perfil 60		
	Perfil 61		
	Perfil 66		
	Perfil 67		
	Perfil 68		

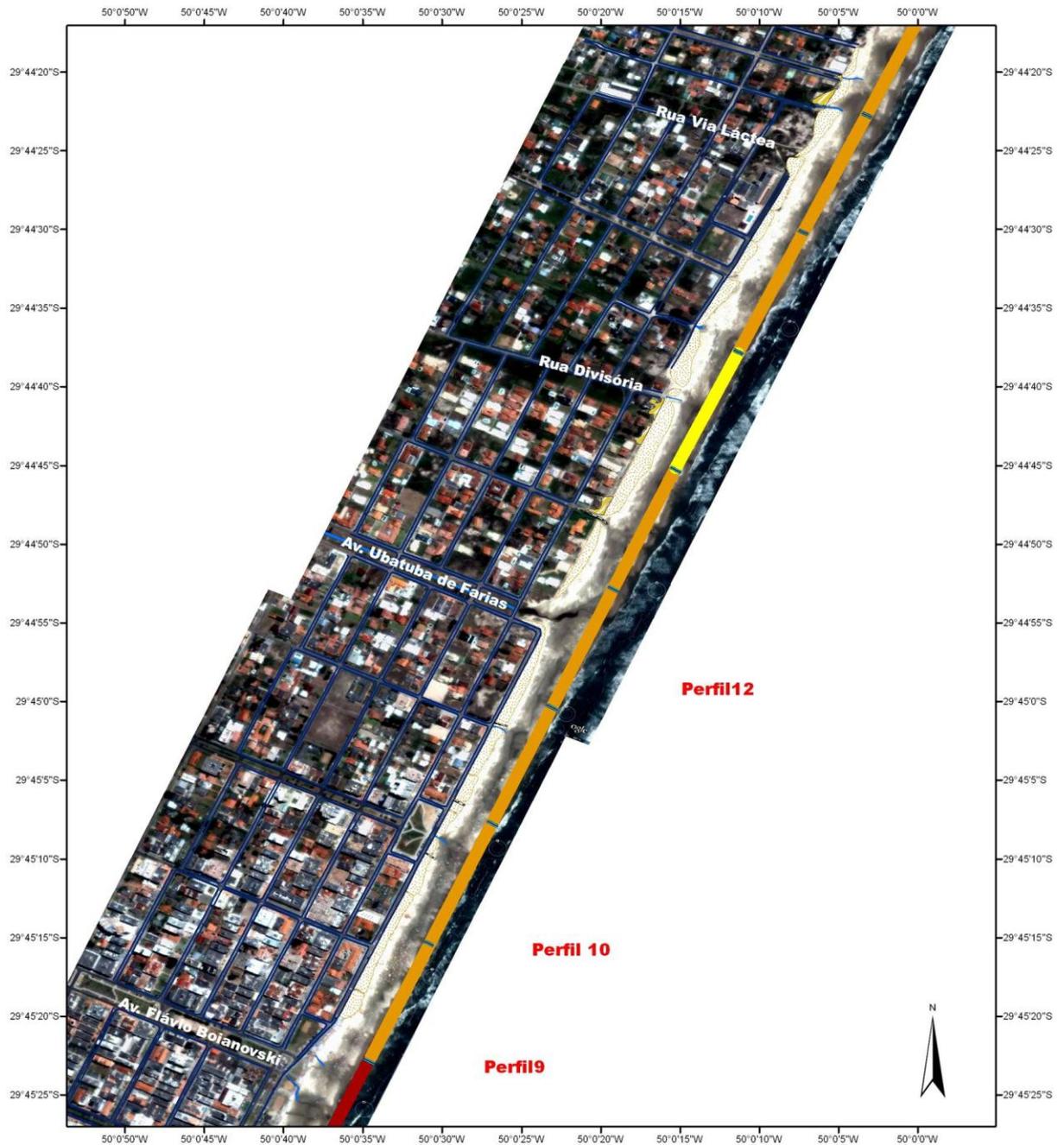
ANEXO D- Representação Gráfica da Localização dos Perfis



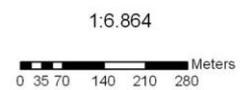
ORLA DE CAPÃO DA CANOA - RS

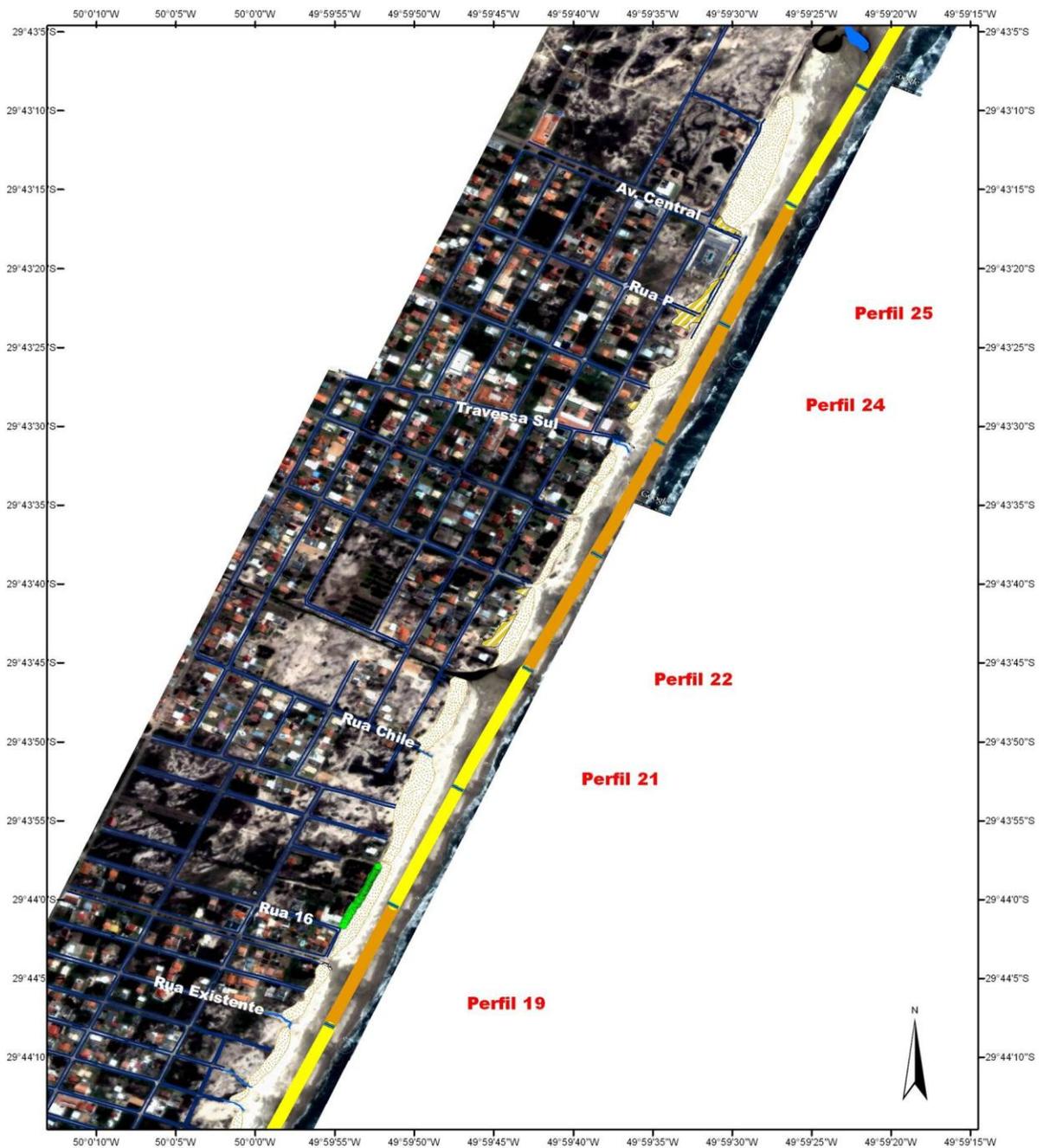
1:6.864

0 35 70 140 210 280 Meters

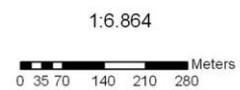


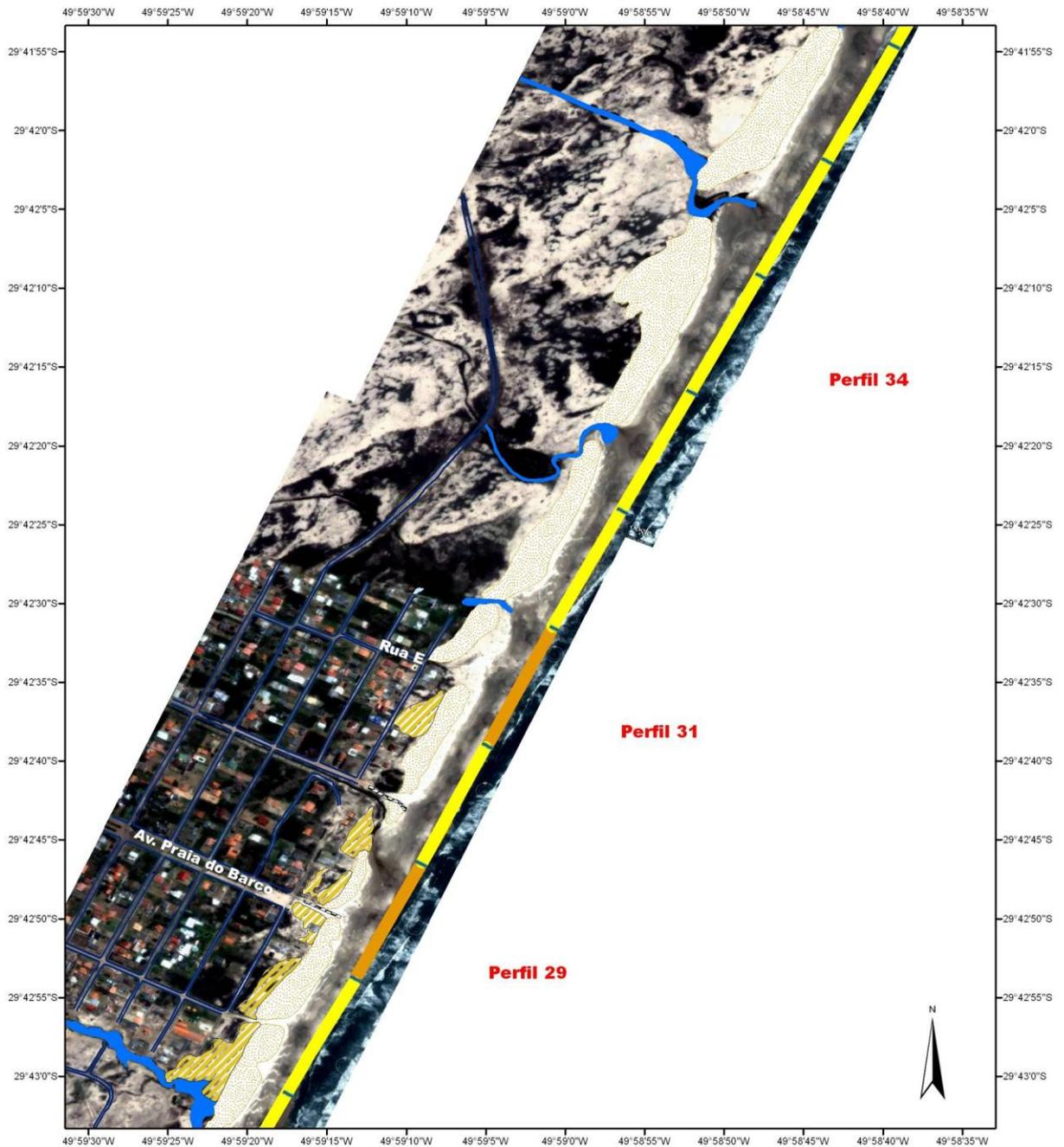
ORLA DE CAPÃO DA CANOA - RS





ORLA DE CAPÃO DA CANOA - RS

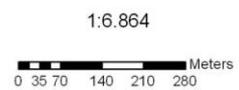


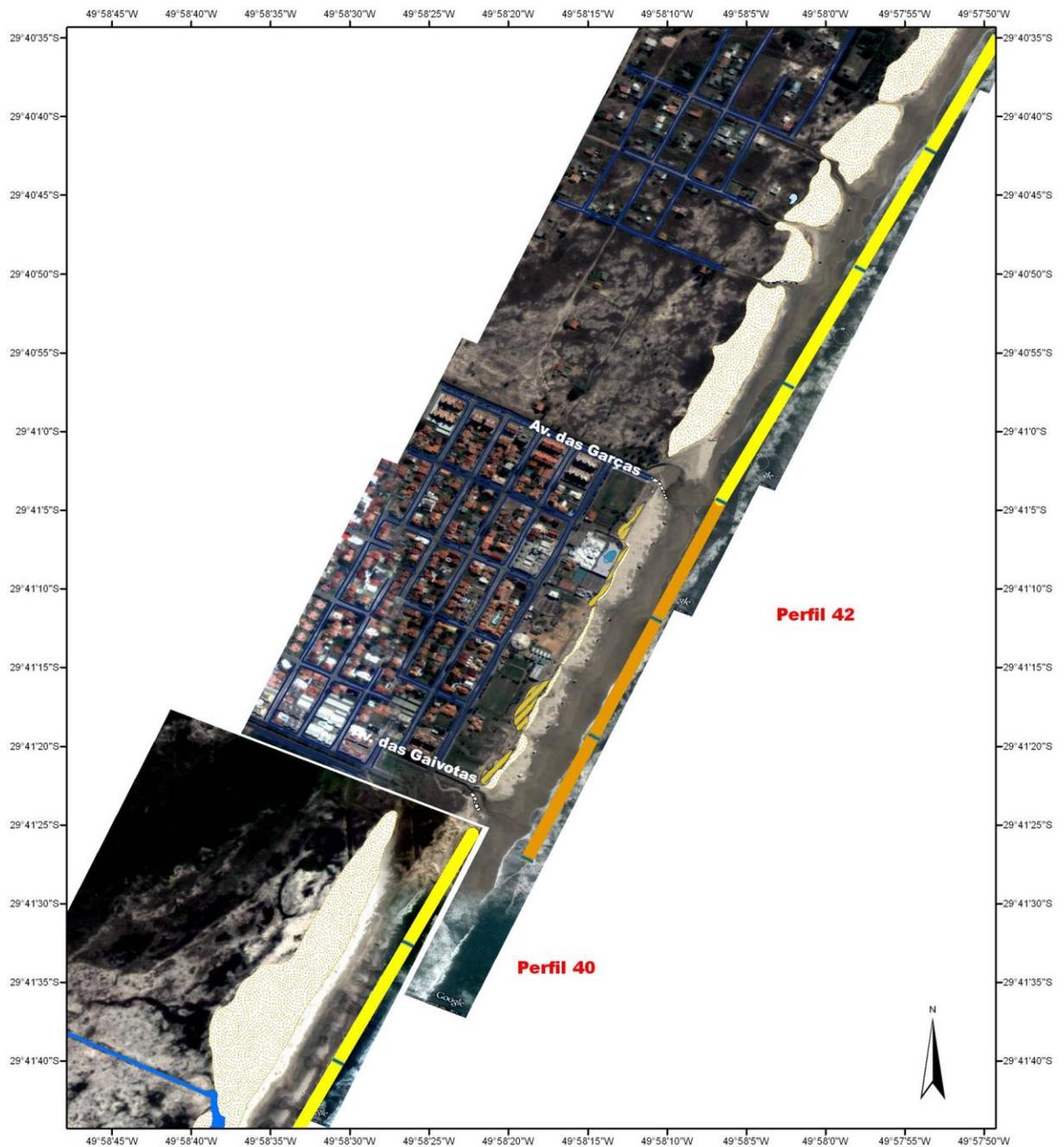


Legenda

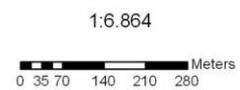
	Vulnerabilidade 60 - 80 %		Dunas
	Vulnerabilidade 40 - 60 %		Sangradouro
	Vulnerabilidade 20 - 40 %		Corpos d'água
	Vulnerabilidade 0 - 20 %		Área de escape de duna
			Ruas
			Vegetação exótica

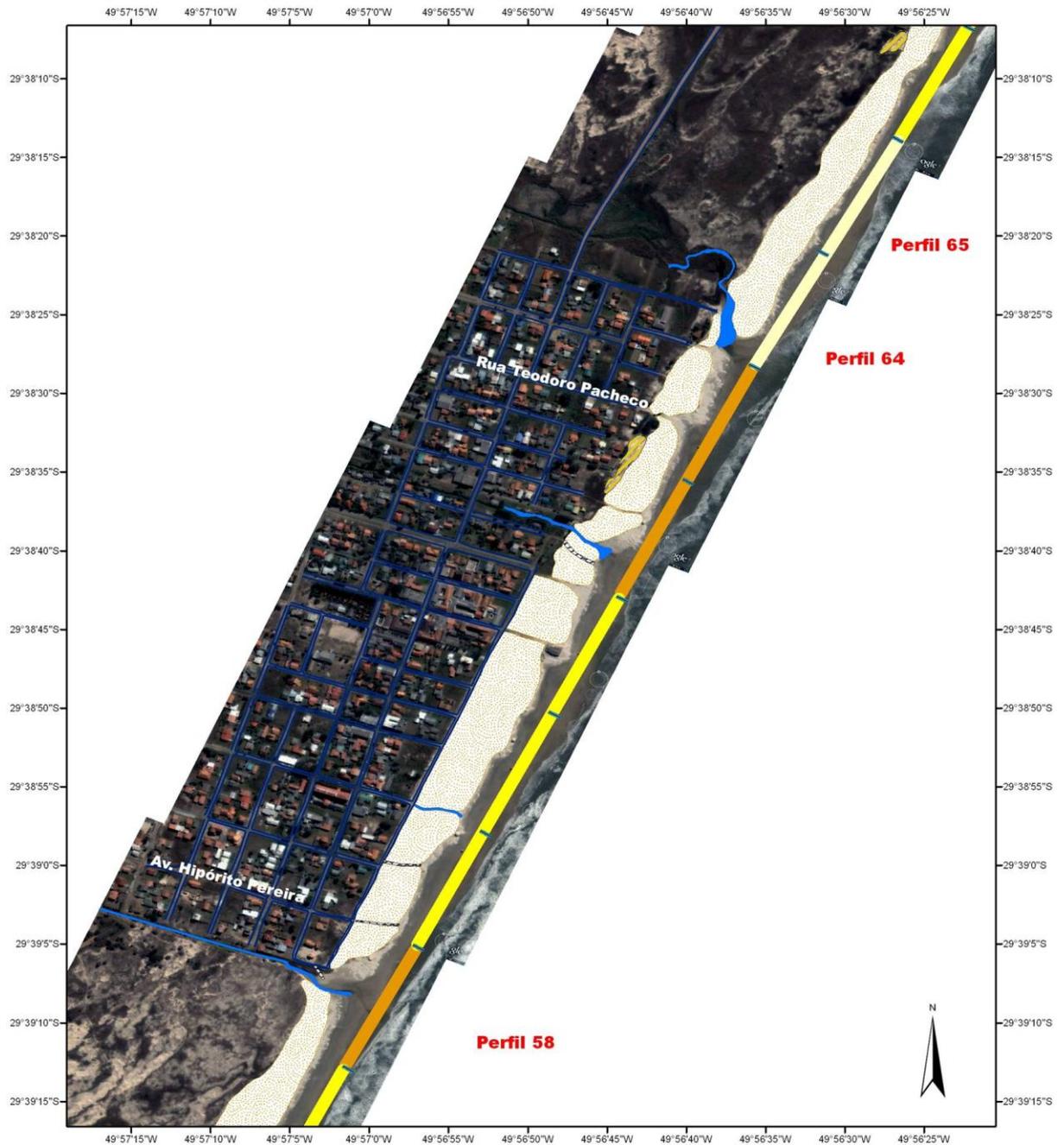
ORLA DE CAPÃO DA CANOA - RS



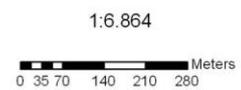


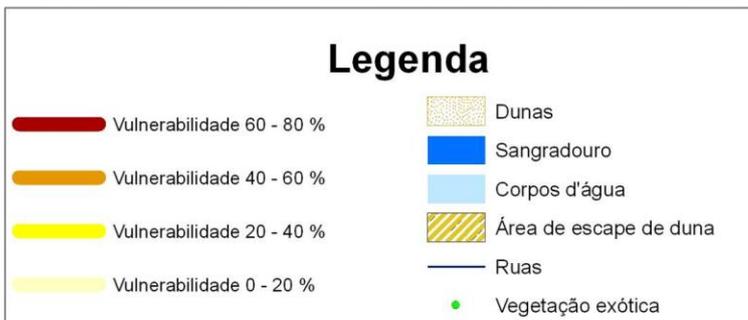
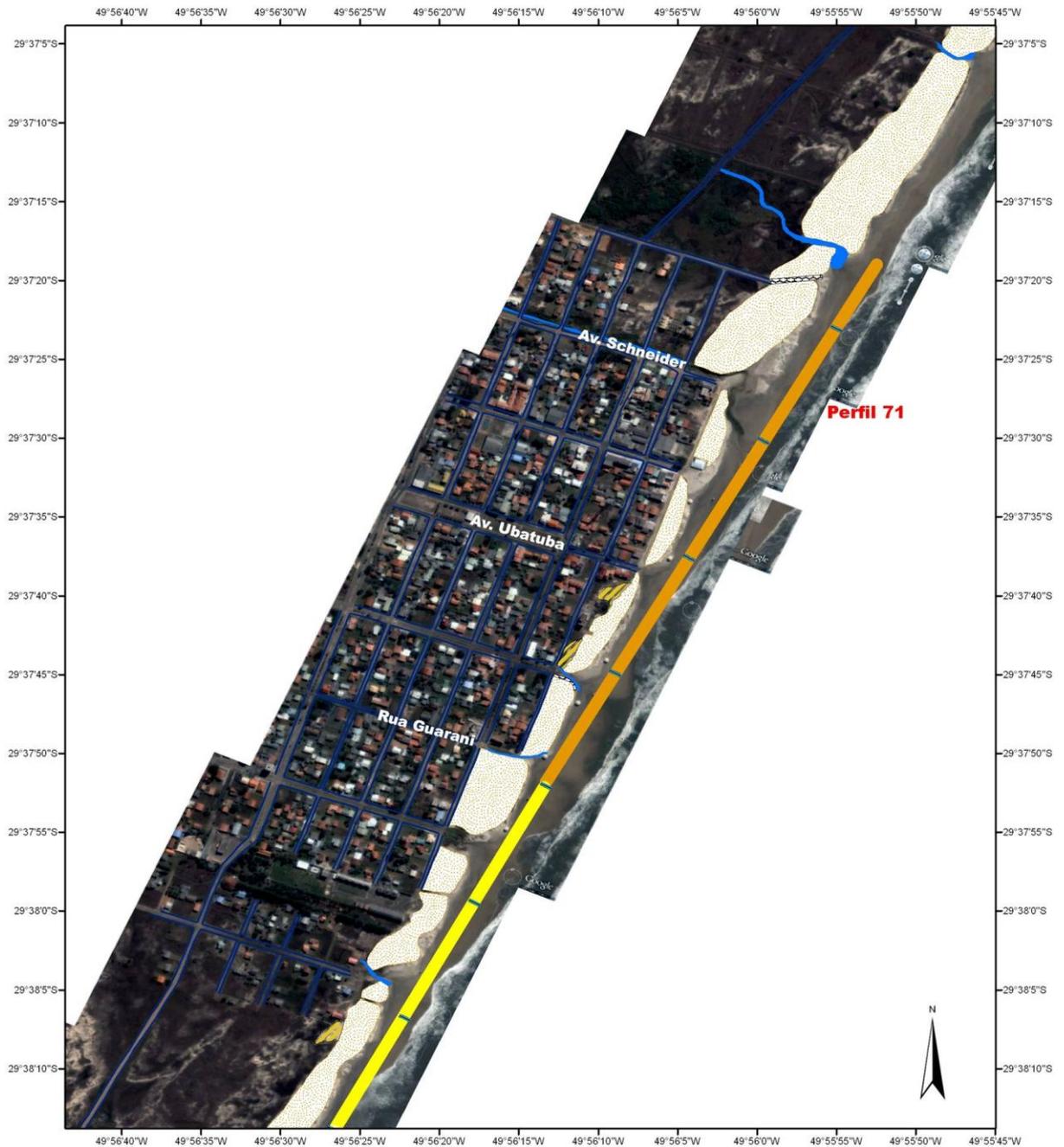
ORLA DE CAPÃO DA CANOA - RS





ORLA DE CAPÃO DA CANOA - RS





ORLA DE CAPÃO DA CANOA - RS

