

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

GESTÃO DE PRAIAS E DUNAS

Aplicações para a região costeira do Rio Grande do Sul

LUANA PORTZ

ORIENTADOR – Prof. Dr. IRAN CARLOS STALLIVIERE CORRÊA

Porto Alegre – 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

GESTÃO DE PRAIAS E DUNAS

Aplicações para a região costeira do Rio Grande do Sul

LUANA PORTZ

ORIENTADOR – Prof. Dr. IRAN CARLOS STALLIVIERE CORRÊA

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Roney Armanini Tagliani (FURG)

Prof. Dr. Tânia Marques Strohaecker (UFRGS)

Prof. Dr. Nelson Sanbaqui Gruber (UFRGS)

Tese de Doutorado apresentada
como requisito parcial para a
obtenção do Título de Doutor em
Ciências.

Porto Alegre – 2012

Portz, Luana

Gestão de praias e dunas: aplicações para a região costeira do Rio Grande do Sul. / Luana Portz. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2012.

[200 f.] il.

Tese (Doutorado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Iran Carlos Stalliviere Corrêa

1. Ferramentas de gestão costeira. 2. Xangri-lá. 3. Lagoa do Peixe. 4. Reconstrução de dunas. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Miriam Alves CRB 10/1947

*Dedico esta tese ao Rogério Manzoli,
minha inspiração e companheiro em todos momentos*

Agradecimentos

Agradeço imensamente a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a realização desta tese, em especial:

A minha família, em especial ao meu pai Delmar Portz e a minha mãe Clairi Portz, pela ajudona para aquisição do nosso veículo “Rural” de campo, de passeio e de idas a UFRGS.

Ao Iran, pela disponibilização em seguir como meu orientador, após o mestrado. Obrigada pela grande oportunidade e por estar sempre à disposição.

Ao programa de Pós-Graduação de Geociências, e aos seus professores da área de Geologia Marinha, pela contribuição à minha formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão bolsa de doutorado, assim como pela de doutorado sanduiche.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização dos dados meteorológicos.

Ao Parque Nacional da Lagoa do Peixe pela disponibilização das fotografias aéreas, pelo grande apoio logístico, tanto por parte dos Analistas Ambientais, como pelo socorro nos momentos de pane da Rural.

Ao Laurindo Guasselli e Djanira Saldanha, do departamento de Geografia, pela troca de conhecimento, que resultou em dois artigos desta tese.

Ao professor Javier Acantaré Carrió, da Universidade Católica de Valência, pela acolhida na chegada a Valência, Espanha, e pela grande contribuição no desenvolvimento desta tese.

Aos colegas do Laboratório de Gerenciamento Costeiro, ao qual tenho orgulho em fazer parte. Em especial ao professor Nelson Gruber pelo grande incentivo aos trabalhos na área do gerenciamento costeiro, e pela confiança depositada ao me convidar para co-orientar seus alunos de graduação.

Aos colegas de pós-graduação pelo convívio durante estes últimos quatro anos.

Ao grande amigo e colega Miguel da Guia (IFRGS) pela ajuda nas coletas de dados com o RTK.

Ao amigo e professor Rodrigo Correa pelos inúmeros pedidos atendidos de correção de abstracts.

A Gélia Pinto, pelas leituras em busca dos erros do português.

Aos professores e técnicos do CECO, pelo convívio, apoio e disponibilização de equipamentos.

Aos servidores do programa de pós-graduação de geociências Roberto e Letícia, pelo excelente trabalho administrativo.

Ao meu companheiro de vida e de doutorado, Rogério Manzoli, obrigada por ser meu motorista, orientador e por estar presente em todas as etapas desse trabalho: no campo, no computador ao lado, na Espanha... e nas incontáveis discussões que enriqueceram essa tese.

Muito grata a todos

Resumo

Esta tese é uma compilação de diversos estudos que relatam as características e as mudanças encontradas nas praias do Rio Grande do Sul (RS). Destaca os princípios da gestão integrada dos ambientes costeiros e as práticas utilizadas em praias e dunas, auxiliando neste tema interdisciplinar, e colaborando desta forma com um caminho que conduza esta região a um desenvolvimento econômico e social com a manutenção das características naturais. As praias do RS têm atraído as pessoas para a costa há mais de um século, assim como um grande número de visitantes aos balneários e áreas turísticas, durante períodos de férias e lazer. A utilização deste ambiente tem sido de importância crescente para a economia dos municípios litorâneos, sendo que a gestão destas áreas tornou-se necessária para lidar com uma variedade de problemas. Exemplos destes problemas e da preocupação das pessoas que buscam a costa estão relacionados aos processos de erosão, que diminuem a beleza do ambiente, o espaço disponível para o lazer, e expõe a população a riscos de inundação; além disso, a presença de resíduos sólidos (lixo) e de efluentes domésticos a céu aberto traz preocupação com a saúde dos frequentadores. Esta tese inclui uma análise das causas da degradação da praia de Xangri-lá, e oferece técnicas e respostas sobre como lidar com a reconstrução do ambiente erodido, principalmente o sistema de dunas, assim como os problemas enfrentados durante este processo, como resultado de efeitos adversos. Nos últimos anos estas práticas tornaram-se amplamente utilizadas no mundo, como um meio de manter ou melhorar as funções naturais de proteção das infra-estruturas posicionadas próximas deste ambiente. Considerando que a gestão de praias e dunas será mais eficaz se os interessados (gestores, moradores e frequentadores) entenderem a sua funcionalidade ambiental, a importância na proteção da costa, e as alterações que estão ocorrendo, são relatados nos diversos artigos desta tese questões referentes às problemáticas da presença de resíduos sólidos, a dispersão de espécies exóticas, assim como as ferramentas disponíveis aos gestores costeiros para desenvolver suas políticas, voltadas especificamente para esta região, e sugestões de dinâmicas para estimular a percepção e o entendimento do ambiente.

Palavras chave: Ferramentas de gestão costeira, Xangri-lá, Lagoa do Peixe, reconstrução de dunas.

Abstract

This thesis is a compilation of several papers that include the features and changes found on the beaches of Rio Grande do Sul (RS). It focuses on the principles of integrated management of coastal environments and practices on beaches and dunes, collaborating in this way on a path leading to an economic and social development keeping the natural features. The beaches of RS have attracted people to the coast for more than two centuries, and a large number of people visit the beaches along the seaside each year for holidays and leisure. Beach utilization has been of increasing importance to the economies of these towns, and the beach management has become necessary to deal with a variety of problems that have appeared. Examples of these problems and concerns are related to beach erosion, which reduces the beauty of the environment, the space available for beach recreation as well as the exposure of people to risks of flooding; and the presence of solid waste (garbage) and open sewers, which brings concerns about the health of the regulars. The thesis includes an analysis of the causes of beach erosion in the city of Xangri-lá, and offers techniques and answers about how to deal with the reconstruction of the environment eroded, especially the dune system, as well as the problems faced during this process as a result of adverse effects. In recent years, these practices have become widely used worldwide as a means of keeping or improving the natural functions of protecting infrastructure placed near this environment. Whereas the management of beaches and dunes will be more effective if the stakeholders (managers, residents and regulars) understand its functionality, importance, and the changes that are occurring, in various articles of this thesis problematic issues concerning the presence of solid waste are reported, the spread of exotic species, as well as the tools available to coastal managers to develop their policies, fitted specifically to this region, as well as suggestions to stimulate dynamic awareness and understanding of the environment.

Keywords: *Tools for environmental management, Xangri-lá, Lagoa do Peixe, dune reconstruction.*

Sumário

Capítulo 1 - Introdução	6
1.1 SOBRE A ESTRUTURA DESTA TESE	7
1.2 OBJETIVOS.....	8
1.3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO UTILIZADOS	8
Capítulo 2 - Estado da arte	14
2.1 PREOCUPAÇÕES COM A QUALIDADE AMBIENTAL.....	15
2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	16
2.3 PLANEJAMENTO AMBIENTAL	17
2.4 PLANEJAMENTO NA ZONA COSTEIRA	18
2.5 GESTÃO DE PRAIA E DUNAS	20
2.6 PRAIAS OCEÂNICAS.....	21
2.6.1 Zonação hidrodinâmica	21
2.6.2 Modelos de praia - Escola australiana.....	22
2.7 DUNAS COSTEIRAS	23
2.7.1 Formas eólicas	23
2.7.2 Fatores controladores da largura das dunas	28
2.7.3 Vegetação	28
2.7.4 Biota	30
Capítulo 3 - Descrição regional da área de estudo	32
3.1 CLIMA.....	35
3.2 OCEANOGRÁFIA	35
3.3 PROCESSOS DE EROÇÃO	38
3.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	41
Capítulo 4 - Análise Integradora	43
4.1 IMPACTOS NA ZONA COSTEIRA	43
4.2 FERRAMENTAS DE DIAGNÓSTICO.....	44
4.3 TÉCNICAS DE GESTÃO DE DUNAS	46
4.4 INSTRUMENTOS DE GESTÃO	48

Capítulo 5 - Referências - capítulos 1, 2, 3 e 451

Capítulo 6 - Apresentação dos Artigos58

I. Gestão Costeira

1. Ferramentas de gestão ambiental aplicadas na zona costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.
Revista da Gestão Costeira Integrada. 11(04): 459-470 (2011).
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., CORRÊA, I. C. S.
2. Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento.
Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR). 22: 153-166 (2010).
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., GRUBER, N. S., CORRÊA, I. C. S.

II. Técnicas de Manejo de dunas

3. Iniciativas de manejo de dunas frontais como medida de controle de erosão no estado do Rio Grande do Sul – Brasil.
“Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina. Volumen II.” Data prevista para publicação 2012
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., GRUBER, N. S.; STROHAECKER, T. M.; OLIVEIRA, R.M; FRANCHINI, R.A.L.
4. Técnicas de reconstrução de dunas para o sul do Brasil: soluções e problemas enfrentados
Não submetido.
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., HERMANNNS, L.; ALCÁNTARA-CARRIÓ, J.

III. SIG & Geoprocessamento

5. Uso de SIG na implantação de planos de manejo de dunas no Rio Grande do Sul – Brasil.
Congreso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales (GIAL), Organizado por la Universidad de Cádiz (UCA) y la Red Iberoamericana de Manejo Costero Integrado (IBERMAR). Trabalho completo.
PORTZ, L., MANZOLLI, R. P., FRANCHINI, R., CORRÊA, I. C. S.
6. Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno.
Revista Brasileira de Geografia Física, 01 (2011) 033-044
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., SALDANHA, D. L., CORRÊA, I. C. S.
7. Variação espacial e temporal de NDVI na lagoa do Peixe, RS.
Revista Brasileira de Geografia Física. 2011, 05 (2011)
PORTZ, L., GUASSELLI, L. A., CORRÊA, I. C. S.

IV. Resíduos Sólidos

8. Marine Debris on Rio Grande do Sul, North Coast, Brazil: Spatial and Temporal Patterns.
Revista da Gestão Costeira Integrada, v.11, p.41 - 48, 2010.
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., IVAR DO SUL, J.A

V. Educação Ambiental

9. Ambientes Costeiros: sugestões de dinâmicas escolares para estimular a percepção ambiental.
Educação Ambiental em Ação. v.5, p.1 - 10, 2010.
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P.

Demais publicações 185

Capítulo 1

Introdução

Esta tese é uma compilação de diversos estudos que relatam as características e as mudanças encontradas nas praias do Rio Grande do Sul (RS). Desenvolvida com o objetivo de ser uma fonte de consulta para as pessoas que trabalham com o planejamento, a gestão e o desenvolvimento destas praias, a tese abrange os princípios de gestão em praias e dunas, auxiliando neste tema interdisciplinar, e colaborando desta forma com um caminho que conduza esta região a um desenvolvimento econômico e social com manutenção das características naturais.

As praias do RS têm atraído as pessoas para a costa há mais de um século, assim como um grande número de visitantes aos balneários e áreas turísticas durante períodos de férias e lazer. A utilização deste ambiente tem sido de importância crescente para a economia dos municípios litorâneos, sendo que a gestão destas áreas tornou-se necessária para lidar com uma variedade de problemas que surgem. Exemplos destes problemas e da preocupação das pessoas que buscam a costa estão relacionados com a erosão, que diminui a beleza do ambiente, o espaço disponível para o lazer, e expõe a população a riscos de inundação; além disso, a presença de resíduos sólidos (lixo) e de efluentes domésticos a céu aberto traz preocupação com a saúde dos frequentadores.

Esta tese inclui uma análise das causas da degradação da orla de Xangri-lá, e oferece técnicas e respostas sobre como lidar com a reconstrução do ambiente erodido, principalmente o sistema de dunas, assim como os problemas enfrentados durante este processo, como resultado de efeitos adversos. Nos últimos anos estas práticas tornaram-se amplamente utilizadas no mundo, como um meio de manter ou melhorar as funções naturais de proteção das infra-instrutoras posicionadas próximas deste ambiente.

Considerando que a gestão de praias e dunas será mais eficaz se os interessados (gestores, moradores e frequentadores) entenderem a sua funcionalidade ambiental, a importância na proteção da costa, e as alterações que estão ocorrendo, são relatados nos diversos artigos desta tese questões referentes às problemáticas da presença de resíduos

sólidos, a dispersão de espécies exóticas, assim como as ferramentas disponíveis aos gestores costeiros para desenvolver suas políticas, voltadas especificamente para esta região, assim como sugestões de dinâmicas para estimular a percepção e o entendimento do ambiente.

A tarefa imediata é a de lidar com as mudanças já em curso e os impactos das diversas atividades e estruturas sobre o sistema praial.

1.1 SOBRE A ESTRUTURA DESTA TESE

Esta tese de doutorado está estruturada em torno de artigos publicados em periódicos ou publicações equivalentes. Consequentemente, sua organização compreende as seguintes partes principais:

Capítulo 1 – Refere-se à introdução ao tema proposto, a descrição do objeto da pesquisa, e os métodos utilizados para tal.

Capítulo 2 – Estado da arte sobre o tema da pesquisa.

Capítulo 3 – Descrição regional da área de estudo.

Capítulo 4 – Discussão integradora contendo os principais resultados e interpretações dela derivadas.

Capítulo 5 – Contém os artigos publicados ou submetidos a periódicos, capítulo de livro e artigos completos publicados em congressos. Estes foram subdividido em áreas temáticas que abrangem a gestão costeira, as técnicas de manejo de dunas, SIG e geoprocessamento, resíduos sólidos e educação ambiental.

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo desse trabalho está relacionado à análise das problemáticas encontradas na região costeira do Rio Grande do Sul e as alternativas envolvidas na gestão das praias e dunas. Visou-se, portanto:

- Realizar o levantamento das ferramentas de gestão costeira disponíveis aos gestores desta região, assim como avaliar a sua utilização no Estado do Rio Grande do Sul;
- Investigar os conflitos existentes entre o uso antrópico e a preservação dos ambientes naturais costeiros, contribuindo para o planejamento e o desenvolvimento sustentável deste ambiente.
- Expor as técnicas de manejo de dunas, assim como a sua validação para estudos desenvolvidos na costa do RS;
- Apresentar técnicas em SIG e geoprocessamento passíveis de aplicação na zona costeira;
- Avaliar o estado da praia de Xangri-lá quanto à presença de resíduos sólidos;
- Propor atividades de sensibilização para escolas abordando a temática desta tese.

1.3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO UTILIZADOS

A construção dos artigos presentes nesta tese teve diferentes abordagens e metodologias. Abaixo é descrito, em formato de tópicos, as metodologias utilizadas:

1.3.1 Levantamento bibliográfico

Foram levantados dados bibliográficos sobre a geologia da área de estudo, a legislação e os instrumentos legais que incidem sobre a mesma, assim como o levantamento de informações cartográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite.

1.3.2 Levantamento de campo: Xangri-lá

Foi realizada uma investigação dos problemas e conflitos existentes na orla marinha do município de Xangri-lá, através de observações de campo cíclicas, concomitante, com coletas de dados topográficos e de porcentagem de cobertura vegetal.

1.3.3 Perfis topográficos

Nível topográfico

Os perfis topográficos bidimensionais foram traçados por meio de nivelamento geométrico, amarrados a pontos de referência fixos, tais como, postes de luz existentes na Avenida Beira Mar, utilizando como ferramentas nível topográfico, régua, trena e piquetes. Para amarração dos perfis de praia foi estabelecido o valor arbitrário de 3 m como Datum vertical.

RTK - Real Time Kinematic

Para o desenho da morfologia do sistema de dunas foi realizado levantamentos topográficos, com equipamentos de GPS de precisão em modo cinemático com correção em tempo real (RTK - *Real Time Kinematic*). A coleta de dados foi realizada no método *stop-and-go*, sendo que a precisão métrica planar e altimétrica permaneceram menores que 1 cm em todas as coletas. Os Modelos de Elevação Digital do Terreno (MDT) foram confeccionados no software Arc Gis® 9.3, assim como a quantificação do volume de sedimento.

1.3.4 Perfis de vegetação

O estudo da cobertura vegetal foi medida através de observação visual em perfis transversais à praia associados a quadrados de 1x1 m, usando a mesma base dos perfis topográficos como referencial de nível. Deste modo, a variação espaço-temporal da cobertura vegetal relativa aos perfis de praia pode ser comparada, segundo as condições climática, marinha e eólica, prevalentes no momento das amostragens.

1.3.5 Potencial de transporte eólico de sedimentos

Dados de vento

Os dados de vento (velocidade e direção) e os dados de precipitação pluviométrica foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes da estação Meteorológica Tramandaí – Inmet A834 (Latitude: -30.0097°, Longitude: -50.1353°; Altitude: 1 metro).

Os dados de frequência percentual da velocidade e direção do vento foram plotados na forma de rosas de vento em cinco classes de velocidade (>0-5; >5-6; >6-8; >8-10 e >10) utilizando as direções principais de vento (N, NE, E, SE, S, SW, W e NW).

Equações empíricas

Para estabelecer o potencial de transporte de sedimentos pela ação do vento foram utilizadas equações empíricas de predição do transporte eólico de sedimentos definidas por Bagnold (1941), Willians (1964), Lettau & Lettau (1978), Write (1979), Sarre (1987) e Alcantará-Carrió e Alonso (2002), sendo que suas equações e variáveis encontram-se na tabela 1.

Estes modelos levam em consideração o tamanho média do sedimento, a densidade média deste sedimento, a densidade do ar saturado (T= 15°C, Pye e Tsoar, 1990), assim como os dados de velocidade e direção do vento. Foi considerado nulo o transporte de sedimento nos períodos em que houve registro de precipitação.

Tabela 1 – Equações e variáveis utilizadas no cálculo de transporte teórico de sedimentos.

Autor	Equação	Variáveis para a área
Bagnold (1941)	$q = C (\rho_a/g) \cdot (d/D)^{1/2} \cdot U_*^3$	d: 0.00013 m
Willians (1964)	$q = a' (\rho_a/g) \cdot U_*^b$	V _c : 1.1631
Lettau & Lettau (1978)	$q = L (d/D)^{1/2} \cdot (\rho_a/g) \cdot U_*^2 \cdot (U_* - U_{*t})$ $U_* > U_{*t}$	Zo: 0.01 m
White (1979)	$q = E \cdot U_*^3 (\rho_a/g) \cdot (1 - U_{*c}/U_*) \cdot (1 + U_{*c}/U_*)$	
Sarre (1987)	$q = E \cdot U_*^3 (\rho_a/g) \cdot (1 - U_{*c}) \cdot (1 + U_{*c}/U_*)$	
Alcantará-Carrió & Alonso (2002)	$q = F (d/D)^{1/2} \cdot (\rho_a/g) \cdot U_* \cdot (U_* - U_{*c})^2$	

q: fluxo horizontal de sedimentos = kg/m².s⁻¹

Coefficiente empírico: C=1,5; a'=0,1702; b=3,42; L=4,2; E=2,61 (Write, 1979) 1,22 (Sare, 1987); F=1,97.

d: tamanho médio do grão na área de estudo

D: tamanho do grão padrão = 0,25 mm

ρ_a: densidade do ar = 1,225

g: aceleração da gravidade = ≈9,81

U_{*}: velocidade de fricção do vento

1.3.6 Métodos de recuperação de ambientes de dunas

As técnicas de recuperação devem considerar a dinâmica do transporte natural de sedimentos, na tentativa de reter a maior quantidade de sedimentos. Para tanto, se deve considerar a orientação da linha de costa e a direção preferencial do vento como elementos chave para sua estruturação. Assim como, se deve agir concomitante tentando minimizar os fatores que possam causar degradação ao sistema de dunas, usando técnicas que acelerem a sua recuperação natural.

Instalação de tubulação de escoamento pluvial

A tubulação para o escoamento de água pluvial foi instalada sob a crista da duna frontal estendendo-se até o pós-praia para evitar a segmentação da duna frontal. A abertura da duna para a passagem da tubulação e sua reconstrução foi realizada com “retro escavadeiras”,

tentando manter as características morfológicas anteriores a intervenção. Para um reaproveitamento posterior foi retirada, manualmente, a vegetação que existia sobre a crista da duna frontal. Após esta etapa, cobriu-se a extensão da área que ficou desnuda com matéria orgânica inerte (cascas de árvores) e procedeu-se o replantio de mudas de vegetação nativa (*Panicum Rancenokus*). A densidade de material utilizado foi de 50% da área superficial, evitando a remoção de sedimento pela ação dos ventos fortes nesta zona crítica.

Plantio de vegetação nativa

A espécie *Panicum racemosum* é o principal responsável pela continuidade lateral e o desenvolvimento vertical das dunas frontais na costa do Rio Grande do Sul. A estabilização da área e o provável enriquecimento do solo com matéria orgânica por esta espécie favorece a colonização das dunas por outras espécies (CORDAZZO *et al*, 2006). Desta maneira, optou-se por retirar as mudas da área de duna onde haveria a passagem da tubulação. Estas mudas foram divididas em dois lotes que passaram por dois processos distintos. O primeiro consistiu no transplante das mudas diretamente para outra área, sem tratamento prévio, replantando-as em linhas transversais em um local em processo de deflação eólica (*blowout*), com o objetivo de reduzir os efeitos do vento, e assim reter sedimentos. Neste processo de transplante procedeu-se a adubação com NPK (10 Nitrogênio – 10 Fósforo – 10 Potássio) e irrigação nos primeiros 2 dias.

O segundo lote de mudas passou por um tratamento com produtos enraizadores. Este processo ocorre através da submersão das raízes das mudas, conforme especificação do fabricante, para que ocorra o desenvolvimento das raízes. Após 15 dias efetuou-se o replantio das mudas na crista da duna reconstruída.

Outra espécie também transplantada diretamente foi o *Senecio crassiflorus* em áreas da crista da duna com baixa densidade de vegetação.

Acessos à praia - passarela e esteira

O acesso dos usuários da praia acarreta prejuízos ao ambiente de dunas causado pelo pisoteio da vegetação e a formação de corredores de deflação eólica. Para reduzir estes danos os planos de manejo de dunas sugerem a delimitação e o direcionamento do fluxo de pedestres. Este direcionamento é feito através de estruturas como passarelas ou esteiras. As passarelas são uma forma de transposição sobre o sistema de dunas, semelhante às esteiras que direcionam os pedestres, diminuindo os danos causados pelos usuários das praias.

Para isso, com a intenção de melhorar a eficiência do manejo, foi instalada uma passarela localizada no centro da área na saída da área privada, com as especificações descritas pelo órgão ambiental (FEPAM-RS) no Plano de Manejo do Município de Xangri-lá (GRUBER, 2007), no qual a orientação da passarela deve ser transversal ao vento dominante (NE) e ter altura de 1,80 m sobre o campo de dunas, para que não ocorra a interferência na dinâmica sedimentar da zona de praia e de formação de dunas frontais, assim como para permitir a fixação da vegetação. Além disso, foi instalada uma esteira localizada na extremidade norte ligando a área pública à praia, também sendo transversal ao vento dominante (NE), delimitada lateralmente com estacas de madeira de 1,20 m de altura vazadas em 50%.

Captadores passivos de sedimento (cercados)

Os sistemas passivos de captação de sedimento são estruturas vazadas que reduzem a velocidade do vento e, assim, diminuem a competência do transporte, promovendo a formação de depósitos sedimentares. Os captadores de sedimento substituem a função que, de forma natural, exerce a vegetação pioneira na construção dos cordões de dunas costeiras.

Neste estudo utilizou-se cercas de retenção de sedimento (*Sand Fences*) confeccionadas em madeira com 1,20 m de altura e com 50% de porosidade.

Os locais para instalação destas cercas de retenção foi determinado através da análise do primeiro levantamento topográfico. Nas áreas que não apresentavam dunas frontais procedeu-se a colocação de cercas de retenção paralelas a linha de praia em duplas fileira, espaçadas aproximadamente 4 vezes a altura das mesmas, acompanhando a linha base das dunas laterais adjacentes. Onde já existiam dunas frontais optou-se pela instalação de apenas uma linha de cercas de retenção.

1.3.7 Imagens de NDVI

Para a análise da variação do NDVI na lagoa do Peixe, seguiram-se as seguintes etapas: seleção de imagens disponíveis no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (www.inpe.br), georeferenciamento das imagens do sensor Landsat TM5; elaboração de mosaico das cenas; verificação de campo; geração das imagens de NDVI, geração dos mapas finais e análise quali e quantitativa dos resultados obtidos.

1.3.8 Determinação dos polígonos de silvicultura

Para a determinação dos polígonos de silvicultura foram utilizadas imagens multiespectrais de sensoriamento remoto, sensor TM do sistema Landsat, adquiridas em diferentes datas, visando identificar a localização e a extensão da vegetação exótica inserida no Parque da Lagoa do Peixe e seu entorno. A pesquisa compreende as seguintes etapas: georreferenciamento das imagens das diversas datas; classificação manual por meio da vetorização com a finalidade de delimitar as áreas ocupadas pela vegetação exótica; verificação de campo; geração dos mapas finais e análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos.

1.3.9 Resíduos Sólidos

Para a avaliação da presença de resíduos sólidos foram realizados 10 perfis distribuídos ao longo da praia, abrangendo diferentes estações do ano e ocupação (1) fevereiro - turismo intenso, (2) abril - período onde o turismo é fraco e (3) agosto - período de inverno (praticamente sem turismo), com o intuito de caracterizar suas classes, quantidades e distribuição espaço-temporal. Cada perfil de 10 m de largura foi dividido em dois trechos horizontais: (i) do início da presença de dunas embrionárias até a Avenida Beira Mar e (ii) desde a linha d'água até a ocorrência de vegetação ou presença de dunas, sendo o centro do transecto a linha do perfil de praia. Para padronização as amostragens ocorreram sempre no final da tarde, sendo os resíduos encontrados em cada perfil quantificados, coletas (posteriormente destinados ao lixo) e caracterizados segundo algumas categorias principais (plástico, metal, vidro, papel, matéria orgânica, madeira, material de pesca e diversos) e subcategorias em que se enquadravam (fragmentos, filmes, embalagens, garrafas, etc.).

1.3.10 Educação Ambiental

O projeto voltado para a educação ambiental foi inspirado no livro “Educação dos Sentidos e Mais...” do escritor Rubens Alves (2005), onde se partiu dos sentidos da audição, visão e tato para propor as dinâmicas para as escolas. Além disso, foi utilizada a metodologia desenvolvida junto ao projeto Argos (PEREIRA *et al.*, 2006) e as experiências descritas no livro Jogos para Atores e Não-Atores (BOAL, 2007).

Capítulo 2

Estado da arte

Organizar o espaço em que se vive é dispor¹ de tudo aquilo que se necessita no momento desejado, pois organizar é planejar, estabelecer metas e cumpri-las.

A administração do ambiente sempre foi uma premissa para grupos de pessoas que se propõem a viver em uma sociedade sob objetivos e normas comuns. Este arranjo vem sendo observado desde os primórdios da coletividade humana, onde o planejamento era, e continua sendo, fundamental para a sobrevivência (MANZOLLI, 2007).

Os primeiros registros históricos sobre o planejamento do espaço descrevem aldeias ligadas à prática da pesca e da agricultura. A água e o alimento eram os principais recursos necessários para determinar as áreas de ocupação. A ordenação do território levava em consideração aspectos ambientais como: a topografia, a proximidade de recursos hídricos, o micro clima, etc. Com o crescente aumento das aglomerações urbanas, ocorreu o início de um processo profundo de transformação da relação do homem com a natureza, pois a atividade agrícola exigiu a criação de um meio ambiente artificial para o cultivo de plantas e a criação de animais. Este processo tornou necessária a proteção das plantações e do gado dos animais selvagens, e desta forma necessitou-se cercar determinado espaço do terreno, que passaram a ser propriedade de alguém ou de um grupo, dando início às chamadas propriedades privadas. Através deste processo, a produção de alimento em abundância possibilitou um grande incremento da população, que por sua vez ocupa mais espaços do ambiente natural (DIAS, 2007).

Exemplos tradicionais de um embrião de planejamento advêm das aldeias da Mesopotâmia, cerca de 4.000 a.C., cujos registros apontam os primeiros “planejadores profissionais”. Eles foram, na realidade, autoridades religiosas preocupadas com a organização das cidades. Ao longo da história, até se formarem as primeiras cidades, os

¹ Arrumar, Colocar em certa ordem, Preparar, Organizar; Planejar, Imaginar, Criar, Plantar, Empregar, Utilizar, Usar livremente; Ter a posse; Dedicar-se. (Dicionário Aurélio Eletrônico – Século XXI)

homens planejaram seu espaço buscando atender preceitos religiosos, de estética e de conforto (SANTOS, 2004).

As grandes civilizações da antiguidade já se preocupavam com os impactos produzidos pelo homem nos centros urbanos. Entre os gregos este fato tornou-se mais evidente, sendo Aristóteles considerado até hoje como o “grande teórico das cidades”. Este panorama de planejamento, direcionada aos centros urbanos, perpetuou no tempo desde a Grécia Antiga até meados do século XVIII com o advento da Revolução Industrial, formulando uma base teórica sobre construções de núcleos populacionais.

Com a instituição desta revolução científico-tecnológica, que teve início na Inglaterra e rapidamente se espalhou para outros países, houve um crescimento econômico que abriu as perspectivas de uma maior geração de riquezas, que por sua vez traria prosperidade e uma melhoria da qualidade de vida.

Entretanto, este crescimento econômico desordenado foi acompanhado de um processo jamais visto pela humanidade, em que se utilizavam grandes quantidades de energia e de recursos naturais, que acabaram por configurar um quadro de degradação contínua do meio ambiente.

A industrialização trouxe vários problemas ambientais, como: alta concentração populacional, devido à urbanização acelerada; consumo excessivo dos recursos naturais, sendo alguns não renováveis (petróleo e carvão mineral); contaminação do ar, do solo e das águas; desflorestamento, entre outros (DIAS, 2007).

A exploração industrial do meio ambiente manteve-se sem contestação durante todo o século XIX e início do século XX, até o pós-guerra.

2.1 PREOCUPAÇÕES COM A QUALIDADE AMBIENTAL

No fim da década de 1950, teve início nos Estados Unidos os primeiros estudos de impactos ambientais resultantes de grandes obras estatais. Porém estes estudos não tiveram um caráter ambiental, propriamente dito, pois a questão ambiental era vista como um segmento à parte, ligado à sistematização do conhecimento da natureza. Uma vez que em grande parte desses empreendimentos predominavam aspectos sociais, como geração de empregos e crescimento inadequado das cidades. As perdas ambientais e as alternativas sociais não eram relevadas até então (SANTOS, 2004).

O ano de 1962 foi o marco da preocupação com a qualidade ambiental, quando a publicação do livro de Rachel Carson intitulada Primavera Silenciosa (do original *Silent Spring*) expôs os perigos da utilização indiscriminada de inseticida (DDT). Este livro teve uma grande repercussão na opinião pública levando o senado dos EUA a proibir quase totalmente a utilização do DDT nos Estados Unidos. Ainda hoje são encontradas concentrações consideradas altas deste contaminante em organismos marinhos.

Já no ano de 1968 ocorreram três encontros internacionais que foram fundamentais para delinear uma estratégia para conter os problemas ambientais. Em abril, estiveram reunidas em Roma, na Itália, pessoas de dez países, entre cientistas, educadores, industriais e funcionários públicos de diferentes instâncias de governos, com o objetivo de discutir os dilemas atuais e futuros do homem – este encontro foi chamado de “Clube de Roma”. Já em setembro desse mesmo ano, a UNESCO, promoveu em Paris a Conferência sobre a Conservação e o Uso Racional dos Recursos da Biosfera, que estabeleceu a base para o lançamento em 1971 do Programa Homem e Biosfera (MAB). Na assembléia das Nações Unidas, nesse mesmo ano, foi decidido pela realização, em 1972, na cidade de Estocolmo, na Suécia, de uma Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano (DIAS, 2007).

2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O conceito normativo básico de Desenvolvimento Sustentável emergiu na Conferência de Estocolmo de 1972, e foi designado na época como “abordagem do ecodesenvolvimento” e, posteriormente, renomeado com a denominação atual.

A Declaração de Estocolmo e seus 109 itens do plano de ação representaram o primeiro esforço da comunidade internacional para lidar com problemas ambientais em uma base global. Como decorrência desse evento, em 1983 foi criada a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD, composta por 21 países membros da ONU e presidida pela Primeira Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, com o objetivo de pesquisar a degradação ambiental do planeta durante cinco anos (1983 - 1987). O relatório trouxe a discussão de dois conceitos: o de “desenvolvimento sustentável” e o de uma “nova ordem econômica mundial” (CNUMAD, 1988, apud TAGLIANI, 2002).

Segundo o relatório, o Desenvolvimento Sustentável pode ser definido como “um processo de mudança no qual a exploração de recursos, a orientação de investimentos, os

rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras”. Já a nova ordem econômica mundial pode ser expressa pelas declarações de que “as formas tradicionais de soberania nacional são desafiadas pelas realidades de interdependência econômica e ecológica e que as fronteiras nacionais se tornaram tênues, pois políticas antes consideradas exclusivamente assunto nacional, têm hoje impacto sobre as bases ecológicas do desenvolvimento e da sobrevivência de outras nações”. O Relatório Bruntland veio a se tornar um guia para preparação de uma agenda global para a Convenção do Rio de Janeiro em 1992 (TAGLIANI, 2002).

Já segundo o Secretário Geral da Conferência de Estocolmo, Maurice Strong, o Desenvolvimento Sustentável somente será alcançado quando três critérios fundamentais forem obedecidos simultaneamente: equidade social, eficiência econômica e prudência ecológica (DIAS, 2007).

2.3 PLANEJAMENTO AMBIENTAL

O planejamento ambiental surgiu nas três últimas décadas em razão do aumento dramático da competição por terras, água, recursos energéticos e biológicos, que gerou a necessidade de organizar o uso da terra, de compatibilizar esse uso com a proteção de ambientes ameaçados e de melhorar a qualidade de vida das populações. Surgiu também como uma resposta adversa ao desenvolvimento tecnológico, puramente materialista, buscando o desenvolvimento como um estado de bem-estar humano, ao invés de um estado de economia nacional (SANTOS, 2004).

Seguindo o pensamento de Maurice Strong, o planejamento ambiental é fundamental para a realização de medidas conservacionistas da natureza, mostrando-se como uma ferramenta institucional, composta por leis, planos diretores, projetos participativos e instrumentos políticos.

Conforme Ribeiro (2001), o planejamento ambiental é um instrumento dirigido a planejar e programar o uso do território, as atividades produtivas, o ordenamento dos assentamentos humanos e o desenvolvimento da sociedade de forma sustentada, visando à proteção e à qualidade do meio ambiente. A conscientização ambiental e as análises integradas do espaço geográfico são requisitos fundamentais na elaboração de um planejamento ecologicamente coerente. Desta forma, devem-se considerar os processos

dinâmicos do espaço, a fim de ordená-los, garantindo a melhoria das condições ambientais e da qualidade de vida.

Nesta linha, o planejamento é um meio sistemático de determinar o estágio em que você está, onde deseja chegar e qual o melhor caminho para chegar lá. Este aparece como uma solução a conflitos que possam ocorrer entre as metas da conservação ambiental e do planejamento tecnológico (SANTOS, 2004).

2.4 PLANEJAMENTO NA ZONA COSTEIRA

No Brasil, a zona costeira é definida pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (Lei n.º 7.661/88, Decreto n.º 5.300/04) como sendo o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre com os seguintes limites: I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial; II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.

Estes municípios serão os: I – de frontantes com o mar, assim definidos em listagem estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; II - não defrontantes com o mar, localizados nas regiões metropolitanas litorâneas; III - não defrontantes com o mar, contíguos às capitais e às grandes cidades litorâneas, que apresentem conurbação; IV - não defrontantes com o mar, distantes até cinquenta quilômetros da linha da costa, que contemplem, em seu território, atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental na zona costeira ou ecossistemas costeiros de alta relevância; V - estuarino-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar; VI - não defrontantes com o mar, mas que tenham todos os seus limites com municípios referidos nos itens de I a V e VII - desmembrados daqueles já inseridos na zona costeira.

Com esta definição, a zona costeira brasileira apresenta larguras estendendo-se na sua porção terrestre, por mais de 10.800 km, quando considerado os recortes e as reentrâncias naturais da costa e possui uma área de aproximadamente 514.000 km² (MMA, 2008).

Inserida na zona costeira a orla marítima pode ser definida como uma unidade geográfica delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar. Esse ambiente caracteriza-se pelo equilíbrio morfodinâmico, no qual interagem fenômenos terrestres e

marinhos, sendo os processos geológicos e oceanográficos os elementos básicos de conformação dos principais tipos de orla, como: costas rochosas; falésias; praias arenosas; praias de seixos; planícies lamosas; manguezais e formações recifais. A estes fatores se associam condicionantes geográficos como o clima, a orografia e a hidrografia (MMA/SQA, 2002).

Os limites genéricos da orla marítima são na zona marítima segundo o Projeto Orla (MMA/SQA, 2002), a isóbata de dez metros, ou seja, a profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos; e terrestre, a cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.

A ocupação da zona costeira no Brasil vem se intensificando nas últimas décadas, decorrente de três vetores prioritários de desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (MORAES, 1999). Além desses vetores destacam-se também, as migrações intra-regionais, a reestruturação produtiva e as emancipações municipais com a inserção de novos contingentes populacionais, de usos e atividades nos municípios litorâneos.

Em nível nacional, a urbanização, advinda das atividades turísticas e de veraneio, nas áreas litorâneas, vem se caracterizando pela forte segregação socioespacial entre os setores residenciais da população sazonal e da população permanente. As localizações privilegiadas junto à orla são destinadas aos veranistas e turistas, por meio de loteamentos para fins de segunda residência, hotéis e, mais recentemente, condomínios verticais e horizontais (MACEDO, 1998).

O Rio Grande do Sul acompanhou a tendência nacional de urbanização de seu território, sendo a configuração territorial, produto das formações socioeconômicas que se constituíram ao longo do tempo, caracterizadas pela diversidade cultural e pelas desigualdades regionais (STROHAECKER, 2007).

Apesar das bases legais para a ocupação e conservação deste ambiente já estarem estabelecidas, os interesses econômicos somados à pressão pela ocupação e uso, ainda geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais. Para intermediar estes conflitos se fazem necessários estudos interdisciplinares e a elaboração de documentos, como os planos de

manejo integrados, o Zoneamento Ecológico Econômico, as Cartas de Sensibilidade ao Óleo, entre outros, que auxiliam no planejamento do município de médio e longo prazo. Uma análise destes instrumentos encontra-se no corpo da tese no artigo “Ferramentas de Gestão Ambiental Aplicadas na Zona Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil”.

2.5 GESTÃO DE PRAIA E DUNAS

As dunas costeiras e a vegetação natural associada a ela são partes essenciais das praias arenosas. Elas ajudam a preservar as características do ambiente costeiro, protegendo-o contra a ação de ressacas e ondas de tempestades. Devido à grande atração que as pessoas sentem em relação ao mar, o desenvolvimento urbano nos municípios litorâneos acaba por se dar o mais próximo possível da praia, alterando sua estrutura original.

Esta prática gera um processo de degradação da zona costeira, reportada em diversos artigos, exemplos de alguns destes problemas: a extração de areia das dunas, usada como aterro na construção civil para expansão imobiliária (HESP, 2002); a ação de pastagem pelo gado sobre a gramínea *Panicum racemosum* (principal espécie formadora e fixadora de dunas) (ROSA & CORDAZZO, 2007), a qual tem reduzido a capacidade de retenção de areia nas dunas frontais do sul do Brasil, permitindo assim que grande parte da areia migre para áreas anteriormente estabilizadas; a utilização das dunas como locais para plantações de espécies exóticas, como por exemplo, *Pinus nigra* na Holanda, *Pinus elliottii* e *Eucalyptus sp.* na costa sul do Brasil (CORDAZZO *et al.*, 2006), as quais diminuem os recursos de nutrientes do substrato, aumentam a acidificação do solo, além de alterar o equilíbrio hídrico do ambiente; a introdução acidental de espécies exóticas (resultantes da limpeza de jardins, deposição de lixo orgânico etc.) ou intencional (usadas em programas de fixação e estabilização de areia), tais como *Carpobrotus chilensis*, tem resultado na formação de comunidades vegetais totalmente diferentes das originais (PORTZ, 2008), alterando assim também a estrutura da fauna acompanhante.

Os efeitos da dinâmica natural, combinados com as perturbações antrópicas, podem levar a uma desestabilização da integridade do ambiente costeiro, induzindo a mudanças profundas das unidades fisiográficas, quase sempre com uma significativa redução da biodiversidade.

Para entender a dinâmica do ambiente costeiro serão apontadas resumidamente as principais características das praias e dunas.

2.6 PRAIAS OCEÂNICAS

As praias arenosas oceânicas apresentam-se como um sistema transicional altamente dinâmico e sensível, constantemente ajustando-se as flutuações dos níveis de energia locais. Este ambiente sofre a ação dos processos eólicos, biológicos e hidráulicos, que ocorrem em escalas temporais variadas. Abrangem também um amplo espectro de modos de movimento, entre os quais se destacam as ondas geradas pelo vento, as correntes litorâneas, as oscilações de longo período (sub-harmônicas e de infra-gravidade) e as marés.

Respondem àquelas flutuações dos níveis de energia através de mudanças morfológicas e de trocas de sedimentos com regiões adjacentes, atuando como zonas tampão e protegendo a costa da ação direta das ondas do oceano, sendo esta sua principal função ambiental. Este tópico foi baseado no livro “Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas, uma revisão bibliográfica”, da autora Fernanda Gemael Hoefel (1998).

2.6.1 Zonação hidrodinâmica

Sendo o ambiente de praia altamente dinâmico, as tentativas de delimitar seus subambientes devem levar em consideração os agentes promotores de tais mudanças. Levando em consideração os fatores hidrodinâmicos, distinguem-se em uma praia as seguintes zonas (Fig.1):

- **Antepraia:** porção que se estende em direção à terra, iniciando a partir da interação entre a onda e o fundo oceânico. Neste ponto ocorre o processo inicial de quebra da onda, este ocorre quando as ondas ao se aproximarem de águas progressivamente mais rasas tornam-se instáveis até que a velocidade na crista da onda exceda a velocidade de grupo da mesma. Esta zona se estende até a primeira quebra das ondas ou início da zona de surfe.
- **Zona de surfe:** a característica desta zona depende diretamente do modo de dissipação de energia das ondas incidentes, ou seja, do tipo de quebra. Como exemplo, em praias de baixa declividade, as ondas que inicialmente quebram, reformam-se como vagalhões, espalhando-se ao longo da zona de surfe em decaimento exponencial de altura, até atingir a zona de espalhamento.
- **Praia subaérea:** é a região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão dos vagalhões sobre a face de praia.

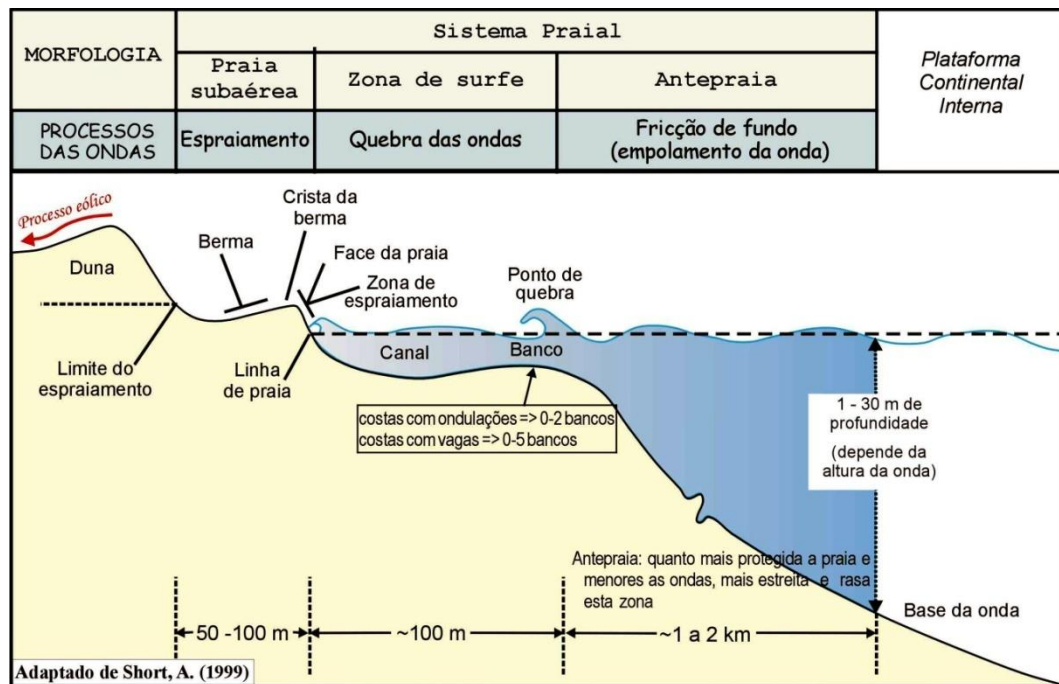


Figura 1 - Compartimentação das subdivisões do prisma praial, modificado de Short (1999) por Toldo Jr. (2010).

2.6.2 Modelos de praia - Escola australiana

Os estudos pioneiros de Wright *et al.* (1979) e Short (1979), fundamentados por uma quantidade significativa de dados, culminaram com a publicação em 1984 (WRIGHT & SHORT, 1984) de um modelo evolutivo baseado na descrição de seis “estágios ou estados” praias observados para uma série de praias australianas. O modelo leva em consideração um ambiente dominado por ondas e micro maré, classificando as praias segundo parâmetros de altura de onda na arrebentação, período da onda e tamanho de grão.

Além dos extremos dissipativo e refletivo, foram reconhecidos mais quatro estados intermediários, associados a diferentes regimes de ondas e marés.

- **Estágio dissipativo** - Este estágio é caracterizado por uma zona de surfe muito desenvolvida, através da qual as ondas dissipam sua energia. Apresentam geralmente granulometria areia fina, declividade suave e incidência de ondas de alta energia.
- **Estágio refletivo** - Neste estágio toda a turbulência relacionada ao processo de quebra das ondas está confinada à zona de galgamento dos vagalhões na face praial. Em condições de baixa de energia, nota-se na porção superior da praia uma berma bem desenvolvida e linear. As praias são formadas comumente por areia grossa.

Por envolver, tanto processos dissipativos como refletivos, a caracterização morfodinâmica dos estágios intermediários é bem mais complexa e menos estável. As

condições ambientais que favorecem estes estágios incluem: climas de onda de energia moderada, mas temporalmente variável, e sedimentos de granulometria areia média a grossa.

As praias também podem apresentar fortes variações sazonais, com uma grande variabilidade no seu perfil, em resposta às condições de onda altamente variáveis. Estas variações são mais intensas em praias presentes em latitudes temperadas, moderadamente expostas, com granulometria de areia fina a média, e caracterizadas por fortes variações sazonais e tempestades de inverno.

2.7 DUNAS COSTEIRAS

Dunas costeiras são feições naturais na maioria das praias arenosas, desde condições climáticas tropicais até árticas. São constituídas por grandes acumulações de sedimento, com forma, tamanho e orientação particulares para cada local, em função do perfil de praia, da orientação da costa, da direção e velocidade dos ventos dominantes, da granulometria e do tipo de vegetação presente (PACKHAM & WILLIS, 1997).

São formadas quando o sedimento depositado sobre a praia seca, sendo posteriormente transportado pelo vento em direção as dunas (BIRD, 1976). Sua ocorrência é, portanto, diretamente relacionada ao suprimento de areia e a um regime de vento favorável (HESP, 1999). Neste contexto, as dunas costeiras tendem a se desenvolver, nos locais onde há uma grande oferta de sedimentos, vento suficiente para movê-lo, e um lugar onde ele pode se acumular (GOLDSMITH, 1978). Outra característica que controla o desenvolvimento das dunas é o perfil de praia. Geralmente, o desenvolvimento das dunas é favorecido em praias dissipativas, e desfavorável em praias refletiva (SHORT & HESP, 1982).

Na literatura, são reportadas diferentes classificações para este ambiente, sendo nesta revisão abordada a classificação realizada por Hesp (2000).

2.7.1 Formas eólicas

Dunas frontais

Dunas frontais são cristas de dunas paralelas à costa, convexas, simétricas ou não, formadas no pós-praia superior por deposição de areias eólicas no interior de vegetação (HESP, 1999). Elas ocupam a zona de interação com a praia sendo geralmente divididas em dunas incipientes e dunas frontais estabilizadas.

Dunas frontais incipientes

Dunas frontais incipientes ou dunas embrionárias são acúmulos de areia desenvolvidos dentro de comunidades de plantas pioneiras. Elas podem ser formadas pela deposição da areia transportada pelo vento em agrupamentos vegetais ou plantas individuais.

Existem três modos de colonização do pós-praia por plantas pioneiras (CORDAZZO & DAVY, 1999):

- a. Regeneração vegetativa dos fragmentos e amontoados de vegetação trazidos pelas tempestades;
- b. Comunidades de plantas originadas por sementes, e
- c. Crescimento lateral, no sentido do mar, dos rizomas e estolões das plantas originárias de dunas frontais estabilizadas.

No litoral sul do Brasil, as espécies vegetais pioneiras tipicamente capazes de colonizar o pós-praia superior são as espécies *Blutaparon portulacoides* e *Paspalum vaginatum*. Estas apresentam talos baixos e rizomas espalhados, reproduzindo dunas rasas, lenticulares ou na forma de cordões alongados ao pé da duna frontal (Fig. 2).



Figura 2 - Duna incipiente com presença de *Blutaparon portulacoides*. Fotografia: Luana Portz, 08 de maio de 2008.

A formação de dunas embrionárias, com 0,3 a 0,5 m de altura, é um sinal de um ciclo de acreção do perfil da praia. No litoral norte do RS as dunas embrionárias têm vida episódica, com tendência a serem escarpadas nos eventos de erosão moderada ou completamente removidas nos eventos severos de tempestade (TABAJARA, 2004)

Após a formação inicial, estas dunas embrionárias começam a ser ocupadas por outras espécies mais tolerantes a deposição de areia (por exemplo, o capim de praia *Panicum racemosum*), favorecendo o acúmulo de mais areia e com isso aumentando em altura até a

formação das dunas frontais. Além deste contínuo aporte de areia, estes locais estão sujeitos à ação da maresia, flutuações na temperatura superficial, e pouca capacidade de retenção de água, impondo as estas plantas um alto grau de estresse.

Duna frontal estabilizada

As dunas frontais estabilizadas desenvolvem-se a partir de dunas incipientes, sendo comum conterem uma grande complexidade morfológica, tanto em altura como na largura, em função da variação na densidade ou distribuição das plantas e do suprimento de areia (CARTER, 1998; CARTER & WILSON, 1990).

Nas praias do litoral norte do RS as dunas frontais (Fig. 3) caracterizam-se pelo crescimento de duas espécies vegetais (TABAJARA, 2004):

- a. Capim de praia (*Panicum racemosum*), espécie de gramínea com talos altos e densos, que produz dunas com formas mais altas e com relativa uniformidade lateral, e
- b. Margarida de praia (*Senecio crassiflorus*), espécie que desenvolve dunas com uma forma mais arredondada, *hummocky* e com picos elevados.

Além da vegetação o desenvolvimento morfológico e a evolução subsequente das dunas estabilizadas dependem ainda de fatores secundários, tais como taxas de acreção e de erosão eólica, frequência e magnitude das ondas de tempestade, processos de escarpamento e de transposição, erosão pluvial dos sangradouros, somando-se o nível de interferência e uso humano (HESP, 1999).

A altura e o volume destas dunas estão relacionados ao estágio evolutivo do perfil da praia e à zona de surfe, sendo que as maiores dunas ocorrem em praias dissipativas e, as menores, em praias refletivas, além de dependerem do potencial de suprimento de sedimentos (SHORT & HESP, 1982).

Na região do pós-duna, localizada atrás das dunas frontais, é frequente a presença de ambientes de transição, como áreas úmidas e brejosas, onde o substrato é mais estável, tendo maior cobertura vegetal e diversidade de espécies. A vegetação nestas áreas é fortemente governada pela distância ao lençol freático ao longo do ano. Nas áreas secas as espécies mais abundantes são *Andropogon arenarius*, *Senecio crassiflorus*, *Hydrocotyle bonariensis*, enquanto que nos locais úmidos ocorrem principalmente *Androtrichum tryginum*, *Cyperus obtusatus*, *Spartina ciliata*, *Bacopa monnieri*.



Figura 3 – Dunas frontais presentes no município de Tramandaí, RS. Fotografia: Luana Portz, 29 de janeiro de 2012.

Corredor de deflação eólica (blowouts)

Uma das feições erosivas mais comuns nos sistemas de dunas são os corredores de deflação eólica, formados a partir de buracos e brechas existentes na duna frontal. O vento através destas aberturas aumenta a sua velocidade de fluxo retirando areia e desta forma provocam a deflação da superfície da duna (EPA, 2007).

Estas feições são comuns em ambientes de dunas costeiras, particularmente nas regiões onde as praias e dunas frontais são ocasionalmente erodidas, podendo também ocorrer em ambientes estáveis, onde a energia eólica e das ondas é alta (HESP, 2002). Os corredores de deflação eólica podem ser iniciados de diversas maneiras, incluindo (HESP, 2002): (1) erosão ao longo da face da duna frontal por ação de ondas; (2) aceleração topográfica do fluxo dos ventos soprados sobre a costa; (3) mudanças climáticas; (4) variabilidade da vegetação no espaço ou por alterações ao longo do tempo; (5) erosão pela água; (6) erosão por vento com alta velocidade e soterramento da vegetação pela areia; (7) atividades humanas.

Embora exista nas dunas costeiras uma larga variedade de corredores de deflação eólica com diferentes morfologias, tamanho e localização, identificam-se pelo menos dois tipos definidos por Cooper (1967):

- a. Tipo prato raso (*Saucer blowouts*), iniciam por cima de cristas amplas de dunas e apresentam formas de pratos semicirculares;

- b. Tipo cavidade alongada (*Trough blowouts*), iniciam na face inclinada da duna frontal e são geralmente mais alongados, com deflação mais profunda do assoalho da bacia e com a parede lateral mais escarpada (Fig. 4).

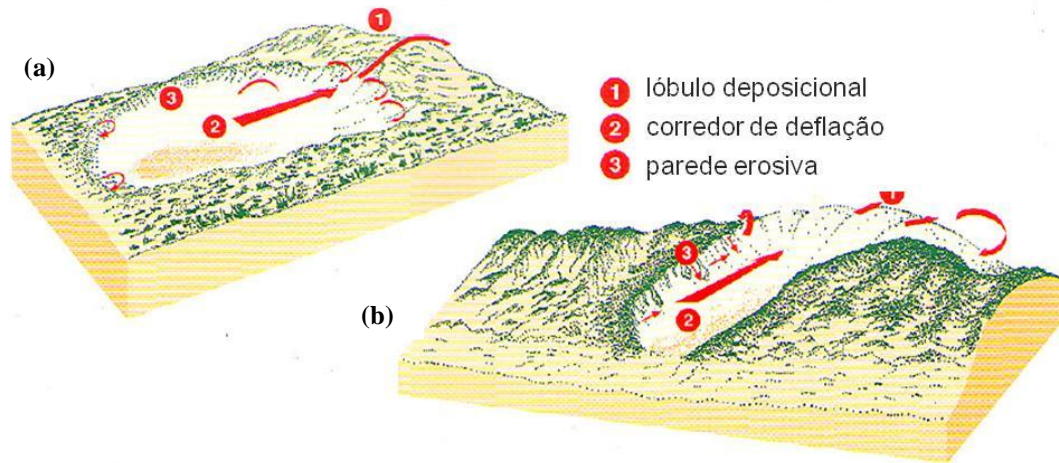


Figura 4 - Tipos de bacia de deflação eólica: a) prato raso (*Saucer blowouts*); b) cavidade alongada (*Trough blowouts*). Fonte: modificado de Hesp, 2000.

Dunas parabólicas

Uma vez iniciados, os corredores de deflação eólica podem se tornar mais amplos e alongar a bacia de deflação evoluindo para uma duna parabólica, cuja porção terminal, à sotavento, apresenta cristas de arraste alongadas, em forma de U, lençol arenoso ou campo de duna (HESP, 2000) (Fig. 5)

Quando não existe a presença de vegetação, ou esta é escassa, pode ser encontrada uma variedade de dunas típicas de desertos, incluindo dunas barcanas, transversas e campo de dunas transgressivas ativas. Estas dunas móveis podem encontrar-se em processo de formação e/ou transporte.

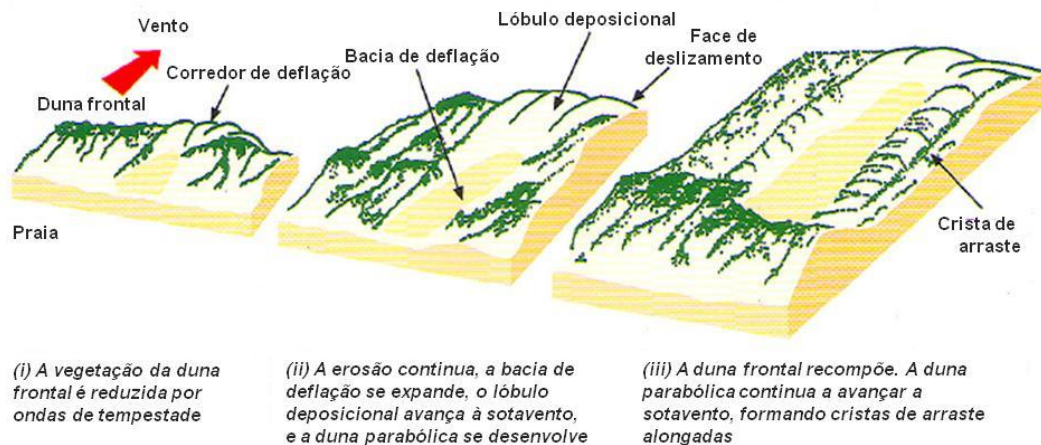


Figura 5 - Origem e desenvolvimento de uma duna parabólica. Fonte: modificado de Hesp, 2000.

2.7.2 Fatores controladores da largura das dunas

O sistema de dunas frontais do RS apresenta um conjunto de fatores naturais que favorecem a formação de campos eólicos. Possui topografia de terras baixas (planície costeira), regime de ventos apropriado (em velocidade e direção) e grande estoque de areia quartzosa fina, disponível em praia retilínea exposta à ação das ondas (MARTINS, 1967; TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992).

Os fatores naturais que mais influenciam nas dimensões das dunas são:

- a. Variações do Nível Relativo do Mar (NRM) – Quando o NRM está em declínio a tendência é de se formar um sistema de dunas com grandes dimensões. Já com o NRM subindo há uma tendência da redução do sistema de dunas frontais.
- b. Condições meteo-oceanográficas – Na costa do RS a passagem de frentes frias vindas de Sul e Sudoeste provocam uma elevação do nível do mar (maré meteorológica) que ocasiona erosão da face frontal do sistema de dunas.
- c. Suprimento sedimentar – A deriva litorânea transporta o sedimento ao longo da costa (no RS a resultante da deriva é para norte). Este sedimento quando depositado na face de praia é transportado pela ação dos ventos para o interior do continente, formando o sistema de dunas. As dunas são retrabalhadas e parte do sedimento é transportado de volta para a praia pelas linhas de drenagem.
- d. Cobertura vegetal – As plantas nativas das dunas contribuem com o trapeamento dos sedimentos.

A ocupação humana deste ambiente sem planejamento pode comprometer o equilíbrio natural do sistema de dunas frontais, através da alteração do balanço sedimentar e também através da supressão da vegetação nativa.

2.7.3 Vegetação

A vegetação exerce um importante papel na estabilização das dunas, aprisionando os sedimentos carreados pelos ventos para o continente, fixando grandes áreas de dunas, e desta forma mantendo as areias no sistema praiado (CLARK, 1977; CARDOZZO *et al.*, 2006).

No ecossistema de dunas costeiras ocorrem vários tipos de estresses ao qual as plantas estão submetidas, como por exemplo:

- **Movimentação de areia** – a acumulação de areia pode afetar o desenvolvimento das plantas de diferentes formas: variando o teor de umidade no solo; diminuindo a ação das flutuações de temperatura; reduzindo a porosidade do substrato e aumentando a

compactação; reduz a difusão do oxigênio no solo; aumenta as quantidades de nutrientes, e reduz a área foliar fotossinteticamente ativa. Os fortes ventos também causam uma ação mecânica sobre a vegetação, prejudicando o crescimento e danificando fisicamente os brotos novos. Desta forma as plantas nativas das dunas, geralmente gramíneas, possuem como adaptações hastes flexíveis e folhas laminares estreitas e finas (CARDOZZO *et al.*, 2006).

- **Salinidade** - A entrada de sal no sistema de dunas ocorre principalmente através do *spray* salino (maresia); além disso, o sal pode ser adsorvido aos grãos de areia provenientes da praia e através das inundações de água salgada durante marés de tempestades e ressacas. Assim, as plantas de dunas costeiras estão expostas a variadas quantidades de sal, como, por exemplo, após ressacas, onde as concentrações aumentam significativamente. Em contra partida em períodos de muita chuva, as concentrações ficam muito baixas, podendo afetar a sobrevivência, a germinação, o estabelecimento e crescimento das plantas. Entretanto estas desenvolveram adaptações, que incluem: resistência ao sal; suculência; mecanismos de eliminação do sal; abscisão foliar; compartimentação iônica e; síntese de compostos orgânicos (CARDOZZO *et al.*, 2006).
- **Estresse hídrico** - a baixa capacidade de retenção de água pela areia, durante os períodos de fraca precipitação, as altas temperaturas da areia durante o verão, as altas taxas de evapo-transpiração causadas pelos ventos, podem fazer com que muitas plantas sejam submetidas a um déficit hídrico. Dentre alguns mecanismos e adaptações das plantas de dunas para contornar este tipo de estresse, encontram-se: folhas reduzidas; limitado número de estômatos; folhas com fototropismo; alta cutinização; leve camada de cera e suculência. Por outro lado, algumas plantas que crescem nas depressões das dunas fixas podem sofrer alagamentos sazonais, devendo apresentar algumas adaptações similares as de plantas aquáticas (CARDOZZO *et al.*, 2006).
- **Nutrientes** - O sistema de dunas apresenta baixa retenção de nutrientes, ou seja, a chuva facilmente lixívia os nutrientes para o lençol freático. A vantagem para as plantas que vivem nas áreas frontais é que a maresia atua de uma forma contínua ao longo do tempo, fornecendo parte dos nutrientes as plantas. Os mecanismos utilizados neste sentido são o modos de alocação dos recursos, como exemplo: a maior proliferação de raízes laterais localizadas em zonas com alta disponibilidade de

nutrientes; absorção de nitrogênio via atividade bacteriana; simbiose com fungos (CARDOZZO *et al.*, 2006).

A combinação destes efeitos, muitas vezes, torna o ambiente costeiro restritivo para um grande número de espécies vegetais.

2.7.4 Biota

Dentre os habitantes da zona úmida os mais conhecidos são: o marisco-branco (*Mesoderma mactroide*), a tatuíra (*Emerita brasiliensis*) e o maçambique (*Donax hanleyanu*). Suas populações alcançam, com frequência, densidades de milhares de organismos por m².

As florações de algas pardas na zona de arrebentação - maré marrom - constituem a base da cadeia alimentar, tanto para os organismos aquáticos filtradores, quanto para os organismos intersticiais, entre outros. Outras espécies estão distribuídas ao longo do perfil entre o mar e as dunas, cada qual ocupando um nível específico determinado por suas peculiaridades e exigências ecológicas.

- **Dunas costeiras** - A fauna das dunas primárias e secundárias apresenta uma variedade de espécies. Desde pequenos mamíferos (tuco-tuco da praia, *Ctenomys sp*), répteis (lagartixa das dunas), anfíbios (sapo da areia, *Bufo arenarum*), aves (coruja-buraqueira, *Speotyto cunicularia*), além de uma grande variedade de insetos (coleópteros, formigas polinizadoras, grandes vespas e dípteros).
- **Supra litoral** - Os organismos mais notáveis desta zona são o caranguejo (*Ocypode quadrata*), o anfípode (*Orchestoidea brasiliensis*) e alguns coleópteros. Um inseto abundante é o ortóptero necrófago (*Scapteriscus acletus*).
- **Médio litoral** - As espécies que dependem do mar para a sobrevivência praticamente substituem as espécies terrestres nesta faixa praial. Poderíamos distinguir alguns isópodes carnívoros e poliquetas sedimentívoros. O organismo dominante em termos de biomassa é o marisco branco (*Mesodesma mactroides*).
- **Zona de intermares** - Sua fauna é constituída por organismos que realizam migrações mareais. Existem também anfípodos e poliquetas predadores. As grandes concentrações de invertebrados nesta zona representam um importante recurso alimentar para várias aves litorâneas, tanto residentes como migradoras.
- **Zona de arrebentação** - O mais característico é o pelecípode (*Donax gemmula*) o qual representa uma das principais presas do siri-chita. Vivem nesta área, gastrópodes predadores, isópodes, misidáceos e ostrácode.

Nas praias do RS é comum a ocorrência de florações da diatomácea *Asterionellopsis glacialis*, que propiciam alimento abundante para várias espécies de invertebrados.

Capítulo 3

Descrição regional da área de estudo

A costa do RS desde Torres, ao norte, até a desembocadura do Arroio Chuí, ao sul, é constituída por uma ampla planície costeira com cerca de 620 km de extensão e até 120 km de largura, onde um sistema de barreiras arenosas aprisiona um gigantesco sistema lagunar (Lagunas dos Patos e Mirim) e uma série de outros corpos de água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos (VILLWOCK, 1984). Sua formação, durante o Período Quaternário, desenvolveu-se a partir da justaposição lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira, cuja formação foi controlada pelas flutuações do nível do mar durante o Quaternário (barreira-laguna I, II e III de idade pleistocênica e IV, que iniciou sua formação há cerca de 7 ka), constituindo uma sucessão de terraços marinhos e lagunares (VILLWOCK, 1984). A atual linha de costa da planície costeira apresenta uma orientação geral Nordeste-Sudoeste com praias arenosas retilíneas e contínuas, predominantemente dominadas por ondas, submetida a um regime de micro-marés (0,48 m) (ALMEIDA *et al.*, 1997).

Apresenta setores de costa progradantes e retrogradantes de distintos graus de vulnerabilidade à erosão, cujo comportamento é acentuado pela passagem de ciclones, os quais produzem intensas tempestades e marés meteorológicas (PARISE, 2009). O trabalho desenvolvido por Toldo Jr. (2006) oferece uma contribuição as discussões sobre erosão em dois trechos progradantes do litoral médio do estado do Rio Grande do Sul, porção do litoral que apresenta o mais extensivo processo de erosão no estado (ALVAREZ *et al.* 1981; TOMAZELLI *et al.*, 1996; CALLIARI *et al.*, 1996; TOLDO Jr. *et al.*, 1999; TOZZI, 1999; BARLETTA, 2000; ESTEVES *et al.*, 2002; DILLENBURG, 2004) e, onde a erosão e deposição de curto período são controladas pelo fluxo de energia das ondas paralelo à praia (LIMA *et al.*, 2001; TOLDO Jr. *et al.*, 2003 e 2004) e pelos focos de energia variável gerados pelo processo de refração de ondas (CALLIARI *et al.*, 1998).

A antepraia superior e inferior é extensa e rasa com limite externo na profundidade de 10 m (TOLDO Jr. *et al.*, 2006). Durante o verão e a primavera, as ondulações e as vagas geradas no Oceano Atlântico Sul são provenientes de Nordeste. Nos meses de inverno são acentuadas a passagem das frentes frias de Sul e Sudeste. A maré astronômica é semi-diurna, com amplitude média de 0,25 m, sendo que a maré meteorológica pode alcançar 1,20 m em Tramandaí (ALMEIDA *et al.*, 1997) a 1,6 m em Rio Grande (PARISE *et al.*, 2009).

Atualmente a FEPAM subdivide a zona costeira do estado em 3 áreas distintas, litoral sul, litoral médio e litoral norte (Fig. 6). O litoral sul abriga um dos mais relevantes ecossistemas naturais do estado, onde os banhados e as áreas úmidas associadas às lagoas e cursos d'água constituem aspecto dominante na paisagem. Esta região sofre o impacto do uso abusivo da agricultura e pecuária, em virtude da sua formação geológica recente, cuja vegetação se encontra ancorada em uma tênue camada de solo arenoso, apresentando também áreas de silvicultura, com espécies exóticas. O turismo voltado para recreação, entretenimento ou descanso em praias neste trecho do litoral se concentra no balneário Cassino, atraindo uma parcela muito grande da população da metade sul do RS. Nesta região também se encontra o porto do Rio Grande, importante para a economia do estado e que atualmente encontra-se em processo de modernização e expansão, alterando visivelmente o desenvolvimento regional.

O litoral médio compreende áreas do entorno da Laguna dos Patos, verificando-se importantes diferenças ambientais e socioeconômicas entre a porção a leste e a porção a oeste da laguna. A porção leste é formada por uma extensa barreira arenosa que separa a laguna do oceano. Esta barreira arenosa comporta ecossistemas marinhos e lagunares. As atividades econômicas nesta região são incipientes, mas localmente importantes, sendo a agropecuária e a silvicultura as principais geradoras de renda para as comunidades locais. Nesta porção do litoral do RS o turismo ainda é pouco explorado, mas as atividades de veraneio são a principal atividade de lazer para a comunidade local.

A porção oeste do litoral médio compreende municípios com praias de água doce da Laguna dos Patos. Existe uma grande heterogeneidade espacial neste trecho, apresentando matas nativas bem preservadas, banhados de água doce permanentes, lagoas interiores, dunas e marismas. A ocupação humana está em ampla expansão, com atividades econômicas voltadas para a agricultura, a pecuária e a silvicultura. Já o turismo e o veraneio são atividades econômicas de pequena representatividade, mas que também se encontram em expansão.

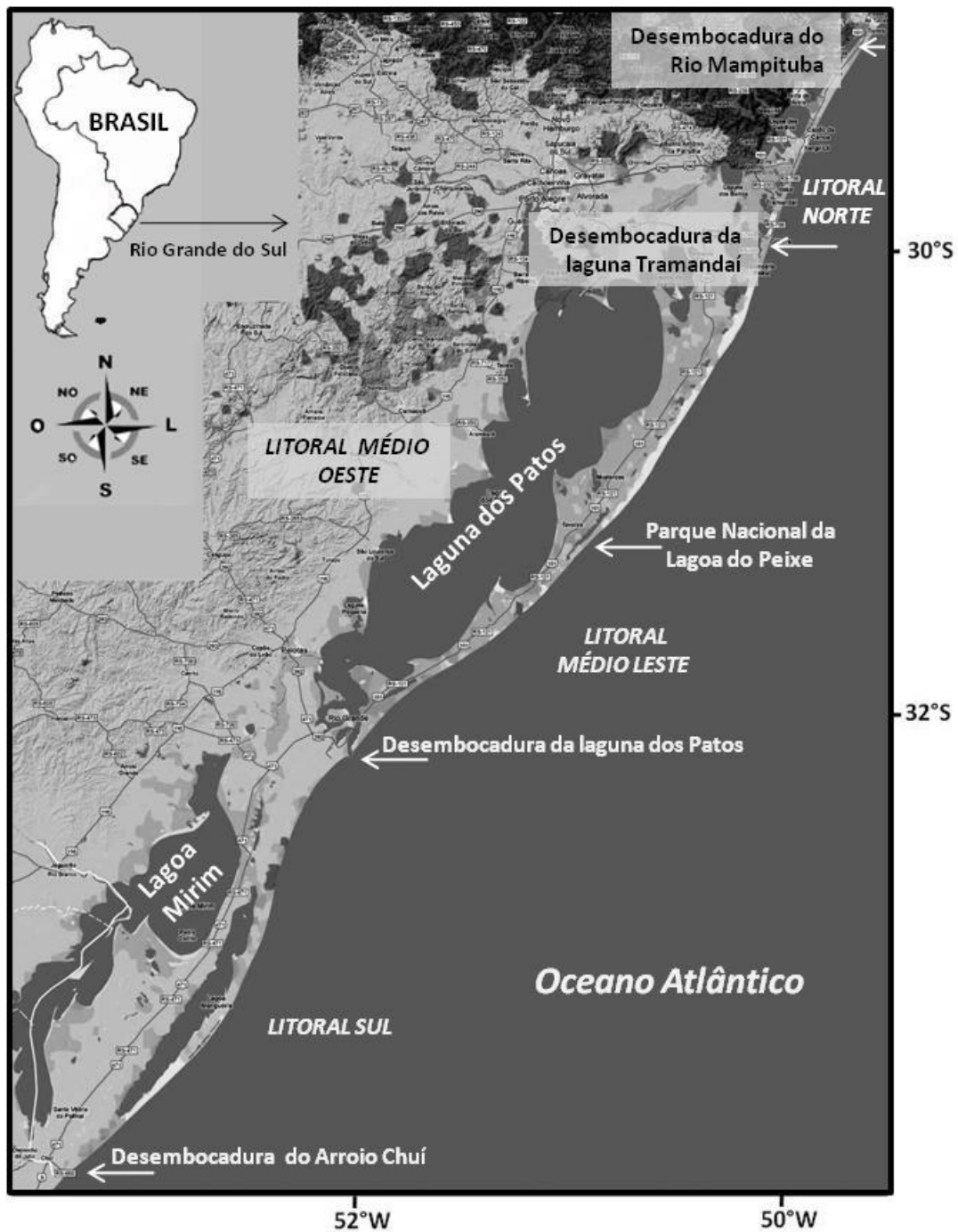


Figura 6 - Litoral do Rio Grande do Sul. Mapa base: Google Maps.

O litoral norte compreende uma faixa arenosa, relativamente estreita, que separa o mar da escarpa da Serra Geral. Tendo sua economia preponderantemente associada às atividades turísticas e de veraneio, esta região apresenta um elevado e crescente grau de urbanização. Segundo o último censo populacional, nesta região, estão localizados alguns dos municípios com maior taxa de crescimento do estado, Xangri-Lá (4,23 %), Arroio do Sal (3,92 %), Balneário do Pinhal (3,83 %) e Imbé (3,74 %) (IBGE, 2010). Esta região é a única que possui,

desde 2000, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEEc) desenvolvido pelo órgão ambiental estadual - FEPAM (DOBROVOLSKI & LAYDNER, 2000). Não obstante, este se encontra em processo de revisão e detalhamento, visando sua adequação em escala municipal e ao Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro estadual.

3.1 CLIMA

A região localiza-se dentro da Zona Subtropical Sul sob a influência de fatores dinâmicos e estáticos. Fatores dinâmicos como das massas marítimas, de origem tropical e polar e estático como a influência do relevo, devido à presença do Planalto Meridional (Serra Geral), o qual atua no controle de alguns parâmetros climáticos como, por exemplo, na condensação das massas úmidas provenientes do oceano e sua consequente precipitação (NIMER, 1989).

Os fatores dinâmicos controladores do clima, encontram-se influenciados principalmente pelos centros de ação: o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul e o Anticiclone Móvel Polar. O comportamento dinâmico das massas de ar provenientes destes dois Anticiclones modifica-se ao longo das estações do ano. Em consequência, durante os meses de primavera-verão, o tempo da planície costeira do RS é, normalmente, quente e ventoso, com ventos provenientes principalmente de NE e E. Durante o outono-inverno, esta área fica dominada pelas frentes frias que se deslocam do rumo SW-NE, muitas vezes com grande regularidade (NIMER, 1989).

Como consequência da interação dos fatores de controle acima descritos, o clima da planície costeira do RS pode ser caracterizado como um clima mesotérmico brando, superúmido, sem estação seca definida. A temperatura média anual oscila entre 16 e 20 °C e a precipitação pluviométrica anual varia entre 1000 e 1500 mm (NIMER, 1989).

3.2 OCEANOGRÁFIA

A costa norte do litoral do Rio Grande do Sul é classificada como uma costa fracamente dominada pela ação das ondas, sendo caracterizada pela ocorrência de uma ondulação de longo período proveniente do SE e por vagas provenientes principalmente do E-NE. A altura média significativa das ondas, medida a uma profundidade de 15-20 m, é de 1,5 m.

Especialmente durante os meses de outono e inverno, o regime normal de ondas é episodicamente perturbado pela ocorrência de ondas de tempestade associadas à passagem de frentes frias provenientes do sul (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1999).

Apresenta setores de costa progradantes e retrogradantes de distintos graus de vulnerabilidade à erosão, cujo comportamento é acentuado pela passagem de ciclones, os quais produzem intensas tempestades e marés meteorológicas (PARISE *et al.*, 2009). Estas podem alcançar 1,20 m em Tramandaí (ALMEIDA *et al.*, 1997) a 1,60 m em Rio Grande (PARISE *et al.*, 2009). A pequena amplitude da maré astronômica torna as marés meteorológicas as principais responsáveis pelas variações do nível do mar.

A associação entre a morfologia da plataforma continental, altura significativa de ondas e o regime de micromaré, proporciona um bom exemplo de uma barreira dominada por ondas, razão pela qual existem somente cinco desembocaduras fluviais (Fig. 6) uma das quais, efêmera (presente no Parque Nacional da Lagoa do Peixe) ao longo de 620 km de costa (CALLIARI *et al.*, 2006).

A deriva litorânea é considerada a transferência lateral de sedimentos promovida pela atividade de ondas que incidem obliquamente à linha de costa. Na costa do RS esta se processa nos dois sentidos, SW-NE e NE-SW, sendo predominante no sentido SW-NE (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992). A pequena contribuição de sedimentos provenientes do continente permite inferir que, as principais fontes de sedimentos são da plataforma interna e da deriva litorânea (TOMAZELLI *et al.*, 1998).

De acordo com dados da estação meteorológica de Imbé (Fig. 7) para os anos de 2004, 2005, 2007, 2008 e 2010, assim como exposto no Atlas Eólico do RS (CAMARGO, 2002), o vento dominante no estado provém de NE. Este, mesmo atuando ao longo de todo o ano, apresenta nos meses de primavera e verão, sua atuação intensificada.

Em resposta a ação dos ventos dominantes, as dunas eólicas livres migram em sentido SW. A taxa média de migração das dunas determinada através de fotografias aéreas e monitoramento de campo variam entre 10 e 38 m/ano (TOMAZELLI, 1993), refletindo as características do vento atuante na região costeira do estado.

As praias do litoral norte (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992; TOLDO Jr. *et al.*, 1993; WESCHENFELDER, 1996), médio (BARLETTA & CALLIARI, 2001) e sul (CALLIARI & KLEIN, 1993, 1995) de acordo com as sequências morfodinâmica variam entre intermediárias a dissipativas.

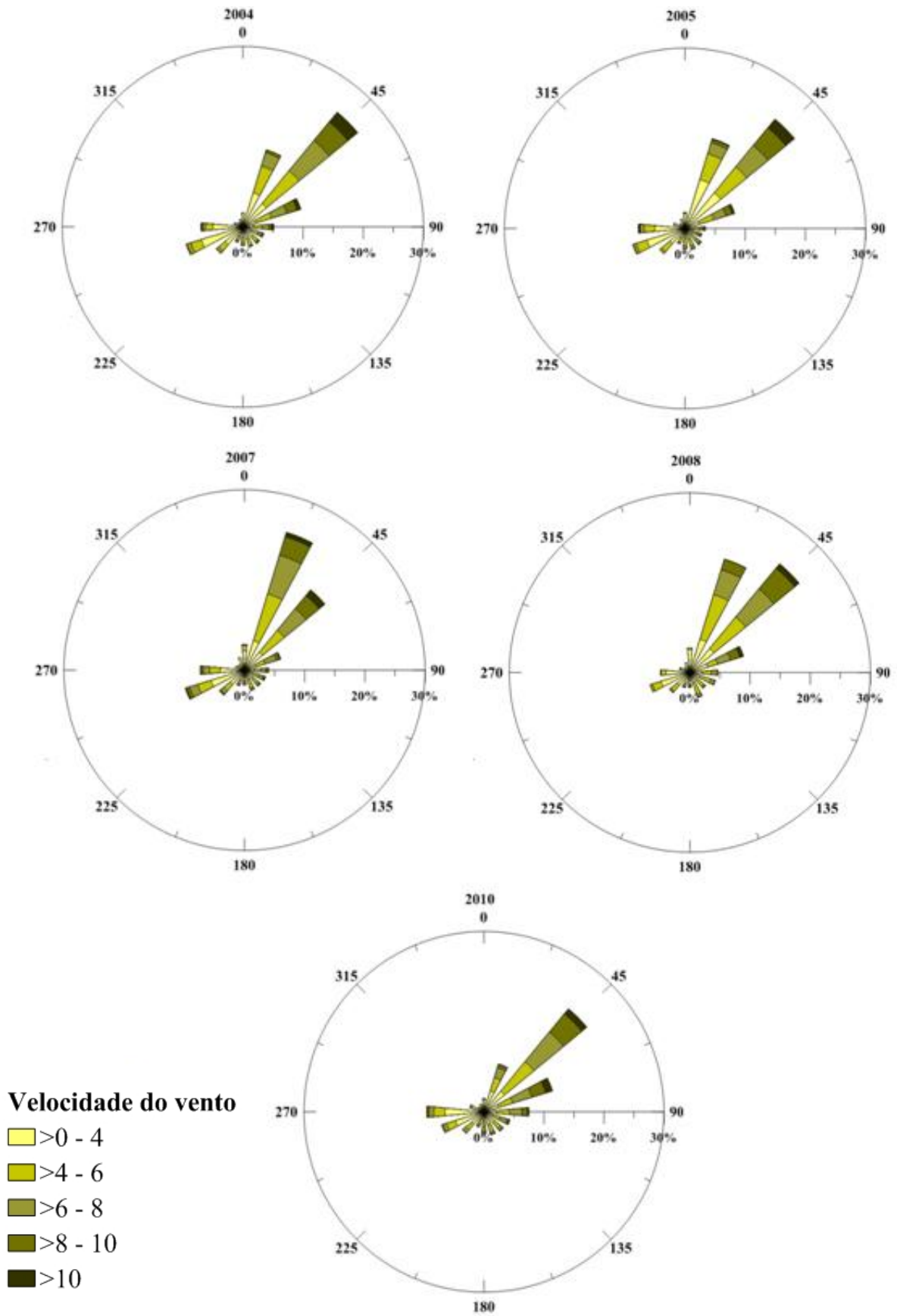


Figura 7 – Rosa de ventos anuais para os anos de 2004, 2005, 2007, 2008 e 2010. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes da estação Meteorológica Tramandaí, litoral norte do Rio Grande do Sul – Inmet A834 (Latitude: -30.0097°, Longitude: -50.1353°; Altitude: 1 metro).

Mudanças neste padrão geral ao longo de certos trechos da costa são devidas a variações granulométricas sob a forma de cascalho biodetrítico e areia quartzosa grossa e média provindas da antepraia. Dois trechos de praias um de 45 km e outro de 30 km respectivamente localizados ao sul do farol do Albardão e nas proximidades do farol do Estreito (litoral médio) apresentam características de praias refletivas e intermediárias. A praia nestes locais apresenta declive acentuado (média de 4°), escarpas erosionais no estirâncio e pós-praia e cúspides praias bem desenvolvidos (CALLIARI *et al.*, 2006).

3.3 PROCESSOS DE EROSÃO

Os problemas de erosão na zona costeira vêm sendo discutidos em vários trabalhos, sendo atribuídos tanto a fatores naturais como antrópicos, decorrentes de eventos de longo e curto períodos (ESTEVEZ *et al.*, 2002). Os processos de erosão nas zonas costeiras resultam da combinação de múltiplos fatores, como: suprimento de sedimentos, energia física induzida por ondas e variações relativas do nível do mar.

Os efeitos da erosão variam de acordo com o nível de desenvolvimento econômico da região. Em costas remotas e naturais, a erosão pode ter pouca importância e a perda de sedimentos em uma área pode significar a acreção em outra. Já em áreas mais desenvolvidas, com um grau de urbanização maior, o início ou a aceleração do processo erosivo tende a se tornar um problema maior (BIRD, 1996).

De maneira geral, os processos de erosão geram consequências indesejadas como: perdas de terrenos com valor econômico, social ou ecológico; desaparecimento de praias estreitas; perda e desequilíbrio de habitats naturais; aumento da frequência de inundações decorrentes de ressacas; aumento da intrusão salina no aquífero costeiro; perda do valor paisagístico e do potencial turístico da região e exposição das zonas costeiras à energia dos oceanos e riscos aos moradores.

Evidências de erosão costeira no Rio Grande do Sul foram compiladas em 2004 por Dillenburg *et al.*, sendo apontados, basicamente, três métodos de avaliação:

- a. Análises estratigráficas e morfodinâmicas, de longo período, das barreiras costeiras, o que vem demonstrando que a erosão costeira é uma continuidade da evolução geológica nos últimos 5 ka, ocorrendo principalmente na metade sul, a partir de suaves projeções costeiras. As evidências estão na exposição de lamas lagunares e turfas ao

- longo de 15 km na área da praia do Hermenegildo (litoral sul) e 60 km na praia de Bujuru – Farol da Conceição (litoral médio);
- b. Mapeamento anual da linha de costa através do Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS). Este método, adotado desde 1997, representa uma curta escala temporal. Linhas de costa obtidas em 2000, quando comparadas com linhas de costa obtidas através da digitalização de mapas topográficos de 1975 em escala de 1:50.000, indicam que aproximadamente 81% das praias estão em erosão, 12% estão estáveis e 7% estão em acreção;
 - c. Levantamentos altimétricos de perfis praias têm sido executados em poucos locais e distantes uns dos outros, desde o início dos anos 1990, e, conseqüentemente, seus resultados refletem um comportamento local e de curto período da linha de costa. Como exemplo, as análises de perfis de praia de 1996 a 1999 na praia de Lagamarzinho (litoral médio do RG) mostram uma média de 1 m/ano de retração.

Outro fator observado e descrito por Speranski e Calliari (2006) na costa do Rio Grande do Sul foi a ocorrência de concentração de energia de ondas por refração nos locais de elevada taxa de erosão; neste exemplo, enquadraram-se a região do Farol da Conceição (litoral médio) e a região ao norte do Chuí (litoral sul). Na região do Farol a largura da praia já diminuiu cerca de 150 m nos últimos 50 anos, o que causou a queda do farol e da casa do faroleiro (Fig. 8). As pesquisas apontam que em frente a ambas as áreas, a plataforma interna e o perfil da antepraia são caracterizados pela presença de bancos lineares e *sand ridges* nas profundidades entre 25 e 15 m. Esses bancos funcionam como lentes que aumentam a altura das ondas, conseqüentemente em eventos de tempestade esses locais sofrem maior erosão.

A avaliação crítica dos dados até hoje publicados sobre a erosão da linha de costa do Rio Grande do Sul sugere fortemente que o balanço negativo no estoque de sedimentos costeiros, em escalas de longo e curto período, é a principal causa da erosão (DILLENBURG *et al.*, 2004).

Em 1999, foram publicados mapas classificando a costa do Rio Grande do Sul em praias em erosão, estáveis ou em acreção (Fig. 9). Considerou-se estável o trecho da costa que apresentou uma retração ou acreção de até 25 m no período entre 1975 e 2000; por outro lado, foram considerados em erosão os trechos que apresentaram retração acima de 25 m e em acreção os que apresentaram uma progradação acima de 25 m (TOLDO Jr. *et al.*, 1999).



Figura 8 – Farol da conceição; (a) Vista para o norte em 1988; (b) vista para o sul do farol tombado e da nova estrutura do farol à direita, 1997 e (c) 1999, o qual se encontrava localizado ao longo de extenso segmento erosivo do litoral médio do estado. Fonte: Toldo Jr. et. al., 2006. Fotografias (a) Edgar e Liana Timm; (b) e (c) Toldo Jr. e Almeida.

No litoral norte, no setor entre Tramandaí e Pinhal, predominam praias em erosão, sendo estas observadas nos trechos onde ocorre um incremento no fluxo de energia dentro da zona de surfe ao longo da praia e os trechos em acreção são observados nos locais onde ocorrem mudanças no alinhamento da linha de praia.

O setor entre Tramandaí e Torres alterna áreas em erosão e áreas em acreção possivelmente devido às suas condições de praias intermediárias, mais sensíveis a episódios de erosão (TABAJARA, 2005).

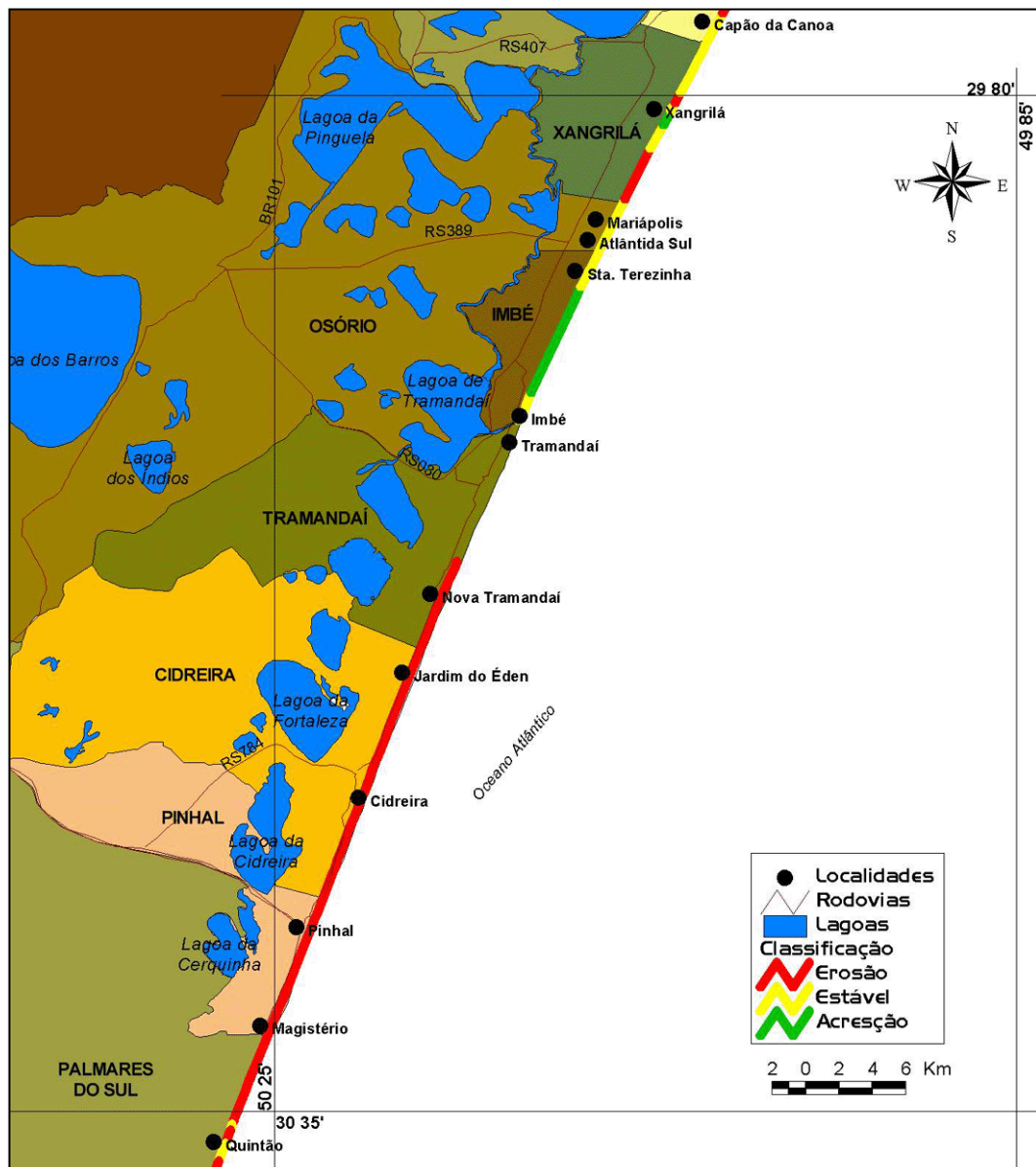


Figura 9 - Mapas classificando a costa do RS em praias em erosão, estáveis ou em acreção (Toldo Jr. *et al.*, 1999).

3.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

De acordo com a Lei n.º 9.985/00 as Unidades de Conservação são definidas como o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo poder público, com o objetivo de conservação ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

O conceito moderno de unidade de conservação vem evoluindo desde seu surgimento em 1872 nos Estados Unidos. Implementada inicialmente com o objetivo da preservação de

atributos cênicos e potencial para atividades de lazer, incorporou aspectos da preservação do patrimônio histórico, área natural protegida e, em meados do século XX, passou a considerar a idéia de conservação da biodiversidade (CARGNIN, 2002).

No Brasil, o estado do Rio Grande do Sul é considerado pioneiro no trato de questões ambientais. Desde os anos 50 é tido como referência, tanto no que se relaciona à organização de movimentos de defesa do meio ambiente como na institucionalização de políticas públicas a ele relacionados até a criação de áreas de proteção e conservação (CARGNIN, 2002).

O Rio Grande do Sul apresenta em torno de 2% da superfície do seu território abrangido por unidades de conservação correspondendo a uma área de 531.009,75 ha. São ao todo 34 unidades de conservação federais e estaduais, predominando em número as unidades de uso indireto. Nessa categoria de uso constata-se a existência de 17 Parques, 6 Reservas Biológicas, 3 Estações Ecológicas e 2 Refúgios de Vida Silvestre. Na categoria de uso direto ou sustentável, destacam-se 3 Áreas de Proteção Permanente e 3 Florestas Nacionais.

Um dos parques nacionais presentes no território do RS é o da Lagoa do Peixe, este foi incluído na Rede Hemisférica de Reservas de Aves Limícolas em 1990 (CONVENÇÃO DE RAMSAR, 1971) cujo objetivo principal é a conservação de sítios importantes para descanso e alimentação de aves aquáticas.

Capítulo 4

Análise Integradora

Este capítulo apresenta um resumo dos principais resultados obtidos nos artigos que compõem esta tese e as interpretações obtidas através destes resultados.

4.1 IMPACTOS NA ZONA COSTEIRA

O artigo **“Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento”** descreve a situação atual da orla marinha do município de Xangri-lá e dos conflitos existentes em decorrência do turismo na região. Definida como intensamente urbanizada, a orla deste município ainda possui um sistema de dunas com suas características naturais em alguns trechos. Assim como neste município, problemas e situações semelhantes são enfrentados pelos demais municípios do litoral norte do RS. Os problemas mais recorrentes são: destruição ou danos nos calçadões a beira mar resultados das ressacas ocorridas todos os anos; escassez de manchas de vegetação nativa (BRACK, 2006); ocupação intensa do ambiente por loteamentos (PEREIRA, 2010), principalmente, em áreas de preservação permanente (restingas, dunas, margens de rios e lagoas); destinação inadequada de resíduos sólidos (PORTZ, 2010); poluição por esgotos, principalmente nas lagoas e nas desembocaduras, como exemplo, a foz do rio Mampituba (HAASE *et al.*, 2007).

As porções litorâneas do estado que não apresentam problemas graves relacionados ao adensamento populacional, como o caso do litoral médio e parte do litoral sul do RS, apresentam outros problemas e conflitos que causam danos ambientais consideráveis. Um dos problemas existente na porção média leste do litoral é a expansão da silvicultura, principalmente, na área do Parque Nacional da Lagoa do Peixe. Esta situação é preocupante, pois os dados apresentados no artigo **“Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno”**, revelam um alerta para a urgente decisão de substituir as culturas do reflorestamento por vegetação nativa, principalmente no entorno da lagoa do

Peixe e da lagoa do Pai João. A dispersão de sementes da espécie utilizada na silvicultura (*Pinus sp.*) na área do parque diminui o valor estético da paisagem natural comprometendo o seu potencial turístico. Além disso, a dispersão desta espécie exótica afeta o equilíbrio natural do ambiente, no qual descaracteriza o objetivo principal de um parque nacional, “a proteção de espécies animais e a preservação do ambiente natural”.

As espécies exóticas arbóreas também são usadas nos balneários como anteparo contra a ação do vento e conseqüente transporte de sedimento. Esta prática deve ser minimizada, pois as espécies utilizadas apresentam uma dispersão espontânea podendo alterar a configuração natural do ambiente e em pouco tempo conflitar com a vegetação rasteira nativa desta região.

A utilização de vegetação exótica na costa do RS está em um estágio preocupante, pois as ações que estão sendo tomadas para combater a dispersão espontânea e para substituir o seu uso por espécies nativas ainda não são satisfatórias.

Outro grande problema relatado em toda a zona costeira do RS é a grande presença de resíduos sólidos. O artigo “**Marine Debris on Rio Grande do Sul, North Coast, Brazil: Spatial and Temporal Patterns**”, integrante desta tese, descreve os padrões espaciais e temporais de acúmulo dos resíduos sólidos no ambiente praiial para o município de Xangri-lá. Os dados coletados revelaram que, considerando as bitucas de cigarro como um tipo de plástico, quase 81% do total de itens amostrados na praia é proveniente deste tipo de material, e corroborando com a hipótese de que a principal fonte de resíduos nas praias é em decorrência do turismo e do veraneio. A presença de restos vegetais de podas e de materiais provenientes da construção civil presentes durante as amostragens, também evidencia a falta de conscientização dos moradores efetivos. O lançamento direto de lixo na praia demonstra o despreparo dos usuários e dos moradores em relação à problemática do acúmulo de resíduos sólidos na costa.

4.2 FERRAMENTAS DE DIAGNÓSTICO

O diagnóstico ambiental de uma determinada área é imprescindível para o planejamento ocupacional e para o gerenciamento sustentável dos conflitos gerados pelo uso dos recursos naturais existentes. O inventário das condições do ambiente requer o uso de ferramentas que auxiliem na sua caracterização, tanto em escala local, quanto em escala regional.

Para tanto, nesta tese, fez-se o uso de metodologias de diagnóstico do ambiente costeiro (praia e dunas) em escala local através de: observações periódicas do ambiente, concomitante,

com coleta de dados topográficos, de porcentagem de cobertura vegetal (nativa e exótica) e da avaliação quali-quantitativa da presença de resíduos sólidos.

Os dez municípios que compõem a porção norte do litoral do RS possuem um diagnóstico quanto à exploração comercial na faixa de praia, realizado pela FEPAM em 2001. Este diagnóstico, descrito no artigo **“Ferramentas de gestão ambiental aplicadas na zona costeira do Rio Grande do Sul, Brasil”**, descreve o início do processo de gerenciamento costeiro no RS.

O levantamento das condições da orla marítima do município de Xangri-lá, utilizadas nesta tese, auxiliou de forma integrada na identificação dos conflitos existentes, permitindo determinar as áreas com elevado índice de vulnerabilidade e as técnicas para auxiliar na sua gestão.

O conhecimento das características principais do sistema de dunas auxilia os gestores no estabelecimento de critérios a serem utilizados no manejo. Também, a identificação da vegetação predominante, auxilia na escolha de qual espécie que é mais suscetível ao sucesso do plantio frente ao manejo de dunas. Assim como, o levantamento topográfico do sistema de dunas contribui para estabelecer os padrões a serem respeitados na necessidade de recuperar um trecho do sistema de dunas não mais existente.

O diagnóstico em escala regional foi realizado através de geoprocessamento de fotos aéreas e imagens de satélite. A disponibilização de imagens de satélite gratuita aos pesquisadores favorece a detecção de mudanças ambientais em larga escala de espaço e no tempo. Um exemplo desta são os resultados obtidos com o geoprocessamento de imagens do satélite Landsat 5 presentes nos artigos **“Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno”** e **“Variação espacial e temporal de NDVI na lagoa do Peixe, RS”**.

No sentido de melhorar os diagnósticos ambientais as imagens podem conceder um estudo prévio e investigativo das variáveis presentes no sistema, podendo auxiliar em futuros delineamentos amostral ou experimental, seja na busca por uma melhor representatividade das amostras, como na redução de custos.

A compilação e a inserção dos dados em um ambiente SIG demonstra que o uso desta tecnologia é de apoio fundamental para qualquer estudo que pretenda resolver problemas ambientais. A estrutura do SIG permite a atualização rápida dos bancos de dados e dos produtos básicos gerados e automaticamente gerará todos os produtos intermediários e finais. Com a identificação das pressões, das modificações ambientais e dos impactos das atividades

antrópicas na zona costeira, as respostas e as ações de políticas públicas poderão ser melhores direcionadas rumo à implementação de um Gerenciamento Integrado da Zona Costeira mais consistente, que possa conduzir a um desenvolvimento sustentável mais efetivo.

Neste contexto, o uso de um SIG, na zona costeira, oferece uma visão sintética que ajuda a gerenciar os conflitos de interesse e facilita a evolução multissetorial de desenvolvimento.

4.3 TÉCNICAS DE GESTÃO DE DUNAS

Os programas internacionais de gestão de dunas preconizam o controle das atividades recreativas nas áreas de uso intensivo das praias evitando a degradação destas áreas. Para realizar este controle são instaladas cercas na periferia do campo de dunas e, também, é realizado o direcionamento do fluxo de usuários, instalando-se passarelas por cima das dunas ou estrados de madeira pelo chão.

Seguindo estas práticas internacionais e somando-se as normativas e os instrumentos legais brasileiros, os municípios do RS vêm aplicando diversas técnicas de recuperação e manutenção da orla, visando desta forma um melhor ordenamento territorial com preservação das APPs e a proteção da costa contra processos de erosão. Algumas técnicas são apontadas: melhoria de acesso à praia com a utilização de passarelas e esteiras, assim como, a permanência de acesso para veículos oficiais em missão de salvamentos e resgate; limpeza de resíduos sólidos; fiscalização e montagem dos quiosques temporários; melhoria e recuperação das áreas de sangradouros; aplicação de técnicas de reconstrução de dunas com cercados, plantio de vegetação e cobertura morta (restos vegetais); utilização de lagoa de amortecimento; entre outros.

A análise dos dados obtidos no diagnóstico do município de Xangri-lá somada aos resultados alcançados no manejo descrito no artigo “**Manejo de dunas: técnicas de campo para o sul do Brasil**” demonstram que a instalação de tubulações de escoamento pluvial sob a crista frontal da duna diminuiu a sua instabilidade, evitando a sua segmentação. Este processo de segmentação das dunas frontais ocorre principalmente pelo elevado número de sangradouros presentes neste trecho da costa, causado pelo alto grau de urbanização que reduz a infiltração da água pluvial, aumentando a vazão e desta forma rompendo o sistema de dunas.

Também, com base neste trabalho pode-se constatar que o uso de cercas de retenção de sedimento para a reconstrução das dunas frontais é muito eficiente. Porém, para evitar os problemas de queda destas cercas de retenção, recomenda-se iniciar a sua instalação ao fim da primavera, pois a passagem de frentes frias diminui e, assim, pode-se criar uma barreira inicial mais resistente. As cercas instaladas na porção frontal das dunas contribuíram para o aprisionamento de sedimentos, inclusive no período de inverno, com a ocorrência de frentes frias, aumentando a largura da praia.

A fixação dos caminhos permanentes de acesso à praia sobre a esteira e a passarela delimitadas pelas cercas de proteção na periferia do cordão de dunas, logo após o término da obra de escoamento pluvial, evitaram o pisoteio sobre as dunas, colaborando com a recuperação do sistema como um todo.

O espalhamento da cobertura morta (casca de eucalipto) nas áreas que permaneceram desnudas de vegetação evitou a remoção de sedimento pelo vento e acelerou a recolonização da duna pela vegetação nativa. Assim como, a presença das cercas de retenção de sedimento, formando uma nova duna frontal, possibilitou a dispersão e colonização da vegetação nativa, no pós-duna.

O transporte de sedimentos nesta região é controlado, basicamente, pelos ventos provenientes de nordeste, resultando em um transporte capaz de mover sedimentos em direção às dunas terrestre, e desta forma resultando no sucesso na reconstrução de dunas. Ao eleger a equação de transporte teórico de sedimentos através da comparação com a efetividade de acumulação de sedimentos pelos cercados instalados em uma área sem presença de dunas, apresenta-se mais uma ferramenta aos gestores na busca de melhorar os métodos de recuperação do sistema.

Outro fato importante a salientar é a necessidade de adaptar os projetos de recuperação das dunas em função das respostas dadas pelo sistema. O manejo modifica o balanço sedimentar na região podendo causar modificações indesejadas nas áreas adjacentes ao manejo.

Estas técnicas testadas servem não somente como uma investigação da efetividade de métodos para reconstrução de dunas costeiras, mas também para prover alternativas para defesa da costa contra erosão e inundações.

4.4 INSTRUMENTOS DE GESTÃO

Os instrumentos de gestão apresentados no artigo **“Ferramentas de gestão ambiental aplicadas na zona costeira do Rio Grande do Sul, Brasil”** demonstram algumas das alternativas disponíveis aos gestores da zona costeira. A existência destes instrumentos como: o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), o Projeto Orla, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o Plano de Manejo de Dunas, as Cartas de Sensibilidade ao Derrame de Óleo, entre outros, auxiliam no gerenciamento, e, conjuntamente, com a legislação vigente, contribuem com as políticas públicas para a preservação e sustentabilidade ambiental gerando um desenvolvimento do patrimônio sociocultural.

Embora o formato jurídico institucional esteja afinado com as perspectivas descentralizadoras e participativas, previstas na Lei Federal n.º 7.661/1988 e no Decreto Federal n.º 5.300/2004, a prática mostra alguns problemas na aplicação destes e de outros instrumentos legais. Esses problemas se referem à operacionalidade do sistema de gestão, à falta de normas claras voltadas ao ordenamento territorial e ao controle e fiscalização ambiental da zona costeira e à falta de maior envolvimento e responsabilidade dos municípios nos processos de gestão integrada da zona costeira.

No Rio Grande do Sul o foco do órgão ambiental estadual responsável pelas atividades do PNGC e do ZEE encontra-se na recuperação e reabilitação das áreas degradadas ou descaracterizadas presentes no litoral norte, deixando de lado o ordenamento das atividades nas regiões com baixa densidade populacional como o litoral médio e sul. Estas regiões onde o estágio de urbanização ainda encontra-se em estágio inicial poderiam ter um esforço concentrado no planejamento, evitando, no futuro, os conflitos hoje presentes no litoral norte. Considerando o descrito acima, é provável que não ocorra à ocupação por áreas turísticas no litoral médio e sul num cenário de sustentabilidade.

Na esfera municipal, os gestores ainda não conseguiram colocar em prática os instrumentos de gestão, principalmente por falta de recursos para desapropriar áreas de interesse ecológico, para desenvolver projetos de preservação e recuperação de áreas degradadas ou ameaçadas, além da contratação de fiscais necessários para controlar as atividades. Estes problemas poderiam ser minimizados por meio de convênios dos municípios com o governo federal ou ainda com empresas privadas, facilitando desta forma a captação de recursos. Um exemplo é a manutenção e a recuperação das dunas costeiras, que ocorre exclusivamente sobre responsabilidade do órgão municipal, ao contrário do que ocorre em

outros locais, como em Nova Jersey - USA (CONWAY & NORDSTROMA, 2003), onde a população residente possui papel fundamental neste processo.

A pesar da diversidade de instrumentos disponibilizados aos gestores, o que ocorre no Rio Grande do Sul é a falta da sua aplicação. Atualmente estes se encontram focados em apenas uma região, como a ZEEC, ou apenas nos projetos teóricos, como os Planos de Manejo de Dunas, onde muitos municípios os formularam, porém, poucos estão o colocando em prática. Mesmo com o exposto, o plano de manejo de dunas ainda é o instrumento mais utilizado pelos gestores do RS, provavelmente pela sua obrigatoriedade.

Somando-se os processos naturais de erosão atuantes na costa do Rio Grande do Sul, com a carência de ações que minimizem estes processos e com a falta de comprometimento dos usuários da praia, desenvolve-se um cenário de degradação ambiental e de descaracterização cênica que se opõe com a situação econômica dos municípios do litoral norte, que dependem diretamente do turismo e do veraneio.

Quando defrontamos o cenário descrito acima com os princípios oriundos da Agenda 21, identifica-se uma carência na disseminação das informações para a população local, na educação para o desenvolvimento sustentável e na participação efetiva das comunidades locais nos processos de preservação das características naturais. Outro fator relevante nesta análise é o lento desenvolvimento da capacidade institucional frente a estes problemas, refletido na falta de qualificação do funcionalismo e de ações concretas.

Neste sentido, a falta de comprometimento dos gestores municipais frente aos processos de erosão já mencionados na literatura salienta-se um alerta para um futuro onde estes processos, hoje ainda em estágio inicial, não poderão ser minimizados apenas com os métodos citados anteriormente (não estruturais), tornando a recuperação mais lenta e onerosa. Um ponto positivo de alguns gestores municipais é a busca de ajuda e cooperação de instituições de ensino e pesquisa na busca de minimizar os efeitos da falta de qualificação do funcionalismo.

De forma geral, a falta de gestão das zonas costeiras está contribuindo irreversivelmente para a degradação progressiva do patrimônio natural do Estado do Rio Grande do Sul, incluindo a paisagem cênica, que é um dos seus elementos essenciais e do qual os municípios dependem diretamente como fonte de renda. Promover a compreensão e a conservação para que se perpetue este ambiente depende diretamente deles, os gestores costeiros, e para garantir que as atividades de turismo e o veraneio se mantenham é importante compreender não só a

situação e os processos atuais, mas também aqueles processos ativos no recente passado geológico, como é o caso da erosão.

Por fim, deve-se ter em mente que as atividades antrópicas sempre causam alterações no ambiente natural, salientando a ocupação da zona costeira e as atividades de turismo e de veraneio associadas. Porém, o maior desafio para os gestores é conseguir gerenciar, de forma a preservar as áreas que ainda mantêm suas características e recuperar as áreas degradadas, concomitante, com um desenvolvimento socioeconômico sustentável essencial para os municípios.

Capítulo 5

Referências - capítulos 1, 2, 3 e 4

ALCANTARÁ-CARRIO, J.; ALONSO, I. Measurement and prediction of aeolian sediment transporte at Jandía islands (Furtventura, Canary Islands). **Journal of Coastal Research**, v. 18, n. 2, p. 300-315, 2002.

ALMEIDA, L.E.S.B.; ROSAURO, N.M.L.; TOLDO Jr., E.E. Análise Preliminar das Marés na Barra do Rio Tramandaí, RS. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 7, 1997. Vitória, ES, **Anais...** Vitória. 1997. p. 560-566.

ALVAREZ, J.A.; GRÉ, J.C.R.; TOLDO JR., E.E. Estudos da Praia a Nordeste do Molhe de Rio Grande. **Pesquisas**, Porto alegre, v. 14, p. 131-147, 1981.

ALVES, R. **Educação dos sentidos e Mais...** Campinas, SP: Editora Versus, 2005.

BARLETTA, R. C. E; CALLIARI, L.J. Determinação da intensidade das tempestades que atuam no litoral central do Rio Grande do Sul, Brasil, RS. In: Congresso da ABEQUA, VIII., 2001. Mariluz, Imbé, RS. **Anais...** 2001, v. 1. p. 51-53.

BAGNOLD, R.A. **The physics of blown sand and desert dunes**. London: Methuen, 1941. 265 p.

BARLETTA, R.C. **Efeitos da Iteração oceano-atmosfera sobre a morfodinâmica das praias do litoral central do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2000. 160 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Geológica) – Pós-Graduação em Oceanografia Química, Física e Geologia, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande/RS, 2000.

BIRD, E.C.F. **Coasts. An introduction to systematic geomorphology**. Australian National University Press: Canberra, 1976.

BRACK, P. Vegetação e Paisagem do Litoral Norte do Rio Grande do Sul: patrimônio desconhecido e ameaçado. In: Encontro Socioambiental do Litoral Norte do RS: ecossistemas e sustentabilidade, 2, 2006. Imbé, RS. **Anais...** Imbé: CECLIMAR. 2006. P. 46-71.

BIRD, E. C. F. **Beach Management**. Ed: John Wiley & Sons, 1996. 292p.

BOAL, A. **Jogos para atores e não-atores**. 10ª edição revisada e ampliada. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2007. 347p.

CALLIARI, L.J.; KLEIN, A.H.F. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, R.S. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 48-56, 1993.

CALLIARI, L. J.; KLEIN, A. H. F. Variabilidade das praias oceânicas entre Cassino e Chuí, RS. **Publicação especial**, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, v. 11, p. 55-63, 1995.

CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M.; KLEIN, A.H.F. Erosão associada a marés meteorológicas na costa sul-riograndense. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, 1996. Salvador, BA. **Anais...**, Salvador: SBG. v. 4, p. 682-684.

CALLIARI, L.J.; SPERANSKI N.S.; BOUKAREVA, I.I. Stable focus of wave rays as a reason of local erosion at the Southern Brazilian coast. **Journal of Coastal Research**, v. 37, p. 19-23, 1998.

CALLIARI, L.J.; TOLDO JR. E. E.; NICOLODI, J.L. Classificação Geomorfológica - Capítulo: Rio Grande do Sul. In: Muehe, D. (Org). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: MMA, 2006, 476p.

Disponível em <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78&pag=1&>

CAMARGO, O. A. (Org.). **Atlas Eólico: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMC (Secretaria de Energia Minas e Comunicações), 2002. 70 p.: il., mapas.

CARGNIN, A.P. (Coord.); BERTÊ A.M. DE A.; KLARMANN H.; PROFES, S.M.B.; DE OLIVEIRA S.B. Atlas Socioeconômico do RS. Edição Eletrônica. Porto Alegre: Governador do Estado do Rio Grande do Sul, Secretário do Planejamento, Gestão e Participação Cidadã, Departamento de Planejamento Governamental. Edição atualizada, 2002.

Disponível em <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=26>. Acesso em 4 de Nov 2011.

CARTER, R.W.G. **Coastal environments**. London: Academic Press, 1998. 617 p.

CARTER, R.W.G. E WILSON, P. The Geomorphological, ecological and pedological development of coastal foredunes at Magilligan Point, Northern Ireland. In: Nordstrom, K.F.; Psuty, N.P.; Carter, R.W.G. (Eds.). **Coastal Dunes: Form and Process**. Chichester: J. Wiley, 1990. p. 129-157.

CLARK, J.R. **Coastal Ecosystem Management**. Florida, USA. 1977.

COOPER, R.V. **Coastal Sand Dunes of California**. Geological Society of America (Memorandum 104), 1967. 131 p.

CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B.; SEELINGER, U. **Guia Ilustrado: Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica**. Pelotas, editora USEB, 2006. 107p.

CORDAZZO, C.V.; DAVY, A.J. Vegetative Regeneration of *Panicum racemosum* from Rhizome Fragments on Southern Brazilian Coastal Dunes. **Journal of Coastal Research**. v.15, p. 520-525, 1999.

DIAS, R. **Gestão ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 1º Edição, 2º Reimpressão. São Paulo: Atlas. 2007. 196 p.

DILLENBURG, S. R.; ESTEVES, L. S.; TOMAZELLI, L. J. A Critical Evaluation of Coastal Erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 76, n. 3, p. 611-623, 2004.

EPA. The formation and function of coastal dunes. In: **Coastal sand dunes - Their vegetation and management** (Beach Protection Authority Queensland, Department of Environment, ed.), 2007. Disponível na internet via <http://www.epa.qld.gov.au/publications?id=77>. Arquivo acessado em 08 de setembro de 2007

DOBROVOLSKI, R.L.; LAYDNER, C.P. (Coord.). **Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte**. Porto Alegre: estado do Rio Grande do Sul, Secretaria do Meio Ambiente, Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental - nº1, Porto Alegre, RS, Brasil, 2000, 90 p. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/>

ESTEVES, L. S.; TOLDO Jr., E. E.; DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J. Long and Short Term Coastal Erosion in Southern Brazil. In: International Coastal Symposium, 2002. Ireland, 2002, v.1, p. 273-282.

GOLDSMITH, V. Coastal dunes. In: Davis Jr., R.A. (Ed.), **Coastal Sedimentary Environments**. New York: Springer Verlag, 1978. 171-235 p.

GRUBER, N.L.S. et al. Diagnóstico e Plano Manejo de Dunas Frontais do Município de Xangri-lá, RS. Relatório Técnico. CECO/IG/UFRGS, 2007. 97 p.

HAASE, J.; STRINGUINI, M.H.; SILVA, M.L.B.C.; RODRIGUES, M.L.K.; KOCH, S.M.V. Qualidade das Águas Superficiais do Litoral Norte e Médio do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville. Disponível em http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/arq/VI_049-QAS_LN_LM_RS.pdf. Acessado em 4 Jun. 2006.

HESP, P.A. The Beach Backshore and Beyond. In: Short, A.D. (Ed.) **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Chichester: J. Wiley, 1999. 145-169 p.

HESP, P.A. **Coastal Sand Dunes: Form and Function**. CDVN Technical Bulletin N° 4. Massey University, 2002. 28 p.

HOEFEL, F.G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica**. Itajaí: Editora da Universidade do Vale do Itajaí, 1998. 92 p.

LETTAU, K.; LETTAU, H. Experimental and micrometeorological field studies of dune migration. In: LETTAU, K.; LETTAU, H. (Ed) **Exploring the World's Driest Climate**. IES Report 101. Madison: University of Wisconsin Press, WI, 1978. 110-147 p.

LIMA, S.F.; ALMEIDA, L.E.S.B; TOLDO JR., E.E. Estimate of longshore sediments transport from waves data to the Rio Grande do Sul coast. **Pesquisas**, v. 28, n. 2, p. 99-107, 2001.

MACEDO, S.S. Paisagem, modelos urbanísticos e as áreas habitacionais de primeira e segunda residência. **Paisagem & Ambiente**, São Paulo, n. 11, p. 131-202, 1998.

MANZOLLI, R.P. **Subsídios Técnicos para o Planejamento Ambiental do Município de Turuçu – RS**. 2007. Monografia (Graduação em Oceanologia). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2007.

MARTINS, L.R. **Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Publicação Especial da Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v.13, p. 1-102, 1967.

MMA/SQA. **Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada**. Brasília: MMA/SQA, 2002.78 p.

MMA. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008. Disponível em <http://www.mma.gov.br>. Acessado em 10 dez. 2011

MORAES, A.C.R. **Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Hucitec/Edusp. 1999.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. (2ª edição) Rio de Janeiro, IBGE, 1989. 421p.

PARISE, C.K.; CALLIARI, L.J.; KRUSCHE, N. Extreme Storm Surges in the South of Brazil: Atmospheric Conditions and Shore Erosion. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 75-188, 2009.

PACKHAM, J.R.; WILLIS, A.J. **Ecology of Dunes, salt marsh and shingle**. Editora Chapman & Hall, 1997, 333 p.

PEREIRA, F.C. **Dinâmica socioambiental do município de Arroio do Sal (RS): uma análise sobre os futuros condomínios horizontais**. Monografia (Graduação em Geografia: Bacharelado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 84. 2010.

PEREIRA, M. B.; FREDO, G. C.; PORTZ, L.; MANZOLLI, R.P.; MELO, C. F.; OLIVEIRA, G. A.; RIBEIRO, F. B.; OLIVEIRA, T. C. F.; CARMO, L. S.; PALERMO, V; GONZÁ, C; FERREIRA, W & CAMPOS, P. T. Projeto Argos. In: Semana Nacional de Oceanografia, 2006, Pontal do Sul, 2006.

PORTZ, L. **Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-Lá, Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Geociências), Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 128, 2008.

RIBEIRO, A.C.A. **Análise e Planejamento Ambiental do Sistema Hidrográfico Papicu / Maceió, Fortaleza-CE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente PRODEMA), Universidade do Ceará. Fortaleza. 2001.

ROSA, L.S.; CORDAZZO, C.V. Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da praia do Cassino (RS). **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 2, n. 2, p. 1-12, 2007.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: Teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SARRE, R.D. Aeolian sand transport. **Progress in Physical Geography**, v. 11, p. 157-182, 1987.

SHORT, A.D. Three Dimensional Beach-Stage Model. **Jour. Geology**. v. 87, p. 553-571, 1979.

SHORT, A.D.; HESP P.A. Wave Beach and Dune Interactions in Southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 48, p. 284, 1982.

SPERANSKI, N.S.; CALLIARI, L.J. Padrões de refração de ondas para a costa do Rio Grande do Sul e sua relação com a erosão costeira. In: **In: Muehe, D. (Org). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: MMA, 2006, 476 p.

Disponível em <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78&pag=1&>

STROHAECKER, T. M. **A urbanização no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental no município de Capão da Canoa**. Tese (Doutorado Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TABAJARA, L. L. C. A. Controle morfodinâmico na formação e desenvolvimento das dunas frontais no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ABEQUA, 10, 2005. Guarapari-ES.

TABAJARA, L.L.C.A.; DILLENBURG, S. R.; BARBOSA, E. Morphology, vegetation and sand fence influence on sand mobility of the foredune system of Atlântida Sul beach, Rio Grande do Sul, Brazil. **Especial Issue, Journal of Coastal Research**, v. 39. P. 616-621, 2004.

TAGLIANI, C.R.A. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. 2002. 252f. Tese (Doutorado Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TOLDO JR. E.E.; DILLENBURG, S.R.; ALMEIDA, L.E.S.B.; TABAJARA, L.L.; MARTINS, R.R.; CUNHA, L.O.B.P. Parâmetros morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. **Pesquisas**. v. 20, n. 1, p. 27-32, 1993.

TOLDO JR., E. E.; ALMEIDA, L. E. S.; BARROS, C. A. M. L. R. Retreat of the Rio Grande do Sul Coastal Zone, Brazil. In: MARTINS L. R.; SANTANA C. I. (Eds.). **Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999.

TOLDO JR., E.E.; NICOLODI, J. L.; ALMEIDA, L.E.S.B.; CORRÊA, I.C.S.; ESTEVES, L.S. Coastal Dunes and Shoreface Width as a Function of Longshore Transport. **Journal of Coastal Research**, Proceedings of the 8th International Coastal Symposium. 2004.

TOLDO, JR. E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B. A linha d' água como indicadora da posição da linha de praia. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário- Rio, 19 Recife, Anais..., ABEQUA, 1 CD-ROM. 2003.

TOLDO, JR. E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B.; NICOLODI, J.L. ABSALONSEN, L.; GRUBER, N.L.S. O Controle da Deriva Litorânea no Desenvolvimento do Campo de Dunas e da Antepraia no Litoral Médio do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, v. 33 n. 2, p. 35-42, 2006.

TOLDO, JR. E.E.; NICOLODI, J.L.; MARTINS, L.R. Erosão e acreção da zona costeira. In: **In: MUEHE, D. (Org). Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: MMA, 2006, 476 p. Disponível em <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78&pag=1&>

TOMAZELLI, L. J. O Regime de Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, v. 20, n. 1, p. 18-26, 1993.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Processos Erosivos na Costa do Rio Grande do Sul, Brasil: Evidências de uma Provável Tendência Contemporânea de Elevação do Nível Relativo do Mar. Resumos, 2 Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Rio de Janeiro, ABEQUA, p. 16. 1989.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Considerações Sobre o Ambiente Praial e a deriva litorânea de sedimentos ao Longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, v. 19, n. 1, p. 3-12, 1992.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.Á.; DILLENBURG, S.R.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 70, p. 221-229, 1998.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DILLENBURG, S.R.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. Erosão Costeira no Rio Grande do Sul, Anais, 34^o Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador. SBG. v. 4, p. 685-687, 1996.

TOZZI, H.A.M. **Influência das tempestades extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS: Campanha do outono e inverno de 1996**. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999.

VILLWOCK, J.A. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, v.16, n.5, p. 49, 1984.

WESCHENFELDER, J. **Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

WHITE, B.R. Soil transport by winds on Mars. **Journal of Geophysical Research**, v. 84, p. 4643-5651, 1987.

WRIGHT, L.D.; CHAPPELL, J.; THOM, B.G.; BRADSHAW, M.P.; COWELL, P. Morphodynamics of Reflective and Dissipative Beach and Inshore Systems: Southeastern Australia. **Marine Geology**, v. 32, p. 105-140. 1979.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis. **Marine Geology**, v. 56, p. 93-118. 1984.

Capítulo 6

Apresentação dos Artigos

GESTÃO COSTEIRA

Esta subdivisão é composta por 2 artigos envolvendo a temática da gestão costeira.

1. Ferramentas de gestão ambiental aplicadas na zona costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.
Revista da Gestão Costeira Integrada. 11(04): 459-470 (2011).
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., CORRÊA, I. C. S.
2. Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento.
Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR). 22: 153-166 (2010).
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., GRUBER, N. S., CORRÊA, I. C. S.

Ferramentas de Gestão Ambiental Aplicadas na Zona Costeira do
Rio Grande do Sul, Brasil *
*Tools for Environmental Management Applied to the Coastal Zone of
Rio Grande do Sul, Brazil*

L. Portz^{@,1}, R.P. Manzolli¹ & I.C.S. Corrêa²

ABSTRACT

Although the legal basis for the occupation and conservation of the coastal environment are already established, the economic interests added to the pressure by its occupation and use still generate conflicts with its ecological and socio-cultural functions. To mediate these conflicts in Brazil some tools were created, such as the “Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro” (Plan for Coastal Management) (PNGC), which is an initiative of the government to respond adequately to the demands and problems relating to the coastal area: this plan aims at making the zoning of uses and activities and give priority to the conservation and protection of renewable or nonrenewable natural resources; the “Zoneamento Ecológico Econômico” (Ecological-Economic Planning) (ZEE), which is a legal instrument for the land use diagnosis, ensuring environmental quality for water and soil, and also biodiversity conservation; the “Projeto Orla” (project for the seashore), that contributes to the implementation of general guidelines for disciplining the use and occupation of the seashore and, therefore, seeks to reduce the negative effects of the increasing use and destruction in this area; the “Plano de Manejo de Dunas” (Dune Management Plan), which is a plan to control the uses and appropriation of the dunes area, and it also aims at controlling the degradation and the recovery of the morphology and its natural vegetation; and the “Cartas SAO” (Oil Spill Sensitivity Maps), that constitutes the primary source of information for delineating response actions in case of oil spills, once it identifies environments with priority of preservation for directing the available resources more efficiently and mobilizing teams for protection and cleaning. This paper includes an assessment of the status and prospects of using these managing tools in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The existence of these tools helps to manage and, along with the establishment of the legal basis, it contributes to policies for conservation and environmental sustainability. Although it is generally agreed that the perspectives provided by the Federal Law N. 7.661/1988 and Federal Decree N .5.300/2004 should be implemented, the practice has shown some problems in putting these and other instruments into practice. These problems are related to the operational management system and lack of clear standards directed for land use and environmental control. In addition, there is a lack of involvement and responsibility by municipalities in the process of the Integrated Management for the Coastal Zone. Thus, the focus of the environmental agency, responsible for the PNGC and ZEE activities, is in recovery and rehabilitation of degraded or disfigured areas. This focus leaves aside planning activities in regions not

@ - Autor correspondente: luanaportz@gmail.com

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Avenida Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91509-900. Porto Alegre, RS, Brasil.

2 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Avenida Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91509-900. Porto Alegre, RS, Brasil.

well development yet (South and Middle Coast). These regions could have a concentrated effort in planning, avoiding in the future conflicts present today in the North Coast. Considering what was just said, in a sustainable scenario, it is likely that the same will not occur in new areas occupied by tourists in the South Coast and Middle Coast. Until now, Rio Grande do Sul municipalities have failed to put into practice management tools. This occurs mainly for three reasons: lack of financial resources to expropriate ecological interest areas; lack of development projects for the preservation and restoration of degraded or threatened areas; and also not hiring inspectors required for control activities. These problems could be minimized through partnerships between the municipalities and the Federal Government or between the municipalities and private companies, thus facilitating the raising of funds. One example is the maintenance and restoration of coastal dunes, which is the municipalities' responsibility, unlike in other places, such as Nova Jersey-USA), where the population has a great role in this process.

Despite the diversity of tools available to managers, in Rio Grande do Sul there is a lack of their implementation, and today they are focusing either only on one region, such as the ZEE, or on theoretical projects, such as the Dune Management Plan, in which many municipalities took part in the formulation, however, few are putting it into practice.

Keywords: PNGC, Orla Project, ZEE, Dune Management, Oil Spill Sensitivity Maps.

RESUMO

Apesar das bases legais para a ocupação e conservação do ambiente costeiro já estarem estabelecidas, os interesses econômicos somados à pressão pela ocupação e uso, ainda geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais. Para intermediar estes conflitos foram criados diversos instrumentos como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), o Projeto Orla, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o Plano de Manejo de Dunas, as Cartas de Sensibilidade ao Derrame de Óleo, entre outros, que auxiliam no planejamento do município num período de médio a longo prazo. Este trabalho consta de uma avaliação do estado e das perspectivas da utilização destes instrumentos de gestão no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A implementação destes instrumentos no Estado tem avançado lentamente, sendo que o foco do órgão ambiental responsável pelas atividades do PNGC e do ZEE encontra-se na recuperação e na reabilitação das áreas degradadas ou descaracterizadas, porém deixando de lado o ordenamento das atividades nas regiões ainda pouco desenvolvidas (litoral médio e sul). Estas regiões onde o estágio de urbanização ainda se encontra em fase inicial poderiam ter um esforço concentrado no planejamento, evitando, no futuro, os conflitos hoje presentes no litoral norte. Em nível municipal, estes ainda não conseguiram colocar em prática os instrumentos de gestão, principalmente por falta de recursos para desapropriar áreas de interesse ecológico, para desenvolver projetos de preservação e recuperação de áreas degradadas ou ameaçadas, além da contratação de fiscais necessários para o controle das atividades. Estes problemas poderiam ser minimizados por meio de convênios entre os municípios e o Governo Federal ou ainda entre empresas privadas, facilitando desta forma a captação de recursos.

Palavras chaves: PNGC, Projeto Orla, ZEE, Manejo de Dunas, Cartas SAO.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a zona costeira é definida pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (Lei n.º 7.661/88, Decreto n.º 5.300/04) como sendo o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre com os seguintes limites: I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial; II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.

Estes municípios serão os: I - defrontantes com o mar, assim definidos em listagem estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; II - não defrontantes com o mar, localizados nas regiões metropolitanas litorâneas; III - não defrontantes com o mar, contíguos às capitais e às grandes cidades litorâneas, que apresentem conurbação; IV - não defrontantes com o mar, distantes até cinquenta quilômetros da linha da costa, que contemplem, em seu território, atividades ou infra-estruturas de grande impacto ambiental na zona costeira ou ecossistemas costeiros de alta relevância; V - estuarino-lagunares, mesmo que não diretamente defrontantes com o mar; VI - não defrontantes com o mar, mas que tenham todos os seus limites com municípios referidos nos itens de I a V e VII - desmembrados

daqueles já inseridos na zona costeira.

Com esta definição, a zona costeira brasileira estende-se por mais de 10.800 Km, quando considerados os recortes e as reentrâncias naturais da costa e possui uma área de aproximadamente 514 mil km² (Zamboni & Nicolodi, 2008).

Inserida na zona costeira a orla marítima pode ser definida como uma unidade geográfica delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar. Esse ambiente caracteriza-se pelo equilíbrio morfodinâmico, no qual interagem fenômenos terrestres e marinhos, sendo os processos geológicos e oceanográficos os elementos básicos de conformação dos principais tipos de orla, como: costas rochosas; falésias; praias arenosas; praias de seixos; planícies lamosas; manguezais e formações recifais. A estes fatores se associam condicionantes geográficos como o clima, a orografia e a hidrografia (Freire, 2002).

Os limites da orla marítima são, na zona marítima, a isóbata de dez metros, ou seja, a profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos; e terrestre, a cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias,

costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.

A ocupação da zona costeira no Brasil vem se intensificando nas últimas décadas, decorrente de três vetores prioritários de desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (Moraes, 1999). Além desses vetores destacam-se, também, as migrações intra-regionais, a reestruturação produtiva e as emancipações municipais com a inserção de novos contingentes populacionais, de usos e atividades nos municípios litorâneos. A contextualização desses processos é essencial para o entendimento da dinâmica socioespacial da zona costeira brasileira na atualidade.

Em nível nacional, a urbanização, advinda das atividades turísticas e de veraneio, nas áreas litorâneas, vem se caracterizando pela forte segregação socioespacial entre os setores residenciais da população sazonal e da população permanente. As localizações privilegiadas junto à orla são destinadas aos veranistas e turistas, por meio de loteamentos para fins de segunda residência, hotéis e, mais recentemente, condomínios verticais e horizontais (Macedo, 1998).

O Rio Grande do Sul acompanhou a tendência nacional de urbanização de seu território, sendo a configuração territorial, produto das formações socioeconômicas que se constituíram ao longo do tempo, caracterizadas pela diversidade cultural e pelas desigualdades regionais (Strohaecker, 2007).

Apesar das bases legais para a ocupação e conservação deste ambiente já estarem estabelecidas, os interesses econômicos somados à pressão pela ocupação e uso, ainda geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais. Para intermediar estes conflitos se fazem necessários estudos interdisciplinares e a elaboração de documentos, como os planos de manejo integrados, o Zoneamento Ecológico Econômico, as Cartas de Sensibilidade ao Óleo, entre outros, que auxiliam no planejamento do município de médio e longo prazo.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo elucidar o panorama da utilização destes instrumentos pelos gestores no Estado do Rio Grande do Sul.

2. ÁREA DE ESTUDO

A costa do Rio Grande do Sul desde Torres, ao norte, até a desembocadura do Arroio Chuí, ao sul, é constituída por uma ampla planície costeira com cerca de 620 km de comprimento e até 120 km de largura, onde um sistema de barreiras arenosas aprisiona um gigantesco sistema lagunar (complexo lagunar Patos-Mirim), e uma série de outros corpos de água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos (Villwock, 1994). A atual linha de costa da planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta uma orientação geral Nordeste-Sudoeste com praias arenosas.

Atualmente a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS) subdivide a zona costeira do estado em 3 áreas distintas, litoral sul, litoral médio e litoral norte (Fig. 1). O litoral sul abriga um dos mais relevantes ecossistemas naturais do Estado, onde os banhados e as áreas úmidas associadas às lagoas e cursos d'água constituem aspecto dominante na paisagem. Esta região

sofre o impacto do uso abusivo da agricultura e pecuária, em virtude da sua formação geológica recente, cuja vegetação se encontra ancorada em uma tênue camada de solo arenoso, apresentando também áreas de silvicultura, com espécies exóticas. O turismo voltado para recreação, entretenimento ou descanso em praias neste trecho do litoral se concentra no balneário Cassino, atraindo uma parcela muito grande da população da metade sul do Estado.

O litoral médio compreende áreas do entorno da Lagoa dos Patos, verificando-se importantes diferenças ambientais e socioeconômicas entre a porção a leste e a porção a oeste da laguna. A porção leste é formada por uma extensa barreira arenosa que separa a laguna do oceano. Esta barreira arenosa comporta ecossistemas marinhos e lagunares. As atividades econômicas nesta região são incipientes, mas localmente importante, sendo a agropecuária e a silvicultura as principais geradoras de renda. Nesta porção do litoral do RS o turismo ainda é pouco explorado, mas as atividades de veraneio são a principal atividade de lazer para a comunidade local.

A porção oeste do litoral médio compreende municípios com praias de água doce da Lagoa dos Patos. Existe uma grande heterogeneidade espacial neste trecho, apresentando matas nativas bem preservadas, banhados de água doce permanentes, lagoas interiores, dunas e marismas. A ocupação humana está em ampla expansão, com atividades econômicas voltadas a agricultura, a pecuária e a silvicultura. Já o turismo e o veraneio são atividades econômicas de pequena representatividade, mas que também se encontram em expansão.

O litoral norte compreende uma faixa arenosa, relativamente estreita, que separa o mar da serra geral. Tendo sua economia preponderantemente associada às atividades turísticas e de veraneio, esta região apresenta um elevado grau de urbanização e também é nesta região que estão localizados os quatro municípios com maior taxa de crescimento do Estado.

3. GERCO e PNGC

O Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO) e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) são iniciativas do Governo Brasileiro para responder adequadamente às demandas e problemas referentes à zona costeira, a partir de propostas onde o ordenamento territorial e o disciplinamento de usos do solo aparecem como eixo articulador das ações desenvolvidas localmente.

O PNGC foi constituído pela Lei n.º 7.661, de 16 de maio de 1988, cujo detalhamento e operacionalização foram objeto da Resolução n.º 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21 de novembro de 1990, aprovada após audiência do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Este plano foi criado para realizar o zoneamento de usos e atividades na zona costeira e dar prioridade à conservação e proteção dos recursos naturais renováveis e não renováveis.

O PNGC tem sido implementado pelo GERCO, e tem como objetivo preponderante planejar e gerenciar, de forma integrada, descentralizada e participativa, as atividades socioeconômicas na zona costeira, de forma a garantir sua

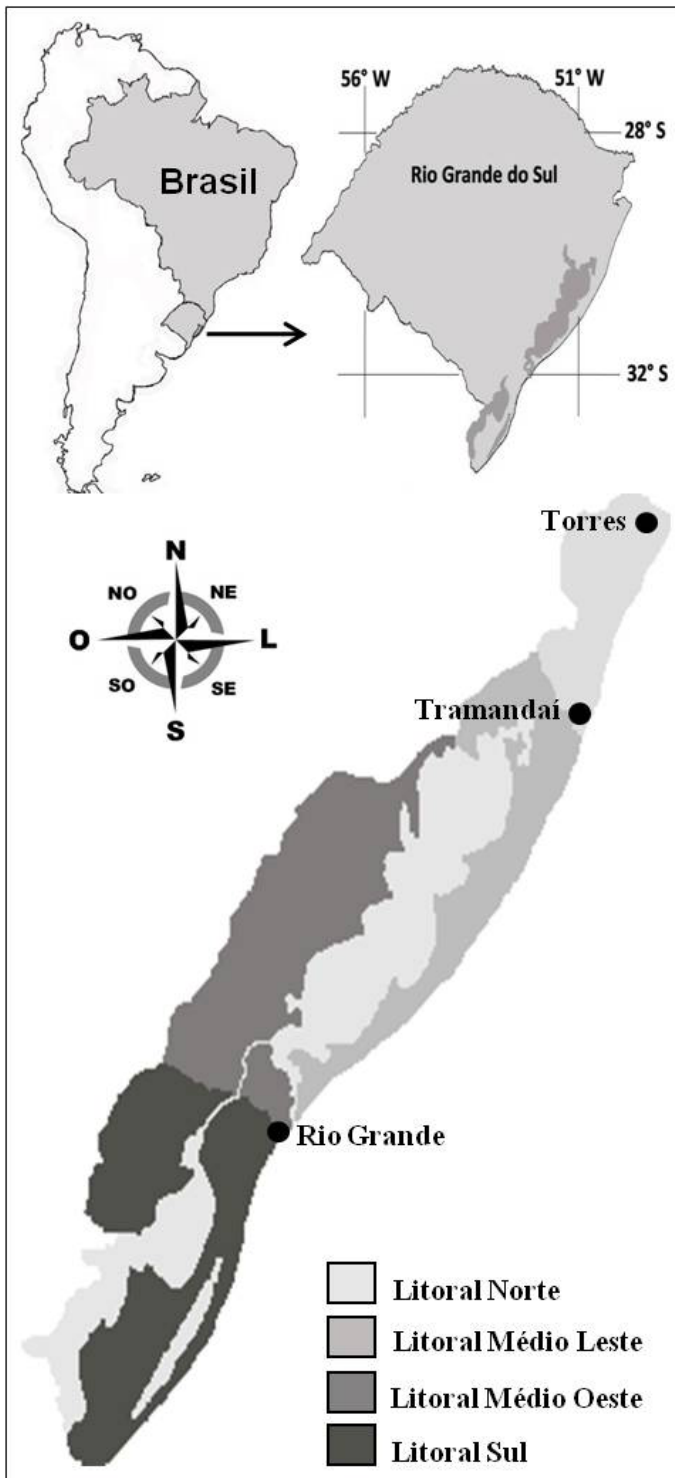


Figura 1. Mapa da área de estudo, com a divisão da zona costeira do Rio Grande do Sul em 4 regiões.

Figure 1. Study area map, with the Rio Grande do Sul coastal zone division in four regions.

utilização sustentável, por meio de medidas de controle, proteção, preservação e recuperação dos recursos naturais e ecossistemas costeiros.

A primeira versão do PNGC (PNGC I) foi instituída por meio da Resolução CIRM n.º 01 de 1990, nessa fase inicial, o processo de implementação restringiu-se à

elaboração de material cartográfico (Polette *et al.*, 2006). Tentou-se combinar critérios naturais com critérios métricos absolutos, chegando a uma definição que propunha medidas quantitativas fixas na delimitação da zona costeira. Tal proposta, ao passar pela aplicação prática, revelou-se problemática e de difícil operacionalização, devido à extensa e diversificada costa brasileira (Freire, 2002).

No período entre 1991 e 1997, o PNGC I foi reestruturado e reformulado, sendo aprovado o segundo PNGC (PNGC II). Foram reavaliados todos os entraves de cunho metodológico, operacional e institucional (Moraes, 1999). Os avanços mais importantes concentraram-se na elaboração dos zoneamentos costeiros, no treinamento das equipes dos órgãos ambientais estaduais, na criação de parcerias e convênios para o desenvolvimento de ações conjuntas em nível intergovernamental, na criação de fóruns interinstitucionais de discussão e formulação de ações de planejamento costeiro, a exemplo da Câmara Técnica de Gerenciamento Costeiro no âmbito do CONAMA (Polette *et al.*, 2006).

O PNGC II fortaleceu o conceito de gestão, e além dos instrumentos de gerenciamento ambiental, previstos no Art. 9º da Lei n.º 6938/1981, foram criados os seguintes instrumentos de gestão: Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC; Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC); Sistema de Informações de Gerenciamento Costeiro (SIGERCO); Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA-ZC); Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC); Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) e Plano de Gestão da Zona Costeira (PGZC).

Além disso, esse novo plano inovou ao acentuar as responsabilidades dos setores federais e municipais, em parceria com a sociedade civil organizada, na condução dos planos em nível estadual. Tem-se nesta estrutura de funcionamento do Programa o Ministério do Meio Ambiente como coordenador e os 17 Estados litorâneos como executores, os quais buscam integrar suas ações com os municípios.

Em dezembro de 2004 a Lei n.º 7661/88 foi regulamentada pelo Decreto Federal n.º 5.300, estipulando maiores normas para o uso e ocupação da zona costeira e estabelecendo critérios de gestão da orla marítima, além de instituir o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima - Projeto Orla.

3.1 Gerenciamento Costeiro no Rio Grande do Sul

Com mais de 20 anos de estabelecimento da Lei n.º 7661/88, a institucionalização do Gerenciamento Costeiro no Brasil ainda caminha lentamente. Apenas 8 dos 17 Estados costeiros, apresentam órgãos específicos para tratar deste assunto e 9 Estados possuem um plano de gerenciamento costeiro (Jablonski & Filet, 2008).

O Estado do Rio Grande do Sul iniciou seu Programa de Gerenciamento Costeiro, em 1988 e desde então, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) é a executora estadual do programa, tendo seu foco na recuperação e reabilitação das áreas degradadas ou descaracterizadas.

Um passo importante para o Gerenciamento Costeiro no Estado foi dado pela FEPAM, que, em 2001, iniciou um processo de gestão ambiental da faixa de praia do litoral norte, tendo como base de discussão um diagnóstico realizado em setembro do mesmo ano e que apontou a situação atual da orla de dez municípios litorâneos, que compõem este trecho do litoral, quanto a sua utilização por quiosques e outros estabelecimentos comerciais. A partir dos problemas detectados e da necessidade do equacionamento destes foram realizadas reuniões com representantes do poder público municipal, Ministério Público Estadual e Patrulha Ambiental da Brigada Militar onde foram estabelecidos os elementos mínimos que integram o Plano Municipal de Uso da Faixa de Praia, os prazos para o seu atendimento e os critérios ambientais estabelecidos pela FEPAM (Anele *et al.*, 2007).

A perspectiva de concretização das melhorias ambientais propostas nos planos, tais como diminuição da contaminação por efluentes de águas servidas, padronização das construções e possibilidade de uma fiscalização mais efetiva, permite concluir que houve uma importante contribuição para a melhoria da qualidade ambiental da orla marítima, legitimada pelo envolvimento da comunidade e pelo comprometimento do poder público municipal, em articulação com o órgão ambiental estadual.

Por outro lado, desde a implantação do programa, houve um enfoque voltado apenas para o litoral norte, sendo que a continuação do programa no Estado necessita urgentemente de implementação de ações de gestão no litoral médio e no litoral sul, áreas de grande importância ambiental, com presença de uma grande diversidade biológica e com ecossistemas de importância a nível mundial como o Parque Nacional da Lagoa do Peixe e da Estação Ecológica do Banhado do Taim. Estas áreas, apesar de protegidas legalmente, vêm sofrendo pressões de ocupação e exploração crescentes, principalmente, por meio do aumento e dispersão de espécies exóticas (ex: *Pinus sp.*) e de lavouras de arroz. Com a conclusão da pavimentação da BR 101, ao longo do litoral médio leste, estes problemas tenderão a aumentar, considerando-se as facilidades de escoamento dos produtos gerados.

4. PROJETO ORLA

O Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla), coordenado em conjunto pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental (MMA/SMQA) e pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, por meio da Secretaria do Patrimônio da União (MP/SPU), visa contribuir para a aplicação de diretrizes gerais de disciplinamento de uso e ocupação de um espaço que constitui a sustentação natural e econômica da zona costeira, a Orla Marítima (Zamboni & Vilanova, 2002).

Este projeto é considerado uma atuação do Plano de Ação Federal para a zona costeira (PAF), por meio do Programa de Uso da Terra, tendo como grande desafio a diversidade de ambientes e conflitos nos mais de 8.500 km de extensão da faixa de praia brasileira.

Os seus objetivos estão baseados nas seguintes diretrizes: 1) fortalecimento da capacidade de atuação e articulação de diferentes atores do setor público e privado na gestão integrada da orla, aperfeiçoando o arcabouço normativo para o ordenamento de uso e ocupação desse espaço; 2) desenvolvimento de mecanismos de participação e controle social para sua gestão integrada; 3) valorização de ações inovadoras de gestão voltadas ao uso sustentável dos recursos naturais e da ocupação dos espaços litorâneos.

Desta forma, este projeto busca minimizar os efeitos negativos do crescente uso e da ocupação desordenada da orla marinha, em decorrência da fragilidade dos ecossistemas presentes e da sua função ecológica, econômica e social.

Para a formulação deste projeto foram observados os meios legais, no que diz respeito às políticas ambiental e patrimonial brasileira.

Em 2002, o Ministério do Meio Ambiente lançou uma coleção de livros com os fundamentos do projeto (Freire, 2002), o manual de gestão (Zamboni & Vilanova, 2002) e os subsídios para uma gestão integrada (MMA/MPO, 2004). Esta coleção tornou-se um guia para os gestores e uma importante fonte de consulta.

O Projeto Orla foi estruturado em 3 etapas. A primeira consiste na construção dos procedimentos técnicos para a gestão descentralizada, construindo a base conceitual e metodológica, que depois de validadas, em 5 estudos de caso, foram publicadas na coleção de livros citada acima.

A segunda etapa foi a capacitação dos gestores locais, para a concepção de um plano de intervenção realizado por meio da articulação e parceria entre o governo e a sociedade. Este plano consta de um diagnóstico ambiental e socioeconômico com a classificação da orla e a elaboração de cenários de usos desejados; uma proposta de ação com identificação e caracterização dos conflitos, dos problemas relacionados a cada conflito e com as ações e medidas estratégicas; e as estratégias de implantação do plano e de acompanhamento e avaliação. Esta etapa é desenvolvida por meio de oficinas que incluem representantes do Estado e das prefeituras, segmentos da sociedade que possuem interesse no projeto, como o setor hoteleiro, imobiliário, portuário, entre outros.

A última etapa consiste na celebração de um Convênio de Cooperação Técnica entre a União e os municípios, estruturando o compartilhamento das atribuições e ações de cada um na gestão da orla.

Desde sua implantação, em 2001, o programa capacitou 58 municípios, em 14 Estados, incluindo o Rio Grande do Sul, sendo que 26 deles já assinaram convênios com a Secretaria do Patrimônio da União e Ministério do Meio Ambiente, visando o compartilhamento na gestão e aproximação das Políticas Ambientais e Patrimoniais, com desdobramento junto aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (Oemas) e às Gerências Regionais do Patrimônio da União (GRPUs).

A análise do conjunto das ações priorizadas pelos municípios participantes do Projeto Orla em seus respectivos planos de gestão permitiu identificar as principais demandas destacando-se os seguintes temas: projetos de urbanização, definição de acessos a praia e construção de passarelas elevadas; saneamento ambiental; elaboração ou revisão do plano diretor e seus instrumentos complementares; capacitação e fortalecimento comunitário; manejo de

ecossistemas costeiros; ordenamento de atividades associadas à pesca e maricultura; controle e prevenção de erosão e ações para o ecoturismo.

4.1 Projeto Orla no Rio Grande do Sul

No Rio Grande do Sul, o Projeto Orla, teve sua primeira ação em 2003, quando a FEPAM e a METROPLAN (Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional) desenvolveram a 1ª Oficina de Capacitação do Projeto Orla no Rio Grande do Sul, com participação de representantes de órgãos nacionais, estaduais e municipais, além da sociedade civil organizada, como membros dos setores hoteleiro e comercial, associações de moradores, clubes e ONGs. O evento foi um marco para o início das ações do projeto no Estado, e nesta época foram desenvolvidos os Planos de Gestão Integrada (PGIs) de Capão da Canoa, Arroio do Sal, Rio Grande e Torres, durante os anos de 2004 e 2005.

Entre 2005 e 2009 os municípios do litoral desenvolveram ações individuais de gestão urbana e ambiental, e algumas destas experiências foram relatadas na 1ª Oficina Estadual de Mobilização do Projeto Orla no Estado. Esta oficina, realizada nos dias 05 e 06 de outubro de 2009 pela Superintendência do Patrimônio da União no Rio Grande do Sul, contou com a presença de representantes de prefeituras dos municípios e de membros de órgãos estaduais de planejamento urbano e ambiental. O objetivo do evento foi retomar as ações do Projeto Orla no Estado, com participação da União, do Estado e dos municípios, buscando reativar as redes institucionais e estruturar um canal de comunicação permanente entre os atores governamentais e sociais envolvidos com a gestão da orla, a fim de estabelecer um perfil de continuidade para o Projeto Orla.

O evento apresentou resultados positivos, como a criação e reconstrução de redes de comunicação entre as prefeituras, órgãos estaduais e a União, além do interesse dos representantes das prefeituras presentes em participar de um projeto mais amplo de gestão da orla. Por outro lado, identificou-se a presença ainda tímida das prefeituras na oficina, com um retorno de público aquém do esperado. Contudo, o trabalho exige um empenho no sentido de fortalecer os vínculos institucionais, conferindo embasamento estatal para os municípios interessados em desenvolver o projeto, buscando posteriormente a multiplicação de ações e de canais de diálogo entre as instituições estaduais e federais e a municipalidade (SPU, 2010).

Atualmente, nenhum município do litoral do Rio Grande do Sul assinou o convênio com a Secretaria do Patrimônio da União e o Ministério do Meio Ambiente. É possível observar que o poder público municipal está se eximindo de sua fundamental responsabilidade de definir regras e interferir no tecido urbano, seja pela falta de profissionais qualificados no seu quadro de funcionários, seja pela falta de estímulos, inclusive financeiros.

5. ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO (ZEE)

Inicialmente encontramos referências legislativas ao Zoneamento Ambiental tanto no Código Florestal, que

disciplina as reservas de floresta legal na Amazônia, quanto na Política Nacional do Meio Ambiente, Lei Federal n.º 6.938/81, que em seu art. 9º, II, o coloca na condição de um de seus instrumentos de política ambiental ao lado de muitos outros, como o licenciamento ambiental. Sendo que, este termo leva em consideração apenas o aspecto preservacionista, referentes ao meio ambiente.

Com a regulamentação do Art. 9º, pelo Decreto n.º 4.297/2002, o Zoneamento Ambiental alargou seu campo de atuação recebendo a denominação de Zoneamento Ecológico Econômico.

Dentro da Política Nacional de Meio Ambiente, o ZEE é um instrumento legal de diagnóstico do uso do território. Visando assegurar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, o ZEE gera subsídios para o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

O zoneamento consiste em um dos mais importantes instrumentos de gestão ambiental do governo brasileiro voltado para o planejamento do desenvolvimento territorial em bases sustentáveis. Segundo suas diretrizes metodológicas a sustentabilidade é a premissa básica para identificar potencialidades e limitações ecológicas, econômicas e sociais, e, portanto, esse conceito serve de pressuposto para todas as etapas do zoneamento (Pires, 2006).

O resultado final deste instrumento dividirá o território em zonas, de acordo com as necessidades de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais, observando o meio ambiente, a socioeconomia e os marcos jurídicos, definindo as potencialidades econômicas, fragilidades ecológicas e as tendências de ocupação, incluindo também as condições de vida da população. Essas informações reunidas irão compor cenários com diretrizes para a tomada de decisões e investimentos.

O ZEE existe há cerca de 20 anos no país em nível federal, sendo um Programa do Plano Plurianual (PPA), de caráter multisetorial e descentralizado, gerenciado pelo Ministério do Meio Ambiente e com executores federais, estaduais e municipais.

Voltado especificamente para a região costeira existe o Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro (ZEEC) que apesar das semelhanças em termos de finalidade e metodologia, são instrumentos provenientes de dois programas governamentais distintos. O ZEE é um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), enquanto que o ZEEC é um instrumento do PNGC, coordenado pelo GERCO. De acordo com o Decreto n.º 5.300/04, o ZEEC orienta o processo de ordenamento territorial, necessário para a obtenção das condições de sustentabilidade da zona costeira, em consonância com as diretrizes do Zoneamento Ecológico-Econômico do território nacional.

Para orientar a formulação do ZEEC, o Decreto n.º 5.300/04 possui como anexo um quadro orientador, este divide a zona costeira em 5 classes, que vai da zona 1, que são zonas que “mantém os ecossistemas primitivos em pleno equilíbrio ambiental” até a zona 5, definida como “zonas que apresentam a maior parte dos componentes dos ecossistemas primitivos degradada ou suprimida”.

Até a sua finalização os ZEEs passam por diversas esferas, recebendo apoio nas diferentes etapas de seu

desenvolvimento, as quais vão da elaboração por seus idealizadores, discussão com a sociedade em audiências públicas até a aprovação pelos órgãos competentes, como Assembléias Legislativas e comissões coordenadoras do ZEE. Nesta etapa o zoneamento pode ou não ser transformado em um instrumento normativo, como uma lei estadual ou municipal, ou ainda pode tornar-se documento meramente propositivo e orientador de políticas públicas, como planos de ação governamental, definidores de usos prioritários no território.

Em termos de implementação, este se encontra totalmente elaborado e regulamentado em apenas cinco Estados, sendo que o Rio Grande do Sul não se encontra entre estes, e na maioria dos demais Estados, os zoneamentos já foram elaborados, porém ainda não estão regulamentados por motivos diversos (Souza, 2009).

Espera-se que o ZEE, como instrumento de gestão que se propõe não só a levantar o conhecimento científico disponível das condições físicas e socioeconômicas e também a estabelecer a participação sistemática dos agentes sociais, atue na negociação e no ajuste entre as diversas visões locais sobre o desenvolvimento sustentável. Ou seja, poderá ser a principal alavanca do tão falado desenvolvimento local (Veiga, 2001).

De outro lado, críticas ao Zoneamento dizem respeito à dificuldade de determinar a vocação de cada região respeitando diferentes grupos de interesse, num processo que em geral custa caro e leva tempo para ser construído. Outro fator que dificulta o processo são os interesses pessoais, evidenciados nas consultas públicas (audiências públicas).

Todo este procedimento se dá pela obrigatoriedade de se seguir o ZEE na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, tendo desta maneira seu alcance superestimado.

Por fim, estas críticas não limitam a pretensão de abrangência dessa ferramenta ambiental, importantíssima para assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, e desta maneira garantir o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

5.1 ZEEC no Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, a FEPAM vem desenvolvendo o programa de ZEEC apenas para o litoral norte, área que abrange os municípios de Torres a Pinhal, sendo os resultados incluídos na publicação "Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul" (Dobrovolski & Laydner, 2000).

As diretrizes apresentadas neste documento são o resultado de mais de uma década de estudos técnicos e debates públicos sobre o gerenciamento costeiro no litoral norte do Rio Grande do Sul. Esses trabalhos foram conduzidos pela equipe técnica do Programa de Gerenciamento Costeiro da FEPAM (GERCO/RS). A escolha do litoral norte para início dos trabalhos deveu-se à intensidade de sua ocupação e, portanto, à transformação de seus ambientes.

As macrodiretrizes estabelecidas no Zoneamento Ecológico-Econômico reconhecem que a manutenção da

qualidade ambiental da região é também um elemento estratégico para o seu desenvolvimento socioeconômico a longo prazo.

Considerando-se que o ZEEC expressa às diretrizes regionais de uso dos recursos naturais, a aplicação dessas diretrizes em nível municipal deve passar por uma interpretação de caráter local. Para atender esse objetivo propõe-se que cada município, de posse das restrições e potencialidades estabelecidas no ZEEC regional, busque identificar em seu território as restrições e potencialidades locais, demarcando-as e determinando as subzonas sobre as quais deverão ser definidos os usos permitidos e proibidos. Esses usos deverão refletir o cenário que se espera para a região, bem como o tipo de ocupação adequada para suas condições ambientais locais.

O processo de elaboração do ZEEC ocupou duas fases distintas: a primeira, de produção de dados e formulação de uma proposta técnica, e a segunda, composta pelas discussões públicas com a sociedade.

O produto técnico da primeira fase, iniciada em 1988, obedeceu a uma metodologia proposta pela coordenação nacional do projeto GERCO, e para sua elaboração foram produzidas 13 cartas temáticas da região que permitiram uma visão integrada da área. A proposta final para o litoral norte considerou as expectativas da comunidade local que foi ouvida durante os anos de 1997 e 1998.

A implementação das diretrizes do ZEEC somente será possível por meio de ampla mobilização social e da cooperação entre governo estadual e governos municipais. Entretanto, o papel dos municípios, por meio de intervenções diretas ou por meio da mobilização de suas comunidades, é sem dúvida central. Porém estas intervenções não estão sendo colocadas em práticas e não se observa articulações por parte das comunidades.

Por fim, mesmo sendo o ZEEC no litoral norte vinculado ao GERCO, a FEPAM o define como ZEE.

6. PLANO DE MANEJO DE DUNAS

As dunas costeiras e a vegetação natural são partes essenciais das praias arenosas. Elas ajudam a preservar as características do ambiente costeiro, protegendo-o contra a ação de ressacas e ondas de tempestades.

Devido à grande atração que as pessoas sentem em relação ao mar, o desenvolvimento urbano nos municípios litorâneos acaba por se dar o mais próximo possível da praia, alterando sua estrutura original.

Esta prática gera um processo de degradação, reportada em diversos artigos, sendo alguns destes problemas: extração de areia das dunas usada como aterro na construção civil (Hesp, 2002); ação de pastagem pelo gado sobre a gramínea *Panicum racemosum* (principal espécie formadora e fixadora de dunas) (Rosa & Cordazzo, 2007), este impacto tem reduzido a capacidade de retenção de areia nas dunas frontais do sul do Brasil, permitindo assim, que grande parte da areia migre para áreas anteriormente estabilizadas; utilização das dunas como locais para plantações de espécies exóticas, como por exemplo, *Pinus elliottii* e *Eucalyptus sp.* na costa sul do Brasil (Cordazzo *et al.*, 2006), as quais diminuem os recursos de nutrientes do substrato, aumentam a acidificação

do solo, além de alterar o equilíbrio hídrico do ambiente; e a introdução acidental de espécies exóticas (resultantes da limpeza de jardins, deposição de lixo orgânico, etc) ou intencional (usadas em programas de fixação e estabilização de areia), tais como *Carpobrotus chilensis*, tem resultado na formação de comunidades vegetais totalmente diferentes das originais (Portz, 2008).

Os efeitos da dinâmica natural, combinados com as perturbações antrópicas, podem levar a uma desestabilização da integridade do ambiente costeiro, induzindo a mudanças profundas das unidades fisiográficas, quase sempre com uma significativa redução na biodiversidade.

Neste sentido, os interesses econômicos e a pressão pelo uso e ocupação do ambiente de dunas geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais, sendo necessário, para garantir a sustentação e a harmonia destes interesses de forma simultânea, ações de planejamento e gestão de modo a reduzir estes conflitos. Entre estas, a implementação de programas de manejo de dunas torna-se uma importante ferramenta para a conservação deste ambiente, já que neste tipo de planejamento se prevêem os possíveis usos do ambiente nas diferentes esferas, em um longo período de tempo.

O plano ao controlar as formas de utilização e apropriação do espaço de dunas, além de controlar a degradação da vegetação, destaca as implicações do Código Florestal Brasileiro (Artigo 3º) que considera este ambiente como área de preservação permanente.

6.1 Plano de manejo de dunas no Rio Grande do Sul

No Rio Grande do Sul, os planos de manejo devem seguir as orientações estabelecidas pela FEPAM, por meio do Of. Circular FEPAM/PRES/12-04, sendo alvo de licenciamento ambiental. Este é um procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, neste caso estadual, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental.

Dentre os municípios que apresentam atividades de preservação e recuperação do sistema de dunas, o balneário Cassino, localizado no município de Rio Grande, denota as datas mais antigas. Em 1986, o NEMA (Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental) iniciou os trabalhos de recuperação do sistema de dunas, desenvolvendo um plano-piloto em uma área de 800 m².

Neste local, o cordão de dunas havia sido suprimido por meio da atividade de extração de areia, e com o uso de galhação (material oriundo das podas de árvores) após um ano, foram obtidos resultados positivos com o acúmulo de areia e a recuperação do cordão frontal (Fig. 2). Desde 1989, as atividades contam com o apoio contínuo da prefeitura municipal de Rio Grande, por meio da Autarquia do Balneário Cassino e da Secretaria Municipal de Pesca, Agricultura e Meio Ambiente.

Nos demais municípios os planos de manejo só se iniciaram a partir de 2004 com a publicação do ofício circular. Com a publicação deste, o órgão ambiental não mais analisará intervenções isoladas para atividades no ambiente de dunas,



Figura 2. Fotografias da praia do Cassino, Rio Grande, RS. Na fotografia de 1996 pode ser observada a área sem presença de dunas. Em 2003 esta mesma área com projeto de recuperação das dunas já em andamento, com o restabelecimento da topografia e da vegetação.

Fotografia do portal do NEMA (<http://www.nema-rs.org.br>).

Figure 2. Photographs of Cassino beach, Rio Grande, RS. In 1996 photograph is possible to observe the area without the dunes presence. And, in 2003 photograph, this same area with the recovery project already in progress, with restoration of topography and vegetation. Photo from NEMA web site (<http://www.nema-rs.org.br>).

devendo todas as proposições estarem previstas em um plano de manejo a ser encaminhado pelas municipalidades, buscando-se desta forma que a formulação das intervenções físicas deixe de ser pontual, passando a considerar o conjunto das intervenções necessárias e a dinâmica do ambiente onde está inserida.

O desenvolvimento de projetos de manejo no sistema de dunas passa pela integração e análise de grande quantidade de dados, como a caracterização ambiental e de ocupação da orla, visando a sua setorização e a determinação de prioridades às intervenções e demandas do município.

Neste sentido, os planos de manejo de dunas desenvolvidos nos municípios do Rio Grande do Sul, conforme pesquisa direta com os municípios, mesmo não apresentando a mesma metodologia levantaram dados similares, como exemplo: acessos à praia, cursos de drenagem, ocupações irregulares e loteamentos, usos da praia e das dunas (presença de quiosques, áreas de pesca e surfe, etc), assim como a realização de perfis topográficos e a ecologia das dunas. Estes dados serviram como base para a identificação e ordenamento dos diferentes usos e das atividades desenvolvidas na orla costeira, assim como para a obtenção da classificação das praias de acordo com seus usos predominantes. Estes dados também serviram

para a valoração e qualificação das praias consideradas estratégicas por motivos ambientais ou turísticos, para identificar os melhores caminhos para o desenvolvimento das atividades específicas da orla costeira e para a defesa e conservação deste ambiente.

Dentre os municípios que já concluíram pelo menos a primeira etapa de diagnóstico do ambiente estão Torres, Xangri-lá, Imbé, Capão da Canoa, Tramandaí, Cidreira, Osório, Palmares do Sul, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, sendo que os municípios de Arroio do Sal e Mostardas estão com seus planos em elaboração.

Os municípios que já concluíram seus planos e já receberam a licença de operação começaram a implementação dos mesmos. Estes incluem a instalação de passarelas, replantio de espécies nativas e até a reconstrução de linhas de dunas degradadas com o auxílio de cercas para retenção de areia. Em algumas praias, a intervenção já começa a resultar no aumento da densidade da vegetação nativa.

No litoral norte, o município de Osório avança no processo de recuperação com a demarcação dos acessos a praia por meio de estacas de madeira. O objetivo desta ação é que os veranistas usem esses caminhos, para acessar a beira da praia, e assim evitando prejudicar a fauna e a vegetação e permitindo a fixação das formações.

O fato de alguns municípios já terem concluído seus planos e outros nem iniciado o processo, denota da necessidade e do interesse de cada município em realizarem obras ou atividades nesta área, uma vez que a FEPAM não mais analisa intervenções isoladas para atividades no ambiente de dunas. Um exemplo da necessidade de desenvolver os planos ocorre na Praia do Farol da Solidão, balneário do município de Mostardas, onde os habitantes e veranistas requerem a ligação de energia elétrica na região. Mesmo não sendo necessário licenciamento ambiental em redes de distribuição elétrica com baixa tensão, a empresa que realiza os serviços deve obter licenças específicas para intervir na vegetação ou em áreas de preservação permanente, como é o caso das áreas dunares. Porém como o município ainda não possui o plano de manejo estas atividades devem aguardar a finalização deste processo para poder obter as licenças necessárias para a instalação elétrica. Desta forma todos os pedidos de ligação de eletricidade próximos de áreas ambientalmente sensíveis, como banhados e dunas, aguardam a finalização do plano para serem atendidos.

Com a implementação dos planos pelos municípios espera-se que ocorra um aumento do grau de conservação e manejo do ecossistema de dunas do litoral do Rio Grande do Sul, por meio do controle e ordenamento das atividades neste ambiente e da recuperação das áreas em processo de degradação.

Aparentemente os planos de manejo de dunas e o Projeto Orla apresentam sobreposição quanto aos objetivos e aos resultados, porém estes passam por processos diferenciados perante o órgão ambiental responsável. O fato de o plano de manejo de dunas ser um processo de licenciamento ambiental, o município obtém no final do processo uma licença para realizar intervenções no ambiente dunar, enquanto que o Projeto Orla é considerado mais amplo, trabalhando principalmente com o fortalecimento da capacidade de atuação e articulação de diferentes atores do setor público e privado na gestão integrada da orla.

7. CARTAS DE SENSIBILIDADE AO DERRAME DE ÓLEO (CARTAS SAO)

Os mapeamentos de áreas sensíveis ao óleo tiveram sua origem nos estudos dos planos de contingência dos Estados Unidos da América, em meados dos anos 1970. Com o passar dos anos e, com o aprendizado vivenciado durante as operações de combate ao óleo derramado, foram sendo elaborados trabalhos cada vez mais completos. No Brasil, os primeiros trabalhos desenvolvidos foram, entre outros, os de Awazu *et al.* (1986), Schaeffer-Novelli (1990), Lamparelli *et al.* (1999) e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o litoral de São Paulo, o de Teubner Jr. (1993), para o litoral do Espírito Santo, o de Tomassi (1994) para as regiões sul e sudeste, e da Petrobrás para o Rio de Janeiro.

Atualmente, diante da magnitude de certas ocorrências e da grave repercussão dos danos ambientais frente à opinião pública e com a aprovação da Lei Federal 9.966/2000, os mapeamentos de áreas sensíveis vêm adquirindo importância cada vez maior.

Visando a normalização dos procedimentos de resposta a acidentes, a Resolução CONAMA n.º 293/00 estabeleceu o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo, originados em portos organizados, instalações portuárias ou terminais, dutos, plataformas, bem como suas respectivas instalações de apoio, orientando sua elaboração, apresentando estas com explicitações técnicas bem definidas.

Neste contexto a Lei n.º 9.966, de 28 de abril de 2000 (Lei do Óleo) atribuiu ao Ministério do Meio Ambiente a responsabilidade na identificação, localização e definição dos limites das áreas ecologicamente sensíveis com relação à poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. O mapeamento destas áreas está sendo realizada em conjunto com a Agência Nacional de Petróleo (ANP) e com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Os métodos utilizados para a avaliação da sensibilidade ambiental foram definidos inicialmente pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), dos Estados Unidos da América (Halls *et al.*, 1997), sendo estes métodos adaptados e validados em 2002 para o Brasil, tendo uma abordagem voltada exclusivamente à zona costeira.

As Cartas SAO constituem um componente essencial, sendo uma fonte de informações primárias para o planejamento de contingências e avaliações de danos em casos de derramamento de óleo, representando uma ferramenta fundamental para o balizamento das ações de respostas a vazamentos de óleo, na medida em que, ao identificar aqueles ambientes com prioridade de preservação, permitem o direcionamento dos recursos disponíveis e a mobilização mais eficiente das equipes de proteção e limpeza (MMA, 2002).

7.1 Cartas SAO para o Estado do Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, os estudos para a formulação de Cartas SAO vem sendo desenvolvidos desde 2004 em nível de graduação. Estes se iniciaram com a

implantação do Programa de Recursos Humanos N° 27 ANP/MME/MTC – “Estudos Ambientais nas Áreas de Atuação da Indústria do Petróleo”, com sede na Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Os trabalhos tiveram o objetivo de abranger a totalidade da Lagoa dos Patos: margem leste (Oliveira, 2004), margem oeste (Lacerda, 2006) e porção norte da margem leste e da margem norte da Lagoa dos Patos (Carvalho, 2005) e a costa: porção sul (Freire, 2006) e porção norte (Oliveira, 2006).

Estes trabalhos levam em consideração o transporte de produtos derivados do petróleo entre o Porto de Rio Grande e a Refinaria Alberto Pasqualine, além dos transportes normais através da costa. Com a finalização das etapas individuais, em 2007 foi desenvolvida a compilação de parte dos dados e a formulação de uma proposição de um Atlas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo para a Lagoa dos Patos (Dias, 2007), porém não abrangendo a área costeira.

Anualmente, cerca de um milhão de toneladas de derivados de petróleo são transportados no trajeto entre o terminal petrolífero, localizado na cidade de Rio Grande/RS, e o Pólo Petroquímico em Triunfo/RS, percorrendo toda a extensão da Lagoa dos Patos.

Este fato, somado a não publicação e atualização dos dados gerados na academia, alerta para o grande risco que este ecossistema está submetido diariamente, frente a possíveis acidentes.

9. CONCLUSÕES

As ferramentas apresentadas demonstram algumas das alternativas disponíveis aos gestores da zona costeira. A existência destas ferramentas auxilia no gerenciamento, e, conjuntamente, com o estabelecimento da base legal, contribuem com as políticas para a preservação e sustentabilidade ambiental gerando um desenvolvimento do patrimônio sociocultural.

Embora o formato jurídico institucional esteja afinado com as perspectivas descentralizadoras e participativas previstas na Lei Federal n.º 7.661/1988 e no Decreto Federal n.º 5.300/2004, a prática mostrou alguns problemas na aplicação destes e de outros instrumentos legais.

Esses problemas se referem à operacionalidade do sistema de gestão, à falta de normas claras voltadas ao ordenamento territorial e ao controle e fiscalização ambiental da zona costeira e à falta de maior envolvimento e responsabilidade dos municípios nos processos de gestão integrada da zona costeira (Souza, 2009).

No Rio Grande do Sul o foco do órgão ambiental estadual responsável pelas atividades do PNGC e do ZEE encontra-se na recuperação e reabilitação das áreas degradadas ou descaracterizadas presentes no litoral norte, deixando de lado o ordenamento das atividades nas regiões com baixa densidade populacional como o litoral médio e sul. Estas regiões onde o estágio de urbanização ainda encontra-se em estágio inicial poderiam ter um esforço concentrado no planejamento, evitando, no futuro, os conflitos hoje presentes no litoral norte.

Considerando o descrito acima, é provável que não ocorra a ocupação por áreas turísticas no litoral médio e sul num cenário de sustentabilidade.

Na esfera municipal, os gestores ainda não conseguiram colocar em prática os instrumentos de gestão, principalmente por falta de recursos para desapropriar áreas de interesse ecológico, para desenvolver projetos de preservação e recuperação de áreas degradadas ou ameaçadas, além da contratação de fiscais necessários para controlar as atividades. Estes problemas poderiam ser minimizados por meio de convênios dos municípios com o governo federal ou ainda com empresas privadas, facilitando desta forma a captação de recursos.

Um exemplo é a manutenção e a recuperação das dunas costeiras, que ocorre exclusivamente sobre responsabilidade do órgão municipal, ao contrário do que ocorre em outros locais, como em Nova Jersey-USA (Conway & Nordstroma, 2003), onde a população residente possui papel fundamental neste processo.

A pesar da diversidade de instrumentos disponibilizados aos gestores, o que ocorre no Rio Grande do Sul é a falta da sua aplicação, sendo que atualmente estes se encontram focados em apenas uma região, como o ZEEC, ou apenas nos projetos teóricos, como os Planos de Manejo de Dunas, onde muitos municípios os formularam, porém, poucos estão o colocando em prática.

Mesmo com o exposto, o plano de manejo de dunas ainda é o instrumento mais utilizado pelos gestores, provavelmente pela sua obrigatoriedade.

Por fim, o que presenciamos é uma teoria bem formulada, porém sem esforços para que entre em fase de implementação.

BIBLIOGRAFIA

- Anele, L.P.; Silva, M.L.B.C.; Ferraro, L.M.W.; Nicolodi, J.L. (2007) - Usos e ocupação da faixa de praia no litoral norte do Rio Grande do Sul – uma experiência de gestão compartilhada. *VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 5p., Vitória, ES, Brasil. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/ccxlv.pdf>.
- Awazu, L.A.; Poffo, I.R.F. (1986) - Mapeamento de áreas a serem protegidas quando da ocorrência de derrames de petróleo e derivados no Litoral Norte de São Paulo. 40p + anexo, CETESB, São Paulo, SP, Brasil..
- Carvalho, L. (2005) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo e Derivados na Porção Norte da Margem Leste e a Margem Norte da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul – Brasil*. 156p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298312681MonografiaLaunnaCarvalho.pdf.
- Conway, T. M.; Nordstroma, K. F. (2003) - Characteristics of Topography and Vegetation at Boundaries between the Beach and Dune on Residential Shorefront Lots in Two Municipalities in New Jersey, USA. *Ocean & Coastal Management* (ISSN: 0964-5691), 46: 635-648, Oxford, UK.
- Cordazzo, C.V.; Paiva, J.B.; Seelinger, U. (2006) - *Guia Ilustrado: Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica*. 107p., Editora USEB, Pelotas, RS, Brasil. ISBN: 8589985024.

- Dias, F.C. (2007) - *Elaboração do Atlas de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo para a Lagoa dos Patos*. 93p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.
- Dobrovolski, R.L.; Cláudia Pereira Laydner, C.P. (Coord.) (2000) - *Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte*. 90p., Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria do Meio Ambiente, Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental - nº1, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zeel/>
- Freire, I.D.S.O. (2006) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Petróleo na Porção Sul da Costa do Rio Grande do Sul*. 95p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298314390Iasmina_DanielL_S_O_Freire_PRH27_FURG.pdf.
- Freire, O.D.S. (coord.) - *Subsídios para um projeto de gestão*. 104p. MMA e MPO (Projeto Orla). Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Qualidade Ambiental / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - Secretaria do Patrimônio da União, MMA/SQA, MP/SPU, Brasília, DF, Brasil. Disponível em http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_ProjOrla_subsidios.pdf.
- Freire, O.D.S. (Coord.) (2002) - *Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada*. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - Secretaria do Patrimônio da União, 78p., Brasília, DF, Brasil. Disponível em http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_ProjOrla_fundamentos.pdf
- Halls, J.; Michel, J.; Zengel, S.; Dahlin, J.A.; Petersen, J. (1997) - *Environmental sensitivity index guidelines. Version 2.0*. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Technical memorandum NOS ORCA 115, 79p., Hazardous Material Response and Assessment Division, Seattle, WA, U.S.A.
- Hesp, P.A. (2002) - *Coastal Sand Dunes: Form and Function*. 28p., Technical Bulletin 4, Massey University, Rotorua Printers, New Zealand. ISBN: 9780478110067.
- Jablonski, S.; Filet, M. (2008) - Coastal management in Brazil – A political riddle. *Ocean & Coastal Management*, 51(7):536–543. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2008.06.008.
- Lacerda, C. (2006) - *Cartas de Sensibilidade Ambiental a Derramamentos de Óleo – Cartas SAO – para a Costa Oeste da Lagoa dos Patos, RS, Brasil*. 67p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298311714MonografiaCarine_Lacerda_PRH27_FURG.pdf.
- Lamparelli C.C.; Moura, D.O.; Lopes, C.F. (1999) - *Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo*. 106 p. São Paulo, SP, Brasil
- Macedo, S.S. (1998) - Paisagem, modelos urbanísticos e as áreas habitacionais de primeira e segunda residência. *Paisagem & Ambiente* (ISSN: 0104-6098), 11:131-202, São Paulo, SP, Brasil.
- MMA (2002) - *Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamentos de Óleo (Cartas SAO)*. 107p., Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil.
- Moraes, A.C.R. (1999) - *Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*. 285p., Hucitec/Edusp, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8527104997
- Oliveira, C. (2006) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Petróleo para a porção Norte da Costa do Rio Grande do Sul*. 98p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.
- Oliveira, G.A. (2004) - *Mapa de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Petróleo na Margem Leste da Laguna dos Patos, Litoral Médio do Rio Grande do Sul, Brasil*. 204p., Monografia de Graduação. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1298312096MonografiaGiseliOliveira.pdf.
- Pires, J.S.R. (2006) - ZEE - Sustentabilidade e Biodiversidade (Resumo). *Seminário ZEE e Proteção da Biodiversidade*, p.9-10, Ministério do Meio Ambiente, Programa Zoneamento Ecológico-Econômico, Subprograma de Políticas de Recursos Naturais, Manaus, AM, Brasil. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/zoneamento-ambiental/wp-content/files/seminarioManausResumos.pdf>.
- Polette, M.; Rebouças, G.N.; Filard, A.C.L.; Vieira, P.F. (2006) - Rumo à gestão integrada e participativa de zonas costeiras no Brasil: percepções da comunidade científica e do terceiro setor. *Revista de Gestão Costeira Integrada* (ISSN: 1677-4841), 4:43-48, Itajaí, SC, Brasil. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/RGCI_5.pdf
- Portz, L. (2008) - *Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-Lá, Litoral Norte do Rio Grande do Sul*. 128p, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13772/000652716.pdf?sequence=1>.
- Rosa, L.S.; Cordazzo, C.V. (2007) - Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da praia do cassino (RS). *Cadernos de Ecologia Aquática* (ISSN: 1980-0223), 2(2):1-12, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://www.cadernos.ecologia.furg.br/images/artigos/16_Rosa&Cordazzo.pdf.
- Schaeffer-Novelli, Y. (1990) - Vulnerabilidade do litoral norte do Estado de São Paulo a vazamentos de petróleo e derivados. *II Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira Síntese de conhecimentos*, p.375-399, Academia de Ciências do Estado, São Paulo, SP, Brasil.
- Souza, C.R.G. (2009) - A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9(1):17-37. Disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-147_Souza.pdf.
- SPU (s/d) - *O Projeto Orla no Estado do Rio Grande do Sul*. In: portal da SPU (Secretaria do Patrimônio da União),

- Superintendência do Patrimônio da União no Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em <http://patrimonioidetodos.gov.br/gerencias-regionais/spu-rs/acoes>.
- Strohaecker, T.M. (2007) - *A urbanização no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental no município de Capão da Canoa*. 399p., Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/10086>
- Teubner Jr., F.J. (1993) - *A utilização da tecnologia de sistemas de informação geográfica para a definição de zoneamentos ambientais e costeiros: um estudo de caso para região da Grande Vitória, ES*. Dissertação Mestrado, 173p., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo, SP, Brasil.
- Veiga, J.E. (2001) - *Desenvolvimento Territorial do Brasil: do entulho varguista ao zoneamento ecológico-econômico. XXIX Encontro Nacional de Economia*, Salvador, BA, Brasil. Disponível em <http://www.anpec.org.br/encontro2001/artigos/200105079.pdf>.
- Villwock, J.A. (1994) - A Costa Brasileira: Geologia e Evolução. *Notas Técnicas* (ISSN: 0104-4303), 7: 38-49. CECO/IG/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Zamboni, A.; Nicolodi, J.L. (coord.) (2008) - *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*. 242 p. Ministério do Meio Ambiente - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF, Brasil. ISBN 9788577381128.
- Zamboni, A.; Vilanova, R.R. (coord.) (2002) - *Projeto Orla: Manual de Gestão*. 96p., Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Qualidade Ambiental / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - Secretaria do Patrimônio da União, MMA/SQA, MP/SPU, Brasília, DF, Brasil. ISBN 85-7738-050-5. Disponível em http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_ProjOrla_manGestao.pdf.

Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento

Tourism and Degradation in the Coastline of Rio Grande do Sul: Conflicts and Management

Luana Carla PORTZ*
Rogério Portantiollo MANZOLLI**
Nelson Luiz Sambaqui GRUBER***
Iran Carlos Stalliviere CORREA****

RESUMO

O desenvolvimento sustentável da orla marinha põe em conflito os interesses econômicos, ecológicos e socioculturais. Para garantir a sustentabilidade e a vitalidade destas três funções de forma simultânea, tornam-se necessárias ações de planejamento e gestão de modo a reduzir estes conflitos. A importância deste ambiente para a indústria do turismo possui uma necessidade de preservação sociocultural e conservação ecológica como única forma de manter o desenvolvimento econômico. O município de Xangri-lá, que apresenta sua economia voltada para a área de serviços ao turismo e ao veraneio, está iniciando suas atividades de manejo das dunas e uso e ocupação da faixa de praia. Este trabalho tem como objetivo detalhar a situação atual da orla marinha do município de Xangri-lá e os conflitos existentes em decorrência do turismo na região. Para tanto, foram realizadas investigações dos problemas e conflitos existentes na orla marinha através de observações de campo, de perfis topográficos e de vegetação. Durante este período, constatou-se o agravamento da erosão sobre o sistema de dunas, ocasionada pelas tempestades e pela diminuição da vegetação, resultando na sua diminuição em tamanho e largura. Associadas a isso, a pressão da ocupação e a falta de infraestrutura de suporte ao turismo e ao veraneio foram dos principais problemas encontrados na orla. Outro agravante é a descaracterização do sistema de dunas, causado pelo pisoteio da vegetação nativa, invasão de vegetação exótica, construções de condomínios, jardins e quiosques. Além disso, o descaso dos usuários frente à importância deste ambiente tem levado ao acúmulo de resíduos sólidos. As medidas imediatas para o não comprometimento das atividades econômicas frente à erosão e à degradação da orla estão na recuperação das dunas frontais, melhorias de acesso à praia por meio da manutenção adequada dos sangradouros e passarelas e locais

* Mestre em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. Doutorado em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Geociências, área de concentração em Geologia Marinha. Email: luanaportz@gmail.com

** Oceanólogo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geociências, área de concentração em Geologia Marinha. Email: rogeriomanzolli@gmail.com

*** Doutor em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. Email: nelson_gruber@ufrgs.br

**** Doutor em Oceanologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Geodésia. Email: iran.correa@ufrgs.br

adequados para dispor os resíduos sólidos, além da comunicação como fonte geradora de informação e conhecimento sobre esta problemática e suas consequências para a sociedade.

Palavras-chaves: turismo; Xangri-lá; gerenciamento costeiro.

ABSTRACT

Economic, ecological and socio-cultural interests always come into conflict within the Sustainable Coastal Development. In order to ensure the sustainability and vitality of these three functions simultaneously, planning and management actions are necessary to reduce these conflicts. Coastal environment is of great importance for the tourism industry, so it is necessary to assure socio-cultural and ecological conservation as the only way to maintain economic development. The municipality of Xangri-lá, which has its economy focused on tourism, is starting dunes management activities and reorganizing the use and occupation of the beach. This paper aims to detail the current situation of the coast of Xangri-lá and the conflicts as a result of tourism in this area. The problems and conflicts were evaluated through field observations and morphodynamic controls (profile of the beach and vegetation). During this period it was found that there is an aggravation of erosion on the dune system, caused by storms and a vegetation decrease. As a result, dunes decreased in size and width. Associated to this, the pressure of occupation and the lack of infrastructure related to tourism were the main problems found along the coast. Another problem is the dune system distortion caused by the trampling of native vegetation, exotic vegetation invasion, buildings, condominiums, gardens and kiosks. Furthermore, the users' neglect about the importance of this environment has been leading to the accumulation of garbage. The immediate measures that should be taken to avoid harm to economic activities due to coast erosion and degradation are foredunes recovery, improving beach access and suitable locations for garbage.

Key-words: tourism; Xangri-lá; coastal management.

Introdução

Uma das discussões sobre meio ambiente nas zonas costeiras concentra-se na busca de conciliar o desenvolvimento do turismo e do veraneio com a preservação das características naturais deste ambiente, com a melhoria nos serviços (segurança, higiene e alimentação) e com as facilidades de acesso à praia. A administração eficaz destes aspectos possui consequências significativas para o futuro do gerenciamento da zona costeira.

A ocupação da zona costeira no Brasil é um processo ainda recente e em curso, tendo caráter espontâneo e caótico, de forma a demandar um grande esforço em ações corretivas (MORAES, 1995). O Rio Grande do Sul, por exemplo, apresenta somente 10% de sua população em municípios da zona costeira (FEPAM, 2009), mas sete dos dez municípios de maior taxa de crescimento populacional entre 1991-2000 são costeiros, todos localizados no litoral norte do Estado (IBGE, 2006). Essa população exerce uma forte pressão

que gera impactos sobre os ecossistemas costeiros, podendo estes ser relacionados com a extração excessiva de recursos, contaminação industrial, degradação da qualidade da água, lançamentos de esgotos, introdução de contaminantes e descaracterização dos ambientes naturais.

Além destes impactos, a ocupação desordenada desta área, caracterizada pela substituição das dunas frontais por projetos urbanísticos, está afetando o balanço de sedimento praia-duna e levando a problemas cíclicos de manutenção das vias públicas e residências em virtude do escape de areia do sistema.

A gestão da Zona Costeira, assim como as formulações de plano de manejo de dunas, são atribuições municipais; no entanto, a maioria dos municípios não dispõe de suporte técnico para diagnosticar as causas da erosão e tampouco selecionar as técnicas de manejo mais adequadas.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo elucidar o panorama atual da orla marítima do município de Xangri-lá, contribuindo para o planejamento e desenvolvimento deste.

Zona Costeira e a legislação brasileira

A Zona Costeira é um ambiente de transição ecológica, a qual desempenha importante função de ligação e de trocas entre os ecossistemas terrestres e marinhos. Abriga diversos ecossistemas, como florestas tropicais, manguezais, recifes de corais, sistema de dunas, entre outros, os quais proporcionam habitat para muitas espécies, além de servir de defesa natural contra tempestades, inundações e erosões.

Características químicas próprias, como a elevada concentração de nutrientes, o gradiente térmico e a salinidade variável, e ainda as condições de abrigo e de suporte à reprodução e à alimentação nas fases iniciais de muitas espécies de origem marinha, classificam estes ambientes como complexos, diversificados e de extrema relevância para a sustentação da vida no mar (CICIN-SAIN; KNECHT, 1998).

No Brasil, a zona costeira se estende, na sua porção terrestre, por mais de 8.698 km sobre uma área de aproximadamente 388.000 km², abrangendo uma parte terrestre com 17 Estados e mais de 400 municípios, distribuídos do norte equatorial ao sul temperado do país e uma área marinha, que corresponde ao mar territorial brasileiro, com largura de 12 milhas náuticas a partir da linha de costa (BRASIL, 2002a).

Inserida nesta região, a orla marítima pode ser definida como uma unidade delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar. Esse ambiente caracteriza-se pelo equilíbrio morfodinâmico, no qual interagem fenômenos terrestres e marinhos, sendo os processos geológicos e oceanográficos os elementos básicos de formação dos principais tipos de orla, como: costas rochosas, falésias, praias arenosas, praias de seixos, planícies lamosas, manguezais e formações recifais. A estes fatores se associam também condicionantes geográficas como o clima, a orografia e a hidrografia (BRASIL, 2002b).

A preocupação com o gerenciamento destas áreas encontra suporte no âmbito internacional na Agenda 21, Capítulo 17 e em outros documentos da Organização das Nações Unidas (ONU), e no Brasil, principalmente, com o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) e com o Projeto Orla.

A Agenda 21 é um documento propositivo e que visa, essencialmente, estimular, incentivar e orientar o processo de mudanças de mentalidade, de valores, de atitudes, de comportamentos e de procedimentos de todos os segmentos sociais (governos, empresas e entidades da sociedade

civil) em relação ao nosso meio ambiente. Os principais elementos neste processo são a disseminação das informações, a educação para o desenvolvimento sustentável, a descentralização no processo de tomada de decisões, a participação efetiva das comunidades locais, a valorização da cultura regional, o planejamento de programas e ações, a cooperação e parceria, o desenvolvimento da capacidade institucional, o fortalecimento dos grupos sociais mais vulneráveis etc. No Capítulo 17, o documento trata da proteção dos oceanos e das zonas costeiras e da proteção ao uso racional e ao desenvolvimento de seus recursos vivos. Apresenta como foco o gerenciamento integrado e o desenvolvimento sustentável das zonas costeiras e marinhas, inclusive as zonas econômicas exclusivas, a proteção do meio ambiente marinho e o uso sustentável. Tem como objetivo o comprometimento dos Estados costeiros a praticar um gerenciamento integrado e sustentável das zonas costeiras e do meio ambiente marinho sob suas jurisdições nacionais. A Agenda 21 estabelece os direitos e as obrigações dos Estados e oferece a base internacional sobre a qual devem apoiar-se as atividades voltadas para a proteção e o desenvolvimento sustentável deste ambiente, bem como seus recursos.

O PNGC, cujos detalhamentos e operacionalização foram objeto da Resolução n.º 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21 de novembro de 1990, tem como finalidade o estabelecimento de normas gerais visando à gestão ambiental da zona costeira do país, lançando as bases para a formulação de políticas, planos e programas estaduais e municipais. Este está institucionalizado em níveis nacional e estadual, caracterizando-se como um sistema com complexa estrutura e dinâmica que tem evoluído através de uma miríade de processos e controles de natureza política, econômica, institucional, ecológica, administrativa e espacial (ASMUS *et al.*, 2006).

Como parte de PNGC, 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), tendo como coordenadores a Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do Ministério do Meio Ambiente (SQA/MMA) e a Secretaria do Patrimônio da União do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (SPU/MP). O objetivo primeiro do projeto é compatibilizar as políticas ambiental e patrimonial do governo federal no trato dos espaços litorâneos sob propriedade ou guarda da União, buscando, inicialmente, dar uma nova abordagem ao uso e

gestão dos terrenos e acréscimos de marinha como forma de consolidar uma orientação cooperativa e harmônica entre as ações e políticas praticadas na orla marítima. O Projeto Orla introduz uma ação sistemática de planejamento da ação local visando repassar atribuições da gestão deste espaço, atualmente alocadas no governo federal, para a esfera do município. Trata-se, portanto, de uma estratégia de descentralização de políticas públicas, enfocando um espaço de alta peculiaridade natural e jurídica: a Orla Marítima (BRASIL, 2002b).

No Rio Grande do Sul, cabe à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) a tarefa de planejar, disciplinar, controlar e fiscalizar as atividades, empreendimentos e processos que causem ou possam causar degradação ambiental, conforme o Artigo 236 do Capítulo XVI do Código Estadual do Meio Ambiente (Lei n.º 4.771 de 1965), além da operação do Licenciamento Ambiental das atividades de impacto supralocal (atividades que vão modificar não só o lugar onde são desenvolvidas, mas também os arredores).

A importância das dunas costeiras e seu processo de degradação

As dunas costeiras e a vegetação natural são partes essenciais das praias arenosas. Elas ajudam a preservar as características do ambiente costeiro, protegendo-o contra a ação de ressacas e ondas de tempestades.

Devido à grande atração que as pessoas sentem em relação ao mar, o desenvolvimento urbano nos municípios litorâneos acaba por se dar o mais próximo possível da praia, alterando sua estrutura original.

Esta prática gera um processo de degradação da Zona Costeira, reportada em diversos artigos, sendo alguns destes problemas: a extração de areia das dunas, usada como aterro na construção civil para expansão imobiliária (HESP, 2002); a ação de pastagem pelo gado sobre a gramínea *Panicum racemosum* (principal espécie formadora e fixadora de dunas) (ROSA; CORDAZZO, 2007), a qual tem reduzido a capacidade de retenção de areia nas dunas frontais do sul do Brasil, permitindo assim que grande parte da areia migre para áreas anteriormente estabilizadas; a utilização das dunas como locais para plantações de espécies exóticas, como por exemplo, *Pinus nigra* na Holanda, *Pinus elliottii* e *Eucalyptus sp.* na costa sul do Brasil (CORDAZZO *et al.*, 2006), as quais diminuem os recursos de nutrientes do

substrato, aumentam a acidificação do solo, além de alterar o equilíbrio hídrico do ambiente; a introdução acidental de espécies exóticas (resultantes da limpeza de jardins, deposição de lixo orgânico etc.) ou intencional (usadas em programas de fixação e estabilização de areia), tais como *Carpobrotus chilensis*, tem resultado na formação de comunidades vegetais totalmente diferentes das originais (PORTZ, 2008), alterando assim também a estrutura da fauna acompanhante.

Os efeitos da dinâmica natural, combinados com as perturbações antrópicas, podem levar a uma desestabilização da integridade do ambiente costeiro, induzindo a mudanças profundas das unidades fisiográficas, quase sempre com uma significativa redução na biodiversidade.

Manejo de dunas

Os interesses econômicos, associados à pressão pelo uso e ocupação do ambiente de dunas, geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais. Neste contexto, para garantir a sustentabilidade e a harmonia destes interesses de forma simultânea, tornam-se necessárias ações de planejamento e gestão para a integração da conservação com o desenvolvimento socioeconômico, de modo a reduzir estes conflitos.

A implementação de Programas ou Planos de Manejo de Dunas é um importante instrumento para a conservação destes ambientes, já que neste tipo de planejamento se prevêem os possíveis usos do ambiente nas diferentes esferas, em um longo período de tempo.

Na prática, o manejo de dunas baseia-se nas seguintes estratégias (SOIL CONSERVATION SERVICE, 1986): conservação do sistema de dunas existentes, concedendo uma zona tampão entre as propriedades privadas e as áreas ativas de praia; recuperação das dunas com distúrbios e controle das atividades recreativas.

O programa, ao controlar as formas de utilização e apropriação do espaço de dunas, além de controlar a degradação da vegetação, destaca as implicações do Código Florestal Brasileiro (Artigo 3.º), que considera este ambiente como Área de Preservação Permanente.

No Rio Grande do Sul, os Planos de Manejo devem seguir as orientações estabelecidas pela FEPAM por meio do Of. Circular FEPAM/PRES/12-04, sendo alvo de licenciamento ambiental. Este é um procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, neste caso esta-

dual, para licenciar a instalação, a ampliação, a modificação e a operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental (FEPAM, 2009). No licenciamento ambiental, são avaliados impactos causados no meio ambiente, estabelecendo as condições para que a atividade ou o empreendimento cause o menor impacto possível.

No município de Xangri-lá, a primeira etapa do plano de manejo de dunas foi desenvolvida pela equipe do CECO-IG-UFRGS e teve como objetivo a caracterização ambiental e de ocupação da orla, visando à sua setorização e eleição de prioridades para intervenção. Conforme foram apontados nesta etapa (GRUBER *et al.*, 2005), os problemas de degradação das dunas no município estão fortemente associados ao avanço da urbanização e estreitamento do sistema de duna.

Processos de erosão no litoral do RS

Os problemas de erosão na zona costeira vêm sendo discutidos em vários trabalhos, sendo atribuídos tanto a fatores naturais como antrópicos, decorrentes de eventos de longo e curto períodos (ESTEVEZ *et al.*, 2002). Os processos de erosão nas zonas costeiras resultam da combinação de múltiplos fatores, como: suprimento de sedimentos, energia física induzida por ondas e variações relativas do nível do mar.

Os efeitos da erosão variam de acordo com o nível de desenvolvimento econômico da região. Em costas remotas e naturais, a erosão pode ter pouca importância e a perda de sedimentos em uma área pode significar a acreção em outra. Já em áreas mais desenvolvidas, com um grau de urbanização maior, o início ou a aceleração do processo erosivo tende a se tornar um problema maior (BIRD, 1996).

De maneira geral, entre seus efeitos indesejados constam: perdas de terrenos com valor econômico, social ou ecológico; desaparecimento de praias estreitas; perda e desequilíbrio de habitats naturais; aumento da frequência de inundações decorrentes de ressacas; aumento da intrusão salina no aquífero costeiro; perda do valor paisagístico e do potencial turístico da região e exposição das zonas costeiras à energia dos oceanos e riscos aos moradores.

Evidências de erosão costeira no Rio Grande do Sul foram compiladas em 2004 por Dillenburg *et al.*, sendo apontados, basicamente, três métodos de avaliação:

- a) análises estratigráficas e morfodinâmicas, de longo período, das barreiras costeiras, o que vem demonstrando que a erosão costeira é uma continuidade da evolução geológica nos últimos 5 ka, ocorrendo principalmente na metade sul, a partir de suaves projeções costeiras. As evidências estão na exposição de lamas lagunares e turfãs ao longo de 15 km na área da praia do Hermenegildo (litoral sul) e 60 km na praia de Bujuru – Farol da Conceição (litoral médio);
- b) mapeamento anual da linha de costa através do Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS). Este método, adotado desde 1997, representa uma curta escala temporal. Linhas de costa obtidas em 2000, quando comparadas com linhas de costa obtidas através da digitalização de mapas topográficos de 1975 em escala de 1:50.000, indicam que aproximadamente 81% das praias estão em erosão, 12% estão estáveis e 7% estão em acreção;
- c) levantamentos altimétricos de perfis praias têm sido executados em poucos locais e distantes uns dos outros, desde o início dos anos 1990, e, conseqüentemente, seus resultados refletem um comportamento local e de curto período da linha de costa. Como exemplo, as análises de perfis de praia de 1996 a 1999 na praia de Lagamarzinho (Litoral Médio do RG) mostram uma média de 1 m/ano de retração.

Outro fator observado na costa do Rio Grande do Sul foi a ocorrência de concentração de energia de ondas por refração nos locais de elevada taxa de erosão; neste exemplo, enquadram-se a região do Farol da Conceição (litoral médio) e a região ao norte do Chuí (litoral sul).

A avaliação crítica dos dados até hoje publicados sobre a erosão da linha de costa do Rio Grande do Sul sugere fortemente que o balanço negativo no estoque de sedimentos costeiros, em escalas de longo e curto período, é a principal causa da erosão (DILLENBURG *et al.*, 2004).

Em 1999, foram publicados mapas classificando a costa do Rio Grande do Sul em praias em erosão, estáveis ou em acreção. Considerou-se estável o trecho da costa que apresentou uma retração ou acreção de até 25 m no período entre 1975 e 2000; por outro lado, foram considerados em erosão os trechos que apresentaram retração acima de 25 m e em acreção os que apresentaram uma progradação acima de 25 m (TOLDO JR. *et al.*, 1999).

No litoral norte, no setor entre Tramandaí e Pinhal, predominam praias em erosão, sendo estas observadas nos trechos onde ocorre um incremento no fluxo de energia dentro da zona de surfê ao longo da praia e os trechos em acreção são observados nos locais onde ocorrem mudanças no alinhamento da linha de praia.

O setor entre Tramandaí e Torres alterna áreas em erosão e áreas em acreção possivelmente devido às suas condições de praias intermediárias, mais sensíveis a episódios de erosão (TABAJARA, 2005).

Caso de estudo: município de Xangri-lá

A costa do Rio Grande do Sul (RS) desde Torres, ao norte, até a desembocadura do Arroio Chui, ao sul, é constituída por uma ampla planície costeira com cerca de 620 km de extensão e até 120 km de largura, onde um sistema de barreiras arenosas aprisiona um gigantesco sistema lagunar (Lagunas dos Patos e Mirim) e uma série de outros corpos de água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos (VILLWOCK, 1984).

Sua formação, durante o Período Quaternário, desenvolveu-se a partir da justaposição lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira, cuja formação foi controlada pelas flutuações do nível do mar durante o Quaternário (barreira-laguna I, II e III de idade Pleistocênica e sistema IV, que iniciou sua formação há cerca de 7 ka), constituindo uma sucessão de terraços marinhos e lagunares (VILLWOCK, 1984). A atual linha de costa da planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta uma orientação geral Nordeste-Sudoeste com praias arenosas retilíneas e contínuas, predominantemente dominadas por ondas.

A ocupação efetiva do litoral norte começou no século XVIII, com a chegada dos primeiros colonizadores de origens portuguesa e açoriana. A economia na região era baseada na agricultura e pecuária extensivas, além da pesca, sendo suas sedes e atividades implantadas nas áreas mais continentais.

Com a fixação de colonos alemães e italianos, passou a ocorrer a inserção de novos agentes econômicos. As transformações começaram a ocorrer com a divulgação das propriedades terapêuticas dos banhos de mar, impulsionando a instalação de pequenos chalés e pousadas por pequenos empresários. Desta forma, a orla marítima começou a ser valorizada para o uso ocasional nos meses de verão (STROHAECKER, 2007).

Porém, o acesso ao litoral norte permaneceu precário até a década de 1920 (SOARES, 2000 *apud* STROHAECKER, 2007), quando começou o trabalho de arborização, promovido pelo Estado, junto às lagoas costeiras e à orla marinha, para a fixação das dunas, com a finalidade de viabilizar a ocupação e o desenvolvimento da região.

Os investimentos estatais nas primeiras décadas do século XX (rodovias, sistema de transporte lacustre-ferroviário, arborização e fixação de dunas nos balneários) foram importantes balizadores para o desenvolvimento da região. As melhorias no acesso permitiram que outros agentes econômicos passassem a investir no litoral norte, principalmente no setor imobiliário (STROHAECKER, 2007).

Atualmente, o litoral norte do Rio Grande do Sul é integrado por 19 municípios, com economia preponderantemente associada às atividades de turismo e de veraneio, o que confere à região características de grande variação sazonal da população e intensa urbanização.

O município de Xangri-lá possui uma população predominantemente urbana (95%); no entanto, menos de 20% dos domicílios são ocupados permanentemente, sendo este valor aumentado significativamente nos meses de verão (STROHAECKER, 2007). A atividade econômica deste município é voltada principalmente para o comércio sazonal nos meses de verão, apresentando séria carência em infraestrutura (abastecimento de água, coleta e destino do esgoto cloacal, destinação final dos resíduos sólidos), equipamentos e recursos humanos nos setores de saúde e educação.

Como consequências ambientais, frente às principais atividades e às características de seu desenvolvimento, temos: desmatamento, contaminação de águas e solos; geração de resíduos sólidos e efluentes domésticos; conflitos de uso do solo (ocupação irregular); número significativo de domicílios para uso ocasional; exploração do subsolo (destruição dos sambaquis e dunas); alteração da fauna e flora; alteração dos costumes da população permanente e risco de ocorrência de poluição acidental (cargas tóxicas) pela presença do terminal de carga e descarga de petróleo e derivados da Petrobrás.

Metodologia

Neste estudo, foi realizada uma investigação dos problemas e dos conflitos existentes entre o uso e a preservação da orla marinha através de observações de campo cíclicas, além do levantamneto de perfis de topografia e de vegetação.

Os perfis de topografia e de vegetação foram traçados a cada 1 km, abrangendo toda orla do município, conforme a Figura 2, sendo estes realizados em dezembro de 2005 e 2006. Os perfis topográficos bidimensionais foram obtidos por meio de nivelamento geométrico, utilizando-se como ferramentas um nível topográfico, mira e trena, sendo estes perfis amarrados a pontos de referência fixos, tais como postes de luz existentes na Avenida Beira-Mar. Para a amarração dos perfis de praia, foi estabelecido o valor arbitrário de 3 m como *Datum* vertical. Os perfis de cobertura vegetal foram realizados através de observação visual em perfis transversais à praia associados a quadrados de 1x1 m, usando a mesma base dos perfis topográficos como referencial de nível.

Caracterização e situação atual do sistema de dunas

A orla do município de Xangri-lá é caracterizada por apresentar um sistema de dunas frontais contendo até três cristas de dunas alinhadas à linha de costa. São cordões de dunas descontínuos, com topografia irregular e muito segmentados. A altura máxima verificada para o sistema eólico foi de 3,20 m (P6), com largura variando entre 13 e 40 m (média de 28 m). Estas características representam um sistema de dunas com grande fragilidade frente a eventos de tempestade. Dois pontos principais levam a esta fragilidade: a segmentação e a largura da duna, ou seja, quanto mais

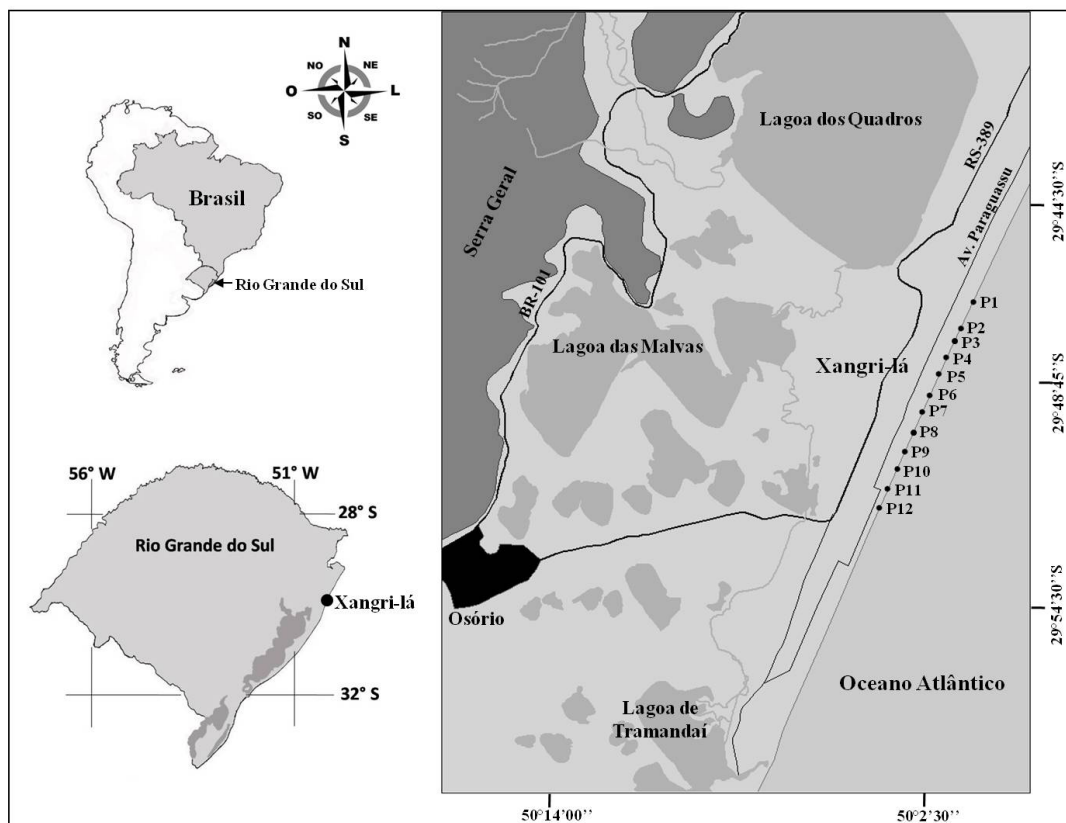


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.

segmentada estiver a duna frontal maior será a penetração de ondas de tempestade para o interior do sistema, e quanto menor a largura do sistema de dunas menor será o estoque de sedimentos. A característica de segmentação das dunas ocorre principalmente pelo elevado número de sangradouros presentes na área, uma consequência das edificações e pavimentação das ruas que reduz desta forma a infiltração da água pluvial, aumentando a vazão e desta forma rompendo o sistema de dunas. A reduzida largura do sistema de dunas é, também e principalmente, induzida pela urbanização que se estabeleceu na pós-duna, fenômeno que provocou essa drástica redução.

Perturbações naturais, como ressacas e ondas de tempestades, eventualmente podem causar alterações no sistema de dunas; porém, a resiliência natural do sistema tende à recuperação. No entanto, entre os anos de 2005 e

2006, durante o monitoramento para o projeto de Manejo de Dunas no município Xangri-lá, foi registrado um evento meteo-oceanográfico catastrófico, produzido pela passagem de um ciclone extratropical, desencadeando um processo acentuado na ação de erosão, sendo os processos de reconstrução ineficientes neste período, de acordo com os perfis topográficos realizados (Fig. 3).

A cobertura vegetal nos perfis foi considerada de moderada a escassa, associada às morfologias erosivas dos corredores de vento e das bacias de deflação (Fig. 3). A diminuição da vegetação no sentido da crista ocasionou uma maior mobilização do sedimento e, com isso, maior transporte deste em direção ao continente, causando acumulação na Avenida Beira-Mar e nas residências próximas. Em virtude deste problema, o município de Xangri-lá tem apresentado, nos últimos anos, problemas constantes de

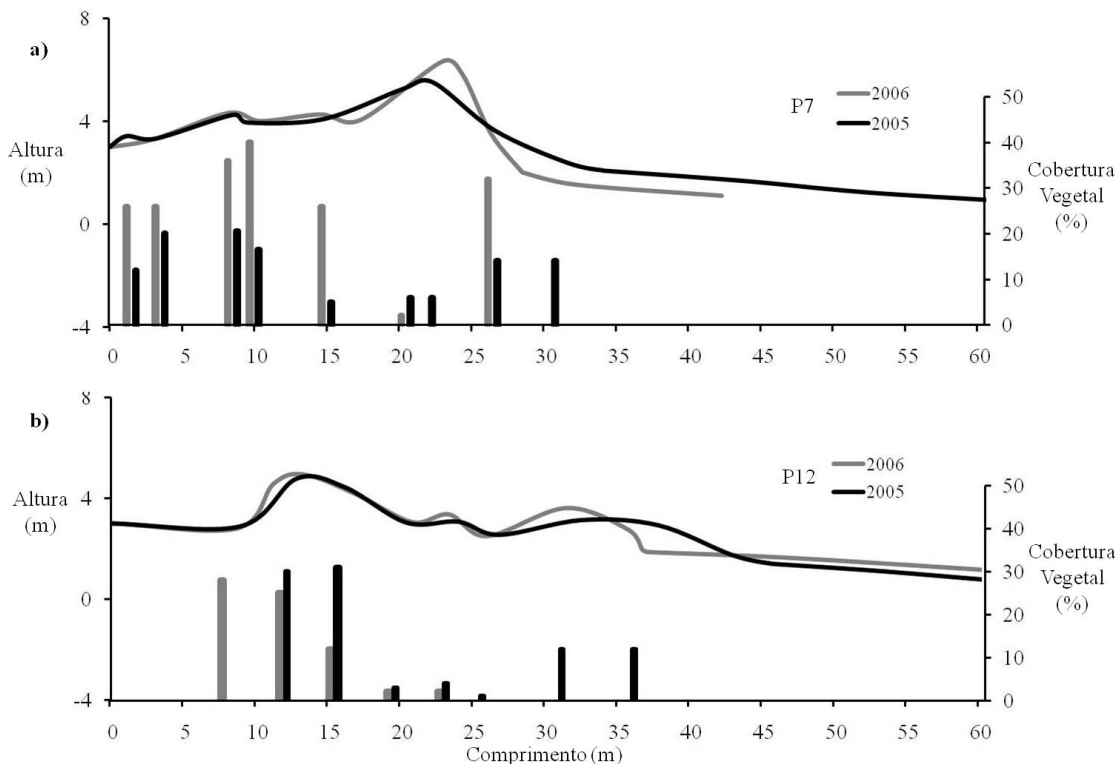


FIGURA 2 – PERFIS TOPOGRÁFICOS E DE VEGETAÇÃO. A) P7. B) P12. O EIXO À ESQUERDA REPRESENTA A ALTURA DAS DUNAS EM METROS. O EIXO À DIREITA REPRESENTA A PORCENTAGEM DE COBERTURA VEGETAL. O EIXO X REPRESENTA O COMPRIMENTO DO PERFIL TOPOGRÁFICO.

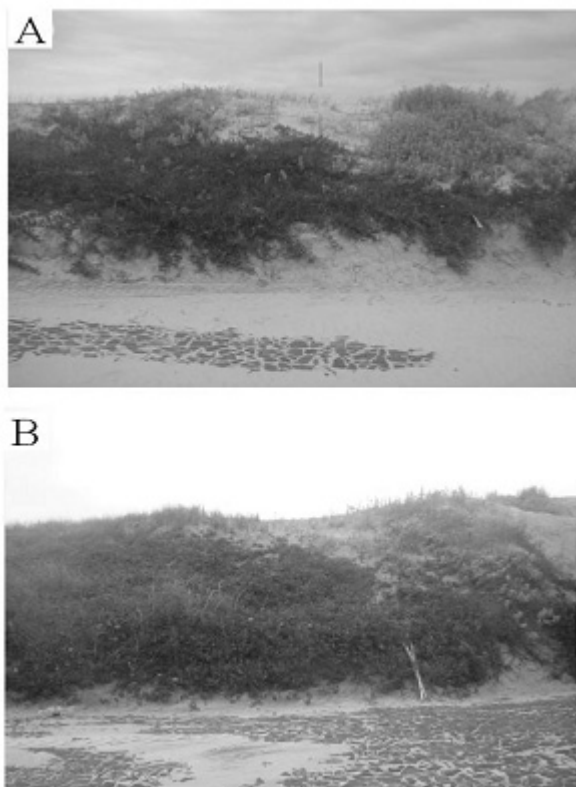


FIGURA 3 – FOTOGRAFIA DO PERFIL 6. A: FOTO DE 2006. B: FOTO DE 2005.

manutenção das vias públicas, provocando grandes prejuízos, principalmente nas áreas desprovidas de dunas ou associadas aos sangradouros.

Outro fator negativo quando ocorre a diminuição da vegetação é a acentuação da tendência erosiva na morfologia das dunas frontais até o seu completo desaparecimento.

O sistema de dunas apresenta baixa diversidade em espécies vegetais – sendo que 50% dos pontos monitorados apresentaram somente três espécies –, além de não apresentar um padrão de distribuição similar.

A espécie de *Panicum racemosum* é a planta dominante em todos os perfis monitorados. Esta é uma das espécies pioneiras que leva a um acúmulo de areia e, mesmo com a ocorrência de tempestades e conseqüente erosão, permanecem pedaços destas plantas, que são capazes de rebrotar e, assim, recolonizar a duna. Juntamente com esta, predominam também nos perfis as espécies *Senecio crassiflorus*

e *Hydrocotyle bonariensis*. Na porção frontal e no topo da duna, a predominância foi das duas primeiras. Já na porção posterior da duna a distribuição foi equitativa.

De modo geral, na pós-duna a cobertura vegetal é mais densa, pois se localiza em uma área sem contato direto com os efeitos das tempestades. Esta, porém, apresenta-se em estado avançado de degradação por pisoteio como consequência de aberturas de caminhos para os acessos à praia. As dunas mais estáveis são justamente aquelas com a melhor distribuição e diversidade de espécies vegetais, desde a face marinha até a pós-duna (perfis P1, P7 e P11).

A presença da planta *Carpobrotus chilensis* (onze horas), originária da África do Sul, muito adaptada às regiões costeiras, chegando ao ponto de ser considerada uma praga em muitos lugares, como na Califórnia, tem mostrado um rápido aumento na dispersão e no volume ao longo de toda orla (Fig. 4). A facilidade de adaptação desta planta deve ser considerada preocupante, principalmente pelo fato dela causar significativa perturbação ecológica em todos os ambientes em que se estabeleceu, com diversos prejuízos ecológicos à flora e à fauna destes lugares (CORDAZZO *et al.*, 2006).

Não foi constatada a presença de dunas embrionárias, o que reforça a evidência de um balanço negativo de areia no sistema eólico.

Conflitos de ocupação

A fragilidade dos ecossistemas costeiros e a rapidez da ocupação tornam as ações de planejamento (preventivo e corretivo) essenciais no litoral, sendo que duas situações requerem atenção prioritária. A primeira diz respeito às áreas próximas dos centros urbanos já estabelecidos, onde as atividades de veraneio e a progressiva concentração da população de baixa renda nas periferias respondem pela agressividade da expansão urbana, e a segunda é a criação de novos centros urbanos em áreas pouco ocupadas, em geral vinculadas a atividades específicas (industriais, turísticas, portuárias etc.) (MORAES, 1995).

Em Xangri-lá, a urbanização já é intensa e os problemas de planejamento urbano tendem a aumentar, principalmente nos meses de verão, com o crescimento sazonal da população em virtude do turismo e do veraneio. Para se entender este crescimento, na baixa temporada o município apresenta população entorno de 9.700 habitantes, sendo este número aumentado para cerca de 200 mil nos meses de janeiro e fevereiro.

Dentre os conflitos de ocupação envolvidos na área de estudo, destaca-se a posição da urbanização dentro do perfil transversal à praia, principalmente com a presença de calçada à beira-mar, pois este influencia diretamente na área e na largura da duna e nos níveis de cobertura impermeável.

De forma geral, nos locais onde a largura da duna é superior a 30 m a função da duna frontal é mantida, enquanto que nas áreas onde parte ou toda a duna frontal foi substituída por ruas ou praças a capacidade de estabilização do sedimento pela vegetação é comprometida, facilitando a fuga de areia para o interior das vias. Esta característica leva a uma preocupação com o sistema de dunas de Xangri-lá, que apresenta a média na largura de dunas de 28 m.

Considerando o padrão urbanístico homogêneo do município, no qual o estágio de ocupação humana é do tipo horizontal padrão, abrangendo toda a extensão da orla e posicionado muito próximo do sistema de dunas, pode-se inferir que este seja o fator que determina o comportamento das dunas.

Em estudos anteriores para o litoral norte do Rio Grande do Sul, já se constatou como principal condicionante das características morfológicas da faixa de dunas a pressão de uso antrópico (GRUBER *et al.*, 2005; ESTEVES *et al.*, 2003), ressaltando a importância de se eliminar os conflitos de uso e ocupação nestes locais.

Degradações pela recreação

Alguns dos resultados da pressão recreativa sobre o sistema de dunas são os danos do pisoteio sobre a vegetação e os efeitos ecológicos desse tipo de impacto (BOWLES, 1982).

Neste sentido, foram identificados, na área de dunas do município, locais de travessia de carros e motos. Estas atividades, direta ou indiretamente, afetam significativamente a vegetação das dunas, pois o tráfego contínuo propicia o aparecimento de trilhas sobre a vegetação responsável pela fixação das dunas.

A presença de trilhas formadas pelo pisoteio de pessoas é outro problema encontrado no ambiente, devido à utilização das dunas como via de acesso para chegar à praia. Este processo provoca um alto grau de compactação do terreno, apresentando alta resistência à penetração (ROSA, 2007), podendo dificultar uma nova coloniza-

ção. Desta forma, é possível considerar a ocorrência de uma descaracterização de todo o ambiente, o que acaba facilitando a erosão e induzindo a uma grande área com perda da cobertura vegetal e, conseqüentemente, podendo iniciar a formação de *blow-outs* (STOTT *et al.*, 1993), o que representa sérios riscos não só à flora adjacente como também à fauna acompanhante.

Na literatura são encontrados diversos relatos dos efeitos causados pelo pisoteio sobre a vegetação de dunas, como a compactação do solo e a redução da cobertura vegetal (CARLSON; GODFREY, 1989); a redução da produção de biomassa (LIDDLE, 1975); a redução do número de espécies florescendo (HYLGAARD, 1980); a perda da biodiversidade (ANDRÉS-ABELLAN *et al.*, 2005) e a criação de caminhos.

Contudo, os impactos negativos nestas áreas são uma conseqüência inevitável da recreação, pois mesmo os mais conscientes visitantes deixam marcas e perturbações à vida destes ambientes sem intenções reais de fazê-lo (LEUNG, 2000).

Deposição de lixo

O lixo marinho é definido como qualquer resíduo sólido (plástico, isopor, borracha, vidro, metal, tecido, entre outros materiais) que tenha sido introduzido no ambiente marinho ou costeiro por qualquer fonte (COE; ROGERS, 1997). Do ponto de vista científico, o problema do lixo vem sendo tratado como um dos principais problemas relacionados à poluição marinha nas últimas décadas (GOLDBERG, 1995; IVAR DO SUL, 2007), sendo suas conseqüências reportadas em áreas costeiras e marinhas em todo mundo. Entre elas destacam-se os danos à biota (LAIST, 1987), às atividades de pesca (NASH, 1992) e a perda da qualidade estética da praia (ARAÚJO; COSTA, 2006), que pode resultar em prejuízos econômicos associados à indústria do turismo (NOLLKAEMPER, 1994) e limpeza pública.

Nas praias de Xangri-lá, foram amostrados os resíduos em três diferentes oportunidades, abrangendo condições meteorológicas (estação do ano) e de ocupação distintas: (1) fevereiro – período de veraneio e turismo intenso, (2) abril – período de outono, caracterizado pelo turismo fraco e (3) agosto – período de inverno, praticamente sem turismo (PORTZ, 2010).

TABELA 1 – TOTAL DE ITENS AMOSTRADOS NOS PERFIS PRAIA E DUNA NOS DIFERENTES MESES

	Meses	Itens m ⁻¹
Praia	Fevereiro	9.93
	Abril	2.50
	Agosto	1.55
Duna	Fevereiro	9.34
	Abril	4.58
	Agosto	2.90

Este estudo demonstrou que o lixo presente no ambiente marinho é o resultado de uma inadequada manipulação ou eliminação de resíduos descartados, tendo como destino a praia. A redução observada na região da pós-praia de fevereiro para agosto em decorrência da diminuição de atividade de turismo e veraneio mostrou que a principal fonte de resíduos nas praias é em decorrência do turismo e do veraneio.

O péssimo aspecto estético conferido pelo acúmulo de resíduos sólidos na praia, principal fonte econômica para este município, pode levar a sérias perdas econômicas, como diminuição no índice de emprego e da renda.

Ações de manejo

Apesar das experimentações no sentido de recuperação das dunas terem avançado nos últimos anos no Brasil, ainda existe uma incerteza e pouca informação sobre estratégias bem sucedidas.

Considerando as condições atuais do sistema de dunas do município, uma das alternativas para sua recuperação e, conseqüentemente, para reduzir os efeitos da erosão seria a utilização de métodos não estruturais. Estes métodos se baseiam em ações onde não se utilizem estruturas rígidas como espigões, quebra-mar e assemelhados.

Sendo o posicionamento da urbanização o fator preponderante no impacto sobre o sistema de dunas, são de extrema necessidade as ações de controle e ordenamento dos acessos à praia, restringindo os caminhos de pedestres e veículos e outras atividades sobre o sistema de dunas. Todos os programas internacionais preconizam o controle das atividades recreativas nas áreas de uso intensivo das praias, a fim de evitar a destruição das dunas e sua vegeta-

ção. Isto pode ser impedido em grandes extensões, a partir da instalação de cercas na periferia do campo de dunas, direcionando os acessos transversais ao vento dominante (no RS, vento de nordeste) e a construção de passarelas por cima das dunas ou estrados de madeira pelo chão.

Com relação à diminuição da vegetação e consequente escape de areia para as avenidas e para as residências próximas das dunas, são indicadas ações que colaborem com a permanência da areia sobre o sistema, como a colocação de cobertura morta (cascas de árvores ou mesmo galhos secos, sem presença de sementes que poderão germinar) e posterior plantio de vegetação nativa (*Panicum racemosum* e *Senecio crassiflorus*).

A erosão nas áreas adjacentes aos sangradouros pode ser amenizada com o preenchimento das dunas adjacentes, importando sedimento similar de outros locais e, após, realizar o plantio de vegetação capaz de estabilizar a duna.

Paralelamente a todas estas ações e para o sucesso do plano de gestão, é necessária uma estratégia de informações para a comunidade e de programas de sensibilização pública, pois somente preservamos e colaboramos com ações de melhoria quando compreendemos a real necessidade destas.

Considerações finais

O levantamento da situação atual das dunas do município de Xangri-lá e dos conflitos existentes caracteriza a orla como intensamente urbanizada, apresentando o sistema de dunas com características naturais em apenas algumas áreas.

A metodologia utilizada para o levantamento atual das condições da orla marítima do município, que abrange tanto observações cíclicas de campo quanto levantamentos de dados topográficos e de vegetação, auxilia de forma integrada na identificação dos conflitos, indicando áreas e características que tornam o sistema frágil.

O conhecimento das características principais do sistema de dunas auxilia os gestores no estabelecimento de critérios a serem utilizados no manejo das dunas. A identificação da vegetação predominante, por exemplo, indica qual a espécie que se torna mais suscetível ao sucesso do plantio frente ao manejo de dunas, assim como a identificação do perfil da duna leva ao estabelecimento das características principais a serem respeitadas na necessidade de recuperar um trecho do sistema de dunas não mais existente.

Em geral, no litoral gaúcho, a manutenção e a recuperação das dunas costeiras são exclusivamente de responsabilidade do órgão municipal, ao contrário do que ocorre em outras locais, como em Nova Jersey-USA (CONWAY; NORDSTROMA, 2003), onde a população residente possui papel fundamental neste processo.

As municipalidades são responsáveis pela elaboração do Plano de Manejo de Dunas e também pela sua execução. Porém, por falta de servidores especializados nesta prática, falta de recursos e muitas vezes por descaso por parte das administrações, este não é colocado em prática. No Estado, além da população residente não contribuir com estas práticas, a presença de resíduos sólidos na orla provenientes da inadequada manipulação ou eliminação por parte dos frequentadores contribui para o péssimo aspecto estético conferido pelo acúmulo de resíduos sólidos na praia.

Somando-se os processos de erosão atuantes na costa do Rio Grande do Sul à carência de ações que minimizem este processo e à falta de comprometimento dos usuários da praia, desenvolve-se um cenário de degradação ambiental e de descaracterização cênica que se opõe com a situação econômica deste município, que depende diretamente do turismo e do veraneio.

Quando defrontamos o processo descrito acima com os princípios oriundos da Agenda 21, identifica-se uma carência na disseminação das informações para a população local, na educação para o desenvolvimento sustentável e na participação efetiva das comunidades locais nos processos de preservação das características naturais. Outro fator relevante nesta análise é o lento desenvolvimento da capacidade institucional frente a estes problemas, refletido na falta de qualificação do funcionalismo e de ações concretas.

Neste sentido, a falta de comprometimento da gestão municipal frente ao cenário de erosão já mencionado na literatura alerta para um futuro onde esta erosão, hoje ainda em estágio inicial, não poderá ser contida apenas com os métodos citados anteriormente (não estruturais), tornando o processo de recuperação mais lento e oneroso. Um ponto positivo das ações do município é o estabelecimento de cooperação e parceria com instituições de ensino na busca de minimizar os efeitos da falta de qualificação do funcionalismo.

De forma geral, a falta de gestão das zonas costeiras está contribuindo irreversivelmente para a degradação progressiva do patrimônio natural do Estado do Rio Grande do Sul, incluindo a paisagem cênica, que é um dos seus elementos essenciais e do qual os municípios dependem diretamente como fonte de renda. Promover a compreensão e a conservação para que se perpetue este ambiente depende diretamente deles, os gestores costeiros, e para garantir que as atividades de turismo e o veraneio se mantenham é importante compreender não só a situação e os processos atuais, mas também aqueles processos ativos no recente passado geológico, como é o caso da erosão.

Além de todos os desafios e necessidades apontados com relação à manutenção das atividades de turismo e de veraneio na zona costeira, deve-se ter explícito que estas são essenciais para os municípios e sempre gerarão mudanças ambientais.

Por fim, a questão primordial – com relação à legislação e aos Planos de Manejo de Dunas – encontra-se na exigência de se formular os planos sem a necessidade de executá-los.

Referências

ANDRÉS-ABELLÁN, M.; ÁLAMO, J.; LANDETE-CASTILLEJOS, T.; LÓPEZ-SERRANO, F.; GARCÍA-MOROTE, F.; DEL CERRO-BARJA, A. Impacts of Visitors on Soil and Vegetation of the Recreational Area “Nacimiento Del Río Mundo” (Castilla-La Mancha, Spain). *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 101, n. 1-3, p. 55-67, 2005.

ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. The Significance of Solid Wastes with Land-Based Sources for a Tourist Beach: Pernambuco, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 1, n. 1, p. 28-34, 2006.

ASMUS, M.; KITZMANN, D.; LAYDNER, C.; TAGLIANI, C. R. A. Gestão costeira no Brasil: instrumentos, fragilidades e potencialidades. *Revista de Gestão Costeira Integrada - Edição especial: Políticas Públicas*, v. 5, p. 52-57, 2006.

BIRD, E. C. F. *Beach Management*. New York: Wiley, 1996.

BOWLES, J. M.; MAUN, M. A. A Study of the Effects of Trampling on the Vegetation of Lake Huron Sand Dunes at Pinery Provincial Park. *Biological Conservation*, v. 24, p. 273-283, 1982.

- BRASIL. *Lei n. 4.771, de 1965*. Art. 3º, Código Florestal Brasileiro. D.O.U. de 16.9.1965.
- _____. *Lei n. 7.661*, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Brasília: D.O.U. de 18.5.1998.
- _____. *Resolução n. 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM)*, de 21 de novembro de 1990.
- _____. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira brasileira*. Brasília: MMA/SBF, 2002a.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. *Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada*. Brasília: MMA/SQA, Brasília: MP/SPU, 2002b.
- CARLSON, L. H.; GODFREY, P. J. Human Impact Management in a Coastal Recreation and Natural Area. *Biological Conservation*, Nortolk, v. 49, p. 141-156, 1989.
- CICIN-SAIN, B., KNECHT, R. W. *Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices*. Washington, D.C.: Island Press, 1998.
- CÓDIGO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. *Lei n. 11.520, de 03 de agosto de 2000*. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Artigo n. 236 do Cap. XVI. Expediente n. 3600-08.01/98-5.
- COE, J. M.; ROGERS, D. B. *Marine Debris: Sources, Impacts and Solutions*. Nova York: Springer-Verlag, 1997.
- CONWAY, T. M.; NORDSTROMA, K. F. Characteristics of Topography and Vegetation at Boundaries between the Beach and Dune on Residential Shorefront Lots in Two Municipalities in New Jersey, USA. *Ocean & Coastal Management*, v. 46, p. 635-648, 2003.
- CORDAZZO, C. V.; PAIVA, J. B.; SEELINGER, U. *Guia Ilustrado: plantas das dunas da costa sudoeste atlântica*. Pelotas: Editora USEB, 2006.
- DILLENBURG, S. R.; ESTEVES, L. S.; TOMAZELLI, L. J. A Critical Evaluation of Coastal Erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 76, n. 3, p. 611-623, 2004.
- ESTEVES, L. S.; SILVA, A. R. P.; AREJANO, T. B.; PIVEL, M. A. G.; VRANJAC, M. P.; BARLETTA, R. C. Coastal Development and Human Impacts along the Rio Grande do Sul Beaches, Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 35, p. 548-556, 2003.
- ESTEVES, L. S.; TOLDO Jr., E. E.; DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J. Long- and Short- Term Coastal Erosion in Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. 36, p. 273-282, 2002.
- FEPAM, 2009. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. *Programas e projetos: Programa de Gerenciamento Costeiro – GERCO*. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/programa_gerco.asp>. Acesso em: jan. 2010.
- GOLDBERG, E. D. Emerging Problems in the Coastal Zone for the Twenty-First Century. *Marine Pollution Bulletin*, v. 31, n. 4-12, p. 152-158, 1995.
- GRUBER, N. L. S.; CORRÊA, I. C. S.; TABAJARA, L. L.; SILVA, C. R. C.; SOUZA, R. R.; SILVA, D. C.; UGRI A.; BORGES, C. L. L. *Diagnóstico de vulnerabilidade dos campos de dunas frontais do Município de Xangri-lá-RS como subsídio ao plano de manejo*. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica CECO/IG/UFRGS e Prefeitura Municipal de Xangri-lá. Documento técnico, 2005.
- HESP, P. A. *Coastal Sand Dunes: Form and Function*. CDVN Technical Bulletin n. 4. Massey University, 2002.
- HYLGAARD, T. Recovery of Plant Communities on Coastal Sand-Dunes Disturbed by Human Trampling. *Biological Conservation*, v. 19, n. 1, p.15-25, 1980.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatísticas: *Censos*. 2006. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: nov. 2009.
- IVAR DO SUL, J.; COSTA, M. F. Marine Debris Review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until Now, and Where do We Go From Here? *Marine Pollution Bulletin*, v. 54, p. 1087-1104, 2007.
- LAIST, D. W. Overview of the Biological Effects of Lost and Discarded Plastic Debris in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, v. 18, p. 319-326, 1987.
- LEUNG, YU-FAI; MARION JEFFREY, L. Recreation Impacts and Management in Wilderness: a State-of-Knowledge Review. In: COLE, D. N.; McCOOL, S. F.; BORRIE, W. T.; OÁ'LOUGHLIN, J. Wilderness Science in a Time of Change Conference-Volume 5: Wilderness ecosystems, threats, and management. Missoula, MT. *Proceedings RMRS-P-15-VOL-5*. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, p. 23-48, 2000.
- LIDDLE, M. J.; GREIG-SMITH, P. A Survey on Tracks and Paths in a Sand Dune Ecosystem. II. Vegetation. *Journal of Applied Ecology*, v. 12, p. 909-930, 1975.

MORAES, A. C. R. *Os impactos da política urbana sobre a zona costeira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente, MMA, 1995.

NASH, A. D. Impacts of Marine Debris on Subsistence Fishermen. An Exploratory Study. *Marine Pollution Bulletin*, v. 24, p. 150-156, 1992.

NOLLKAEMPER, A. Land-Based Discharges of Marine Debris: from Local to Global Regulation. *Marine Pollution Bulletin*, v. 28, p. 649-652, 1994.

PORTZ, L. *Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-Lá, Litoral Norte do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado em Geociências) – UFRGS. Porto Alegre, 2008.

_____; MANZOLLI, R. P.; IVAR DO SUL, J. A. Marine Debris on Rio Grande do Sul North Coast, Brazil: Spatial and Temporal Patterns. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. In press. Available in: <http://aprh.pt/rgci/pdf/rgci-187_Portz.pdf>. 2010.

ROSA, L. S.; CORDAZZO, C. V. Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da praia do cassino (RS). *Cadernos de Ecologia Aquática*, v. 2, n. 2, p. 1-12, 2007.

SOIL CONSERVATION SERVICE. *Beach Dunes: Their Use and Management*. Sydney: Soil Conservations Service of NSW, 1986. 32 p.

STOTT, T.; HINDSON J.; CRUMP R. *Sand Dunes - A Practical Coursework Guide*. Shrewsbury: Field Studies Council Publications, 1993.

STROHAECKER, T. M. *A urbanização no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental no município de Capão da Canoa*. Tese (Doutorado Ciências) – UFRGS. Porto Alegre, 2007.

TABAJARA, L. L. C. A. Controle morfodinâmico na formação e desenvolvimento das dunas frontais no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ABEQUA, 10., 2005. Guarapari-ES. *Anais*.

TOLDO Jr., E. E.; ALMEIDA, L. E. S.; BARROS, C. A. M. L. R. Retreat of the Rio Grande do Sul Coastal Zone, Brazil. In: MARTINS L. R.; SANTANA C. I. (Eds.). *Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999.

VILLWOCK, J. A. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, v. 16, p. 5-49, 1984.

_____. A costa brasileira: geologia e evolução. *Notas Técnicas*, v. 7, p. 38-49, 1994.

Recebido em julho de 2010.

Aceito em outubro de 2010.

Publicado em dezembro de 2010.

TÉCNICAS DE MANEJO

Subdivisão composta por 02 artigos, sendo reportadas as técnicas que estão sendo utilizadas no manejo das dunas no estado do Rio Grande do Sul.

3. Iniciativas de manejo de dunas frontais como medida de controle de erosão no estado do Rio Grande do Sul – Brasil.

Capítulo de livro in: Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina. Volumen II. ” Data prevista para publicação 2012

PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., GRUBER, N. S.; STROHAECKER, T.M.; OLIVEIRA, R.M.

4. Técnicas de reconstrução de dunas para o sul do Brasil: soluções e problemas enfrentados.

Não submetido.

PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., HERMANNNS, L.; ALCÁNTARA-CARRIÓ, J.

INICIATIVAS DE MANEJO DE DUNAS FRONTAIS COMO MEDIDA DE CONTROLE DE EROSÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL

Portz, L; Gruber, N.; Strohaecker, T.; Manzolli, R.P.; Oliveira, R.M.

INTRODUÇÃO

A ocupação da zona costeira no Brasil vem se intensificando nas últimas décadas, decorrente de três vetores prioritários de desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (MORAES 1999). Além desses vetores destacam-se também, as migrações intrarregionais, a reestruturação produtiva e as emancipações municipais com a inserção de novos contingentes populacionais, de usos e atividades nos municípios litorâneos. A contextualização desses processos é essencial para o entendimento da dinâmica socioespacial da Zona Costeira Brasileira na atualidade (GRUBER et al. 2009; ZAMBONI & NICOLODI 2008; DOBROVOLSKI & LAYDNER 2000).

O Rio Grande do Sul (RS), estado mais meridional do Brasil, acompanhou a tendência nacional de urbanização em seu território. A configuração territorial do estado é produto das formações socioeconômicas que se constituíram ao longo do tempo, caracterizadas pela diversidade cultural e pelas desigualdades regionais (STROHAECKER 2007).

A distribuição espacial das atividades humanas e suas ocupações, inseridas a ambientes naturais, nos remete a uma teia onde todos os elementos estão interligados formando um único conjunto. Mas o conflito entre ocupação humana, economia e preservação ambiental está distante da imagem de harmonia, principalmente para os municípios litorâneos que apresentam sua economia voltada principalmente para as atividades de turismo e veraneio.

Estes municípios necessitam oferecer uma estrutura sólida, com melhoria nos serviços (segurança, higiene e alimentação), facilidades de acesso à praia, assim como a proteção das infraestruturas urbanas contra os processos de erosão. Todas estas questões aliada à beleza cênica, garantida pela proteção e manutenção das áreas de preservação, como o sistema de dunas.

Neste contexto, a manutenção ou restauração deste ambiente quando alterado se alcança com medidas que minimizem as causas que conduziram a sua alteração, assim como técnicas de reconstrução topográfica. A administração eficaz destes aspectos assim como o conhecimento de áreas de vulnerabilidades presentes nos seus municípios gera consequências significativas para o futuro do gerenciamento da zona costeira.

Sobre estes aspectos incide uma mudança na prática e na forma de ocupação da zona costeira, com delimitação de limites e áreas de proteção, e desta forma dando um novo desenho a este ambiente.

Neste sentido este estudo teve dois objetivos:

- qualificar as principais alterações antrópicas encontradas na orla do Rio Grande do Sul;

- e, explicar sobre as diferentes técnicas de reconstrução e manutenção deste ambiente que estão sendo adotadas como práticas de gestão pelos municípios do RS.

Zona Costeira do Rio Grande do Sul

A costa do RS desde Torres, ao norte, até a desembocadura do Arroio Chuí, ao sul, é constituída por uma ampla planície costeira com cerca de 620 km de extensão e até 120 km de largura, onde um sistema de barreiras arenosas aprisiona um gigantesco sistema lagunar (Lagunas dos Patos e Mirim) e uma série de outros corpos de água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos (VILLWOCK 1984). Sua formação, durante o Período Quaternário, desenvolveu-se a partir da justaposição lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira, cuja formação foi controlada pelas flutuações do nível do mar durante o Quaternário (barreira-laguna I, II e III de idade Pleistocênica e sistema IV, que iniciou sua formação há cerca de 7 ka), constituindo uma sucessão de terraços marinhos e lagunares (VILLWOCK 1984). A atual linha de costa da planície costeira apresenta uma orientação geral Nordeste-Sudoeste com praias arenosas retilíneas e contínuas, predominantemente dominadas por ondas, submetida a um regime de micro-marés (0,48 m) (ALMEIDA et al. 1997).

Apresenta setores de costa progradantes e retrogradantes de distintos graus de vulnerabilidade à erosão, cujo comportamento é acentuado pela passagem de ciclones, os quais produzem intensas tempestades e marés meteorológicas (PARISE 2009). A antepraia superior e inferior é extensa e rasa com limite externo na profundidade de 10 m (TOLDO et al. 2006). Durante o verão e a primavera, as ondulações e as vagas geradas no Oceano Atlântico Sul são provenientes de nordeste. Nos meses de inverno são acentuadas a passagem das frentes frias de sul e sudeste. A maré astronômica é semi-diurna, com amplitude média de 0,25 m, sendo que a maré meteorológica pode alcançar 1,2 m em Tramandaí (ALMEIDA et al. 1997) a 1,6 m em Rio Grande (PARISE et al. 2009).

Atualmente o órgão ambiental estadual - FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS) subdivide a zona costeira do estado em 3 áreas distintas, litoral sul, litoral médio e litoral norte (Figura Nº 1). O litoral sul abriga um dos mais relevantes ecossistemas naturais do estado, onde os banhados e as áreas úmidas associadas às lagoas e cursos d'água constituem aspecto dominante na paisagem. Esta região sofre o impacto do uso abusivo da agricultura e pecuária, em virtude da sua formação geológica recente, cuja vegetação se encontra ancorada em uma tênue camada de solo arenoso, apresentando também áreas de silvicultura, com espécies exóticas. O turismo voltado para recreação, entretenimento ou descanso em praias neste trecho do litoral se concentra no balneário Cassino, atraindo uma parcela muito grande da população da metade sul do RS. Nesta região também se encontra o porto do Rio Grande, importante para a economia do estado e que atualmente encontra-se em processo de modernização e expansão, alterando visivelmente o desenvolvimento regional.

O litoral médio compreende áreas do entorno da Laguna dos Patos, verificando-se importantes diferenças ambientais e socioeconômicas entre a porção a leste e a porção a oeste da laguna. A porção leste é formada por uma extensa barreira arenosa que separa a laguna do oceano. Esta barreira arenosa comporta ecossistemas marinhos e lagunares. As atividades econômicas nesta região são incipientes, mas localmente importantes, sendo a agropecuária e a silvicultura as principais

geradoras de renda para as comunidades locais. Nesta porção do litoral do RS o turismo ainda é pouco explorado, mas as atividades de veraneio são a principal atividade de lazer para a comunidade local.

A porção oeste do litoral médio compreende municípios com praias de água doce da Laguna Patos. Existe uma grande heterogeneidade espacial neste trecho, apresentando matas nativas bem preservadas, banhados de água doce permanentes, lagoas interiores, dunas e marismas. A ocupação humana está em ampla expansão, com atividades econômicas voltadas para a agricultura, a pecuária e a silvicultura. Já o turismo e o veraneio são atividades econômicas de pequena representatividade, mas que também se encontram em expansão.

O litoral norte compreende uma faixa arenosa, relativamente estreita, que separa o mar da escarpa do planalto meridional. Tendo sua economia preponderantemente associada às atividades turísticas e de veraneio, esta região apresenta um elevado e crescente grau de urbanização. Segundo o último censo populacional, nesta região, estão localizados alguns dos municípios com maior taxa de crescimento do estado, Xangri-Lá (4,23 %), Arroio do Sal (3,92 %), Balneário do Pinhal (3,83 %) e Imbé (3,74 %) (IBGE 2010). Esta região é a única que possui, desde 2000, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEEc) desenvolvido pela FEPAM (DOBROVOLSKI & LAYDNER 2000). Não obstante, este se encontra em processo de revisão e detalhamento, visando sua adequação em escala municipal e ao Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro Estadual.

CAUSAS DA DEGRADAÇÃO DAS DUNAS NO RIO GRANDE DO SUL

As dunas costeiras são feições geomorfológicas presentes nas praias arenosas. Estas contribuem com o balanço sedimentar do sistema praia - duna - antepraia (TOLDO Jr. et al 2006), auxiliando na preservação das características do ambiente costeiro, protegendo-o contra a ação de ressacas e ondas de tempestade.

Na legislação brasileira (Lei nº 4.771/65) as dunas são consideradas área de preservação permanente (APP). As APPs são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, e que apresentem função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. Dentro deste conceito são consideradas APPs as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água; ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; nas nascentes; no topo de morros, montes, montanhas e serras; nas encostas, nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; nas bordas dos tabuleiros ou chapadas; em altitude superior a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação. As APPs também podem ser declaradas pelo Poder Público, quando destinadas a atenuar a erosão das terras; a fixar as dunas; a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; ou a assegurar condições de bem estar público. Em síntese, a referida lei estabelece a proteção de um conjunto de ambientes e ecossistemas costeiros (praia, duna, banhados, sangradouros, lagoas e mata de restinga) auxiliando na sua preservação e manutenção.

As praias e dunas são particularmente uma atração para o desenvolvimento residencial e recreacional. Devido a esta peculiaridade, a população tem se instalado o mais próximo possível destes locais, modificando a vegetação e a estrutura original deste ambiente (Figuras Nº 2, 3, 4, 5 e 6).

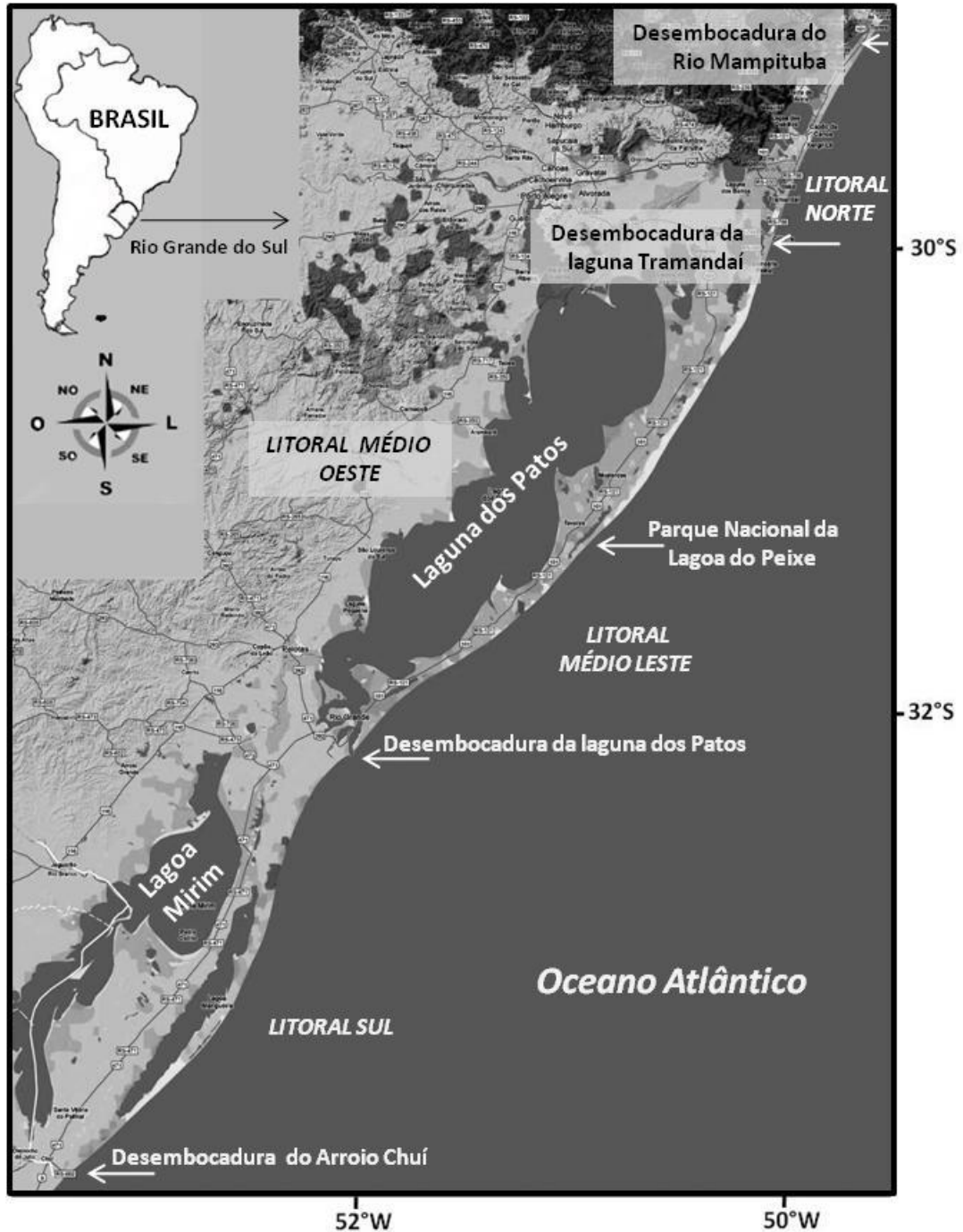


FIGURA Nº 1 - Litoral do Rio Grande do Sul. Mapa base: Google Maps.



FIGURA Nº 2 - Expansão da ocupação por condomínios horizontais, faixa de dunas estreitas, em Xangri-lá, litoral norte do RS. Fonte: Google Earth, 2011. Coordenada central: $29^{\circ}49'54.49''S$, $50^{\circ}03'06.96''O$.



FIGURA Nº 3 - Pequenos balneários entre o sistema de dunas móveis. Vila de pescadores, Tavares, litoral médio do RS. Fonte: Google Earth, 2011. Coordenada central: $31^{\circ}16'41.05''S$, $50^{\circ}56'32.12''O$.



FIGURA Nº 4 - Desenvolvimento do balneário preservando uma faixa de 200 m de dunas ao longo de toda área urbanizada. Balneário Cassino, Rio Grande, litoral sul do RS. Fonte: Google Earth, 2011. Coordenada central: 32°11'22.22''S, 52°09'30.01''O.



FIGURA Nº 5 - Porção do litoral em acentuado processo de erosão, sem presença do cordão de dunas. Praia do Hermenegildo, Santa Vitória do Palmar, litoral sul. Fonte: Google Earth, 2011. Coordenada central: 33°39'49.80''S, 53°15'37.86''O.



FIGURA Nº 6 - Balneário Albarada, Santa Vitória do Palmar, litoral sul do RS. Google Earth, 2011. Coordenada central: 33°40'04.64'', 53°21'42.12''O.

A seguir, destacam-se os principais tipos de degradação antrópica comumente encontradas no estado:

Turismo e veraneio - Alguns dos resultados da pressão recreativa sobre o sistema de dunas são os danos do pisoteio sobre a vegetação e os efeitos ecológicos desse tipo de impacto (BOWLES 1982). São identificados, na área de dunas, inúmeros locais de travessia de carros e motos. Estas atividades, direta ou indiretamente, afetam significativamente a vegetação das dunas, pois o tráfego contínuo propicia o aparecimento de trilhas sobre a vegetação responsável pela fixação das dunas. A presença de trilhas formadas pelo pisoteio de pessoas é outro problema encontrado no ambiente, devido à utilização das dunas como via de acesso para chegar à praia. Este processo provoca um alto grau de compactação do terreno, apresentando alta resistência à penetração, podendo dificultar uma nova colonização. Este tipo de impacto também acaba facilitando a erosão e induzindo a uma grande área com perda da cobertura vegetal e, conseqüentemente, podendo iniciar a formação de corredores de deflação (STOTT et al. 1993), o que representa sérios riscos não só à flora adjacente como também à fauna acompanhante.

Retirada de areia e construções irregulares - Extração de areia das dunas, usada como aterro na construção civil para expansão imobiliária. Neste sentido, a especulação imobiliária vem promovendo um desmonte das dunas para sua expansão, reduzindo drasticamente sua largura, onde transformou parte das dunas fixas em móveis, também converteu algumas dunas móveis em fixas, para tornar possível as construções. Essas interferências na dinâmica natural alteraram o transporte de sedimentos e interferiram no aporte de areia para o sistema praias.

Sangradouros - Situações de erosão na face de praia ou no sistema de dunas ocasionadas pelo aumento de fluxo de escoamento de água em episódios de chuva excessiva.

Pastagem - Ação de pastagem pelo gado sobre a gramínea *Panicum racemosum* (principal espécie formadora e fixadora de dunas) (ROSA & CORDAZZO 2007), este impacto tem reduzido a capacidade de retenção de areia nas dunas frontais do sul do Brasil, permitindo assim, que grande parte da areia migre para áreas anteriormente estabilizadas.

Espécies exóticas - Utilização das dunas como locais para plantações de espécies exóticas, como por exemplo, *Pinus elliottii* e *Eucalyptus sp.* (CORDAZZO 2006), as quais diminuem os recursos de nutrientes do substrato, aumentam a acidificação do solo, além de alterar o equilíbrio hídrico do ambiente. Como consequência, um aumento na profundidade do lençol freático reduz a cobertura vegetal natural do ambiente. A introdução acidental de espécies exóticas (resultantes da limpeza de jardins, deposição de lixo orgânico, etc) ou intencional (usadas em programas de fixação e estabilização de areia), tais como *Carpobrotus chilensis*, tem resultado na formação de comunidades vegetais totalmente diferentes das originais (PORTZ 2010), alterando assim também a estrutura da fauna acompanhante.

O efeito combinado tanto das perturbações naturais como das ações antrópicas podem levar a uma perda da estabilidade e integridade da costa, induzindo a mudanças nas unidades fisiográficas e alterando a paisagem, quase sempre com uma significativa redução na biodiversidade.

HISTÓRICOS DE AÇÕES DE PROTEÇÃO DE DUNAS

A implementação de planos de manejo de dunas é um importante instrumento para a conservação destes ambientes, já que neste tipo de planejamento se prevem os possíveis usos do ambiente nas diferentes esferas, em um longo período de tempo.

Na prática, os planos de manejo de dunas baseiam-se nas seguintes estratégias (SOIL CONSERVATION SERVICE 1990): conservação do sistema de dunas existentes, concedendo uma zona tampão entre as propriedades privadas e as áreas ativas de praia; recuperação das dunas com distúrbios e controle das atividades recreativas.

Os planos, ao controlar as formas de utilização e apropriação do espaço de dunas, além de controlar a degradação da vegetação, destaca as implicações do Código Florestal Brasileiro (Artigo 3º) que considera este ambiente como Área de Preservação Permanente.

No Rio Grande do Sul, os planos de manejo de dunas costeiras devem seguir as orientações estabelecidas pela FEPAM, sendo alvo de licenciamento ambiental. Este é um procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, neste caso estadual, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental (FEPAM 2009).

Dentre os municípios que apresentam atividades de preservação e recuperação do sistema de dunas, o balneário da Praia do Cassino, localizado no município de Rio Grande, litoral sul, denota as datas mais antigas. Em 1986, o NEMA (Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental) iniciou os trabalhos de recuperação do sistema de dunas, desenvolvendo um plano-piloto em uma área de 800 m². Neste local, o cordão de dunas havia sido retirado para extração de areia e, com o uso de

galhação, material oriundo das podas realizadas no outono e inverno, após um ano, foram obtidos resultados positivos com o acúmulo de areia e recuperação do cordão frontal, o qual foi sendo fixado pelo restabelecimento da cobertura vegetal nativa. Desde 1989, as atividades contam com o apoio contínuo da Prefeitura Municipal de Rio Grande, através da Autarquia do Balneário Cassino e da Secretaria Municipal de Pesca, Agricultura e Meio Ambiente (NEMA 2006).

No litoral norte, entre março de 1998 e abril de 2000, foi desenvolvido nas praias de Atlântida Sul e Mariápolis, município de Osório, um plano experimental de manejo das dunas. Esse plano promoveu ações para proteger, recuperar e ordenar o uso de uma área piloto de 1 km de extensão de praia, testando a efetividade de métodos estruturais na construção de dunas frontais e confrontando com os programas internacionais de manejo de dunas (TABAJARA 2003; TABAJARA 2001).

Nos demais municípios, com presença de áreas de dunas, os planos de manejo só se iniciaram a partir de 2004 com as exigências da FEPAM, através do of. Circular FEPAM/PRES/12-04. Com a sua publicação, o órgão ambiental não mais analisará intervenções isoladas para atividades no ambiente de dunas, devendo todas as proposições estarem previstas em um plano de manejo a ser encaminhado pelas municipalidades, buscando com que a formulação das intervenções físicas deixe de ser pontual, passando-se a considerar o conjunto das intervenções necessárias e a dinâmica do ambiente onde está inserida.

Atualmente, a execução dos planos de manejo de dunas é de responsabilidade dos municípios, podendo estes transferir parte desta atividade para a iniciativa privada como medida compensatória à construção de condomínios e novos loteamentos.

Neste quadro mais recente, o CECO/IG/UFRGS vêm celebrando convênios com os municípios do litoral norte como Xangri-lá (2004-2006) (GRUBER et al. 2007), Capão da Canoa (2007-2009) (GRUBER et al 2009) e Arroio do Sal (2009-2011) (GRUBER et al. 2011a) com o objetivo de buscar soluções adequadas à degradação das dunas frontais frente aos impactos de natureza física e antrópica. Através destes convênios são desenvolvidos estudos de diagnóstico e classificação da orla, elegendo áreas prioritárias ao manejo e à preservação, como base para estratégias e técnicas de manejo de dunas a serem usadas na solução dos problemas de erosão e na melhoria dos acessos à praia. Estes estudos vêm se estabelecendo como referenciais metodológicos importantes para a construção dos planos de manejo de dunas, tendo como base o conhecimento científico do campo da geologia e morfodinâmica, bem como nos processos de territorialização e adequação às normativas legais. Alguns destes aspectos foram discutidos no primeiro volume desta publicação (LÓPEZ & MARCOMINI 2011) por GRUBER et al (2011b).

O desenvolvimento de projetos de manejo no sistema de dunas passa pela integração e análise de grande quantidade de dados, como a caracterização ambiental e da ocupação da orla, visando a sua setorização e à determinação de prioridades às intervenções e demandas do município.

Neste sentido, os planos de manejo de dunas desenvolvidos nos municípios do Rio Grande do Sul, conforme pesquisa diretamente com os municípios, mesmo não apresentando a mesma metodologia, levantaram dados similares como, por exemplo: acessos à praia, cursos de drenagem, ocupações irregulares e loteamentos, usos da praia e das dunas (presença de quiosques, áreas de pesca e surfe, entre outros), assim como a realização de perfis topográficos e a ecologia das dunas. Estes dados serviram como base para a identificação e ordenamento dos diferentes usos e das atividades

desenvolvidas na orla costeira, assim como para a obtenção da classificação das praias de acordo com seus usos predominantes. Estes dados também serviram para a valoração e qualificação das praias consideradas estratégicas por motivos ambientais ou turísticos, para identificar os melhores caminhos para o desenvolvimento das atividades específicas da orla costeira e para a defesa e conservação deste ambiente.

Com a implementação dos planos pelos municípios espera-se que ocorra um aumento do grau de conservação e manejo do ecossistema de dunas do litoral do Rio Grande do Sul, por meio do controle e ordenamento das atividades neste ambiente e da recuperação das áreas em processo de degradação.

PRÁTICAS DE MANEJO DE DUNAS PRESENTES NO RIO GRANDE DO SUL

Todos os programas internacionais preconizam o controle das atividades recreativas nas áreas de uso intensivo das praias, a fim de evitar a destruição das dunas e sua vegetação. Isto pode ser impedido em grandes extensões, a partir da instalação de cercas na periferia do campo de dunas, direcionamento dos acessos e construção de passarelas por cima das dunas ou estrados de madeira dispostos no solo arenoso.

Seguindo estas práticas internacionais e somando-se às normativas e os instrumentos legais brasileiros, os municípios do RS vêm aplicando diversas técnicas de recuperação e manutenção da orla, visando desta forma um melhor ordenamento territorial com a preservação das APPs e proteção contra processos de erosão. Algumas técnicas são apontadas, a seguir:

Acesso à praia - Passarelas e esteiras

Acessibilidade garantida a partir de estruturas como passarelas, esteiras ou por estacas (Figuras Nº 7A, 7B e 7C). De acordo com normas da FEPAM, estas devem ter largura máxima de 2 m, serem implantadas transversalmente à direção do vento dominante (nordeste) e ser exclusiva para pedestres. O material a ser utilizado na sua construção deve ser madeira (troncos e tábuas) construída de forma a proporcionar um caminho fixo para pedestres e cadeirantes, dotada de acesso fácil desde a rua mais próxima até a zona de pós-praia. As passarelas proporcionam um trecho de acesso livre abaixo da mesma (aproximadamente 2 m), permitindo a dinâmica de sedimentos e, desta forma, diminuindo a pressão sobre as dunas.



FIGURA Nº 7- Acessos de pedestres às praias em Xangri-lá e Osório. (A) Estacas de madeira enterradas diretamente na duna; (B) esteiras sobre a duna e (C) passarela. Fotografia: Luana Portz, (A) 13 de fevereiro de 2010; (B) 06 de janeiro de 2010; (C) 21 de dezembro de 2009

Cobertura morta

Colocação de cobertura sobre as dunas frontais a partir de galhos secos ou cascas de árvores. Esta técnica tem a finalidade de reduzir a ação do vento sobre uma superfície sem vegetação, impedindo, desta forma, a erosão e mantendo seu volume, até que a vegetação nativa colonize a área (Figura Nº 7B).

Acesso funcional

Devem ser mantidos acessos à praia para veículos oficiais em missão de salvamentos e resgates, limpeza de resíduos sólidos, fiscalização e montagem de quiosques temporários. Estes preferencialmente são definidos em acesso consolidado de rua à praia, limitando o acesso por cancela ou qualquer estrutura limitante (Figura Nº 8).



FIGURA Nº 8 - Exemplo de acesso funcional em Arroio do Sal essencial para veículos autorizados, pedestres e cadeirantes. Fotografia: Acervo Labgerco/UFRGS.

Sangradouros

Sangradouros são cursos d'água que atuam na drenagem de zonas úmidas originadas através do acúmulo de água doce de origem pluviométrica em regiões adjacentes à costa, que ocorrem geralmente atrás da linha de dunas frontais. Tais feições têm sua importância e impactos intimamente relacionados às características geomorfológicas da costa, sendo mais comuns e tendo maior dimensão em zonas de micro-marés com baixa declividade da barreira arenosa.

Possuem um papel importante no escoamento de águas superficiais durante os períodos de chuvas, podendo carrear grandes quantidades de sedimentos de volta para o mar. Com isto, sofrem o rebaixamento do pós-praia, permitindo uma maior ação das ondas nas áreas adjacentes.

Intervenções nas áreas de sangradouros ocorrem em situações de erosão na face de praia ou no sistema de dunas ocasionadas pelo aumento de fluxo de escoamento de água em episódios de chuva excessiva. Em áreas com alto grau de urbanização estas intervenções ocorrem, principalmente, no sentido de preservar a integridade do sistema de dunas. Exemplos de intervenções em sangradouros na costa do Rio Grande do Sul podem ser visualizados nas Figuras Nº 9 e 10.



FIGURA Nº 9 - (A) Colocação da tubulação diretamente na face de praia. Este tipo de intervenção aumenta o risco de inundação e de erosão nas áreas adjacentes. (B) Deságue do sangradouro abaixo do quiosque. Fotografia: Rogério Manzolli (A) e (B) 29 de agosto de 2011.



FIGURA Nº 10 - Passagem da tubulação por de baixo da duna frontal, tornando desta forma o sistema de dunas contínuo e mais estável. (A) Construção de galeria passando por baixo do sistema de dunas; (B) utilização de canos. Fotografia: Rogério Manzolli (A) e (B) 29 de agosto de 2011.

Cercados

As cercas podem ser confeccionadas em madeira (troncos e tábuas) justapostas perpendicularmente à direção do vento predominante ao longo do ano (vento nordeste). Estas têm a finalidade de barrar o fluxo de sedimentos transportados pelo vento à sotavento das cercas para permitir a acumulação de sedimentos, sendo de grande importância para a reconstituição do sistema de dunas frontais (Figura Nº 11).

Estas também são utilizadas para contenção de corredores de deflação, ou seja, os corredores de erosão formados em meio às dunas frontais, causados normalmente pela ação dos ventos locais. Em muitos casos podem ter início a partir de pisoteio sobre as dunas e/ou por falta de cobertura vegetal nativa, deixando a superfície da duna exposta.

A acumulação de areias pelos cercados não é constante variando com o segmento da praia, com a distância dos sangradouros, com a sazonalidade, além de poder variar de ano para ano.



FIGURA Nº 11 - Uso de cercas para construção de dunas. (A) cercas recém-instaladas; (B) duna com mais de 1 m, 10 meses após a instalação. Fotografia: Luana Portz, (A) 18 de janeiro de 2010; (B) 10 de novembro de 2010.

Plantio de vegetação

Normalmente a plantio de vegetação é feita em áreas de corredores de deflação ou de escape de areia para áreas urbanizadas adjacentes. O plantio é feito em uma faixa transversal à corrente de ventos predominante para que se possam aprisionar os sedimentos das dunas e, assim, formar uma espécie de anteparo (Figura Nº 12). Alguns exemplos de vegetação nativa para fixar as dunas no RS são: *Senécio crassiflorus* (margarida das dunas), *Spartina ciliata* (capim de praia) e *Blutaparon portulacoides* (vegetação de dunas embrionárias).

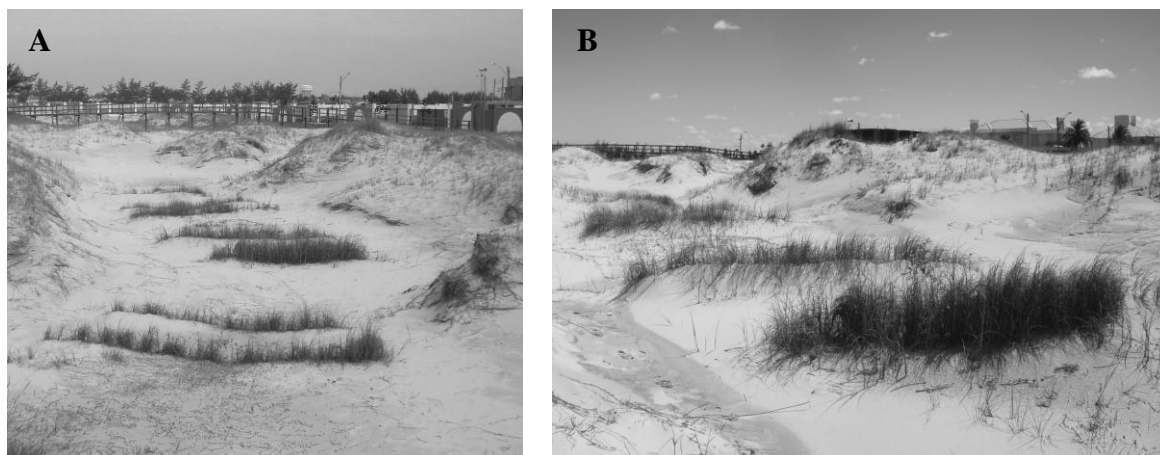


FIGURA Nº 12 - Uso de vegetação para conter um corredor de deflação no sistema de dunas. (A) vegetação recém transplantada formando linhas paralelas; (B) após 6 meses, com acúmulo considerável de sedimentos. . Fotografia: Rogério Manzolli, (A) 26 de novembro de 2009; (B) 10 de novembro de 2010.

Lagoas de amortecimento

Lagos/lagoas são criados a partir de zonas de depressão junto ao reverso do campo de dunas frontais como forma de corpo receptor de canais pluviais. São importantes para o amortecimento do fluxo pluvial direcionado à praia, atenuando a erosão das dunas e criando um ambiente paisagístico adequado ao ecossistema em questão (Figura Nº 13).



FIGURA Nº 13 - Lagoa de retenção das águas pluviais proporcionando uma melhora na paisagem praial em Capão Novo, Capão da Canoa - RS. Fotografia: Tânia Marques Strohaecker, 30 de janeiro de 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento dos conflitos existentes nas dunas dos municípios do RS e das técnicas que estão sendo utilizadas no gerenciamento destes conflitos, demonstram o empenho das prefeituras na manutenção e recomposição deste ambiente.

Porém, essas ações ainda se encontram em estágio inicial, contrapondo-se aos processos acelerados de degradação e erosão atuantes na costa, não atendendo às necessidades para a manutenção do equilíbrio deste ambiente. A maioria das práticas apresentadas neste capítulo está concentrada em apenas quatro municípios do litoral norte, ainda não sendo assimiladas pelos demais municípios.

Somados a esta carência de ações que minimizem este processo, a falta de comprometimento dos usuários da praia, conduz a um cenário de degradação ambiental e de descaracterização paisagística que se opõe com a situação econômica da maioria desses municípios que dependem diretamente das atividades de turismo e veranismo, como fonte de renda.

Através da obrigatoriedade do desenvolvimento dos planos de manejo de dunas pela FEPAM, tem-se dado os primeiros passos através dos estudos relacionados ao uso e à ocupação da zona costeira, computando o comportamento atual da morfodinâmica local, assim como o comportamento de longo período da linha de costa. Dessa forma, problemas relacionados com a vulnerabilidade à erosão podem ser minimizados através da adoção de medidas preventivas, de controle e corretivas, sob a coordenação política do Estado.

Os planos de manejo desenvolvidos com o apoio de instituições como o CECO, estão suprimindo a carência de técnicos especializados para diagnosticar as causas da erosão e selecionar as técnicas

de manejo mais adequadas. Uma vez que, as técnicas indicadas neste capítulo, começaram a ser aplicadas recentemente, estas ainda estão sendo testadas e adaptadas conforme as respostas individuais apresentadas.

A não colocação em prática das técnicas indicadas nos planos é, muitas vezes, justificada pela falta de recursos para desapropriar áreas de interesse ecológico, para desenvolver projetos de preservação e recuperação de áreas degradadas ou ameaçadas, além da contratação de fiscais necessários para controlar as atividades neste ambiente. Estes problemas poderiam ser minimizados por meio de convênios dos municípios com o governo federal ou ainda com empresas privadas, facilitando desta forma a captação de recursos.

A forma encontrada atualmente pelos municípios para recuperar pequenas faixas do sistema de dunas, é através de medidas compensatórias. Trata-se de uma indenização paga por um empreendedor que causa um determinado impacto não mitigável, sendo destinada a compensar impactos ambientais negativos, custos sociais que não podem ser evitados ou uso de recursos ambientais não renováveis. Na região costeira do estado do RS, as medidas compensatórias são normalmente assinadas em função da construção de condomínios horizontais implantados próximos ao sistema de dunas.

Portanto, é necessário promover a compreensão e a conservação dos ambientes litorâneos por parte dos gestores públicos e da sociedade civil organizada, a fim de que se possa garantir que as atividades de turismo e de veranismo se mantenham como fontes de renda para as comunidades locais. Além do entendimento dos processos atuais, urge desvendar àqueles processos ativos no recente passado geológico, como é o caso da erosão costeira.

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, L.E.S.B.; ROSAURO, N.M.L.; TOLDO Jr., E.E. Análise Preliminar das Marés na Barra do Rio Tramandaí, RS. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 7, 1997. Vitória, ES, Anais... Vitória. 1997. p. 560-566.
- BOWLES, J. M.; MAUN, M. A. A Study of the Effects of Trampling on the Vegetation of Lake Huron Sand Dunes at Pinery Provincial Park. *Biological Conservation*, v. 24, p. 273-283. 1982.
- CORDAZZO, C.V.; PAIVA, J.B.; SEELINGER, U. **Guia Ilustrado: Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica**. Pelotas: Editora USEB, 2006. 107 p.
- DOBROVOLSKI, R.L.; LAYDNER, C.P. (Coord.). Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte. Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria do Meio Ambiente, Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental - nº 1, Porto Alegre, RS, Brasil. 2000, 90 p. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/>
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER - RS. Programas e Projetos: Programa de Gerenciamento Costeiro - GERCO. Disponível em www.fepam.rs.gov.br/programas/programa_gerco.asp. Acesso em 05 Nov de 2009.
- GRUBER, N.L.S.; CORRÊA, I.C.S.; TABAJARA, C.; SILVA, C.R.; SOUZA, R.R., CUNHA, D., UGRI, A. Diagnóstico e Plano Manejo de Dunas Frontais do Município de Xangri-lá, RS. Relatório Técnico. CECO/IG/UFRGS. 97p. 2007.
- GRUBER, N.L.S.; STROHAECKER, T.M.; TABAJARA, L.L.C.A.; PORTZ, L.; PORTANTIOLO, R.; CHERIAN, F.; REKOWSKY, I.; DADDA, M.A.; MASTRACUSA, R.; FRANCHINI, R.L. Diagnóstico e Plano Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa. Relatório Técnico. CECO/IG/UFRGS. 2009. 98 p.
- GRUBER, N.L.S.; TABAJARA, L.L.C.A.; STROHAECKER, T.M.; PORTZ, L.; FRANCHINI, R.L.; CHERIAN, F.; MASTRACUSA, R.; PORTANTIOLO, R.; CAETANO, F.; ZASSO, L.; OLIVELRA, J.; PEREIRA, L. Diagnóstico e Plano Manejo de Dunas Frontais do Município de Arroio do Sal. Relatório Técnico. CECO/IG/UFRGS. 2011a. 172 p.
- GRUBER, N.L.S.; STROHAECKER, T.M.; AYUP-ZOUAIN Y R.N.; FARINA, F. Subsídios à Gestão Costeira: vulnerabilidades ambientais e aspectos legais para normativas de uso e ocupação. In: LÓPEZ, R.A., MARCOMINI, S.C (Eds). **Problemática de los Ambientes Costeros, Sur de Brasil, Uruguay y Argentina**. 2011b. 211 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>.

- LÓPEZ, R.; MARCOMINI, S. (Eds). **Problemática de los Ambientes Costeros, Sur de Brasil, Uruguay y Argentina**. Editora Croquis, 2011. 211p.
- MORAES, A.C.R. **Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Hucitec/Edusp. 1999. 229 p.
- NÚCLEO DE EDUCAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL - Projeto Dunas Costeiras Conservação e Manejo. Disponível em <http://www.nema-rs.org.br>. Acessado em 10 Nov de 2009.
- PARISE, C.K.; CALLIARI, L.J.; KRUSCHE, N. Extreme Storm Surges in the South of Brazil: Atmospheric Conditions and Shore Erosion. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 75-188. 2009.
- PORTZ, L.; MANZOLLI, R.P.; GRUBER, N.L.S.; CORREA, I.C.S. Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 22, p. 153-166. 2010.
- ROSA, L.S.; CORDAZZO, C.V. Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da praia do cassino (RS). **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 2, p. 1-12. 2007.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. **Beach Dunes - Their use and management**. Sidney: Soil Conservations Service of NSW, 1986. 32 p.
- STOTT, T.; HINDSON J.; CRUMP R. **Sand Dunes - A Practical Coursework Guide**. Shrewsbury: Field Studies Council Publications, 1993. 36 p.
- STROHAECKER, T.M. **A urbanização no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental no município de Capão da Canoa**. 2007. 399 p. *Tese* (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- TABAJARA, L.L.C.A. **Interações onda-praia-duna e manejo das dunas das praias de Atlântida Sul e Mariópolis - RS**. 2003. *Tese* (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- TABAJARA, L.L.C.A.; NICOLODI, J. Programa de manejo das dunas das praias de Osório - RS. **Pesquisas em Geociências**. v. 28, p. 427-445. 2001.
- TOLDO JR., E.E.; NICOLODI, J.L.; ALMEIDA, L.E.S.B.; CORRÊA, I.C.S.; ESTEVES, L.S. Coastal Dunes and Shoreface Width as a Function of Longshore Transport. **Journal of Coastal Research**, Proceedings of the 8th International Coastal Symposium. Special Issue, p. 390-394. 2006.
- VILLWOCK, J.A. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul. **Pesquisas**. v. 16, p. 5-49. 1984.
- ZAMBONI, A., NICOLODI, J.L. (coord.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2008. 242 p.

TÉCNICAS DE RECONSTRUÇÃO DE DUNAS PARA O SUL DO BRASIL: SOLUÇÕES E PROBLEMAS ENFRENTADOS

Portz LP^{1@}, Manzolli RP¹, Hermanns L², Alcantará Carrió J³

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Avenida Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91509-900. Porto Alegre, RS, Brasil. @ luanaportz@gmail.com

² ACQUAPLAN Tecnologia e Consultoria Ambiental, Rua Vasco Gama - 903 – Porto Alegre – RS – 90420-111, Fone: 55 (51) 30263515 – www.acquaplan.net

³ Universidad Católica de Valencia, Sec. Facultad Ciencias Experimentales, Sec. Inst. Investigación Medio Ambiente y Ciencia Marina. C/ Guillem de Castro 94, 46001 Valencia (España).

Resumo

Os efeitos decorrentes das mudanças climáticas na zona costeira estão se desdobrando em um primeiro estágio na redução ou mesmo na eliminado dos sistemas de dunas frontais. Neste sentido, os programas de reabilitação deste sistema são hoje uma das prioridades dos gestores costeiros. A proposta deste estudo é a de realizar uma avaliação da eficiência das técnicas de recuperação do sistema de dunas frontais no sul do Brasil, tendo como ponto de partida a realização de uma obra de engenharia para a instalação de tubulações de escoamento pluvial. A primeira etapa deste trabalho avaliou os métodos utilizados para a recuperação do sistema de dunas através de modelos digitais do terreno e das variações no volume de sedimento em três períodos distintos, discutindo-se as alterações não previstas decorrentes das intervenções realizadas. A segunda parte estabeleceu uma correlação entre o acúmulo real de sedimentos com o cálculo do potencial de transporte teórico, com o intuito de eleger a equação empírica que melhor se ajusta as características energéticas do vento na costa do Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos apontam para a eficiência dos ventos provenientes de nordeste e lés-nordeste no transporte de sedimentos em direção às dunas frontais, e desta forma resultando no sucesso da reconstrução de dunas. As alterações no sistema decorrentes das intervenções realizadas evidenciam a necessidade da adaptação constante dos projetos de recuperação de dunas em função das respostas do sistema. Ao eleger a equação de Bagnold (1941) como a mais indicada para estabelecer o potencial de transporte teórico de sedimentos para a área de estudo, está se torna uma ferramenta complementar aos gestores na escolha das técnicas a serem utilizadas nos planos de reconstrução de dunas.

Palavras chave: Modelo digital do terreno, RTK, transporte de sedimentos, obras costeiras

1. INTRODUÇÃO

Num cenário de mudanças climáticas globais, a zona costeira, provavelmente, será o ambiente que sofrerá as maiores alterações, devido as suas características dinâmicas controladas pela interação dos três compartimentos da biosfera. Estas mudanças podem gerar variações do nível médio do mar, alteração do regime de precipitação e intensificação das tempestades, que poderão alterar o equilíbrio natural do ambiente, acelerando os processos de erosão.

Os efeitos destas condições estão se desdobrando em um primeiro estágio na redução ou mesmo na eliminado dos sistemas de dunas frontais, sendo que o tempo de defasagem entre os eventos de erosão e reconstrução natural do sistema não estão sendo suficientes para que ocorra a sua recuperação (HOUSER, 2009; PORTZ, 2010).

Neste sentido, os programas de reabilitação do sistema de dunas são hoje uma das prioridades dos gestores costeiros, principalmente pela função deste sistema atuar como uma barreira física na proteção das comunidades contra tempestades (HESP, 2000).

Particularmente, as dunas frontais tornam-se essenciais neste processo, por se posicionarem na zona de interface com a praia. Alterações na sua morfologia, como a formação de escarpas e corredores de deflação, formam-se rapidamente sobre a influência dos ventos e das ondas de tempestades. Outro fator que altera a integridade das dunas frontais é o seu seccionamento, principalmente na costa do Rio Grande do Sul, relacionada com a presença de sangradouros em número elevado (FIGUEREDO & CALLIARI, 2008).

Para atenuar os efeitos incidentes sobre este ambiente estão sendo utilizadas técnicas para a regeneração do sistema de dunas degradado, ou mesmo para a construção de uma nova duna nas áreas onde está não existe. Estas técnicas se baseiam em processos que aceleram a reconstrução natural do sistema, tais como a instalação de captadores passivos de areia para recuperar a topografia adequada e o plantio de vegetação para a fixação da sua superfície. Estas técnicas de regeneração de ambientes de dunas são os mais utilizados na Europa, conseguindo-se uma proteção da costa efetiva em poucos anos (LEY VEGA DE SEOANE, *et. al.* 2007).

A proposta deste estudo é a de realizar uma avaliação da eficiência das técnicas de recuperação do sistema de dunas frontais no sul do Brasil, tendo como ponto de partida a realização de uma obra de engenharia para a instalação de tubulações de escoamento pluvial.

A primeira etapa deste trabalho avalia os métodos utilizados para a recuperação do sistema de dunas através de modelos digitais do terreno e das variações no volume de sedimento em três períodos distintos, discutindo-se as alterações não previstas decorrentes das intervenções realizadas. A segunda parte estabelece uma correlação entre o acúmulo real de sedimentos com o cálculo do potencial de transporte teórico, com o intuito de eleger a

equação empírica que melhor se ajusta as características energéticas do vento na costa do Rio Grande do Sul.

1.1 Características regionais e locais da área de estudo

1.1.1 Características regionais

A área de estudo possui 21.562 m² e está localizado no município de Xangri-lá, na porção norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), Brasil (Fig. 1). Com aproximadamente 620 km de extensão e até 120 km de largura, a PCRS se desenvolveu a partir da justaposição lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira (TOMAZELLI, 2006; VILLWOCK, 1984). A linha de costa atual está associada ao sistema laguna-barreira IV, que iniciou sua formação há cerca de 7 ka.

A região localiza-se dentro da Zona Subtropical Sul, apresentando clima temperado com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, variando entre 1.200 mm e 2.500 mm anuais. Encontra-se sob a influência principalmente de dois centros de ação: o Anticiclone Semi Permanente do Atlântico Sul e o Anticiclone Móvel Polar. O comportamento dinâmico das massas de ar provenientes destes dois anticiclones modifica-se ao longo das estações do ano. Em consequência, durante os meses de primavera-verão, o tempo da PCRS é, normalmente, quente e ventoso, com ventos provenientes principalmente de NE e E. Durante o outono-inverno, esta área fica dominada pelas frentes frias que se deslocam do rumo SW-NE (NIMER, 1989).

A costa norte do litoral do estado do Rio Grande do Sul pode ser classificada como uma costa dominada pela ação de ondas, sendo caracterizado pela ocorrência de uma ondulação de longo período proveniente do SE e por vagas (que resultam da ação de ventos locais) provenientes principalmente do E-NE. A altura média significativa das ondas, medida a uma profundidade de 15-20 m, é de 1,5 m. Especialmente durante os meses de outono e inverno, o regime normal de ondas é episodicamente perturbado pela ocorrência de ondas de tempestade associadas à passagem de frentes frias provenientes do sul (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992).

Apresenta um regime de micromaré, de acordo com a classificação de Hayes (1979), controlado por maré astronômica cuja amplitude média situa-se em torno de 0,5 m, sofrendo também influência das marés meteorológicas. Estas podem alcançar de 1,2 m em Tramandaí (ALMEIDA, *et al.*, 1997) a 1,6 m em Rio Grande (PARISE *et al.*, 2009), sendo responsáveis por erosão na costa, uma vez que causam a sobre elevação acima do prisma de maré astronômica, produzindo variações ainda maiores quando associadas a marés de sizígia.

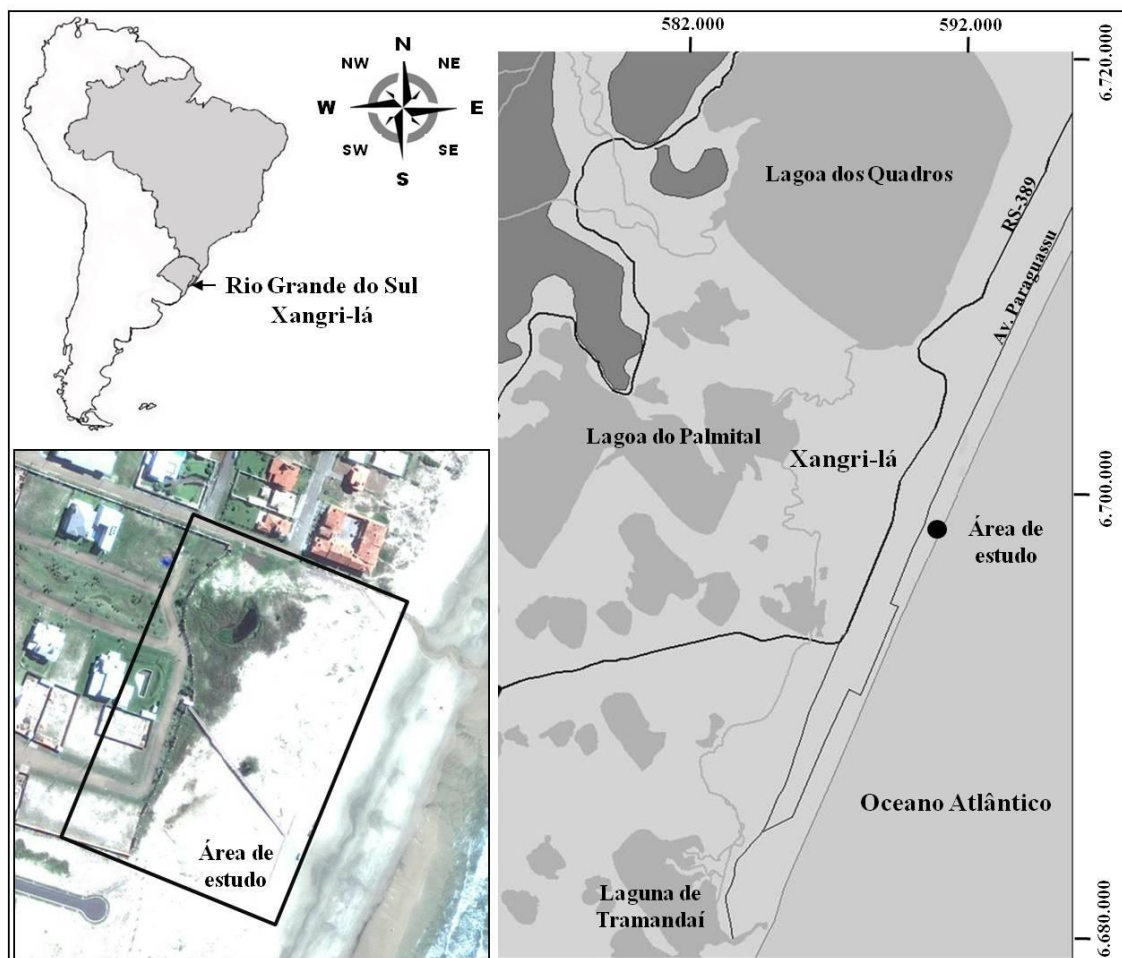


Figura 1 - Área de estudo.

A deriva litorânea é considerada a transferência lateral de sedimentos promovida pela atividade de ondas que incidem obliquamente à linha de costa. Na costa do RS esta se processa nos dois sentidos, SW-NE e NE-SW, sendo predominante o sentido SW-NE (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992).

De acordo com as sequências morfodinâmica as praias do litoral norte do RS variam entre intermediárias a dissipativas (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992; TOLDO JR. *et al.*, 1993; WESCHENFELDER, 1996).

1.1.2 Características locais

A orla do município de Xangri-lá é caracterizada por apresentar um sistema de dunas frontais contendo até três cristas de dunas alinhadas à linha de costa. Estes cordões de dunas apresentam-se de forma descontínua, segmentados pelas linhas de drenagem (sangradouros). Apresenta topografia irregular com larguras predominantes entre 13 e 80 m. Estas características tornam o sistema de dunas frágil, frente a eventos de tempestade. Dois pontos principais levam a esta fragilidade: a segmentação e a largura da duna, ou seja, quanto mais segmentada estiver a duna frontal maior será a entrada de ondas de tempestade para o interior

do sistema, e quanto menor a largura menor será o estoque de sedimentos. A característica de segmentação das dunas ocorre principalmente pelo elevado número de sangradouros presentes na área, uma consequência das edificações e pavimentação das ruas que reduz desta forma a infiltração da água pluvial, aumentando a vazão e desta forma rompendo o sistema de dunas (PORTZ *et al.*, 2010).

2. METODOLOGIA

Para avaliar a eficácia da reconstrução e da recuperação do sistema de dunas frontais foram seguidas quatro etapas. Primeiramente, antes do começo das intervenções, foi realizado um levantamento topográfico da área de estudo, para caracterizar a situação que o ambiente se encontrava e estabelecer as técnicas de manejo mais adequadas. Num segundo momento foram definidos os objetivos a serem alcançados na recuperação do sistema, de maneira a manter o padrão de dunas natural da região, e colocando em prática os métodos escolhidos. No terceiro estágio, foram realizados mais dois levantamentos topográficos que permitiram a análise e a quantificação do balanço sedimentar através da diferença na topografia. Por fim, foi calculado o potencial de transporte eólico de sedimentos para a área de estudo, no intuito de estabelecer uma relação com o acúmulo real de sedimento.

2.1 Potencial de transporte eólico de sedimentos

2.1.1 Dados de vento

Os dados de vento (velocidade e direção) e de precipitação para o período de estudo foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes da estação Meteorológica Tramandaí – Inmet A834 (Latitude: -30.0097, Longitude: -50.1353; Altitude: 1 metro; distante, aproximadamente, 20 km da área de estudo).

Os dados de frequência percentual da velocidade e direção do vento foram plotados na forma de rosas de vento em cinco classes de velocidade (>0-5; >5-6; >6-8; >8-10 e >10) utilizando-se as direções principais de vento (N, NE, E, SE, S, SW, W e NW).

2.1.2 Equações empíricas

Para estabelecer o potencial de transporte de sedimentos pela ação do vento, foram utilizadas as equações empíricas de predição do transporte eólico de sedimentos definidas por Bagnold (1941), Willians (1964), Lettau e Lettau (1978), Write (1979), Sarre (1987) e Alcantará-Carrió e Alonso (2002), sendo suas equações e variáveis apresentadas na tabela 1.

Estes modelos levam em consideração o tamanho médio do sedimento, a densidade média deste sedimento, a densidade do ar saturado (T= 15 °C, PYE & TSOAR, 1990), assim

como os dados de velocidade e direção do vento. Foi considerado nulo o transporte de sedimento nos períodos em que houve registro de precipitação.

Tabela 1 – Equações e variáveis utilizadas no cálculo de transporte teórico de sedimentos.

Autor	Equação	Variáveis para a área
Bagnold (1941)	$q = C (\rho_a/g) \cdot (d/D)^{1/2} \cdot U_*^3$	d: 0.00013 m
Willians (1964)	$q = a' (\rho_a/g) \cdot U_*^b$	V_c: 1.1631
Lettau & Lettau (1978)	$q = L (d/D)^{1/2} \cdot (\rho_a/g) \cdot U_*^2 \cdot (U_* - U_{*t})$ $U_* > U_{*t}$	Zo: 0.01 m
White (1979)	$q = E \cdot U_*^3 (\rho_a/g) \cdot (1 - U_{*c}/U_*) \cdot (1 + U_{*c}/U_*)$	
Sarre (1987)	$q = E \cdot U_*^3 (\rho_a/g) \cdot (1 - U_{*c}) \cdot (1 + U_{*c}/U_*)$	
Alcantará-Carrio & Alonso (2002)	$q = F (d/D)^{1/2} \cdot (\rho_a/g) \cdot U_* \cdot (U_* - U_{*c})^2$	

q: fluxo horizontal de sedimentos = Kg/m².s⁻¹
 Coeficiente empírico: C=1.5; a'=0.1702; b=3.42; L=4.2; E=2.61 (WRITE, 1979) 1.22 (SARE, 1987); F=1.97.
 d: tamanho médio do Grão na área de estudo
 D: tamanho do grão padrão = 0.25 mm
 ρ_a: densidade do ar = 1.225
 g: aceleração da gravidade = ≈9.81
 U_{*}: Velocidade de fricção do vento

2.2 Levantamentos topográficos

Para o desenho da morfologia do sistema de dunas foi realizado três levantamentos topográficos, antes do início das atividades (15/12/2009), e após 12 (09/11/2010) e 18 meses (26/06/2011) de monitoramento.

Os levantamentos topográficos foram realizados com equipamentos GPS de precisão em modo cinemático com correção em tempo real (RTK - *Real Time Kinematic*). A coleta de dados foi realizada no método *stop-and-go*, sendo que a precisão métrica planar e altimétrica permaneceu menor que 1 cm em todas as coletas. Os Modelos de Elevação Digital do Terreno (MDT) foram confeccionados no software Arc Gis[®] 9.3, assim como a quantificação do volume de sedimento.

2.3 Métodos de recuperação – Objetivos e desing

As técnicas de recuperação de ambientes de dunas devem considerar a dinâmica do transporte natural de sedimentos, na tentativa de reter a maior quantidade de sedimentos. Para tanto, se deve considerar a orientação da linha de costa e a direção preferencial do vento como elementos chave para sua estruturação. Assim como, se deve agir concomitante reduzindo os fatores que possam causar degradação ao sistema de dunas, utilizando técnicas que acelerem a sua recuperação natural.

2.3.1 Instalação de tubulação de escoamento pluvial

A tubulação para o escoamento de água pluvial foi instalada sob a crista da duna frontal estendendo-se até a pós-praia para evitar a segmentação da duna frontal. A abertura da duna para a passagem da tubulação e sua reconstrução foi realizada com “retro escavadeiras”, tentando manter as características morfológicas anteriores a intervenção. Para um reaproveitamento posterior foi retirada, manualmente, a vegetação que existia sobre a crista da duna frontal. Após esta etapa, cobriu-se a extensão da área que ficou desnuda com matéria orgânica inerte (cascas de árvores) e procedeu-se o replantio de mudas de vegetação nativa (*Panicum Rancenokus*). A densidade de matéria orgânica inerte utilizada foi de 50% da área superficial, evitando desta forma a remoção de sedimento pela ação dos ventos fortes nesta etapa crítica.

2.3.2 Plantio de vegetação nativa

A espécie *Panicum racemosum* é a principal responsável pela continuidade lateral e o desenvolvimento vertical das dunas frontais na costa do RS. A estabilização da área e o provável enriquecimento do solo com matéria orgânica por esta espécie favorecem a colonização das dunas por outras espécies (CORDAZZO *et al.*, 2006). Desta maneira, optou-se por retirar as mudas da área de duna onde haveria a passagem da tubulação. Estas mudas foram divididas em dois lotes que passaram por processos distintos. O primeiro consistiu no transplante das mudas diretamente para outra área, sem tratamento prévio, replantando-as em linhas transversais em um local em processo de deflação eólica (*blowout*) (Fig. 2), com o objetivo de reduzir os efeitos do vento, e assim reter sedimentos. Neste processo de transplante, procedeu-se a adubação com NPK (10-10-10) e irrigação nos primeiros dois dias.

O segundo lote de mudas passou por um tratamento com produtos enraizadores. Este processo ocorre através da submersão das raízes das mudas, conforme especificação do fabricante, para que ocorra o desenvolvimento das raízes. Após 15 dias efetuou-se o replantio das mudas na crista da duna reconstruída.

Outra espécie também transplantada diretamente foi o *Senecio crassiflorus* em áreas da crista da duna com baixa densidade de vegetação.

2.3.3 Acessos à praia - passarela e esteira

O acesso dos usuários à praia acarreta prejuízos ao ambiente de dunas causado principalmente pelo pisoteio da vegetação e pela formação de corredores de deflação eólica. Para reduzir estes danos, os planos de manejo de dunas sugerem a delimitação e o direcionamento do fluxo

de pedestres. Este direcionamento é feito através de estruturas como passarelas ou esteiras. As passarelas são uma forma de transposição sobre o sistema de dunas, semelhante às esteiras que direcionam os pedestres, diminuindo os danos causados pelos usuários das praias.

Com a intenção de melhorar a eficiência do manejo, foi instalada uma passarela localizada no centro da área, junto à saída do condomínio (área privada) (Fig. 2). Esta passarela foi projetada de forma a atender as especificações descritas no Plano de Manejo do Município de Xangri-lá – PMMX (GRUBER, 2007), no qual a orientação da passarela deve ser transversal a ação do vento dominante (NE) tendo altura de 1,8 m sobre o campo de dunas. Estas especificações minimizam a interferência sobre a dinâmica sedimentar da zona de praia e na formação das dunas frontais.

Outra estrutura de direcionamento do fluxo instalada na área foi uma esteira. Esta estrutura de madeira, localizada na extremidade norte ligando a área pública à praia, também foi projetada de forma a atender as especificações do PMMX, sendo transversal ao vento dominante (NE) e delimitada lateralmente com estacas de madeira de 1,2 m de altura vazadas em 50%.

2.3.4 Captadores passivos de sedimento (Cercados - Sand Fences)

Os sistemas passivos de captação de sedimento são estruturas vazadas que reduzem a velocidade do vento e, assim, diminuem a competência do transporte, promovendo a formação de depósitos sedimentares. Os captadores de sedimento substituem a função que, de forma natural, exerce a vegetação pioneira na construção dos cordões de dunas costeiras. Neste estudo utilizou-se cercas de retenção de sedimento confeccionada em madeira com 1,20 m de altura e com 50% de porosidade.

Os locais para instalação destas cercas de retenção foi determinado através da análise do primeiro levantamento topográfico. Nas áreas que não apresentavam dunas frontais procedeu-se a colocação de cercas de retenção paralelas a linha de praia em duplas fileiras de cercas, espaçadas aproximadamente 4 vezes a altura, acompanhando a linha base das dunas laterais adjacentes. Onde já existiam dunas frontais optou-se pela instalação de apenas uma linha de cercas de retenção (Fig. 2).

Este método de instalação de cercas de retenção de sedimento é mais oneroso do que métodos de replantio de mudas de espécies nativas, porém tem menor custo que a reconstrução mecânica das dunas (FOURNIER, 2007).

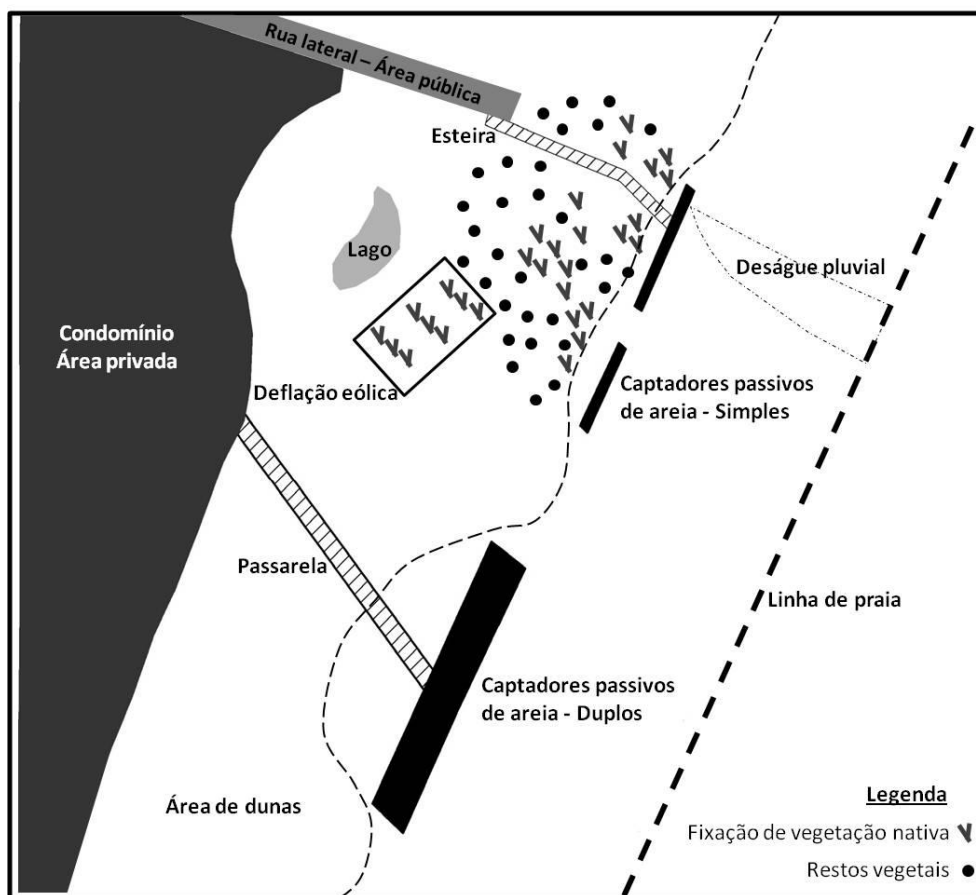


Figura 2 – Técnicas de manejo utilizadas na área de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSÃO

3.1 Topografia antecedente ao início das obras

A área de abrangência do sistema de dunas estudado neste município é de 21.562 m², com uma extensão paralela a praia de 210 m, variando sua largura entre 40 e 80 m. As dunas frontais presente nesta área apresentam morfologia de cordão escarpado pela ação de ondas, enquanto que as áreas com ausência de duna frontal apresentam o terreno rebaixado, sem presença de vegetação (Fig. 3A). Estas feições indicam que este trecho da costa está em processo de erosão podendo ser associado, tanto a causas naturais, quanto a interferência antrópica.

O pós-duna é bem vegetada apresentando uma pequena lagoa com 26 m de comprimento e 9 m de largura. A presença de um grande corredor de deflação compromete uma grande área na pós-duna, esta feição esta alinhada com o vento nordeste e encontra-se em processo de alargamento, chegando a 15 metros (Fig. 3B).

As dunas frontais caracterizam-se pela presença de duas espécies vegetais principais, o capim de praia (*Panicum racemosum*), espécie de gramínea com talos altos e densos, que produz dunas com formas mais altas e com relativa uniformidade lateral, e a margarida de

praia (*Senecio crassiflorus*), espécie que desenvolve dunas com uma forma mais arredondada e com picos elevados (CORDAZZO *et al.*, 2006).



Figura 3 – Características da área de estudo antes do início das atividades. A) Fotografia da porção frontal da área onde foram instalados os captadores passivos de sedimento duplos; B) Fotografia com a indicação da área com presença de um corredor de deflação manejado com o plantio de vegetação.

3.2 Técnicas de manejo

A recuperação do sistema de dunas através de métodos não estruturais é uma ação relativamente lenta, com resultados obtidos de médio a longo prazo, dependendo de vários fatores, como: as condições climáticas, o suprimento sedimentar e a eficácia das técnicas utilizadas. São ações de baixo custo, onde o investimento é pequeno comparado com os resultados obtidos, que em geral são bons.

Estas técnicas não estruturais utilizando processos naturais para atingir o equilíbrio do sistema, como a instalação de cercados para a acumulação de sedimentos e o plantio de vegetação nativa de dunas, para a recuperação de áreas degradadas, são os mais recomendados atualmente na Europa (LEY VEGA DE SEOANE *et al.*, 2007), Austrália (EPA, 2011) e Brasil (GRUBER *et al.*, 2007; PORTZ, 2008).

3.3 Canalização do sangradouro: evolução da morfologia

Os sangradouros são feições naturais característica e presente ao longo de toda a costa do RS. Estes são cursos d'água que atuam na drenagem de zonas úmidas originadas através do acúmulo de água doce de origem pluviométrica em regiões adjacentes à costa, que ocorrem geralmente atrás da linha de dunas frontais. Tais feições têm sua importância e impactos

intimamente relacionados com as características geomorfológicas da costa, sendo mais comuns e tendo maior dimensão em zonas de micro-maré com baixa declividade da barreira arenosa.

Em áreas naturais os sangradouros ocupam grandes áreas meandrando sobre o sistema de dunas e modificando seu curso ao longo do tempo, conforme as condições de precipitação, vento, etc. Com o aumento da urbanização surge a necessidade de fixar estas drenagens e, conseqüentemente, ocorre a sua retilinização. Em áreas com alto grau de urbanização estas intervenções ocorrem principalmente no sentido de preservar a integridade do sistema de dunas, sendo que, para alcançar este objetivo às intervenções antrópicas devem evitar a segmentação das dunas frontais instalando as tubulações sob o sistema de dunas.

Estas intervenções acarretam na abertura e posterior recomposição da crista frontal das dunas com o retorno às condições de topografia e cobertura vegetal. Neste sentido, a geração de MDT's possibilita estabelecer os objetivos da reconstrução e acompanhar a evolução da morfologia da duna frontal após estas intervenções. Os avanços tecnológicos permitem a geração de MDT's de alta resolução, permitindo que até mesmo mudanças sutis à topografia do litoral sejam medidas (THORNTON *et al.*, 2006, 2007).

A reconstrução da crista da duna frontal, após a colocação da tubulação foi realizada mecanicamente, seguindo os moldes obtidos através da topografia anterior a sua abertura. Na figura 4 é possível visualizar a morfologia da duna antecedente e comparar com a topografia alcançada após a sua recomposição. Apenas uma porção da área frontal das dunas permaneceu com topografia mais baixa, sendo está coincidente a área onde foi instalada a esteira para o direcionamento do fluxo de pedestres (Fig. 4).

A instalação da esteira e a implantação de cercas de proteção na periferia do cordão de dunas para a fixação de um acesso à praia após a colocação da nova tubulação de escoamento pluvial contribuíram com a recuperação do sistema no sentido que evitaram a formação de caminhos sobre o sistema de dunas, dificultando o desenvolvimento da vegetação e a retenção de sedimento (Fig. 5).

Após a recomposição do sistema de dunas, a área desnuda de vegetação, foi recoberta com matéria orgânica inerte (casca de eucalipto), evitando desta forma a remobilização do sedimento pela ação dos ventos (Fig. 5). Nesta mesma área, também foi realizado o plantio de mudas da vegetação nativa (*Panicum racemosum*). Esta cobertura facilita a recolonização das espécies replantada, pela diminuição do estresse causado pelo vento e pelas tempestades de areia. A ação conjunta destas técnicas acelerou a recolonização da duna por outras espécies como: *Blutaparon portilacoides*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Senecio crassiflorus* e *Ipomoea imperati*.



Figura 5 - Fotos da área de estudo; a) durante a abertura da duna para a colocação da tubulação de escoamento pluvial (dez de 2009) e, b) após a sua conclusão e colocação da esteira para acesso a praia (jan. de 2010).

1.1. Duna frontal: evolução da morfologia

Os cercados de retenção de sedimento são utilizados para (1) construir uma duna onde esta não existe; (2) preencher lacunas de dunas existentes; (3) criar uma duna mais alta ou mais larga, tornando-se uma barreira mais eficaz contra a ação de ondas e vento, ou (4) construir uma nova crista de duna com maior largura (NORDSTROM, 2008).

O trabalho de recuperação da duna frontal, na área onde esta não existia, começou com a restauração do perfil de praia através da instalação dos cercados de retenção de sedimentos, a fim de obter uma primeira barreira para proteger o ambiente interior da ação de ondas. Para a sua construção são diversos os tipos de materiais utilizados, como galhos de árvores ou juncos, que podem ser inseridos individualmente no sedimento e, cercados construídos com madeira, plástico ou tecido de juta, ligados a postes (NORDSTROM, 2008). A escolha dos cercados de madeira para a costa do RS considerou as fortes ressacas que ocorrem constantemente (PARISE, 2009) e que requerem estruturas mais resistentes. Segundo Ley Vega de Seoane (2007), outra vantagem da utilização de cercados de madeira é a sua característica biodegradável e o acúmulo de sedimentos tanto a barlavento como a sotavento.

A disposição dos cercados foi definida como paralelo a linha de costa. Este tipo de disposição constitui um método mais econômico de construção de dunas, principalmente quando comparado aos alinhamentos em zigzag, uma vez que demandam menos materiais.

Uma vez que a colocação de uma única linha de cercas pode criar dunas muito íngremes para o desenvolvimento da vegetação plantada (NORDSTROM, 2008), optou-se pela colocação dos cercados emparelhados (Fig. 2) para criar uma duna frontal com uma ampla base e crista arredondada. A formação deste tipo de duna pode parecer mais natural e tornar o plantio de vegetação mais fácil (SCHWENDIMAN, 1977). Nas áreas onde já existiam dunas frontais desenvolvidas, porém escarpadas, optou-se pela colocação das cercas em uma única linha (Fig. 2), tendo como propósito o de criar um perfil topográfico suave.

A instalação das cercas de retenção de sedimentos na porção frontal das dunas possibilitou um rápido acúmulo de sedimento. Este fato ocorreu pelo predomínio de ventos do quadrante nordeste no período inicial do projeto (verão) (Fig. 4). Com a predominância destes ventos a tendência é de se estabelecer uma maré meteorológica negativa (MARONE & CAMARGO, 1994), permitindo assim que se tenha uma maior pista de praia, remobilizando o sedimento para o interior das dunas.

O início da temporada de frentes frias, vindas do quadrante sul, causaram danos em parte das cercas, sendo necessária a sua substituição. Mesmo com a dificuldade de retenção de sedimento na porção frontal das dunas nos meses de inverno, o elevado acúmulo inicial garantiu um balanço positivo de sedimentos, ultrapassando 1 m de altura em alguns pontos (Fig. 4 e 6). Com a formação desta duna embrionária e, conseqüentemente, com a proteção contra a entrada de ressacas até a porção interior do sistema, ocorreu à colonização desta área pela vegetação nativa, como pode ser observado nas fotografias da figura 7.



Figura 6 – Acumulação de sedimento junto aos cercados simples. A) 18 de março de 2010; B) 10 de novembro de 2010.

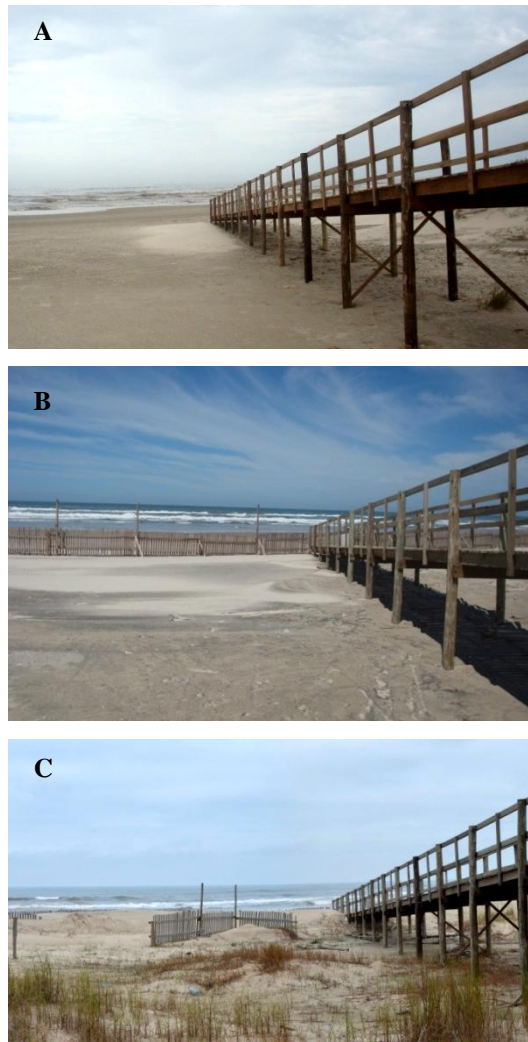


Figura 7 – Evolução da área adjacente a passarela ao longo do monitoramento. Observa-se a colonização pela vegetação nativa em: A) 3 de dezembro de 2009, B) 18 de março de 2010 e C) 19 junho de 2011.

A evolução da morfologia do sistema de dunas pode ser observada na figura 4 através dos MDT's. Através destes pode-se realizar a quantificação dos ganhos ou perdas potenciais de sedimento das dunas, e são, portanto, uma ferramenta importante de balanço de sedimentos. Eles também podem ser úteis em destacar os processos e padrões de acúmulo ou de dispersão de sedimento. A este respeito, eles são úteis na avaliação de medidas de reabilitação de dunas, e poderia assim ser uma ferramenta essencial na gestão de dunas costeiras (ANTHONY *et al.*, 2007).

O segmento envolvendo a construção de uma nova duna frontal apresentou um desenvolvimento equilibrado. A deposição constante de sedimento ao longo de todo o período monitorado favoreceu a formação de uma duna com mais de 1 m de altura. Esta altura é relativamente baixa quando comparada a setores adjacentes, porém em longo prazo o acúmulo natural pode tornar esta uma duna mais desenvolvida.

O acúmulo de sedimento delimitado pelo polígono 1 (Fig. 4), nos primeiros 12 meses após a colocação dos cercados, foi de 629,23 m³, e nos 6 meses seguintes de apenas 75,09 m³, uma vez os cercados já haviam sido colmatados pelo sedimento. O perfil AB, transversal à duna construída, evidencia o desenvolvimento da duna nos primeiros 12 meses após a colocação dos cercados (2009 – 2010) e após 18 meses (2010-2011). Através da análise do MDT e do perfil transversal pode-se inferir que entre a segunda (09/11/2010) e a terceira avaliação (26/06/2011) houve pouco ganho em altura, porém um ganho significativo em largura, tornando desta forma o perfil mais suave.

O predomínio, durante todo o período do monitoramento, de ventos provenientes de NE e ENE (Fig. 2), auxiliaram na eficiência da recuperação do sistema de dunas. Ao final dos 18 meses de monitoramento, pode-se observar a nova configuração da morfologia das dunas frontais desta área, com a recomposição da linearidade do sistema, tornando-o mais estável e resistente a ressacas.

Uma vez que as dunas costeiras geralmente se desenvolvem em direção à fonte de sedimento (HSU & WEGGEL, 2002), as áreas interiores a linha de duna recentemente construída, sofreram uma alteração na sua morfologia, em função da redução do volume de sedimentos aportado. Os sedimentos foram aprisionados na porção frontal não mais suprindo o interior do sistema, enquanto que, os sedimentos presentes nesta área foram carregados para fora do sistema. Esta retirada de sedimentos, está formando um novo corredor de deflação que necessitará de novas intervenções. Assim como muitas outras interferências humanas, frequentemente pouca atenção é dada para projetar ou construir cercados para combater os efeitos imprevistos que eles criam (GRAFALS-SOTO & NORDSTROM, 2009).

Os cercados diminuíram sua eficiência de trapear o sedimento, quando o acúmulo chegou a 1 m, permitindo a partir deste estágio, a passagem de sedimentos para o interior do sistema. Este pode ser observado pela redução na taxa de acumulação de sedimentos nas dunas frontais nos últimos 6 meses, corroborando com a questão de que, a resposta dos sistemas de dunas diante de obras de restauração não são sempre as mesmas, pois dependem de múltiplos fatores, e desta forma, necessitando de adaptações conforme a resposta do ambiente às intervenções.

A colocação de cercados também evitou a circulação de veículos sobre as dunas, o que era constantemente observado através da visualização de rastros e trilhas.

Esta técnica de aprisionamento de sedimento é uma das mais importantes intervenções humanas na recuperação da morfologia das dunas, uma vez que, estas são uma das poucas estruturas permitidas em muitas jurisdições, sendo de baixo custo e de fácil colocação e,

muitas vezes, são implantados em áreas de preservação, onde outras estruturas humanas são proibidas (NORDSTROM, 2000).

1.2. *Blowout* - Plantio de vegetação

A contenção do corredor de deflação eólica presente na área de estudo apontado na figura 2 foi realizado com o plantio de vegetação da espécie *Panicum sp* (Fig. 8). Esta espécie possui longos rizomas que, quando soterrados, se desenvolvem lateralmente, formando assim uma malha que auxilia na fixação das dunas (CORDAZZO *et al.*, 2006). Uma vez adaptado à abrasão eólica e ao soterramento, inibe a invasão de outras espécies competidoras, aproveitando melhor a entrada de nutrientes no sistema (COSTA *et al.*, 1984).

As mudas foram retiradas manualmente da área de dunas que foi removida durante a implantação da tubulação, sendo realizado o replantio diretamente ao longo do corredor de deflação. O MDT apresentado na figura 4 demonstra uma elevação da topografia e o estreitamento da feição erosiva (corredor de deflação), sendo o ganho nos primeiros 12 meses de 126,86 m³ de sedimento.

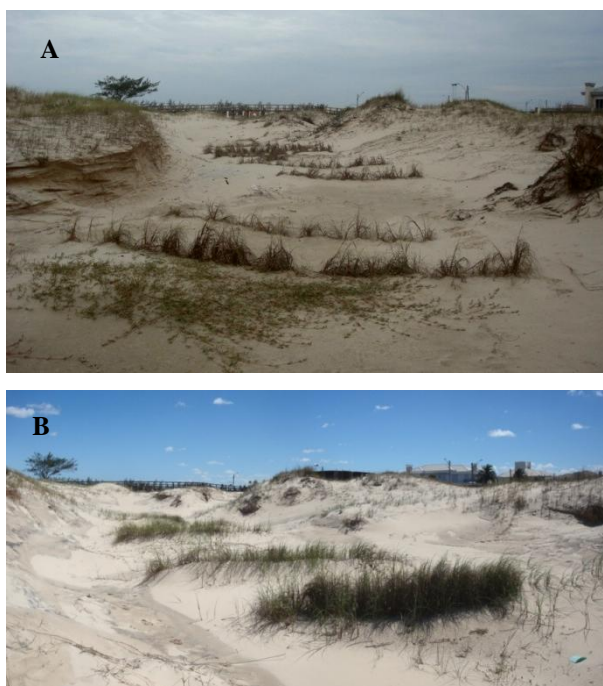


Figura 8: A) Plantio de vegetação para reduzir o blowout (21 de dezembro de 2009). B) Acumulação de sedimento considerável junto à vegetação plantada após 11 meses de plantio (25 de novembro de 2010).

Assim como na reconstrução da duna frontal, o aprisionamento dos sedimentos na área do corredor de deflação alterou consideravelmente a topografia adjacente a porção alinhada ao vento nordeste. A área que se apresentava em deflação teve um acréscimo em altura, enquanto que a área adjacente sofreu um déficit (Fig. 4, perfil C-D). Com a diminuição da

velocidade de vento nesta área ocorreu à colonização de outras espécies entre os lóbulos de sedimento formados.

Esta técnica demonstrou ser eficiente na estabilização de corredores de deflação eólica, apresentando uma boa relação de acúmulo de sedimento frente ao baixo custo.

1.3.Potencial de transporte eólico de sedimentos e o acúmulo efetivo

A formação do sistema de dunas frontais nesta porção da costa é favorecida por ventos que tenham um ângulo de ataque maior que 24° e menor que 204° , devido ao alinhamento da linha de costa para este trecho ser de 24° . Por outro lado, ventos que sopram do interior do continente em direção ao mar remobilizam o sedimento para a praia. Desta forma, estes eventos são eliminados do cálculo de transporte total previsto. Outro componente utilizado no cálculo de transporte foi o ângulo oblíquo da praia em relação ao vento, o efeito cosseno reduz a quantidade de sedimento entregue às dunas frontais por unidade de distância ao longo da costa (BAUER & DAVIDSON-ARNOTT, 2003).

A análise da série de dados de vento para o período do estudo permitiu estabelecer alguns parâmetros que contribuiram para a interpretação dos resultados obtidos no acúmulo de sedimento. O período total do estudo corresponde a 13.416 h (557 dias) onde 7.908 h (329,5 dias) são relativos ao primeiro período e 5.508 h (229,5 dias) relativos ao segundo período. O primeiro período corresponde ao intervalo entre 15 de dezembro de 2009 e 09 de novembro de 2010, e o segundo período corresponde ao intervalo entre 10 de novembro de 2010 a 26 de junho de 2011.

Durante o período de estudo houve 428 horas com registro de velocidade do vento zero, que representam 3,2 % do total. Além disso, foram observados 7.827 h de vento com velocidades maiores que zero, porém menores que 5 m.s^{-1} . Desta forma o percentual de horas efetivas na acumulação é de aproximadamente 40 % do total de horas analisadas. Os períodos com registro de precipitação correspondem a 10 % do total, sendo associados principalmente a eventos com baixas velocidades (2 a 6 m/s).

A figura 4 apresenta as rosas de vento para o período de desenvolvimento do projeto. Os ventos vindos do oceano (*Onshore winds*) foram predominantes neste período, com o prevaecimento e domínio de ventos de NE e E-NE. A análise dos dados de vento para este período reflete o mesmo padrão apresentado pela série histórica presente no Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (2002).

O trabalho de Bagnold (1941), que relacionou a quantidade de sedimento transportada com a tensão de cisalhamento exercida pelo vento, é a base teórica de quase todas as pesquisas no campo na determinação das taxas de transporte eólica. A partir deste trabalho

outros pesquisadores desenvolveram equações teóricas e empíricas para descrever o transporte de sedimentos pelo vento para distintas regiões (LEY VEGA DE SEOANE et. al., 2007).

Com a finalidade de eleger a equação que melhor se aplicam a predição do transporte de sedimentos em comparação ao volume de sedimentos acumulado durante os 18 meses de monitoramento, foram aplicadas as equações de Bagnold (1941), Willians (1964), Sarre (1987), Lettau e Lettau (1987), White (1978) e Alcantará-Carrió e Alonso (2002).

A área selecionada para a comparação entre o transporte real e o teórico foi o polígono 1 (Fig. 4). Está área apresentava característica de ausência de duna frontal e vegetação, com topografia suave, aproximando-se de uma situação com características quase ideais. A granulometria da área apresenta sedimentos com diâmetro médio de 0,125 mm, sendo bem selecionado e com alto grau de arredondamento.

A velocidade do vento limite usado para definir um evento de transporte foi definido através da fórmula de Bagnold (1941), de forma a isolar aqueles períodos em que houve o potencial para o transporte de sedimentos, e ignorar o restante. A velocidade de início do movimento de transporte foi determinada em 5 m/s, sendo assim, foram apenas considerados para o cálculo de transporte valores de vento acima desta velocidade necessária para manter a sedimento em saltação.

O transporte de sedimento foi analisado utilizando registros da velocidade média do vento de hora em hora. Estes cálculos fornecem uma medida do potencial de transporte de sedimentos e é, portanto, o ponto de partida para a previsão de fornecimento de sedimentos para dunas frontais. De acordo com os resultados obtidos (Tab. 2) as equações de Sarre (1978), Lettau e Lettau (1987) e White (1978) representam uma superestimação no transporte de sedimentos, por outro lado as equações de Willians (1964) e Alcantará-Carrió e Alonso (2002) representam uma subestimação.

Tabela 2 – Valores estimados de transporte de sedimentos através das formulas de diversos autores e valores coletados em campo através de diferença da topografia. Valores em m³.

	Dunas Frontais Sul m ³				Total
	1 Período		2 Período		
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	
Bagnold	702	83	395	7	1097
Carrío	313	33	158	1	470
Lettau & Letta	1021	112	538	7	1559
Sarre	3960	586	2731	98	6691
Willians	68	8	37	1	105
White	8471	1254	5843	209	14314
Volume real	629		75		704

O resultado de transporte de sedimentos calculado a partir da equação de Bagnold (1941) foi o que mais se aproximou dos valores reais obtidos através da diferença de topografia, considerando o primeiro período. O segundo período, como comentado no tópico anterior, apresenta grandes diferenças entre os valores reais e calculados em função da perda de eficiência dos cercados após a acumulação de sedimentos atingirem a mesma altura dos mesmos.

As diferenças encontradas entre os autores evidenciam as particularidades de cada equação e sua adaptação ao ambiente aos quais tiveram por base sua formulação. Também demonstram a necessidade de testar as equações de diferentes autores para definir a que melhor se aplica a região que se pretende estudar, ou mesmo realizar a adequação das fórmulas através do ajuste da constante empírica utilizada.

A similaridade dos dados, mesmo considerando o longo período, pode ser atribuída à condição da total ausência de duna e a colocação dos cercados, ou seja, considera-se que o sedimento que está sendo transportado está permanecendo neste sítio. Outro fator importante foi a desconsideração dos dados de transporte para as horas que apresentavam precipitação, considerando que este é o fator levantado como sendo responsável pelo insucesso nas comparações entre predição e acumulação real em média escala (ARENS, 1997).

Na literatura, em poucos casos as medições e a predição de valores de transporte de sedimento são comparadas com alguma ação de reconstrução de dunas, com o objetivo de comparar a eficiência dos métodos utilizados. Este método, mesmo que estimado, provê uma idéia aos gestores do potencial de acúmulo de sedimentos que poderá ser alcançado em um plano de reconstrução de dunas, estabelecendo assim, uma ferramenta complementar à escolha das técnicas a serem utilizadas.

4. CONCLUSÕES

Obras estruturais de necessidade pública, como a instalação de tubulação para o escoamento pluvial sob o sistema de dunas, estão cada vez mais frequentes, podendo alterar a morfologia do sistema caso não ocorra um planejamento adequado das ações e um monitoramento de médio a longo período. Desta forma este artigo trás uma contribuição ao apresentar as técnicas e os procedimentos adotados em um plano de manejo e suas consequências para o ambiente.

1. A instalação da tubulação de escoamento pluvial sob a crista frontal da duna diminuiu a instabilidade da mesma, através da diminuição de sua segmentação. A segmentação da duna nesta região ocorre principalmente pelo elevado número de sangradouros

presentes na área, uma consequência das edificações e pavimentação das ruas que reduz desta forma a infiltração da água pluvial, aumentando a vazão e desta forma rompendo o sistema de dunas. Esta ação também diminui a suscetibilidade a inundações.

2. Para evitar os problemas de queda dos captadores de sedimento, recomenda-se iniciar a sua colocação a partir da segunda metade da primavera, quando a entrada de frentes frias diminui e assim pode-se criar uma barreira inicial mais consistente, resistindo melhor quanto ao início do inverno.
3. As cercas instaladas na porção frontal das dunas contribuíram para o aprisionamento dos sedimentos, inclusive no período de inverno. Desta forma, a formação de uma nova duna frontal restabeleceu a continuidade lateral do sistema, colaborando para a dispersão e colonização natural da vegetação nativa no pós-duna.
4. O espalhamento do material vegetal inerte (casca de eucalipto) nas áreas que permaneceram desnudas de vegetação evitou a remoção de sedimento pela ação do vento e acelerou a recolonização da duna pela vegetação nativa.
5. O sucesso do transplante da vegetação elimina o procedimento indicado na literatura de tratamento das mudas com produtos enraizadores, reduzindo os custos e o tempo do procedimento.
6. A fixação de caminhos permanentes de acesso à praia sobre a esteira e a passarela delimitadas pelas cercas de proteção na periferia do cordão de dunas, logo após o término da obra de escoamento pluvial, evitaram o pisoteio sobre as dunas, colaborando com a recuperação do sistema como um todo.
7. As alterações no sistema decorrentes das intervenções realizadas evidenciam a necessidade da adaptação constante dos projetos de recuperação de dunas em função das respostas do sistema.
8. O transporte de sedimentos nesta região é controlado, basicamente, pelos ventos provenientes de nordeste e lé-s-nordeste, efetivando um transporte capaz de mover sedimentos em direção às dunas frontais, e desta forma resultando no sucesso na reconstrução de dunas.
9. Ao eleger a equação de Bagnold (1941) como a mais indicada para estabelecer o potencial de transporte teórico de sedimentos para a área de estudo, está se torna uma ferramenta complementar aos gestores na escolha das técnicas a serem utilizadas nos planos de reconstrução de dunas.

Este estudo serviu não somente como uma investigação da efetividade de métodos para reconstrução de dunas costeiras, mas também para prover alternativas para a defesa da costa

contra erosão e inundações. Os métodos descritos neste artigo podem ser facilmente reproduzidos pelos gestores da zona costeira do Rio Grande do Sul.

5. REFERENCIA

- Alcantará-Carrio J, Alonso I (2002) Measurement and prediction of aeolian sediment transporte at Jandía islands (Furtventura, Canary Islands). *Journal of Coastal Research*, 18 (2): 300-315
- Almeida LESB, Rosauero, NML, Toldo Jr EE (1997) Análise preliminar das marés na barra do Rio Tramandaí, RS. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, ES, Resumos, p: 560-566
- Anthony, EJ, Vanhee S, Ruz MH (2007) An assessment of the impact of experimental brushwood fences on foredune sand accumulation based on digital elevation models. *Ecological Engineering* 31(1): 41-46
- Arens SM (1997) Transport rates and volume changes in a coastal foredune on a Dutch Wadden Island. *Journal of Coastal Conservation* 3: 49–56
- Bauer BO, Davidson-Arnott RGD (2003) A general framework for modeling sediment supply to coastal dunes including wind angle, beach geometry and fetch effects. *Geomorphology* 49: 89–108
- Davidson-Arnott RGD (2003) A general framework for modeling sediment supply to coastal dunes including wind angle, beach geometry and fetch effects. *Geomorphology* 49: 89–108
- Bagnold RA (1941) *The physics of blown sand and desert dunes*. Methuen, London, pp 265
- Cordazzo CV, Paiva JB, Seelinger U (2006) Guia ilustrado plantas das dunas da costa sudoeste Atlântica. USEB, Pelotas, pp 107
- Costa, CSB; Seelinger U, Cordazzo CV (1984) Aspectos da ecologia populacional do *Panicum racemosum* nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. In: Lacerda LDD, Araujo DSD, Cerqueira R, Turqc B (ed) *Restingas: Origem, Estrutura, Processos*, CEUFF, Niterói, pp 395-411
- EPA (2011) Dune use for coastal protection. In: Beach Protection Authorit Queensland, Departament of Environment (ed) *Coastal sand dunes - Their vegetation and management*, Leaflet nº V-01.1. <http://www.derm.qld.gov.au/register/p00295aa.pdf> Accessed 08 de setembro de 2011
- Hsu SA, Weggel JR (2002) Wind-blown sediment transport. In: *Coastal Engineering Manual*. US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi, pp III-4-8. (Chapter III-4)
- Houser C (2009) Geomorphological controls on road damage during Hurricanes Ivan and Dennis. *Journal of Coastal Research* 25: 558–568
- Hesp PA (2000) Coastal sand dunes: form and function. *Coastal dune vegetation network Technical Bulletin N°4*. New Zealand Forest Research Institute Limited, Rotorua. 28p
- Hayes MO (1979). Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In: Leatherman SP (ed) *Barrier Islands*. Academic press, New York. pp 1-29
- Figueiredo AS, Calliari LJ (2008) Washouts in the central and northern littoral of Rio grande do Sul State, Brazil: distribution and implications. *Journal of Coastal Research*, SI 39: 366-370

- Grafals-Soto R, Nordstrom KF (2009) Sand fences in the coastal zone: intended and unintended effects. *Environmental Management* 44: 420–429
- Gruber NLS, Corrêa ICS, Tabajara L (2007) Diagnóstico e Plano Manejo de Dunas Frontais do Município de Xangri-lá, RS. Relatório Técnico. CECO/IG/UFRGS pp 97
- Lettau K, Lettau H (1978). Experimental and micrometeorological field studies of dune migration. In: Lettau, K., Lettau, H. (Ed) *Exploring the World's Driest Climate*. IES Report 101. University of Wisconsin Press, Madison, WI, pp 110–147
- Ley C, Gallego-Fernández JB, Vidal C (2007) Manual de restauración de dunas costeras. Ministerio de Medio Ambiente, Santander, España, pp 251
- Marone EE, Camargo R (1994) Marés Meteorológicas no litoral de Estado do Paraná: O Evento de 18 de agosto de 1993. *Revista Nerítica*, 8(1-2): 73-85
- Nordstrom KF (2000) *Beaches and dunes of developed coasts*. Cambridge University Press, Cambridge
- Nordstrom KF (2008). *Beach and dune restoration*. Rutgers University, New Jersey.
- Nimer E (1989) *Climatologia do Brasil*. 2rd. IBGE, Rio de Janeiro, pp 421
- Parise CK, Calliari LJ, Krusche N (2009) Extreme Storm Surges in the South of Brazil: Atmospheric Conditions and Shore Erosion. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(3): 75-188
- Portz L, Manzolli RP, Gruber NLS, Correa ICS (2010) Tourism and Degradation in the Coastline of Rio Grande do Sul: Conflicts and Management. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 22: 153-166
- Pye K, Tsoar H (1990) *Aeolian Sand and Sand Dunes*. London: Unwin Hyman, pp 396
- Sarre RD (1987) Aeolian sand transport. *Progress in Physical Geography* 11: 157–182
- Grafals-Soto R, Nordstrom K (2009) Sand Fences in the Coastal Zone: Intended and Unintended Effects. *Environmental Management* 44:420–429
- Thornton EB, Sallenger A, Conforto Sesto J, Egley L, McGee T, Parsons R (2006) Sand mining impacts on long-term dune erosion in southern Monterey Bay. *Marine Geology* 229: 45–58
- Thornton EB, MacMahan J, Sallenger A (2007) Rip currents, mega-cusps, and eroding dunes. *Marine Geology* 240: 151–167
- Fournier M (2007) Standard for Creating and Restoring Sand Dunes from Massachusetts to North Carolina. In: Miller C, Skarade W. Soil Conservation Service. www.soilconservationservice.com. Accessed 15 dezembro de 2007
- Schwendiman JL (1977) Coastal sand dune stabilization in the Pacific northwest. *International Journal of Biometeorology* 21: 281–289
- Ley Vega de Seoane C, Fernández JBG, Pascual CV (2007) Manual de restauración de dunas costeras. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas, España. pp 251
- Villwock JA (1984) Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, 16: 5-49.
- Tomazelli L JD, Villwock JA (2006) "Geological evolution of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil." *Journal of Coastal Research*, SI 39: 275-278
- Tomazelli LJ, Villwock JA (1992) Considerações Sobre o Ambiente Praial e a deriva litorânea de sedimentos ao Longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, 19(1): 3-12

- Toldo JR EE, Dillenburg SR, Almeida LESB, Tabajara LL, Martins RR, Cunha LOBP (1993) Parâmetros morfodinâmicos da Praia de Imbé, RS. Pesquisas. UFRGS, 20(1): 27-32
- Weschenfelder J (1996) Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS
- Willians G (1964) Some aspects of the eolian saltation load. *Sedimentology*, 3: 257-287
- White BR (1979) Soil transport by winds on Mars. *Journal of Geophysical Research*, 84, 4643-5651.

SIG & GEOPROCESSAMENTO

Subdivisão composta por 03 artigos, sendo reportadas as técnicas de SIG e Geoprocessamento aplicadas à região costeira.

5. Uso de SIG na implantação de planos de manejo de dunas no Rio Grande do Sul – Brasil.
Congreso Iberoamericano de Gestión Integrada de Áreas Litorales (GIAL), Organizado por la Universidad de Cádiz (UCA) y la Red Iberoamericana de Manejo Costero Integrado (IBERMAR). Trabalho completo.
PORTZ, L., MANZOLLI, R. P., FRANCHINI, R., CORRÊA, I. C. S.
6. Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno.
Revista Brasileira de Geografia Física, 01: 033-044 (2011).
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., SALDANHA, D. L., CORRÊA, I. C. S.
7. Variação espacial e temporal de NDVI na lagoa do Peixe, RS.
Revista Brasileira de Geografia Física. 04:XX-XX (2011).
PORTZ, L., GUASSELLI, L. A., CORRÊA, I. C. S.

USO DE SIG NA IMPLANTAÇÃO DE PLANOS DE MANEJO DE DUNAS NO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL

L. Portz¹, R.P. Manzolli¹, R. Franchini² N.L.S. Gruber²

*1. Laboratório de Gerenciamento Costeiro. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91509900. Porto Alegre, RS, Brasil, *luanaportz@gmail.com, rogeriomanzolli@gmail.com.*

2. Laboratório de Gerenciamento Costeiro. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500. CEP: 91509900. Porto Alegre, RS, Brasil, nelson.gruber@ufrgs.br

RESUMO

O desenvolvimento de projetos para o manejo do sistema de dunas deve incluir um diagnóstico do ambiente (características naturais e o grau de intervenção humana), a tendência das mudanças e as ações para manutenção ou recuperação do sistema. A complexidade da elaboração destes projetos é um problema para as administrações municipais do Rio Grande do Sul, onde existe uma carência de um corpo técnico especializado. Neste contexto, as instituições de ensino e pesquisa, como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, estão preenchendo esta lacuna, através de projetos de extensão, dando suporte as municipalidades. Sendo assim, os municípios de Xangri-lá, Capão da Canoa e Arroio do Sal na busca de conciliar o desenvolvimento do turismo com a preservação ambiental e a melhoria dos serviços públicos, firmaram parceria com o Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO/UFRGS) para o desenvolvimento de seus planos de manejo de dunas com o auxílio de um sistema de informações geográfico (SIG). O uso de um SIG permite atualizações em qualquer escala de tempo e, também a análise conjunta de múltiplos dados em grandes áreas. Estas características de um SIG auxiliam os trabalhos na região costeira, ambiente com uma grande dinâmica de formas e processos. Para a alimentação do banco de dados foram realizadas visitas periódicas as áreas de estudo para sua caracterização, alguns exemplos de dados coletados são os perfis topográficos, a porcentagem de cobertura vegetal, o grau de urbanização, etc. Após a integração dos dados, utilizando o software Arcgis®, pode-se dividir o ambiente em setores, direcionando as intervenções. Os resultados obtidos com estas parcerias demonstram a possibilidade do uso de um SIG nos estudos de manejo costeiro, gerando bons resultados a um baixo custo. Para os municípios as vantagens encontram-se na facilidade de armazenamento e disponibilização dos dados, além de proporcionar o acompanhamento da evolução dos projetos. A utilização de um SIG, também pode promover e facilitar a troca de informações entre as instituições e em longo prazo pode permitir a integração de todas as informações em um único banco de dados, podendo auxiliar na tomada de decisão dos órgãos municipais, estadual e federal.

Palavras chave: Dunas, Sistema de Informações Geográfico (SIG), Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

A orla marítima pode ser definida como uma unidade geográfica inclusa na zona costeira, delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar. Esse ambiente se caracteriza pelo equilíbrio morfodinâmico, no qual interagem fenômenos terrestres e marinhos. Este espaço compreendido por praias e dunas são áreas de preservação permanente, de uso comum do povo, sendo vedada a sua apropriação, ocupação e descaracterização conforme o Art. 10º da Lei 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), e o Decreto Nº 5.300, de 7 de dezembro de 2004, que o regulamenta.

A ocupação da zona costeira no Brasil vem se intensificando nas últimas décadas, decorrente de três vetores prioritários de desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (MORAES 1999). Além desses vetores destacam-se também, as migrações intrarregionais, a reestruturação produtiva e as emancipações municipais com a inserção de novos contingentes populacionais, de usos e atividades nos municípios litorâneos. A contextualização desses processos é essencial para o entendimento da dinâmica socioespacial da Zona Costeira Brasileira na atualidade (CECO/IG/UFRGS, 2009).

Em nível nacional, a urbanização advinda das atividades turísticas e de veraneio, nas áreas litorâneas, vem se caracterizando pela forte segregação socioespacial entre os setores residenciais da população sazonal e da população permanente. As localizações privilegiadas junto à orla são destinadas aos veranistas e turistas, através de loteamentos para fins de segunda residência, hotéis e, mais recentemente, condomínios verticais e horizontais (Macedo, 1998).

O Rio Grande do Sul (RS) acompanhou a tendência nacional de urbanização em seu território. A configuração territorial do estado é produto das formações socioeconômicas que se constituíram ao longo do tempo, caracterizadas pela diversidade cultural e pelas desigualdades regionais (Strohaecker, 2007).

Apesar das bases legais para a ocupação e conservação deste ambiente já estarem estabelecidas, os interesses econômicos somados à pressão pela ocupação e uso, ainda geram conflitos com as suas funções ecológicas e socioculturais. Para intermediar estes conflitos se fazem necessários estudos interdisciplinares e a elaboração de documentos, como os planos de manejo integrados, que auxiliam no planejamento do município de médio a longo prazo.

Para tanto, a formulação destes planos de manejo devem contemplar tanto um diagnóstico ambiental quanto as alterações pretendidas no ambiente. Esse fato gera um dos grandes problemas enfrentados pelos órgãos de meio ambiente dos municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, onde a carência de um corpo técnico mínimo compromete sua elaboração. Desta forma, as instituições de ensino e pesquisa, como o caso da UFRGS, vêm colaborando com os municípios através de projetos de extensão.

Plano de manejo de dunas

A implementação de planos de manejo de dunas é um importante instrumento para a conservação destes ambientes, já que neste tipo de planejamento se preveem os possíveis usos do ambiente nas diferentes esferas, em um longo período de tempo.

Na prática, os planos de manejo de dunas baseiam-se nas seguintes estratégias (SOIL CONSERVATION SERVICE 1990): conservação do sistema de dunas existentes, concedendo uma zona tampão entre as propriedades privadas e as áreas ativas de praia; recuperação das dunas com distúrbios e controle das atividades recreativas.

O plano ao controlar as formas de utilização e apropriação do espaço de dunas, além de controlar a degradação da vegetação, destaca as implicações do Código Florestal Brasileiro (Artigo 3º) que considera este ambiente como Área de Preservação Permanente.

No Rio Grande do Sul, os planos de manejo devem seguir as orientações estabelecidas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), através do of. Circular FEPAM/PRES/12-04, sendo alvo de licenciamento ambiental. Este é um procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, neste caso

estadual, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental (FEPAM, 2009).

No licenciamento ambiental são avaliados impactos causados no meio ambiente, estabelecendo as condições para que a atividade ou o empreendimento cause o menor impacto possível. As etapas do licenciamento ambiental que devem ser seguidas são:

Licença Prévia (LP) - Licença que deve ser solicitada na fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação. Aprova a viabilidade ambiental, não autorizando o início das obras.

Licença Instalação (LI) - Licença que aprova os projetos. É a licença que autoriza o início da obra/empreendimento. É concedida depois de atendida as condições da Licença Prévia.

Licença de Operação (LO) - Licença que autoriza o início do funcionamento do empreendimento/obra. É concedida depois de atendidas as condições da Licença de Instalação.

Os municípios de Xangri-lá, Capão da Canoa e Arroio do Sal, localizados no litoral norte do Rio Grande do Sul, na busca de conciliar o desenvolvimento do turismo e do veraneio, com a preservação das suas características naturais, melhorias nos serviços (segurança, higiene e alimentação) e facilidades de acesso à praia, firmaram parceria com o Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica da UFRGS (CECO/IG/UFRGS) para o desenvolvimento de seus planos de manejo de dunas com o auxílio de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Para a alimentação do banco de dados foram realizadas visitas periódicas as áreas de estudo para sua caracterização, alguns exemplos de dados coletados são os perfis topográficos, a porcentagem de cobertura vegetal, o grau de urbanização, etc. Após a integração dos dados, utilizando o software Arcgis®, pode-se dividir o ambiente em setores, direcionando as intervenções.

Para estes municípios foi realizada a caracterização geral do sistema de dunas, empreendendo, em um primeiro momento, um levantamento a partir de fontes de dados primários e secundários. A identificação das fases de desenvolvimento urbano contemplou técnicas de análise e interpretação de caráter qualitativo e quantitativo. O levantamento de dados secundários contemplou pesquisa bibliográfica, cartográfica e sensoriamento remoto. O levantamento de fontes primárias abrangeu observações e registros fotográficos de campo.

Para a fase de integração com os demais municípios, foram pesquisados os municípios que apresentam Plano de Manejo de Dunas, ou que este estejam em andamento, junto a FEPAM, aos municípios e na internet.

Área de estudo

A costa do Rio Grande do Sul (RS), desde Torres, ao norte, até a desembocadura do Arroio Chuí, ao sul, é constituída por uma ampla planície costeira com cerca de 620 km de comprimento e até 120 km de largura, onde um sistema de barreiras arenosas aprisiona um gigantesco sistema lagunar (Complexo Lagunar Patos - Mirim), e uma série de outros corpos de água isolados ou interligados com o mar por intermédio de canais estreitos e rasos (Villwock, 1994).

Sua formação, durante o Período Quaternário, desenvolveu-se a partir da justaposição lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira, cuja formação foi controlada pelas flutuações do nível do mar durante o Quaternário (Barreira-Laguna I, II e III de idade Pleistocênica e sistema IV, que iniciou sua formação há cerca de 7 ka A.P.), constituindo uma sucessão de terraços marinhos e lagunares (Villwock, 1984). A atual linha de costa da planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta uma orientação geral Nordeste-Sudoeste, com praias arenosas retilíneas e contínuas, predominantemente dominada por ondas.

Atualmente o litoral do Rio Grande do Sul é integrado por 16 municípios (com presença de dunas frontais), sendo esta região dividida, segundo a FEPAM, em 3 áreas distintas, litoral sul, médio e norte. O litoral sul abriga um dos mais relevantes sistemas

naturais do Estado, região onde os banhados e áreas úmidas associadas às lagoas e cursos d'água constituem aspecto dominante na paisagem. Esta parte da região sofre o impacto do uso abusivo de agricultura e pecuária por serem áreas de formação geológica recente, cuja vegetação se encontra ancorada em uma tênue camada de solo arenoso, além de focos de reflorestamentos, com espécies exóticas.

O litoral médio do RS compreende áreas do entorno da Laguna dos Patos, verificando-se importantes diferenças ambientais e socioeconômicas entre a porção a leste e a porção a oeste da laguna. A porção leste, áreas que apresentam contato direto com o oceano, apresenta baixa heterogeneidade espacial e uma biodiversidade relativamente alta, devido à presença do sistema marinho adjacente que sustenta uma comunidade de praia abundante e diversificada. A atividade econômica é incipiente, mas localmente importante, sendo nesse setor onde se verifica a principal atividade de lazer para a comunidade local, que é o veraneio nos balneários locais.

O litoral norte apresenta economia preponderantemente associada às atividades turística e de veraneio, o que confere à região características de grande variação sazonal da população e intensa urbanização. Nesta região estão inseridos os municípios de Xangri-lá, Capão da Canoa e Arroio do Sal (Fig. 1).

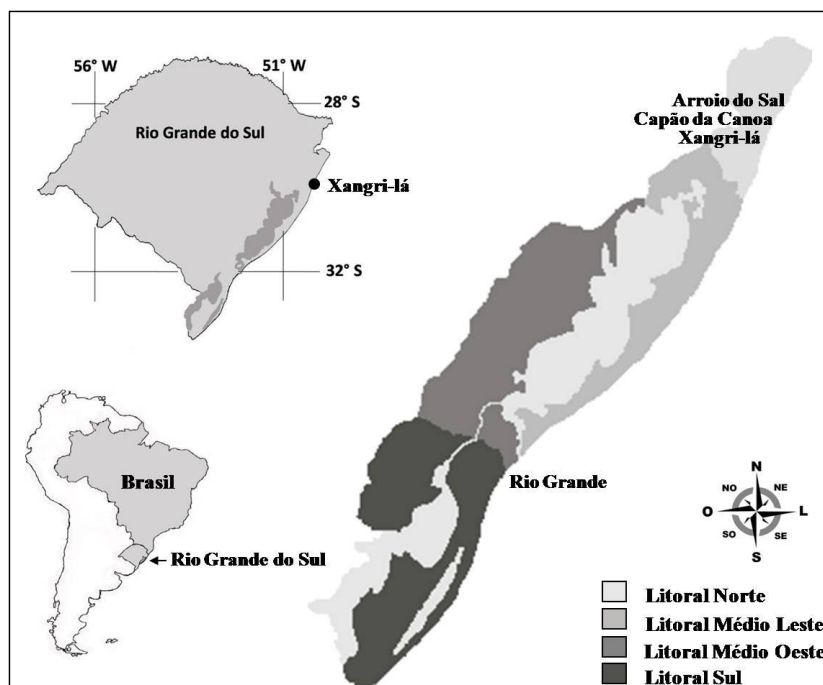


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os municípios que apresentam atividades de preservação e recuperação do sistema de dunas, o balneário da Praia do Cassino, localizado no município de Rio Grande, denota as datas mais antigas. Em 1986, o NEMA (Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental) iniciou os trabalhos de recuperação do sistema de dunas, desenvolvendo um plano-piloto em uma área de 800 m². Neste local, o cordão de dunas havia sido retirado para extração de areia e com o uso de galhação, material oriundo das podas realizadas no outono e inverno, após um ano, foram obtidos resultados positivos com o acúmulo de areia e recuperação do cordão frontal, o qual foi sendo fixado pelo restabelecimento da cobertura vegetal nativa. Desde 1989, as atividades contam com o apoio contínuo da Prefeitura Municipal de Rio Grande, através da Autarquia do Balneário Cassino e da Secretaria Municipal de Pesca, Agricultura e Meio Ambiente (NEMA, 2006).

No litoral norte, entre março de 1998 e abril de 2000, foi desenvolvido nas praias de Atlântida Sul e Mariápolis, município de Osório, um plano experimental de manejo das dunas. Esse plano promoveu ações para proteger, recuperar e ordenar o uso de uma área piloto de 1 km de extensão de praia, testando a efetividade de métodos estruturais na construção de dunas frontais e confrontando com os programas internacionais de manejo de dunas (TABAJARA 2003; TABAJARA 2001).

Nos demais municípios, com presença de áreas de dunas, os planos de manejo só se iniciaram a partir de 2004 com as exigências da FEPAM, através do of. Circular FEPAM/PRES/12-04. Com a publicação deste, o órgão ambiental não mais analisará intervenções isoladas para atividades no ambiente de dunas, devendo todas as proposições estarem previstas em um Plano de Manejo a ser encaminhado pelas municipalidades, buscando com que a formulação das intervenções físicas deixe de ser pontual, passando-se a considerar o conjunto das intervenções necessárias e a dinâmica do ambiente onde está inserida.

O desenvolvimento de projetos de manejo no sistema de dunas passa pela integração e análise de grande quantidade de dados, como a caracterização ambiental e de ocupação da orla, visando a sua setorização e a determinação de prioridades às intervenções e demandas do município. A dinâmica das formas e processos atuantes na costa requer atualizações de dados frequentes, constantes e de baixo custo.

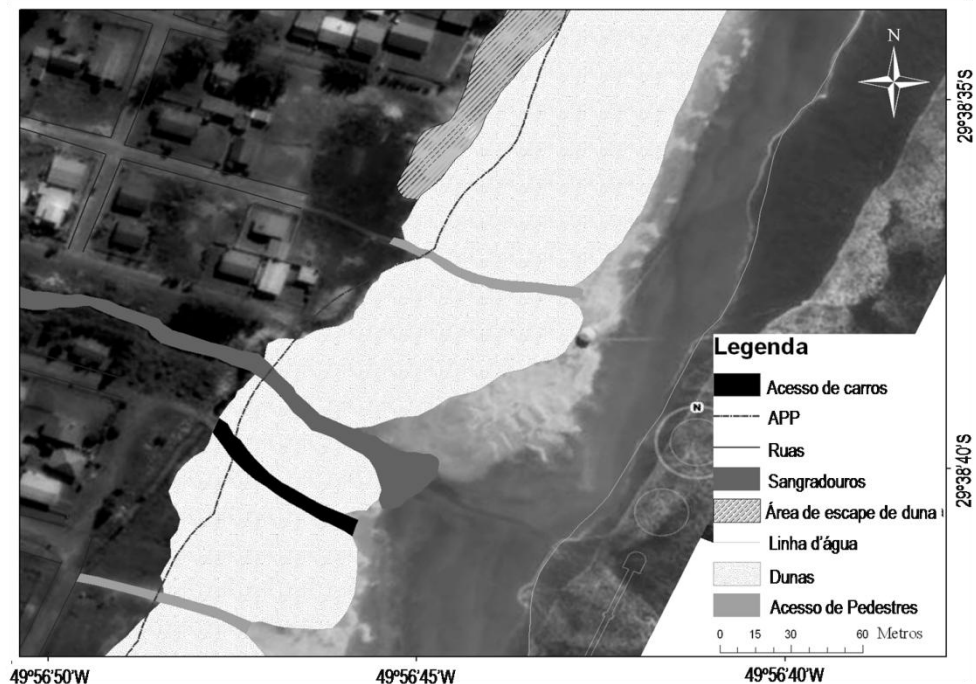
Neste sentido, os planos de manejo de dunas para os municípios que utilizaram a ferramenta de SIG (Tab. 1), mesmo não apresentando a mesma metodologia, tiveram os dados levantados e coletados com auxílio de GPS, seguindo o mesmo padrão. Como exemplo de dados coletados em ambos os trabalhos temos: acessos à praia, cursos de drenagem, ocupações irregulares e loteamentos, usos da praia e das dunas (presença de quiosques, áreas de pesca e surfe, etc), assim como a realização de perfis topográficos e a ecologia das dunas. Estes dados serviram como base para a identificação e ordenamento dos diferentes usos e das atividades desenvolvidas na orla costeira, assim como para a obtenção da classificação das praias de acordo com seus usos predominantes. Estes dados também serviram para a valoração e qualificação das praias consideradas estratégicas por motivos ambientais ou turísticos, para identificar os melhores caminhos para o desenvolvimento das atividades específicas da orla costeira e para a defesa e conservação deste ambiente.

Tabela 1. Relação dos Municípios que apresentam a primeira etapa do Plano de Manejo de Dunas.

Município	Etapa de Diagnóstico do Ambiente	Uso de SIG
Torres	Concluído	Não
Arroio do Sal	Em andamento	Sim
Terra de Areia	Não apresenta	-
Capão da Canoa	Concluído	Sim
Xangri-lá	Concluído	Sim
Osório	Concluído	Não
Tramandaí	Concluído	Sim
Imbé	Concluído	Não
Cidreira	Concluído	Não
Pinhal	Não apresenta	-
Palmares do Sul	Concluído	Sim
Mostardas	Em andamento	Sim
Tavares	Não apresenta	-
São José do Norte	Não apresenta	-
Rio Grande	Concluído	Sim
Santa Vitória do Palmar	Concluído	Sim

No município de Osório, mesmo este não tendo integrado os dados coletados para seu plano de manejo em um sistema de informação geográfica, foi realizado um levantamento preliminar com uma base cartográfica e espacialização em SIG para o sistema de dunas, em uma dissertação de mestrado realizada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Portz, 2008).

Um exemplo da espacialização dos dados no Plano de Manejo de Dunas do Município de Capão da Canoa pode ser observado na figura 2.



Com uma grande quantidade de dados coletados, o uso de um sistema de informação geográfica (SIG), possibilita o gerenciamento dos recursos costeiros, a obtenção de dados múltiplos em grandes áreas e permite atualizações de forma rápida em qualquer escala de tempo. Este processo também dá suporte às atividades de campo, espacializando as unidades mapeadas.

Porque usar o SIG?

Um Sistema de Informação Geográfica é um sistema informatizado que permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (Câmara Neto, 1995).

Este sistema integra e consolida os dados operacionais e históricos, alimentando o processo de tomada de decisões no manejo de dunas com informações gerenciais e estratégicas. Além disso, o SIG também pode integrar os dados de outros órgãos, tais como os dos demais municípios da região, universidades e órgãos governamentais. O uso do SIG ocupa hoje o topo da lista de ferramentas de apoio ao tratamento de informação espacial, existindo atualmente no mercado uma vasta quantidade de software, cujos problemas de incompatibilidade, outrora críticos, são agora assuntos ultrapassados.

As principais características dos SIG são:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;

- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e representar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

Os produtos finais devem cumprir funções básicas como a referência geográfica dos elementos que os constituem, seja utilizando um sistema de coordenadas ou utilizando diversos elementos de referência geográfica como as redes viárias, ferroviárias e hidroviárias.

Seu uso torna possível a integração e manipulação de dados de forma rápida e eficaz, de forma que, a geração de informação subsidie tanto o diagnóstico quanto o gerenciamento de informações. A possibilidade de fazer atualizações, alterações e reconstruções de cenários de forma a proporcionar uma visão peculiar do problema discutido e a reavaliação instantânea de qualquer interferência prevista (Weber, 1998).

As zonas costeiras apresentam um caso especial para a manipulação e gestão de informação geográfica, porque elas constituem a zona de interfase entre dois tipos contrastantes de ambiente (Tolvanen, 2008). O SIG fornece uma valiosa forma de obter as informações de diferentes zonas costeiras e comunicar-las.

Neste contexto, o ordenamento da orla costeira pode ser facilitado pelo uso desta ferramenta uma vez que praticamente todas as informações sobre os ambientes costeiros podem ser georreferenciadas, constituindo um recurso fundamental do desenvolvimento sustentável e dando um contexto espacial ao amplo conteúdo de informações ambientais necessárias para o entendimento destas áreas.

O uso desta ferramenta tem sido aplicado nos mais diversos trabalhos em gerenciamento costeiro no mundo como na Catalunha, Espanha para dar suporte a decisões governamentais, em virtude da pressão exercida pela indústria do turismo (Sarda et al, 2005); em Bay of Plenty, Nova Zelândia, para dar suporte ao desenvolvimento sustentável da aquicultura (Longdill et al, 2008); em Coquina Beach, Estados Unidos, utilizando SIG para modelar o sistema de dunas em virtude da erosão ocasionada, frequentemente, pelas tempestades (Andrews et al, 2002); e em Lake Huron, Canadá, utilizando SIG para monitorar a formação e evolução de corredores de deflação no sistema de dunas (Decha et al, 2005).

Porque criar um sistema integrador de informações entre os municípios?

A criação de Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado do RS, aplicado ao gerenciamento costeiro, traz em seu bojo as concepções dos modelos descritos, através da identificação das pressões exercidas sobre o sistema costeiro, das modificações impostas a ele por essas pressões e dos impactos geoambientais decorrentes dessas modificações. Os diagnósticos e prognósticos elaborados constituem a base para as decisões e as ações integradas de políticas públicas (respostas), em níveis estadual, regional e municipal, devendo atender aos diversos instrumentos de planejamento, gerenciamento, fiscalização e controles ambientais existentes na ZC (Souza, 2003).

A utilização de SIG pode promover e facilitar a troca de informações entre as instituições e em longo prazo pode permitir a integração de todas as informações em um único banco de dados estadual, auxiliando os órgãos municipais e estaduais nas tomadas de decisão.

O elemento essencial em todo este processo é a perspectiva, de longo prazo, ocorrer colaboração mútua e benéfica entre os diferentes parceiros, além de que todo o conteúdo de informações estejam disponíveis abertamente para a sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que o uso do SIG é uma tecnologia de apoio fundamental para qualquer estudo que pretenda resolver problemas ambientais relacionados a planos de manejo de dunas.

Para os municípios as vantagens se encontram na facilitação de armazenamento dos dados num formato físico compacto, podendo ser mantidos e extraídos a um custo menor e

com uma maior velocidade; as informações gráficas e não gráficas podem ser integradas e manipuladas simultaneamente; além do acompanhamento da evolução dos projetos de manejo, recuperação ou aceleração de degradações.

A estrutura do SIG permitirá a atualização rápida dos bancos de dados e dos produtos básicos gerados e automaticamente gerará todos os Produtos Intermediários e Finais. Com a identificação das pressões, das modificações ambientais e dos impactos das atividades antrópicas na ZC, as respostas e as ações de políticas públicas poderão ser melhores direcionadas rumo à implementação de um Gerenciamento Integrado da zona costeira mais consistente, que possa conduzir a um desenvolvimento sustentável mais efetivo.

Neste contexto o SIG, na zona costeira, oferece uma visão sintética que ajuda a reduzir os conflitos de interesse e facilita a evolução multisectoriais de desenvolvimento (Chua, 1993).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrews, B.D., Gares, P.A. & Colby, J.D. 2002. Techniques for GIS modeling of coastal dunes. *Geomorphology*, 48, 289-308.
- CECO/IG/UFRGS & Prefeitura Municipal de Capão da Canoa, 2009. *Diagnóstico das Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa-RS*. Equipe: Gruber, N.L.S, Strohaecker, T.M., Tabajara, L.L.A., Portz, L., Manzolli, R.P., Pereira, F.C., Dadda, M.A., Chites, R. Oliveira, R.M., Franchini, R.A.L. Documento técnico.
- Câmara Neto, G. 1995. *Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos*. Tese de Doutorado – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- Decha, J.P., Mauna, M.A. & Pazner, M.I. 2005. Blowout dynamics on Lake Huron sand dunes: analysis of digital multispectral data from colour air photos. *Catena*, 60: 165-180.
- FEPAM, 2009. *Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Programas e Projetos: Programa de Gerenciamento Costeiro – GERCO*. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/programa_gerco.asp>. Acesso em: 20 fev. 2010.
- Longdill, P.C., Healy, T.R. & Black, K.P. 2008. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management*, 51: 612-624.
- Macedo, S.S. 1998. Paisagem, modelos urbanísticos e as áreas habitacionais de primeira e segunda residência. *Paisagem & Ambiente*, São Paulo, 11: 131-202.
- Moraes, A.C.R. 1999. *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro*. São Paulo, Edusp/Hucitec, 232p.
- NEMA, 2009. *Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental - Projeto Dunas Costeiras Conservação e Manejo*. Fotografia disponível em <<http://www.nema-rs.org.br>>. Acesso em: 26 ago. 2009.
- Portz, L. 2008. *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, 128p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Sarda, R., Avila, C. & Mora, J. 2005. A methodological approach to be used in integrated coastal zone management processes: the case of the Catalan Coast (Catalonia, Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62: 427-439.
- Soil Conservation Service. 1986. *Beach Dunes- their use and management*. Sidney, Soil Conservations Service of NSW, 32p.
- Souza, C.R. de G. 2003. Um Sistema de Informações Geoambientais para o Litoral de São Paulo. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9., 2003, Recife (Pe). Anais...Recife, Trabalho completo 1 CD-ROM.
- Strohaecker, T.M. 2007. *A urbanização no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental no município de Capão da Canoa*. Porto Alegre, 399p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- Tabajara, L.L.C.A. 2003. *Interações onda-praia-duna e manejo das dunas das praias de Atlântida Sul e Mariápolis – RS*. Porto Alegre. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Tabajara, L.L.C.A.; Nicolodi, J. Programa de manejo das dunas das praias de Osório - RS. *Pesquisas em Geociências*, 28: 427-445. 2001.
- Tavares, M.A., Costa, A.A. 2010. Dinâmica urbana e condomínios horizontais fechados na cidade de Natal *GeoTextos*, 6 (2): 83-113
- Tolvanen, H. & Kalliola, R. 2008. A structured approach to geographical information in coastal research and management. *Ocean & Coastal Management*, 51: 485-494.
- Villwock, J.A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, 16: 5-49.
- Villwock, J.A. 1994. A Costa Brasileira: Geologia e Evolução. *Notas Técnicas*: 7: 38-49.
- Weber, E.J., Duarte, G.F, Frank, M., Hoff, R., Zomer, S., Bassani, E. & Junqueira, I. 1998. Estruturação de sistemas de informação ambiental em bacias hidrográficas: o caso da bacia hidrográfica do Rio Caí – RS. CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 4., 1998, Curitiba. Anais... Curitiba, 1 CD-ROM.



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Dispersão de espécie exótica no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno

Luana Portz¹, Rogério Portantiollo Manzolli², Dejanira Luderitz Saldanha³, Iran Carlos Stalliviere Correa⁴

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, área de concentração em Geologia Marinha. Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900.

² Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, área de concentração em Geologia Marinha. Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900.

³ Professora do departamento de Geodésica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900.

⁴ Professor do departamento de Geodésica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900.

Artigo recebido em 15/04/2011 e aceito em 20/06/2011

RESUMO

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe está localizado no litoral sul do estado do Rio Grande do Sul. Dentre os conflitos existentes dentro da área do parque e no seu entorno, o aumento e a dispersão da vegetação exótica, vem gerando inúmeras discussões. Neste contexto o objetivo do presente trabalho foi identificar a distribuição espacial, ao longo do tempo, das áreas de plantações de *Pinus sp.* Para tanto foram utilizadas imagens multiespectrais de sensoriamento remoto (TM-Landsat 5), com datas entre 1986 e 2009, sendo realizada a classificação manual por meio da vetorização, verificação de campo e análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos. O problema principal da dispersão natural de *Pinus sp.* é encontrado na margem da lagoa principal, margeada por banhados e por pinus, cuja dispersão espontânea está competindo com o crescimento da vegetação natural e alterando o cenário típico da região. De 1986, data de criação do parque, até hoje a área de pinus, no entorno desta lagoa, cresceu de 61 para 252 ha. Este aumento da área de ocorrência de *Pinus sp.*, em mais de 4 vezes, torna necessária a sua extração, a fim de preservar as espécies nativas da região, bem como a diversidade biológica a ela associada. A expansão da silvicultura é preocupante, pois assumiu uma grande proporção em área, não se encontrando ações que indiquem uma desaceleração deste processo. Além de diminuir o valor estético da paisagem natural esta invasão poderá comprometer o potencial turístico e principalmente de preservação ambiental ao qual o título de Parque Nacional exige.

Palavras chaves: *Pinus sp.*, Landsat, impactos.

Dispersion of exotic vegetation into and around the Lagoa do Peixe National Park

ABSTRACT

Lagoa do Peixe National Park presents a great variety of fragile ecosystems. Among the conflicts present into and around the Park is the increase and dispersion of exotic vegetation, that is generating several discussions. In this context, the objective of this paper was identifying the spatial distribution, over time, of the *Pinus sp.* plantations in this area. For both researches, it was used multispectral images (Landsat), with dates between 1986 and 2009, and performed the manual classification, field verification and analysis of quantitative and qualitative results. The main problem related to the natural dispersal of *Pinus sp.* is found on the shore of the park's main lagoon. This area is bordered by marshes and *Pinus sp.* whose spontaneous dispersion is competing with the natural vegetation and altering the typical scenery of this region. Since the creation of the park (1986) until today, the area of pinus, around the lagoon, has grown from 61 to 252 ha. This increase, more than four times, makes it necessary its extraction in order to preserve the native species and the biodiversity associated. The expansion of forestry in the Lagoa do Peixe National Park is worrisome because it has been taking a great extent of the area, and there are no actions that indicate a slowdown of this process.

Keyword: *Pinus sp.*, Landsat, impact.

* E-mail para correspondência: luanaportz@gmail.com (Portz, L.).

1. Introdução

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe (PNLP) foi criado através do Decreto Nº 93.546/86 no ano de 1986, com área de 34.400 hectares, correspondendo a uma região com ecossistemas frágeis (banhados, campos de dunas, matas de restinga e lagoas de água doce e salobra), inseridos na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. A criação do Parque teve como objetivo a proteção de espécies animais, particularmente das aves migratórias, que encontram nesta região condições propícias para sua alimentação e repouso, durante seus voos anuais, assim como a preservação das áreas úmidas.

A denominação do parque vem de seu principal corpo d'água (lagoa do Peixe) que efetivamente se constitui em uma laguna por apresentar uma ligação direta e sazonal com o oceano, através de uma barra. Com a ocorrência intensificada desta abertura nos meses de junho a dezembro, a mistura das águas doce e salgada, aliada a constante ação de fortes ventos, permite a concentração de nutrientes que garante o ciclo reprodutivo e a sobrevivência de diversas espécies.

Tais características específicas fazem do local um reservatório natural de fauna e flora específicas como, camarões, caranguejos, moluscos, algas, plânctons e pequenos peixes que atraem aves, répteis e mamíferos (FNMA, 1999).

O grau concedido à área, como o de Parque Nacional, acarreta um alto grau de restrição de uso e ocupação, que tem gerado,

desde a sua implantação, diversos conflitos como a ocupação humana, a pesca, a agricultura, a pecuária, a caça e o plantio de vegetação exótica.

Dentre estes conflitos o aumento e a dispersão da vegetação exótica dentro da área do Parque e no seu entorno, vem gerando inúmeras discussões. Dentre as formas de preservação deste ecossistema, encontram-se as medidas que tendem à erradicação e controle da presença desta face devido aos graves prejuízos e danos que causam ao ecossistema nativo.

De acordo com Zalba (2009), a espécie exótica ou introduzida pode ser qualquer espécie proveniente de um ambiente ou de uma região diferente, encontrando-se fora de sua área de distribuição natural. O termo “*espécie Exótica Invasora*” designa uma espécie introduzida, que de acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998), torna-se apta e avança sobre o ambiente natural e alterado, sem a assistência humana, ameaçando os ecossistemas, os *habitats naturels* ou as espécies nativas. Essas espécies possuem vantagens competitivas e são favorecidas pela ausência de predadores e pela degradação dos ambientes naturais, dominando os nichos anteriormente ocupados pelas espécies nativas. Espécies exóticas invasoras não apenas sobrevivem e se adaptam ao novo meio, mas passam a exercer processos de dominância sobre a biodiversidade nativa. Em função do grau de impacto registrado em todo o mundo, as

espécies exóticas invasoras se constituem em significativa causa mundial de perda de diversidade biológica.

Plantas exóticas invasoras tendem a produzir alterações em processos ecológicos essenciais como ciclagem de nutrientes, produtividade vegetal, cadeias tróficas, estrutura, dominância, distribuição e funções de espécies num dado ecossistema, distribuição de biomassa, densidade de espécies, porte da vegetação, acúmulo de serrapilheira e de biomassa (aumentando o risco de incêndios), taxas de decomposição, processos evolutivos e relações entre polinizadores e plantas. Podem também alterar o ciclo hidrológico e o regime de incêndios, levando a uma seleção das espécies existentes e, de modo geral, ao empobrecimento dos ecossistemas. Existe também o risco para a geração de híbridos a partir de espécies nativas, que podem ter ainda maior potencial invasor (Ziller, 2001).

Os *Pinus SP.*, existente nesta região como uma planta exótica, proliferam-se com grande facilidade e agressividade em ambientes abertos de elevada insolação, independente da fertilidade do solo. À medida que se desenvolvem formam agrupamentos gradativamente mais densos que produzem, em primeira instância, o sombreamento das plantas nativas de menor porte e, a médio e longo prazo, alterações químicas no solo que podem inibir o crescimento de espécies sensíveis. Por consequência, há redução das populações de espécies nativas e o risco do

seu desaparecimento nessas áreas alteradas, por vezes de grandes extensões.

O sucesso das espécies de *Pinus sp.* no processo de invasão, no hemisfério sul, está relacionado com sua habilidade de colonizar habitats marginais e pobres em nutrientes (Moran et al., 2000). O crescimento rápido, alta competitividade em relação às gramíneas e aos arbustos lenhosos (Lamprecht, 1990), e o grande reservatório de sementes advindos das lavouras de *Pinus sp.* implantadas podem estar explicando a extensão da invasão. Na área de estudo o *Pinus sp.* encontra terreno fértil e tem sua colonização facilitada nas áreas baixas interdunas.

Sobre os danos ambientais causados por esta espécie vegetal exótica invasora, nos limites do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, segundo o IBAMA, através do Ofício n.º 001/06- PNL-IBAMA, datado de 09 de janeiro de 2006, informa:

“O Pinus sp. no Brasil é uma espécie exótica invasora, sendo, via de regra, maléfica ao meio ambiente. Podemos citar a Austrália, Nova Zelândia e África do Sul como exemplos de contaminação biológica pela introdução do Pinus sp., obrigando esses países a criar programas permanentes para tentar reduzir os danos ambientais, que vão, desde a modificação da paisagem, com a inevitável perda da diversidade biológica dos ambientes alterados, à redução drástica no regime hídrico (redução do lençol freático, diminuição da umidade do ar e consequente alteração nos índices pluviométricos),

causando-lhes problemas sociais e ambientais irreparáveis”.

O IBAMA também reconhece os graves danos ambientais advindos desta vegetação no interior e na área de entorno do PNL.

“É incontestável que a silvicultura de Pinus sp mudou drasticamente a fisionomia da região de Mostardas/Tavares, não só no aspecto cênico da paisagem original, mas nas condições bióticas (vegetação e fauna) e abióticas (hidrologia, vento, etc) refletindo, provavelmente, na situação atual de escassez de água que recorrentemente vem afetando a região”.

Neste contexto o objetivo do presente trabalho foi identificar através do sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento a distribuição espacial, ao

longo do tempo, das áreas de plantações de *Pinus sp.* no Parque Nacional da Lagoa do Peixe e em seu entorno.

1.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se no segmento médio da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, entre a Laguna dos Patos e o Oceano Atlântico, abrangendo áreas dos municípios de Mostardas e Tavares. A lagoa do Peixe especificamente apresenta 40 km de extensão e 1 km de largura, tendo de 10 a 60 cm de profundidade em quase toda sua extensão.

Para este estudo a área de avaliação abrange a totalidade do Parque Nacional da Lagoa do Peixe e seu entorno conforme Figura 1.

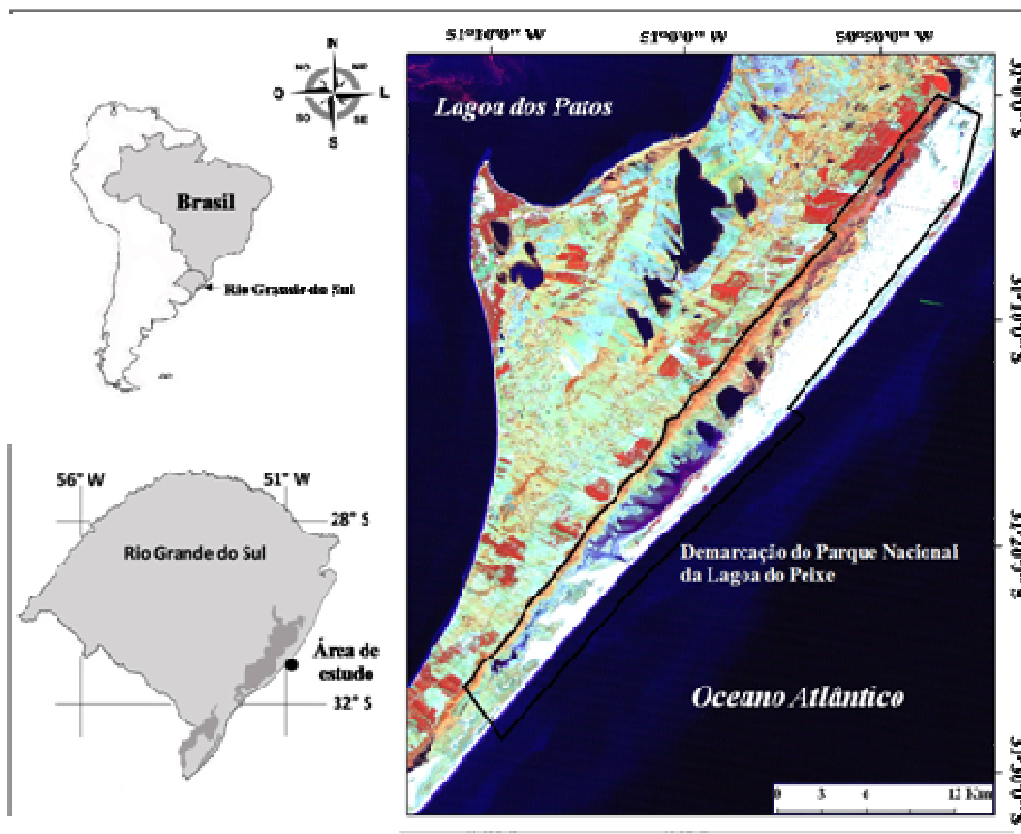


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

A escolha da área de estudo foi motivada pelos graves prejuízos e danos ao ambiente natural que podem ter sido causados pela presença das plantações de *Pinus sp.*, não só na área do Parque, mas também no seu entorno. Este fato se justifica porque estas espécies vegetais exóticas se propagam com facilidade e ampliam sua área de abrangência para além das áreas dos plantios comerciais, aumentando sua área de concentração e competindo com a flora nativa.

2. Material e Métodos

Para alcançar os objetivos propostos, foram utilizadas imagens multiespectrais do sensor TM do satélite Landsat 5, adquiridas em diferentes datas, visando identificar a localização e a extensão da vegetação exótica inserida no Parque. A pesquisa compõe-se das seguintes etapas: georreferenciamento das imagens das diversas datas; classificação manual por meio da vetorização com a finalidade de delimitar as áreas ocupadas pela vegetação exótica; verificação de campo; geração dos mapas finais e análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos.

Para a análise da evolução da vegetação exótica na área foram adquiridas dez cenas de imagens de satélite do sensor TM/Lansat-5 junto ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE/BR): órbita/ponto: 221/81, 221/82 de 01 de junho de 1986; órbita/ponto: 221/81, 221/82 de 08 de setembro de 1993; órbita/ponto: 221/81, 221/82 de 01 de julho

de 1997; órbita/ponto: 221/81, 221/82 de 26 de maio de 2007; órbita/ponto: 221/81, 221/82 de 29 de abril de 2009.

Estas datas foram escolhidas tendo em vista a execução de mosaico que abrange toda a área de estudo além da inexistência de nuvens nestes períodos.

Foi realizada a fusão de duas cenas ao longo da órbita do satélite gerando-se os mosaicos cobrindo a totalidade da área de estudo.

Tendo como base a imagem de abril de 2009, foi realizado o ajuste das cenas ao sistema cartográfico UTM, Fuso 22, Datum: WGS84. A partir desta imagem, as outras cenas acima citadas, foram ajustadas ao mesmo sistema cartográfico através do processo de co-registro, ou registro de imagem para imagem.

A interpretação visual permitiu a definição de polígonos nas áreas definidas como de uso da silvicultura. Esta interpretação foi realizada através da composição colorida falsa cor RGB 453 com aplicação de contraste através do Stretch Interativo (Figura 2A e 2C) e do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (Figura 2B).

A aplicação de contraste, composições coloridas e correlação de bandas foram executadas em diferentes etapas da confecção dos mapas utilizando-se o software Envi[®] 4.0.

Para a interpretação visual das imagens, diversas combinações de bandas foram testadas para a caracterização multitemporal e

dentre elas, a que forneceu condições para uma melhor interpretação foi a R4G5B3 e a

imagem NDVI.

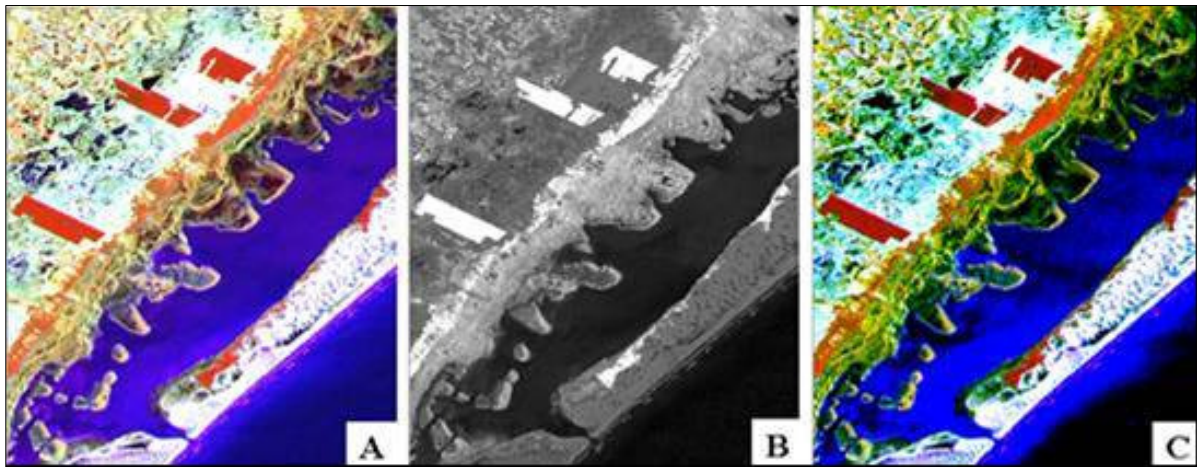


Figura 2. Exemplos de composições utilizadas para a classificação manual; A e C: colorida RGB 453, com aplicação de contraste através do Stretch interativo; B: NDVI. Imagem TM/Landsat-5 de 08 de setembro de 1993.

Nesta imagem, R4G5B3, a mata nativa aparece em tons de marrom, enquanto as áreas de *Pinus sp.* e eucaliptos aparecem em tons de vermelho. Para discernir algumas dúvidas, quanto à cobertura vegetal, foi gerado o NDVI, utilizando-se como base as bandas 3 e 4 (vermelho e infravermelho próximo, respectivamente).

O procedimento de delimitação das áreas identificadas como de silvicultura foi realizado através de vetorização manual. Esse método exige uma maior capacidade de interpretação por parte do intérprete e demanda maior tempo, posto que cada polígono deve ser trabalhado individualmente. Todavia, acredita-se que esta seja a melhor forma de trabalho, posto que as classificações automáticas e semi-automáticas incorrem frequentemente, em erros de confusão de classes. Este procedimento foi executado

através do software ARGIS[®] 9.3, onde foram realizados os procedimentos de análise, interpretação, e quantificação.

Saída de campo - foi realizada saída de campo para verificação e documentação das áreas analisadas.

3. Resultados e Discussão

Como resultado da pesquisa pode-se observar, a partir das cartas-imagem (Figura 3), que a área de estudo apresenta uma superfície significativa ocupada por silvicultura (predominantemente *Pinus sp.*).

A delimitação dos polígonos de silvicultura, através da combinação das bandas espectrais em composições coloridas RGB, utilizando principalmente o NDVI, foi satisfatória, sendo facilitada pelo contraste espectral entre as áreas de campo, a mata nativa em regiões bem definidas e as

plantações de *Pinus sp.*

A estimativa da intensificação do plantio de *Pinus sp.* é atualmente de 17.237 ha de silvicultura, não sendo contabilizadas as áreas de contaminação recente, fruto da

dispersão descontrolada dessa espécie, não detectável através das imagens TM-Lansat 5, em virtude da resolução espacial – tamanho do pixel, porém constatado em campo.

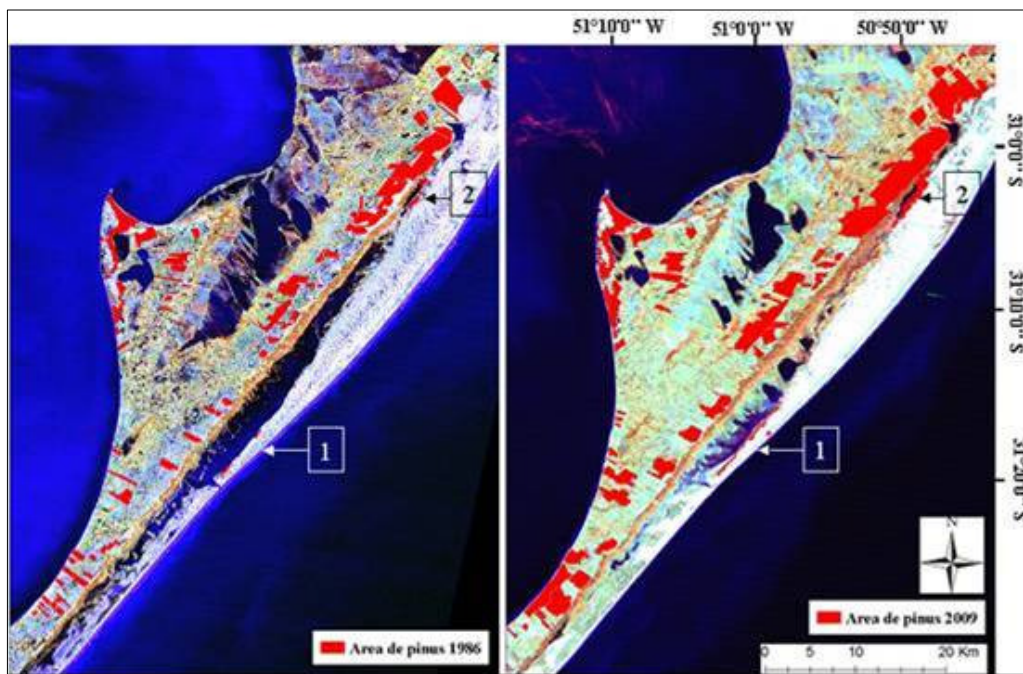


Figura 3. Distribuição dos polígonos de silvicultura em 1986 e 2009. No detalhe a seta 1: indicando a área de *Pinus sp.* no entorno da lagoa do Peixe e a seta 2: indicando a área de *Pinus sp.* no entorno da lagoa Pai João.

De acordo com o Ofício n.º 001/06-PNLP-IBAMA, a região do litoral médio do Rio Grande do Sul, em especial Mostardas, Tavares e São José do Norte, apresenta atividades de silvicultura, em especial com o cultivo de *Pinus sp.*, desde 1973, sendo hoje uma atividade econômica consolidada na região.

Na data de criação do parque, em 1986, foi possível estimar uma concentração de 9.315 ha de área plantada, sendo que este valor em 2009 ultrapassou 17.000 ha. A grande preocupação quanto a esse plantio, é a disseminação espontânea, ainda não

quantificada, que invade propriedades e diversos sistemas naturais sem responsabilidade legal, além dos já conhecidos malefícios como o rebaixamento do lençol freático e o sistema de monocultura, que ocasiona a redução drástica da biodiversidade e consequente empobrecimento do solo.

É indiscutível que a silvicultura, principalmente o plantio de *Pinus sp.*, tenha mudado a fisionomia da região de Mostardas/Tavares no aspecto cênico da paisagem original (Figura 4).



Figura 4. Fotografia do Parque Nacional da Lagoa do Peixe com áreas reflorestadas.

Observa-se que entre os anos de 1986 e 2009, a expansão de polígonos isolados foi pouco expressiva, porém houve uma expansão lateral das áreas de plantio já existentes (Figuras 3 e 5). Esta expansão ocorre de duas formas: 1) pelo aumento de polígonos próximos ocasionando a conexão dos mesmos; e 2) pela dispersão espontânea da espécie. Um exemplo desta segunda forma pode ser observado na Figura 5: um polígono

plantado em 1993 se disseminou lateralmente podendo ser observado nas imagens de 2007 e 2009, após o corte de uma parte da área, a porção remanescente. Neste sentido, entende-se que os responsáveis pela silvicultura, deveriam ser responsáveis pela prevenção de sua expansão, evitando que as espécies cultivadas se dispersem de forma descontrolada.

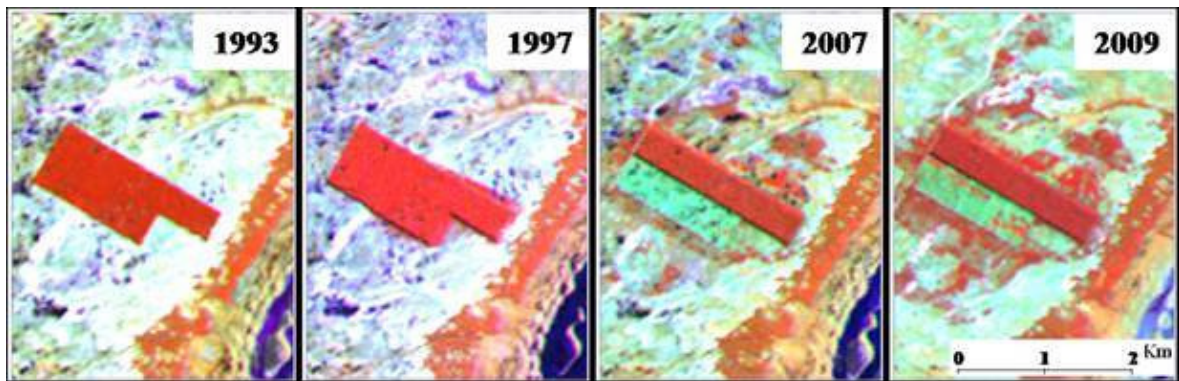


Figura 5. Expansão lateral nas plantações de *Pinus sp.*

O problema principal da dispersão natural de *Pinus sp.* é encontrado na margem da lagoa principal do Parque. Esta lagoa é margeada por banhados e por *Pinus sp.* cuja dispersão espontânea está competindo com o crescimento da vegetação natural e alterando

o cenário típico da região. De 1986, data de criação do Parque, até hoje a área de *Pinus sp.*, no entorno desta lagoa, cresceu de 61 para 252 ha (Tabela 1; Figura 3). Este aumento da área de ocorrência de *Pinus sp.*, em mais de 4 vezes, torna necessária a sua extração, a fim

de preservar as espécies nativas da região, bem como a diversidade biológica a ela associada. A proposta de corte dos *Pinus sp.* em área de propriedade da União, dentro do Parque, está sendo analisada pelo IBAMA-RS, quanto às questões técnicas e jurídicas.

Assim como ocorre na lagoa do Peixe, na área de entorno da lagoa Pai João (Tabela 1; Figura 3), também está ocorrendo o mesmo problema. As suas margens estão ocupadas por mata nativa e por *Pinus sp.*, que em determinados locais se misturam. Esta lagoa, juntamente com a lagoa Veiana (lagoas de água doce), são importantes locais para a manutenção das características hidrológicas deste sistema bem como, são locais de ocorrência de *Lutra longicaudis* (lontra), espécie ameaçada de extinção (FNMA, 1999).

Estas duas lagoas foram classificadas, no Plano de Manejo do Parque, como sendo zonas primitivas, ou seja, aquelas onde tenha ocorrido pequena ou mínima intervenção humana, contendo espécies da flora e da fauna ou fenômenos naturais de grande valor científico. Portanto, devem possuir as características de Área de Transição entre a Zona Intangível e a Zona de Uso Extensivo, merecendo destaque na conservação e preservação.

Como os resultados mostram, as consequências das invasões biológicas são, ao contrário de outros problemas ambientais, crescentes com o passar do tempo. Elas tendem a se multiplicar e se espalhar, impedindo a recuperação dos ecossistemas afetados (Ziller, 2000).

Tabela 1. Dados de área de silvicultura. ha: hectares.

Área (ha)	Área de Silvicultura	Área no entorno da Lagoa do Peixe	Área no entorno da Lagoa Pai João
1986	9315	61	134
1993	11202	152	305
1997	11954	178	360
2007	14913	222	440
2009	17237	252	502

Situação semelhante a do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, ocorre no Parque Estadual de Itapuã / Município de Viamão – RS, onde foram realizados estudos acerca do Risco Ecológico decorrente da invasão de *Pinus sp.*, de forma a exemplificar o grave problema da presença de exóticas junto às ambientes nativos no Estado. Este estudo mostra que as dunas e os ecossistemas associados à Praia de Fora do Parque Estadual

de Itapuã enfrentam atualmente uma situação de Risco Ecológico, originada pela invasão da espécie *Pinus sp.* Esta espécie encontra terreno fértil e tem sua colonização facilitada nas áreas do complexo entre dunas da praia e por sobre os campos úmidos e secos da margem da lagoa Negra. Como conclusão este estudo estabelece, como prioridade, o controle desta espécie devido a sua elevada competição; autopropagação e

estabelecimento bem sucedido; nenhuma ou pouca participação em processos ecológicos autóctones; e descaracterização da paisagem natural por populações de alta densidade (Liesenfels; Pellegrin, 2009).

Conforme o IBAMA a contaminação por *Pinus sp.* é advinda da disseminação espontânea, a partir das áreas plantadas, devido à falta de um manejo responsável pelas empresas que realizam o plantio. Este fato atinge também, direta e indiretamente, o sistema hidrológico da lagoa do Peixe, pois a presença destes contribui para o rebaixamento do nível do lençol freático. A consequência direta para a lagoa do Peixe é o ressecamento das áreas úmidas (banhados), atingindo a flora e a fauna e o próprio equilíbrio hídrico da lagoa, pois esses banhados funcionam como esponjas retendo água para os períodos de seca.

A dispersão das sementes de *Pinus sp.* é feita pelo vento e devido à elevada produção anual permite uma intensa regeneração natural da espécie. Esta regeneração abundante e de crescimento rápido promove um aumento do povoamento natural em quase todos os tipos de ambiente, desde os campos de dunas até os banhados, prejudicando a vegetação nativa rasteira devido à deposição de acículas.

O problema da dispersão das sementes pelo vento pode ser prevenido com o estabelecimento de barreiras de quebra-vento ao redor das plantações, ou região definida em função da direção dos ventos

predominantes, conforme indicado por Ziller (2001). No entanto, um estudo prévio deve ser elaborado com a finalidade de determinar as espécies que devem ser utilizadas como barreira biológica (Zanchetta, 2006).

Pelos dados observados neste estudo e como explanados no plano de manejo do parque, as áreas com *Pinus sp.*, situadas principalmente ao norte da Unidade de Conservação, requerem medidas urgentes de recuperação, pois estas espécies, por serem exóticas e tolerantes às baixas concentrações de nutrientes existentes no solo, estão se disseminando rapidamente por todo o Parque, comprometendo o equilíbrio das comunidades biológicas.

Conforme Mack (2000) as invasões bióticas estão alterando as comunidades naturais do mundo a uma taxa sem precedentes. Se não forem implementadas estratégias eficazes para reduzir os impactos mais prejudiciais dos invasores, corre-se o risco de empobrecer e homogeneizar os ecossistemas indispensáveis para a sustentabilidade da agricultura, da silvicultura, da pesca e entre outros da região de estudo.

4. Conclusões

A crescente disponibilização de imagens de satélite aos usuários tem favorecido a detecção de mudanças ambientais, assim como o seu monitoramento.

A expansão da silvicultura na área do Parque Nacional da Lagoa do Peixe é

preocupante, pois, assumiu uma grande proporção em área, não se encontrando ações que indiquem uma desaceleração deste processo.

Os dados apresentados neste trabalho, principalmente no entorno da lagoa do Peixe e da lagoa do Pai João, devem ser considerados como um alerta para a urgente decisão de substituir as culturas do reflorestamento por vegetação nativa.

A utilização de vegetação exótica como anteparo contra o vento, nos balneários locais, também deve ser controlada, principalmente com relação a esta espécie, pois esta apresenta dispersão espontânea no ambiente podendo alterar a configuração ambiental natural em pouco tempo e conflitar com a vegetação rasteira nativa desta região.

Por fim, a invasão por *Pinus sp.* no parque, além de diminuir o valor estético da paisagem natural poderá comprometer o potencial turístico e principalmente de preservação ambiental ao qual o título de Parque Nacional exige.

5. Referências

BRASIL. Decreto N.º 2.519, de 16 de Março de 1998. Convenção sobre Diversidade Biológica.

FNMA-FURG-IBAMA-NEMA-UFPel. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br>>. Acessado em: 10 dez 2009. Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe (Fase 2).

Lamprecht, H. (1990). Silvicultura nos trópicos: Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, GTZ, 343p.

Liesenfeld, M.V.A.; Pellegrim, L.M. (2004). Risco Ecológico: a invasão por *Pinus sp* e a problemática das espécies alienígenas vegetais no Parque Estadual de Itapuã – Viamão, RS. InGa – Instituto Gaúcho de Estudos Ambientais. Disponível em: <www.institutohorus.org.br/download/artigos/liesenfeld_Pelotas_2004.pdf> Acessado em 20 jan 2010.

Mack, R.N. et. al. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Issues in Ecology*, n. 5, p. 20.

Moran, C.; Hoffmann, J.H.; Donnelly, D.; Van Wilgen, B.W.; Zimmermann, H.G. (2000). Biological Control of Alien, Invasive Pine Trees (*Pinus sp* species) in South Africa. In: *Proceedings of the Internacional Symposium on Biological Control of Weeds*, 10, Montana State University, Bozeman, Montana, USA, Neal R. Spencer, pp. 941-953.

Zalba, S.M. (2009). Introdução às Invasões Biológicas, Conceitos e Definições. Disponível em <http://www.institutohorus.org.br/download/artigos/GISP_06/introducao_eei.jpg> Acessado em 08 dez 2009.

Zanchetta, D.; Diniz, F.V. (2006). Estudo da contaminação biológica por *Pinus* sp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 18, n. único, p. 1-14.

Ziller, S.R. (2000). A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 268

p.

Ziller, S.R.; Galvão, F.A. (2001). Degradação da estepe gramíneo-lenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. *Floresta*, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 42-47.

Ziller, S.R. (2001). Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. *Revista Ciência Hoje*, São Paulo, v. 30, n.178, p.77-79.



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Variação Espacial e Temporal de NDVI na Lagoa do Peixe, RS

Luana Portz^{1*}, Laurindo Antonio Guasselli², Iran Carlos Stalliviere Corrêa³

^{1*}Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, área de concentração em Geologia Marinha. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900. Email: luanaportz@gmail.com

²Professor do Departamento de Geografia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil.

³Professor do Departamento de Geodésica. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509-900.

Artigo recebido em 29/06/2011 e aceito em 07/08/2011

RESUMO

Neste estudo foram analisadas as variações espaciais e temporais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na lagoa do Peixe, no litoral do Rio Grande do Sul. Para alcançar o objetivo proposto foram utilizadas imagens de satélite Landsat TM5, entre os anos de 1986 e 2009, seguindo os procedimentos de elaboração de mosaico das cenas, verificação de campo, geração das imagens de NDVI, análise de dados de precipitação acumulada, geração dos mapas finais e análise qualitativa dos resultados obtidos. Os resultados obtidos com a geração de imagens de NDVI mostraram que a análise espaço-temporal associada aos dados de precipitação fornecem informações de valiosa importância sobre a dinâmica da lagoa do Peixe. A importância do NDVI neste estudo se destaca pelo contraste existente entre água e vegetação, realçando os diferentes níveis de água sobre os bancos vegetados presentes na borda oeste da lagoa. Estes bancos são um importante controlador da dinâmica de circulação lagunar, onde em períodos de seca ocorre a compartimentação da lagoa, enquanto que em épocas de grande precipitação e acumulação de água estes bancos ficam submersos.

Palavras-chave: Landsat TM, série temporal, Parque Nacional.

Spatial and Temporal Variation of NDVI in the Peixe Lagoon, RS

ABSTRACT

This paper analyzed the spatial and temporal variation of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the Peixe lagoon. To reach the purpose, the NDVI time-series were collected from the study area between year 1986 and 2009 derived from Landsat TM5 satellite. The adopted methodology may be subdivided into the following steps: mosaic of scenes, field verification, generation of NDVI time-series and qualitative analysis, in addition, it was complemented with rainfall analysis. The results obtained with the NDVI time-series associated with the rainfall analysis data provide valuable information about the environmental dynamics. The importance of NDVI in this work is given by the contrast between water and vegetation, highlighting the different levels of water over vegetated banks present on the western edge of the lagoon. These banks are an important driver circulation in the lagoon, where in periods of drought occurs the partitioning of the lagoon, while in periods of high precipitation and accumulation of water they are submerged.

Keywords: Landsat TM, time-series, National Park.

1. Introdução

O Parque Nacional da Lagoa do Peixe

(PNLP) foi criado através do Decreto Nº 93.546/86, tendo como objetivo proteger os ecossistemas litorâneos da região da lagoa do

* E-mail para correspondência: luanaportz@gmail.com (Portz, L.).

Peixe, e particularmente, as aves migratórias, que encontram nesta região condições propícias para sua alimentação e repouso, durante suas migrações anuais.

Esta região apresenta uma grande variedade de ecossistemas frágeis, inseridos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil, como: banhados, campos de dunas, matas de restinga e lagoas de água doce e salobra.

O nome do parque vem de seu principal corpo d'água (lagoa do Peixe), que efetivamente se constitui em uma laguna por apresentar uma ligação direta e sazonal com o oceano. Esta sazonalidade é controlada pela quantidade de precipitação e pela ação dos ventos, com ocorrência intensificada entre os meses de junho a dezembro. A ligação da lagoa com o oceano proporciona uma mistura das águas doce e salgada, tornando este ambiente um berçário natural.

Tais características específicas fazem do local um reservatório natural de fauna e flora específicas como, camarões, caranguejos, moluscos, algas, plânctons e pequenos peixes que atraem aves, répteis e mamíferos (FNMA, 1999).

Nesta porção da planície costeira o regime de precipitação, principalmente nos meses de inverno, é controlado pela Frente Polar Atlântica, não apresentando uma estação de seca ou de chuvas definida. Porém, o fato de não existir uma estação de seca climatologicamente definida nesta região, não invalida a possibilidade de ocorrer eventos de

secas isolados (Plá, 2004).

O regime randômico da precipitação na região e as baixas profundidades da lagoa do Peixe associada à não existência de afluentes significativos em seu entorno tornam este ambiente extremamente frágil. Neste sentido análises para detectar os padrões e identificar alterações na superfície da lagoa ao longo do tempo representam aspectos importantes na direção de sua preservação.

Diversas metodologias tem sido proposta para este tipo de análise, entre elas destacam-se os índices de vegetação, por exemplo: EVI, RVI, SAVI, DVI e NDVI. Estes índices são medidas radiométricas adimensionais que envolvem a combinação de bandas espectrais. O mais tradicional índice de vegetação é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) entre a radiação na região do vermelho e do infravermelho, proposto por Rouse *et al* (1973), e tem como característica minimizar a interferência do solo na resposta espectral da vegetação.

O NDVI é um índice que permite monitorar, em grande escala, o “vigor” da vegetação, porque quanto mais exuberante for a vegetação menor será a porcentagem de radiação do vermelho refletida por esta. Por outro lado, quanto maior o vigor da vegetação, maior a porcentagem de radiação do infravermelho refletida.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto para avaliação e monitoramento de

recursos hídricos teve início com as tentativas de detecção de clorofila-a como parâmetro de quantificação de biomassa (Londe *et al*, 2005). Estudos de Novo *et al* (2009) indicam que os índices de vegetação tradicionalmente aplicados no estudo de ecossistemas terrestres podem ser adaptados para o monitoramento do estado trófico de sistemas aquáticos.

Poucos estudos, entretanto, têm utilizado o NDVI para avaliar ambientes aquáticos continentais (Novo *et al*, 2009), porém os resultados obtidos por Londe (2008) mostram um excelente desempenho do NDVI, por exemplo, na previsão da concentração de clorofila a partir de dados radiométricos obtidos em campo para corpos hídricos com variação de concentrações de clorofila.

O estudo recente de Lissner (2011) analisou a variação espaço-temporal do NDVI na lagoa Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, a partir da análise de 42 datas de imagens. Este trabalho utilizou, para tanto, a ferramenta de análise de séries temporais, para entender a dinâmica da distribuição do NDVI, e estabelecer padrões sazonais com base na correlação com dados de concentrações de clorofila_a e de Totais de Sólidos Suspensos.

Neste contexto o objetivo deste trabalho é analisar as variações espaciais e temporais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na área da Lagoa do Peixe, em relação as suas variáveis ambientais.

1.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se no segmento médio da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, entre a Laguna Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico, abrangendo áreas dos municípios de Mostardas e Tavares.

A barreira arenosa que se desenvolveu durante o holoceno ao longo do litoral médio do RS, foi controlada, em grande parte, por uma topografia antecedente caracterizada por uma protuberância (projeção) costeira. Este condicionamento morfológico favoreceu o desenvolvimento, na região da lagoa do Peixe, de uma barreira relativamente estreita, com características transgressivas. A natureza transgressiva da barreira é evidenciada, junto a praia oceânica, pela exposição de lamas lagunares e turfas de idade Holocênica (Tomazelli *et al.*, 1998).

A lagoa do Peixe comporta-se como um ambiente lagunar-estuarino semi-fechado, onde ocorrem trocas e variações nas características físico-químicas, intercâmbios com os sistemas vizinhos e elevada dinâmica (Muller, 1989).

Apesar dos 40 km de extensão e 1 km de largura, a lagoa caracteriza-se por apresentar baixas profundidades (10 a 60 cm) ao longo de quase toda sua extensão (Resende & Lewemberg 1987).

Neste trabalho a área de estudo abrange a lagoa do Peixe que está inserida no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, conforme a Figura 1.

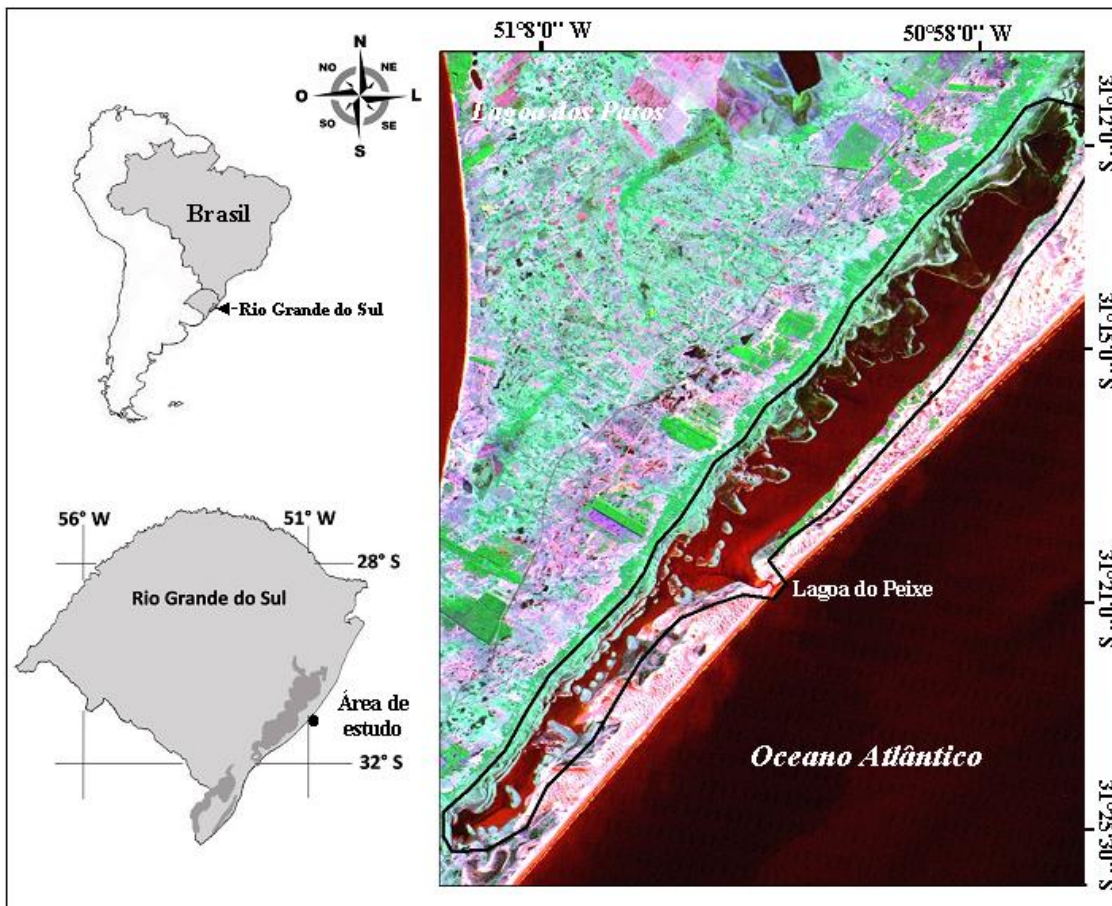


Figura 1. Mapa da localização da área de estudo, delimitada pela linha preta.

2. Metodologia

Para a análise da variação do NDVI na lagoa do Peixe, este trabalho compõe-se das seguintes etapas: seleção de imagens disponíveis no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (www.inpe.br), georeferenciamento das imagens do sensor Landsat TM5; elaboração de mosaico das cenas; verificação de campo; geração das imagens de NDVI, geração dos mapas finais e análise quali e quantitativa dos resultados obtidos.

Imagens - foram adquiridas quatorze cenas de imagens de satélite do sensor TM/Landsat-5, nas órbitas-ponto 221/81 e 221/82 nas seguintes datas: 29 de abril de 2009; 07 de

janeiro de 2009, 03 de outubro de 2008; 26 de maio de 2007; 01 de julho de 1997; 08 de setembro de 1993; 01 de junho de 1986. Estas datas foram escolhidas pela existência de imagens com mesma data entre as órbitas-ponto para realização de mosaico e pela inexistência de nuvens.

Mosaico e georeferenciamento - Foi realizado o mosaico das cenas a partir das imagens TM/Landsat-5 para cobrir a área de estudo. Tendo como base a imagem de abril de 2009, foi realizado o ajuste das cenas ao sistema cartográfico UTM, fuso 22 sul, Datum: WGS84. A partir desta imagem, as outras cenas foram ajustadas ao mesmo sistema cartográfico através do processo de

co-registro, ou registro de imagem para imagem.

Verificação de campo - após a finalização da etapa anterior foi realizada saída a campo para verificação de alvos de interesse.

Geração de imagens de NDVI e mapas finais - O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi calculado através da equação: $NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)$, onde IVP e V representam os valores da reflectância nas bandas do infra-vermelho próximo e do vermelho, respectivamente. O NDVI varia entre -1 a +1, sendo que os valores negativos e o zero representam áreas não vegetadas (Moreira, 2001).

Análise quali e quantitativa - Os valores de NDVI para os pontos especificados do gráfico 1, foram obtidos a partir da media de uma janela de 3x3 pixels. Para análise da variação do NDVI os dados foram correlacionados com dados de precipitação acumulada, relativos aos períodos de 30, 60 e 90 dias anteriores as datas das imagens, obtidos a partir do sitio da Agência Nacional de Águas (ANA).

Estudos que associam as variações de precipitação aos valores de NDVI como indicador do vigor da vegetação foram realizados por Almeida & Batista, 1998; Guasselli & Marques, 2006; e Nicácio *et al*, 2009. Estes autores estabeleceram que os valores de NDVI tendem a aumentar em anos chuvosos, com o aumento da densidade e vigor da vegetação, diminuindo consideravelmente em anos secos.

3. Resultados e Discussão

As imagens de NDVI geradas neste estudo permitiram encontrar o seguinte padrão de resposta para alguns alvos descritos a seguir:

- A. A água da lagoa do Peixe apresenta valores de reflectância maiores no visível do que no infravermelho, apresentando NDVI negativo;
- B. A vegetação apresenta valores positivos de NDVI, uma vez que a reflectância da vegetação no infravermelho é superior à reflectância no visível. Sendo que os valores mais altos estão associados com as altas densidades de vegetação (plantações de *Pinus sp.* e com as matas nativas que margeiam a Barreira III; Figura 3).

Para analisar a variação espacial e temporal dos valores de NDVI na lagoa é importante entender o seu relacionamento com algumas características físicas. A profundidade da lagoa varia de 10 cm a 60 cm, com média de 29,7 cm, com exceção do canal que liga a lagoa ao oceano, que pode atingir até 2 m de profundidade durante o inverno. A abertura deste canal normalmente ocorre nos meses de inverno e primavera, mantendo-se aberto, em geral, até o verão (fim de dezembro, início de janeiro). A oclusão da barra se desenvolve em virtude da deposição de areia na sua desembocadura ocasionada pela predominância dos ventos de norte e nordeste.

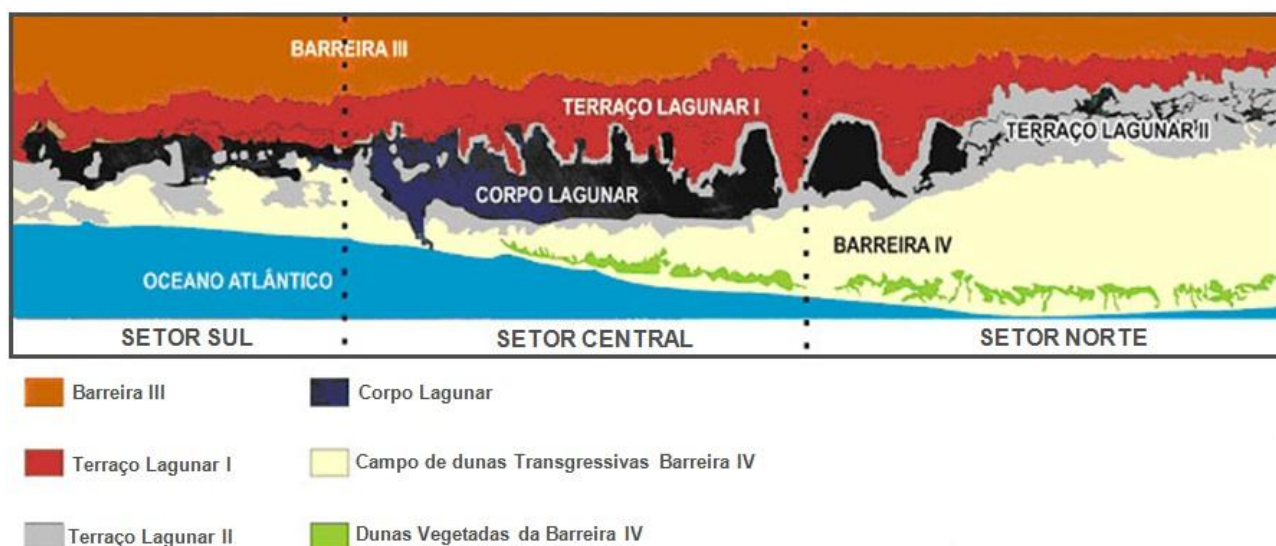


Figura 2. Mapa geológico e geomorfológico do sistema lagunar da lagoa do Peixe. Fonte: Modificado de Arejano (2006).

A falta de um período de precipitação bem definido na região dificulta o estabelecimento de um padrão de inundação. No inverno, quando os níveis de precipitação tornam-se mais acentuados (normalmente mês de agosto), ocorre a inundação dos banhados e campos marginais à lagoa no Terraço Lagunar I. Durante estes períodos em que a lagoa alcança níveis mais elevados é realizada a abertura artificial da barra por meio de máquinas, uma vez que, a abertura natural ocorre esporadicamente. Este processo artificial de abertura da barra é efetuado, atualmente, por pressão dos agricultores-pecuaristas da região sobre o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e a prefeitura de Tavares, uma vez que suas terras ficam com a área de pasto e de plantio completamente inundadas. Nos anos em que ocorre altos índices pluviométricos a barra pode não fechar totalmente, devido a forte drenagem continental que impede a

deposição sedimentar na sua desembocadura (FNMA, 1999).

Neste sentido, ao relacionar as imagens de NDVI (Figura 3) com os valores de precipitação para a região (Tabela 1), observa-se que a maior influência no volume de água na lagoa se dá por precipitação recente (último mês) e não o acumulado (últimos 3 meses). Apesar dos valores de precipitação acumulada (3 meses anteriores) serem significativos, esse fato não se reflete nas imagens de NDVI, que mostram uma grande diferença de áreas alagadas. Esta diferença também pode ser afetada pela abertura da barra, como exemplo, pode-se observar a diferença entre as imagens de junho de 1997 (barra fechada) e outubro de 2008 (barra aberta). Nestes períodos, as chuvas nos meses anteriores a imagem foram similares, porém, se observa nas imagens situações distintas.

Tabela 1. Valores médios de precipitação no 1°, 2° e 3° meses anteriores as datas das imagens, para a estação meteorológica 3050007 (ANA).

Datas das imagens		20/04/2009	07/01/2009	03/10/2008	26/05/2007	01/07/1997	08/09/1993	01/06/1986
Chuva em mm nos meses anteriores a imagem	3°	104,1	79,8	98,8	0	58,8	119,6	38,3
	2°	56,9	44,9	125,9	57,6	53,4	187,7	85,4
	1°	5,5	75,9	161,4	107,2	169,9	34,1	71,7
Barra		Fechada	Fechada	Aberta	Fechada	Fechada	Aberta	Aberta

Em períodos intermediários de precipitação a água acumulada não é suficiente para que ocorra o transbordamento sobre os bancos de vegetação. Nas imagens de NDVI que apresentam maior nível de água aparente (valores próximos a -1), principalmente nos anos de 1986 e 1997, o

transbordamento sobre os bancos vegetados gerá um padrão espectral referente à água que facilita a identificação das áreas que sofrem inundação. Este transbordamento também favorece a ligação entre os distintos trechos da lagoa, especialmete ao norte (Figura 3).

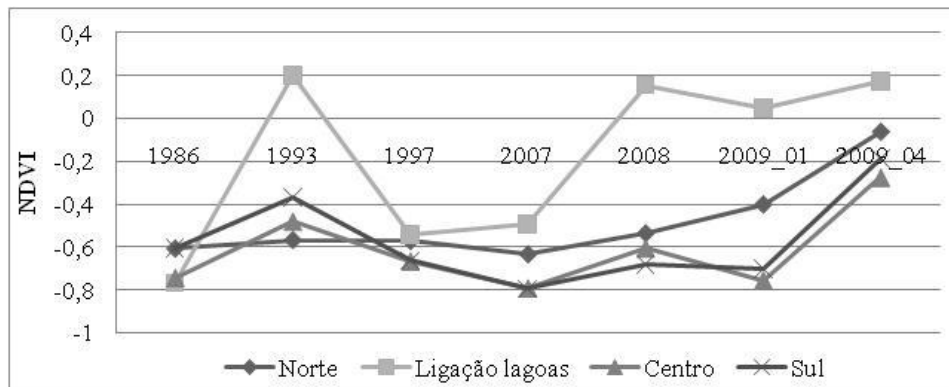


Figura 3. Valores de NDVI para o norte (503007, 6545254), centro (495100, 6534463) e sul (486593, 6524877) e na ligação entre as lagoas (503131, 6543188).

A Figura 4 apresenta as imagens com os padrões de NDVI na lagoa do Peixe entre os anos de 1986 e 2009. A análise das imagens permite fazer uma série de considerações sobre a variação espacial e temporal da lagoa. Inicialmente destacamos a imagem referente a 08 de setembro de 1993, onde as áreas com maiores valores de NDVI (0 a +1), correspondem ao compartimento denominado Terraço Lagunar I (Figura 2).

Este compartimento apresenta fáceis essencialmente arenosas, sendo o terreno coberto, na sua maior parte, por vegetação de gramíneas.

Os maiores valores do NDVI (próximos a +1) ocorrem no Terraço Lagunar I associados aos bancos vegetados e banhados (margem oeste da lagoa), assim como na margem leste sobre o Terraço Lagunar II nas plantações de *Pinus sp.*. Pode-se perceber um

aumento considerável na área de silvicultura do ano de 1986 para o ano de 2009 pelo

aumento da área com altos valores de NDVI na margem leste.

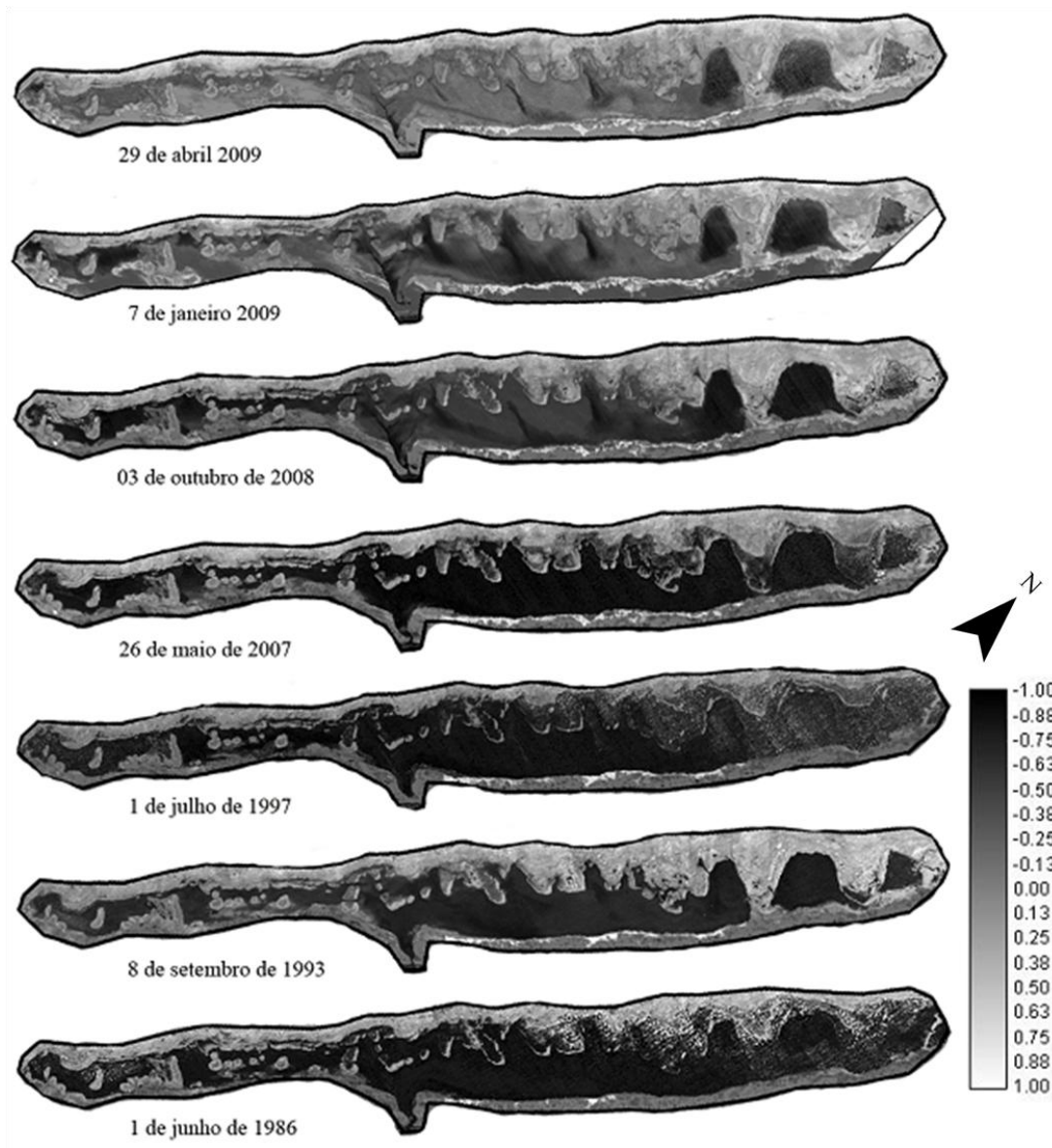


Figura 4. Imagens de NDVI da lagoa do Peixe obtidas de imagens Landsat TM (1986-2009).

A feição que apresenta os menores valores de NDVI (próximos a -1) pode ser observada com maior clareza na imagem referente a 26 de maio de 2007, que corresponde ao corpo lagunar. Este é marcado pela presença de bancos arenosos, próximo a margem, que tendem a diminuir sua continuidade em direção Sul (Setor Sul - Figura 2), formando pequenas ilhas. A

composição dos sedimentos é pouco variável. Praticamente todas as margens, bancos e planos de maré regularmente alagados são formados de sedimentos arenosos. Nas proximidades dos extensos marismas e banhados e nas áreas providas de macrófitas submersas, o sedimento torna-se mais lodoso, pela contribuição de material fino e detritos (FNMA, 1999).

Os menores valores de NDVI dentro do corpo lagunar (menores que zero) podem ser associados a dois fatores: a presença de material particulado em suspensão causada pela ação dos ventos, que aumenta o espalhamento do espectro do vermelho, e a baixa concentração de fitoplâncton em decorrência da limitação de luz.

Em relação aos padrões de NDVI do corpo lagunar, podemos fazer algumas considerações. Como a profundidade média da lagoa é baixa, em períodos de seca (exemplificado pela imagem de 29 de abril 2009) se observa um aumento dos valores de NDVI com uma tendência a valores próximos de zero (Tabela 1). Com a diminuição da espessura da lâmina da água e, conseqüentemente, o aumento da exposição da morfologia de fundo da lagoa, ocorre uma maior exposição das áreas com densidade de cobertura de macrofitas (Figura 5). Antunes (2007) destaca a importância das pradarias de macrófitas na lagoa, áreas que apresentam alta biomassa de vegetação aquática.

Esse aumento dos valores de NDVI pode ser observado na imagem de 29 de abril de 2009, quando ocorre uma distribuição espacial dos valores máximos de NDVI em toda a lagoa, associadas ao processo de floração e maiores concentrações de fitoplâncton que ocorrem no outono. Na imagem de 03 de outubro de 2008, na extremidade norte da lagoa, este aumento está associada a floração que ocorre na primavera.

Considerando o tempo em que o nível

d'água permanece baixo, a decomposição e/ou a senescência de algumas espécies de macrófitas tendem a baixar os valores de NDVI. Isso ocorre devido a uma maior absorção da radiação pela alta concentração de matéria orgânica em decomposição no fundo da lagoa. Entretanto, essa não deve ser uma característica predominante, pois segundo Antunes (2007), a presença de matéria orgânica ocorre em toda a lagoa, ainda que em quantidades muito pequenas (em torno de 1%). Os percentuais mais elevados de matéria orgânica foram encontrados no setor norte e na margem leste.

De acordo com Novo *et al* (2009) dois fatores podem explicar os valores negativos em corpos d'água: a presença de material particulado em suspensão, que aumenta o espalhamento na região do vermelho, e a baixa concentração de fitoplâncton entre outros pela turbulência na água.

O padrão hidrodinâmico da lagoa do Peixe ainda não está bem entendido, mas pode-se compará-los a outros corpos lagunares da PCRS. Desconsiderando-se as proporções a lagoa do Peixe pode ser comparada a Laguna dos Patos, no qual as forças principais são a descarga fluvial e o padrão de ventos (Möller *et. al.* 1996). Como a lagoa do Peixe não possui uma descarga fluvial considerável, a hidrodinâmica é controlada essencialmente pelo vento predominante de NE, coincidente com seu eixo longitudinal.



Figura 5. Fotografias da lagoa do Peixe, observando-se os banhados (esquerda) e os bancos vegetados (direita) na margem oeste da lagoa.

No canal de ligação da lagoa com o oceano os valores de NDVI são próximos a -1 em toda série temporal das imagens, inclusive no ano de 2009, período de seca, em virtude da maior profundidade neste local.

O padrão espacial das inundações na lagoa do Peixe está relacionado com as feições morfológicas (Figura 2). Em períodos de muita chuva ocorre a inundação do Terraço Lagunar I e do Terraço Lagunar II, sendo a água ancorada pela Barreira III (Figura 2). Na margem leste o transbordamento da lagoa é controlado pelo campo de dunas presente na Barreira IV.

Em áreas de banhado o padrão de resposta espectral é fortemente influenciada pela mistura das respostas da vegetação e da água. Esse grau de mistura, também possui relação com os níveis de informação determinantes na configuração do banhado como estrutura de fundo e variação da lamina da água (Guasselli, 2005).

A análise de terras úmidas é complexa

tendo em vista que o movimento horizontal da água e os fluxos de energia e de materiais não ocorrem na forma de ciclos, mas sim, em pulsos, com fases de inundação e seca (Guasselli & Marques 2006).

4. Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a análise espacial e temporal do padrão de NDVI da lagoa do Peixe, associadas aos dados de precipitação, fornecem informações de valiosa importância sobre a sua dinâmica, possibilitando melhorar os diagnósticos ambientais.

No sentido de melhorar os diagnósticos ambientais este trabalho, concede um estudo prévio e investigativo das variáveis presentes no sistema, podendo auxiliar em futuros delineamentos amostral ou experimental, seja na busca por uma melhor representatividade das amostras, como na redução de custos.

A importância da utilização do NDVI

neste estudo se dá pelo realce dos diferentes níveis de água sobre os bancos vegetados presentes na borda oeste da lagoa, durante a série temporal das imagens. Estes bancos são um importante controlador da dinâmica de circulação lagunar, onde em períodos de seca ocorre a compartimentação da lagoa, enquanto que em épocas de grande precipitação e acumulação de água estes bancos ficam submersos.

6. Referências

- Almeida, E.S, Batista, G.T. (1998). Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998. Anais. INPE, p. 1397-1407.
- Antunes, M.L.F. (2007). A pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* na Lagoa do Peixe (RS): Análise quantitativa de recrutamento, crescimento e mortalidade com vistas ao gerenciamento pesqueiro - fase juvenil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Zoologia. Universidade Pontifícia Católica. Porto Alegre, RS. 191p.
- Arejano, T.B. (2006). Geologia e Evolução Holocênica do Sistema Lagunar da Lagoa do Peixe, Litoral Médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR.
- FNMA-FURG-IBAMA-NEMA-UFPel. (1999). Plano de Manejo do Parque Nacional da Lagoa do Peixe – Fase 2. Disponível <http://www.ibama.gov.br>
- Guasselli, L.A., Marques, D.M.M. (2006). Relação entre as estruturas de fundo e os padrões da cobertura de macrófitas aquáticas no Banhado do Taim – RS. In VI Simpósio Nacional de Geomorfologia /Regional Conference on Geomorphology. Goiânia-GO. Anais. Disponível em http://www.iph.ufrgs.br/peld/pdfs/Novo/Guasselli&MottaMarques_2006.pdf.
- Guasselli, L.A. (2005). Dinâmica da Vegetação no Banhado do Taim, RS. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR.
- Lissner, J.B. (2011). Variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na lagoa Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, a partir de análise de séries temporais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Geografia. Porto Alegre, RS - BR.
- Londe, L. R.; Novo, E. M. L. M.; Calijuri, M. C. (2005). Avanços no estudo do comportamento espectral do fitoplâncton e identificação remota de algas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais XII, INPE, p. 389-396.
- Londe, L. R. (2008). Comportamento espectral do fitoplâncton de um reservatório brasileiro eutrofizado - Ibitinga (SP). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) -

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

Möller, O.O., et al. (1996). The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics. *Continental Shelf Research*. v. 16, n. 3, p. 335-351.

Moreira, M.A. (2001). Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 308p.

Müller, R.R. (1989). Considerações ecológicas sobre a comunidade bentônica do Parque Nacional da Lagoa do Peixe (Tavares, RS - Brasil). Pelotas: Universidade Católica de Pelotas. 39 p. (Monografia).

Nicácio, R.M., et al. (2009). Relação NDVI e precipitação na bacia do rio Coxim – MS. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009. Anais. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.537-547.

Novo, E.M.L.M.; Stech, J.L.; Londe, L.R.; Assireu, A.; Barbosa, C.C.; Alcântara, E.H.; Souza, A.F. (2009). Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. *Acta Amazônica*, v.35, n.2, p. 259-272.

Plá, R.G. (2004). O Regime de Precipitação no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS. Trabalho de conclusão do curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS – BR.

Resende, S.L., Leewemberg, F. (1987). Ecological studies of Lagoa do Peixe. In Tagliani, C.R., Levantamento da geologia e Morfodinâmica do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS. In Semana Nacional de Oceanografia da UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. Anais.

Rouse, J. W. et al. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite – 1 Symposium, 3., Washington, D. C., Proceedings. Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).

Singh, A. (1989). Digital Change Detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, v. 10, n. 6, p. 989-1003.

Tomazelli LJ, et al. (1998). Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Academia Brasileira de Ciências*, v. 70, n. 2, p. 221-229.

RESÍDUOS SÓLIDOS

Esta subdivisão apresenta um artigo que retrata a questão da presença de resíduos sólidos nas praias e dunas.

8. Marine Debris on Rio Grande do Sul, North Coast, Brazil: Spatial and Temporal Patterns.
Revista da Gestão Costeira Integrada. 11:41-48 (2010).
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P., IVAR DO SUL, J.A

Marine debris on Rio Grande do Sul north coast, Brazil: spatial and temporal patterns *

Lixo marinho no litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil: padrões espaciais e temporais

Luana Portz¹, Rogério P. Manzolli¹, Juliana A. Ivar do Sul^{@,2}

ABSTRACT

Marine debris is any solid waste (plastic, polystyrene, rubber, foam, glass, metal, cloth, and other materials) that enters the marine or coastal environments from any source. Sources are frequently defined as land-based and marine-based, and its identification is being recognized as an important step towards the solutions related to marine debris problems. They include damages to the biota, to fishing activities and beach environmental degradation. In Brazil, the occurrence of marine debris is relatively well documented, but quantities, sources and spatial and temporal patterns of marine debris are unknown for the North sector of the Rio Grande do Sul coastline. On Xangri-Lá beaches, marine debris was studied during three months (February, April and August) in ten transects also divided into two horizontal strata (backshore and dunes) which were sampled separately. Plastics (42%) were the main class of material, sampled on all monitored months, transects and strata, followed by cigarette butts (39%). Among plastic debris, fragments (41%) were the majority, showing that beach cleaning services are not an efficient solution to marine debris problem on Xangri-lá beaches. February was the most contaminated month considering the total items sampled on the beach, specific types of plastics and only cigarette butts. No significant differences were detected among backshore and dunes or sampled transects. Land-based sources were where the great majority (68%) of marine debris originated, attributed mostly to beach users. The absence of marine-based sources was related to the nonexistence of big rivers or fishing ports. The necessity of long term educational programs in spite of the short term methods is highlighted.

Keywords: Plastic debris, cigarette butts, land-based sources, environmental education.

RESUMO

O lixo marinho é definido como qualquer resíduo sólido (plástico, isopor, borracha, espuma, vidro, metal, tecido e outros materiais) que entra nos ambientes marinho e costeiro por qualquer fonte. As fontes são frequentemente definidas como terrestres ou marinhas, sendo a sua identificação uma das etapas mais importantes na determinação de soluções relacionadas ao problema do lixo. Impactos do lixo em ambientes marinhos e costeiros incluem danos à biota, prejuízos às atividades de pesca e a degradação de ambientes costeiros. No Brasil, a ocorrência de lixo marinho é relativamente bem documentada, mas quantidades, fontes e padrões espaciais e temporais do lixo marinho são desconhecidos para o setor norte do litoral do estado do Rio Grande do Sul. Nas praias do município de Xangri-Lá, o lixo marinho foi monitorado durante três meses (fevereiro, abril e agosto), em dez transectos divididos ainda em dois estratos (pós-praia e dunas), que foram amostrados separadamente. Os plásticos (42%) foram a principal classe de material amostrada em todos os meses, transectos e estratos, seguidos pelas pontas de cigarros (39%). Entre os resíduos plásticos, os fragmentos foram significativamente mais presentes que os outros tipos de itens (41%). A presença destes fragmentos

@ Corresponding author: julianasul@gmail.com

1 - UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, Av. Bento Gonçalves, 9500, Porto Alegre, RS, Brazil. CEP: 91509900.

2 - UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura s/n, Cidade Universitária, Recife, PE, Brazil. CEP 50740550.

e de outros resíduos de pequenas dimensões como as pontas de cigarro indica que os serviços municipais de limpeza da praia não são a melhor solução para o problema do lixo em Xangri-Lá. O mês de fevereiro foi o mais contaminado por lixo considerando-se o total de itens amostrados na praia, os resíduos plásticos ou somente as pontas de cigarro, o que foi associado ao uso intenso da praia neste mês. Não foram detectadas diferenças significativas entre os estratos da praia (pós-praia e dunas) ou entre os transectos amostrados. As fontes terrestres representaram a grande maioria (68%), atribuídas principalmente aos usuários da praia. A ausência de fontes marinhas foi associada à inexistência de grandes rios drenando cidades ou portos de pesca artesanal e/ou industrial nas imediações da área de estudo. Destaca-se a necessidade de programas de educação ambiental de longo prazo voltados aos moradores, usuários das praias e proprietários de quiosques, em oposição a métodos de curto prazo, como a distribuição de sacolas plásticas e folhetos educativos, que normalmente se tornam lixo marinho.

Palavras-chave: Plásticos, pontas de cigarro, fontes baseadas em terra, educação ambiental.

1. INTRODUCTION

Marine debris is "...any solid waste (plastic, polystyrene, rubber, foam, glass, metal, cloth, and other materials) that enters the marine or coastal environments from any source" (Coe & Rogers, 2000). From a scientific viewpoint, marine debris is one of the most important environmental pollutants in the XXI Century (Goldberg, 1995; Ivar do Sul & Costa, 2007). Consequences of this type of marine pollution were reported on every habitat, on land or oceans around the world. These consequences include damages to the marine biota (Laist, 1997), to fishing activities (Nash, 1992), and beach environmental degradation (Araújo & Costa, 2006), which may result in the reduction of tourism activities (Nollkaemper, 1994) and expensive municipal beach cleaning services.

Sources of marine debris are usually described in the international literature as land-based (beach users, rivers and sewage run-off) and marine-based (ships, fishing boats, oil platforms) sources (Coe & Rogers, 2000). Globally, land-based sources are prevalent and responsible for at least 80% of samples on coastal environments (Nollkaemper, 1994). However, source identification being the most important step towards a definitive solution to marine debris problems is not a simple task, as items have multiple origins and uses (Coe & Rogers, 2000; Santos *et al.*, 2009).

In Brazil, the occurrence of marine debris on beaches and coastal environments is relatively well documented, especially on Pernambuco and Rio Grande do Sul (RGS) coasts (Ivar do Sul & Costa, 2007). On RGS, systematic studies are limited to the southern sector. Therefore, compositions, sources and spatial and temporal patterns of marine debris are unknown to the northern sector of the coast. In addition, previous studies have already reported the ingestion of marine debris by sea turtles and seabirds on the RGS shore (Bugoni *et al.*, 2001; Tourinho *et al.*, 2010), a direct consequence of marine debris contamination on beaches and coastal areas.

The aim of the present study is to quantify, classify and determine the most probable sources of marine debris at Xangri-Lá, a municipality on the northern coast of RGS, determining spatial and temporal patterns of marine debris on the beach, as well as to promote social considerations about the problem.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study area

The municipality of Xangri-Lá, on the northern sector of the RGS coast (Figure 1), has 13km of beaches with morphological features (dunes, backshore, water mark and foreshore) disposed in a liner spelling and continuous pattern. The longshore current is, predominantly, from SW to NE (Tomazelli & Villwock, 1992). Alongside the coast are two main connexions with the sea, the Tramandaí channel (25km to the south), and the Mambituba River (90km to the north).

The shore is almost fully urbanized (95%), frequented by tourists mainly in the dry summer season (December-February). During these months, the population grows ten fold and the municipality presents a lack of basic infrastructure (water supply, sewage treatment, solid waste management), health and educational services. Also, during the same period, fixed kiosks are disposed on the backshore, which contribute to the agglomeration of tourists and, consequently, to direct anthropogenic impacts on the beach and adjacent zones.

2.2 Marine debris sampling

Marine debris were sampled in 10 transects (Figure 1) distributed along the beaches. Three months with different intensity on tourism activities were sampled: (1) February – summer season with intense tourism activities, (2) April – autumn season with weak tourism activities, (3) August – winter season with no tourism activity. Each 10 m wide transect was divided into two horizontal strata: (i) backshore, above the hightide strandline through primary dunes or vegetation; and (ii) dunes, from dunes through the Beira Mar Avenue, which were independently sampled. This sampling method allows determination of temporal patterns (among monitored months) and spatial patterns (between horizontal strata, perpendicular to the water mark, and among transects, parallel to the water mark). Sampling procedures were always taken in the afternoon, with items on each transect being quantified, collected and finally correctly discarded. Sampled marine debris was then codified in classes of materials (plastic, cigarette butt, metal, glass, paper, organic matter, anthropogenic wood and other) (IOC/FAO/UNEP, 1989), and, in the case of plastic debris, detailed into specific types of items (fragments, plastic bags, straws, plastic cups, among others). The most probable source of the sampled items was estimated according to its main utilization (Araújo & Costa, 2006, Santos *et al.*, 2009), put as bullets: (1) Beach users, with *in situ* generation of marine debris; (2) Non-local sources, related to items that are normally not discarded on the beach; (3) Fishing activities; (4) Not determined, related to items with multiple usages, being not possible in a conservative approach (Santos *et al.*, 2009) estimate even its most probable source.

Data was tested for normality and \log_{10} transformed if necessary. Parametric testes were carried out with a 5% level of significance. Factorial Analysis of Variance was carried out to detect significant differences among the monitored months (February, April and August) and strata (backshore and dunes), considering both the total number of items sampled on the beach and the most common classes of materials. The same analysis was carried out to the different types of plastics. When significant differences were detected, the Tukey HDS test was also applied. Finally, two-way ANOVA was applied to detect significant differences among the sampled transects.

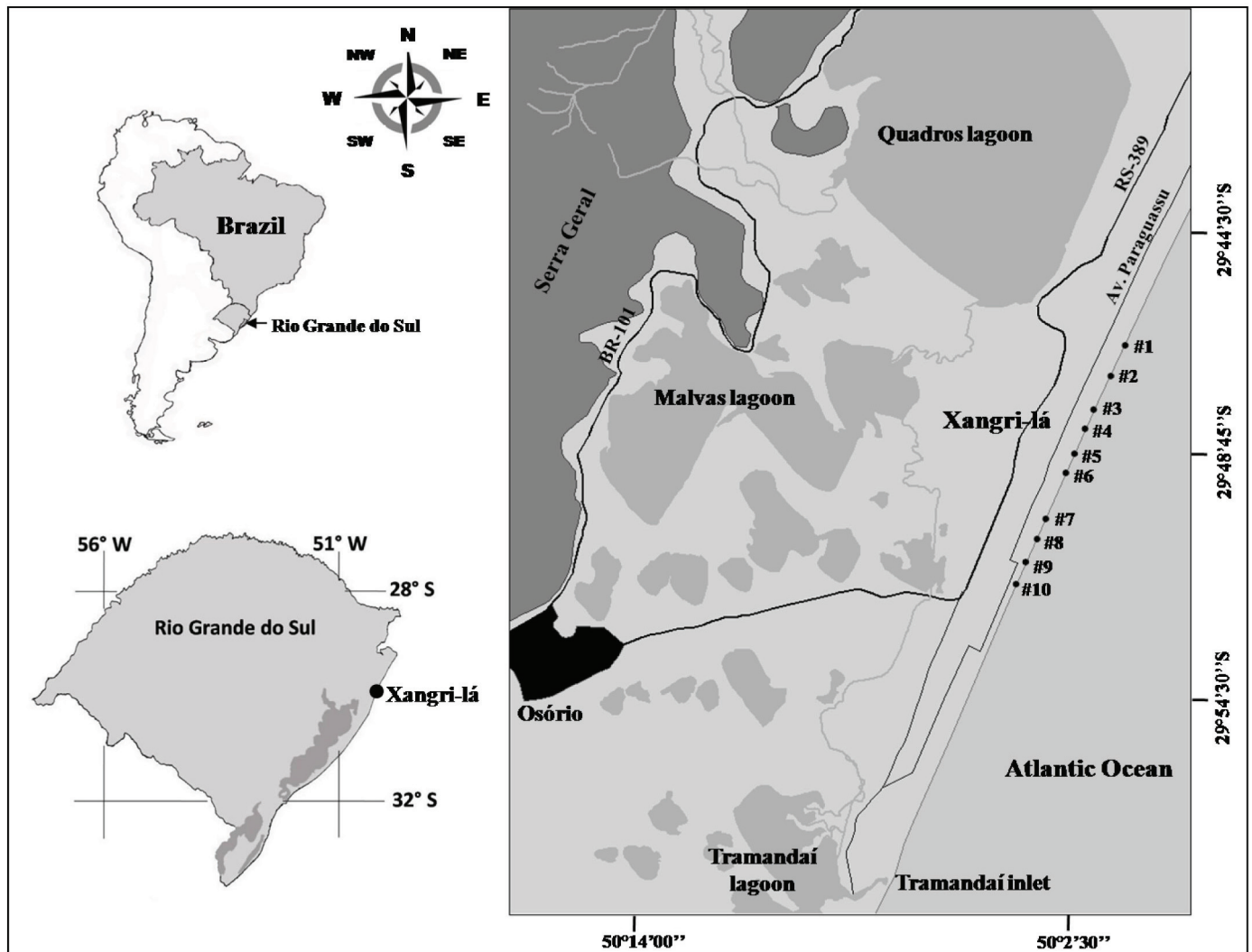


Figure 1. The study area at Xangri-Lá, north coast of Rio Grande do Sul, and the ten sampled transects.

Figura 1. Área de estudo em Xangri-Lá, litoral norte do Rio Grande do Sul, e os dez perfis amostrados.

3. RESULTS

3.1 Quantities and composition of marine debris

A total of 1,390 items were collected, considering all sampled months, transects and strata. Plastic debris (42%) and cigarette butts (39%) were the majority on the beach (Figure 2). Other classes of materials were paper (7%), anthropogenic wood (4%), glass, organic matter and metal, which comprises 1% each. Other (5%) was represented by polystyrene, clothes and building debris, among others (Figure 2).

A total of 586 plastic debris pieces were sampled. Among them, plastic fragments (41%) and straws (18%) were the most common (Figure 2). Other plastic items were bottle caps (9%), plastic bags (7%), cups (6%), candy wrappers (6%), lolly wrappers (5%), and other (8%).

3.2 Temporal and Spatial patterns of marine debris contamination

February was significantly more contaminated by marine debris than April and August, either when the total number of items sampled on the beach or specific types of plastic debris were considered (Figure 3a).

Considering dunes and backshore contamination, no

significant differences were reported when the total number of items sampled on the beach, specific types of plastic debris or only cigarette butts were tested (Figure 3b). Parallel to the waterline, no significant difference on marine debris contamination was detected among sampled transects. On the backshore, P2 was the most contaminated transect, followed by P10 and P9. On dunes, P9 and P10 were the most contaminated ones (Figure 4).

Considering only plastic debris, fragments were significantly more common than the other identified types. This pattern is most evident in February (Figure 5) when beach contamination is highest.

3.3 Sources

The majority (75%) of sampled marine debris had its most probable source estimated. Land-based sources (beach users) represented 68% of the total amount. Marine-based sources were non-local sources (4%) and fishing activities (3%). About 25% of total marine debris did not have even its most probable source identified. These items were mainly unlabelled plastic fragments, plastic bags and PET bottles (Table 1).

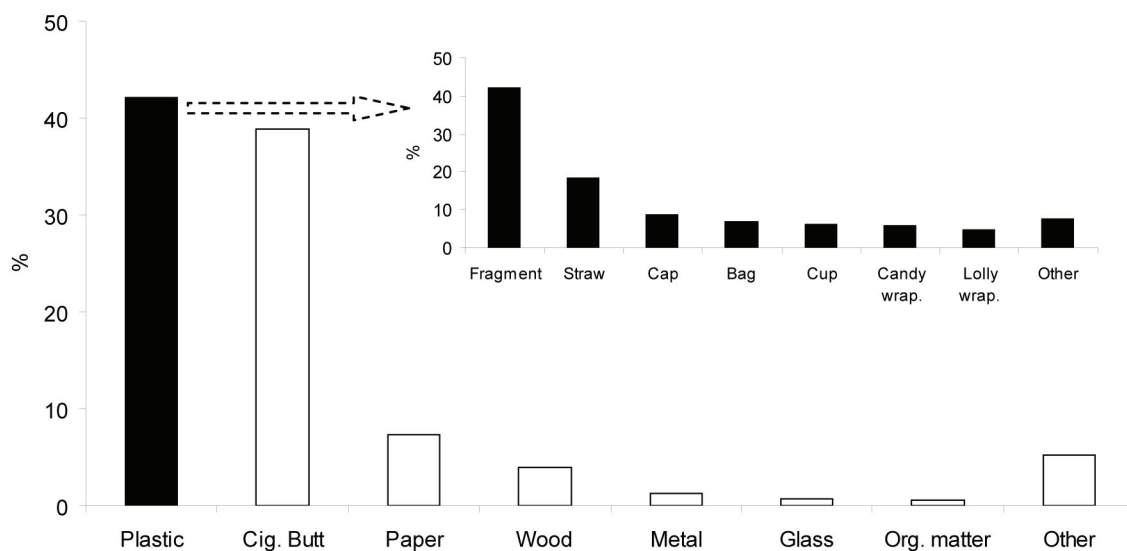


Figure 2. Classes of materials and its respective percentages, identified in all monitored months, transects and strata. See in the detail the types of plastic debris and its respective percentages, also identified in all months, transects and strata.

Figura 2. Classes de materiais e suas respectivas porcentagens, identificadas em todos os meses, perfis e estratos amostrados. Veja no detalhe os tipos de lixo plástico e suas respectivas porcentagens, também identificados em todos os meses, perfis e estratos.

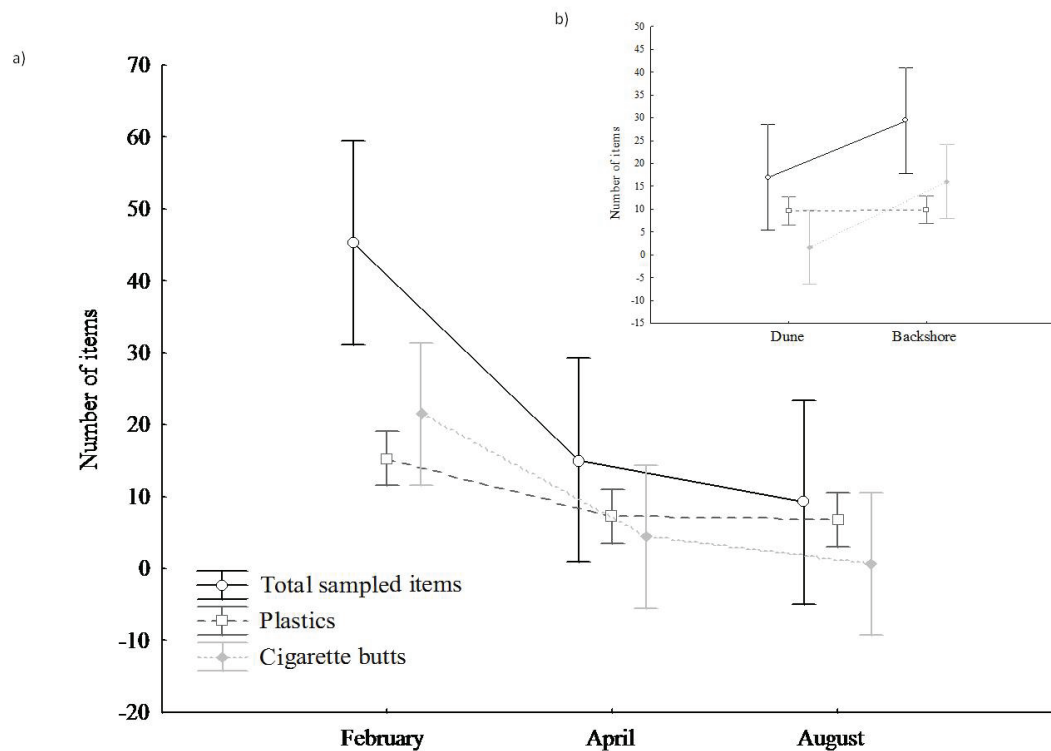


Figure 3. (a) Total number of items sampled on the beach, plastic debris and cigarette butts identified during the three monitored months; (b) Total number of items sampled on the beach, plastic debris and cigarette butts identified on the backshore and dunes.

Figura 3. (a) Número total de itens amostrados na praia, lixo plástico e pontas de cigarro identificados nos 3 meses monitorados; (b) Número total de itens amostrados na praia, lixo plástico e pontas de cigarro identificados na pós-praia e nas dunas.

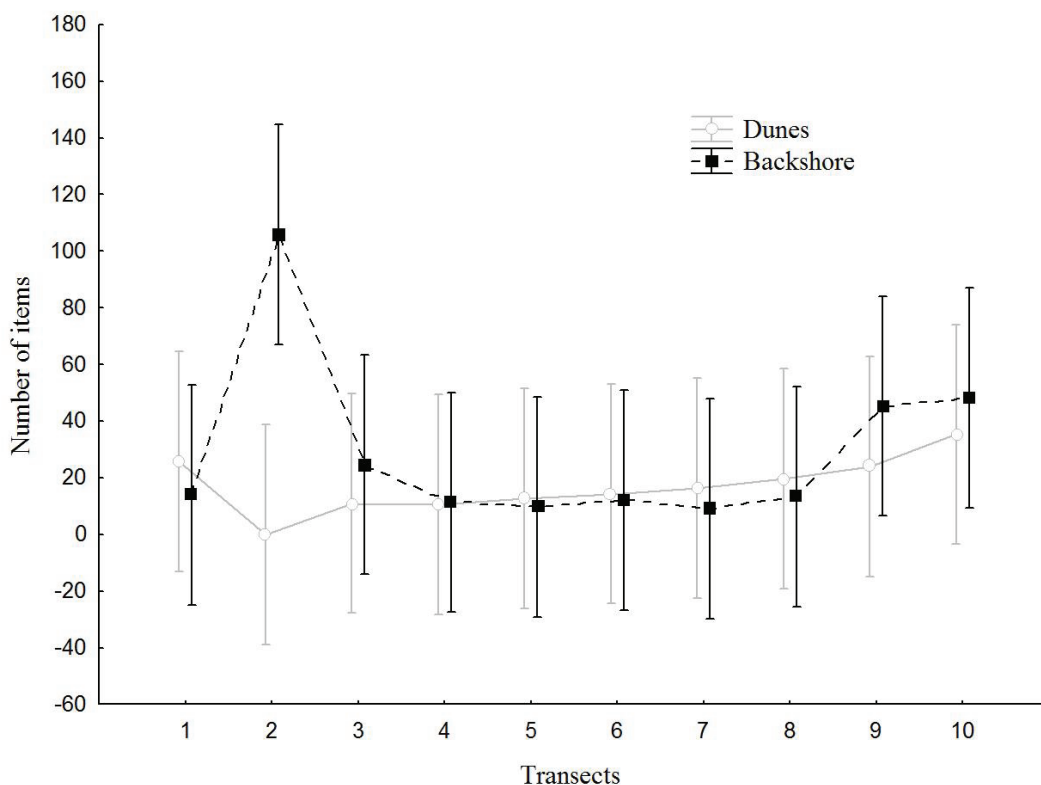


Figure 4. Total number of items (items m⁻¹) sampled on the backshore and dunes during the three monitored months.

Figura 4. Número total de itens (itens m⁻¹) amostrados na pós-praia e nas dunas durante os três meses monitorados.

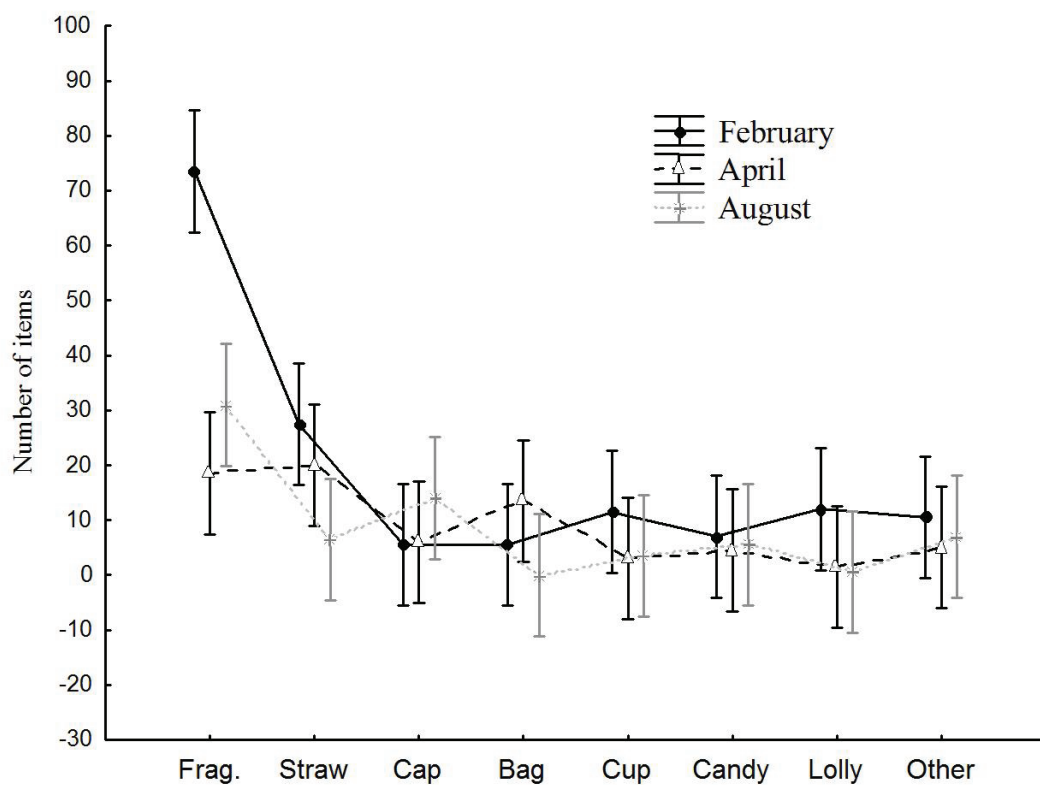


Figure 5. Most common types of plastic debris sampled on the beach (backshore and dunes) during the three monitored months.

Figura 5. Tipos mais comuns de lixo plástico amostrado na praia (pós-praia e dunas) durante os três meses monitorados.

Table 1. Most probable sources and its sampled items (and percentages) collected on Xangri-Lá beaches.
 Tabela 1. Fontes mais prováveis, itens amostrados (e suas porcentagens) coletados nas praias de Xangri-Lá.

	Most probable source	Sampled items	%
Land-based sources	Beach users	Cigarette butts, straws, paper and cardboard, plastic cups, candy and lolly wrappers, caps, cans, building debris, discarded food.	68
	Non-local	Plastic containers from cleaning and personal hygiene products, anthropogenic wood, glass containers, rubber, foam, lights.	4
Marine-based sources	Fishing activities	Nylon monofilaments, nets, ropes, polystyrene.	3
	Not determined	Plastic fragments, PET caps, plastic bags, PET bottles, metal and glass fragments.	25
	Total		100

4. DISCUSSION

4.1 Marine debris composition and sources

On Xangri-Lá beaches, plastics were the main sampled class of material, identified in all monitored transects, months and strata. The wider dissemination of plastics in relation to the other classes of materials has been previously reported in studies on sand beaches (Araújo & Costa, 2006; Spokas, 2008; Santos *et al.*, 2009), pebble beaches (Williams & Tudor, 2001) and other environments (Coe & Rogers, 2000; Ivar do Sul & Costa, 2007; Ryan *et al.*, 2009), showing the ubiquity of plastics on marine and coastal habitats around the world.

This global pattern can be justified by plastic characteristics such as flexibility, durability (slow natural degradation), low density and cost, since it comprises a wide range of products easily accessible by consumers. Once discarded into the environment, plastics are easily dispersed by winds, surface ocean currents, rivers, rainfall drainage systems and others, which, associated with the absence of solid waste management on coastal municipalities such as Xangri-Lá, also contributes to the current scenario of plastic debris contamination.

Cigarette butts were also sampled at all monitored transects. Its amounts can be directly related to the fixed backshore kiosks and the existence of a football court on the beach, which allow beach users to stay for longer periods on the beach. The occurrence of cigarette butts also reflects beach users' lack of knowledge in relation to the potential damages of this item (i.e. ingestion by marine biota and even by children), and to its highly persistent characteristics, since cigarettes are made by a group of polymers, i.e. by different kinds of plastics. In addition, small items such as cigarettes

butts are not effectively removed by cleaning services (Santos *et al.*, 2005; Araújo & Costa, 2006; Ivar do Sul & Costa, 2007; Santos *et al.*, 2009) (observed on Xangri-Lá beaches; transect 2), promoting accumulation and probably its dispersion to adjacent areas.

The other sampled classes of materials have been frequently reported on beaches and other marine and coastal environments (IOC/FAO/UNEP, 1989; Coe & Rogers, 2000). Fragments of paper, glass, metal and polystyrene, and mainly plastic fragments, illustrate the lack of efficient cleaning services, and also the fragmentation of bigger items abandoned/deposited on the beach that suffered thermal, photochemical, chemical or physical degradation (Costa *et al.*, 2010). The prevalence of small fragments was also observed on other urbanized and non-urbanized beaches, such as Cassino beach, southern coast of RGS (Wetzel *et al.*, 2004; Santos *et al.*, 2005), Costa do Dendê, Bahia (Santos *et al.*, 2009) and many other sand beaches (Madzema & Lasiak, 1997; Debrot *et al.*, 1999). Plastic fragments were also the main type of item identified on the digestive tracts of *Chelonia mydas* sampled on the RGS coastline, highlighting the eminent risk of marine debris ingestion by the local biota (Tourinho *et al.*, 2010).

Land-based source was quantitatively sampled more than marine-based sources. On Xangri-Lá beaches, it is represented by beach users which are frequently pointed as important sources of marine debris to coastal habitats (Ivar do Sul & Costa, 2007). Items with marine-based sources (non-local sources and fishing activities) were rare, this fact being related to the absence of big rivers and big cities in all the hydrographic basins that flow into the vicinity of the study area. In addition, there is no artisanal or commercial fishing port with constant flux of fishing boats next to Xangri-Lá beaches.

4.2 Spatial and temporal patterns of marine debris contamination

Considering backshore and dunes contamination, no significant differences were detected, in spite of the visual accumulation of marine debris on dunes. Probably, this result is a consequence of several factors. The local motion of low density debris, such as plastics, which are removed from/to the backshore to/from the dunes by winds, waves and meteorological tides, promotes distribution of these items on the whole beach. Erosion and accretion rates associated to seasonal cycles may also facilitate burial of debris (Ivar do Sul & Costa, 2007), mainly on the backshore. Additionally, bigger items are fragmenting into smaller pieces (Santos *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2010), resulting in accumulation of these items on both strata. This process is evident in the present work since plastic fragments were the most common type of item sampled on the beach. On the backshore those fragments are not effectively collected by municipal cleaning services. Straws and bottle caps were also frequently sampled and with small sizes, these are not as well collected from the beach. On dunes, vegetation might act as a trap of deposited marine debris, which also fragment and increase (in quantities) with time. Plastic bags, for example, were sampled only on dunes, trapped by vegetation.

The most contaminated transects (items m⁻¹), when the whole beach (backshore and dunes) was considered, were P9, P10 and P2, respectively. These transects were next to fixed backshore kiosks (P10 and P2) and the football court (P9), demonstrating the lack of knowledge of beach users in relation to the potential consequences of marine debris (Santos *et al.*, 2005), since rubbish bins are found in all kiosks. In addition, there is no inspection by municipal authorities, and consequently no garbage control associated with the fixed kiosks (or with other facilities on the beach). Solid wastes produced on the beach probably will end up on the adjacent shore.

In relation to the temporal patterns, February was the most contaminated month, an expected pattern on tourist beaches such as Xangri-Lá, since this month registered the highest concentration of tourists. With inefficient cleaning services, marine debris stays on the beach until the following winter (and probably for a long time), when beach erosion can remove it from/to the beach to/from the adjacent surf zone. This process continuous until marine debris is finally removed from the beach.

CONCLUSIONS

Marine debris on coastal and marine ecosystems represents the final product of an endless network, from the unmeasured and ever growing worldwide plastic production together with discarding, to the inadequate manipulation and destination of solid wastes by the municipalities (Ivar do Sul & Costa, 2007).

If cigarette butts are also considered as a type of plastic, almost 81% of the total items sampled on the beach are made from this material. Nowadays there are no doubts concerning the predominance of plastics on marine and coastal environments, and the north coast of RGS is no exception. Plastics were the most sampled items on all monitored transects, months and strata, highlighting the wide range of uses of this material by almost every human activity.

The main source identified on the study area was the land-based source, represented by beach users mainly during the

summer season. It was also observed that plastics and other types of solid wastes, such as building debris and grass cuts, are directly abandoned on dunes all year long. The direct throw of garbage on the beach demonstrates the ignorance of beach users and residents in relation to marine debris problems. This scenario highlight the necessity of long term campaigns and environmental education programs, in spite of inefficient short term methods, such as plastic bags and folders distributions on the beach. These actions normally result in even more marine debris on the beach.

REFERENCES

- Araújo, M.C.B.; Costa, M.F. (2006) - The significance of solid wastes with land-based sources for a tourist beach: Pernambuco, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 1(1):28-34. [http://www.panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_1\(1\)_28-34.pdf](http://www.panamjas.org/pdf_artigos/PANAMJAS_1(1)_28-34.pdf)
- Bugoni, L.; Krause, L.; Petry, M.V. (2001) - Marine debris and human impacts on sea turtles in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12):1330-1334. (DOI:10.1016/S0025-326X(01)00147-3)
- Coe, J.M.; Rogers, D.B. (eds.) (2000) - *Marine Debris: sources, impacts and solutions*. 431 p., Springer-Verlag, New York, NY, USA. ISBN: 9780387947594.
- Costa, M.F.; Ivar do Sul, J.A.; Silva-Cavalcanti, J.S.; Araújo, M.C.B.; Spengler, A.; Tourinho, P.S. (2010) - On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168:299-304 (DOI:10.1007/s10661-009-1113-4).
- Debrot, A.O.; Tiel, A.B.; Bradshaw, J.E. (1999) - Beach debris in Curacao. *Marine Pollution Bulletin*, 38: 795-801. (DOI:10.1016/S0025-326X(99)00043-0)
- Goldberg, E.D. (1995) - Emerging problems in the coastal zone for the twenty-first century. *Marine Pollution Bulletin*, 31(4-12):152-158. (DOI:10.1016/0025-326X(95)00102-S)
- IOC/FAO/UNEP (1989) - Report of the IOC/FAO/UNEP review meeting on the persistent synthetic materials pilot survey. 46 p., Programme for pollution monitoring and research in the Mediterranean. IOC/FAO/UNEP, Athens, Greece.
- Ivar do Sul, J.A.; Costa, M.F. (2007) - Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin*, 54(8):1087-1104. (DOI:10.1016/j.marpolbul.2007.05.004)
- Laist, D.W. (1997) - Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In: Coe, J.M. & Rogers, D.B. (eds.), *Marine Debris: sources, impacts and solutions*, pp. 99-140, Springer-Verlag, New York, NY, USA. ISBN: 9780387947594.
- Madzena, A.; Lasiak, T. (1997) - Spatial and temporal variations in beach litter on the Transkei coast of South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 34(11):900-907. (DOI:10.1016/S0025-326X(97)00052-0)
- Nash, A.D. (1992) - Impacts of marine debris on subsistence fishermen: an exploratory study. *Marine Pollution Bulletin*, 24(3):150-156. ([http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(92\)90243-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(92)90243-Y))
- Nollkaemper, A. (1994) - Land-based discharges of marine debris: from local to global regulation. *Marine Pollution Bulletin*, 28(11):649-652. (DOI:10.1016/0025-326X(94)90299-2).

- Ryan, P.G.; Moore, C.J.; van Franeker J.A.; Moloney, C.L. (2009) - Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transaction of Royal Society B*, 364:1999-2012.
- Santos, I.R.; Friedrich, A.C.; Ivar do Sul, J.A. (2009) - Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 148:455-462.
- Santos, I.R.; Friedrich, A.C.; Wallner-Kersanach, M.; Fillmann, G. (2005) - Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. *Ocean & Coastal Management*, 48(9-10):742-752. (DOI:10.1016/j.ocecoaman.2005.08.006)
- Spokas, K. (2008) - Plastics - still young, but having a mature impact. *Waste Management*, 28:473-474.
- Tomazelli, L.J.; Villwock, J.A. (1992) - Considerações sobre o ambiente praial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, 19: 3-12.
- Tourinho, P.S.; Ivar do Sul, J.A.; Fillmann, G. (2010) - Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin*, 60: 396-4010. (DOI:10.1016/j.marpolbul.2009.10.013).
- Wetzel, L.; Fillmann, G.; Niencheski, L.F.H. (2004) - Litter contamination on the Brazilian southern coast: processes and management perspectives. *International Journal of Environment and Pollution*, 21(2):153-164.
- Williams, A.T.; D. T., Tudor 2001 - Temporal trends in litter dynamics at a pocket beach. *Journal of Coastal Research*, 17(1):137-145.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Esta subdivisão apresenta um artigo sobre educação ambiental voltada para os ambientes costeiros.

9. Ambientes Costeiros: sugestões de dinâmicas escolares para estimular a percepção ambiental.
Educação Ambiental em Ação. 5:1-10 (2010).
PORTZ, L. C., MANZOLLI, R. P.



ISSN 1678-0701
Número 34, Ano IX.
Dezembro/2010-Fevereiro/2011.

Números anteriores

[Início](#) | [Cadastre-se!](#) | [Procurar](#) | [Apresentação](#) | [Artigos](#) | [Dicas e Curiosidades](#) | [Reflexão](#) | [Textos de sensibilização](#)
| [Dinâmicas](#) | [Entrevistas](#) | [Saber do Fazer](#) | [Culinária](#) | [Arte e ambiente](#) | [Divulgação de Eventos](#) | [O que fazer para melhorar o meio ambiente](#) | [Educação](#) | [Você sabia que...](#) | [Plantas medicinais](#) | [Trabalhos Enviados](#) | [Breves Comunicações](#) | [Reportagem](#)
| [Normas de Publicação](#) | [Colaboradores antigos](#)



Trabalhos Enviados

10/12/2010

AMBIENTES COSTEIROS: SUGESTÕES DE DINÂMICAS ESCOLARES PARA ESTIMULAR A PERCEPÇÃO AMBIENTAL

AMBIENTES COSTEIROS: SUGESTÕES DE DINÂMICAS ESCOLARES PARA ESTIMULAR A PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Luana Portz¹ & Rogério Portantiolo Manzoli²

¹Doutoranda e ²Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS

Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências, Avenida Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 91509900. Telefone (51) 84063628, 33089846. E-mail: luanaportz@gmail.com

RESUMO: O ambiente costeiro, em especial as praias, vem sendo alvos de graves alterações no seu equilíbrio natural. Para garantir a sustentação e a harmonia tanto dos interesses econômicos como ambientais neste espaço, de forma simultânea, tornam-se necessárias ações de planejamento e gestão para a integração das mesmas, de modo a reduzir os conflitos gerados. Neste sentido, a implementação de programas de educação ambiental torna-se um componente fundamental e um importante instrumento para o entendimento e, conseqüentemente, para a conservação deste ambiente. Este trabalho tem como objetivo sugerir dinâmicas escolares com a finalidade de estimular a percepção das crianças sobre as formas e processos existentes nas nossas praias, partindo-se dos sentidos da audição, visão e tato. Foram elaboradas atividades para desenvolver a criatividade e estimular o poder de distinguir o certo do errado, através do uso de imagens (exemplo: fotografias), poemas e atividades lúdicas (exemplo: jogo da biodiversidade nas dunas e formando cadeias e teias alimentares).

Palavras Chaves: dunas costeiras, educação ambiental, dinâmicas escolares.

Introdução

Os ambientes costeiros são áreas de transição ecológica, os quais desempenham importante função de ligação e de trocas entre os ecossistemas terrestres e marinhos. Abrigam diversos ecossistemas como florestas tropicais, manguezais, recifes de corais, sistema de dunas, entre outros, os quais proporcionam o habitat para muitas espécies.

Características químicas próprias, como a elevada concentração de nutrientes, o gradiente térmico e a salinidade variável, e ainda as condições de abrigo e de suporte a reprodução e a alimentação nas fases iniciais de muitas espécies de origem marinha, classificam estes ambientes como complexos, diversificados e de extrema relevância para a sustentação da vida no mar (Cicin-Sain e Knecht, 1998).

Estes ambientes, em especial as praias, possuem uma beleza cênica diferenciada, o que gera um desejo da população de se instalar o mais próximo possível deste ambiente. O crescente aumento das áreas residenciais e, conseqüentemente, das áreas de recreação, vem provocando graves alterações no equilíbrio natural deste ambiente.

Uma destas alterações é o pisoteio da vegetação das dunas frontais, causado pelo deslocamento das pessoas de suas residências até a praia.

Outro tipo de degradação que ocorre relacionada a crescente urbanização é a extração irregular de areia das dunas frontais. Esta areia é usada como aterro na construção civil e como matéria prima de argamassas e concreto, comprometendo a qualidade destas construções. Esta extração irregular também compromete a estabilidade natural deste ambiente (Hesp, 2002).

Somando-se a estes, a introdução acidental de espécies exóticas (resultantes da limpeza de jardins, deposição de lixo orgânico,

etc) ou intencional (usadas em programas de fixação e estabilização de areia), tais como a "Onze-horas" (*Carpobrotus chilensis*), tem resultado na formação de comunidades vegetais totalmente diferentes das originais, alterando também a estrutura da fauna acompanhante (Cordazzo et al., 2006).

O efeito combinado, tanto das perturbações naturais quanto das ações antrópicas, podem levar a uma perda da estabilidade da costa, induzindo a mudanças nas unidades fisiográficas, e assim alterando consideravelmente a paisagem.

Desta forma, para garantir a sustentação e a harmonia, tanto dos interesses econômicos, quanto dos interesses ambientais no espaço litorâneo, de forma simultânea, faz-se necessárias ações de planejamento e gestão para a integração das mesmas, de modo a reduzir os conflitos gerados.

Neste sentido, a implementação de programas de educação ambiental torna-se um componente fundamental e um importante instrumento para o entendimento e, conseqüentemente, para a conservação deste ambiente, já que os sistemas humanos e os sistemas ambientais interagem de duas formas: onde as ações humanas causam diretamente mudanças ambientais e onde estas mudanças afetam diretamente o que os seres humanos valorizam (Camargo, 2003).

A Educação Ambiental constitui-se em um processo permanente, nos quais os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu meio-ambiente e adquirem conhecimentos, valores, habilidades, experiências e determinação que os tornem aptos a agir e resolver problemas ambientais, presentes e futuros (Dias, 2000).

Assim, a educação converte-se num projeto estratégico com o propósito de formar valores, habilidades e capacidades para orientar a transição para a sustentabilidade (Leff, 2001).

Neste contexto este trabalho tem como objetivo propor atividades escolares com a finalidade de estimular a percepção das crianças sobre a formação e processos existentes nos ambientes costeiros.

Metodologia

Este projeto foi inspirado no livro "Educação dos Sentidos e Mais..." do escritor Rubens Alves (2005), onde se partiu dos sentidos da audição, visão e tato para propor as dinâmicas para as escolas. Além disso, foi utilizada a metodologia desenvolvida junto ao projeto Argos (Pereira et al., 2006) e as experiências descritas no livro Jogos para Atores e Não-Atores (Boal, 2007).

Proposição das atividades

"E qual seria a tarefa primordial da educação senão levar-nos a aprender a amar, a sonhar, a fazer nossos próprios caminhos, a descobrir novas formas de ver, de ouvir, de sentir, de perceber, a ousar pensar diferente... a sermos cada vez mais nós mesmos, aceitando o desafio do novo?" Rubens Alves (2005).

As dinâmicas e vivências procuram desenvolver uma linguagem comum e prática, envolvendo, como tática de aproximação, às realidades divergentes.

Através disso, aglutinaram-se duas das vertentes do conhecimento: o científico e o popular, tendo como meta o despertar da consciência e o envolvimento das crianças com o espaço em que vivem.

A arte de ver

Os olhos, de todos os órgãos dos sentidos, são os que nos fornece a maior quantidade de informações. É o que nos da uma capacidade de mais fácil compreensão científica.

A reflexão sobre o que vemos pode desenvolver nossa criatividade e estimular nosso poder de distinguir o certo do errado. A estimulação visual nos ajuda a identificar todos os elementos que uma imagem pode nos transmitir (Rubem Alves, 2005).

Como as explicações conceituais são difíceis de aprender e fáceis de esquecer, temos o caminho das imagens. Uma boa imagem é inesquecível, sendo assim, ao invés de explicar os conceitos, nada melhor do que mostrar (Rubem Alves, 2005).

Dentro deste enfoque, o uso de imagens, como as fotografias, torna-se um grande instrumento de apoio pedagógico. Este recurso pode ser utilizado para mostrar cenários de meios preservados ou degradados, no qual estimule às ações ambientais.

Sugestão - A ação da natureza

Objetivo

- Visualizar a interferência da ação humana sobre o ambiente de praia.

Texto de apoio:

- A migração das dunas ocorre através da ação do vento e do mar sobre os sedimentos. As atividades não planejadas podem modificar a dinâmica de transporte e a morfologia das dunas. A retirada das areias (para amenizar os impactos de avanço sobre as vias de acesso ou construções) podem acelerar a movimentação, elevando os riscos de soterramento e acelerando a erosão costeira.
- As tempestades são mais intensas e freqüentes no outono e inverno. Nestas estações do ano, os ventos são mais fortes, fazendo com que as ondas sejam mais altas e erodam a praia, tornando-se mais estreita. Assim, uma tempestade mais forte pode destruir dunas e construções sobre elas. Então o que fazer? O que aconteceria se não existissem mais dunas?

Atividades

Estimular os alunos a identificar, nos locais onde vivem, as alterações causadas pelo homem (exemplos: presença de quiosques, casas, etc), e após avaliar como estas alterações interferem no ciclo natural do meio ambiente. A partir desta identificação, deveram buscar uma nova ordem, diferente das identificadas, que resultem numa melhor interação com o meio ambiente.

Sugestão - O poder das ondas



FIGURA 1: Praia de Xangri-lá, litoral norte do RS. Fotografias Luana Portz

Objetivos

- Apresentar o ambiente praial para os alunos.
- Demonstrar a inter-relação e a interdependência entre os elementos deste ecossistema.

Atividades

1. Através da observação da fotografia, os alunos devem tentar descrever as funções das dunas, principalmente para os freqüentadores das praias.
2. A turma deverá identificar qual lógica que rege o sistema de praia. A ordem das ondas, a ordem da direção do vento, a ordem do transporte de sedimento para as dunas, a ordem das plantas nas dunas...
3. A partir desta análise deveram representar a ordem geral do sistema em telas (pintura, recortes, etc). A aula poderá ser estendida para o ambiente de praia facilitando a identificação dos elementos.

Sugestão - A vida na praia

Objetivo

- Estimular os alunos a conhecerem os animais que vivem na praia e nas dunas,

- Confeccionar produtos decorativos para a escola.

Texto de apoio: Os *Ctenomys flamarioni* são conhecidos como tuco-tuco, vivem nas dunas frontais escondidos em extensas galerias de túneis subterrâneos. O principal alimento deste animal são as folhas do capim de praia, que também servem para construir seus ninhos. Eles tem cor clara, similar a cor da areia, evitando desta forma de serem vistos e capturados pelos seus predadores.

Atividades

Incentivar os estudantes a buscar, em livros, revistas, etc, outros organismos que vivem no sistema praia e dunas, como a Bolacha da Praia (*Mellita quinquesperforata*), o Caramujo Cesto Pequeno (*Buccinanops duartei*), o Corrupto (*Sergio mirim*), o Marisco branco (*Mesoderma mactroides*), a Tatuíra (*Emerita brasiliensis*), etc. Tendo estas informações poderão ser criados objetos de decoração para a escola, como móveis, painéis, entre outros.

A arte de ouvir

A arte de ouvir é a mais importante para a aprendizagem do amor, do viver juntos e da cidadania. Somente quando paramos de tagarelar é possível ouvirmos a verdade. Todo mundo quer ser escutado, inclusive as crianças, no silêncio das crianças existe um programa de vida: os sonhos... e dos sonhos que nasce a inteligência (Rubem Alves, 2005).

Sugestão – A vida na praia

Objetivo

- Compreender a importância do ambiente praias para a sobrevivência das comunidades de pescadores

Texto de apoio:

Há Um Barco Esquecido na Praia (Padre Zezinho)

*Há um barco esquecido na praia
 Já não leva ninguém a pescar
 É o barco de André e de Pedro
 Que partiram pra não mais voltar
 Quantas vezes partiram seguros
 Enfrentando os perigos do mar
 Era chuva, era noite, era escuro
 Mas os dois precisavam pescar
 (www.weblettras.com.br)*

Atividades

Após a leitura do texto, cada aluno completará, em uma folha a pergunta: "O que aconteceria se...? Em seguida este passa sua folha adiante e recebe outra já completada. Esta serve de base para uma nova pergunta. Ex: O que aconteceria se não tivesse mais pescador? O que aconteceria se eu só comesse peixe?... E assim por diante".

Sugestão – Tramandaí

Objetivo

- Identificar as mudanças sazonais das regiões litorâneas, principalmente no sul do Brasil.

Texto de apoio:

"O frio de renguia cusco/ afasta/ após as águas de março/ a horta urbana das praias/ a passagem das frentes/ traz de volta/ a tribo das pranchas/ rasgando ondas tubulares/ no paliteiro serpenteante/ da plataforma pesqueira/ ao largo/ petroleiros corcoveiam/ nas cristas e cavas/ dos bancos em movimento/ aproando as bôias ancoradas/ diante do frio/ que se traz o mar/ na barra mutante/ sangradouro das lagoas nortenhas/ entre botes rebocadores/ as tatuíras sem cessar/ deslocam anfíbios/ os seres no estuário/ garças e jererês/ dançam nas velhas pontes/ arpoando cardumes flecheiros/ botos esguiam tainhas obesas/ às tarrafas lançadas no canal/ parceria comunitária/ labirinto meandrante/ de histórias de vida/ entre as areias e o junco" (Wa ching 2004).

Atividades

1. Leitura do poema pela turma,
2. Buscar as palavras que identifiquem o ambiente praial,
3. Reconstrução do poema em telas, a partir de recortes, desenhos, etc.

A arte de tocar

É através do tato que o amor se realiza. E como compreender a natureza sem amá-la? O aprender através do tocar está em experimentar o ambiente, sentir as diferenças, como tocando as plantas e assim aprender o porquê delas existirem (Rubem Alves, 2005).

Sugestão – A ação do vento

Objetivo

- Observar a ação do vento sobre o ambiente, e identificar as mudanças que ele provoca nas paisagens.

Texto de apoio:

... Esse "morador de parte nenhuma" que não conhece fronteiras e por isso encontramos o seu sopro de vida em paragens literárias tão longínquas como, a China, o Togo, o Iraque, El Salvador ou a vizinha Espanha.

... O "vento é muito mais que ar em movimento (...) formaliza um catavento de civilizações (...) assumiu, desde os mais remotos dos tempos, uma forte presença cultural".

... É essa capacidade transformista do vento que se molda à paisagem e a desarruma e com facilidade interage com o homem, que garante o culto de todos os povos. Podemos ver os moinhos de Cervantes e Quixote, ou o simples remoinho que varre as folhas secas da soleira da porta (autor desconhecido).

Atividades

Os alunos deverão observar em recortes de jornal ou revistas as esculturas que se formam com a ação do vento, representativas de cada ambiente, como nas dunas, nas rochas, e até mesmo nas árvores, que crescem direcionadas com a direção do vento dominante. Uma vez identificadas estas formas os alunos criaram uma obra dentro deste conceito.

Sugestão - As plantas da praia

Objetivo

- Conhecer as espécies de plantas presentes nas praias e a função que desempenham na formação deste ambiente.

Texto de apoio: Esta planta vive na parte superior da praia, sendo responsável pela fixação inicial da areia e pela formação das dunas incipientes, que vão servir como uma primeira barreira durante as ressacas no mar. A *Blutaparon portulacoides* é muito resistente e possui uma glândula que elimina o sal ajudando a enfrentar a maresia. As suas folhas servem de habitat para as larvas das mosca-das-tocas e como alimento para pequenos roedores, como o tuco-tuco (Cordazzo, et al, 2006).

Atividades

Incentivar os estudantes a buscar outras espécies de plantas que vivem no sistema de dunas e formular idéias sobre os seus benefícios para este sistema. A partir de discussões levantadas em sala de aula sobre o crescimento das plantas, os alunos deverão identificar os processos que levam a formação das dunas e aumento de seu volume.

Jogos

O jogo é algo intrínseco a cultura humana. Na nossa sociedade atual a relação entre jogo e educação tem sido muito discutida. Brincar é compreendido como um espaço privilegiado para as crianças recriarem a realidade vivida e compreendê-la.

Nos jogos cooperativos, em que é necessário atingir um objetivo comum a todos, os participantes jogam uns com os outros e não contra. Joga-se para, juntos, superar os desafios e compartilhar o sucesso. O objetivo é minimizar a competição em prol de uma participação cooperativa.

O jogo é, portanto visto como um espaço de experimentação de regras, de troca de experiências, de afinamento de habilidades, de interação social, de comunicação, etc (Costa, 2007).

Sugestão: Jogo da biodiversidade nas dunas

Objetivo

- Mostrar aos alunos a importância da preservação da biodiversidade das dunas, para o equilíbrio do ecossistema, tendo em vista que os alunos devem reconhecer que o futuro depende das relações estabelecidas entre a natureza e o homem.
- Reconhecer as espécies e suas peculiaridades.

Atividades

O importante desta atividade não é o ato de jogar, mas a busca e discussões para a formulação do jogo.

1. Divididos em grupos, os alunos, primeiramente, devem buscar compreender quais são os organismos que vivem no ambiente de dunas.
2. Após esta etapa, deverão criar fichas com dicas para as espécies, plantas ou animais. Estas fichas serão usadas para revelar uma a uma pelo aluno ou equipe adversária.
3. Na preparação do tabuleiro, deveram ser criados espaços onde o jogador ao parar ou passar é obrigado a ler e cumprir as instruções da lacuna (como exemplo adivinhar o que consta nas fichas através das dicas, ficar uma rodada sem jogar, etc).
4. Após a construção do tabuleiro, das fichas de dicas é só dividir os grupos e jogar.

Formando cadeias e teias alimentares

Este jogo serve de base para a compreensão dos sistemas marinhos complementando as aulas sobre cadeias e teias alimentares.

Antes de iniciar o jogo deve-se confeccionar cartas, onde apareça o nome do ser vivo, e flechas para indicar o sentido do fluxo de energia. Dividi-se entre os participantes as cartelas com os organismos produtores, consumidores e decompositores e as flechas. Iniciam o jogo os estudantes que tiverem as cartas com os produtores, dando a seqüência na construção da cadeia, sempre respeitando o sentido do fluxo. Após a construção da teia, observe e tente compreender o ecossistema montado.

Considerações finais

Uma das principais propostas deste trabalho é a implantação de ações de educação ambiental nas escolas, podendo ser aplicadas em associações de moradores e nas áreas freqüentadas por turistas e veranistas, pois através

de um programa interdisciplinar e de campanhas informativas, pode-se chegar à conscientização da população frente ao meio ambiente, apontando os problemas existentes e discutindo soluções praticáveis.

Notas Finais

Os interessados no material completo (com mais imagens) deve entrar em contato pelo e-mail citado nos dados da autora.

Referências Bibliográficas

ALVES, R. **Educação dos sentidos e Mais...** Campinas, SP: Editora Versus, 2005.

BOAL, A. **Jogos para atores e não-atores**. 10ª edição revisada e ampliada. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2007.

CAMARGO, A. L. B. **Desenvolvimento Sustentável: Dimensões e Desafios**. Campinas, SP: Papyrus, (Coleção Papyrus Educação), 2003.

CORDAZZO, C.V.; PAMA, J.B. & SEELIGER, U. **Guia Ilustrado - Plantas das Dunas da Costa Sudoeste Atlântica**. Pelotas: Editora USEB, 2006.

COSTA, A.T.A. **Ludicidade na Educação Ambiental**. Disponível na internet via <http://ecoar.org.br/avaliando2/downloads/EA4-Ludicidade.doc>. Acessado em 26 de janeiro de 2007.

CHING, W. **Pampa Litoral**. Rio Grande: ONG: Ballaena australis, 2004.

Cicin-Sain, B.; Knecht, R.W. **Integrated coastal and ocean management: concepts and practices**. Washington D.C.: Island Press, 1998.

DIAS, G. F. - **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Gaia, 6ed, 2000.

FRANÇA, A. **A Ilha de São Sebastião. Estudo de Geografia Humana**, São Paulo, FFCL - USP, Boletim 178, Geografia, n. 10, 1954.

HESP, P.A. **Coastal Sand Dunes: Form and Function**. CDVN Technical Bulltin NO.4. Massey University, 28p, 2002.

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**./ Enrique Leff; tradução de Lucia Mathilde Endich Orth – Petropolis, RJ: Vozes, 2001.

PEREIRA, M. B.; FREDO, G. C.; PORTZ, L.; MANZOLLI, R.P.; MELO, C. F.; OLIVEIRA, G. A.; RIBEIRO, F. B.; OLIVEIRA, T. C. F.; CARMO, L. S.; PALERMO, V; GONZÁ, C; FERREIRA, W & CAMPOS, P. T. **Projeto Argos**. In: Semana Nacional de Oceanografia, 2006, Pontal do Sul, 2006.

Demais publicações

ARTIGO

As Dunas Frontais de Xangri-Lá: Inventário, classificação e escolha de áreas prioritárias ao manejo.

Tabajara, L.L., Gruber, N. S., Portz, L. C.

In: Pesquisas (UFRGS. Impresso). Em processo de editoração final.

CAPÍTULO DE LIVRO

Oceanografia Química. In: Estudos Oceanográficos: do instrumental ao prático. Danilo Calazans (Org). 2011

Rogério Manzolli, Luana Portz & Mariele Paiva.

CONGRESSOS

Uso de SIG na implantação de planos de manejo de dunas no rio grande do sul - brasil. Labgerco-CECO/IG/UFRGS

L. Portz, R. Manzolli, R. Franchini, N. Gruber.

In: I Congreso de GIAL- Cádiz Es.

Plano de Manejo de Dunas Frontais para Vulnerabilidade à Erosão *Alternativa à Gestão Local do Município de Capão da Canoa-Rs, Brasil.* Labgerco - CECO/IG/UFRGS

T. Strohaecker, N. Gruber, L. Tabajara, L. Portz, R. Franchini, F. C. Pereira, R. Oliveira, J. Jardim, R. Mazzolli.

In: I Congreso de GIAL- Cádiz Es.

Gestão De Áreas De Erosão E Proteção Ambiental Frente A Conflitos De Urbanização: *Plano De Manejo De Dunas De Arroio Do Sal-Rs, Brasil.* Labgerco - CECO/IG/UFRGS

N. Gruber, L. Tabajara, T. Strohaecker, F. Cheiran , R. de Oliveira, R. Franchini, F. Caetano¹, L. Pereira¹, L. Portz¹

In: I Congreso de GIAL- Cádiz Es.

Varição Morfo-Ecológica Das Dunas Frontais Do Litoral De Arroio Do Sal-Rs, Brasil, Como Subsídio A Gestão Dos Conflitos De Uso. Labgerco - CECO/IG/UFRGS

L. Tabajara , N. Gruber, T. Strohaecker, R. de Oliveira, F. Cheiran , R. Franchini, F. Caetano, L. Pereira, L. Portz.

In: I Congreso de GIAL- Cádiz Es.

Resiliencia del sistema de dunas de Rio Grande do Sul (Brasil) a obras de canalización pluvial.

Portz, L. C., Manzolli, R. P., Alcántara, J. C., Corrêa, I. C. S.

In: XI Jornadas Espanolas de Costas e Puertos, 2011, Las Palmas de Gran Canaria.

Marine debris on Rio Grande do Sul north coast, Brazil: spatial and temporal patterns

Portz, L., Manzolli, R. P., Ivar do Sul, J.

In: Congresso Brasileiro de Oceanografia. Rio Grande, RS. 2010

A Utilização de GPR e Sensoriamento Remoto na Identificação e Determinação da Taxa de Acresção de Beach Ridges Lagunares na Margem Oeste da Laguna Lagoa dos Patos.

Manzolli, R. P., Portz, L. C., Rosa, M.L.C.C., Barboza, E.G., Tomazelli, I.J.

In: IV Congresso de Oceanografia, 2010, Rio Grande.

Marine Debris On Rio Grande Do Sul North Coast, Brazil: spatial and temporal patterns.

Portz, L., Manzolli, R. P., Ivar do Sul, J.A,

In: IV Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2010, Rio Grande.

Distribuição dos Resíduos Sólidos nos Setores Praias de Capão da Canoa: Etapas do Plano de Manejo de Dunas Frontais.

Pereira, F.C., Portz, L. C., Gruber, N. S.

In: Encogerco - Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro, 2009, Rio de Janeiro.

Gerenciamento Costeiro do Rio Grande do Sul: Aplicações ao Manejo de Dunas Frontais para o Município de Capão da Canoa.

Gruber, N. S., Strohaecker, T. M., Portz, L. C., Tabajara, L.L., Pereira, F.C., Franchini, R.A.L., Oliveira, R.M., Jardim, J.P.M.J, Cardia, V.C.

In: Encogerco - Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro, 2009, Rio de Janeiro.

Inventário e Classificação da Costa e Seleção de Áreas Prioritárias ao Manejo de Dunas no Município de Xangri-lá.

Tabajara, L.L., Gruber, N. S., Portz, L. C.

In: Encogerco - Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro, 2009, Rio de Janeiro.

Relação textural dos sedimentos praias, com os processos morfodinâmicos no município de Capão da Canoa/RS.

Gruber, N. S., Tabajara, L.L., Portz, L. C., Cardia, V.C., Pereira, F.C., Jardim, J.P.M.J, Tomé, C.R., Oliveira, R.M., Franchini, R.A.L.

In: XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros, 2010, Porto Alegre, RS.

Metodologia do Estudo de Diagnóstico para o Plano de Manejo de Dunas Frontais de Capão da Canoa. **Gruber, N. S., Tabajara, L.L., Strohaecker, T. M., Portz, L. C., Manzolli, R. P., Pereira, F.C., Oliveira, R.M., Angu, R.**

In: Congresso sobre planejamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão portuguesa - CZCPP, 2009, Itajaí.

Métodos Aplicados aos Estudos de Valoração Ambiental em Zonas Costeiras

Portz, L. C., Manzolli, R. P., Corrêa, I. C. S

In: Congresso sobre Planejamento e gestão das zonas costeiras dos países de expressão portuguesa - CZCPP, 2009, Itajaí.

Structuring of GIS in the implementation of dunes management plans

Portz, L. C., Manzolli, R. P., Gruber, N. S., Corrêa, I. C. S.

In: CoastGIS, International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Management, 2009, Itajaí.

REVISTAS

NIB's, o Lixo que nunca foi usado.

Portz, L., Manzolli, R. P.

In: Folha Índigo. Lajeado, 2010.

O verão no Rio Grande do Sul e seus resíduos sólidos.

Portz, I. C.

In: <http://www.ecodesenvolvimento.org.br/colunas/lixo-marinho/o-verao-no-rio-grande-do-sul-e-seus-residuos>. 2010.

CO-ORIENTAÇÕES

João Pedro de Moura.

Contribuições ao Plano de Manejo de Dunas do Município de Capão da Canoa, RS. 2010.

Curso (Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Ricardo Augusto Lengler Franchini.

Diagnóstico de vulnerabilidade das dunas frontais do município de Arroio do Sal – Contribuição para o plano de manejo de dunas. 2010.

Curso (Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Gisele Ilg kuck.

Ocupação da Orla e os Impactos Socioambientais no Município de Cidreira, Rio Grande do Sul, Brasil. 2010.

Curso (Ciências Biológicas - Ênfase Biologia Marinha) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul