



Universidade Federal do Rio Grande

Definição de ambientes quanto ao grau de exposição à energia hidrodinâmica no Lago Guaíba e Lagoa dos Patos no contexto do Índice de Sensibilidade Ambiental do Litoral (ISL)

Karoline Angélica Martins

Orientador: Dr. João Luiz Nicolodi

Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio Grande, como parte dos requisitos para conclusão do curso de Oceanologia.

Rio Grande, abril de 2013.

Definição de ambientes quanto ao grau de exposição à energia hidrodinâmica no Lago Guaíba e Lagoa dos Patos no contexto do Índice de Sensibilidade Ambiental do Litoral (ISL)

Karoline Angélica Martins

Orientador: Dr. João Luiz Nicolodi

Banca examinadora: Orientador Dr. João Luiz Nicolodi

Dra. Adriana Leonhardt

PhD Salette Amaral de Figueiredo

Rio Grande, abril de 2013.

SUMÁRIO

I.	Agradecimentosiii
II.	Resumoiv
III.	Lista de figuras	v
IV.	Lista de tabelas	vi
1.	INTRODUÇÃO	1
	1.1 <i>QUESTÃO AMBIENTAL</i>	2
	1.2 <i>AS CARTAS SAO NA ÁREA DE ESTUDO</i>	7
2.	OBJETIVOS	8
	2.1 <i>OBJETIVO GERAL</i>	8
	2.2 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	8
3.	ÁREA DE ESTUDO	9
	3.1 <i>CLIMA</i>	11
	3.2 <i>HIDRODINÂMICA DO LAGO GUAÍBA</i>	12
	3.3 <i>HIDRODINÂMICA DA LAGOA DOS PATOS</i>	13
4.	REFERENCIAL TEORICO	15
	4.1 <i>CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES QUANTO À ENERGIA</i>	15
	4.2 <i>AMBIENTES DE ALTA ENERGIA</i>	16
	4.3 <i>AMBIENTES DE BAIXA ENERGIA</i>	18
	4.3.1 <i>Ondas</i>	19
	4.3.2 <i>Morfodinâmica</i>	20
	4.3.3 <i>Característica sedimentar</i>	22
5.	METODOLOGIA	23

5.1	METODOLOGIA PARA CLASSIFICAR A ÁREA DE ESTUDO QUANTO À ENERGIA	23
5.2	PROCEDIMENTO DE CAMPO.	27
6.	RESULTADOS E DISCUSSAO.	30
6.1	APLIACAÇÃO DO MÉTODO - PRAIA DAS POMBAS	30
6.2	APLIACAÇÃO DO MÉTODO - PRAIA DE IPANEMA	32
6.3	APLIACAÇÃO DO MÉTODO - PRAIA DE FORA	35
6.4	APLIACAÇÃO DO MÉTODO - COSTÃO ROCHOSO	38
6.5	APLIACAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELA NOVA METODOLOGIA NAS CARTAS SAO.	40
7.	CONCLUSÃO.	42
8.	REFERÊNCIAS.	44
	ANEXO 1.	48
	ANEXO 2.	50
	ANEXO 3.	51

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a toda a minha família, mãe, Kessi, Keila e Alisson que sempre apoiaram minhas escolhas e nunca deixaram de torcer por mim e pelas constantes orações e boas vibrações enviadas a mim.

Ao meu namorado, Chicken que esteve do meu lado o tempo todo, me incentivando durante toda a faculdade com muito amor, carinho, paciência e me acalmando nas horas difíceis.

Ao meu professor e orientador João Nicolodi, pelas ideias, colaborações e correções na monografia, e pela oportunidade de fazer parte da sua equipe do projeto das Cartas SAO.

A todos os amigos que fizeram esses anos longe da família ser muito mais divertidos.

E ao programa PRH-27 da Petrobrás pelo apoio financeiro, e cursos que foram muito importantes na minha formação acadêmica.

Resumo

O Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) é uma importante ferramenta na decisão de estratégias de contenção e limpeza do óleo em caso de acidentes. Para que a definição do ISL seja realizada de forma satisfatória, alguns lugares com particularidades precisam ser tratados de forma diferenciada, como, por exemplo, a região do Lago Guaíba e Lagoa dos Patos que é um ambiente abrigado, de baixa energia, e assim possui ISL alto (10). Com objetivo de fazer uma nova classificação de energia, apropriada para esse ambiente, foram definidos parâmetros físicos e morfológicos, principalmente altura significativa de onda (H_s), onde ambientes com $H_s \leq 0,2$ são considerados de baixa energia, $H_s 0,2 - 0,3$ moderada energia, e $H_s > 0,3$ alta energia. Também parâmetros como perfil praial e correntes litorâneas foram definidos, a fim de fazer uma subclassificação desse ambiente quanto à energia, para que o método oficial brasileiro seja adequado para a área de estudo e assim possa melhorar as ações de resposta a possíveis acidentes. A metodologia desenvolvida neste trabalho foi testada em quatro ambientes na área de estudo I - Praia das Pombas classificada como baixa energia e para esta adotado o ISL 4; II - Praia de Ipanema: moderada energia e ISL 4; III - Praia de Fora: alta energia e ISL 3 e IV - Ponta do Farol, um costão rochoso: energia moderada e ISL 2.

Lista de figuras

Figura 1 – Rota mundial de transporte de petróleo. Fonte BP Statistical Review of World Energy, June 2012.	1
Figura 2 – Tráfego marítimo e número de derrames de óleo maiores que 7 toneladas, 1970 – 2011. Fonte: ITOPF, 2011.	2
Fig. 3 – Andamento da produção das Cartas SAO das bacias marítimas brasileiras.	6
Figura 4 – Localização da área de estudo. Fonte: Castelão & Möller, 2003.	9
Figura 5 – Principais rios que formam esse sistema hidrográfico. Fonte: Vaz et al., 2006.	10
Figura 6 – Mapa batimétrico do Lago Guaíba. Fonte: NICOLODI, 2007.	13
Figura 7 – Imagem de satélite da Lagoa dos Patos.	13
Figura 8 – Praias sob diferentes exposições à energia. (1) Ambiente de alta energia – Praia de Matinhos/PR. (2) Ambiente de baixa energia – Lagoa do Casamento/RS. (3) Ambiente exposto – Praia do Cassino/RS. (4) Ambiente abrigado – Arraial do Cabo/RJ. (5) Grande pista de vento – Ilha do Mel/PR. (6) Pista de vento limitada – Lagoa da Conceição/SC.	16
Figura 9 - Classificação morfodinâmica de praia segundo Wright & Short (1984) (a) Praia dissipativa; (b) Praia intermediária; (c) Praia refletiva.	18
Figura 10 - Perfil de quatro morfotipos de praia de baixa energia (Hegge et al., 1996).	22
Figura 11 – Localização da margem percorrida durante a saída de campo. Fonte: Marinho, 2012.	28
Figura 12 – Chegada na costa através de bote.	29
Figura 13 – Mudança de praia arenosa para costão rochoso.	29
Figura 14 – Praia das Pombas.	31
Figura 15 - <i>Fetch</i> da Praia das Pombas para um vento do quadrante SW.	31
Figura 16 – Praia de Ipanema, Porto Alegre, em um dia de calmaria.	33
Figura 17 - <i>Fetch</i> da Praia de Ipanema para um vento do quadrante SW.	33
Figura 18 – Vista aérea da Praia de Fora.	35
Figura 19 – Praia de Fora.	36

Figura 20 – <i>Fetch</i> da Praia de Fora para um vento do quadrante SW.	36
Figura 21 – Ponta do Farol de Itapuã.	38
Figura 22 – <i>Fetch</i> do Farol de Itapuã para um vento do quadrante SW.	39
Figura 23 – Parte da Carta SAO que mostra a Praia de Ipanema com ISL 4.	41
Figura 24 – Parte da Carta SAO que mostra a Praia das Pombas ISL 10.	41
Figura 25 – Parte da Carta SAO que mostra, a Ponta do Farol ISL 2 e a Praia de Fora ISL 3. . . .	42

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela de cores e descrição dos ambientes para classificação de ISL em ambientes costeiros e estuarinos. Fonte: MMA, 2004.	5
Tabela 2 – Descrição dos morfotipos de praia de baixa energia encontrados por Hegge et al. (1996).	22
Tabela 3 – Características das categorias de energia.	23
Tabela 4 – Características e classificação de energia da Praia das Pombas.	32
Tabela 5 – Características e classificação de energia da Praia de Ipanema.	34
Tabela 6 – Características e classificação de energia da Praia de Fora.	37
Tabela 7 – Características e classificação de energia da Ponta do Farol (costão rochoso). . . .	39

1. INTRODUÇÃO

O padrão atual de produção e consumo de energia mundial é baseado nos combustíveis fósseis, representando 33,1% de todo o consumo global de energia em 2011 (BP, 2012).

Nesse mesmo ano a produção brasileira de petróleo cresceu 2,5%, enquanto as reservas provadas cresceram 5,6%, alcançando o volume de 15 bilhões de barris, em parte devido às descobertas na área do pré-sal, que colocaram o Brasil na 14ª posição do ranking mundial. Sendo que das reservas provadas, 93,9% se localizam no mar (ANP, 2012).

Para chegar ao mercado de consumo, o petróleo não somente precisa ser extraído, mas requer também sistemas complexos de logística, armazenamento, refino, distribuição e entrega no varejo (Fig. 1). O transporte marítimo tornou-se muito importante para a distribuição desse produto, sendo responsável por grande parte do abastecimento do óleo e seus derivados tanto para o consumo interno quanto para exportação (Azevedo, 2009).

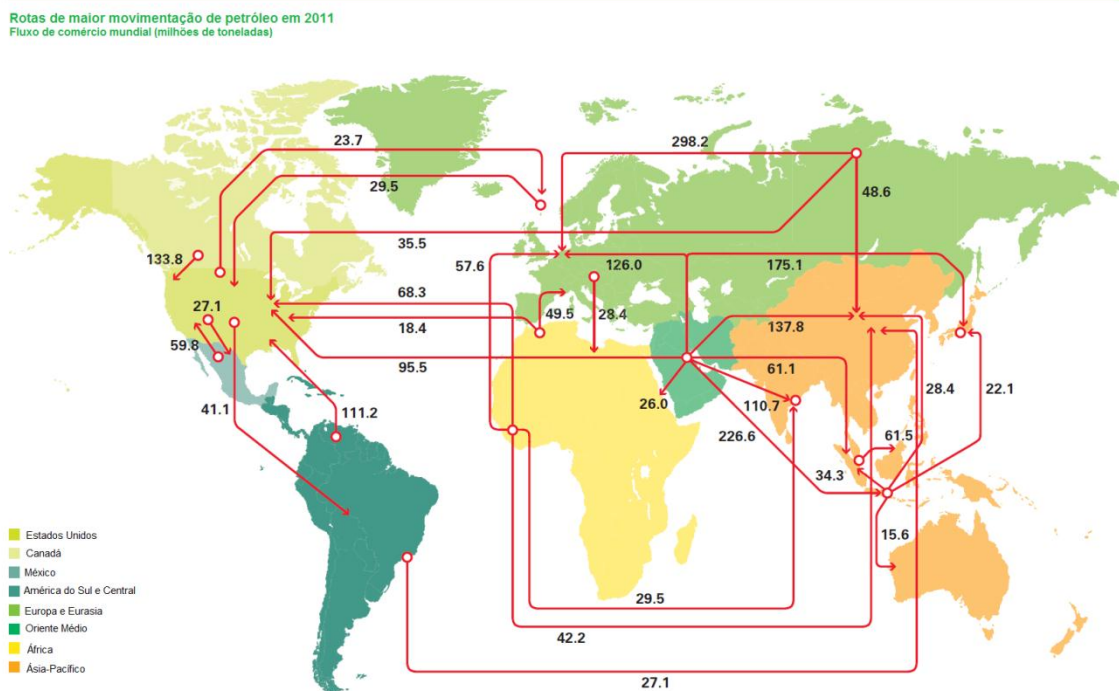


Fig. 1 – Rota mundial de transporte de petróleo. Fonte BP Statistical Review of World Energy, June 2012.

1.1 QUESTÃO AMBIENTAL

Ao longo dos anos, empresas e governos tem realizado esforços em busca da proteção do ambiente marinho, como, por exemplo, quando a MARPOL em 1992 introduziu a exigência do casco duplo para navios petroleiros de 5.000 toneladas ou maiores, impondo como data limite para as alterações o ano de 2015, visando à redução dos riscos de acidentes com vazamento para o mar (IMO, 2003).

Apesar do constante progresso da tecnologia de segurança operacional na exploração e no transporte do petróleo, os acidentes com derrame no mar continuam acontecendo, embora numa proporção muito menor que há alguns anos atrás (Fig. 2).



Fig. 2 – Tráfego marítimo e número de derrames de óleo maiores que 7 toneladas, 1970 – 2011.

Fonte: ITOPF, 2011.

Dentre as principais fontes de derramamentos podem-se mencionar:

- Acidentes durante a carga e descarga de tanques.
- Acidentes durante o abastecimento de navios.

- Acidentes com as embarcações, atingidas por choques, afundamentos e encalhes.
- Descargas operacionais durante a exploração e produção de óleo.
- Descargas acidentais durante as operações de limpeza dos tanques (BP, 2012).

Estes vazamentos acidentais podem afetar as comunidades biológicas direta ou indiretamente. O impacto direto é representado pela sufocação e cobertura da superfície corporal ou pela exposição tóxica gerada pela ingestão, absorção e inalação. Indiretamente, as comunidades biológicas podem ser afetadas pela perda de seu habitat, impactando a área de refúgio, cria, desova e alimentação. Podem também afetar áreas de importância direta para o homem como assentamentos populacionais, áreas de turismo, atração de recursos como pesca, aquicultura, mineração e locais de interesse cultural e arqueológico (MMA, 2002).

A fim de auxiliar nas operações que minimizam os impactos causados por um possível derrame foi implementado no Brasil o projeto de mapeamento de Sensibilidade Ambiental a Derramamento de Óleo (Cartas SAO). A partir da lei federal 9966¹ foi determinado que é de competência Ministério do Meio Ambiente (MMA) a elaboração das Cartas SAO, que constituem um componente essencial e fonte principal de informação para o planejamento de contingência e para avaliação de danos em casos de derramamento de óleo.

Para padronizar e orientar a confecção dos mapeamentos brasileiros o MMA, em conjunto com o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e em parceria com a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) publicou, em 2001, o guia *“Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade a Derramamentos de Óleo nas Águas Jurisdicionais Brasileiras”*.

No guia do MMA para a produção das Cartas SAO, foi estipulado que o dados de uma determinada Bacia Sedimentar Marítima devem ser organizados em um “Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da bacia”, e apresentar, além das cartas, informações adicionais impossíveis de serem representadas de forma gráfica. Dentre todas as informações estão:

- Descrição dos habitats costeiros ocorrentes na região, com os seus respectivos ISL;

¹ LEI Nº 9.966 DE 28 DE ABRIL DE 2.000 - Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

- Informações sobre a previsão do comportamento e da persistência do óleo derramado nos referidos habitats;
- Lista com os recursos biológicos existentes na bacia e dados sobre densidade ecológica/concentração, sazonalidade, fases especiais do ciclo biológico e informações sobre espécies protegidas por lei, raras, ameaçadas ou em perigo de extinção;
- Informações complementares sobre as atividades socioeconômicas que podem ser afetadas por derramamentos de óleo na bacia,
- Dados que podem facilitar o acesso às áreas impactadas, para operações de resposta (contenção e limpeza/remoção).

Tais cartas representam uma ferramenta técnica-gerencial para a priorização dos ambientes a serem protegidos, nos quais devam ser aplicados ou concentrados esforços de forma correta em casos emergenciais, de forma a reduzir as consequências ambientais tanto do derrame quanto dos esforços de limpeza.

A experiência internacional demonstra que além do seu uso no planejamento de contingência e a programar ações de resposta a derramamentos de óleo, as Cartas SAO têm um grande potencial no emprego do planejamento ambiental da zona costeira e marinha, reforçando os instrumentos políticos e administrativos de ordenamento territorial (MMA, 2004).

Os Mapas de Sensibilidade Ambiental para derrames de óleo, segundo metodologia adotada pelo NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, 1997) e que foi adaptada pelo MMA para o Brasil, incluem três tipos de informações principais: a geomorfologia das margens, as atividades socioeconômicas e o patrimônio biológico. A vulnerabilidade desses ambientes ao derramamento de óleo tem sido classificada, de acordo com o Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL).

O Índice de Sensibilidade do Litoral (ISL) é composto por uma escala de valores que variam de 1 a 10 que é representada nos mapas por linhas coloridas (Tab. 1), e expressa a sensibilidade da costa ao impacto causado pelo óleo. A hierarquização do ISL é definido pelos seguintes fatores:






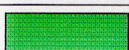
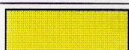
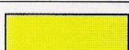
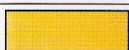
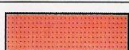
- Exposição relativa a ondas e energia de maré: determina o tempo de permanência do óleo em diferentes ambientes. Em ambientes de alta energia o tempo de permanência do óleo,

uma vez que essa energia pode limpar naturalmente o ambiente. Esse tempo de permanência é maior em ambientes de baixa energia.

– Tipo de substrato: tem relação com a penetração do óleo no substrato e a permanência deste no local. Quanto maior a granulometria dos grãos maior a penetração. Substratos consolidados tendem a ser impermeáveis ao óleo.

– Declividade da costa: ambientes com maior declividade tem menor área de contato com o óleo quando comparados a ambientes com menor declividade em que o óleo pode se espalhar por maiores distâncias.

Tab. 1 – Tabela de cores e descrição dos ambientes para classificação de ISL em ambientes costeiros e estuarinos. Fonte: MMA, 2004.

COR	ÍNDICE	CÓDIGO			TIPOS DE COSTA
		R	G	B	
	ISL 1	119	38	105	<ul style="list-style-type: none"> • Costões rochosos lisos. • Falésias em rochas sedimentares. • Estruturas artificiais lisas.
	ISL 2	174	153	191	<ul style="list-style-type: none"> • Terraço, plataforma de abrasão ou terraço arenítico exumado, de declividade média, exposto.
	ISL 3	0	151	212	<ul style="list-style-type: none"> • Praias dissipativas, de areia fina a média, expostas. • Praias de areia fina a média, abrigadas. • Restingas – faixa contígua à praia, ainda sujeita à ação de ressacas.
	ISL 4	146	209	241	<ul style="list-style-type: none"> • Praias de areia grossa. • Praias intermediárias, de areia média a fina, expostas.
	ISL 5	152	206	201	<ul style="list-style-type: none"> • Praias mistas de cascalho e areia, areia e conchas, ou areia e corais. • Terraço ou plataforma de abrasão de superfície irregular ou coberto de vegetação.
	ISL 6	0	149	32	<ul style="list-style-type: none"> • Praias de cascalho (seixos e calhaus). • Depósito de tálus. • Enrocamentos ("rip-rap", quebra-mar) expostos. • Plataforma ou terraço recoberto por concreções lateríticas ou bioconstrucionais.
	ISL 7	214	186	0	<ul style="list-style-type: none"> • Planície de maré arenosa exposta. • Terraço de baixa-mar.
	ISL 8	225	232	0	<ul style="list-style-type: none"> • Escarpa / encosta de rocha lisa abrigada. • Escarpa / encosta de rocha não-lisa abrigada. • Enrocamentos abrigados.
	ISL 9	248	163	0	<ul style="list-style-type: none"> • Planícies de maré arenosa / lamosa abrigada. • Terraço de baixa-mar lamoso abrigado.
	ISL 10	214	0	24	<ul style="list-style-type: none"> • Terrenos alagadiços, banhados, brejos, margens de rios e lagoas. • Marismas. • Mangues e pântanos costeiros.

A abrangência espacial de cada Atlas de Sensibilidade ao Óleo é delimitado pelas Bacias Sedimentares determinadas pelo Plano Cartográfico para o Mapeamento de Sensibilidade

Ambiental ao Óleo da zona costeira e marinha. Neste foram definidas 9 bacias sedimentares ao longo do litoral, sendo que destas 5 já possuem o mapeamento das Cartas SAO, e as 4 restante estão sendo produzidas através de uma parceria entre as universidades e o MMA (fig. 3).

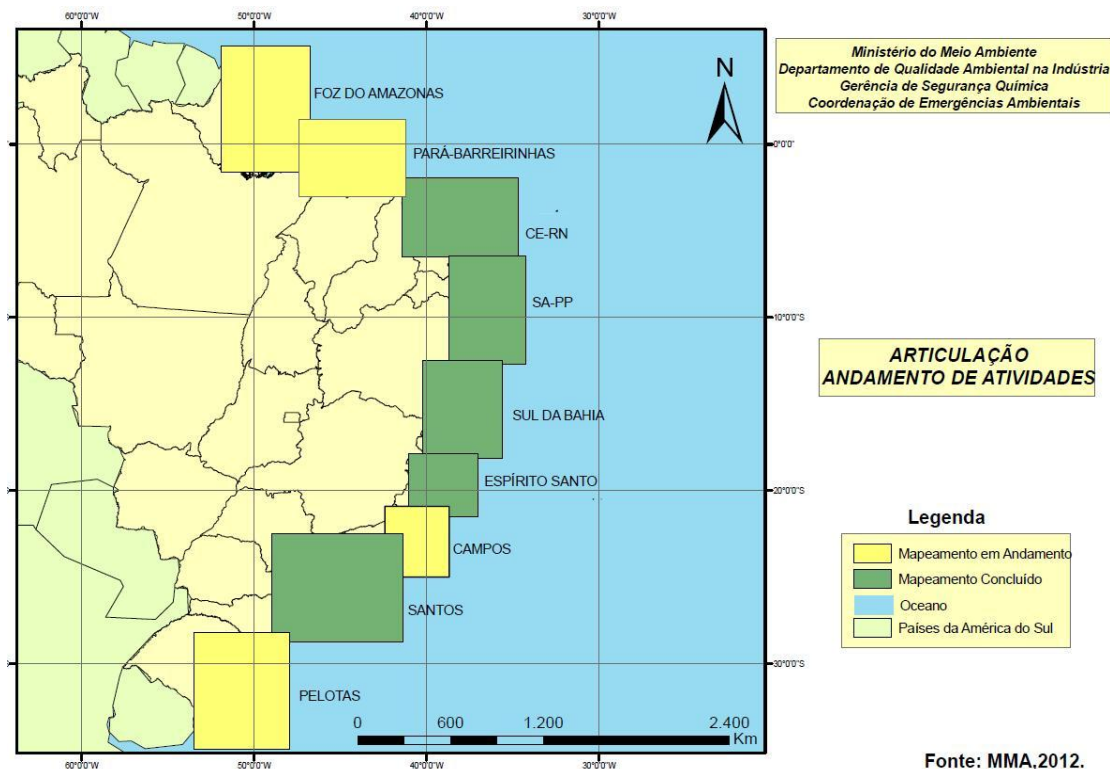


Fig. 3 – Andamento da produção das Cartas SAO das bacias marítimas brasileiras.

Dentre as universidades parceiras do MMA, no contexto das Cartas SAO, está a Universidade Federal do Rio Grande (FURG), por meio do Laboratório de Sensibilidade em Ambientes Costeiros e Marinhos (LASENSI) vinculado ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG/IO/FURG), que é a responsável pelo projeto de mapeamento da bacia de Pelotas, tendo como parceiros o Laboratório de Gerenciamento Costeiro da FURG, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a empresa Mapsmut LTDA.

O mapeamento da Bacia de Pelotas teve início em 2012 e tem previsão de finalização em 2014, com a apresentação dos produtos finais das Cartas SAO, Atlas de Sensibilidade Ambiental e o banco de dados geográficos da bacia.

O presente trabalho faz parte do projeto do mapeamento da Bacia de Pelotas, e visa colaborar com o desenvolvimento do último, com o foco voltado para as águas interiores da

bacia de Pelotas, ou seja, Lago Guaíba e Lagoa dos Patos, que é uma região que merece atenção especial pelos motivos mostrados na sequência do trabalho.

1.2 AS CARTAS SAO NA ÁREA DE ESTUDO

Os municípios do litoral da Lagoa dos Patos e do Lago Guaíba possuem uma variedade ecossistêmica de enorme importância ambiental, além da função cultural e econômica.

Há um grande fluxo de navegação nesta região, sendo restrita para embarcações flúvio-marítimas de até 5,10m de calado, adaptadas para águas interiores. Uma infinidade de produtos sólidos, granéis e líquidos são transportados no interior da laguna, inclusive derivados de petróleo que vão principalmente de Rio Grande ao Polo Petroquímico de Triunfo, situado na região metropolitana de Porto Alegre. Calcula-se que, anualmente 1 milhão de toneladas de hidrocarbonetos são transportados via laguna, expondo a região a altos riscos de derrames e fazendo das enseadas e sacos ligados à ela ambientes muito susceptíveis a sinistros envolvendo estes materiais (Carvalho, 2005).

Não há conhecimento sobre nenhum derrame de óleo significativo na área até hoje, entretanto a Carta SAO também pode ser utilizada em resposta a acidentes com outras substâncias tóxicas. Como no caso do acidente em agosto de 1998 com navio Bahamas que transportava 112 toneladas de ácido sulfúrico e devido a um erro humano no manejo de uma das válvulas de descarga liberou parte da carga na laguna, próximo ao porto de Rio Grande. Tal acidente acarretou na perda da qualidade da água e morte de organismos (Mirlean et al., 2001).

Como a metodologia das Cartas SAO usada no Brasil foi adaptada da NOAA, que descreve os ambientes representativos dos Estados Unidos, algumas discrepâncias vem sendo observadas. Uma delas diz respeito a escala de sensibilidade, que não incluiu alguns ambientes com características especiais que existem no litoral, como por exemplo a Lagoa dos Patos e o Lago Guaíba, que são ambientes interiores, considerados de baixa energia e, como tais, sua classificação não distingue variações na hidrodinâmica de suas praias.

Entretanto a Lagoa dos Patos ocupa uma superfície de 10.144 Km², e por ter a orientação de seu eixo longitudinal (nordeste-sudoeste), que é alinhado com a direção

predominante dos ventos, possui uma pista de ação do vento suficientemente extensa para gerar ondas relativamente energéticas, que a descaracteriza como ambiente de baixa energia.

A principal questão é: se toda a laguna for classificada com base em ser a mesma um ambiente interno, com ISL alto, a função de orientar uma ação de resposta da Carta SAO seria seriamente prejudicada, pois a mesma não indicaria as áreas prioritárias, tornando tudo prioritário.

Portanto, com o intuito de contribuir em uma melhor eficiência dos mapeamentos de sensibilidade a óleo no Lago Guaíba e Lagoa dos Patos, o presente trabalho pretende aprimorar os mapas de sensibilidade da linha de costa a partir da adaptação do método de classificação de energia da costa, conforme os seguintes objetivos:

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor uma metodologia para classificar as margens da Lagoa dos Patos e Lago Guaíba quanto à energia das praias na forma de ambientes de baixa energia (abrigado), moderada energia (semi-abrigado) e alta energia (exposto), para contribuir no aperfeiçoamento do método de definição de sensibilidade a óleo de ambientes costeiros.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir os parâmetros físicos e morfodinâmicos a serem utilizados para a classificação de energia.
- Desenvolver uma metodologia para classificar a costa da área de estudo nas três categorias de energia.
- Justificar a utilização de uma classificação diferenciada de energia na aplicação do método das Cartas SAO.
- Contribuir para melhorar a eficiência das Cartas SAO para a região.

3. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido para o Lago Guaíba e a Lagoa dos Patos incluindo a região estuarina (Fig. 4).

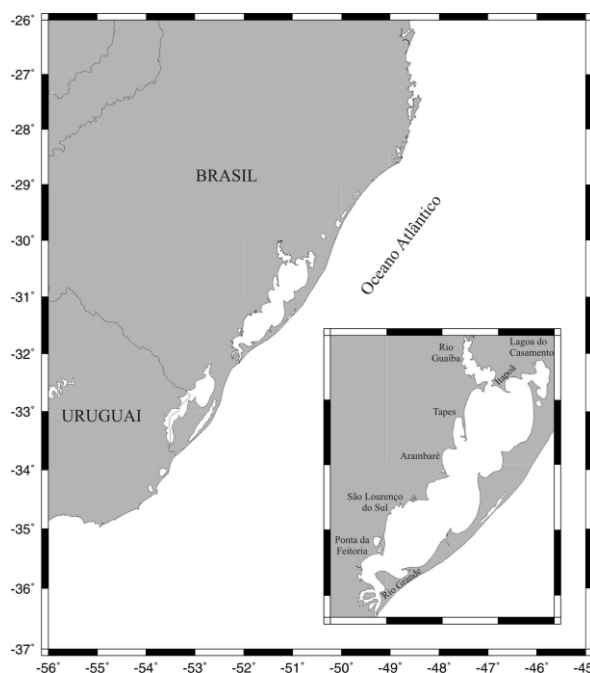


Fig. 4 – Localização da área de estudo. Fonte: Castelão & Möller, 2003.

O Lago Guaíba está localizado entre 29°55' e 30°24' de latitude Sul e entre 51°01' e 51°20' de longitude Oeste. Apresenta uma área de cerca de 500 Km², numa extensão de 50 Km de comprimento e largura entre 0,9 Km e 19 km e, sua profundidade média é de 2 metros, atingindo 12 metros no canal de navegação (Secretaria do Meio Ambiente de Guaíba, 2010).

A Lagoa dos Patos está localizada entre 30-32 ° S e 50-52 ° W, esta é a maior laguna costeira do tipo “estrangulada” do mundo, com cerca de 10.000 Km² (Kjerfve, 1986). Na porção mais ao sul forma um estuário que é conectado com o oceano adjacente através de um canal com 22 km de extensão, 2 km de largura e 16 metros de profundidade.

Os rios afluentes formadores desse sistema pertencem a Região Hidrográfica do Guaíba e do Litoral (Fig. 5), que drenam uma área total de mais de 200.000 Km², formada principalmente pelos rios Jacuí, Gravataí, Taquari, Sinos e Camaquã (Vaz et al., 2006).

Estes se comportam como rios de latitude média, com descarga alta no final do inverno e início da primavera, seguido de baixa a moderada descarga no verão e outono (Möller, 1996).

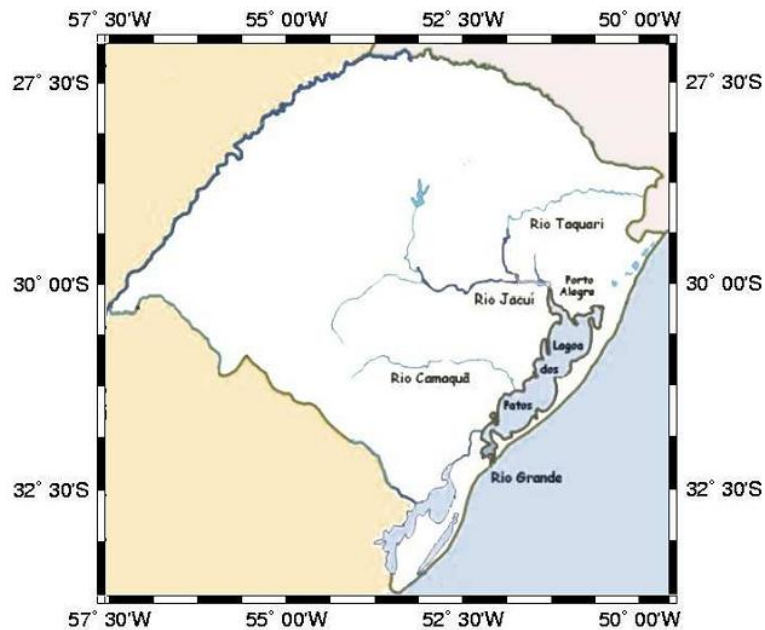


Fig.5 – Principais rios que formam esse sistema hidrográfico. Fonte: Vaz et al., 2006.

É na orla deste sistema que se encontra a região mais densamente povoada do estado do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 2,5 milhões de pessoas distribuídas nos 19 municípios da região costeira, principalmente nas grandes cidades de Porto Alegre, Pelotas, Viamão e Rio Grande.

A população que vive nestes municípios utilizam os recursos deste sistema como meio de recreação e turismo, para abastecimento residencial de água e irrigação para a agricultura, como coletor de esgotos domésticos e industriais, pesca, aquicultura, navegação e outros (Tyrrel e George, 2004).

Quanto à atividade industrial, a região de estudo possui dois polos relevantes, um na região de Porto Alegre e outro no eixo Pelotas-Rio Grande.

Na região metropolitana de Porto Alegre, o Lago Guaíba é o principal manancial de água, ao mesmo tempo em que é utilizada como despejo de efluentes. Na Lagoa dos Patos a água disponível é bastante utilizada para irrigação dos arrozais (Fernandes, 2001).

A Lagoa dos Patos é também utilizada como rota de navegação entre Porto Alegre e Rio Grande, onde a profundidade do canal de navegação, de 7 metros, é mantida através de dragagens regulares em alguns pontos específicos.

Uma consequência da intensa utilização do Guaíba e da Lagoa dos Patos é o forte impacto ambiental gerado, principalmente em função da falta de acompanhamento de serviços de saneamento básico, dragagens, obras de engenharia, despejo de contaminantes industriais e pesca. Os impactos gerados por essas atividades conduzidas de forma irregular alteram a estrutura e as funções ecológicas do ambiente, bem como a integridade e o desenvolvimento socioeconômico das comunidades ao seu redor (Seeliger et al.,1997).

3.1 CLIMA

O clima das regiões costeiras entre as latitudes 29 e 34 ° S está sob a influência de dois sistemas de alta pressão, o Anticiclone Subtropical Semipermanente do Atlântico Sul (tropical), fonte de massas de ar quente e úmido transportados pelo regime de vento NE, e o Anticiclone Móvel Polar (polar), que se move para o norte e levam massas de ar frio e seco (Nimer, 1977).

Na primavera e verão o predomínio do anticiclone tropical com centro de alta pressão na Lagoa dos Patos gera estabilidade do tempo com ocorrência de dias ensolarados. Os ventos são predominantemente de E-NE e as precipitações do tipo convectivas são frequentes.

Enquanto que no outono e no inverno, o anticiclone polar predomina e diminui a temperatura com a passagem das frentes frias. O deslocamento dessas frentes frias forma uma região no meio dos dois centros uma zona depressionária onde os ventos convergem produzindo uma situação instável, com a possibilidade de precipitação intensa (Hasenack & Ferraro, 1989).

Os ventos de nordeste são dominantes ao longo do ano todo. Durante o verão e a primavera, há também um expressivo vento de leste da brisa do mar (Moller, 1996). Ventos de sudoeste se tornam mais importantes durante o outono e inverno, trazidos por frentes frias. A velocidade média anual de vento é entre 7 e 8 m/s (Secretaria do Meio Ambiente de Guaíba, 2010).

Como consequência da interação dos fatores acima descritos, o clima da região em estudo apresenta características que permitem classificá-lo como sendo do tipo temperado, mesotérmico, superúmido e sem estação seca definida (Carvalho, 2005).

3.2 *HIDRODINÂMICA DO LAGO GUAÍBA*

Tanto o regime de escoamento das bacias que compõe a Região Hidrográfica do Guaíba quanto o comportamento hidrodinâmico do lago são condicionados por fatores climáticos. Como por exemplo o volume de água que chega à bacia e a forte influencia dos ventos predominantes na região, conferem ao lago um regime hidrológico atípico e complexo tanto na época de cheias, quanto na de estiagem.

Diversos trabalhos relatam a inversão do sentido natural de escoamento do sistema Guaíba - Lagoa dos Patos, ocasionando “vazões negativas”, ou seja, o escoamento se dá no sentido inverso – da Lagoa dos Patos ao Lago Guaíba, essa situação se dá na presença de maré com amplitude expressiva para a região, combinada com ventos do quadrante sul (DMAE, 1986).

Além da inversão destacam-se correntes com rumo indefinido, denominadas correntes de transição, que contribuem para o aumento do tempo de residência das águas no Guaíba, dificultando a diluição e dispersão de poluentes que aportam neste sistema, sendo que a média do tempo de residência no lago é de aproximadamente 14 dias. Na região central do lago tem um canal natural, que pode ser visto na Fig. 6, neste o tempo de residência da água é de 10 dias (Secretaria do Meio Ambiente de Guaíba, 2010).

As oscilações diárias no nível do Guaíba apresentam características relativamente regulares, causadas pelas variações de velocidade dos ventos, para condições normais ou de seca onde ventos de aproximadamente 7 m/s podem produzir oscilações superiores a 50 cm. Já nos períodos de cheias, as variações de nível são menos sensíveis com estas velocidades vento.

As forças resultantes da oscilação são a principal para a geração de correntes no Guaíba e são predominantemente dirigidas para sul, com velocidades médias da ordem de 10 cm/s para ventos de norte e máximas de 15 cm/s para ventos de sul. Assim como as correntes as ondas no Guaíba acompanham os padrões de intensidade e direção do vento.

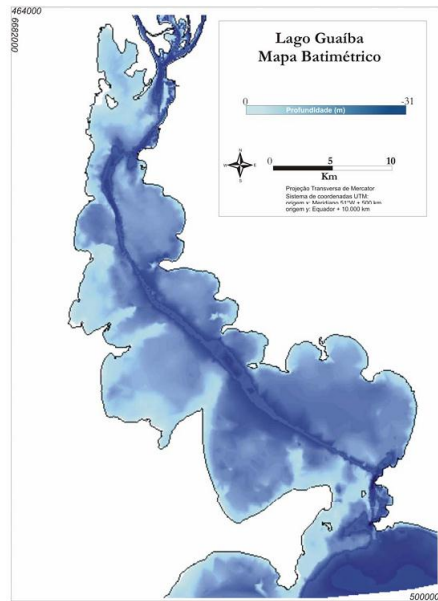


Fig. 6 – Mapa batimétrico do Lago Guaíba. Fonte: NICOLODI, 2007.

3.3 *HIDRODINÂMICA LAGOA DOS PATOS*

A Lagoa dos Patos drena uma área de 170.000 km² que resulta num desague de 4.800 m³/s no oceano através de um canal fixado artificialmente em Rio Grande (Fig.7). O tempo de residência da água da laguna é de aproximadamente 108 dias (Toldo et al., 2007).



Fig. 7 – Imagem de satélite da Lagoa dos Patos.

A batimetria é caracterizada por canais naturais e artificiais (8 -9 m) com áreas adjacentes mais rasas. A profundidade máxima, 18 m, é encontrada na desembocadura do estuário (Fernandes, 2001).

Na morfologia da Lagoa dos Patos há também várias células formadas por esporões arenosos formados devido à grande área ocupada pela laguna e pela baixa elevação das dunas na costa. Zenkovich (1969) atribuiu à formação dos esporões as ondas estacionárias soprando paralelamente a um corpo d'água bastante alongado e como a Lagoa dos Patos possui uma orientação geral NE-SW, que é a mesma orientação dos ventos predominantes, favorece a formação de ondas (Baitelli et al. 2009).

Em lagoas costeiras a importância relativa do vento no sistema aumenta quando a amplitude de maré diminui. Como na Lagoa dos Patos a influência da maré é mínima a dinâmica é essencialmente dependente do vento e da descarga de água doce (Möler, 1996). Segundo Garcia (1997), o máximo da velocidade da correnteza no corpo principal da lagoa são cerca de 30 cm/s, com uma inversão frequente de direção.

O estuário da Lagoa dos Patos possui micro maré principalmente do tipo diurna, com amplitude média de 0,47 m, e o pequeno canal que conecta o estuário com o oceano funciona também como um obstáculo para a corrente de maré, diminuindo o efeito desta no interior da laguna toda (Möller, 2001).

O vento local associado com a passagem de frentes meteorológicas é responsável pela maior parte da oscilação do nível de água nas partes central e interior da lagoa, enquanto ventos remotos tendem a impulsionar as trocas entre o estuário e a plataforma continental adjacente (Möller, 1996).

A dinâmica da laguna também pode ser influenciada por fenômenos meteorológicos como o El Niño, que aumentam a precipitação nessa região e conseqüentemente a vazão, logo neste período a água do mar não consegue entrar no estuário e a laguna pode permanecer doce durante vários meses (Paim & Moller, 1986).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS AMBIENTES QUANTO À ENERGIA

Este capítulo irá tratar das definições encontradas na literatura usadas para classificar os ambientes como sendo de alta ou baixa energia (Fig. 8) e servirá como embasamento para a metodologia a ser proposta.

Uma consideração inicial importante a ser feita é que a diferenciação destes ambientes não é bem definida na literatura, pois praias em ambientes de alta e de baixa energia têm muitas similaridades nos processos físicos que as governam, e para isso algumas pequenas particularidades de cada região devem ser avaliadas, como diferenças no perfil praiial, parâmetros de ondas e processos morfodinâmicos. Para tanto, o principal fator a ser considerado é a proteção relativa do ambiente à exposição de ondas e ventos (Bulhões & Estrada, 2012).

A altura das ondas geradas pelos ventos é determinada pela velocidade, duração e tamanho da pista de ação do vento (*fetch*), e pelas dimensões da bacia como a largura, comprimento e profundidade local. Em ambientes abrigados normalmente o *fetch* de vento é limitado, enquanto essa limitação de espaço para a ação do vento não acontece em ambientes expostos, onde a pista de vento é grande (Fig. 8).

Há também confusão quanto ao emprego dos termos “baixa/alta energia e ambiente exposto/abrigado”. Baixa e alta energia fazem referência a hidrodinâmica local, enquanto exposto e abrigado estão relacionados com o grau de exposição a ondas geradas remotamente, como *swell* (Fig. 8). Mas os dois termos apesar da diferença podem ser usados, e muitas vezes são entendidos, como sinônimos.

Em resumo, *fetch-limitado* é a situação de um ambiente em que a energia de ondas é limitado pelo tamanho da área de geração de onda. Ambiente abrigado não recebe influencia de ventos remotos e *swell*, e também são pouco influenciados por variações de maré. E ambiente de baixa energia é uma região onde a ação das ondas, menores que 0,5 metros, não tem muito poder de transformação da costa, normalmente nesses ambientes a taxa de deposição é maior que a erosão.



Fig. 8 – Praias sob diferentes exposições à energia. (1) Ambiente de alta energia – Praia de Matinhos/PR. (2) Ambiente de baixa energia – Lagoa do Casamento/RS. (3) Ambiente exposto – Praia do Cassino/RS. (4) Ambiente abrigado – Arraial do Cabo/RJ. (5) Grande pista de vento – Ilha do Mel/PR. (6) Pista de vento limitada – Lagoa da Conceição/SC.

4.2 AMBIENTES DE ALTA ENERGIA

Praias de alta energia ocorrem principalmente em costas abertas, regiões que estão expostas aos efeitos do oceano, como vagas, *swell*, marés e outras flutuações do nível médio do mar. As praias podem possuir dezenas de metros de largura e quilômetros de comprimento.

Praias de alta energia tem a capacidade de mudar rapidamente o formato do perfil, podendo erodir ou progredir em qualquer época do ano como resultado das tempestades e mudanças nas condições de ondulação de acordo com a sazonalidade (Wright & Short, 1985).

Tanner (1959) considera um ambiente como sendo de alta energia quando a altura significativa de ondas é maior que 0,5 m (Projeto Orla). Já Wright & Short (1985) consideram o ambiente de alta energia quando a altura de onda é maior que 1,0 m.

Modelos que classificam os ambientes de praias oceânicas, de alta energia, são bastante conhecidos, sendo que um dos mais utilizados foi desenvolvido em 1984 por Wright & Short a partir da análise da evolução da energia na região costeira na Austrália.

A classificação foi feita a partir de modelos morfodinâmicos tridimensionais que compreendem parâmetros quantitativos como a altura de quebra de onda, velocidade de sedimentação, período da onda e declive da praia, e parâmetros qualitativos em relação às condições de contorno que definem os processos em associação como, por exemplo, a presença ou ausência de barras submersas, bem como a configuração destas e as características sedimentares da praia.

O resultado da aplicação deste modelo gerou seis estados principais de perfil praial: dissipativa, quatro estados intermediários, e um refletivo.

No estado dissipativo (Fig. 9a) a zona de surfe é larga, apresenta baixo gradiente topográfico e elevado estoque de areia na porção subaquosa da praia. Condições dissipativas são favorecidas pela ocorrência de ondas altas e de elevada esbeltez (tempestade) e pela presença de areias de granulometria fina. Favorece a formação de dunas no pós-praia e barras submersas na zona de surfe.

Os quatro estados intermediários (Fig. 9b) são: I – terraço de baixa-mar, II – bancos transversais, III – bancos de praia de cúspide, IV – banco de calha longitudinal. Estes representam a transição entre os estados dissipativo e refletivo, passando de uma situação de alta energia onde o estoque de sedimento é subaquoso para uma situação de menor energia onde o estoque de sedimento é subaéreo. Nesses estados as correntes de deriva litorânea são mais fortes, e ocorre a formação de barras submersas e de cúspides na zona de estirâncio.

Praias refletivas (Fig. 9c) ocorrem sob condições de ondas de menor energia com altura média de 1,0 m. São caracterizadas por elevados gradientes da praia e do fundo marinho adjacente, reduzindo a largura da zona de surfe. As praias são fortemente compartimentadas, em zonas protegidas entre promontórios, na presença de areias grossas, e as ondas incidentes são refletidas em direção ao mar pela face de praia muito íngreme.

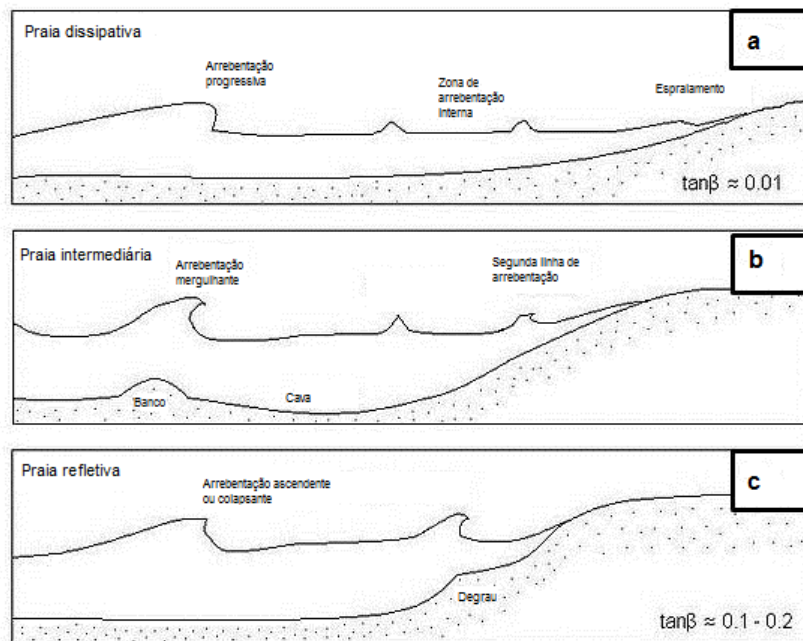


Fig.9 - Classificação morfodinâmica de praia segundo Wright & Short (1984) (a) Praia dissipativa; (b) Praia intermediária; (c) Praia refletiva.

O trabalho de Wright e Short (1984) constitui a base de muitos modelos morfodinâmicos em praias de alta energia dominado por regime de ondulação e com micro-maré < 2 m (Masselink & Hegge, 1996). Contudo nas praias de baixa energia o sucesso do modelo é limitado principalmente porque os morfotipos encontrados para praias de alta energia baseiam-se na presença e configuração das barras submersas e correntes de retorno na zona de rebentação, e estas feições normalmente não estão presentes nas praias de baixa energia (Jackson et al., 2002).

4.3 AMBIENTES DE BAIXA ENERGIA

O termo baixa energia é aplicado considerando o grau de energia de ondas e também pelo baixo ou nulo grau de exposição da costa às ondas geradas remotamente (Jackson et al., 2002).

Ambientes de baixa energia são localizados em baías, golfos, mares, estreitos, lagos, estuários, lagunas e represas, ou seja em regiões abrigadas, que normalmente tem um *fetch* de vento limitado com capacidade apenas de gerar ondas pequenas (Goodfellow & Stephenson, 2005).

Esses ambientes podem ser identificados a partir de quatro características: (I) alturas significativas de ondas mínimas fora dos períodos de tempestade; (II) altura significativa de ondas baixa durante eventos de ventos fortes soprando em direção à costa; (III) praias com largura estreita; e (IV) feições morfológicas herdadas a partir de eventos de alta energia (Jackson et al., 2002).

Como a área de estudo se enquadra neste perfil de ambiente de baixa energia o comportamento de ventos, ondas, granulometria do sedimento e perfil praial são importantes características que serão mais detalhadas.

4.3.1 Ondas

A onda é uma característica que comumente descreve toda a energia local, para isso são considerados principalmente a altura da onda e o período. Jackson et al. (2002) caracterizaram as praias estuarinas pela ação de ondas de pequena amplitude ($H_s < 0,25$ m) e curto período ($T < 5$ s), durante condições climáticas normais.

Ondas em ambientes de baixa energia podem ser geradas no local ou não. Ondas geradas localmente são encontradas principalmente em regiões de *fetch-limitado* como bacias fechadas e semifechadas. Ondas não formadas no local são características de ambientes abrigados no sotavento de ilhas, atrás de barreiras submersas, ou perto das extensas entradas de baías. Os dois tipos de regimes de onda são diferentes, mas muitas vezes não se excluem mutuamente. Com a exceção de lagos e lagoas fechados, ambientes de baixa energia são geralmente *fetch-limitado* e protegidos ao mesmo tempo e experimentam uma mistura de ondas locais e não-locais (Jackson et al., 2002).

Em bacias relativamente pequenas as ondas geradas por tempestade são mais influenciadas pelo tamanho do *fetch* do que pelo tempo que a tempestade atua sobre o local uma vez que o aumento da altura da onda fica limitada pela curta pista de ação do vento (Lorang & Stanford, 1993).

Ondas geradas localmente em *fetch-limitado* têm períodos curtos, são menos afetadas pelos processos de refração e podem se aproximar da costa em ângulos relativamente grandes, aumentando o potencial de correntes de deriva litorânea. O clima de ondas de *fetch-limitado*

reflete o clima local do vento e é, portanto, caracterizado pela alternância de eventos de alta energia (ventos fortes) e períodos de repouso (vento fraco ou nulo).

Já ambientes protegidos tem a entrada de ondas provenientes de bacias externas que muitas vezes têm longos períodos e se aproximam do litoral com suas cristas paralelas à costa por serem mais afetados pela refração. Os ambientes protegidos também podem exibir uma variabilidade temporal no regime de onda em resposta a variações no clima de ondas no mar, mas estas tendem a ser mais constantes (Jackson et al., 2002).

A velocidade do vento regional é controlada, em parte, pela topografia circundante das bacias e pela orientação da praia em relação aos ventos dominantes que é importante para determinar qual o potencial do ambiente em gerar energia de ondas. É normalmente na região central da bacia que ocorre a máxima geração de ondas (Nordstrom & Jackson, 2012).

As correntes de maré também podem alterar o padrão das ondas. O formato do ambiente pode aumentar ou diminuir a amplitude da maré afetando a ressonância destas e aumentando os níveis de água através da criação de seiches. A amplitude das marés geralmente diminui com o aumento da distância do local de contato entre a baía e o oceano adjacente, isso afeta a força das correntes de maré e conseqüentemente a distribuição vertical da energia das ondas ao longo do perfil, influenciando na largura da praia e na altura e período das ondas (Nordstrom & Jackson, 2012).

4.3.2 Morfodinâmica

A morfodinâmica de praias de baixa energia está relacionada com as características das ondas e com a variação periódica do nível d'água que retrabalha o perfil. Sendo que a herança geológica é um fator determinante na configuração da praia, no fornecimento sedimentar, na existência ou não de um terraço frontal, e na posição do estirâncio em relação ao terraço (Nordstrom e Jackson, 1992).

Características diagnósticas que comumente ocorrem em praias de baixa energia incluem: (1) barras longitudinais e transversais, (2) barras de *swash*, (3) acumulação de vegetação e destroços na região de estirâncio; (4) seixos ou conchas, e (5) pequenas dunas eólicas (Jackson et al., 2002). Estas características topográficas são também encontradas em

costas de alta energia, mas a escala dessas é consideravelmente menor nas costas de baixa energia (Nordstrom & Jackson, 1992).

Diferenças entre barreiras em *fetch-limitado* e ambientes abertos são detalhados por Pilkey et al. (2009) que notam que as barreiras em ambientes de *fetch-limitado* são geralmente curtas (~ 1 km), estreita (10-50 m de largura) e baixa (1-3 m de altura), enquanto que as barreiras em ambientes abertos são mais longas (10-20 km), largas (500-1000 m) e altas (5-10 m). Dunas em *fetch-limitado* são ausentes ou menores, os sangradouros são mais estreitos, e a morfologia e composição de sedimentos da face de praia é mais variável. A morfologia e distribuição das barreiras estão mais diretamente relacionadas às restrições locais de topografia pré-existente, o fornecimento de sedimentos, orientação da costa, controles de vegetação e ao histórico de variação local do nível do mar.

As dunas são mais prováveis de ocorrer em regiões onde o *fetch* de vento é relativamente maior na baía, o que resulta em maiores praias e fontes abundantes de areia (Nordstrom e Jackson, 1994). Locais de reentrâncias na linha de costa também são favoráveis para o desenvolvimento de dunas, porque sedimentos podem se acumular ao longo do tempo e as dunas ficam menos sujeitas à erosão das ondas, ainda assim estas são sempre menores do que as localizadas em praias expostas.

O pós-praia é geralmente estreito, muitas vezes íngreme, e sem uma antepraia (Jackson & Nordstrom, 1992). Frequentemente possui um terraço maré baixa, que pode se estender por mais de um quilômetro, este pode ser bem vegetado e com muitos organismos bentônicos.

A vegetação tem maior influência nas mudanças morfológicas das praias abrigadas do que em praias expostas, devido à maior abundância de vegetação e à reduzida capacidade das ondas de baixa energia para remover a vegetação (Nordstrom, 1992).

No trabalho de Hegge et al. (1996), os autores usam variáveis morfológicas para classificar as praias oceânicas de baixa energia, com altura significativa de onda (H_s) menor que 1 metro, quanto a morfologia é avaliado a declividade do perfil ativo, da berma, da face da praia e da zona de surfe, assim como a curvatura, também a granulometria dos sedimentos e a hidrodinâmica local. Os resultados deste estudo permitiram uma classificação em seis morfotipos mostrados na figura 10 e descritos na tabela 2.

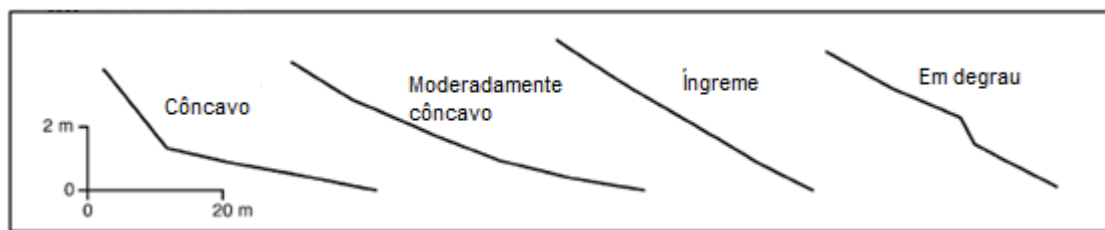


Fig. 10 - Perfil de quatro morfotipos de praia de baixa energia (Hegge et al., 1996).

Tab.2 – Descrição dos morfotipos de praia de baixa energia encontrados por Hegge et al. (1996).

Morfotipos / Características	Côncavas	Íngremes	Planas	Moderadamente côncavas	Moderadamente íngremes	Em degrau
Características principais	zona entre marés íngreme e zona de surf plana	zona entre marés e zona de surf íngreme	zona entre marés e zona de surf plana	concavidade mais suave que o morfotipo côncavo	zona entre marés e zona de surf ligeiramente íngremes	Presença de um grande degrau abaixo da face da praia
Face de praia	estreita, < 10 m	estreito	-	20 m	larga, > 20 m	-
Zona de swash	< 5 m	-	largo, > 20 m	10 m	10 m	12 m
Zona de arrebatção	Estreita	largo, > 40 m	56 m	15 m	-	7 m
Granulometria	0,26 mm	0,56	0,18 mm	0,35 mm	0,35 mm	0,36 mm
Seleção dos grãos	mal selecionado	moderadamente selecionados	muito bem selecionados	bem selecionados	moderadamente selecionados	bem selecionados

4.3.3 Característica sedimentar

Na maioria das bacias, a baixa energia de ondas limita a capacidade destas em suavizar variações no relevo na linha da costa e estabelecer longos segmentos de praia ininterruptos. Os sedimentos são lateralmente heterogêneos, refletindo o ambiente de onda variável, diferenças nas unidades geológicas, a variabilidade na abundância e textura das fontes de sedimentos locais (Pierce, 2004).

Frequentemente é encontrado nesses ambientes seiche e cascalho devido a proximidade das fontes, também é visível sedimentos com características biogênicas (conchas e restos de plantas), e dunas pouco desenvolvidas ou inexistentes (Nordstrom & Jackson, 2012).

5. METODOLOGIA

5.1 METODOLOGIA PROPOSTA PARA CLASSIFICAR A ÁREA DE ESTUDO QUANTO À ENERGIA

A metodologia a seguir é também parte dos resultados deste trabalho, uma vez que foi desenvolvida tendo como base informações da literatura e de dados publicados e dados complementares coletados na saída de campo para a Lagoa dos Patos e para o Lago Guaíba.

Esta metodologia foi desenvolvida para permitir uma subdivisão na classificação geral de energia para que no momento de aplicar o método das Cartas SAO nos ambientes interiores da Lagoa dos Patos e do Lago Guaíba, para que estes possam ter uma variação maior de sensibilidade da costa. Sendo que na classificação usual a área de estudo se caracteriza como uma região de baixa energia.

As características e valores definidos para determinar a nova classificação de energia do ambiente são mostrados na tabela 3.

Tab. 3 – Características das categorias de energia.

	Baixa energia (abrigada):	Moderada energia (semi-abrigada):	Alta energia (exposta):
Altura de onda	< 0,2 m	0,2 - 0,4 m	> 0,4 m
Deriva litorânea	nula	baixa	significante
Pista de vento (fetch)	Limitada (~10 Km)	Moderada (~20 Km)	Razoável (~40 Km)
Perfil praial	estável	estável	variável
Barras submersas	ausentes	pequenas*	bem formadas*
Sedimento	grosso/médio	médio	médio/fino
Feições da praia	formadas durante tempestade	pode ser formada pelo vento	geradas pela hidrodinâmica
Vegetação	próxima da linha d'água	próxima da linha d'água	ausente na linha d'água
Largura do pós-praia	< 5 m	5 - 8 m	> 8 m
Dunas	ausentes	pouco desenvolvidas*	desenvolvidas*

*quando a feição estiver presente

Os valores definidos para cada característica foram baseados nas situações frequentemente encontradas na área de estudo, as três primeiras características (marcadas em vermelho na tabela 3) são consideradas as informações determinantes da energia no local, enquanto as demais são informações complementares, utilizadas para confirmar o resultado encontrado pelas determinantes (marcadas em azul na tabela3), essas características não podem ser determinantes de energia porque mudam muito facilmente de um local para o outro e nem sempre em função da quantidade de energia presente no local. Como fatores antrópicos, por exemplo, que podem alterar o crescimento de vegetação e dunas.

Abaixo estão descritas as explicações para a escolha de cada categoria e de seus respectivos intervalos de valores mostrados na tabela acima:

- Altura de onda: A altura de onda é o principal fator que determina a energia incidente em um ambiente, já que a energia da onda é proporcional a sua altura. E é o fator que condiciona características complementares que são indicadores de quantidade de energia, como o formato do perfil praiial, por exemplo. No Lago Guaíba e Lagoa dos Patos o intervalo de altura de onda que atingem a costa vai de 0 m em situações de calmaria a aproximadamente 1,1 m em eventos de tempestade. Com base nisso foi determinado os três intervalos de dados para a área de estudo.
- Deriva litorânea: ondas geradas localmente são menos afetadas pela refração e por isso se aproximam obliquamente a costa gerando deriva litorânea. Esta não ocorre em locais de baixa energia por que as ondas incidentes não possuem a capacidade de gerar correntes, por isso a sua definição como nula, baixa ou significativa. E este é um fator determinante da energia local já que pode atuar incrementando a energia total quando combinadas com as ondas e correntes geradas pelo fluxo, que essas na área de estudo são predominantes para sul e tem valores entre 0 m/s e 0,15 m/s, sendo que os maiores valores são encontrados para a costa oeste da laguna, mas estes não são considerados na

classificação, por serem muito variáveis. As correntes são responsáveis por transportar sedimento de um ambiente para outro e com isso influenciar na formação de depósitos e praias.

- Pista de vento (*fetch*): Quanto maior a pista de ação do vento, maiores são as ondulações que este pode formar. Portanto a partir do tamanho do *fetch* pode-se inferir a altura das ondas formadas e conseqüentemente a energia do ambiente. O comprimento do *fetch* também está relacionado com a direção do vento, portanto estes valores foram definidos com base nos valores médios encontrados na área de estudo para ventos sudoeste (SW), por ser a direção dos ventos mais fortes que atuam sobre a região.
- Perfil praial: Essa característica é definida como estável ou variável em função que o perfil só é variável no tempo se existe a energia necessária no ambiente para realizar as mudanças. Assim se o perfil de uma praia muda sazonalmente, por exemplo, é uma evidência de que há uma significativa energia incidindo no local.
- Barras submersas: esse tipo de feição não está presente em ambientes de baixa energia, por não ter a capacidade de transportar sedimentos para a formação das barras. Eventos de tempestade podem formar as barras submersas em algumas praias mais expostas as ondas, mas se estas não tiverem energia suficiente as barras não vão evoluir e serão erodidas lentamente com o tempo, até que uma nova tempestade altere o perfil. Já em ambientes de alta energia as ondas e correntes litorâneas são capazes de formar e transformar barras submersas. Por isso a utilização dessas feições pode indicar energia relativa do ambiente.
- Sedimento da face de praia: o tamanho do grão exerce bastante influência na morfologia da praia, sendo ao mesmo tempo um produto da mesma. Por

exemplo, a proximidade das praias da área de estudo com a fonte de sedimento (embasamento), pode muitas vezes compor praias de baixa energia com sedimento grosso, com baixa capacidade de transporte. Já praias de areia fina e com os grãos bem selecionados indicam uma situação mais energética.

- Feições da praia: As feições na praia como bermas, por exemplo, pode ser formada em eventos de tempestade ou pela hidrodinâmica local. Em regiões de baixa energia, em que um evento de tempestade moldou uma feição, o ambiente não é capaz de voltar à forma anterior ou de transformar a feição deixada pela tempestade, porque não possui deriva litorânea para realizar a troca de sedimentos, e as ondas não conseguem retrabalhar o perfil. Por isso a capacidade da hidrodinâmica gerar feições no perfil está relacionada com a classificação de alta energia.
- Vegetação: Em ambientes com energia muito baixa a vegetação pode crescer próximo da linha d'água e até mesmo dentro da água como é o caso de marismas, e em locais onde a energia é maior a incidência de ondas impede o crescimento da vegetação muito próximo da margem. Então a presença ou ausência de plantas perto da água é um indicativo da energia local.
- Largura do pós-praia: A largura do pós-praia pode ser influenciado pela linha aonde inicia a vegetação, sendo assim, em ambientes de baixa energia onde a vegetação cresce próximo da linha d'água não tem o desenvolvimento do pós-praia, e em regiões com maior energia, que a vegetação não cresce perto da costa o pós-praia é mais largo. Esta é uma característica indicativa da energia local.
- Dunas: As dunas são formadas principalmente em função do vento, e da disponibilidade de sedimento, em locais com maior *fetch* as dunas se desenvolvem mais facilmente. Mas estas somente irão se formar em um pós-

praia desenvolvido e com isso fica implícito que a presença de dunas esta relacionada aos ambientes de energia moderada ou alta, uma vez que em ambientes de baixa energia o pós-praia é estreito. Sendo assim as dunas podem ser usadas como uma característica indicativa da energia local.

Para aplicar a metodologia nos ambientes, basta preencher todos os campos da tabela e comparar com relação aos valores de referência em qual categoria de energia o ambiente se encontra. Sempre que existirem dados publicados de pesquisas mais detalhadas, com tempo de observação do ambiente mais longo, esses devem ser utilizados para comparar com a situação observada no local no momento da aplicação do método, a fim de proporcionar um grau de confiabilidade maior para os resultados.

Essa metodologia para classificar as regiões costeiras da Lagoa dos Patos e do Lago Guaíba, quanto à energia, foi aplicada em quatro ambientes a fim de testar a funcionalidade da mesma. Foram utilizados para o teste três ambientes praias (Praia das Pombas, Praia de Ipanema e Praia de Fora) e um costão rochoso (Ponta do Farol), todos localizados na região de Itapuã.

5.2 *PROCEDIMENTO DE CAMPO*

O planejamento da saída de campo foi realizado com base na análise de dados pretéritos adquiridos por revisão bibliográfica e pela análise de imagens de satélite. Este planejamento teve como objetivo definir as ações a serem realizadas durante a saída de campo, visando a otimização do tempo para aquisição de dados, além de auxiliar no reconhecimento de importantes feições naturais da área de estudo.

A saída de campo foi realizada entre os dias 3 a 6 e 10 a 15 de setembro em Itapuã – RS (Fig. 11). Este local, no norte da Lagoa dos Patos e no ponto de confluência com o Lago Guaíba, foi escolhido como a área de estudo por ser um ambiente com diversos tipos de costa, com áreas urbanas e uma unidade de conservação ambiental (Parque Estadual de Itapuã). Tais fatores lhe confere um grau de representatividade enquanto aos demais setores da Lagoa dos Patos e do Lago Guaíba em relação a acidentes com óleo.

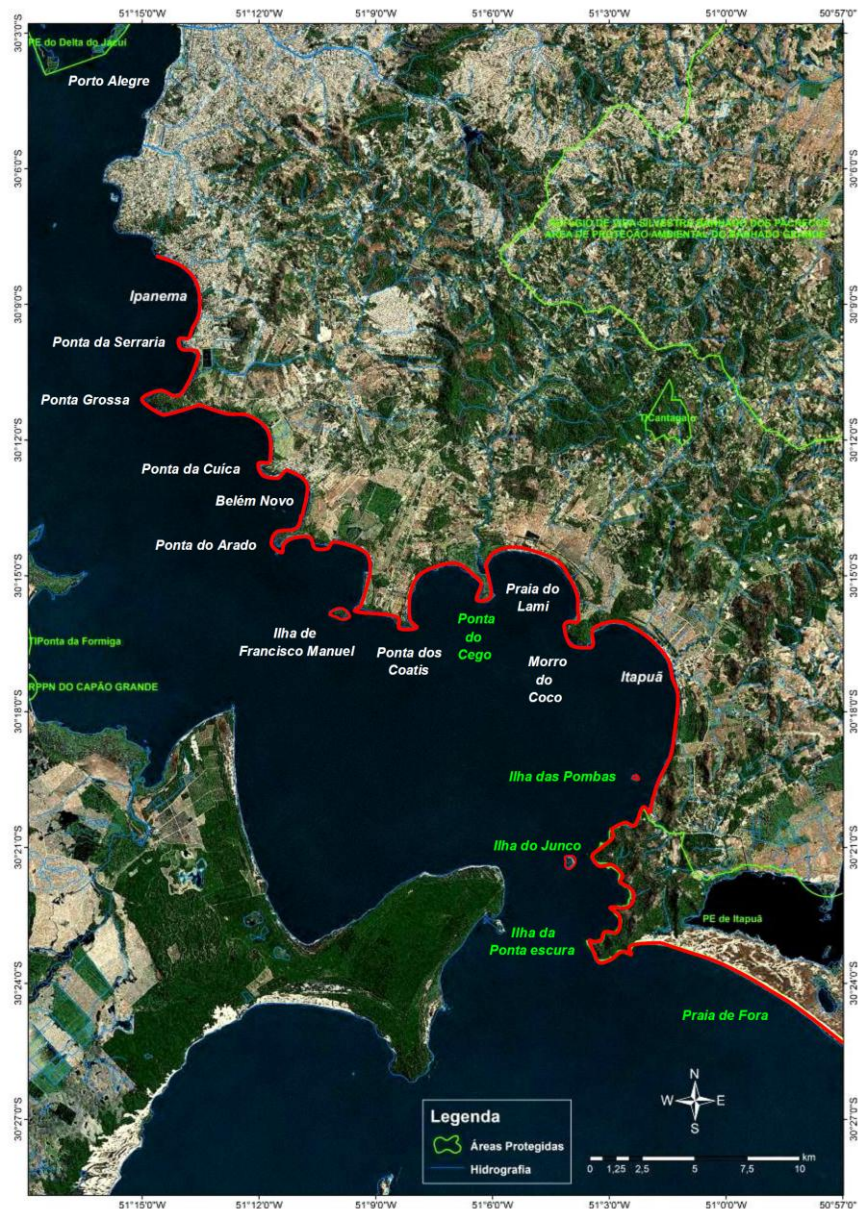


Fig. 11 – Localização da margem percorrida durante a saída de campo. Fonte: Marinho, 2012.

O acesso às praias foi por meio de estradas ou com a utilização de uma embarcação, para este trabalho foi utilizada a escuna “Travesia” com calado de 40 cm.

Nas porções da costa que são inacessíveis por terra a avaliação foi feita embarcado através da observação com auxílio de binóculo, chegando sempre o mais próximo possível da costa. Nas demais praias aonde foi possível e sempre que necessário o desembarque foi feito através de píer ou de pequenos botes (Fig. 12).



Fig. 12 – Chegada na costa através de bote.

Nesta saída foram adquiridos dados para realização deste trabalho e também para o mapeamento do ISL para o projeto das Cartas SAO da Bacia de Pelotas. Para isso foi necessário fragmentar a costa em diversos segmentos, cada um marcando o início e o fim de ambientes com características diferentes, porque ao processar os dados cada segmento terá suas características próprias e o ISL independente. Um exemplo de mudança de segmento é quando numa costa uma praia arenosa passa para um costão rochoso (Fig. 13).



Fig. 13 – Mudança de praia arenosa para costão rochoso.

Uma vez no local desejado, foi registrada a posição geográfica, inicial e final, do segmento utilizando o GPS-GARMIN etrex 30, ajustado com o datum WGS-84. Foram feitas fotos com visadas opostas de cada segmento para criar um arquivo com imagens e vídeos dos segmentos para posterior análise.

Depois de marcada a posição o trabalho de reconhecimento local de cada segmento seguiu a metodologia do Ministério do Meio Ambiente segundo a publicação “Especificações e normas técnicas para elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo”. Para a anotação dos dados observados foi utilizado uma planilha padronizada (anexo 1), que é baseada nas características geomorfológicas do litoral, considerando os seguintes fatores: grau de exposição à energia de ondas e marés, declividade do litoral e tipo do substrato.

Os dados preenchidos na planilha citada é os que foram utilizados para o teste do método proposto, juntamente com dados da literatura.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO - PRAIA DAS POMBAS

A Praia das Pombas (Fig. 14) faz parte do Parque Estadual de Itapuã, que é uma região preservada, por isso, com baixo grau de interferência humana nas feições e desenvolvimento natural do ambiente.

É uma praia arenosa, localizada na margem leste do Lago Guaíba com cerca de 800 metros de extensão. A praia está protegida de ventos fortes de sudoeste pela sua posição no interior de uma pequena enseada voltada para noroeste, por isso o *fetch* que está sendo analisado (referente a ventos de SW) é muito pequeno, aproximadamente 1 quilômetro (Fig. 15). Os resultados da classificação de energia, juntamente com a fonte dos dados utilizados, estão na tabela 4.



Fig. 14 – Praia das Pombas.

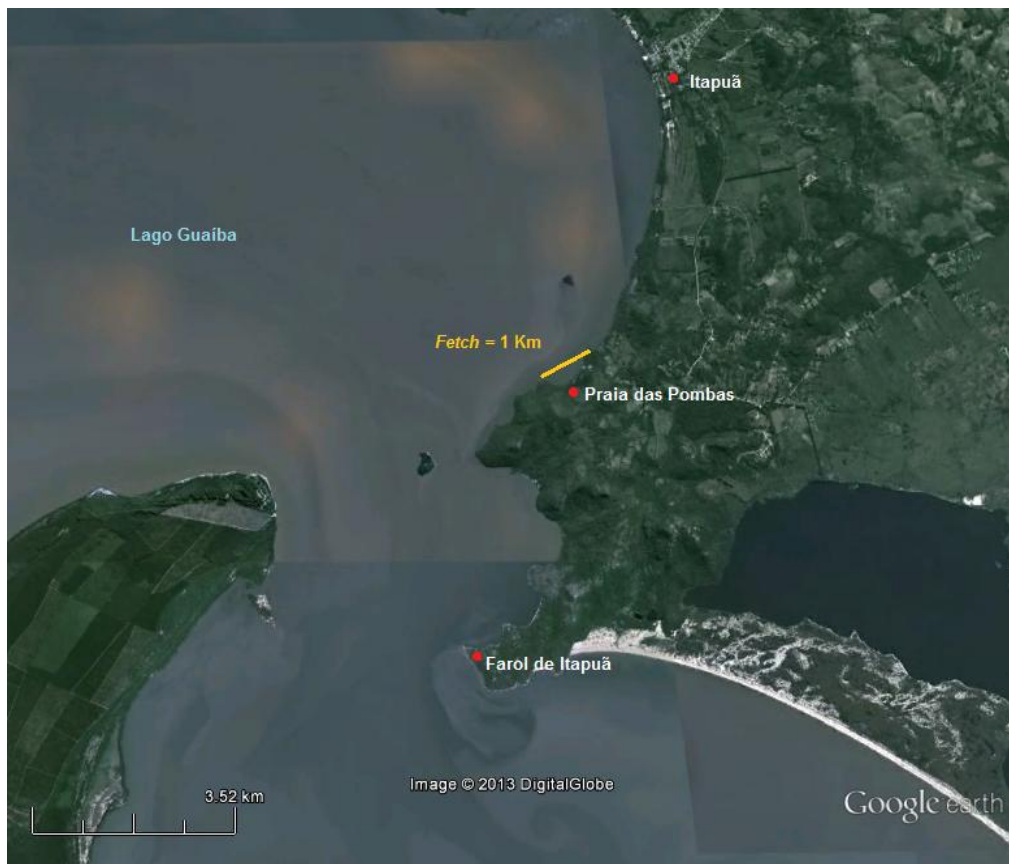


Fig. 15 - Fetch da Praia das Pombas para um vento do quadrante SW.

Tab. 4 – Características e classificação de energia da Praia das Pombas

	Praia das Pombas	Classificação de energia	Fonte dos dados
Altura de onda	0,15 m	Baixa energia	Nicolodi, 2007
Deriva litorânea	nula	Baixa energia	Observado no local
Pista de vento (fetch)	limitada (1 Km)	Baixa energia	Medido
Perfil praial	estável	Baixa energia	Nicolodi, 2007 (dado não publicado)
Barras submersas	ausentes	Baixa energia	Nicolodi, 2007 (dado não publicado)
Sedimento	médio/grosso	Baixa energia	Observado no local
Feições da praia	formadas durante tempestade	Baixa energia	Observado no local
Vegetação	próxima da linha d'água	Baixa energia	Observado no local
Largura do pós-praia	10 m	Alta energia	Observado no local
Dunas	ausentes	Baixa energia	Observado no local

A Praia das Pombas apresentou predominantemente características de uma praia de baixa energia, é importante notar que os três primeiros parâmetros foram condizentes entre si, que são estes os determinantes da energia, e um resultado assim não deixa dúvidas quanto a classificação desta praia. E os parâmetros complementares reforçaram o resultado dessa praia como sendo de baixa energia.

6.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO - PRAIA DE IPANEMA - PORTO ALEGRE

A Praia de Ipanema (Fig. 16) é localizada em Porto Alegre e ocupa parte da margem leste do Lago Guaíba, é uma praia arenosa com cerca de 2 Km de comprimento e levemente arqueada, na forma de enseada, a figura 17 mostra a localização da praia e o *fetch* máximo com 10 Km, estimado para um vento do quadrante SW.

É um ambiente muito modificado devido a forte urbanização da região. Ao longo de toda a orla foi construído um calçadão, que limita o desenvolvimento natural da praia, e justamente por isso é um bom exemplo para testar o método, já que muitas praias da lagoa são urbanizadas. Os resultados da classificação de energia estão na tabela 5.



Fig. 16 – Praia de Ipanema em um dia de calmaria.



Fig. 17 - *Fetch* da Praia de Ipanema para um vento do quadrante SW.

Tab. 5 – Características e classificação de energia da Praia de Ipanema

	Praia de Ipanema	Classificação de energia	Fonte dos dados
Altura de onda	0,2 m	Moderada energia	Nicolodi, 2007
Deriva litorânea	baixa (comportamento de praia basculante)	Moderada energia	Observado no local
Pista de vento (fetch)	limitada (10 Km)	Baixa energia	Medido
Perfil praial	-	-	-
Barras submersas	-	-	-
Sedimento	médio	Moderada energia	Observado no local
Feições da praia	formadas por tempestade e hidrodinâmica	Moderada energia	Observado no local
Vegetação	ausente na linha d'água*	Alta energia	Observado no local
Largura do pós-praia	20 m	Alta energia	Observado no local
Dunas	ausentes*	Baixa energia	Observado no local

* Feições limitadas pela construção de um calçadão na orla.

A Praia de Ipanema apresenta uma complexidade para a utilização do método proposto, uma vez que houve algumas discrepâncias entre os parâmetros, como, por exemplo, a altura de onda e deriva que se enquadram na categoria de moderada energia, e o *fetch* que é limitado, caracterizando uma praia de baixa energia. A falta de dados do perfil praial e da presença de barras submersas, não iria alterar a classificação, já que estas são complementares. Apesar das discrepâncias as características mostradas na tabela indicam uma predominância da praia com moderada energia, sendo possível classifica-la nesta categoria.

Essas variações entre as características da categoria “Energia moderada (semi-abrigado)” mostrou que o método é pouco eficiente nesta categoria, porque num ambiente interior como a Lagoa dos Patos e o Lago Guaíba onde o intervalo dos valores é tão pequeno,

como altura de ondas, por exemplo, que vai de 0 a 0,5 m, é complicado separar esse intervalo em três categorias de energia.

6.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO - PRAIA DE FORA

A Praia de Fora é uma praia arenosa orientada para a Lagoa dos Patos com aproximadamente 14 Km de extensão. Tem como limite na porção sul o Pontal das Desertas, que atua como uma fonte de areia submersa para a praia (Fig. 18 e 19).

A largura máxima do *fetch* de vento que atinge a Praia de Fora é de 90 Km (Fig. 20), e pode chegar até 200 Km quando o vento é de sul, esse *fetch* gera ondas suficientemente energéticas para alterar o perfil da praia. A praia possui ativo transporte de sedimentos longitudinal e transversal. Esse transporte é bidirecional com aproximadamente 55% em direção a sudeste e 45% a noroeste (Nicolodi & Toldo, 2003).

Nicolodi & Toldo (2003) também mostraram que a Praia de Fora oscila entre os estados dissipativo e refletivo, em decorrência das extremas variações na hidrodinâmica local. E que a formação e evolução desta praia foi favorecida pela direção predominante dos ventos que é perpendicular a orientação da praia.

Os resultados da classificação de energia são mostrados na tabela 6.



Fig. 18 – Vista aérea da Praia de Fora.



Fig. 19 – Praia de Fora



Fig. 20 – *Fetch* da Praia de Fora para um vento do quadrante SW.

Tab. 6 – Características e classificação de energia da Praia de Fora.

	Praia de Fora	Classificação de energia	Fonte dos dados
Altura de onda	0,5 m	Alta energia	Nicolodi, 2007
Deriva litorânea	significante	Alta energia	Nicolodi, 2003
Pista de vento (fetch)	razoável	Alta energia	Medido
Perfil praial	variável	Alta energia	Nicolodi, 2003
Barras submersas	bem desenvolvidas	Alta energia	Nicolodi, 2003
Sedimento	fino	Alta energia	Observado no local
Feições da praia	geradas pela hidrodinâmica e vento local	Alta energia	Observado no local
Vegetação	ausente na linha d'água	Alta energia	Observado no local
Largura do pós-praia	16 m	Alta energia	Observado no local
Dunas	bem desenvolvidas	Alta energia	Observado no local

A Praia de Fora é o exemplo ideal de um ambiente de alta energia, tendo em vista que todas as categorias se enquadraram nessa classificação. Ao contrário do resultado obtido para a Praia de Ipanema, na Praia de Fora não há dúvidas quanto a sua classificação de alta energia.

Portanto a hipótese testada de que a Praia das Pombas é de baixa energia, a Praia de Ipanema é de energia moderada e a Praia de Fora é de alta energia, foi comprovada.

Dentre vários ambientes visitados durante o trabalho de campo, as praias escolhidas para mostrar a aplicabilidade do teste foram escolhidas por apresentarem particularidades de cada categoria de energia.

Para as categorias “Baixa energia (abrigado) e Alta energia (exposto)” os resultados foram bastante evidentes, enquanto para a categoria “Moderada energia (semi-abrigado)” os resultados foram alcançados mas com menor grau de certeza. Todos os resultados puderam ser usados para gerar o ISL dos ambientes, como pode ser visto nas figuras 23, 24 e 25.

6.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO - COSTÃO ROCHOSO

Além de praias arenosas outro tipo de ambiente encontrado na região de estudo são os costões rochosos. E nesses não é possível avaliar todas as características propostas, por que não estão presentes, portanto nesse tipo de ambiente a classificação de energia pode ser feita a partir de duas características: altura de onda e *fetch*.

A Ponta do Farol (Fig. 21) é uma região composta por margens do tipo costão rochoso, e por isso esta foi utilizada como exemplo da aplicação da metodologia.

Este ponto marca o encontro do Lago Guaíba e da Lagoa dos Patos, o *fetch* máximo de 40 Km está mostrado na figura 22. Os resultados da classificação de energia são mostrados na tabela 7.



Fig.21 – Ponta do Farol de Itapuã.

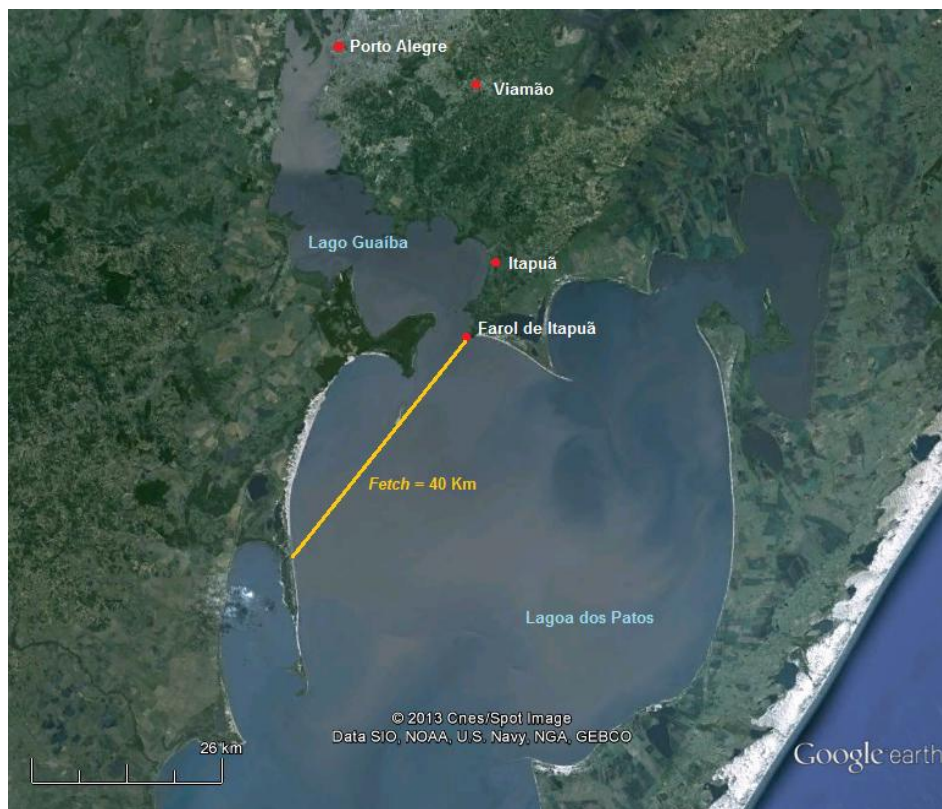


Fig. 22 – Fetch do Farol de Itapuã para um vento do quadrante SW.

Tab. 7 – Características e classificação de energia da Ponta do Farol (costão rochoso).

	Ponta do Farol (costão rochoso)	Classificação de energia	Fonte dos dados
Altura de onda	0,3 m	Moderada energia	Nicolodi, 2007
Pista de vento (fetch)	razoável (40 Km)	Alta energia	Medido

Para essa região de costão rochoso o método mostrou que a incidência de energia é moderada, considerando a altura de onda como fator mais importante na geração de energia.

Uma explicação para ondas baixas nessa região é que características como a geometria e a geomorfologia do lago também são importantes na altura das ondas incidentes na costa, por exemplo, a presença de esporões arenosos faz com que a onda incidente dissipe parte de sua energia antes de chegar à costa, resultando em valores de altura reduzidos, mesmo em *fetch* significativo.

Apesar disso, a aplicação para o costão rochoso se mostrou bastante eficiente, uma vez que as categorias avaliadas representam bem a energia do ambiente.

6.5 APLICAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELA NOVA METODOLOGIA NAS CARTAS SAO

Um mapeamento das Cartas SAO para a região de Porto Alegre e Itapuã foi realizado utilizando a classificação de energia proposta e o resultado é mostrado nas figuras 23, 24 e 25 e nas Cartas originais geradas pelo projeto da Cartas SAO da Bacia de Pelotas que estão no anexo 2 e 3.

Todos os ambientes localizados na área de estudo seriam classificados como ISL 10 que caracteriza: deltas e barras de rio vegetados, terraços alagadiços, banhados, brejos, **margens de rios e lagoas**, brejo salobro ou de água salgada, com vegetação adaptada ao meio salobro ou salgado; apicum, marismas, manguezal (mangues frontais e mangues de estuários). Com as seguintes características: Ambientes de baixa energia; substrato plano, lamoso a arenoso, sendo mais comuns os solos muito orgânicos lamosos; declive geralmente muito baixo, menor que 3 graus (zona intermarés potencialmente extensa); sedimento saturado com água, com baixa permeabilidade a não ser pela presença de orifícios feitos por animais; sedimentos moles de baixíssima trafegabilidade.

Não há um ISL na metodologia do MMA que seja dirigido para praias e costão rochoso de ambiente lagunar e lacustre. Entretanto utilizando a classificação de energia proposta neste trabalho que classificou os ambientes interiores como abrigado, semi-abrigado ou exposto, foram definidos os seguintes ISLs para os ambientes testados anteriormente:

– A Praia de Ipanema passou a ser classificada como ISL 4 que é utilizado para praias intermediárias, de areia média/fina, expostas, que pela metodologia proposta neste trabalho, é considerada uma praia de energia moderada.

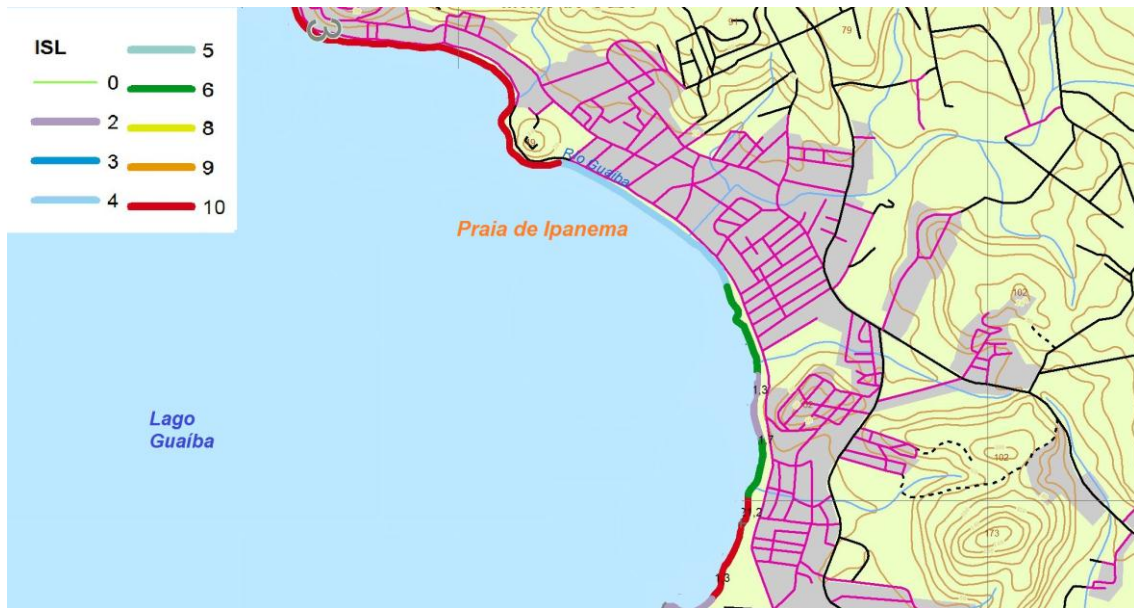


Fig. 23 – Parte da Carta SAO que mostra a Praia de Ipanema com ISL 4.

– Praia das Pombas passou a ser classificada também como ISL 4 que é utilizado para praias de areia grossa, sem referência ao grau de exposição à energia, que neste trabalho mostrou que esta é uma praia de baixa energia (abrigada). No caso da areia grossa a energia da costa não é levada em consideração no índice de sensibilidade, mas em praias de granulometria fina/média a hidrodinâmica é considerada, e em regiões de costão rochoso também.

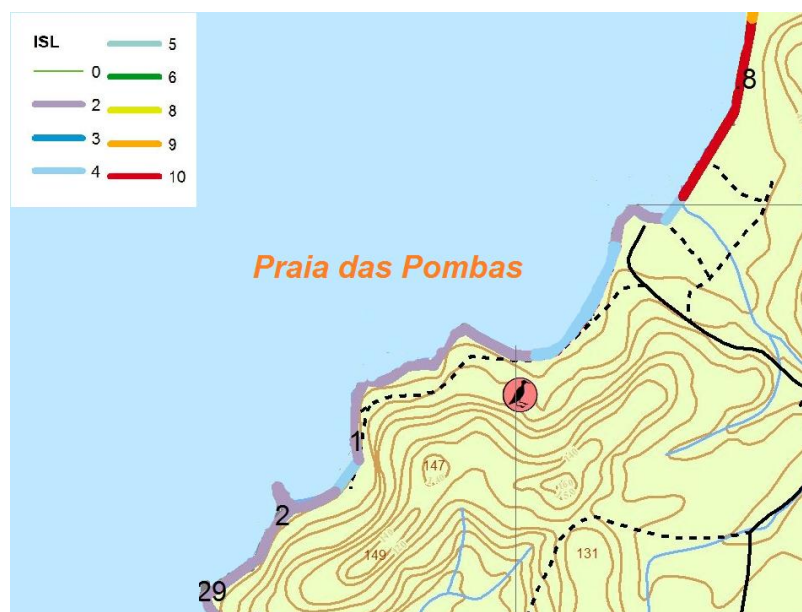


Fig. 24 – Parte da Carta SAO que mostra a Praia das Pombas ISL 4.

– A Praia de Fora passou a ser classificada como ISL 3 que é para praias dissipativas de areia fina/média exposta. Uma vez que pela metodologia proposta esta praia foi classificada como alta energia (exposta).

– A Ponta do Farol (costão rochoso) passou a ser considerado como ISL 2 que é para plataformas e terrenos de abrasão com declividade média, exposto, uma vez que esse ambiente foi considerado de moderada energia pela metodologia proposta. Se, em uma diferente situação, esta região de costão rochoso tivesse sido classificada como abrigada o ISL seria 8, que caracteriza enrocamentos e escarpas abrigadas.



Fig. 25 – Parte da Carta SAO que mostra, a Ponta do Farol ISL 2 e a Praia de Fora ISL 3.

7. CONCLUSÃO

A Lagoa dos Patos e o Lago Guaíba são ambientes abrigados, mas dentro dessa classificação de ambiente abrigado há sub-regiões em que a energia é maior e sub-regiões que é menor.

O principal resultado deste trabalho foi a metodologia proposta e que mostrou-se adequada para classificar a energia de cada sub-região. As características escolhidas para gerar a classificação (altura de onda, deriva litorânea, *fetch*, perfil praial, e outros) são facilmente detectados e quantificados, por isso definir a categoria de energia é um processo rápido e eficaz.

A categoria intermediária de “Moderada energia” foi uma exceção quanto à eficiência do método, esta ainda precisa de ajustes nos valores de referência para que possa ser empregada com maior confiabilidade.

O uso da nova classificação de energia na definição do ISL da região foi muito interessante e atingiu o objetivo pretendido que era contribuir no aperfeiçoamento do método de definição de sensibilidade a óleo e melhorar a eficiência das Cartas SAO para a região de estudo, já que a aplicação da metodologia proposta, seguida da reclassificação do ISL local pode ser feita para toda a Lagoa dos Patos e do Lago Guaíba, permitindo gerar um mapa da sensibilidade ao óleo muito mais variável e específico.

Entretanto, é importante lembrar que a hidrodinâmica média da área de estudo não representa muito bem todas as épocas do ano, uma vez que o vento é a principal força geradora de ondas e correntes e este é bastante variável ao longo do ano.

Uma solução para a variação sazonal do vento seria fazer, no mínimo, duas classificações de energia para a região. Uma para uma situação de verão e outra para uma situação de inverno. Com isso a representação da área de estudo seria muito mais fiel às condições de energia local.

Entretanto essa solução somente seria proveitosa se a metodologia utilizada pelo MMA também desenvolvesse as Cartas SAO para diferentes condições hidrodinâmicas, como já é feito em alguns países como a França e a Dinamarca e que, em algumas regiões, mostram grandes variações nos índices entre as diferentes situações, e conseqüentemente confere maior qualidade e funcionalidade ao mapeamento.

A metodologia proposta neste trabalho pode ser aplicada em outros ambientes abrigados, além da Lagoa dos Patos e do Lago Guaíba, entretanto os valores de referência devem ser ajustados para a realidade de cada local.

8. REFERÊNCIAS

ANP (2012) Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Agência Nacional do Petróleo.

Azevedo, J.S.G. (2009) Capítulo 15 – Esboço de um marco conceitual para análise da indústria do petróleo, pré-sal e desenvolvimento. In: Brasil Pós-Crise (3ª Edição), pp 247–265. Editora campus.

Baitelli R., Corrêa I., Toldo E., Martins L.R. , Weschenfelder J. & Ayup-Zouain R. (2009) Sistema Lagunar: Síntese dos Conhecimentos sobre a Lagoa dos Patos.

BRASIL. Lei Federal nº 9.966, de 28 de abril de 2000. Publicada no D.O.U. em 29 de abril de 2000.

BP (2012) Statistical Review of World Energy – June 2012. Disponível em: bp.com/statisticalreview (Acessado em março/2013).

Bulhões M.R.B. & Estrada A.F.D. (2012) Distribuição e Transporte de Sedimentos Costeiros em Ambiente de Baixa Energia. Enseada da Ferradura, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. GRAVEL 9(1):41-56.

Carvalho L.R.R. (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. 208f. Monografia. Instituto de Oceanografia. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande – RS.

Castelão R. M., Möller-Jr O. O. (2003) Sobre a Circulação Tridimensional forçada por Ventos na Lagoa dos Patos. Atlântica, Rio Grande, 25(2): 91-106.

DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgotos) (1986) In: Secretaria do Meio Ambiente de Guaíba (2010) Plano Municipal De Gerenciamento Ambiental.

Fernandes E.H. (2001) Modelling the Hydrodynamics of the Patos Lagoon, Brazil. 215f. Tese de Doutorado. Institute of Marine Studies. University of Plymouth. Plymouth – USA.

Garcia C.A.E. (1997) Hydrographic Characteristics In: (Fernandes, 2001).

Goodfellow B.W. & Stephenson W.J. (2005) Beach morphodynamics in a strong-wind bay: a low-energy environment?. Marine Geology 214:101–116.

Hasenack, H & Ferraro, L.W. (1989) Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. Pesquisa 70:22-53

Hegge B.J., Eliot I., Hsu J. (1996) Sheltered sandy beaches of southwestern Australia. J. Coast. Res., 12:748-760.

IMO (International Maritime Organization) (2003) Disponível em: www.imo.org (Acesso em Outubro/2003) In: Silva, P.R. (2004) Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira: estrutura e implicações ambientais. 148f. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação de Engenharia Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro RJ.

ITOPF (2012) Oil Tanker Spill Statistics 2012 Disponível em: <http://www.itopf.co.uk/information-services/data-and-statistics/statistics/#seaborne> (Acesso em Março/2013).

Jackson N.L. & Nordstrom K.F. (1992) Site-specific controls on wind and wave processes and beach mobility on estuarine beaches. *J. Coast. Res.*, 8:88-98.

Jackson N.L., Nordstrom K.F., Eliot I., Masselink G. (2002) Low energy sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. *Geomorphology* 48:147–162.

Kjerfve B. (1986) Comparative oceanography of coastal lagoons. In: Wolfe, D.A. (Ed) *Estuarine variability*. Academic Press, New York, pp 63-8.

Lorang M.S. & Stanford J.A. (1993) Variability of shoreline erosion and accretion within a beach compartment of Flathead Lake, Montana. *Limnology and Oceanography* 38:1783–1795. In: Nordstrom & Jackson (2012).

Masselink G. & Hegge B. (1996) Morphodynamics of meso-macro-tidal beaches: examples from central Queensland. *Marine Geology* 129:1-23.

Mirlean N., Niencheski L.F. Besnick B. Baumgarten M. G. (2001) The Effect of Accidental Sulfuric Acid Leaking on Metal Distributions in Estuarine Sediment of Patos Lagoon. *Marine Pollution Bulletin*. 42:1114-1117.

MMA - Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. 2002. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: 404 p.

MMA - Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo (Cartas SAO) (2004) Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 107p.

Möller O.O., Lorenzetti J.A., Stech J.L. & Mata M.M. (1996) The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics. *Continental Shelf Research*, 16(3):335-351.

Möller o.O., Castaing P., Salomon J.C., & Lazure P. (2001) The Influence of Local and Non-Local Forcing Effects on the Subtidal Circulation of Patos Lagoon. *Estuaries*, 24(2):297–311.

Nicolodi J.N & Toldo-Jr. E.E. (2003) Beach Morphodynamics: a Tool for Coastal Habitat Managers. A Case Study: Praia de Fora, Itapuã State Park, RS.

Nicolodi J.L. (2007) O padrão de ondas no Lago Guaíba e sua influência nos processos de sedimentação. 195f. Tese de Doutorado em Geociências - UFRGS. Porto Alegre – RS.

Nimer P. (1977) Clima. In: 1BGE - Geografia do Brasil, Região Sul. SERGRAF - IBGE, Rio de Janeiro, pp 35-79. In: (Fernandes, 2001).

Nordstrom K.F. (1992) Estuarine Beaches Elsevier, London, 225pp. In: Jackson N.L., Nordstrom K.F., Eliot I., Masselink G. (2002) Low energy' sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. *Geomorphology* 48 147 – 162.

Nordstrom K.F. & Jackson N.L. (1994) Aeolian processes and dune fields in estuaries. *Physical Geography* 15:358–371. In: Nordstrom & Jackson (2012).

Nordstrom K.F. & Jackson N.L. (2012) Physical processes and landforms on beaches in short fetch environments in estuaries, small lakes and reservoirs: A review. *Earth-Science Reviews* 111:232–247.

Paim P.S.G. & Möller O.O. (1986) Material em suspensão e dissolvido no estuário da Lagoa dos Patos - Fase III, contract FURG/CIRM.

Pierce L.R. (2004) Lake waves, coarse clastic beach variability and management implications, Loch Lomond, Scotland, UK. *Journal of Coastal Research* 20:562–585. In: Nordstrom & Jackson (2012).

Pilkey O.H., Cooper J.A.G. & Lewis D.A. (2009) Global distribution and geomorphology of fetch-limited barrier islands. *Journal of Coastal Research* 25:819–837. In: Nordstrom & Jackson (2012).

Projeto Orla: Subsídios Para Um Projeto De Gestão (2004) Ministério do Meio Ambiente (MMA) Brasília. 104p.

Secretaria do Meio Ambiente de Guaíba (2010) Plano Municipal De Gerenciamento Ambiental.

Seeliger U., Odebrecht C. & Castello J.P. (1997) Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. p. 9-12. Editora Ecoscientia. Rio Grande-RS.

Toldo Jr.E.E., Almeida L.E.S. & Corrêa I. C.S. B. (2003) Forecasting Shoreline Changes of Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. *Journal of Coastal Research* 35:43-50.

Tyrrel D.A., George K.J. (2004) Finite element modelling of the hydrodynamics and water quality of the Patos Lagoon system, Brazil. In: Anais de congresso, 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, simpósio de águas da AUGM. *Condição Ambiental da Lagoa dos Patos, Brasil*.

Vaz A.C., Möller O.O. & Almeida T.L. (2006) Análise quantitativa da descarga dos rios afluentes da Lagoa dos Patos. *Atlântica, Rio Grande*, 28(1):13-23.

Wright L.D. & Short A.D. (1984) Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology* 56:93–118.

Wright L.D., Short A.D. and Green M.O. (1985) Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: An empirical predictive model. *Marine Geology* 62:339-364.

Zenkovich V.P. (1969) Origin of barrier beaches and lagoon coasts. *Lagunas Costeras*, un Simposio, UNAM-UNESCO. Mexico. pp 27-38.

9. ANEXO

1. Planilha utilizada para obter informações em campo para definição do ISL, extraído de Especificações e normas técnicas para a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental para derramamentos de óleo (Cartas SAO). 2004.

DADOS DE CAMPO PARA ELABORAÇÃO DE CARTAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL

1. INFORMAÇÕES GERAIS:

Área de estudo _____ Código do segmento _____
Denominação no mapa _____ Coordenadas do ponto de observação (UTM e Lat/Long): _____
Denominação local _____
Data do levantamento _____ Coordenadas do segmento (UTM e Lat/Long): _____
Horário _____ Verão () Padrão () Início _____ Fim _____
Observadores _____ Extensão do segmento _____ m

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-AMBIENTAIS

Hábitat natural () Hábitat artificial ()

2.1 OCEANOGRAFIA FÍSICA

Tipos de arrebentação: ascendente () deslizante () mergulhante () Largura da zona de surfe _____ m
Ondas de arrebentação (altura significativa estimada): < 25 cm () 25 - 50 cm () 50 cm à 1 m () > 1 m ()
Dados da maré do dia da observação: Direção predominante do transporte litorâneo _____
preamar: _____ h _____ m baixa-mar: _____ h _____ m estação de referência: _____

2.2. DESCRIÇÃO GEOMORFOLÓGICA

Tipo de litoral _____ Declividade da face da praia _____ °
Declividade da praia: baixa < 5° () média entre 3 e 30° () alta > 30° ()
Largura da praia _____ m
a) método do clinômetro ()
b) perfil topográfico:
x (distância - metros) x1 _____ x2 _____ x3 _____ x4 _____ x5 _____ x6 _____ x7 _____
y (altura - metros) y1 _____ y2 _____ y3 _____ y4 _____ y5 _____ y6 _____ y7 _____
Altura da berma _____ m
Bancos de areia próximos à costa: sim () não ()
Recifes e/ou substratos rochosos próximos à costa: sim () não ()

2.2.1 SUBSTRATO

Sedimentar: cascalho () areia muito grossa () areia grossa ()
areia média () areia fina () areia muito fina () lama ()
Rochoso: compacto () fragmentado () blocos ()
matacões () abrigado () semi-abrigado () exposto ()
Substrato com vegetação: mata atlântica () manguezal () marisma ()
restinga () outros ()

Estrutura artificial:
a) posição da estrutura: longitudinal à costa - muros /cais ();
perpendicular à costa - diques, espigões, etc (); isolada ()
b) tipo de material da estrutura artificial: madeira ();
concreto (); enrocamento (); sacos de areia (); gabiões ()
Outros: _____

3. ESTADO DE CONSERVAÇÃO

Feição: ruim () médio () bom () ótimo ()
Vegetação: ruim () médio () bom () ótimo ()

Resíduos / efluentes: não observado () esgoto doméstico ()
rejeitos industriais () lixo urbano () resíduos naturais ()

4. COMPORTAMENTO POTENCIAL DO ÓLEO

Descreva as armadilhas potenciais, movimentos, etc :

5. TIPOS DE RECURSOS EM RISCO

a) Ambiental :

b) Uso socioeconômico/ histórico/ cultural :

6. ASPECTOS OPERACIONAIS

7. COMENTÁRIOS

8. CLASSIFICAÇÃO DA SENSIBILIDADE LOCAL (ISL)

9. RECURSOS VISUAIS

9.1 CROQUI

anexo: sim () não ()

arquivo digital

localização

arquivo digital

localização

9.2 VÍDEO

sim () não ()

duração (min)

fita inicial

minuto inicial

fita final

arquivo digital

localização

9.3 FOTOS

sim () não ()

rolo

número

legenda

descrição

10. DOCUMENTOS ANEXOS

anexo: sim () não ()

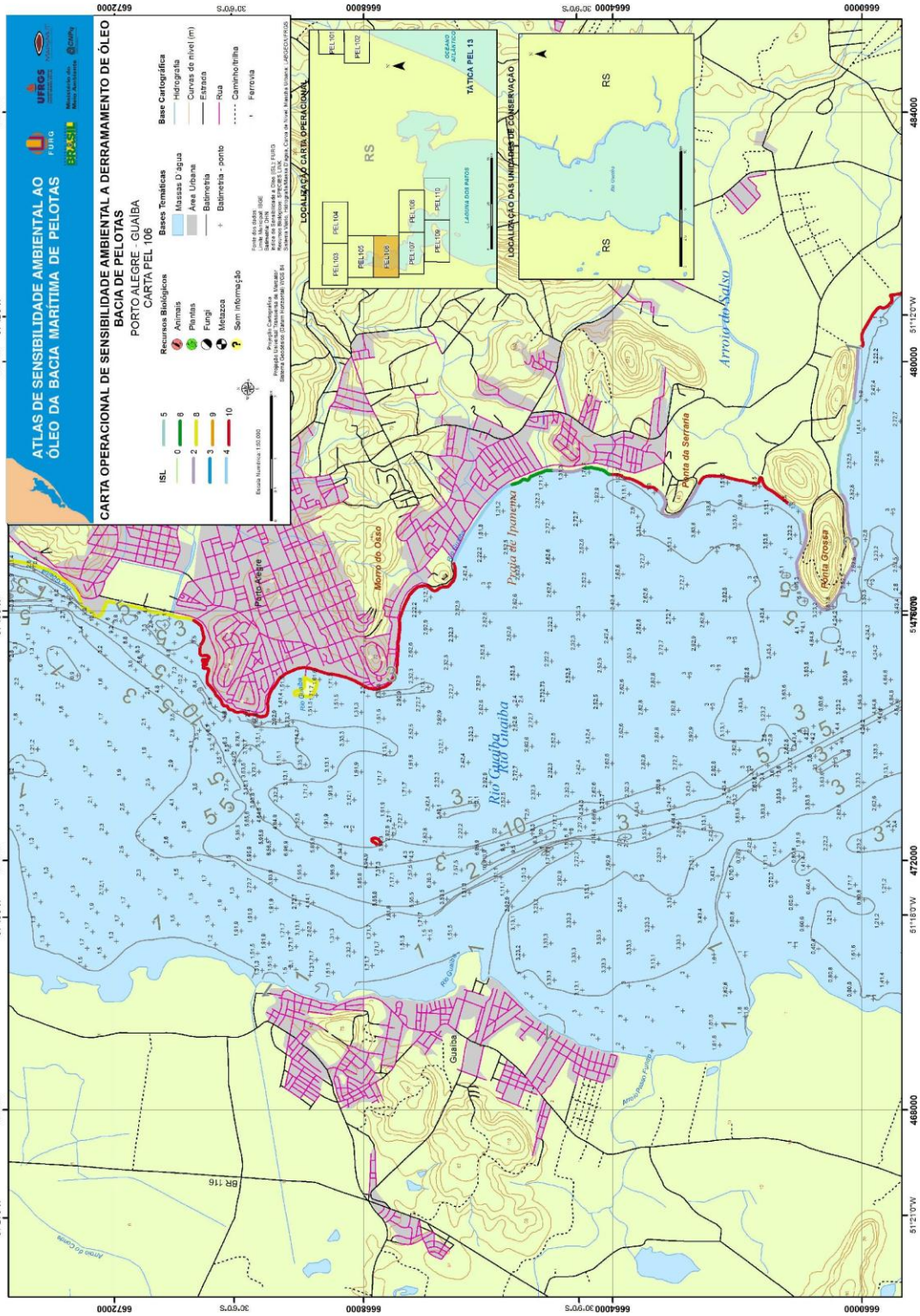
arquivo digital

localização

arquivo digital

localização

2. Carta SAO da região de Porto Alegre. Autor: Projeto Mapeamento de Sensibilidade ao Óleo da Bacia de Pelotas – Carta SAO, 2012.



3. Carta SAO da região de Itapuã. Autor: Projeto Mapeamento de Sensibilidade ao Óleo da Baía de Pelotas – Carta SAO, 2012.

