

---

• REVISTA DE  
**GESTÃO COSTEIRA  
INTEGRADA**

---

**Journal of Integrated Coastal Zone Management**

---

**VOL. 13(3): Setembro  
September 2013**

---

<http://www.aprh.pt/rgci/>

ISSN: 1646-8872

**Editor / Editors**

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos / UNIVALI / CIMA / LABOMAR

**Secretariado da APRH**

Ana Carneiro, Ana Estêvão, André Cardoso, Conceição Martins

**Formatação e paginação / Layout**

André Cardoso

**Design da capa / Cover design**

Flatland Design

ISSN 1646-8872

# GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA

*Journal of Integrated Coastal Zone Management*



## Revista de Gestão Costeira Integrada

*Journal of Integrated Coastal Zone Management*

Volume 13, Número 3 / Volume 13, Issue 3  
Setembro 2013 / September 2013

<http://www.aprh.pt/rgci>

### Corpo Editorial / Editorial Board

J. Alveirinho Dias  
Editor-in-Chief  
([jdias@ualg.pt](mailto:jdias@ualg.pt))

Ulisses Miranda Azeiteiro  
Assistant Editor  
([ulisses@uab.pt](mailto:ulisses@uab.pt))

Mónica Ferreira da Costa  
Assistant Editor  
([mfc@ufpe.br](mailto:mfc@ufpe.br))

J. Antunes do Carmo  
Deputy Editor (APRH)  
([jsacarmo@dec.uc.pt](mailto:jsacarmo@dec.uc.pt))

Alice Newton  
Deputy Editor (CIMA)  
([anewton@ualg.pt](mailto:anewton@ualg.pt))

Lidriana Pinheiro  
Deputy Editor (LABOMAR)  
([lidriana.lgco@gmail.com](mailto:lidriana.lgco@gmail.com))

Marcus Polette  
Deputy Editor (UNIVALI)  
([mpolette@univali.br](mailto:mpolette@univali.br))

Revisão linguística (português europeu): Jorge Baptista ([jorge.manuel.baptista@gmail.com](mailto:jorge.manuel.baptista@gmail.com))

### Secretariado da RGCI / JICZM Secretariat

Ana Estêvão  
([aestevao@aprh.pt](mailto:aestevao@aprh.pt))

André Cardoso  
([acardoso@aprh.pt](mailto:acardoso@aprh.pt))

## Índice / Index

### Articles / Artigos

Juliana dos Santos Ribeiro Paulo H. G. de Oliveira Sousa Danilo Rodrigues Vieira Eduardo Siegle	253	Evolução da vulnerabilidade à erosão costeira na Praia de Massaguaçu (SP), Brasil <i>Evolution of vulnerability to coastal erosion at Massaguaçu Beach, Brazil</i>
Márcia Thelma R. D. Marino George Satander Sá Freire Norberto Olmiro Horn Filho	267	Variações granulométricas ao longo da costa da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil <i>Grain size variations along the Fortaleza metropolitan region coastline, Ceará, Brazil</i>
Maria de F. Alves de Matos Conceição Juana E. M. Fortes Venerando Eustáquio Amaro Ada Cristina Scudeleri	283	Análise Comparativa da Agitação Obtida com o Modelo Numérico (SWAN) na Modelagem de Ondas do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte, Brasil e Dados de Campo <i>Comparative Analysis of Agitation Obtained the Numeric Model (SWAN) in Modeling Rio Grande do Norte (Brazil) Northern Coastal Waves and Field Data</i>
Rui China Pereira F. Taveira Pinto Raquel Silva Luciana das Neves	301	Avaliação experimental da influência de diferentes configurações da cabeça de quebra-mares destacados no comportamento morfológico da praia adjacente <i>Experimental evaluation of the influence of detached breakwater head configuration in the morphological behavior of the adjacent beach</i>
José Simão Antunes do Carmo	317	Experiência de recuperação de um sistema dunar e proposta de instrumentos complementares de proteção, atração e valorização ambiental <i>Recovery experience of a dune system and complementary instruments proposal of protection, attraction, and environmental enhancement</i>
S. E. Sato C. M. L. Cunha	329	Carta de unidades geoambientais do município de Itanhaém, São Paulo, Brasil <i>Map of geoenvironmental units of Itanhaém County, São Paulo, Brazil</i>
Thaís Antolini Veçozzi Alexandre Caldeirão Carvalho	343	O licenciamento ambiental nas operações portuárias: estudo de caso aplicado aos operadores do terminal Porto Novo no porto organizado do Rio Grande, RS, Brasil <i>Environmental licensing in port operations: a case study applied to operators of Porto Novo terminal in organized port of Rio Grande, RS, Brazil</i>
Jerónimo Taundi Guilherme Luiz Alberton Elisete Dahmer Pfitscher Fabrícia Silva da Rosa	353	Gestão e diagnóstico ambiental: Um estudo de caso em um porto de Santa Catarina, Brasil <i>Management and environmental diagnostic: A case study in a port of Santa Catarina, Brazil</i>

Fernanda Terra Stori Denis Moledo de Souza Abessa Nivaldo Nordi	365	Análise das lógicas de ação de atores sociais em torno do licenciamento ambiental de um terminal portuário no estuário de Santos (Brasil) <i>Analysis of the logic of action of stakeholders surrounding the environmental licensing of a port terminal in Santos estuary (Brazil)</i>
Luna Guimarães Fernandes Davis Gruber Sansolo	379	Percepção ambiental dos moradores da cidade de São Vicente sobre os resíduos sólidos na Praia do Gonzaguinha, SP, Brasil <i>Environmental perception of the inhabitants of São Vicente city of solid waste in Gonzaguinha Beach, São Paulo, Brazil</i>

---

**NOTA TÉCNICA / TECHNICAL NOTE**

---

Carlos Felipe Silva Santos Anderson Gomes de Oliveira	391	Mapeamento do uso do solo na APA estadual Lagoas de Guarajuba, Camaçari, BA, Brasil <i>Land use mapping in a protected area of Lagoas de Guarajuba in Camacari, Bahia, Brazil</i>
--	-----	--

---

## Evolução da vulnerabilidade à erosão costeira na Praia de Massaguaçu (SP), Brasil \*

### *Evolution of vulnerability to coastal erosion at Massaguaçu Beach, Brazil*

Juliana dos Santos Ribeiro <sup>@, 1</sup>, Paulo Henrique Gomes de Oliveira Sousa <sup>1</sup>,  
Danilo Rodrigues Vieira <sup>1</sup>, Eduardo Siegle <sup>1</sup>

#### RESUMO

A erosão costeira pode causar grandes prejuízos tanto ambientais quanto sociais nas áreas atingidas e a ocupação humana mal planejada nesses locais pode agravar o processo erosivo. A praia de Massaguaçu, localizada no litoral norte do Estado de São Paulo, vem sofrendo processos erosivos intensos nos últimos anos. O presente estudo teve como objetivo analisar a vulnerabilidade à erosão da praia em questão nos últimos 40 anos a partir de nove indicadores de vulnerabilidade: largura da praia, posição da linha de costa, configurações ao largo, presença de rios e/ou desembocaduras, elevação do terreno, vegetação, obras de engenharia costeira, taxa de ocupação e permeabilidade do solo. Os resultados mostraram que a vulnerabilidade à erosão não teve um aumento constante ao longo do período analisado. A parte central de Massaguaçu, hoje alvo de um processo erosivo intenso, foi a que apresentou a maior vulnerabilidade à erosão ao longo do tempo. Apesar de a ocupação humana aparentemente ter tido participação nos resultados, concluiu-se que a mesma pode não ser a causa direta do atual processo erosivo em Massaguaçu, uma vez que houve predominância de vulnerabilidades baixas mesmo em anos em que a ocupação esteve crescente. O método utilizado no estudo se mostrou eficiente para responder as questões propostas; é um procedimento rápido e de baixo custo para a avaliação do ambiente, tornando-o acessível para os gestores e tomadores de decisões realizarem avaliações rápidas do meio.

**Palavras-chave:** Indicadores de vulnerabilidade, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), planejamento urbano.

#### ABSTRACT

*Coastal erosion can cause major environmental and social damage to coastal areas, and disorderly and inadequate human occupation at these sites can lead to erosion.*

*Massaguaçu Beach, on the northern coast of São Paulo State, has suffered severe erosion in recent years. In the most severe cases, erosion had already begun to affect the road way Dr. Manuel Hyppolito Rego (SP-55) that runs next to the beach. Several efforts have been implemented to contain this problem, but have proved to be unsuccessful. The cause of these erosions remain unclear, however, studies suggest that these changes in the coast line may be related to the increasing urbanization around the beach.*

*Because of this phenomenon, this study aimed to analyze the coastal erosion vulnerability at the beach over a period of 40 years, with the objective of evaluating if human occupation had a significant impact in the local erosion. Data was gathered using nine vulnerability indicators: beach width, shoreline position, offshore settings, presence of rivers and/or inlets, terrain elevation, vegetation, coastal engineering structures, occupation rate and soil permeability.*

@ - Corresponding author: [juliana.santos.ribeiro@usp.br](mailto:juliana.santos.ribeiro@usp.br), [jusantosribeiro@gmail.com](mailto:jusantosribeiro@gmail.com)

1 - Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo, Praça do Oceanográfico, 191. São Paulo, Brasil

The methodology consisted of analysis of several aerial pictures of the beach (from 1962, 1973, 1977, 1987 e 2001) and data from earlier works. To facilitate the analysis of Massaguaçu beach, its 7.5 km stretch was divided into three distinct sectors: north, center, and south sector. The division was made based on the different features present in each sector. The north sector is characterized by the presence of the Cocanha Islands, which serve as a natural barrier for the beach, and the Bracuí river. The center sector contains the largest stretch of the road way SP-55 that runs next to the entirety of the center sector, and has absence of rivers and offshore barriers. The south sector is characterized by the absence of the road way and by the presence of the Capricórnio River.

The results show that coastal erosion vulnerability has increased in a non-constant way over the analyzed period. The indicators beach width and shoreline position demonstrated oscillating behavior, which in turn made the final vulnerability result oscillate as well. The other indicators demonstrated stable or increasing vulnerability results. The central part of Massaguaçu—where erosion is intense—presented the highest rates of coastal erosion vulnerability over time.

Although human occupation seemingly has been influential in the results, the study concluded that it might not be the direct cause of the current erosion in Massaguaçu. This holds true because there was a predominance of low vulnerability even in years where the occupation was growing. Recent studies suggested that the largest contribution to the recording of the erosion in the studied area came from the longshore current that transports sediment from the center sector to the neighboring sectors.

The method used in this study has proven effective in answering the questions posed. It is a quick, inexpensive method to evaluate the environment, making it accessible for coastal managers to carry out rapid environmental assessments. As a result, better understanding of areas vulnerable to erosion may lead to more responsible city planning along the coastal area.

**Keywords:** Indicators of vulnerability, Geographic Information System (GIS), urban planning.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Motivação

A avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira tem sido uma ferramenta importante para identificar e prevenir impactos socioeconômicos nas cidades litorâneas. Entretanto, a lacuna oriunda da escassez de dados de monitoramento de longo prazo da zona costeira, sobretudo no Brasil, é um obstáculo difícil de ser vencido. O esforço realizado nesse sentido tem partido de pesquisadores com interesse fundamentalmente científico.

Ao longo de praticamente todo o litoral brasileiro são verificados pontos de erosão costeira, resultantes de processos que, em muitos casos, são fruto de ações humanas que causam interferências na morfodinâmica e no aporte sedimentar (Muehe, 2005; 2006). Muehe (2005) não considera esses processos erosivos como uma ameaça para a totalidade da orla, contudo esses processos têm se traduzido em danos socioeconômicos, ambientais e culturais significativos na medida em que casas são instaladas na pós-praia, a infraestrutura urbana é afetada e obras de engenharia costeira são construídas.

De forma sumarizada, segundo Cai *et al.* (2009), as causas da erosão costeira de escala global ou regional podem ser naturais: aumento do nível do mar, intensificação de tempestades, subsidência tectônica, alterações nas bacias hidrográficas; e antrópicas: subsidência do solo e construção de barragens. À escala local, podem-se considerar relevantes as construções que interferem na deriva litoral, e a retirada de areia no sistema fluvial-litoral. Os processos naturais e antrópicos que resultam na erosão costeira inter-relacionam-se ao reduzir o balanço sedimentar ou alterar a dinâmica costeira. Além da perda de área emersa, outros impactos são, sobretudo, a intrusão marinha nas águas superficiais, a curto prazo, e a intrusão de água salgada no lençol freático e a perda da biodiversidade a longo prazo (Nicholls 2004; Nicholls & Cazenave, 2010).

Nesse contexto, a projeção de aumento do nível do mar

(NM) feita pelo IPCC (2007) para 2100 foi de 0,2 a 0,6 m. Adicionalmente, existem projeções como a de Rahmstorf (2007) onde o cenário mais otimista para o mesmo período é de um aumento da ordem de 0,6 m e o mais pessimista é de 1,4 m. Esses estudos são importantes para fins de planejamento e adaptação. No caso de algumas praias onde um rápido aumento do NM foi observado, foi constatado que as ações de adaptação partem primeiramente da população afetada e pouco ou quase nada é feito pelo governo (Linnekamp *et al.*, 2011).

Certamente as ações com vista à adaptação ao aumento do NM afetam diretamente a vida da população que habita as proximidades do litoral. No caso do delta de Ebro, Espanha, Fatorić & Chelleri (2012) constataram que a comunidade mostrou preocupação em relação a como a adaptação seria feita. Esta optou por um processo suave, com ação realizada em consonância com a manutenção dos recursos naturais da região.

Sabe-se, no entanto, que os impactos humanos podem somar-se àqueles causados pela natureza. Além disso, sobretudo às escalas local e regional, podem ser mais danosos do que processos naturais que atuam em grande escala temporal e espacial, como as mudanças climáticas. A melhor forma de lidar com prejuízos causados por processos erosivos é tomar medidas preventivas antes que eles atinjam níveis mais críticos. Desta maneira, estudos que contemplem a avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira assumem papel primordial para o planejamento urbano e regional em áreas litorâneas.

A vulnerabilidade da zona costeira pode ser avaliada considerando diferentes fatores, como o aumento do nível do mar, erosão costeira e tempestades. Vários trabalhos foram feitos considerando esses fatores (Pendleton *et al.*, 2010; Bush *et al.*, 1999; Bosom & Jiménez, 2011), no entanto, todos foram realizados para áreas de grande extensão geográfica e utilizando bancos de dados com vários anos de monitoramento. Alguns estudos de vulnerabilidade costeira já foram realizados na praia de Massaguaçu (SP) (Figura 1)

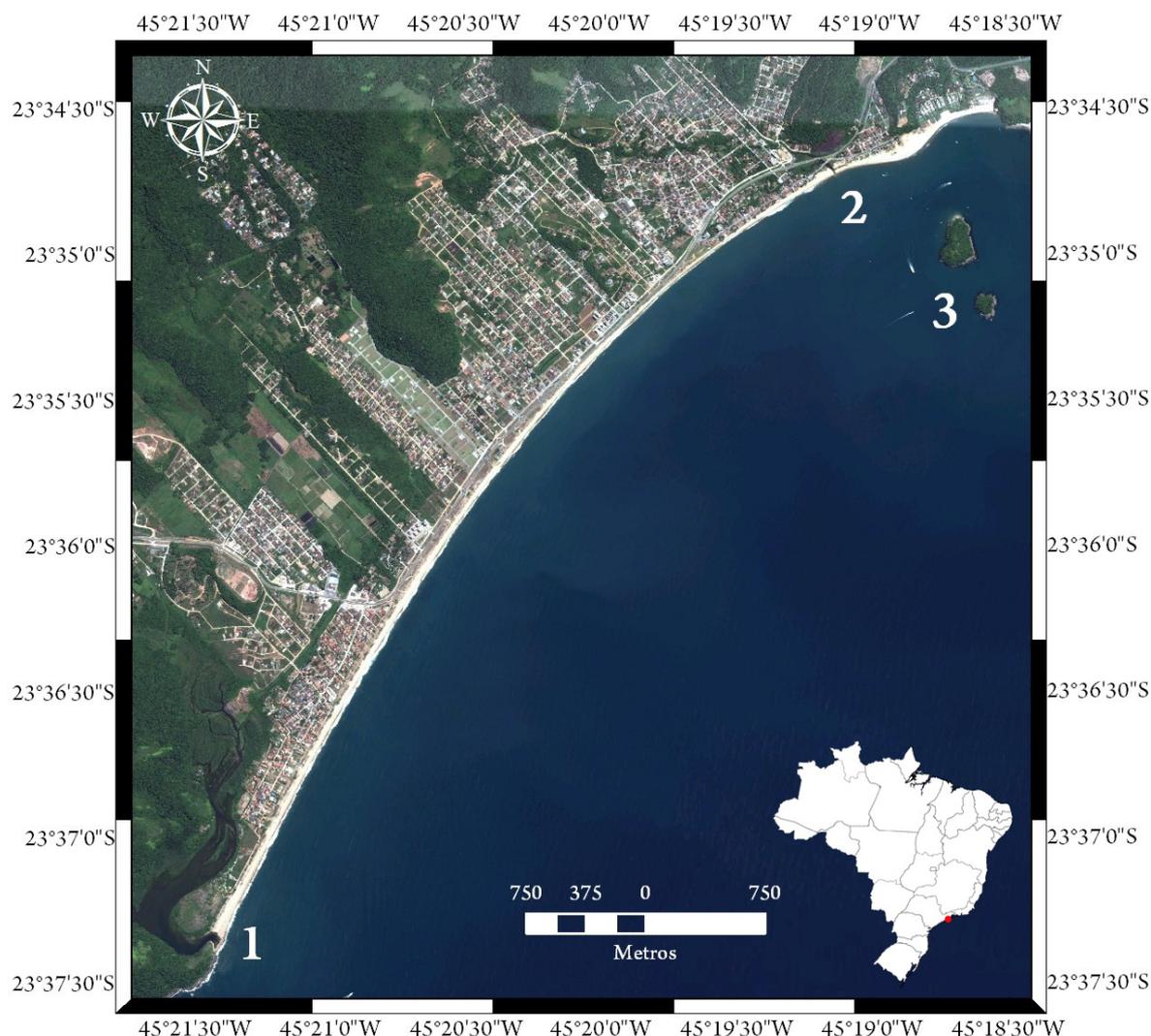
(Sousa *et al.*, 2011; Sousa *et al.*, 2013). Entretanto, esses trabalhos fizeram uma análise instantânea da vulnerabilidade com base em informações recentes. Diferentemente, o objetivo deste trabalho é avaliar a evolução da vulnerabilidade à erosão costeira local ao longo de 40 anos observando como se deu o crescimento urbano e como este influenciou os processos erosivos atuais na região. O estudo tem como base uma série de indicadores de ordem, sobretudo, qualitativa, adaptados para a área em apreço: largura da praia, posição da linha de costa, configurações ao largo, presença de rios e/ou desembocaduras, elevação do terreno, vegetação, obras de engenharia costeira, taxa de ocupação e permeabilidade do solo. Através destes, foram estabelecidos graus de vulnerabilidade nos diferentes anos e setores do arco praial.

## 1.2. Área de estudo

A praia de Massaguaçu (Figura 1), pertencente ao município de Caraguatatuba (litoral norte de São Paulo),

está localizada próximo ao Trópico de Capricórnio, possui 7,5 km de extensão e orientação NE-SE. A praia é composta por areia grossa e média, com grau de selecionamento moderado (Rogacheski, 2010). A maior parte da praia apresenta morfologia com características de praia refletiva de alta energia, com tendências intermediárias (Sousa & Luna, 2010). A linha praial é interrompida por dois pequenos rios que alcançam o oceano nas extremidades da praia: rio Capricórnio ao sul e rio Bracuí ao norte.

A área está sujeita a um regime de micro-marés (Sousa *et al.*, 2013). Quanto ao clima de ondas, a direção dominante da onda é leste no verão (com período de 6-8 s e altura de onda de 1-2 m) e sul nas demais estações (com períodos de 10-12 s e alturas de onda de 1-2 m, 1-3 m e 2-3 m para verão, outono e inverno, respectivamente), de acordo com os resultados de Pianca *et al.* (2010) para a costa sudeste brasileira.



**Figura 1.** Mapa da área de estudo, onde 1 representa a desembocadura do Rio Capricórnio, 2 representa a desembocadura do Rio Bracuí e 3 representa as Ilhas Cocanha.

**Figure 1.** Map of the study area, where 1 represents the Capricórnio River inlet, 2 represents the Bracuí River inlet and 3 represents the Cocanha Islands.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento baseadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para isso, a praia de Massaguaçu, com extensão de 7,5 km, foi dividida em três setores: norte, centro e sul. As técnicas utilizadas para este trabalho estão descritas a seguir.

### 2.1. Imagens aéreas

A maioria dos indicadores de vulnerabilidade utilizados para estimar a evolução da vulnerabilidade à erosão foram analisados com base em imagens digitais. Para tanto, utilizaram-se conjuntos de imagens aéreas abrangendo um período de aproximadamente 40 anos (Tabela 1).

As imagens foram utilizadas para determinar o grau de vulnerabilidade da área em cada ano e gerar mapas temáticos para uma melhor visualização dos indicadores analisados. O material foi fornecido pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (fotografias aéreas dos anos de 1962, 1973, 1977 e 1987) e pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; fotografia digital do ano de 2001).

A imagem de 2001 foi fornecida georreferenciada no sistema de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), fuso 23S e datum planimétrico SAD69 (*South American Datum 1969*). Desta forma, essa imagem serviu como base para o georreferenciamento das demais que foram projetadas através dos programas IDRISI 15.0 – *Andes Edition* e ArcMAP 9.3 da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*).

Para georreferenciar as imagens a partir da imagem de 2001, utilizaram-se pontos de controle (PCs), que são locais identificados tanto na imagem base quanto na imagem a ser georreferenciada. Os PCs devem ser distribuídos ao longo da área de interesse para que se obtenha um melhor desempenho no processo (Araujo et al., 2009); no presente estudo, priorizou-se a precisão do georreferenciamento na linha de costa das fotografias.

Durante o processo, o erro encontrado no georreferenciamento (RMS - *Root Mean Square*) foi sempre menor que o erro máximo permitido, que corresponde ao erro de graficismo da imagem (Júnior et al., 2006). A resolução das imagens após digitalização foi de 300 DPIs.

### 2.2. Delimitação dos setores e extensão da faixa costeira analisada

Para facilitar a análise, o arco praiado de Massaguaçu, com extensão de 7,5 km, foi dividido em três setores distintos: setor norte, setor centro e setor sul. Essa divisão se deu em virtude das diferentes feições encontradas ao longo da área de estudo (Figura 1). No setor norte há a presença das Ilhas Cocanha, que servem de barreira natural para a praia, além da presença do rio Bracuí. O setor centro é caracterizado por conter a maior extensão da rodovia, sendo que esta margeia a praia por todo o comprimento do setor. Além disso, nessa área há ausência de rios e barreiras naturais ao largo. Já o setor sul é caracterizado pela quase ausência da rodovia, e pela presença do rio Capricórnio. A extensão da faixa costeira analisada foi de 500 m, partindo do limite da linha d'água (obtida através da imagem do ano de 2001) em direção ao interior.

### 2.3. Indicadores de Vulnerabilidade

Para se obter o grau de vulnerabilidade à erosão da área de estudo, nove indicadores foram analisados. Foram utilizados parâmetros qualitativos e quantitativos para classificar os indicadores como sendo de baixa, média ou alta vulnerabilidade (Tabela 2).

Os indicadores analisados foram adaptados de Sousa et al. (2013) e são brevemente descritos abaixo:

*Posição da linha de costa:* linhas de costa estáveis ou em progradação representam um cenário de baixa vulnerabilidade, enquanto que linhas de costa que sofrem retrogradação evidenciam um cenário de alta vulnerabilidade.

**Tabela 1.** Detalhamento das imagens/fotografias aéreas utilizadas no estudo.

**Table 1.** Details of the aerial images/photographs used in this study.

Ano	Mês	Tipo de material	Número das fotografias/imagens aéreas	Escala / resolução	Entidade / empresa responsável
1962	Outubro	Fotografias aéreas	7-9280, 7-9536, 7-9538	1:25.000	Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo – Instituto Agrônomo (AS – IA)/ Aerofoto Natividade S.A.
1973	Janeiro	Fotografias aéreas	43183, 43208 e 43210	1:25.000	Base Service (Base Serviços de Fotografias Aéreas e Imagens LTDA)
1977	Não foi informado	Fotografia aérea	1928	1:35.000	Base Service (Base Serviços de Fotografias Aéreas e Imagens LTDA)
1987	Janeiro	Fotografias aéreas	0009, 0011, 0014, 0016, 0014, 0016	1:10.000	Base Service (Base Serviços de Fotografias Aéreas e Imagens LTDA)
2001	Não foi informado	Imagem aérea	2796-12	1 metro	INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

**Tabela 2.** Descrição dos indicadores de vulnerabilidade utilizados no presente trabalho. A vulnerabilidade mencionada é a vulnerabilidade à erosão costeira (adaptado de Sousa et al., 2013).

**Table 2.** Description of the indicators of vulnerability used in this study. The vulnerability mentioned is the erosion vulnerability (adapted from Sousa et al., 2013).

Indicador de vulnerabilidade	Vulnerabilidade baixa	Vulnerabilidade moderada	Vulnerabilidade alta
Posição da linha de costa	Progradação	Estável	Retrogradação
Largura da praia	Larga faixa de praia	Largura média a estreita	Praia estreita
Presença de rios e / ou desembocaduras	Distância maior que 100m	Distância entre 50 e 100m	Distância menor que 50m
Elevação do terreno	Maior que 6 m	Entre 3 e 6 m	Menor que 3 m
Taxa de ocupação	Menor que 30%	Entre 30 e 70%	Maior que 70%
Permeabilidade do solo	Permeável, com nenhuma ou pouca ocupação	Moderadamente permeável, em função da ocupação/urbanização	Permeabilidade seriamente afetada, com presença de ocupação urbana bem desenvolvida
Configurações ao largo	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Pista de atuação do vento limitada (presença de barreiras arenosas ao largo)	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas
Vegetação	Densa com florestas desenvolvidas e sem evidências de erosão	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Nenhuma ou pouca vegetação
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas costeiras	Estruturas pequenas ou pouco significantes	Presença de quebra-mares, esporões, molhes, etc.

*Largura da praia (ao longo do arco praial):* sistemas praias largos são mais propensos à estabilidade.

*Configurações ao largo:* a área de mar aberto que se encontra adjacente à linha de costa determina, parcialmente, a altura das ondas (de tempestade ou não) que podem surgir. Este indicador tem relação com feições migratórias ou fixas que, em geral, funcionam como barreiras que atenuam o ataque das ondas à zona costeira.

*Obras de engenharia costeira:* as obras podem indicar instabilidade atual ou recente da linha de costa, uma vez que o objetivo delas é conter a erosão costeira ou proteger construções presentes no local, mas também tendem a induzir erosão a sotamar.

*Elevação do terreno:* a elevação do sistema praia-duna e pós-praia é um fator primordial quando se trata da suscetibilidade à inundações. Áreas baixas e planas estão expostas a ataques de ondas, sobrelavagem, inundações por tempestade (incluindo a ondulação e a sobre-elevação meteorológica), e às vezes transporte eólico de areia.

*Vegetação:* a presença de vegetação bem desenvolvida, seja ela rasteira, arbustiva ou arbórea na zona de pós-praia, sugere um cenário de baixa erosão e rara intrusão de água salina.

*Presença de rios e/ou desembocaduras:* essas feições podem migrar por centenas de metros, sugerindo instabilidade em suas adjacências.

*Permeabilidade do solo:* a permeabilidade dos solos está intimamente relacionada com a ocupação e com o tipo de uso do solo. Solos pouco permeáveis são mais susceptíveis à inundações.

*Taxa de ocupação:* a ocupação da zona costeira altera o ambiente natural, seja com o desmatamento de vegetação nativa, com a impermeabilização do solo, a criação de corredores de penetração de inundações ou com outras ações. Ademais, as estruturas construídas são muito afetadas por processos erosivos. Quanto maior a taxa de ocupação do local, maior a vulnerabilidade à erosão costeira.

### 2.3.1. Posição da linha de costa

A linha de costa (LC), do ponto de vista físico, corresponde ao ponto de encontro entre o continente e o oceano. Deve-se entender que a LC é uma linha móvel, em escalas espacial e temporal, devido aos inúmeros fatores que atuam nesse ambiente dinâmico (processos erosivos e deposicionais, marés, ondas, dentre outros; Araujo et al., 2009). Tendo em

vista essa mobilidade, é importante que haja a definição de um critério para delimitação da LC, para que os resultados obtidos possam ser comparados.

São diversos os indicadores que podem ser utilizados para se delimitar a linha de costa, como o limite da vegetação costeira, a linha d'água e a interface da zona entremarés (correspondente ao limite máximo da preamar). A delimitação deve ser feita pelo indicador mais discernível e constante no material analisado (Araujo *et al.*, 2009; Boak & Turner, 2005), que no caso das imagens aéreas utilizadas no presente estudo é a interface água - sedimento. Na área de estudo, em função de mudanças na linha de vegetação causadas pela ação antrópica (plantio nas margens da estrada), optou-se pela utilização da linha d'água como indicador de linha de costa. Apesar das possíveis limitações envolvidas na análise desse parâmetro, ele apresentou-se como melhor opção para a área de interesse.

As linhas de costa foram digitalizadas com o uso do ArcGIS 9.3. Para determinar a variação dessas linhas nos vários anos, uma rotina em ambiente MATLAB foi criada. A função consiste em analisar a variação de duas linhas de costa a partir de "n" transectos traçados perpendicularmente a uma linha de base suavizada. O retorno da função é uma matriz de duas colunas, sendo a primeira a coordenada do meridiano UTM do transecto e a segunda um valor positivo ou negativo representando a distância de progradação ou retrogradação da costa, respectivamente.

Para o presente estudo, foram utilizados 150 transectos ao longo da praia, com espaçamento de 50 m. Os transectos foram traçados a partir da linha de costa do ano de 2001.

### 2.3.2. Largura da praia

A partir da imagem aérea de 2001, foram traçados 37 transectos ao longo da área de estudo, perpendiculares à linha de costa e distantes um dos outros cerca de 200 metros. A largura da praia de cada ano corresponde à medida do comprimento do segmento de cada transecto que tinha como limites a linha d'água e a faixa de vegetação. Para determinar o grau de vulnerabilidade de cada setor, fez-se uma divisão do comprimento dos transectos em três intervalos iguais, considerando como extremos o maior e menor valor encontrado ao longo dos anos. Assim, os setores que apresentaram um maior número de transectos estreitos (de 8,78 a 37,17 metros) foram classificados como de alta vulnerabilidade, os que apresentaram transectos de média extensão (37,18 a 65,56 metros) foram considerados de média vulnerabilidade e os setores que continham em sua maioria transectos largos (65,57 a 93,96 metros) foram classificados como sendo de baixa vulnerabilidade.

### 2.3.3. Presença de rios e / ou desembocaduras

A vulnerabilidade quanto a esse indicador foi analisada a partir da distância de cada setor aos rios presentes na praia. Nos setores em que havia a presença de rios ou desembocaduras, a distância considerada foi zero (alta vulnerabilidade). Nos outros setores, a vulnerabilidade foi considerada baixa se a distância dos rios era maior que 100 metros e considerada média se a distância era entre 50 e 100 metros. Para esse cálculo, foram traçados polígonos em volta dos rios que

tivessem uma distância fixa dos mesmos (função *buffer* do ArcGIS 9.3), criando "áreas de influência" dos rios de 50 e 100 metros. A partir disso, pôde-se ter certeza do quão distante cada setor estava dos rios.

### 2.3.4. Elevação do terreno

Em virtude da inexistência de dados para a região costeira na praia de Massaguacú, foram utilizados dados de altitude extraídos do projeto "TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil" (INPE, 2008). A partir das curvas de nível obtidas, criou-se uma rede triangular irregular (TIN - *Triangular Irregular Network*) para facilitar a análise altimétrica. O método de interpolação empregado foi a triangulação de Delaunay.

A TIN foi dividida em três intervalos de altura: menor que 3 metros (alta vulnerabilidade), entre 3 e 6 metros (média vulnerabilidade) e maior que 6 metros (baixa vulnerabilidade). A partir desse mapa, foram traçados polígonos ao redor das regiões de mesma altura, e suas áreas foram calculadas para se obter a vulnerabilidade predominante em cada setor.

Como as imagens aéreas antigas não possuem informações altimétricas e o período analisado é muito curto para se considerar variações expressivas da elevação do terreno, considerou-se a mesma altura para todas as fotografias aéreas analisadas.

### 2.3.5. Taxa de ocupação

Os indícios de ocupação humana foram vetorizados em cada conjunto de fotografias aéreas, através da criação de polígonos. Calculou-se, então, a área desses polígonos, para se obter a área correspondente à ocupação. Habitações foram consideradas como sendo ocupação, assim como a rodovia SP-55, que é pavimentada. Lotes vazios não foram considerados como ocupação.

A taxa de ocupação em porcentagem (T) foi obtida, para cada ano e setor analisados, através da Equação 1:

$$T = \frac{A_o}{A_u} \times 100 \quad (1)$$

onde  $A_o$  representa a área de ocupação e  $A_u$  representa a área útil.

A área útil ( $A_u$ , representando aqui a área passível de ocupação) foi determinada a partir da Equação 2:

$$A_u = A_c - A_r \quad (2)$$

onde  $A_c$  representa a totalidade da área continental do segmento analisado e  $A_r$  representa a área ocupada pelos rios.

É importante ressaltar que a área útil dos setores foi diferente para cada ano, uma vez que o curso dos rios e a posição da linha de costa mudaram durante o período estudado.

### 2.3.6. Permeabilidade do solo

A permeabilidade do solo foi classificada de acordo com o resultado da taxa de ocupação, uma vez que ela é relativa à pavimentação e à urbanização do local analisado. Assim, nos setores que apresentaram alta taxa de ocupação o indicador foi considerado como de alta vulnerabilidade, para taxa média de ocupação o indicador foi considerado de média vulnerabilidade e para baixa taxa de ocupação, baixa vulnerabilidade.

### 2.3.7. Demais indicadores

Os indicadores configurações ao largo, vegetação e obras de engenharia costeira (vide Tabela 2) foram classificados a partir de dados da literatura e observação visual das fotografias aéreas.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Indicadores de vulnerabilidade

Os indicadores de vulnerabilidade foram analisados e classificados de acordo com sua respectiva vulnerabilidade

(alta, média ou baixa) para cada ano analisado. A compilação dos resultados da análise da vulnerabilidade dos indicadores está apresentada na Tabela 3, e alguns dos resultados estão descritos em detalhes a seguir.

#### 3.1.1. Posição da linha de costa

Através da função de MATLAB já explicitada no item 2.1.1 determinou-se se a linha de costa progradou ou retrogradou nos intervalos de tempo especificados. A rotina gerou gráficos com informações quantitativas da variação da linha de costa. Quando os resultados apresentaram um maior número de perfis em progradação, a vulnerabilidade correspondente ao setor foi baixa. Já nos setores em que os resultados eram de retrogradação em sua maioria, a vulnerabilidade foi alta. O ano de 1962 não apresentou resultados para esse indicador porque não havia linha de costa anterior para se comparar.

A Figura 2 apresenta os gráficos da variação da posição da LC entre os anos subsequentes e setores analisados. O setor norte apresentou retrogradação no período de 1962 a 1977 e progradação no período de 1977 a 2001. O setor centro apresentou progradação nos períodos de 1973 a 1987

**Tabela 3.** Vulnerabilidades encontradas para cada indicador analisado, onde “N”, “C” e “S” representam setor norte, centro e sul, e “A”, “M” e “B” representam alta, média e baixa vulnerabilidade, respectivamente.

**Table 3.** Results of vulnerability for each analyzed indicator, where “N”, “C” and “S” represent north, centre and south sectors accordingly, and “A”, “M” and “B” represent high, moderate and low vulnerability, respectively.

Indicador de vulnerabilidade	1962			1973			1977			1987			2001		
	N	C	S	N	C	S	N	C	S	N	C	S	N	C	S
Posição da linha de costa	-	-	-	A	A	A	A	B	A	B	B	B	B	A	B
Largura da praia	M	M	M	A	A	A	A	A	A	A	M	A	M	A	M
Presença de rios e/ou desembocaduras	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A
Elevação do terreno	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Taxa de ocupação	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	M	M
Permeabilidade do solo	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	M	M
Configurações ao largo	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A
Vegetação	B	B	B	M	M	M	M	M	A	A	A	A	A	A	A
Obras de engenharia costeira	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

e retrogradação nos períodos de 1962 a 1973 e 1987 a 2001. Já o setor sul apresentou retrogradação no período de 1962 a 1977 e progradação no período de 1987 a 2001. Analisando os quase 40 anos como um todo, ou seja, o intervalo entre 1962 e 2001, observa-se que houve progradação no setor norte e retrogradação nos setores centro e sul.

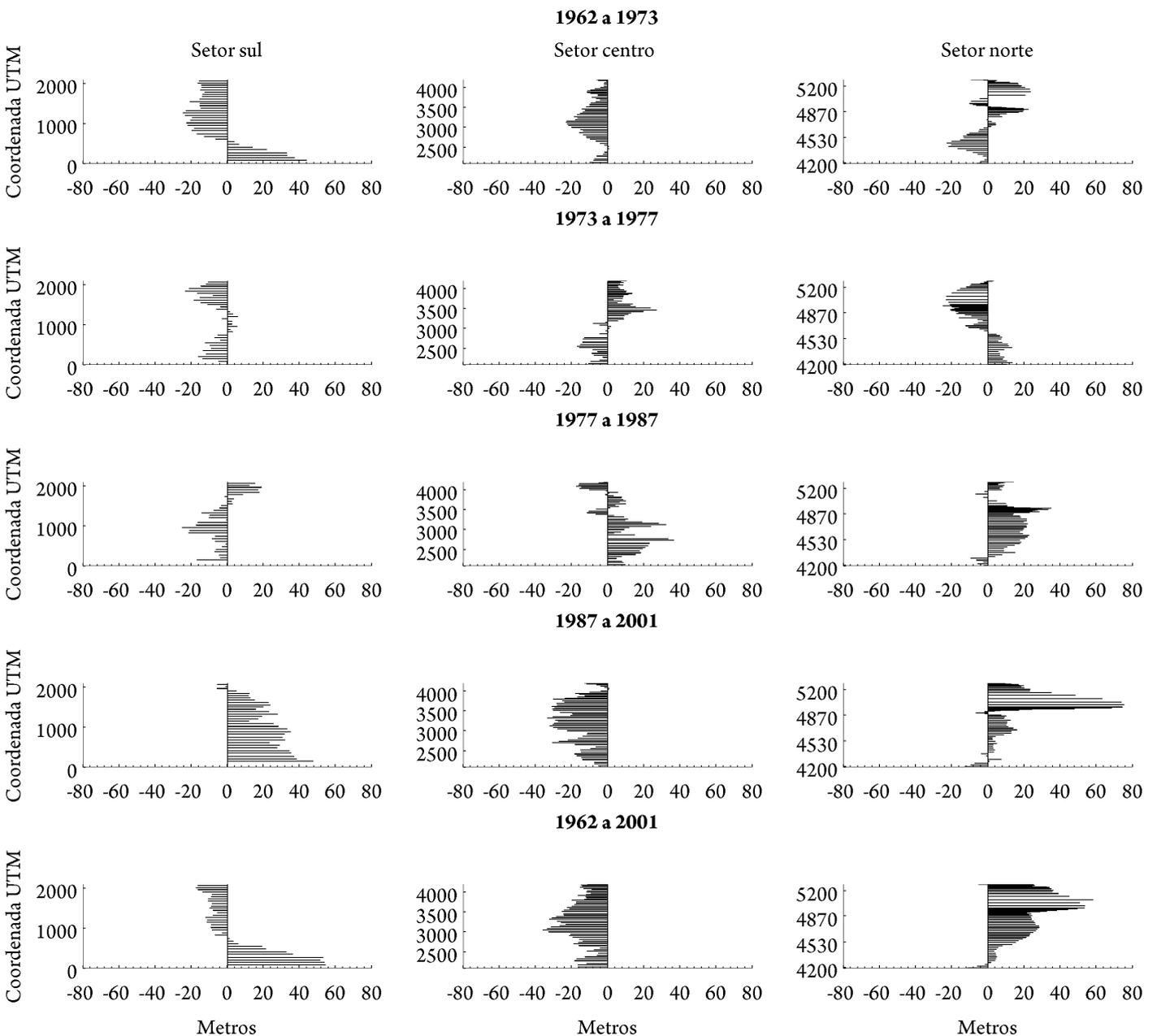
### 3.1.2. Largura da praia

Na medição da extensão praial ao longo da área de estudo, o maior comprimento obtido dentre todos os anos foi 93,96 metros, e o menor foi 8,78 metros. Com a divisão dos resultados em três intervalos iguais, ficou estabelecido que

perfis praias de 8,78 a 37,17 metros seriam considerados de alto risco, de 37,18 a 65,56 metros seriam considerados de médio risco e de 65,57 a 93,96 metros seriam considerados de baixo risco. Os resultados da classificação dos transectos quanto à vulnerabilidade estão apresentados na Tabela 4.

### 3.1.3. Presença de rios e / ou desembocaduras

O arco praial da área de estudo apresenta dois rios ao longo de seu comprimento (presentes em todas as imagens aéreas analisadas), o rio Bracuí no setor norte e o rio Capricórnio no setor sul. O setor centro dista mais de 100 metros desses rios.



**Figura 2.** Gráficos das variações de linha de costa nos diferentes anos e setores analisados. Valores positivos indicam progradação e valores negativos indicam retrogradação.

**Figure 2.** Charts of shoreline variations at the different years and sectors analyzed. Positive values: progradation; negative values: retrogradation.

**Tabela 4.** Porcentagem de transectos da largura de praia correspondentes a cada grau de vulnerabilidade, para cada ano analisado.  
**Table 4.** Percentage of beach width lines relative to each vulnerability result for each analyzed year.

Grau de vulnerabilidade	1962			1973			1977			1987			2001		
	N	C	S	N	C	S	N	C	S	N	C	S	N	C	S
Alto	15	7	0	69	100	70	77	64	60	46	36	70	23	100	10
Médio	69	86	70	23	0	10	15	36	30	31	64	30	54	0	70
Baixo	15	7	30	8	0	20	8	0	10	23	0	0	23	0	20

Desse modo, a vulnerabilidade à erosão das imagens aéreas quanto a esse indicador foi classificada como alta nos setores norte e sul e como baixa no setor centro, em todos os anos analisados.

### 3.1.4. Elevação do terreno

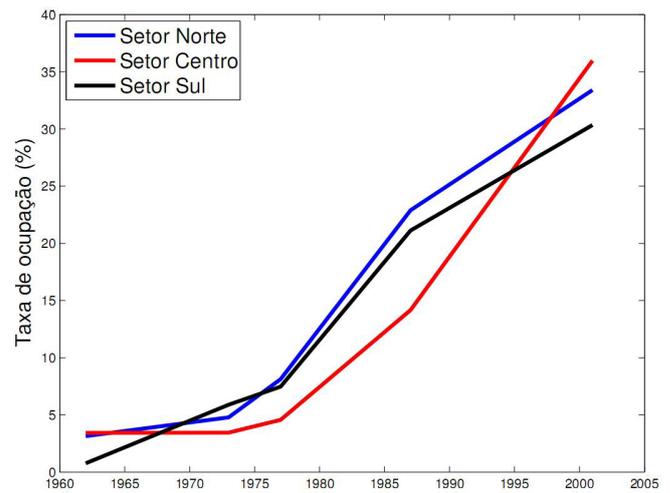
A Tabela 5 apresenta as áreas correspondentes a cada tipo de vulnerabilidade, nos diferentes setores. A vulnerabilidade média prevaleceu em todos os setores analisados, representando 47,8%, 67,1% e 44,4% da área total dos setores norte, centro e sul, respectivamente. Dessa forma, a vulnerabilidade à erosão das imagens aéreas analisadas foi classificada como média em todos os setores e anos analisados em relação a esse indicador.

### 3.1.5. Taxa de ocupação

Ao se analisar a evolução da taxa de ocupação, percebe-se que a mesma cresceu em todos os setores analisados, especialmente no setor centro, que teve um crescimento praticamente exponencial a partir de 1977 (Figura 3).

A evolução da área ocupada pela urbanização fica ainda mais visível na Figura 4, onde também se pode observar o conseqüente aumento da impermeabilização do solo e diminuição da área ocupada pela vegetação. Na figura, a área representada como “continente” representa o solo exposto,

aquele não ocupado nem por vegetação nem por ocupação antrópica.



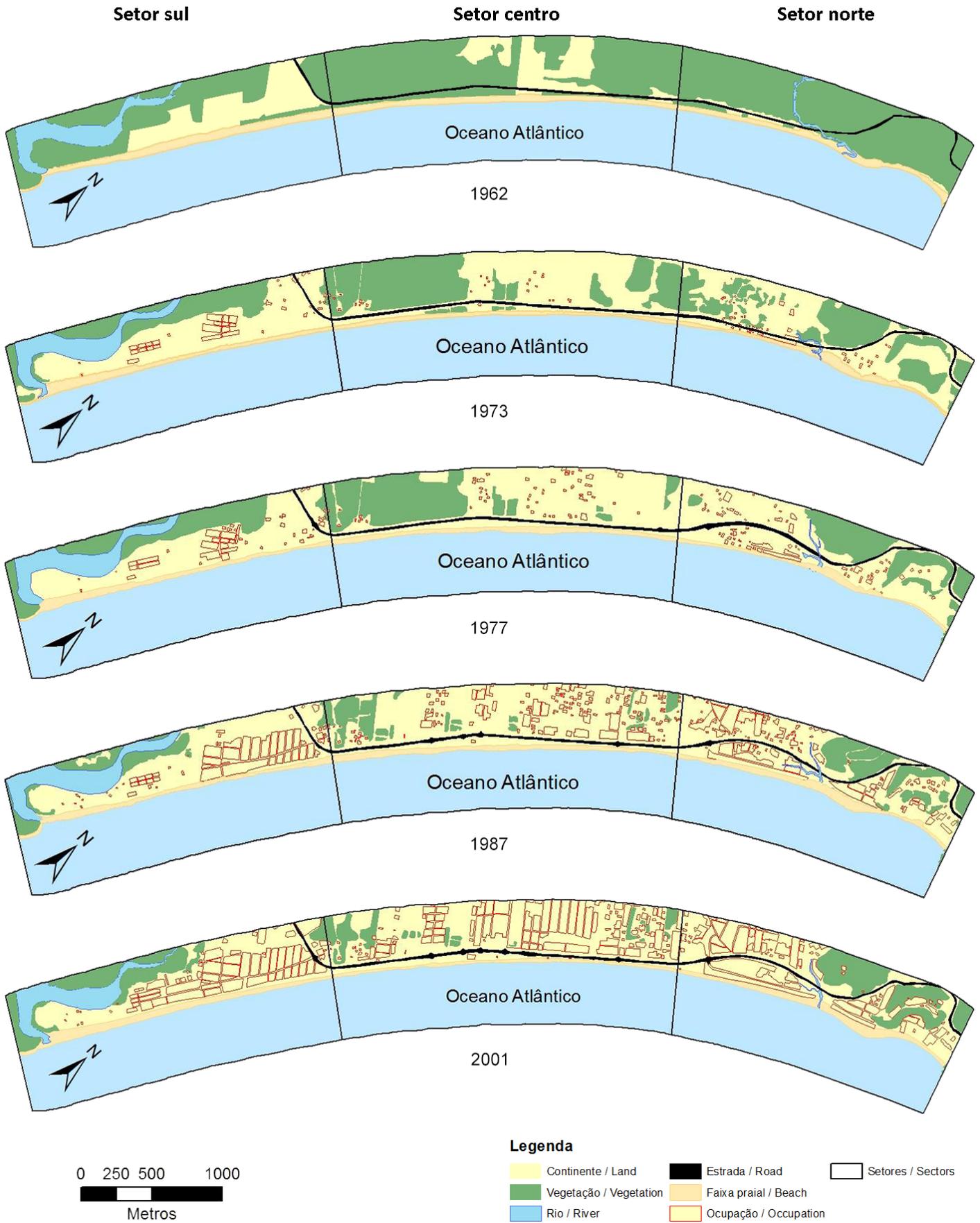
**Figura 3.** Evolução temporal da taxa de ocupação para cada setor analisado.

**Figure 3.** Temporal evolution of the occupation rate for each selected sector (blue line: north sector; red line: centre sector; black line: south sector).

**Tabela 5.** Resultado para a análise de vulnerabilidade quanto à elevação do terreno.

**Table 5.** Result of the terrain elevation vulnerability analysis.

Grau de vulnerabilidade	Setor norte		Setor centro		Setor sul	
	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentagem correspondente	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentagem correspondente	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentagem correspondente
Alta	130548,8	10,6	66109,8	4,7	356290,5	27,2
Média	585180,0	47,8	951908,5	67,1	580024,3	44,4
Baixa	508420,0	41,5	400161,8	28,2	370994,5	28,4



**Figura 4.** Mapa temático da área de estudo.  
**Figure 4.** Thematic map of the study area.

### 3.1.6. Permeabilidade do solo

A permeabilidade do solo foi classificada como média no ano de 2001, para todos os setores, e como baixa nos demais anos e setores. Essa classificação seguiu a classificação da taxa de ocupação.

### 3.1.7. Configurações ao largo

No setor norte da praia encontram-se as Ilhas Cocanha, que protegem a costa fazendo com que as ondas incidentes percam energia antes de atingir a praia. Essa configuração caracteriza uma vulnerabilidade baixa.

Já nos setores centro e sul não há presença de barreiras naturais que amenizem o efeito das ondas sobre a costa. Portanto, a vulnerabilidade nesses setores é vista como alta.

Essa configuração foi observada para todos os anos analisados. Deste modo, a vulnerabilidade à erosão das imagens aéreas, quanto a esse indicador, foi classificada como baixa no setor norte e alta nos demais setores.

### 3.1.8. Vegetação

Através da análise visual das fotografias aéreas do período, observa-se que 1962 é o único ano em que há vegetação densa na região de estudo. A área coberta pela vegetação diminuiu nos demais anos, e observa-se pouca ou nenhuma vegetação no entorno da praia nos últimos anos analisados.

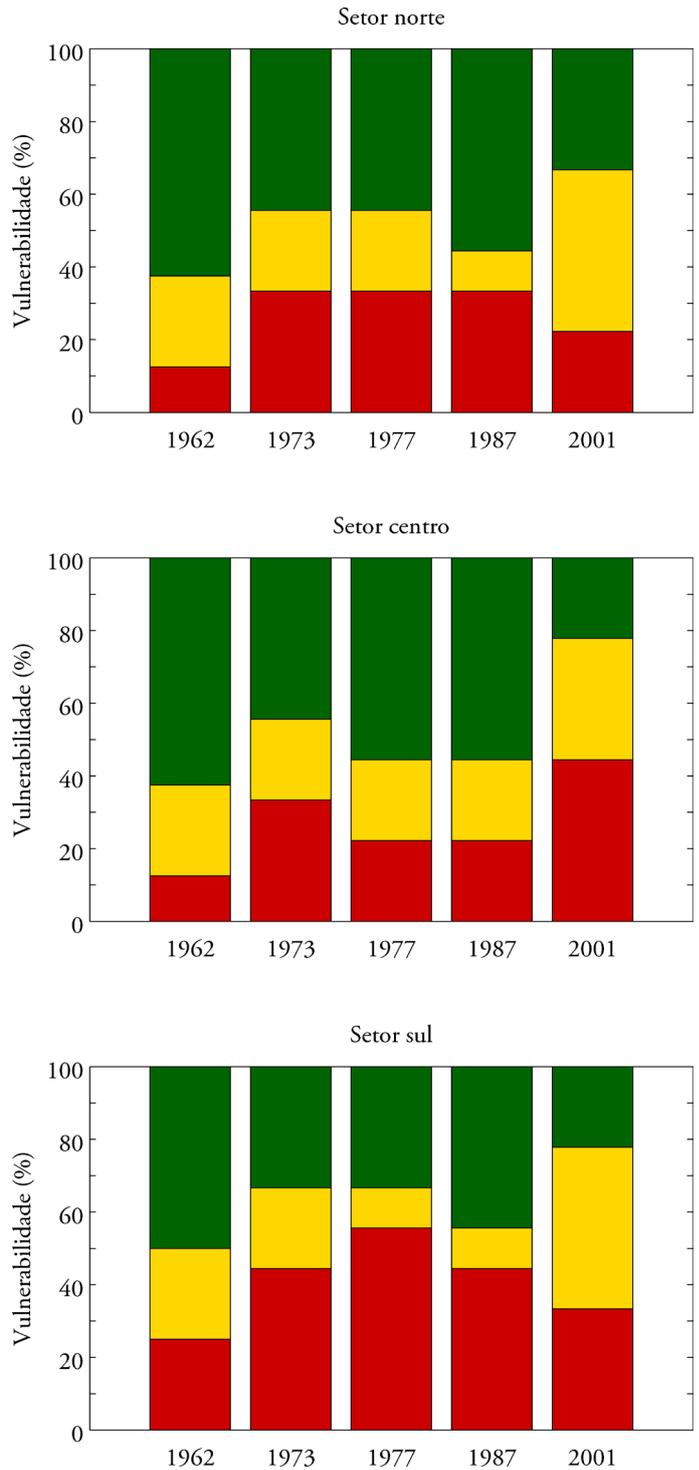
Desse modo, definiu-se a vulnerabilidade como sendo baixa em todos os setores do ano de 1962. Nos setores do ano de 1973 e nos setores norte e centro do ano de 1977 a vulnerabilidade foi classificada como média. Já para o setor sul do ano de 1977 e para todos os setores dos anos de 1987 e 2001, definiu-se a vulnerabilidade como sendo alta.

### 3.1.9. Obras de engenharia costeira

De acordo com Ceccarelli (2009), desde 2005, obras de engenharia têm sido feitas na praia de Massaguaçu. A presença dessas obras na área de estudo indica uma alta vulnerabilidade à erosão. Entretanto, em relação a esse indicador, o presente estudo não definiu a vulnerabilidade como alta. Isso porque o indicador foi analisado até o ano de 2001, e as obras só foram iniciadas em 2005. Sendo assim, houve ausência de estruturas de contenção costeira no período analisado (1962 - 2001), e a vulnerabilidade à erosão foi classificada como baixa em relação a esse indicador em todos os setores e anos analisados.

## 3.2. Integração dos resultados dos indicadores de vulnerabilidade

A análise de vulnerabilidade se deu através de porcentagens, utilizando como base a Tabela 3. Todos os indicadores tiveram o mesmo peso na análise, e a porcentagem se deu com relação ao número de indicadores analisados para cada ano (oito indicadores para 1962, já que para esse ano não houve análise de posição de linha de costa devido à falta de dados anteriores, e nove indicadores para os demais anos). A evolução das taxas de vulnerabilidades dos setores norte, centro e sul está explicitada na Figura 5.



**Figura 5.** Gráfico ilustrando a evolução da vulnerabilidade na área de estudo. A cor vermelha representa vulnerabilidade alta, a amarela média e a verde, baixa.

**Figure 5.** Chart of vulnerability temporal evolution in the study area. Red: high vulnerability; yellow: moderate vulnerability; green: low vulnerability.

No ano de 1962 houve predominância de vulnerabilidade baixa em todos os setores analisados (62,5% nos setores norte e centro e 50% no setor sul). No ano de 1973 houve predominância de vulnerabilidade baixa nos setores norte e centro (44,4% nos dois setores) e maior taxa de vulnerabilidade alta no setor sul (44,4%). Em 1977, os setores norte e centro apresentaram predominância de vulnerabilidade baixa (44,4% e 55,6%, respectivamente) e o setor sul teve maior porcentagem de vulnerabilidade alta (55,6%). O ano de 1987 apresentou predominância de vulnerabilidade baixa nos setores norte e centro (55,6%), e as mesmas porcentagens de vulnerabilidade alta e baixa foram observadas nos setores norte e sul (44,4%). Já o ano de 2001 apresentou maior porcentagem de vulnerabilidade média nos setores norte e sul (44,4%), e predominância de vulnerabilidade alta no setor centro (44,4%). Na análise do período completo (1962 – 2001), percebe-se que as vulnerabilidades alta e média aumentaram em todos os setores, sendo que a alta aumentou principalmente no setor centro (de 12,5% para 44,4%).

#### 4. DISCUSSÃO

Analisando a evolução dos resultados para cada setor, percebe-se grande variação nas porcentagens da vulnerabilidade à erosão devido às oscilações da linha de costa e da extensão praial durante o período da avaliação. Nos setores norte e sul a vulnerabilidade aumentou até o ano de 1977, sofreu uma queda em 1987 e voltou a aumentar em 2001. No setor centro a vulnerabilidade também aumentou, mas teve queda nos anos de 1977 e 1987.

Dentre os nove indicadores empregados nesse estudo, quatro deles apresentaram resultados constantes ao longo do tempo (configurações ao largo, presença de rios e/ou desembocaduras, elevação do terreno e obras de engenharia costeira). Quanto aos outros cinco indicadores, três deles (vegetação, taxa de ocupação e permeabilidade do solo) estão intrinsecamente relacionados à urbanização da área de estudo, e apresentaram resultados proporcionais ao aumento da ocupação do local. Somente dois dos indicadores, posição da linha de costa e largura da praia, oscilaram ao longo do tempo, não apresentando um padrão regular de comportamento.

O aumento da ocupação humana teve impacto na região de estudo ao longo dos anos, mas não parece ser um fator determinante ao aumento da vulnerabilidade, uma vez que houve predominância de vulnerabilidades baixas mesmo em anos em que a ocupação esteve crescente. Entretanto, ao se analisar o período entre 1962 e 2001 percebe-se que a vulnerabilidade aumentou principalmente devido ao crescimento da taxa de ocupação e, conseqüentemente, dos demais indicadores relacionados a ela (vegetação e permeabilidade do solo). Os maiores índices de vulnerabilidade ocorreram especialmente no setor centro (a vulnerabilidade alta à erosão cresceu 31,9%), fato corroborado pelo intenso processo erosivo que tem afetado diretamente a rodovia presente neste setor. Com base nos estudos de Rogachski (2010) e Luca (2011), acredita-se que a erosão severa em Massaguaçu tem suas causas advindas do vetor de transporte de deriva litorânea, uma vez que a corrente retira sedimentos

da parte central da praia depositando-os nos limites norte e sul.

O método para a avaliação do ambiente utilizado no estudo é um procedimento rápido e de baixo custo para a avaliação do ambiente, tornando-o acessível para os gestores dos ambientes costeiros realizarem avaliações rápidas do meio. Conhecer as áreas mais vulneráveis à erosão auxilia os gestores nas tomadas de decisão e no melhor planejamento da orla costeira. Estudos como o proposto neste trabalho são importantes, principalmente no atual cenário de mudanças climáticas globais, uma vez que, com o provável aumento do nível médio do mar, as cidades litorâneas devem se planejar para mitigarem as conseqüências de alagamentos, intrusão de água salina e outros tantos problemas decorrentes da mudança do padrão climático.

#### 5. CONCLUSÕES

A vulnerabilidade à erosão costeira apresentou um comportamento oscilatório devido às variações dos indicadores largura da praia e posição da linha de costa. Apesar disso, houve tendência de crescimento da vulnerabilidade durante o período analisado em razão dos indicadores taxa de ocupação, vegetação e permeabilidade do solo; esse aumento foi mais acentuado no setor central.

Apesar de a ocupação humana ser um influente fator na estrutura e no equilíbrio costeiro, a mesma não contribui efetivamente para o processo erosivo em Massaguaçu. A maior contribuição para o agravamento da erosão na área de estudo parece ser o comportamento da corrente de deriva litorânea, que transporta os sedimentos da parte central da praia para os setores vizinhos, como sugerido por Rogachski (2010) e Luca (2011).

Para estudos futuros, sugere-se uma análise quantitativa da vulnerabilidade da região, para que seja possível estimar a magnitude das mudanças na costa ocasionadas pelo provável aumento do nível médio do mar.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, R.S.; Silva, G.V.; Freitas, D.; Klein, A.H.F. (2009) - Georreferenciamento de fotografias aéreas e análise da variação da linha de costa. In: J. Alcántara-Carrió, I.D. Correa, F. Ila, M. Alvarado, A.H.F. Klein, J.A. Cabrera & R. Sandoval (eds.), *Métodos en Teledetección Aplicada a la Prevención de Riesgos Naturales en el Litoral*, pp.123-138, Cádiz, Espanha. ISBN: 978-84-96023-67-3. Disponível em: [http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/sist\\_inf\\_geogr\\_aula5/foto\\_aerea\\_cap8.pdf](http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/sist_inf_geogr_aula5/foto_aerea_cap8.pdf)
- Boak, E.H.; Turner, I.L. (2005) - Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 0749-0208), 21(4):688–703, West Palm Beach, FL, USA. Disponível em <http://www6.hawaii.gov/dlnr/occl/files/Shoreline/JCR-VOL21-4.pdf>

- Bosom, E.; Jiménez, J.A. (2011) - Probabilistic coastal vulnerability assessment to storms at regional scale e application to Catalan beaches (NW Mediterranean). *Natural Hazards and Earth System Science*, 11:475-484. DOI: 10.5194/nhess-11-475-2011
- Bush, D.M.; Neal, W.J.; Young, R.S.; Pilkey, O.H. (1999) - Utilization of geoinformatics for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. *Ocean & Coastal Management*, 42(8):647-670. DOI: 10.1016/S0964-5691(99)00027-7
- Cai, F.; Su, X.; Liu, J.; Li, B.; Lei, G. (2009) - Coastal erosion in China under the condition of global climate change and measures for its prevention. *Progress in Natural Science*, 19(4):415-426. DOI: 10.1016/j.pnsc.2008.05.034.
- Ceccarelli, T.S. (2009) - *Paradigmas para os projetos de obras marítimas no contexto das mudanças climáticas*. 125p., Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. *Não publicado*.
- Fatorić, S.; Chelleri, L. (2012) - Vulnerability to the effects of climate change and adaptation: The case of the Spanish Ebro Delta. *Ocean & Coastal Management*, 60: 1-10. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2011.12.015
- INPE (2008) - *TOPODATA-BancodeDadosGeomorfométricos do Brasil* [Portal internet]. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, Brasil. In: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>
- IPCC. (2007) - Summary for Policymakers. In: Palutikof, J., Van der Linden, P., Hanson, C. (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 7-22, IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Júnior, J.B.T.; Ouverney, M.I.M.; Ubert, M.S.; Antunes, M.A.H. (2006) - Avaliações de Imagens Ikonos II e QuickBird para obtenção de Bases Cartográficas para cadastro técnico municipal. In: *Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais*. Florianópolis, SC, Brasil. Disponível em <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/marlene/downloads/Artigos/COBRAC%202006%202.pdf>
- Linnekamp, F.; Koedam, A.; Baud, I.S.A. (2011) - Household vulnerability to climate change: Examining perceptions of households of flood risks in Georgetown and Paramaribo. *Habitat International*, 35(3):447-456. DOI: 10.1016/j.habitatint.2010.12.003
- Luca, C.B. (2011) - *Implementação de ferramentas numéricas e bases de dados no SMC-Brasil e sua aplicação no estudo piloto da praia de Massaguaçu-Brasil*. 213p., Dissertação de Mestrado, Universidade de Cantabria, Santander, Espanha. *Não publicado*.
- Muehe, D. (2005) - Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. *Revista Mercator* (ISSN: 1984-2201), 4(7):97-110, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/113/85>
- Muehe, D. (org). (2006) - *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. 476 p., Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 85-7738-028-9.
- Nicholls, R. (2004) - Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14(1):69-86. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2003.10.007
- Nicholls, R.J.; Cazenave, A. (2010) - Sea-level Rise and its impact on coastal zones. *Science*, 328(5985):1517-1520. DOI: 10.1126/science.1185782
- Pendleton, E.A.; Barras, J.A.; Williams, S.J.; Twichell, D.C. (2010) - *Coastal Vulnerability Assessment of the Northern Gulf of Mexico to Sea-level rise and Coastal Change*. 26p., U.S. Geological Survey, Open-File Report 2010-1146, Reston, Virginia, USA. <http://pubs.usgs.gov/of/2010/1146/pdf/ofr2010-1146.pdf>
- Pianca, C.; Mazzini, P.L.F.; Siegle, E. (2010) - Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1):53-70. DOI: 10.1590/S1679-87592010000100006
- Rahmstorf, S. (2007) - A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, 315(5810):368-370. DOI: 10.1126/science.1135456
- Rogachewski, C.E. (2010) - *A Dinâmica Sedimentar e a Caracterização de Zonas de Erosão Acentuada (ZEA) ao Longo do Arco Praial de Massaguaçu, SP*. 168p., Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. *Não publicado*.
- Sousa, P.H.G.O.; Siegle, E.; Tessler, M.G. (2013) - Vulnerability assessment of Massaguaçu Beach (SE Brazil). *Ocean and Coastal Management*, 77:23-40. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2012.03.003
- Sousa, P.H.G.O.; Siegle, E.; Tessler, M.G. (2011) - Environmental and Anthropogenic Indicators for Coastal Risk Assessment at Massaguaçu Beach (SP) Brazil. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 0749-0208), SI64:319-323, Szczecin, Poland. Disponível em [http://www.ics2011.pl/artic/SP64\\_319-323\\_P.H.G.O.Sousa.pdf](http://www.ics2011.pl/artic/SP64_319-323_P.H.G.O.Sousa.pdf)
- Souza, C.R.G.; Luna, G.C. (2010) - Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo, Brasil). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 10(2):179-199. DOI: 10.5894/rgci176

## Variações granulométricas ao longo da costa da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil \*

*Grain size variations along the Fortaleza metropolitan region coastline, Ceará, Brazil*

Márcia Thelma Rios Donato Marino<sup>@, 1</sup>, George Satander Sá Freire<sup>2</sup>, Norberto Olmiro Horn Filho<sup>3</sup>

### RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo da distribuição longitudinal e transversal do tamanho do grão em praias arenosas da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. Parâmetros estatísticos foram utilizados para a comparação da distribuição sedimentar ao longo da costa e entre os subambientes praias. A coleta de 99 amostras de sedimentos superficiais da faixa praial, durante a maré de sizígia, permitiu observar mudanças sazonais em 3 períodos distintos: chuvoso, transição e estiagem. Esta faixa litorânea desenvolveu praias com níveis diferenciados de energia hidrodinâmica, expostas e semiexpostas, protegidas pelas faixas alongadas e descontínuas dos arenitos de praia, os quais diminuem a energia das ondas, protegendo as praias da erosão costeira. Os setores extremos são os mais dinâmicos e de maior susceptibilidade à ação das ondas e ressacas. A dinâmica sedimentar é caracterizada pela grande mobilidade de sedimentos ao longo da praia em resposta à ação das correntes de deriva litorânea, entre a parte emersa e submersa, e às variações meteorológicas. Por encontrar-se inserida totalmente na RMF, a planície costeira entre as praias do Futuro e do Porto das Dunas sofreu e sofre fortemente as consequências negativas de um rápido processo de urbanização e adensamento demográfico, trazendo desequilíbrios significativos nas relações sociedade versus natureza e tendo como efeitos mais marcantes a degradação ambiental. As características granulométricas desta faixa litorânea são fortemente condicionadas pela influência dos agentes hidrodinâmicos, eólicos e meteorológicos, associados ao tipo, orientação e localização da praia e à proximidade e tipo da área fonte de sedimentos. Recomenda-se para futuros trabalhos a realização de sondagens estratigráficas ao longo da planície costeira, a análise de detalhe dos sedimentos quanto à morfoscopia e mineralogia, o monitoramento morfodinâmico e sedimentológico da faixa praial, a batimetria e faciologia da antepraia e plataforma continental interna adjacente, e a realização de estudos prévios (muitas vezes de médio e longo prazo) para a construção de obras e empreendimentos costeiros.

**Palavras-chave:** Análise textural; Variações sazonais; Morfodinâmica praial.

@ - Corresponding author: [marino@unifor.br](mailto:marino@unifor.br)

1 - Universidade Federal do Ceará (UFC), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Campos do Pici, Bloco 912, CEP 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil. / Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Campus da UNIFOR, Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, CEP 60.811-905, Fortaleza, Ceará, Brasil.

2 - Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Marinha, Campos do Pici, Bloco 912, CEP 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil

3 - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Programa de Pós-graduação em Geografia, Campus Universitário Trindade, Caixa Postal 476, CEP: 88.040 – 970, Florianópolis (SC) - Brasil

**ABSTRACT**

*This paper presents a study of the long shore and cross-shore grain size distribution of sandy beaches along the Fortaleza Metropolitan Region (RMF) coastline. Statistical parameters were used to compare grain sizes along the coast and among the subgroup of beaches. The different percentage of the grain size distribution and statistical parameters were used for comparisons. The collection of 99 samples of surface sediments during spring tide allowed for the observation of seasonal changes in three distinct periods: rainy, dry and transition seasons. This coastline developed beaches with different hydrodynamic energy levels, exposed and semi-exposed, protected by elongated strips and discontinuous beachrocks, which reduce wave energy, protecting the beaches from coastal erosion. The extreme sectors are the most dynamic and of greatest susceptibility to the wave action and storm surge. The sedimentary dynamics is characterized by the high mobility of sediments along the beach that results from 1) the action of longshore currents, between the emerged and submerged parts, and 2) the weather variations. Because it is fully inserted in the RMF, the coastal plain between the Porto das Dunas and Praia do Futuro beaches has suffered and continues to suffer the negative consequences of rapid urbanization and population growth. That, in turn, brings significant imbalances in the relationship between society and nature and engenders, as its most striking effect, environmental degradation. The grain size characteristics of this coastline are strongly conditioned by the influence of hydrodynamic, wind, and weather agents, associated with the type, orientation, and location of the beach as well as the proximity and type of sediment source area. It is recommended that future work conduct stratigraphic investigations along the coastal plain, detailed analyses of sediments on the morphoscopy and mineralogy, morphodynamic and sedimentological monitoring of the coastline, bathymetry and facies analyses of the shoreface and inner continental shelf adjacent, and previous studies (often covering medium and long periods) for building coastal resorts.*

**Keywords:** Textural analysis; Seasonal variations; Morphodynamic beach.

**1. INTRODUÇÃO**

As praias arenosas oceânicas constituem um dos ambientes mais dinâmicos da superfície do planeta, cujos depósitos sedimentares são ativamente retrabalhados por ondas, correntes e marés (Short, 1999). Komar (1976) inclui, ainda, uma área litorânea abaixo do nível médio do mar (profundidades variando de 10 a 20m), na qual as ondas de superfície exercem influência. Funcionam como importantes reservatórios de sedimentos, os quais são frequentemente alterados tanto pela ação marinha quanto pela antrópica.

As condições ambientais de um sistema praiial podem ser avaliadas pela análise e classificação dos sedimentos. Avaliar esse ambiente, em diferentes pontos de sua extensão requer a utilização de métodos de análises específicos na quantificação do resultado dos principais parâmetros ambientais e a escolha de pontos de amostragem representativos. A investigação dos processos sedimentares com base nas análises granulométricas vem sendo utilizada para a compreensão da dinâmica sazonal de ambientes sedimentares costeiros recentes.

A caracterização granulométrica é feita pela determinação das porcentagens em massa dos grãos, em cada classe granulométrica (frações). Vários métodos têm sido utilizados para relacionar as classes granulométricas com o ambiente deposicional. Variações de tamanho de grão ao longo da costa e transversalmente a ela são observadas em diversas praias em todo o mundo, sendo controlada por fatores geológicos (área-fonte), hidrodinâmicos e eólicos que atuam de forma distinta sobre os sedimentos. Estudos abordando a distribuição sedimentar ao longo das praias e fatores condicionantes foram feitos objetivando um melhor entendimento das condições reinantes no momento de sua deposição e retrabalhamento, além de permitir traçar um fluxo da carga sedimentar.

A fonte do material e os processos de deposição afetam a distribuição do tamanho dos grãos dos sedimentos praiiais, sendo que o elemento mais importante para a seleção do material da praia é a dissipação de energia das ondas, que

é proporcional a sua altura (King, 1972). Desta forma, o material mais grosseiro está intimamente associado com zonas de maior energia.

Bascom (1951) sugere que o tamanho da partícula do sedimento e a intensidade da ação das ondas controlam a inclinação da face praiial. A ação das ondas pode retirar partículas mais finas, as quais migrariam para a plataforma adjacente, fazendo com que os grãos mais grosseiros se acumulem na praia e, conseqüentemente aumentem a declividade. Este autor sugere ainda que a berma, juntamente com o degrau da praia são as zonas que apresentam os sedimentos mais grossos devido à ação da máxima excursão vertical do espraçamento da onda sobre a face de praia. Nordstrom (1981) conclui que o tamanho do grão não varia com a altura da onda, sendo mais importante a fonte de sedimentos. Esta mesma teoria foi comprovada por Short (1999).

Bowen & Inman (1966) sintetizaram as principais fontes e perdas de sedimentos existentes em um balanço sedimentar litorâneo (Tabela 1).

As praias pertencentes à planície costeira da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, apresentam grande importância socioeconômica para a região, principalmente como áreas de turismo e lazer. As características morfodinâmica e sedimentar das praias, responsáveis pelo amortecimento da energia hidráulica, têm estimulado vários estudos que buscam um melhor conhecimento, objetivando a definição de estratégias para uma utilização racional/sustentável de seus recursos e preservação desses ambientes.

Este artigo tem como objetivo primordial caracterizar do ponto de vista granulométrico cinco praias arenosas (Porto das Dunas, Abreulândia – COFECO, Sabiaguaba, Caça e Pesca e Praia do Futuro em dois pontos) da RMF, promovendo o conhecimento integrado desses setores costeiros.

**Tabela 1.** Balanço sedimentar litorâneo (adaptado de Bowen & Inman, 1966).**Table 1.** Littoral sedimentary budget (adapted from Bowen & Inman, 1966).

Fonte	Débito	Balanço
Transporte de sedimentos por correntes ao longo da costa para a praia	Transporte de sedimentos por correntes	Deposição e erosão praial
Descarga Fluvial	Transporte eólico para a formação de dunas	
Erosão de costões	Transporte de sedimentos para a plataforma continental	
Transporte de sedimentos da plataforma continental		
Transporte eólico para a praia		
Alimentação praial		

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A faixa litorânea estudada, localizada no litoral leste da Região Metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará, possui uma extensão linear de 15km e direção SE-NW (Figura 1).

Segundo Marino *et al.* (2012), a zona costeira da área pesquisada é representada por um empilhamento estratigráfico que compreende dois domínios geológicos: unidade basal e planície costeira. A unidade basal é constituída pela unidade litoestratigráfica Vulcânica-Alcalina, Terciária (Oligoceno-Mioceno), representada pelo morro Caruru; e pela Formação Barreiras, Tércio-Quaternária (Mioceno-Pleistoceno), constituída pelos sedimentos dos Tabuleiros Pré-Litorâneos. A planície costeira compreende Depósito aluvial (Quaternário/Pleistoceno); Depósitos litorâneos - Arenito de praia (Quaternário/Plioceno), Fluviolacustre, Paludial, Eólico e Marinho praial do Holoceno (Figura 1).

O clima da RMF, segundo a classificação de Koppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw'), apresentando uma forte irregularidade pluviométrica no decorrer do ano. As chuvas se concentram em cerca de 90% no primeiro semestre do ano, tendo seu ápice, para o período pesquisado, nos meses de abril de 2010 e março de 2011, 350mm e 670mm, respectivamente, com média anual variando de 1400-1600mm<sup>1</sup>.

As águas superficiais da área abrangem parte de dois dos principais cursos fluviais formados pelos rios Pacoti e Cocó, que fazem parte da Bacia Metropolitana, definida pela SRH (Secretaria de Recursos Hídricos - Ceará, 2005). Esses rios têm suas nascentes em terrenos cristalinos. Segundo Ribeiro (2001), esses cursos de água estão classificados como intermitentes, com fluxo de escoamento no período chuvoso, esgotando parcialmente as lâminas d'água com o fim das precipitações. De acordo com Molisani *et al.* (2006), a vazão fluvial média resultante para o estuário do rio Pacoti

foi calculada em 19 e 1m<sup>3</sup>/s, e para o estuário do rio Cocó foi estimada em 6 e 3m<sup>3</sup>/s, nos períodos de chuva e de estiagem, respectivamente.

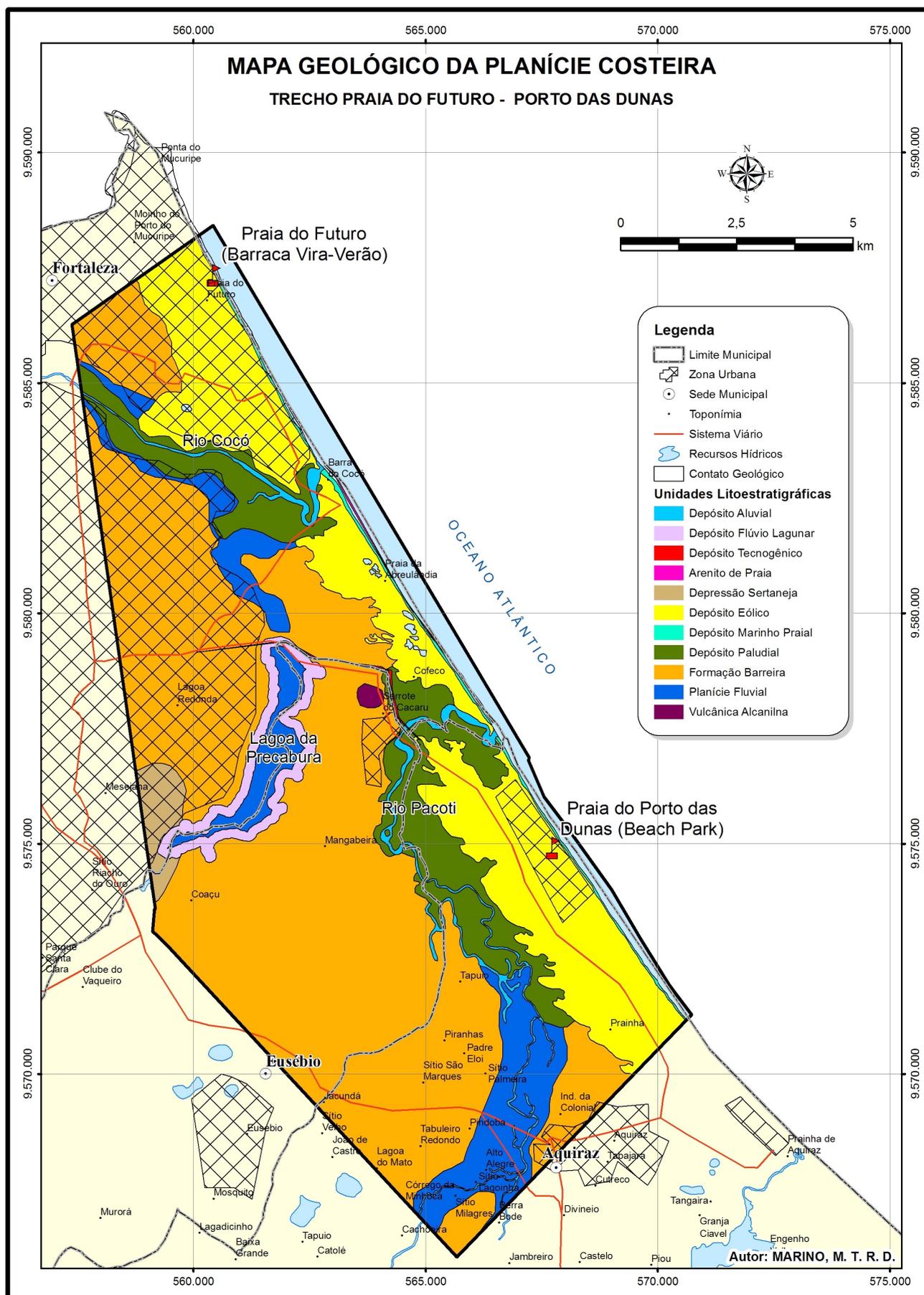
Na configuração atual da faixa litorânea entre as praias Porto das Dunas e Praia do Futuro está sujeita à atuação de agentes dinâmicos que podem induzir mudanças em curto prazo, entre eles destacam-se as ondas e marés, as correntes e os ventos.

Os ventos alísios de SE e de NE são um dos agentes mais ativos no litoral da RMF, pois controlam a formação de correntes costeiras e ondas, além do transporte de sedimentos para a formação dos depósitos eólicos de toda a zona costeira pela deflação dos sedimentos do perfil praial. Segundo os dados da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, no que diz respeito ao regime de ventos, de fevereiro a abril, possuem uma velocidade média de 3,7m/s, procedentes de nordeste, com menores intensidades detectadas no mês de março. Morais (1980) relatou que a partir de maio ocorre uma intensificação gradativa dos ventos, atingindo valores máximos no mês de setembro com 7,2m/s, e maior intensidade, com média de 6,8 m/s, no período de agosto a novembro.

Em relação às velocidades das correntes de vento na região pesquisada, observa-se que seguem um padrão inverso ao pluviométrico, apresentando velocidades baixas na estação de alta pluviosidade, meses de janeiro a junho, com leitura mínima de 0,09m/s, enquanto na estação de estiagem, meses de julho a dezembro, obtiveram-se as mais altas velocidades, registrando o valor máximo de 12,4m/s (Marino & Freire, 2013).

A planície costeira encontra-se em contato direto com as águas do oceano Atlântico sul. As ondas que banham a área apresentam um forte componente de leste com direções variando entre os quadrantes E-NE e E-SE, mantendo uma estreita relação com as direções predominantes dos ventos, os quais são responsáveis pela configuração das dunas litorâneas pretéritas e atuais. Bensi (2006), referente à área metropolitana de Fortaleza, observou a dinâmica do transporte do sedimento costeiro e a morfologia do fundo marinho na porção de plataforma continental (Figura 2), na

1 - Veja-se o gráfico disponível no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em [http://www.inmet.gov.br/sim/abre\\_Graficos.php?data=05/2012&data2=2011&lista=11,&est=82397&uf=CE](http://www.inmet.gov.br/sim/abre_Graficos.php?data=05/2012&data2=2011&lista=11,&est=82397&uf=CE)



**Figura 1.** Mapa geológico e localização da área de estudo (segundo Marino *et al.*, 2012).  
**Figure 1.** Geological and location map of the study area (accordingly to Marino *et al.*, 2012).

qual as setas vermelhas representam a direção das frentes de onda chegando ao litoral, e as setas brancas, de maneira geral, mostram a direção (SE-NW) da corrente de deriva, onde a faixa mais clara próxima ao litoral tem uma largura que varia entre 11 e 13km e evidencia o transporte de material de fundo em suspensão devido às correntes de deriva litorânea, com batimetria variando de zero para 20m de profundidade. As observações de campo tomadas entre agosto de 2010 e agosto de 2011, mostraram que a altura significativa média das ondas variou de 1,6 a 2,9m, valor médio de 2,13m, com ondas incidindo obliquamente à costa, ângulo variando de 14° NNE a 344° NE, provenientes preferencialmente de ESE.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a caracterização da variação do tamanho do grão da área pesquisada foram coletadas 99 (noventa e nove) amostras de sedimentos, em 4 (quatro) etapas distribuídas sazonalmente, sendo uma no período de transição, uma no período de estiagem e duas no período chuvoso, entre agosto de 2010 e agosto de 2011. As coletas foram realizadas nos 6 (seis) pontos monitorados, durante a maré baixa de sizígia, em perfis transversais à costa, ao longo dos subambientes praias ( pós-praia, estirâncio superior, estirâncio médio, estirâncio inferior e antepraia) e aos bancos e calhas longitudinais quando ocorrentes (Figura 3).



**Figura 2.** Mapa sobre imagem Landsat 7 ETM+ da Região Metropolitana de Fortaleza ressaltando a deriva litorânea dos sedimentos (segundo Bensi, 2006).

*Figure 2.* Map over Landsat 7 ETM + of Metropolitan Region of Fortaleza highlighting the littoral drift sediment (accordingly to Bensi, 2006).



**Figura 3.** Perfil de praia transversal, praia de Porto das Dunas, Agosto de 2010.

*Figure 3.* Beach cross-profile, Porto das Dunas Beach, August 2010.

As amostras do estirâncio e pós-praia foram coletadas manualmente, em uma camada uniforme de 20cm de sedimento, já da antepraia utilizou-se uma busca de fundo com draga do tipo “petit ponar”. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e transportadas ao Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade de Fortaleza - UNIFOR, onde foram realizadas as análises sedimentológicas.

Em laboratório, as amostras de sedimento foram lavadas com água destilada para a retirada completa de sais solúveis e secas em estufa a uma temperatura aproximada de 60°C. Após secas foram quarteadas para a obtenção de subamostras representativas. Aproximadamente 100g foram utilizadas para a análise granulométrica dos sedimentos.

A fração de sedimentos grossos da amostra ( $\geq 0,062\text{mm}$ ) foi submetida ao processo de peneiramento mecânico por 20 minutos, já a fração fina ( $< 0,062\text{mm}$ ) foi obtida por meio da diferença entre o total de amostras e o peso dos sedimentos grossos. Utilizou-se o método de peneiramento, baseado na escala granulométrica de Wentworth (1922, 1933) (mm) e Krumbein (1934) (Fi), cuja análise mecânica foi efetuada segundo intervalos de  $\frac{1}{4}$  fi para maior fidelidade na expressão dos diferentes tamanhos de grão. A classificação preliminar dos sedimentos praias, com base na frequência e no tamanho da partícula foi realizada através do digrama triangular de Shepard (1954).

Os dados obtidos das análises granulométricas foram tratados estatisticamente, utilizando-se as fórmulas de Folk & Ward (1957), através da aplicação do software ANASED 5.0<sup>®</sup> (Lima *et al.*, 2001). Para todas as amostras foram calculados os parâmetros estatísticos: média, mediana, desvio padrão, assimetria e curtose.

Para um melhor embasamento dos resultados apresentados, criou-se um banco de dados com a sistematização das informações e dados coletados em campo e gerados em laboratório por Marino & Freire (2013), posteriormente conjugados com as metodologias de Dal Cin & Simeoni (1994), Mallmann (2008), Mazzer (2007) e Castilhos (1995), efetuando-se uma análise preliminar para caracterizar os setores pesquisados quanto aos riscos e vulnerabilidade à erosão costeira, morfodinâmica, ocupação antrópica, extensão, entre outros (Tabela 2).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados segundo os pontos monitorados, sazonalmente, nas cinco praias estudadas, no sentido de SE para NW, assim localizadas: praia Porto das Dunas (Aquaville Resort), praia da Abreulândia - COFECO, praia da Sabiaguaba, praia do Caça e Pesca e praia do Futuro (Hotel Vila Galé e Barraca Vira Verão). Esta subdivisão apoiou-se nas características geológicas e geomorfológicas do litoral, principalmente, nos aspectos distintivos das praias, levando-se, também em consideração as duas desembocaduras localizadas nesta faixa litorânea, a foz do rio Pacoti, localizada entre as praias Porto das Dunas e Abreulândia, e a foz do rio Cocó, entre as praias da Sabiaguaba e Caça e Pesca. Do ponto de vista cartográfico, possibilita a representação de três diferentes setores desta faixa praia: Setor 1 – praia Porto das Dunas, entre o Condomínio *Aquaville Resort* e a margem

direita do rio Pacoti; Setor 2 – praia da Abreulândia, entre as praias da COFECO e Sabiaguaba; e o Setor 3 – praia do Futuro, entre a praia do Caça e Pesca e o espigão da praia do Titanzinho – Porto do Mucuripe (Figura 4).

As propriedades texturais e parâmetros estatísticos das 99 amostras de sedimentos coletados nos 6 (seis) pontos monitorados, relativos ao período de agosto de 2010 a agosto de 2011, estão sumarizadas nas Tabelas 3, 4 e 5.

As figuras 5 e 6 apresentam uma visualização sazonal e comparativa dos pontos estudados, em um período de um ano.

##### 5.1. Setor 1 – Praia Porto das Dunas

A análise granulométrica das amostras superficiais de sedimentos de praia permitiu constatar o predomínio da fração arenosa ao longo dos cerca de 2,5 quilômetros de praia.

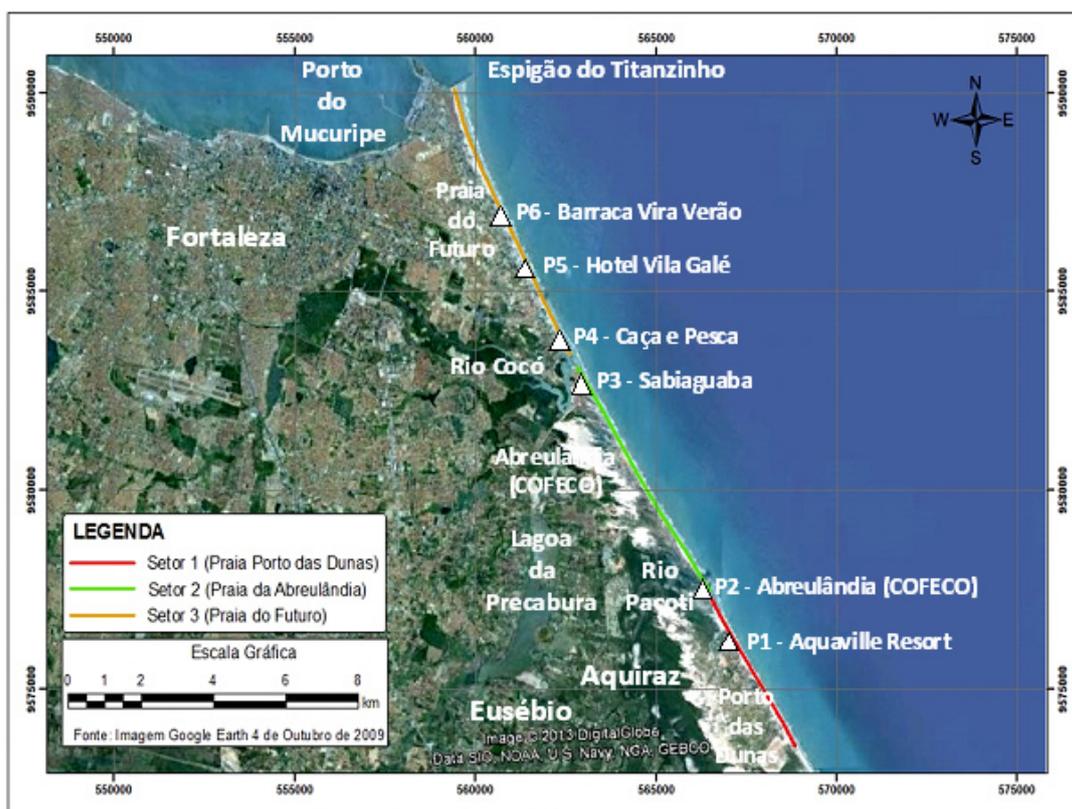
O tamanho médio dos grãos variou de areia fina a grossa, apresentando fácies textural predominante areia média, grau de seleção variando entre muito bem selecionado a pobremente selecionado, predominando a classe moderadamente selecionada, cuja assimetria apresenta-se bastante variada, desde negativa a muito positiva. A curtose variou de platicúrtica a muito leptocúrtica, predominando a classe mesocúrtica. Esses parâmetros indicam um ambiente de energia intermediária e certa normalidade na distribuição dos sedimentos, com material moderadamente selecionado, evidenciando que houve uma variação de energia moderada entre os períodos chuvoso, de transição e estiagem.

Os sedimentos analisados e monitorados em frente ao *Aquaville Resort* (Ponto 1) apresentaram granulometria predominantemente média no estirâncio superior e estirâncio médio. Os sedimentos no estirâncio inferior e antepraia apresentaram características bimodais, a classe textural dominante foi areia grossa nos períodos de transição e estiagem. A areia média predominou no período chuvoso, com o surgimento de alguns sedimentos finos, o que pode ser esclarecido pela ocorrência de *beachrocks* submersos que dissipam a energia das ondas incidentes neste local, ou pela retirada dos grãos da região de dunas frontais para a região da praia. Os sedimentos do pós-praia mantiveram uma granulometria constante ao longo do período estudado, que foi areia média. Quanto ao grau de seleção, 61,9% das amostras apresentaram-se moderadamente selecionadas e 28,57% bem selecionadas, corroborando com os dados anteriores.

Evidenciou-se um aumento no tamanho dos grãos na direção da desembocadura do rio Pacoti, localizado no limite oeste deste Setor, principalmente nos períodos de transição e estiagem. Este fato resulta da interação de diversas variáveis, tais como: a maior dinâmica das ondas e ventos neste período que associada à descarga fluvial do rio Pacoti, resultou em um maior percentual de grossos; a influência de correntes de deriva litorânea no sentido SE-NW, o que ocasiona um melhor selecionamento das areias a leste; e o papel mitigador dos cordões de *beachrocks* dispostos paralelamente à linha de costa atual (Figura 1). Esses cordões de *beachrocks*, em geral, não ultrapassam dois metros de largura e funcionam como anteparo natural para dissipação da energia das

**Tabela 2.** Características dos setores que compõem a área pesquisada (adaptado de Marino & Freire, 2013, Dal Cin & Simeoni, 1994; Mallmann, 2008; Mazzer, 2005; Castilhos, 1995).  
**Table 2.** Characteristics of the sectors that comprise the surveyed area (adapted from Marino and Freire, 2013; Dal Cin and Simeoni, 1994; Mallmann, 2008; Mazzer, 2005; Castilhos, 1995).

Sector Coordinates (UTM)	Longitudinal Extension (km) Orientation	Ponto Coordinates (UTM) Declivity Average Transversal Extension (m) Average Height of Waves (m) - (Storm / Heavy)	Exposure	Geomorphology and Transversal Extension (m)	Associated Systems	Morphodynamic Type	Anthropic Occupation
Sector 1 <b>Praia Porto das Dunas (Beach Park)</b>	2,5 SE – NW	<b>Ponto 1</b> Aquaville Resort (567062,850 E / 9576235,688 S) 3,8° / 95,6m 2,13m / 1,8m	Alta	Orla exposta	Campo de dunas, Foz do rio Pacoti, <i>beachrocks</i> em alguns pontos isolados	Dissipativo / Intermediário	Média
Sector 2 <b>Praia da Abreulândia</b>	6,4 SE – NW	<b>Ponto 2</b> Praia da Cofeco (566155,547 E / 9577846,781 S) 7,2° / 61,82m 2,16m / 2,0m <b>Ponto 3</b> Praia da Sabiaguaba (562765,916 E / 9583087,035 S) 1,6° / 176,23m 2,16m / 1,8m	Alta-Média	Orla exposta a semi-exposta	Foz do rio Pacoti e do rio Cocó, campo de dunas e cordão de <i>beachrocks</i> próximo à foz	Dissipativo / Intermediário	Média a Baixa
Sector 3 <b>Praia do Futuro</b>	6,2 SE – NW	<b>Ponto 4</b> Praia do Caça e Pesca (562438,516 E / 9583590,170 S) 2,9° / 119,59m 2,26m / 2,1m <b>Ponto 5</b> Hotel Vila Galé (5614120,84 E / 9585527,90 S) 3° / 142,5m 2,96m / 2,1m <b>Ponto 6</b> Barraca Vira Verão (560602,634 E / 9586979,168 S) 3° / 174,9m 2,96m / 2,1m	Alta	Orla exposta a semi-exposta	Foz do rio Cocó, complexo de dunas e cordão de <i>beachrocks</i> próximo à foz	Dissipativo / Intermediário (por vezes, aproxima-se do refletivo)	Alta a Média



**Figura 4.** Localização dos pontos e compartimentação setorial da faixa litorânea do trecho Praia Porto das Dunas – Praia do Futuro (Imagem Google Earth, 2009).

*Figure 4.* Location of the points and sectorial subdivision of the coastal stretch of Porto das Dunas Beach - Praia do Futuro (Image Google Earth, 2009).

**Tabela 3.** Classificação geral da granulometria das praias arenosas da RMF, Ceará.

*Table 3.* Overall classification of grain size from the sandy beaches of RMF, Ceará.

Ponto/ localização	A	AC	CA	C	Média	Mz	C	AMG	AG	AM	AF	AMF
P1 – praia Porto das Dunas	21	-	-	-	1,44	AM	-	-	5	14	2	-
P2 – praia da Abreulândia (COFECO)	16	-	-	-	0,91	AG	-	-	11	5	-	-
P3 – praia da Sabiaguaba	15	-	-	-	1,15	AM	-	-	5	8	2	-
P4 – praia do Futuro (Caça e Pesca)	16	-	-	-	1,50	AM	-	-	7	6	3	-
P5 – praia do Futuro (Hotel Vila Galé)	15	-	-	-	1,87	AM	-	-	2	7	6	-
P6 – praia do Futuro (Barraca Vira Verão)	16	-	-	-	1,79	AM	-	-	1	8	7	-

A – Número de amostras na classe textural areia; AC – Número de amostras na classe textural areia cascalhosa; CA – Número de amostras na classe textural cascalho arenoso; C – Número de amostras na classe textural cascalho; Diâmetro médio do grão (Mz), em  $\phi$ ; Granulometria dominante (AMG - areia muito grossa; AG - areia grossa; AM - areia média; AF - areia fina; AMF - areia muito fina); C – Número de amostras na classe cascalho; AMG – Número de amostras na classe areia muito grossa; AG – Número de amostras na classe areia grossa; AM – Número de amostras na classe areia média; AF – Número de amostras na classe areia fina; AMF – Número de amostras na classe areia fina.

**Tabela 4.** Classificação das praias arenosas da RMF quanto ao grau de selecionamento, assimetria e curtose.  
**Table 4.** Classification of the sandy beaches of RMF in the sorting degree, skewness, and kurtosis.

Ponto/ Localização	MBS	BS	MS	PS	MPS	EMS	MN	N	AS	P	MP	MP	P	M	L	ML	EL
P1 – praia Porto das Dunas	1	6	13	1	-	-	-	2	6	8	5	-	2	13	5	1	-
P2 – praia da Abreulândia (COFECO)	4	2	9	1	-	-	-	-	5	10	1	-	1	5	5	5	-
P3 – praia da Sabiaguaba	1	-	12	1	1	-	-	1	5	4	5	-	1	4	6	3	1
P4 – praia do Futuro (Caça e Pesca)	1	4	10	1	-	-	1	2	6	3	4	-	2	6	3	5	-
P5 – praia do Futuro (Hotel Vila Galé)	-	-	14	1	-	-	2	2	5	5	1	-	4	5	4	2	-
P6 – praia do Futuro (Barraca Vira Verão)	-	2	14	-	-	-	1	3	6	3	3	-	4	9	2	1	-

Classificação pelo grau de seleção: **MBS** (muito bem selecionado); **BS** (bem selecionado); **MS** (moderadamente selecionado); **PS** (pobrememente selecionado); **MPS** (muito pobrememente selecionado); **EMS** (extremamente mal selecionado); Classificação pela assimetria: **MN** (muito negativa); **N** (negativa); **AS** (aproximadamente simétrica); **P** (positiva); **MP** (muito positiva); Classificação pela curtose: **MP** (muito platicúrtica); **P** (platicúrtica); **M** (mesocúrtica); **L** (leptocúrtica); **ML** (muito leptocúrtica); **EL** (extremamente leptocúrtica).

**Tabela 5.** Valores médios para o selecionamento, assimetria e curtose das praias arenosas da RMF.  
**Table 5.** Average values for sorting, skewness, and kurtosis of the sandy beaches of RMF.

Ponto/localização	Dp médio	Seleção	Ski >	Ski >	Ski <	Ski <	Kg médio	Curtose
P1 – praia Porto das Dunas	0,63	MS	0,44	MP	-0,19	N	1,03	M
P2 – praia da Abreulândia (COFECO)	0,51	MS	0,29	P	-0,08	AS	1,53	ML
P3 – praia da Sabiaguaba	0,62	MS	0,57	MP	-0,21	N	1,09	M
P4 – praia do Futuro (Caça e Pesca)	0,61	MS	0,42	MP	-0,41	MN	1,29	L
P5 – praia do Futuro (Hotel Vila Galé)	0,73	MS	0,30	MP	-0,58	MN	1,07	M
P6 – praia do Futuro (Barraca Vira Verão)	0,65	MS	0,48	MP	-0,43	MN	1,03	M

**Dp Médio** – valor médio do desvio padrão (em *f*); **Seleção** – Classificação média do desvio padrão (**MBS** - muito bem selecionado; **BS** - bem selecionado; **MS** - moderadamente selecionado; **PS** - pobrememente selecionado; **MPS** - muito pobrememente selecionado; **EMS** - extremamente mal selecionado); **Ski >** - Máximo valor de assimetria e classificação; **Ski <** - Mínimo valor de assimetria e classificação (**MN** - muito negativa; **N** - negativa; **AS** - aproximadamente simétrica; **P** - positiva; **MP** - muito positiva); **Kg médio** – valor médio da curtose; **Curtose** – Classificação média da curtose (**MP** - muito platicúrtica; **P** - platicúrtica; **M** - mesocúrtica; **L** - leptocúrtica; **ML** - muito leptocúrtica; **EL** - extremamente leptocúrtica).

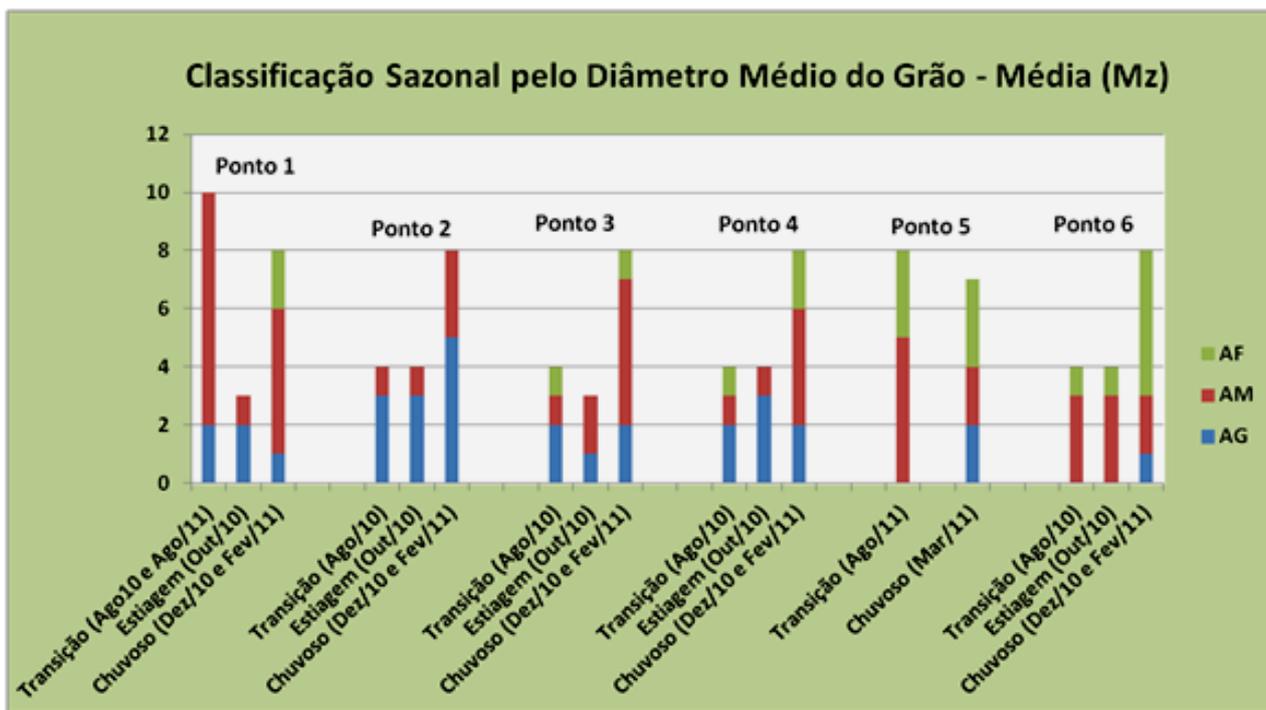


Figura 5. Classificação sazonal pelo diâmetro médio do grão para as praias monitoradas.

Figure 5. The seasonal rating by average diameter grain to the beaches monitored.

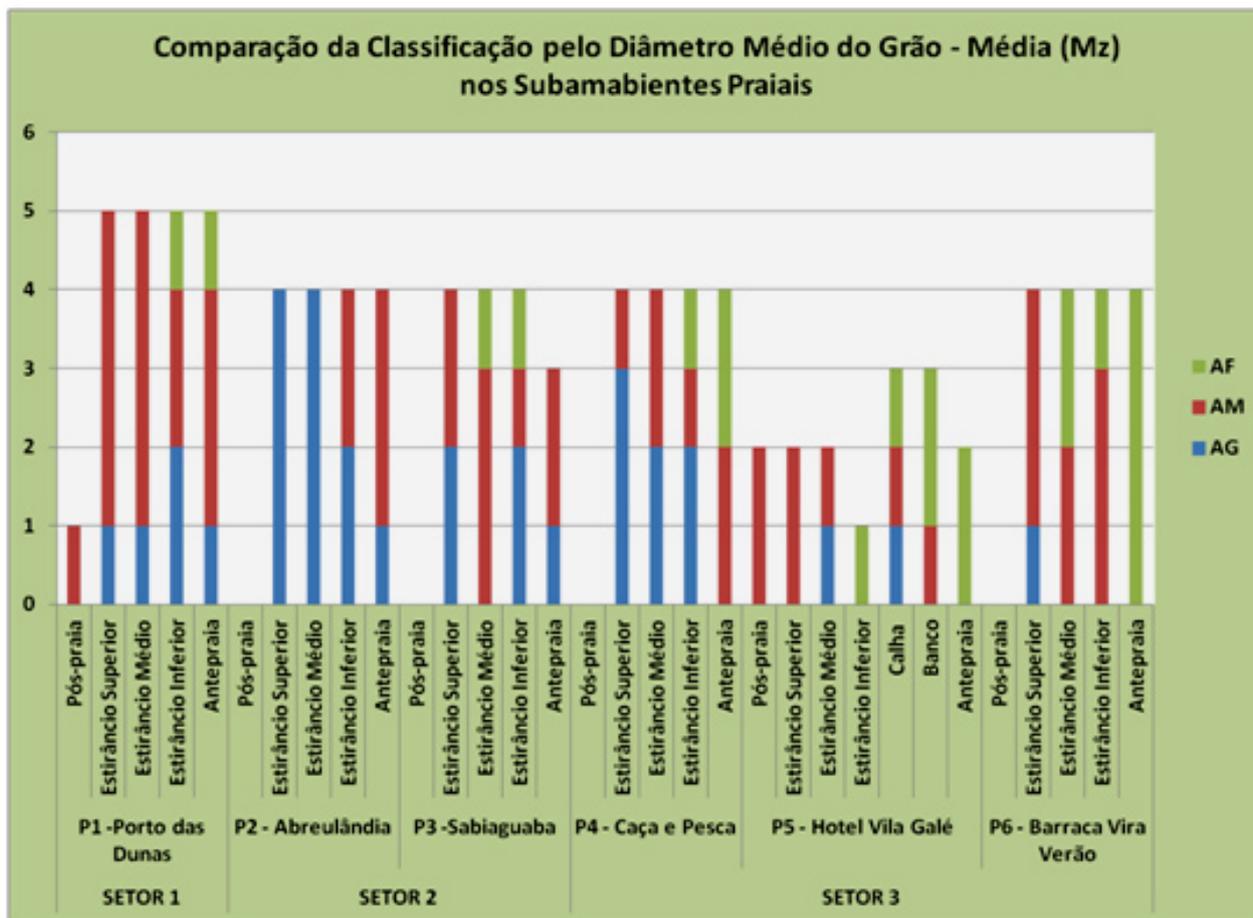


Figura 6. Comparação da distribuição das classes granulométricas nos diferentes setores e subambientes praias.

Figure 6. Distribution of grain size fractions in different sectors and beach sub-environments

ondas, protegendo as praias da erosão. Sua litologia varia de conglomerado a arenito grosso a muito grosso, refletindo a presença de maior energia em momento anterior a cimentação e, por vezes apresentam seixos e fragmentos de conchas (Figura 7 e 8).



**Figura 7.** Afloramento de arenito de praia. Praia Porto das Dunas (Ponto 1), período de transição (Agosto de 2011).

**Figure 7.** Beachrock outcrop. Porto das Dunas Beach (Point 1), transition season (August 2011).



**Figura 8.** Detalhe da textura e estruturas (estratificação cruzada acanalada e plano paralela) do arenito de praia. Praia Porto das Dunas (Ponto 1), período de transição (Agosto de 2011).

**Figure 8.** Detail texture and structures (trough cross-stratifications and horizontal stratification) beachrocks. Porto das Dunas Beach (Point 1), transition season (August 2011).

Segundo a classificação de Wright & Short (1984) praias caracterizadas por sedimentos de granulometria bimodal, comumente são enquadradas em intermediárias, apresentando uma maior mobilidade e uma maior variabilidade sedimentar

segundo as classificações morfodinâmicas existentes, neste Setor variando de dissipativa a intermediária, vide Tabela 2.

Comparativamente, os resultados encontrados mostram que houve uma alteração nos parâmetros estatísticos entre os períodos de transição e estiagem, em relação ao período chuvoso. Nos dois primeiros períodos foram registrados ventos mais fortes, ondas com alturas mais significativas e, conseqüentemente perfis de inverno com formação de calhas (canais) e bancos longitudinais, que funcionam como armadilhas de sedimentos de granulometria variando de média a fina (Figura 3, 5, 6 e 9). Já no período chuvoso foi registrada uma grande acumulação de areia no perfil praiial subaéreo, registrando uma declividade mais suave, acumulação de sedimentos mais finos no meio aquoso, conforme amostras analisadas (Figura 5, 6 e 10).



**Figura 9.** Praia Porto das Dunas (Ponto 1), perfil de inverno, período de transição (Agosto de 2011).

**Figure 9.** Porto das Dunas Beach (Point 1), rainy profile, transition season (August 2011).



**Figura 10.** Praia Porto das Dunas (Ponto 1), perfil de verão, período chuvoso (Fevereiro de 2011).

**Figure 10.** Porto das Dunas Beach (Point 1), summer profile, rainy season (February 2011).

## 5.2. Setor 2 – Praia da Abreulândia

O Setor 2 se destaca por apresentar fácies granulométrica variando de areia média a areia grossa, predominantemente, associada à mistura das areias médias dos campos de dunas e bancos de areia que assoreiam os rios Pacoti e Cocó e são transportados até a faixa praial, bem como pela contribuição dos sedimentos grossos que são desagregados dos arenitos de praia (*beachrocks*) pelos processos de intemperismo e erosão, ocorrendo paralelos à faixa praial e associados à foz dos rios supracitados (Figura 11 e 12). Ressalta-se ainda a contribuição dos sedimentos da Formação Barreiras (Tabuleiros Pré-litorâneos), os quais apresentam geralmente areia grossa a média, são transportados pelo fluxo hidráulico até a desembocadura dos rios, principalmente no período chuvoso, e distribuídos pela corrente de deriva litorânea ao longo da costa no sentido SE-NW.



**Figura 11.** Desembocadura do rio Pacoti (Meireles & Maia, 2003).

*Figure 11. Pacoti River mouth (Meireles and Maia, 2003).*



**Figura 12.** Desembocadura do rio Cocó (Galeria Alex Uchoa - net, 2013).

*Figure 12. Coco River mouth (Alex Uchoa Galery - net, 2013).*

A praia da Abreulândia - COFECO (Ponto 2), localizada à margem esquerda do rio Pacoti, apresentou variação do tamanho médio dos grãos de areia média a grossa, predominando areia grossa, com curtose variando desde platicúrtica até muito leptocúrtica, indicando variações nas condições energéticas do ambiente e uma bimodalidade dos sedimentos, característica de ambientes de transição. Verificou-se uma variação do grau de assimetria de aproximadamente simétrica a muito positiva, registrando uma mudança nos estágios de deposição dos sedimentos. Entretanto, a assimetria muito positiva indica acumulação de sedimentos em áreas protegidas, corroborando com a presença dos bancos de areia no canal do rio Pacoti, e uma grande quantidade de areia média retida e assoreando o ecossistema manguezal próximo à foz (Figura 11 e 13).

Nas estações de estiagem e de transição os sedimentos analisados apresentaram um melhor selecionamento, havendo, portanto uma maior influência da energia das ondas. Ao contrário na estação chuvosa foi observada a predominância de sedimentos moderadamente selecionados em quase todo ambiente. Apenas duas amostras foram classificadas como bem selecionadas, uma na antepraia e outra no estirâncio médio. Assim, no inverno não houve um ambiente de energia suficiente para um bom selecionamento dos grãos, como observado nas estações de estiagem e transição (Figura 13).

Na praia da Sabiaguaba (Ponto 3), à margem direita do rio Cocó, a classe textural varia de areia grossa a areia fina, predominando areia média, com grau de seleção bastante diversificado, mas com uma forte predominância de sedimentos moderadamente selecionados. A curtose indicou bimodalidade do material, variando de platicúrtica a extremamente leptocúrtica, enquanto a assimetria mostrou-se bastante diversificada, passando de negativa a muito positiva, sugerindo que ocorreu variação de energia e mudança de estágio de erosão para acumulação de sedimentos. Este fato está fortemente relacionado à sazonalidade da região, caracterizada por um período chuvoso, no primeiro semestre, e outro de estiagem, no segundo semestre. Esta sazonalidade também influencia na morfologia dos perfis praias, apresentando perfis de inverno nos períodos de transição e estiagem, o perfil torna-se mais íngreme junto à antepraia, devido a existências de ondas de tempestade causadas por ventos intensos. A praia emersa vê o seu perfil rebaixado por erosão, ocorre formação da berma (escarpa) e os sedimentos resultantes desse processo são depositados nas áreas imersas, com bancos e calhas longitudinais associados. Já no período chuvoso a ausência de ondas de tempestade e ventos mais amenos contribui para a formação de perfis de verão com inclinação mais suave.

No Ponto 3, durante o período chuvoso observa-se uma predominância dos sedimentos mais grossos nas áreas mais afastadas da linha de costa (estirâncio superior), e os mais finos na região subaquosa, ocorrendo uma inversão no período de estiagem (Figura 5). Esse processo pode ser explicado pelas ressacas que ocorrem durante esse período chuvoso, removendo os grãos menores e deixando os maiores e mais difíceis de carregar. O campo de dunas contribui fortemente para o equilíbrio da faixa de praia, observando-se, ainda, uma expressiva formação de dunas frontais no pós-praia (Figura 14).

Nuber *et al.* (2006) discutiram que, mudanças na distribuição dos sedimentos e elevação do perfil, principalmente no pós-praia, são produzidos pela migração da zona de espraiamento onde a berma é caracterizada por sedimentos de baixo grau de selecionamento.



**Figura 13** Praia da Abreulândia - COFECO (Ponto 2), período de estiagem (Outubro de 2010).

**Figure 13.** Abreulândia Beach - COFECO (Point 2), dry season (October 2010).



**Figura 14.** Praia da Sabiaguaba (Ponto 3), período de estiagem (Outubro de 2010).

**Figure 14.** Sabiaguaba Beach (Point 3), dry season (October 2010).

### 5.3. Setor 3 - Praia do Futuro

Para uma melhor caracterização da interação das populações sedimentares nos diferentes subambientes da praia do Futuro, a localidade foi analisada em três pontos, os quais apresentam características sedimentológicas distintas (Figura 5 e 6).

Os sedimentos da praia do Caça e Pesca (Ponto 4) apresentaram o tamanho médio dos grãos variando de areia fina a areia grossa, com predomínio desta última, e a seleção

de muito bem selecionada a pobremente selecionada. Os sedimentos apresentaram maior diâmetro em comparação aos outros dois pontos deste Setor, devido à erosão e intemperismo dos cordões de arenitos de praia que ocorrem associados às desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó e funcionam como uma barreira para a energia das ondas. A curtose é bastante variável, desde platicúrtica a muito leptocúrtica, e a assimetria passou de muito negativa a muito positiva, indicando que os sedimentos são bimodais, havendo variação das condições energéticas, inicialmente com deposição e posteriormente remoção do material fino.

No Ponto 5, em frente ao hotel Vila Galé, a granulometria apresentou variação de areia grossa a fina, predominando a classe textural areia média, com grau de seleção variando de moderadamente selecionado a pobremente selecionado. A curtose passou de platicúrtica a muito leptocúrtica, sugerindo a ocorrência de variação nas condições de energia, uma vez que o material apresenta bimodalidade, com assimetria muito negativa a muito positiva, ou seja, passou de um estágio de erosão para deposição de material fino, fato relacionado às variações sazonais dos perfis praias, perfil de inverno e perfil de verão, durante o período monitorado.

Na Barraca Vira Verão (Ponto 6) os sedimentos variaram de areia grossa a areia fina, com predominância de areia fina, ressaltando uma quantidade maior de sedimentos finos em relação aos pontos anteriores. O grau de seleção variou de bem selecionado a moderadamente selecionado, predominando este último, cuja curtose apresenta-se bastante diversa, desde platicúrtica a muito leptocúrtica, e um grau de assimetria entre muito negativa a muito positiva, mais uma vez demonstrando que ocorreu variação nas condições energéticas do ambiente e sugerindo uma mudança nos estágios de remoção e deposição dos sedimentos finos.

Os sedimentos do estirâncio inferior, neste Setor, apresentaram características polimodais, o que sugere uma grande alternância nos níveis de energia.

Em toda extensão dessa área foi observada a formação de bancos e calhas longitudinais. Os bancos arenosos são caracterizados, predominantemente, por sedimentos de granulometria fina, moderadamente selecionados, podendo variar a média no período de transição. As calhas apresentaram sedimentos grossos no período chuvoso e textura fina a média no período de transição, aumentando o tamanho do grão em direção à costa. Segundo Sonu (1972), o principal mecanismo de controle de mudanças do perfil praias está relacionado ao comportamento desses bancos sobre a superfície subaérea da praia.

Grande parte do movimento de material ocorre entre os bancos de areia e a berma. Estes bancos são produtos de erosão, pois a ação violenta das ondas corta a parte anterior da berma e deposita tal material a certa distância da costa. Os bancos se formam em condições tempestuosas, portanto, características do perfil de inverno. Entretanto neste Setor, a baixa declividade ( $3^\circ$ ) favorece a formação de um número maior de calhas e bancos longitudinais, comuns nos períodos monitorados (Figura 15 e 16).

Durante o período de estiagem, as variações no padrão de energia são menores, em geral ocorre uma inversão na distribuição dos sedimentos, os sedimentos grossos e médios predominam na região subaquosa e as frações médias e finas

na zona de espraiamento, o que proporciona uma acreção de sedimentos no perfil subaéreo.

Este Setor apresenta característica intermediária a dissipativa e intenso transporte eólico agindo na população de sedimentos finos a médios na região de espraiamento, o que denota significativas acumulações de sedimentos na

região do pós-praia, formando dunas frontais.

Observa-se uma tendência à diminuição do tamanho médio do grão na direção NW, o que pode ser explicado pelo distanciamento das desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó, os quais têm associados os sedimentos de textura mais grossa das faixas descontínuas de arenitos de praia (Figura 17).



**Figura 15.** Praia do Futuro - Hotel Vila Galé (Ponto 5), período chuvoso (Março de 2011).

*Figure 15.* Praia do Futuro Beach - Vila Galé Hotel (Point 5), rainy season (March 2011).



**Figura 16.** Praia do Futuro - Barraca Vira Verão (Ponto 6), período de transição (Agosto de 2010).

*Figure 16.* Praia do Futuro Beach - Vira Verão Shack (Point 6), transition season (August 2010).



**Figura 17.** Praia da Sabiaguaba (Ponto 3) e Praia do Caça e Pesca (Ponto 4), margens da desembocadura do rio Cocó, período chuvoso (Dezembro de 2010).

*Figure 17.* Sabiaguaba Beach (Point 3) and Caça e Pesca Beach (Point 4), the margins of the Coco River mouth, rainy season (December 2010).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise granulométrica das 99 amostras superficiais de sedimentos de praia permitiu constatar o predomínio da fração arenosa ao longo dos cerca de 15 quilômetros de praia.

Os sedimentos são predominantemente compostos de areia média, moderadamente selecionada, entretanto granulações mais finas ocorrem nas praias do extremo NW e as mais grossas nas porções centrais. Estas características sedimentológicas refletem as condições morfodinâmicas inerentes de cada setor da faixa praial. A variação nos valores modais indica que há ocorrência de sedimentos de fontes distintas. Neste caso, além da plataforma interna adjacente, os campos de dunas, e os rios Pacoti e Cocó contribuem como uma importante fonte de material siliciclástico às praias adjacentes e, ainda, quando há redução no transporte normal dos grãos de areia, com a presença dos *beachrocks*, modificando os níveis de energia.

Os resultados apontam para o predomínio de areia média a grossa, junto às desembocaduras dos rios Pacoti e Cocó. A areia grossa é resultado da erosão e intemperismo dos sedimentos formadores dos cordões de arenitos de praia (*beachrocks*). Já os sedimentos de textura areia média são provenientes dos campos de dunas móveis, que são transportados pelos ventos alísios de SE e NE, assoreiam os canais dos rios, e são levados e distribuídos pela faixa praial por meio das ondas e corrente de deriva litorânea no sentido NW. Ressalta-se ainda a contribuição dos sedimentos, de textura areia média a grossa, da Formação Barreiras (Tabuleiros Pré-litorâneos) que por meio da descarga fluvial, principalmente no período chuvoso, são também espalhados pela corrente de deriva litorânea ao longo da costa no mesmo sentido.

Evidenciou-se uma redução no tamanho médio dos grãos na direção NW, o que pode ser explicado pelo distanciamento das faixas descontínuas dos *beachrocks* e desembocaduras fluviais.

Foram observadas variações significativas na face de praia ao longo da costa. Porém, nos três setores há um padrão bem definido dos perfis morfodinâmicos praias associados à sazonalidade meteorológica, apresentando perfis de inverno nos períodos de transição e estiagem e perfis de verão no período chuvoso.

A presença de bancos e calhas longitudinais é uma constante na área pesquisada, apresentam-se fortemente associados aos períodos de transição e estiagem, em razão da ocorrência de ventos mais intensos e ondas de tempestade mais frequentes que retiram sedimentos do pós-praia e dunas frontais para a formação dos bancos. Entretanto, quando da ocorrência de ressacas no período chuvoso, perfis de inverno são formados.

Em relação aos percentuais de distribuição das classes granulométricas ao longo dos pontos monitorados, o pós-praia dos três setores apresentou a menor variabilidade, em comparação aos demais subambientes. Os sedimentos foram classificados em areia média com grau de seleção moderadamente selecionado.

A declividade do estirâncio apresenta baixos valores (entre 7,2° e 1,6°). O caráter mais dissipativo é observado no extremo NW, associado às condições de alta energia

e suprimento abundante de sedimentos, apresentando uma tendência fortemente progradante. Este processo é corroborado por Marino & Freire (2013), por meio de análises da variação da linha de costa, os quais constataram que a Praia do Futuro (Setor 3) é alimentada pela erosão das praias situadas à barlamar e também pelos sedimentos transportados pelos rios Pacoti e Cocó. As areias resultantes são transportadas até o espigão do Titanzinho, que impede a continuidade do transporte e propicia o intenso acúmulo de sedimentos. Nessa área o *bypass* costeiro acha-se quase completamente erradicado em função da urbanização associada ao crescimento da cidade de Fortaleza em direção leste.

## CONCLUSÕES

1. Pode-se observar que esta faixa litorânea permitiu o desenvolvimento de praias com níveis diferenciados de energia hidrodinâmica: expostas e semiexpostas, protegidas pelas faixas alongadas e descontínuas dos arenitos de praia, os quais diminuem a energia das ondas, protegendo as praias da erosão costeira;
2. Os setores extremos são os mais dinâmicos e de maior susceptibilidade a ação das ondas e ressacas;
3. A dinâmica sedimentar é caracterizada pela grande mobilidade de sedimentos ao longo da praia em resposta a ação das correntes de deriva litorânea e entre a parte emersa e submersa da mesma em resposta às variações meteorológicas;
4. Por encontrar-se inserida totalmente na RMF, a planície costeira entre as praias do Futuro e do Porto das Dunas sofreu e sofre fortemente as consequências negativas de um rápido processo de urbanização e adensamento demográfico, trazendo desequilíbrios significativos nas relações sociedade versus natureza e tendo como efeitos mais marcantes a degradação ambiental.

## RECOMENDAÇÃO

Recomenda-se para futuros trabalhos a realização de sondagens estratigráficas ao longo da planície costeira, a análise de detalhe dos sedimentos quanto à morfoscopia e mineralogia, o monitoramento morfodinâmico e sedimentológico da faixa praial, a batimetria e faciologia da antepraia e plataforma continental interna adjacente, e a realização de estudos prévios (muitas vezes de médio e longo prazo) para a construção de obras e empreendimentos costeiros, sobretudo em se tratando de ambientes dinâmicos, como é o caso.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), ao Laboratório de Geologia Marinha Aplicada - UFC, e ao Laboratório de Química Ambiental da Universidade de Fortaleza, nas pessoas da Prof<sup>a</sup> Denise Fernandes, Oyrton Monteiro Júnior e bolsistas dos Programas PROBIC e PAVIC, em especial pelas análises laboratoriais efetuadas.

## REFERÊNCIAS

- Bascom, W.N. (1951) – The relationship between sand-size and beach face slope. *Transactions, American Geophysical Union* (ISSN 2324-9250), 32(6):866–874, Washington, DC, U.S.A.
- Bensi, M. (2006) – *Aplicação do correntômetro acústico ADCP em ambientes marinhos e estuarinos do Ceará e Paraíba - nordeste do Brasil*. 134p, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Available at [http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/1308/1/2006\\_dis\\_mbensi.pdf](http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/1308/1/2006_dis_mbensi.pdf).
- Bowen, A.J.; Inman, D.L. (1966) – *Budget of littoral in the vicinity of point Arguello, California*. 56p., U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Technical Memorandum 19, Fort Belvoir, VA, U.S.A. Available at <http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:ced71bcf-8862-4f9d-b04c-1da28c101fcb/TLN1001001.pdf>.
- Castilhos, J.A. (1995) – *Estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da planície costeira e Praia da Armação - Ilha de Santa Catarina, SC*. Florianópolis, 134p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil. *Não publicado*.
- Dal Cin, R.; Simeoni, U. (1994) – A model for determining the classification, vulnerability and risk in the southern coastal zone of the Marche (Italy). *Journal of Coastal Research* (ISSN 1551-5036), 10(1):18-29, Fort Lauderdale, FL, U.S.A. Available at <http://www.jstor.org/stable/4298189>
- Folk, R.L.; Ward, C. (1957) – Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, (ISSN 1073-130X), 27(1):3-26, Tulsa, Ok, U.S.A.
- King, C.A.M. (1972) – *Beaches and coasts*. 570p., Edward Arnold, London, U.K. ISBN: 0713156090.
- Komar, P.D. (1976) – *Beach processes and sedimentation*. 429p., Prentice Hall, New Jersey, USA. ISBN: 0130725951.
- Krumbein, W.C. (1934) – Size frequency distribution of sediments *Journal of Sedimentary Petrology*, 4(2):65-77. DOI: 10.1306/D4268EB9-2B26-11D7-8648000102C1865D
- Lima, S.F.; Silva Filho, W.F.; Pinheiro, R.D.; Freire, G.S.S.; Maia, L.P.; Monteiro, L.H.U. (2001) – ANASED - Programa de análises, classificação e arquivamento de parâmetros metodológicos. *Anais do VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA)*, CD-ROM, p. 458-459. Mariluz, Imbé, RS, Brasil.
- Mallmann, D.L.B. (2008) – *Vulnerabilidade do litoral sul de Pernambuco à erosão*. 145p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. Disponível em [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=99077](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=99077)
- Mazzer, A.M. (2007) – *Proposta metodológica de análise de vulnerabilidade da orla marítima à erosão costeira: aplicação na costa sudeste da ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil*. 169p., Dissertação de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. *Não publicado*
- Marino, M.T.R.D.; Freire, G.S.S. (2013) – Análise da evolução da linha de costa entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. *Revista Gestão Costeira Integrada*, 13(1):113-129. DOI: 10.5894/rgci373
- Marino, M.T.R.D.; Freire, G.S.S.; Horn Filho, N.O. (2012) – Aspectos geológicos e geomorfológicos da zona costeira entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, Ceará, Brasil. *Revista de Geologia*, (ISSN 0103-2410), 25(1):77-96, Fortaleza, CE, Brasil. Available at [http://www.revistadegeologia.ufc.br/documents/revista/2012/06\\_2012.pdf](http://www.revistadegeologia.ufc.br/documents/revista/2012/06_2012.pdf)
- Molisani, M.M.; Cruz, A.L.V.; Maia, L.P. (2006) – Estimativa da descarga fluvial para os estuários do estado do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar* (ISSN: 0374-5686), 39:53-60, Fortaleza, CE, Brasil. Available at [http://www.institutomilenioestuarios.com.br/pdfs/Produtos/019/19\\_Molisanietal2007a.pdf](http://www.institutomilenioestuarios.com.br/pdfs/Produtos/019/19_Molisanietal2007a.pdf)
- Morais, J.O. de (1980) – Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do município de Fortaleza, estado do Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar* (ISSN 0374-5686), 20:71-100, Fortaleza, CE, Brasil. Available at [http://www.labomar.ufc.br/images/stories/arquivos/ArqCienMar/V20\\_1980/acm\\_1980\\_20\\_1-2\\_07.pdf](http://www.labomar.ufc.br/images/stories/arquivos/ArqCienMar/V20_1980/acm_1980_20_1-2_07.pdf)
- Nordstrom, K.F. (1981) – Differences in grain size distributions with shoreline positions in a spit environment. *Northeastern Geology* (ISSN 0194-1453), 3:252-258. New York, USA.
- Nuber, E.; Klein, A.H.F.; Calliari, L.J. (2006) – Foreshore morphodynamic changes in a bimodal sediment beach. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), SI39:660-663, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Coastal Symposium, SC, Brazil. Available at [http://siaiacad09.univali.br/ics2004/arquivos/133\\_nuber.pdf](http://siaiacad09.univali.br/ics2004/arquivos/133_nuber.pdf)
- Ribeiro, J.A.P. (2001) – *Características hidrogeológicas e hidroquímicas da faixa costeira leste da Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará*. 112p, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. *Não publicado*.
- Shepard, F.P. (1954) – Nomenclature based a sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24(3):151-158. DOI: 10.1306/D4269774-2B26-11D7-8648000102C1865D
- Short, A. (1999) – *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. 379p., John Wiley & Sons, Chichester, U.K., New York, Ny, U.S.A. ISBN: 0471965707.
- Sonu, C.J. (1972) – Bimodal composition and cyclic characteristics of beach sediment in continuously changing profiles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 42(4):852-857. DOI: 10.1306/74D72653-2B21-11D7-8648000102C1865D
- SRH (2005) - *Atlas eletrônico dos recursos hídricos e meteorológicos do Ceará*. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza, CE, Brasil. In: <http://atlas.srh.ce.gov.br> (acedido em Setembro 2012).
- Wentworth, C.K. (1922) – A scale of grade and class terms for classic sediments. *Journal of Geology*, 30(5):377-392. DOI: 10.1086/622910
- Wentworth, C.K. (1933) – Fundamental limits to the sizes of clastic grains. *Science* (ISSN 0036-8075), 30(77):633-634, Washington, DC, U.S.A.
- Wright, L.D.; Short, A.D. (1984) – Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56(1-4):93-118. DOI: 10.1016/0025-3227(84)90008-2

# Análise Comparativa da Agitação Obtida com o Modelo Numérico (SWAN) na Modelagem de Ondas do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte, Brasil e Dados de Campo \*

## *Comparative Analysis of Agitation Obtained the Numeric Model (SWAN) in Modeling Rio Grande do Norte (Brazil) Northern Coastal Waves and Field Data*

Maria de Fátima Alves de Matos <sup>@,1</sup>, Conceição Juana E.M. Fortes <sup>2</sup>, Venerando Eustáquio Amaro <sup>1</sup>,  
Ada Cristina Scudelari <sup>1</sup>

### RESUMO

Este artigo visa apresentar as análises comparativas da agitação marítima entre as medições obtidas dos resultados da modelagem numérica, com a aplicação do modelo SWAN, e os resultados das medições *in situ* durante duas campanhas realizadas no período de 20 a 27 de dezembro de 2010 e de 15 a 22 de fevereiro de 2011, na costa do litoral setentrional do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. O estudo tem como principal objetivo, avaliar o desempenho do modelo SWAN quanto à previsão de agitação marítima, aferindo suas potencialidades e limitações para a região de interesse.

As medições *in situ* foram efetuadas em dois locais próximo da costa em profundidades de 5 e 9 m, respectivamente, onde os dados foram processados para se obter as análises espectrais e empregado as análises estatísticas do conjunto de amostragem. Nas condições de fronteira, foram considerado os estados de mar estimados ( $H_{m0}$  – altura de onde significativa,  $T_p$  – período de pico e  $Dir$  – direção média em frequência de pico) pelo modelo de escala oceânica, WAVEWATCH III, WWIII. As informações das condições de fronteira foram submetidas a um refinamento para aprimorar a aplicabilidade do modelo, onde se considerou a maré variável para os dois períodos de análise em condições de sizígia, uma vez que a amplitude da maré local chega a ultrapassar os 2 m durante as fases de sizígia. As informações foram interpoladas de hora a hora para serem introduzidas no conjunto de dados de agitação que forçam o modelo. Os valores numéricos foram obtidos para todo o domínio do cálculo, que considerou como malha exterior as dimensões da Carta Náutica 720, fornecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. Entretanto, o modelo realizou cálculos em duas malhas de dimensões inferiores a exterior: uma intermediária e outra interior, esta última na inserção dos pontos de referência, fornecendo assim, os parâmetros de agitação marítima junto à costa. Nos cálculos com o modelo SWAN foram considerados regime estacionário, com a formulação KOMEN e coeficiente de atrito,  $\epsilon=0.015 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$ . Analisaram-se também as estatísticas atribuindo o índice de concordância (*ic*) dos valores medidos e valores numéricos como forma avaliativa. São apresentadas e discutidas as análises comparativas das medições

@ - Corresponding author: [fatimaalves@geologia.ufrn.br](mailto:fatimaalves@geologia.ufrn.br)

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Departamento de Geologia e Departamento de Engenharia Civil, Campus Universitário Lagoa Nova, C.P: 1596, CEP: 59078-970, Natal, RN, Brasil. e-mail: Matos - [fatimaalves@geologia.ufrn.br](mailto:fatimaalves@geologia.ufrn.br), Amaro - [amaro@geologia.ufrn.br](mailto:amaro@geologia.ufrn.br), Scudelari - [ada@c.ufrn.br](mailto:ada@c.ufrn.br).

2 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas, Av. do Brasil, 101, 1700-066, Lisboa, Portuga. e-mail: [jfortes@lnec.pt](mailto:jfortes@lnec.pt)

*in situ* com as estimativas obtidas com a modelagem numérica, que servem para a validação das simulações, assim como para quantificar as diferenças observadas para ambos os períodos estudados.

Conclui-se que, no geral, o modelo conseguiu representar razoavelmente bem a evolução da onda desde ao largo até a zona de praia. Das análises estatísticas para as alturas significativas, embora se observe semelhança no comportamento, o índice de concordância entre eles, mostrou-se abaixo de 0.5. Em ambos os casos, em comparação com as observações, houve semelhança no comportamento das alturas significativas e períodos médios, apesar de os valores medidos mostrarem-se sempre superiores aos valores numéricos. No entanto, verificou-se, para a estação do PT1, que o modelo conduz a resultados numéricos mais próximos dos medidos, este em menor profundidade.

A execução deste estudo permitiu realizar os testes quanto a capacidade do modelo SWAN de caracterizar o estado de agitação marítima em zona costeira rasa, com abrangência de escala regional de 300 km<sup>2</sup> e obtenção de resultados satisfatórios.

**Palavras-Chave:** Modelação numérica, modelo SWAN, ondas, Nordeste do Brasil.

## ABSTRACT

*This article presents the comparative analysis of wave propagation between measurements obtained from the results of numerical modeling, with the application of the model SWAN (Booij et al., 1999), and the results of in situ measurements during two campaigns carried out from December 20th through December 27th 2010, and from February 15th through February 22nd 2011, on the northern coast of Rio Grande do Norte, Northeastern Brazil. The SWAN model permits the calculation of the evolution of spectrum from the directional generation zone to the coastline. But like any numerical model is based on approximations and hypotheses, presenting therefore limitations in accurate description of the waves in the area under study. The study's main objective is to evaluate the performance of the SWAN model regarding prediction of sea disturbance, assessing their strengths and limitations for the region of interest.*

*The in situ measurements were made at two locations near the shore at depths of 5m to 9m, respectively, measured with instruments AWAC and Aquadopp PROFILE, where the data were processed to obtain spectral analysis (significant wave height, HS, period, Tmed, and average direction, DIRmed) and employed the statistical analyzes of all data valid. In the boundary conditions, was considered the estimated sea states ( $H_{m0}$  – significant wave height,  $T_p$  – peak period and Dir – direction average peak frequency) by the model of an oceanic scale, provided WWII (Tolman 1999, 2002). The information of the boundary conditions have been subjected to a refinement to enhance the applicability of the model, where the tide variable considered for two different periods in spring tide conditions, since the amplitude of the local tide comes to exceed 2 m for phases of spring tide. The data were interpolated hourly to be introduced in the dataset agitation forcing the model. The numerical values were obtained for the entire domain of the calculation, which considered as mesh exterior dimensions of 720 Nautical Chart, provided by the Directorate of Hydrography and Navigation of the Marine of Brazil, however, the model calculations performed in two meshes smaller than outer: one intermediate and one interior, the latter in the insertion of reference points (PT1 and PT2), thereby providing the parameters of wave propagation along the coast. The formulations were considered to SWAN in stationary patterns, formulation KOMEN (1984), with a coefficient of friction  $c=0.015 \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$ . We also analyzed the statistics assigning the concordance index (ic) of the measured values and numeric values as a form of evaluation, as well, are presented and discussed comparative analysis of in situ measurements with the estimates obtained with the numerical modeling, which serve to validation of simulations, and to quantify the differences observed for both periods studied.*

*It is concluded that in general the model represented reasonably well the evolution off from the wave to the beach area. Statistical analyzes to significant heights, although there is similarity in behavior, the level of agreement between the numerical and measured was below 0.5. In both cases, compared with the observations of behavior were similar to significant heights and medium periods, although the measured values show is always higher than the numeric values. However, it is the station PT1 to the model leads to the closest numerical results measured in this shallower depth.*

*The execution of this study allowed for the tests and the ability of the SWAN model to characterize the state of sea waves in shallow coastal zone, with regional coverage of 300 km<sup>2</sup> and satisfactory results.*

**Keywords:** Numeric modeling, wave, Northeastern Brazil.

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras constituem regiões, entre os continentes e os oceanos, caracterizadas pela natureza geológica dos continentes (litologias e arcabouços tectônicos) e principalmente pela energia imposta pela variação do nível médio do mar. No geral, as zonas costeiras mantêm-se em condições de equilíbrio dinâmico e, portanto, são áreas muito susceptíveis às mudanças em diversas escalas temporais e espaciais (Suguio, 2003). Grande parte desta dinâmica costeira está direta ou indiretamente relacionada à ação das ondas (Dean & Dalrymple, 2001), correntes, marés e ventos, em intervalos de tempo variáveis. As ondas geradas pelo vento são consideradas o agente forçador dominante na hidro e morfodinâmica costeira (Rocha et al., 2012). Por meio dos fenômenos de refração, difração e reflexão, tendem a amplificar e a transformar a dinâmica na zona costeira

por meio da distribuição e dissipação de sua energia ao longo da costa, uma vez que estas respondem, sobretudo, pelo transporte de sedimentos litorâneos e pelos processos erosivos e de deposição (Griggs & Trenhaile, 1994).

As ondas são o mais importante agente erosivo ao longo da maioria das costas, mas seu efeito varia de acordo com a energia das ondas e características e com a natureza do material exposto a ação das ondas (Summerfield, 1991; Trenhaile & Kanyaya, 2007). São capazes de colocar em movimento grande quantidade de sedimentos e, conseqüentemente, modificar a configuração da linha de costa e a distribuição dos sedimentos costeiros no fundo (Davis, 1985), causando o recuo progressivo ou recessão da linha da costa (Griggs & Trenhaile, 1994).

São vários e evidentes os fatores impactantes relacionados à ação das ondas nas zonas costeiras. Muito embora tenha

havido muitos avanços significativos na compreensão da dinâmica costeira, seu progresso no Brasil tem sido dificultado tanto pelo baixo número de pesquisadores ativos nesta área quanto pelas próprias operacionalidades instrumentais que envolvem a manutenção do monitoramento costeiro, especialmente quanto à temporalidade e distribuição espacial de locais permanente para o monitoramento das ondas, sobretudo, no litoral do nordeste do Brasil, que abrange uma área de 3.036 km de extensão, representando mais de 1/3 do litoral brasileiro, onde existe uma ausência de locais fixos de monitoramento a médio e longo prazo. Apesar disso, alguns estudos (Tabosa *et al.*, 2002; Silveira, 2002; Lima, 2002; 2006; Chaves, 2005; Leite, 2007; Scudelari *et al.*, 2007; Góes, 2009; Scudelari *et al.*, 2011; Matos *et al.*, 2011; Fortes *et al.*, 2011; Matos & Amaro, 2011; Ferreira *et al.*, 2012) têm sido feitos e vale ressaltar sua importância para os programas de monitoramento ambiental do litoral norte do Rio Grande.

Desta maneira, no que se refere ao ambiente marinho e costeiro, modelos de propagação de ondas são imprescindíveis para o conhecimento e o entendimento do ambiente estudado. A maioria dos modelos matemáticos sugere que as ondas exercem as maiores pressões na, ou ligeiramente acima, superfície média da água (Trenhaile, 2002). Uma das formas mais evidentes para se determinar o clima de ondas é por meio da medição *in situ* propriamente dita. Entretanto, devido à própria complexidade dos sistemas costeiros (Trenhaile, 2002), e pelas dificuldades instrumentais e custos envolvidos (Marques, 1997), diversos países há várias décadas têm desenvolvido e utilizado modelos numéricos para previsão de ondas, tanto em escala regional como global. Assim como no passado, estes modelos se encontram em constante fase de aperfeiçoamento para melhorar o desempenho das previsões numéricas da agitação marítima, bem como de se obter uma caracterização de maior cobertura geográfica e com maior capacidade de prever um estado de agitação marítima das áreas de interesse.

Um dos mais utilizados modelos na previsão da agitação marítima é o modelo SWAN (Booij *et al.*, 1999), que permite o cálculo da evolução do espectro direcional desde a zona de geração até à zona costeira. Mas, como qualquer modelo numérico, é baseado em aproximações e hipóteses, apresentando por isso, limitações na descrição precisa das ondas na zona em estudo. Além disso, este tipo de modelos envolve um conjunto de parâmetros que têm de ser calibrados para cada caso de estudo, recorrendo, por exemplo, a dados adquiridos *in situ*. Uma das grandes vantagens do modelo SWAN é a versatilidade, já que pode ser aplicado a grandes zonas costeiras abertas ou pode ser aplicado a zonas confinadas, como baías e estuários, por exemplo.

Desta forma, a existência de medições *in situ* (sobretudo, de ondas) no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte é uma oportunidade de calibrar alguns parâmetros do modelo numérico SWAN bem como de avaliar o desempenho do modelo e justificam o interesse do presente trabalho.

A modelação numérica com o SWAN foi efetuada para os dias em que foram realizadas as campanhas de medições *in situ*, i.e., 20 a 27 de Dezembro de 2010 e 15 a 22 de Fevereiro de 2011.

Embora para esta região a aplicação do SWAN já tenha sido efetuada anteriormente por outros autores (Scudelari *et al.*, 2007; Scudelari *et al.*, 2011; Fortes *et al.*, 2011; Ângelo, 2012), neste estudo a proposta é refinar a inserção dos dados e aprimorar a condição aplicável do modelo., Considerou-se a maré variável para um conjunto significativo de dias sob a influência das marés de sizígias, uma vez que estas, por serem meso marés semidiurnas, influenciam e contribuem em escala diária no retrabalhamento, mobilização e transporte dos sedimentos junto à costa.

Assim, com base nos resultados do modelo de previsão da agitação marítima, WAVEWATCH III, Tolman (1999; 2002), da bóia localizada na costa norte do Nordeste do Brasil (nas coordenadas 787460,84E / 9666781,81S), para os dias de medições *in situ*, utilizando dados de altura significativa (*HS*), período médio (*T<sub>med</sub>*) e direção média (*DIR<sub>med</sub>*), medidos com os instrumentos AWAC e AQUADOPP PROFILE, foram efetuados os cálculos com o modelo SWAN desde o largo (230 km de distância da costa) até a zona de próxima da costa, onde se obteve os valores de altura de onda significativa, *H<sub>S</sub>*, período médio, *T<sub>med</sub>* e direção média, *DIR<sub>med</sub>*, na zona de estudo. Foi realizada uma análise comparativa das medições da agitação marítima local com as estimativas produzidas pelo modelo em dois pontos localizados próximos da costa e calcularam-se as estatísticas.

Neste sentido, este trabalho descreve os procedimentos de preparação e de aquisição de dados durante as campanhas de campo; os procedimentos de tratamento e análise dos dados; a aplicação do modelo SWAN; as análises comparativas e a avaliação do desempenho do modelo SWAN nesta zona de estudo com base nos dados medidos.

### 1.1. Características Gerais da Área de Estudo

O Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte está situado na região nordeste do Brasil, no contexto das regiões semiáridas, com baixa precipitação anual (< 750 mm/ano) e altas temperaturas (> 25°C), caracterizando-se assim, como uma região altamente vulnerável às condições impostas pela variação do nível do mar e pelas mudanças climáticas.

É uma costa de plataforma continental rasa, inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar, onde da linha de costa em direção ao talude, às profundidades variam aproximadamente de 10 m até 40 m, a partir daí, ocorre gradualmente o desnível superior a 2.000 m sobre o talude e o sopé continental (Gomes, 2009). A porção interna da plataforma continental é constituída por um sistema de ilhas barreiras e esporões arenosos extremamente susceptíveis aos processos erosionais, intensamente afetado pelas condições hidrodinâmica, eólicas, e pelo arranjo estrutural de um sistema de falhamentos reativados no tempo (Fonseca, 1996; Caldas, 2002; Souto *et al.*, 2006; Rios *et al.*, 2012). O sistema de falhas Carnaubais (NE-SW) e de Afonso Bezerra (NW-SE) corresponde à principal estrutura que controla a sedimentação na bacia, assim como, a deposição dos sedimentos costeiros.

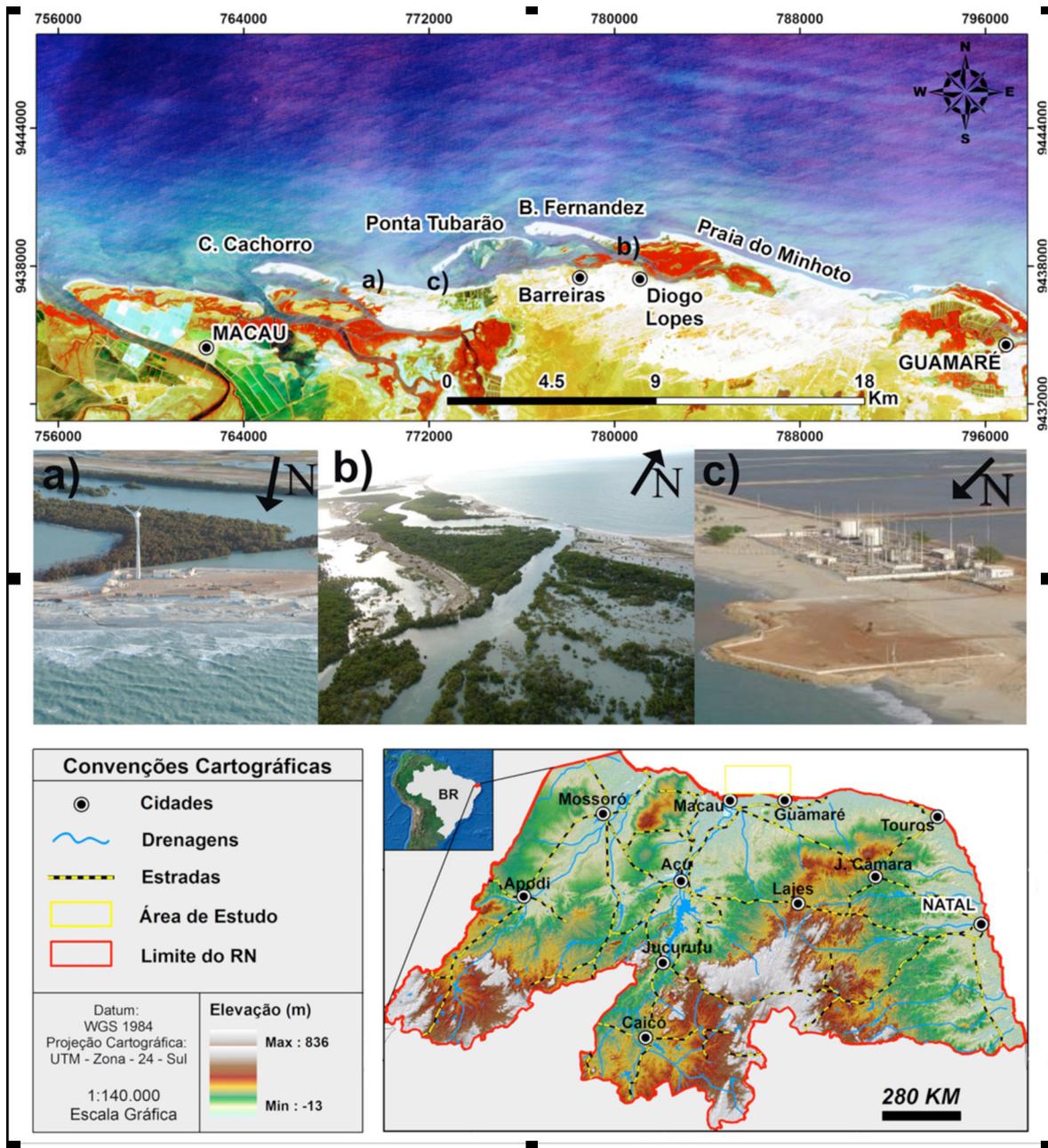
Na zona próxima a linha de costa (Figura 1), a instabilidade morfológica é intensa, com forte atuação dos processos de erosão e de acreção, resultantes da ação constante das ondas, das variações do nível médio da água do mar, das condições

climáticas, das sequências geológicas, das atividades neotectônicas e do suprimento de sedimentos carreados pelos rios e oceano, que controlam o desenvolvimento de feições erosivas e construtivas na faixa litorânea (Souto *et al.*, 2006).

Além destes aspectos atuantes na modificação da morfologia costeira, tem destaque a interferência antrópica, fortemente ocupada por empreendimentos de grande porte (Figura 1a, 1b), como as atividades petrolíferas instaladas

em águas rasas e zona de intermaré, que envolve desde a prospecção, a exploração e transporte de petróleo e gás natural, e mantém a área, que apresenta uma vulnerabilidade ambiental e natural elevadas (Grigio *et al.*, 2005, Boori & Amaro, 2010), em constante risco ambiental.

Ressalta assim, a importância de conhecer os padrões de propagação das ondas na região de intensa dinâmica costeira, para entender os efeitos desta sobre a morfodinâmica costeira.



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo. Atividades de uso e ocupação: a) instalações de aerogeradores; b) sistema de manguezais; c) indústria do petróleo.

**Figure 1.** Location of the study area. Activities use and occupation: wind turbines installations; b) mangrove; c) oil industry.

## 2. MEDIÇÕES *IN SITU* E TRATAMENTO DOS DADOS

As características das duas campanhas de medições de ondas consideradas neste trabalho efetuadas na zona marítima próxima da ilha do Tubarão são descritas sucintamente na tabela 1 onde, a posição geográfica é referenciada ao Datum WGS-1984, zona 24 Sul, em sistemas de coordenadas UTM. Em Matos *et al.* (2011) descrevem-se com maior pormenor essas campanhas. Os instrumentos de medição utilizado nas campanhas foram: o AWAC - *Acoustic Wave and Current Meter*, que mede os parâmetros de ondas (altura significativa e altura máxima, período de pico e período médio, direção de pico e direção média, pressão) e o AQUADOPP PROFILER, que mede os parâmetros de ondas e correntes (velocidade da corrente, direção da corrente, temperatura, pressão, altura da onda, período médio e de pico, direção média e direção de pico, entre outros parâmetros), ambos os instrumentos do mesmo fabricante, NORTEK AS, e que medem com frequência de aquisição de 1 Hz, respectivamente, (Figura 2).

Os dados foram processados pelo *software Storm* do mesmo fabricante, NORTEK AS, para obter os parâmetros da onda (altura significativa, altura máxima, período de pico, período médio, direção de pico e direção média). O *software* utiliza como método e algoritmo padrão para o processamento, foi o MLMST (*Método Máxima Verossimilhança com Rastreamento de Superfície*). Este método é o mais indicado para o

processamento de série de medições de onda com AWAC AST (Kahma *et al.*, 2005; Pedersen *et al.*, 2007). Por este método, é obtido um significativo conjunto de estimativas de onda:

- Estimativa da altura da onda significativa ( $H_{m0}$ );
- Período de médio (TM02) baseado nos momentos de espectros de energia;
- Direção média (MeanDir) que corresponde a direção de energia ou à direção média. A ponderação de energia é aplicada aos coeficientes de Fourier.

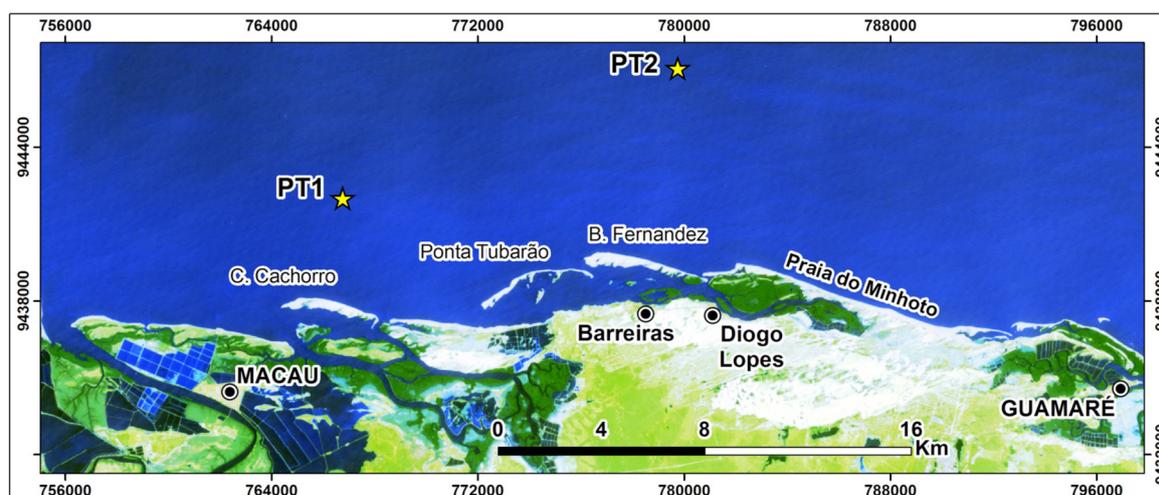
Outro tipo de dados considerado no presente trabalho referem-se às características dos ventos medidos e obtidos pela estação Meteorológica de Macau e às condições de maré medidas e obtidas pela estação Maregráfica de Macau, X=7753257E/Y=9434173N (Datum WGS1984, Zona 24 Sul, UTM).

Na Figura 3 e Figura 4, apresentam-se os dados de ventos (velocidade e direção) para os dois períodos distintos das medições *in situ*: 20 a 27 de Dezembro de 2010 e 15 a 22 de Fevereiro de 2011. Nota-se que durante o período de 20 a 27 de dezembro de 2010 (PT2) e 15 a 22 de fevereiro de 2012 (PT1), a velocidade média dos ventos foi de  $5,49 \pm 3,83$  m/s, com direções variando entre NE, E e SE, principalmente. A Figura 3 e 4 ilustra as condições dos ventos, destacando os dois períodos relacionados às campanhas de medições *in situ*.

**Tabela 1.** Descrição das campanhas de aquisição dos dados.

**Table 1.** Main characteristics of the data acquisition campaigns.

Medições	Data	Sensor	Prof (m)	Localização
PT1	15 a 22/02/11	AQUADOPP	5	X = 766768, Y = 9441999
PT2	20 a 27/12/10	AWAC	8	X = 779765, Y = 9447091



**Figura 2.** Mapa de localização do posicionamento dos sensores para as campanhas PT1 e PT2.

**Figure 2.** Map location of the sensor (PT1 and PT2) during the campaigns.

Velocidade, Direção e Frequência dos Ventos em Dezembro/2010

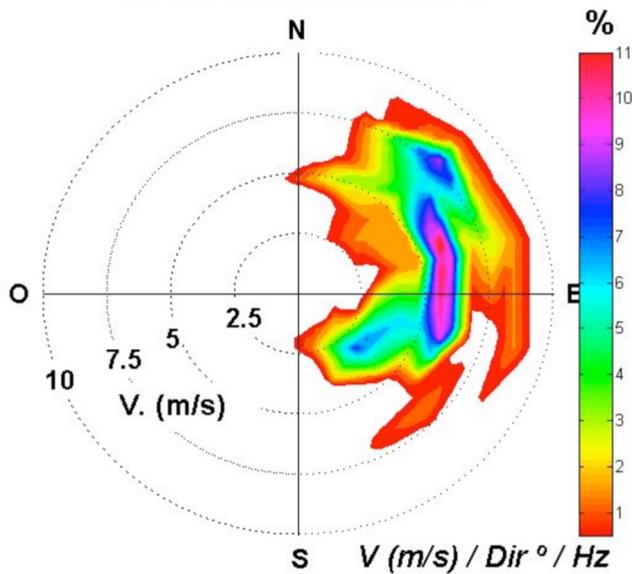


Figura 3. Características dos ventos, velocidade (m/s), e direção Dir (°) de 20 a 27 de Dezembro de 2010.

Figure 3. Wind characteristics (vel (m/s), Dir (°)) on 20 to 27 December, 2010.

Velocidade, Direção e Frequência dos Ventos em Fevereiro/2011

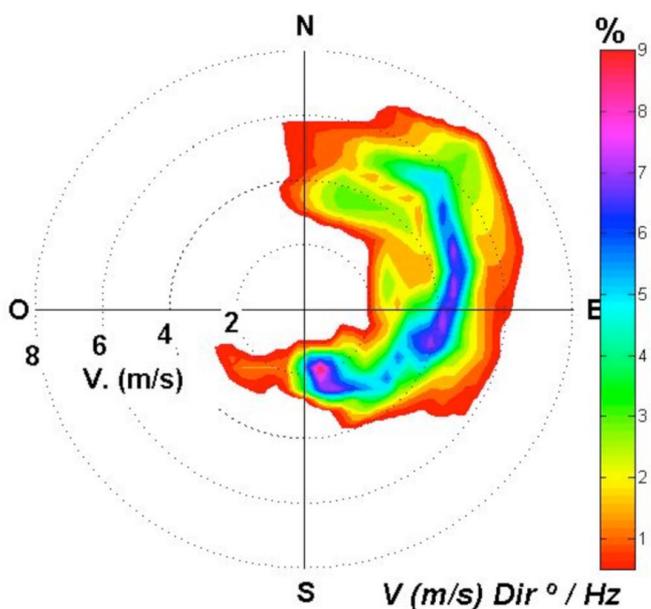


Figura 4. Características dos ventos, velocidade (m/s) e direção (°) de 15 a 22 de Fevereiro de 2011.

Figure 4. Wind characteristics (vel (m/s), Dir (°)) on 15 to 22 February, 2011.

Na figura 5 apresentam-se os valores da maré, obtidos para o período de 20 a 27 de Dezembro de 2010 a 15 a 22 de Fevereiro de 2011, da estação maregráfica de Guimarães, X=797490E/Y=9435570N (Datum WGS1984, zona 24 Sul). A maré local é semi-diurna, onde o nível médio ( $Z_0$ ) estabelecido é 139 cm acima do RN (Nível de Redução) com médias de preamares de sizígia (MHWS) de 234 cm acima do RN, média de preamares de quadratura de (MHWN) de 221 cm, média de baixa-mares de sizígia (MLWS) de 43 cm abaixo do RN e média das baixa-mares de quadratura (MLWN) de 56 cm.

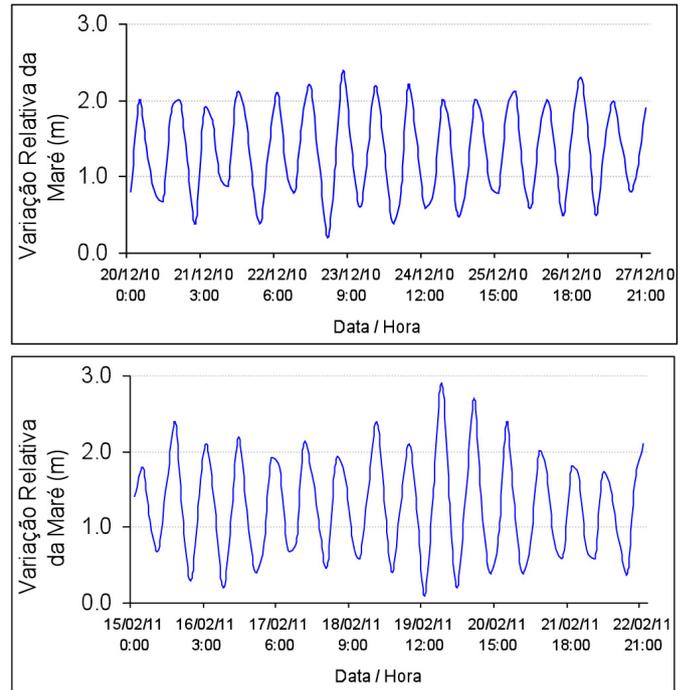


Figura 5. Características da variação da maré local para os dias 20 a 27 de Dezembro de 2010 e 15 a 22 de Fevereiro de 2011.

Figure 5. Tidal variation on 20 to 27 December 2010 and on 15 to 22 February 2011.

### 2.1. Análise dos Dados Válidos de Ondas

Com os dados obtidos pelo AWAC (PT2) e AQUADOP (PT1), foram executadas análises temporal e espectral dos registros, que permitiram obter um conjunto de parâmetros estatísticos da onda, de uma amostragem de 357 aquisições no PT1 e 384 aquisições no PT2. Na Figura 6 e Figura 7 são apresentadas os resultados das análises espectrais efetuadas aos registros obtidos em cada localização do equipamento (PT1 e PT2) respectivamente, no que se refere aos valores da altura de onda significativa  $H_S$  (ou  $H_{M0}$ ), altura máxima ( $H_{MAX}$ ), período médio  $T_{med}$  (ou  $T_{M02}$ ), período de pico ( $T_P$ ), direção média  $DIR_{med}$  e direção de pico  $DIR_{TP}$  ao longo do período das campanhas.

Verifica-se que para o PT1, as alturas de onda significativas e alturas máximas crescem significativamente em dois períodos ao longo de todos os dias de medições, nas primeiras horas do dia e posteriormente no período da tarde, sendo

que período as ondas alcançam as maiores alturas, tanto nas significativas quanto nas alturas máximas, 1.25 m e 2.09 m respectivamente. No PT2, a altura da onda significativa e altura máxima crescem ao longo do dia, de forma semelhante as do PT1. Entretanto, na medida em que decorrem os dias seguintes, as alturas significativas e alturas máximas tendem a maior ascensão nos períodos da tarde, com alturas de 2.04 m e 3.41 m, respectivamente. As similaridades nas alturas significativas e alturas máximas do PT1 e PT2 sugere que são ondas regulares tipicamente geradas por ventos e sob a influência das marés semidiurnas, uma vez que as maiores alturas das ondas assemelham-se aos horários da maré de enchente.

Quanto aos períodos médios e períodos de pico, as ondas de maiores períodos se propagam entre o intervalo de 05h00 e 08h00, com médias máximas de 6.67 s e 7.84 s, sendo as mais frequentes as ondas com períodos médios entre 4.3 s e 5.5 s no PT1. Para PT2, os maiores períodos médios variam em horários de 05h00 e 10h00, com valores entre 6.9 s e 8.1s, entretanto, os períodos médios mais frequentes são 3.3 s e 4.5 s. Tais valores indicam que as ondas são predominantemente geradas por ventos locais.

Nos valores médios direcionais do PT1, as ondas mais frequentes são as de direções entre 179° a 269°, predominantemente de SW, seguidas das direções NW, com valores entre 269° a 359°. No PT2, 78% das direções médias variaram entre 0.15° a 90°, caracterizando as ondas neste ponto predominantemente de NE.

Na tabela 2 e 3, mostram-se as características das estatísticas (valores máximo, médio e mínimo, erro e desvio padrão e dimensões da amostragem) nos dois períodos de amostragem (20 a 27 de Dezembro de 2010 e de 15 a 22 de Fevereiro de 2011) para os locais PT1 e PT2, respectivamente.

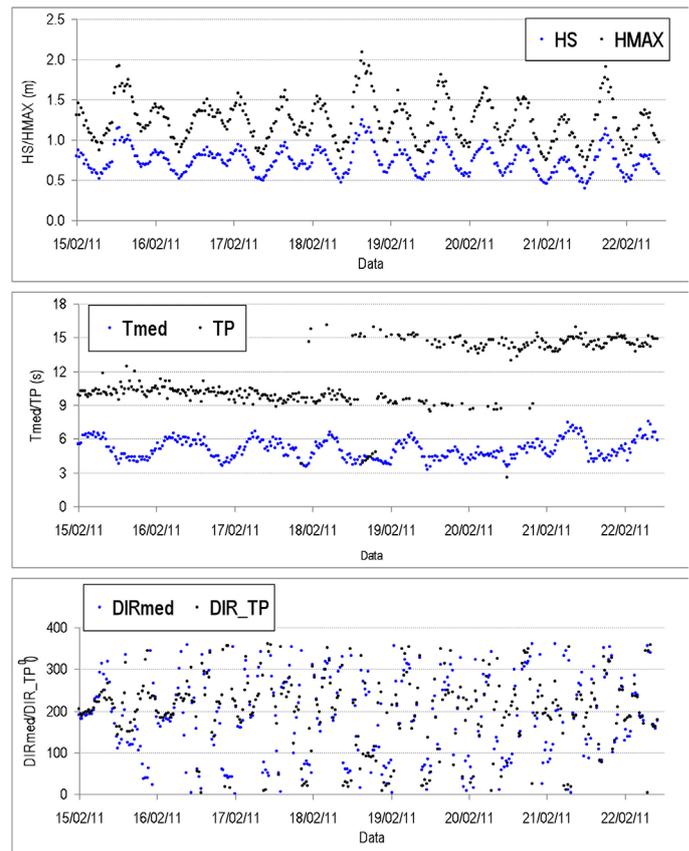
### 3. SIMULAÇÕES NUMÉRICAS

Para a aplicação efetuada com o modelo SWAN na zona em estudo com vista a caracterizar a agitação marítima para os períodos das campanhas, o procedimento seguido foi:

- Utilização como condições ao largo do SWAN as fornecidas pelo modelo de geração de onda, WAVEWATCH III, WWIII (Tolman, 1999, 2002) para bóia localizada na costa norte do Nordeste do Brasil, distante cerca de 230 km da costa;
- Utilização dos dados dos ventos e dos dados de marés para os dois períodos distintos, de 20 a 27 de Dezembro de 2010 e 15 a 22 de Fevereiro de 2011;
- Cálculo das características das ondas (HS, Tmed e DIRmed) em locais diferentes, posicionados na zona marítima adjacente a ilha do Tubarão, na porção setentrional do Rio Grande do Norte, utilizando o modelo SWAN para os períodos referidos;
- Comparação dos valores numéricos das alturas de onda significativas, períodos médios e direções médias com as medições efetuadas nos pontos PT1 e PT2.

#### 3.1. O Modelo SWAN

O modelo SWAN (Booij *et al.*, 1999) acrónimo de Simulating WAVes Nearshore é um modelo numérico para



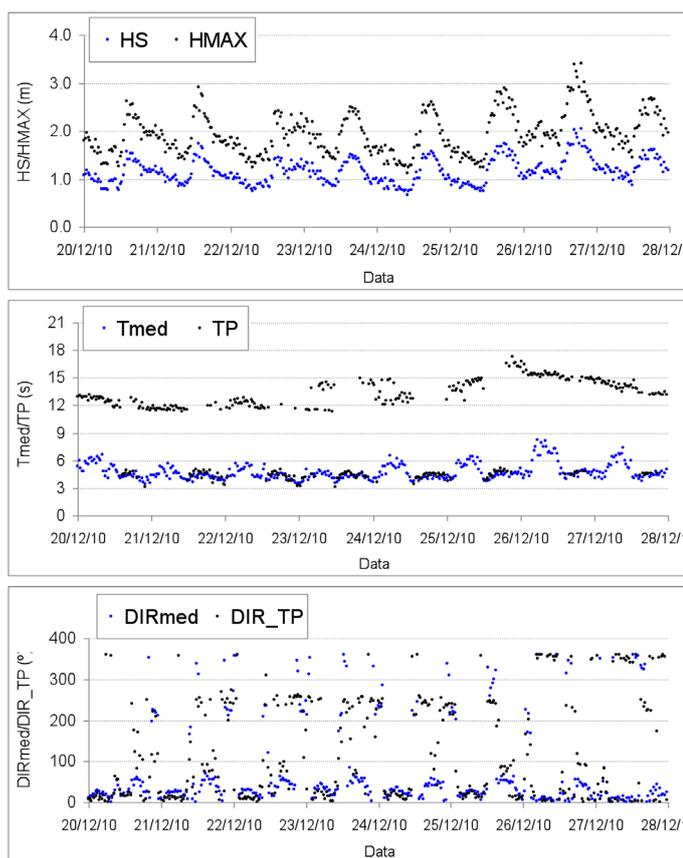
**Figura 6.** Características da agitação marítima medida nos períodos de 20 a 27 de Dezembro de 2010 e 15 a 22 de Fevereiro de 2011 para os instrumentos localizados em PT1, altura de onda significativa, HS (m), altura máxima Hmax (m), período médio, Tmed (s), período de pico TP (s), direção média, DIRmed (°) e direção de pico DIR\_TP (°).

**Figure 6.** Wave characteristics for PT1 instrument, significant wave height, HS (m), maximum wave height Hmax (m), mean wave period, Tmed (s), peak period TP (s), mean wave direction, DIRmed (°) and peak direction TpDir (°), for different periods: 15 a 22 February, 2011.

geração, propagação e dissipação da agitação marítima, baseado na equação para a conservação da ação de onda. Trata-se de um modelo de domínio público (*freeware*), em constante desenvolvimento pela *Delft University of Technology* da Holanda, que possui como uma das maiores vantagens a manutenção da estrutura dos ficheiros de dados e de resultados o que permite a fácil atualização de versões mais robustas e completas do modelo sempre que necessário.

Este modelo propaga a agitação marítima desde o largo até próximo da costa considerando os processos físicos de refração, difração e empolamento devido a variações do fundo e presença de correntes, crescimento de onda por ação dos ventos, rebentação por influência do fundo e por excesso de declividade (*whitcapping*), dissipação de energia devido à fricção do fundo, bloqueio e reflexão por correntes opostas e transmissão através de obstáculos.

O campo de ondas na zona em estudo é caracterizado pelo espectro bidimensional de densidade da ação da agitação



**Figura 7.** Características da agitação marítima medida nos períodos de 20 a 27 de Dezembro de 2010 e 15 a 22 de Fevereiro de 2011 para os instrumentos localizados em PT2, altura de onda significativa, HS (m), altura máxima Hmax (m) período médio, Tmed (s), período de pico TP (s), direção média, DIRmed (°) e direção de pico DIR\_TP (°).

**Figure 7.** Wave characteristics for PT2 instrument, significant wave height, HS (m), maximum wave height Hmax (m), mean wave period, Tmed (s), peak period TP (s), mean wave direction, DIRmed (°) and peak direction TpDir (°), for different periods: 20 to 27 December 2010.

marítima. Com esta representação, é possível a aplicação do modelo em áreas onde o crescimento da agitação marítima pela ação do vento seja notável ou onde estado de mar, ou mesmo ondulação esteja presente. A propagação da agitação, nos modos estacionário, nos espaços geográfico e espectral, é realizada utilizando esquemas numéricos implícitos. A zona em estudo pode ser descrita com coordenadas cartesianas ou esféricas, utilizando uma malha “retangular”.

Os dados necessários para a execução do SWAN são a malha batimétrica da zona a modelar e as condições de agitação na fronteira de entrada do domínio, para além de um conjunto de outros parâmetros de cálculo. De entre os vários resultados obtidos pelo SWAN destacam-se a altura de onda significativa, os períodos de pico e médio, as direções de pico e média, a dispersão direcional, o parâmetro de largura de banda e o nível de água em qualquer parte do domínio computacional.

Para a preparação dos dados, execução e visualização dos resultados do modelo SWAN, foi usado a ferramenta SOPRO (Fortes *et al.*, 2007), desenvolvido pelo *Laboratório Nacional de Engenharia Civil* de Portugal.

### 3.2. Condições de aplicação

#### 3.2.1. Batimetria, Condições Fronteira ao Largo, Ventos e Marés

A execução do modelo SWAN requer a introdução de diferentes dados de base, referentes às variáveis físicas que caracterizam o local e as condições ambientais tais como a batimetria, agitação ao largo, ventos e marés.

A batimetria empregue no modelo SWAN (Figura 8) foi obtida das informações da carta náutica 720, fornecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN da Marinha do Brasil, com 25.077 pontos batimétricos digitalizados.

Consideraram-se como condições ao largo os estados de mar estimados pelo modelo de escala oceânica, de 3ª geração e propagação de ondas WAVEWATCH, WWIII (Tolman, 2002). Estas estimativas são definidas por:  $H_{m0}$  (altura de

**Tabela 2.** Estatística descritiva para os parâmetros descritores da agitação do PT1.

**Table 2.** Descriptive statistics for wave heights, PT1.

Parâmetros	HS (m)	HMAX (m)	TP (s)	Tmed (s)	DIR_TP (°)	DIRmed (°)
Máximo	1.25	2.09	16.08	7.48	358.77	359.24
Média	0.74	1.23	11.63	5.06	199.51	185.64
Mínimo	0.39	0.66	2.57	3.19	2.39	0.17
Erro Padrão	0.01	0.01	0.14	0.25	4.60	5.18
Desvio Padrão	0.16	0.27	2.68	0.89	86.89	97.81
Amostragem	357	357	357	357	357	357

**Tabela 3.** Estatística descritiva para os parâmetros descritores da agitação do PT2.**Table 3.** Descriptive statistics for wave heights, PT2.

Parâmetros	HS (m)	HMAX (m)	TP (s)	Tmed (s)	DIR_TP (°)	DIRmed (°)
Máximo	2.04	3.41	17.30	8.18	359.93	359.93
Média	1.15	1.93	10.31	4.70	123.31	80.66
Mínimo	0.67	1.12	3.06	3.37	0.11	0.15
Erro Padrão	0.01	0.02	0.23	0.04	6.21	5.43
Desvio Padrão	0.26	0.44	4.45	0.88	121.73	106.47
Amostragem	384	384	384	384	384	384

onda significativa),  $T_p$  (período de pico) e Dir (direção média para a frequência de pico), obtidas a cada três horas, referentes ao período de 20 de 27 de Dezembro de 2010 e de 15 a 22 de Fevereiro de 2011, para o ponto da malha X=753257E/Y=9668067N, selecionado por estar localizado o mais próximo da área de estudo (Figura 8).

A partir destes valores integrais,  $H_{m0}$  e  $T_p$  parametrizou-se um espectro JONSWAP com  $\gamma = 3.3$  para representar a dependência em frequência. A distribuição em direção é dada por uma potência da função cosseno com expoente 10.

### 3.2.2. Domínio Computacional e condições gerais

A necessidade de utilização de mais que uma malha de cálculo está relacionada com a expectativa de melhor desempenho do modelo numérico face à utilização de apenas uma, quer no que se refere à qualidade da previsão, quer ao tempo necessário ao cálculo.

As características da agitação ao largo, constituem a condição de fronteira na malha global – Externa, em um ou dois dos lados dessa fronteira, dependendo da direção daquela agitação. Os resultados da malha global fornecem as condições de fronteira para a 2ª malha - Intermediária, e os resultados desta malha fornecem as condições de fronteira para a 3ª malha - Interna (Figura 8).

Para os cálculos com o modelo SWAN, utilizaram-se três malhas encaixadas (Figura 8).

Para a execução dos cálculos do modelo foram utilizadas as seguintes condições:

- Uso da versão SWAN 40.72, em modo estacionário sem correntes;

- Consideração dos dados de ventos fornecidos pela estação meteorológica de Macau, admitindo constância dos valores de velocidades e de direções em todo o domínio;
- Utilização dos dados da variação da maré local, fornecidas pela estação maregráfica de Macau;
- Uso de um coeficiente de rebentação constante de 0,65 para os períodos distintos;
- Uso de um espectro direcional discretizado em 21 intervalos, de 0,04 a 1.0 Hz, com distribuição logarítmica e discretização em direção que cobre 360°, dividida em 180 intervalos ( $\Delta = 10^\circ$ );
- Uso da Lei de JONSWAP (Hasselmann *et al.*, 1973);
- Parâmetro de atrito de fundo o valor de  $0.015 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$  (Komen, *et al.*, 1984), em regime estacionário.

Os fenómenos físicos incluídos foram:

- Na 1ª malha externa: a refração, o empolamento e a rebentação por influência do fundo e do excesso de declividade (*whitecapping*), a difração e interações onda-onda quadruplets (*quadruplet wave-wave interactions*);
- Nas 2ª e 3ª intermediária e interna: a refração, o empolamento e a rebentação por influência do fundo e do excesso de declividade (*whitecapping*), as interações entre tríades de ondas (*triad wave-wave interactions*), a geração de harmónicas (*frequency shifting*) e a difração.

Domínios	X inicial	Y inicial	Dimensões (km)	Resolução (x,y)
1ª Externa	710000	9436000	100 x 62	(1000, 1000)
2ª Intermediária	750000	9440000	50 x 20	(500, 250)
3ª Interna	765000	9440000	30 x 10	(100, 50)

**Figura 8.** Malhas batimétricas utilizadas no domínio computacional.**Figure 8.** Bathymetric grids used in the computational domain.

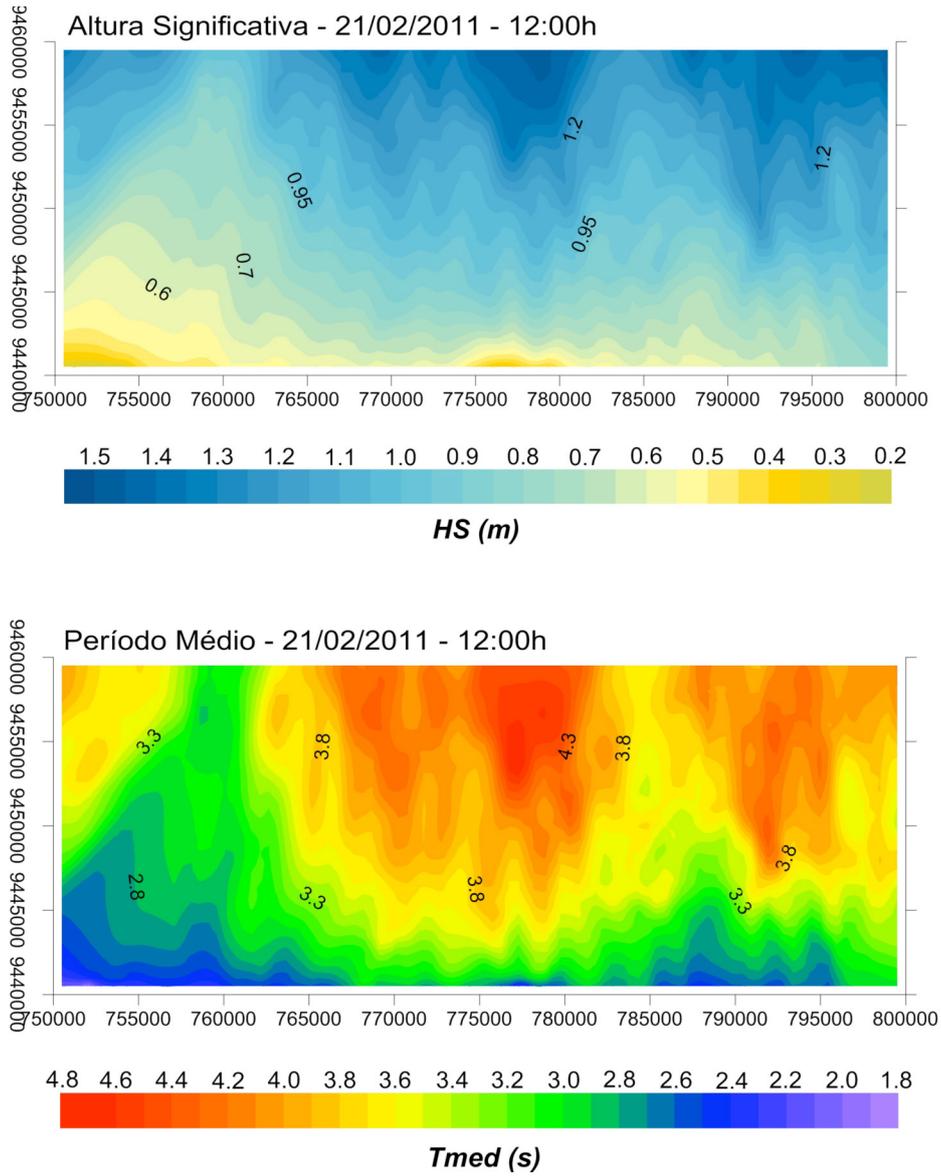
**3.3. Resultados das Características da Agitação Marítima no Domínio do Cálculo**

Na Figura 9 e na Figura 10, apresentam-se os resultados relativos à propagação efetuada com o SWAN, na malha 2, para o estado de agitação incidente verificado nos dias 26 de Dezembro de 2010, às 18h00 e para o dia 21 de Fevereiro às 15h00.

Como pode ser observado na Figura 9 e na Figura 10, há alteração significativa da altura da onda à medida que a

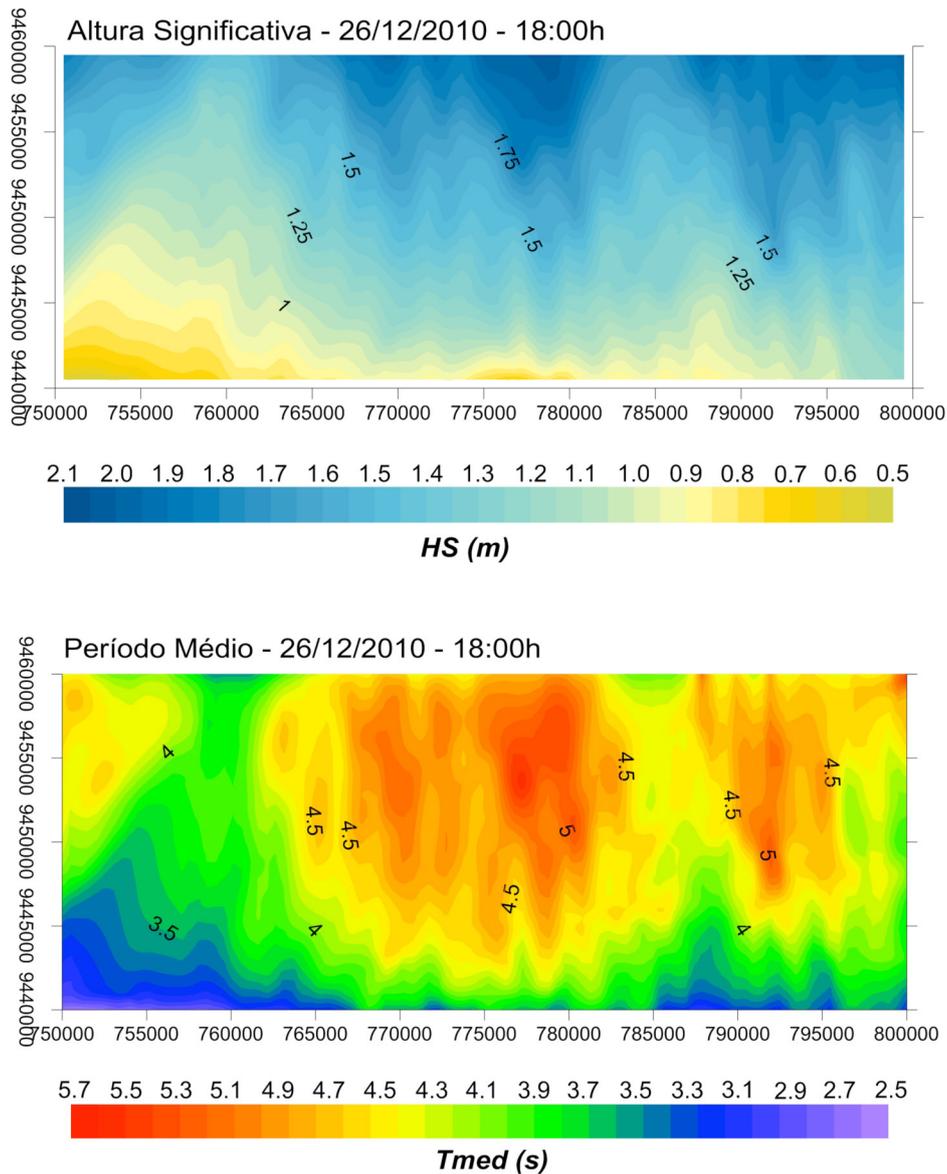
onda se propaga em direção a zona de praia, para todos os períodos em estudo, devido ao efeito da refração das ondas. Os resultados das propagações assemelham-se em ambos os casos, no que se refere à Hs e Tmed, quando entra nas profundidades abaixo de 10 m, incidindo paralelamente junto à costa, com direções predominantes de 40° no PT1 (NE), e 50° e 350° no PT2 (NE), respectivamente.

Em relação ao período médio durante a propagação da agitação incidente os períodos de 3.8 s e 4.5 s são os mais frequentes em relação no espaço, respectivamente.



**Figura 9.** Resultado da simulação do modelo SWAN do dia 21 de Fevereiro de 2011, às 12:00h, para as alturas de ondas significativas (HS), período médio (Tmed) e direção média (DIRmed).

**Figure 9.** Results of SWAN significant heights (HS), mean period (Tmed) and mean wave direction (DIRmed) for day 21 February 2011, 12:00h.



**Figura 10.** Resultado da simulação do modelo SWAN do dia 26 de Dezembro de 2010, às 18:00h, para as alturas de ondas significativas (HS), período médio (Tmed) e direção média (DIRmed).

**Figure 10.** Results of SWAN significant wave heights (HS), mean period (Tmed) and mean direction (DIRmed) from 26 December 2010, 18:00h.

#### 4. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS OBTIDOS PELO MODELO NUMÉRICO E MEDIÇÕES *IN SITU*

Nesta seção, são apresentados os resultados das simulações feitas com o SWAN (formulação KOMEN, com o coeficiente de atrito  $0.015 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$  em regime estacionário) com as aplicações das formulações padrões e diferentes variáveis físicas, as que obtiveram melhor ajustamento foram às simulações para os períodos médios, tanto nas simulações para o período de 20 a 27 de Dezembro de 2010 como de 15 a 22 de Fevereiro de 2011.

Os resultados numéricos e os baseados nas medidas *in situ* relativos à altura de onda significativa, período médio e direção

média, HS, Tmed e DIRmed, são devidamente comparados nos pontos PT1 e PT2 para avaliar o desempenho do modelo SWAN (Figuras 11 a 16).

Para uma melhor análise, os dados das medições *in situ* e os valores numéricos para as alturas significativas foram submetidos a uma avaliação estatística. Na Tabela 4 são apresentados os valores do Viés, da média do erro percentual absoluto (MAPE), do valor erro médio quadrático (RMSE) e do índice de concordância ou reajuste, representado pela letra “d” (Wilmott, 1981), que permitem avaliar quantitativamente e estatisticamente a concordância entre os valores medidos e os valores estimados numericamente pelo

modelo. Os seus valores variam desde zero, onde não existe concordância, a 1, a concordância é perfeita, ou seja, menor a escala de erros. O índice de Willmott é assim descrito:

- Média do Erro Percentual Absoluto - MAPE (Mean Absolute Percentual Error)

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^n \frac{|(O_i - P_i)|}{O_i} \quad (1)$$

- Erro Médio Quadrático – RMSE (Root Mean Square Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2} \quad (2)$$

- Índice de Concordância “d” (Willmott, 1981)

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{P}|)^2} \quad (3)$$

onde,  $d$  é o índice de concordância,  $O_i$  são os valores medidos,  $P_i$  são os valores dos modelos numéricos,  $\bar{O}$  é o erro da medida do valor experimental e  $n$  é o número de observações. Este índice varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo do 1, menor será a escala de erros.

Conclui-se que no geral o modelo conseguiu representar razoavelmente bem a evolução da onda desde ao largo até a zona de praia. Das análises estatísticas para as alturas significativas, embora se observe semelhança no comportamento, o índice de concordância entre eles, mostrou-se abaixo de 0.5. Em ambos os casos, em comparação com as observações houve semelhança no comportamento das alturas significativas e períodos médios, apesar de os valores medidos mostrarem-se sempre superiores aos valores numéricos. No entanto,

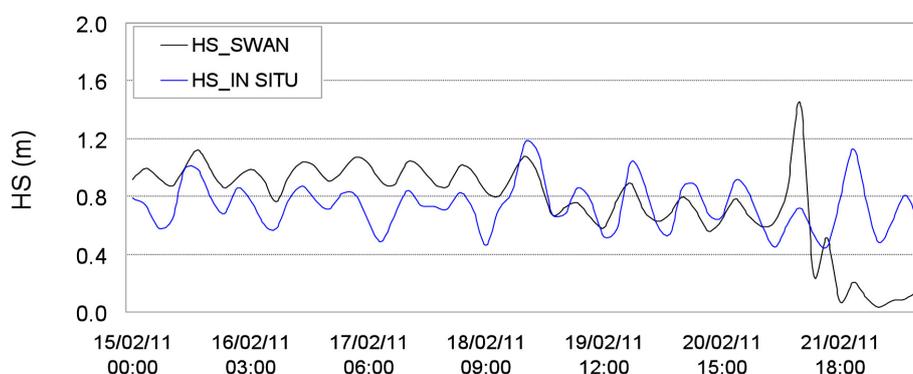
verificou-se para a estação do PT1 que o modelo conduz a resultados numéricos mais próximos dos medidos, este em menor profundidade.

Dos resultados acima apresentados, pode constatar-se que, para o PT1, no geral, o andamento e a ordem de grandeza dos valores de altura de onda e período médio, calculados pelo modelo numérico SWAN, apresentam comportamentos semelhantes aos correspondentes dos valores medidos, o mesmo se dá para os períodos médios. No entanto os valores diferem e a concordância é inferior a 0,5 conforme a tabela 4.

Para as alturas de onda significativas e para o período em análise houve maior frequência para ondas de alturas de ondas significativas de 1.04 m (SWAN) e de 0.87 m (*IN SITU*). Verifica-se que os valores numéricos apresentam ligeira superioridade em relação aos medidos, até o dia 18/02/2011, passando entre os dias 19-20/02/2011 a serem mais próximos dos valores medidos. A partir dessa data decaem bruscamente em relação aos valores medidos, principalmente no dia 21, quando os valores numéricos aproximam-se da menor altura calculada observada, 0.03 m enquanto os valores medidos se aproximam de 1.13 m.

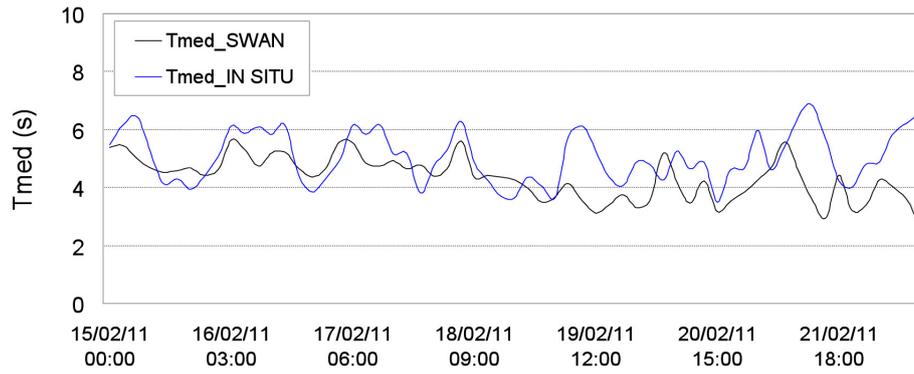
Quanto aos valores dos períodos médios, verificou-se maior frequência para as ondas com períodos médios de 4.78 s (SWAN) e de 4.45 s (*IN SITU*). Nota-se que os valores dos dados medidos são maiores em relação aos numéricos ao longo de todos os dias das análises, principalmente nos dias 20-21/02/2011.

Em relação às direções médias, o modelo não conseguiu reproduzi-las: os valores são sempre inferior aos medidos, são mais constantes as frequências de 15° e 17°, predominante de NE, enquanto que os medidos são mais dispersos ao longo dos dias, predominando ondas com direções entre 195° a 244°, SW e NW. Pressupõem-se que a diferença em relação às direções esteja mais inserida nos dados medidos, devido este ponto estar em uma zona próxima da ilha barreira, apresentando uma batimetria marcada por bancos arenosos paralelos e longitudinais à costa com influência de correntes de marés, sugerindo propagação de direções de ondas sem padrões ao longo dos dias, o que é sub-estimado nos valores obtidos pelo modelo numérico.



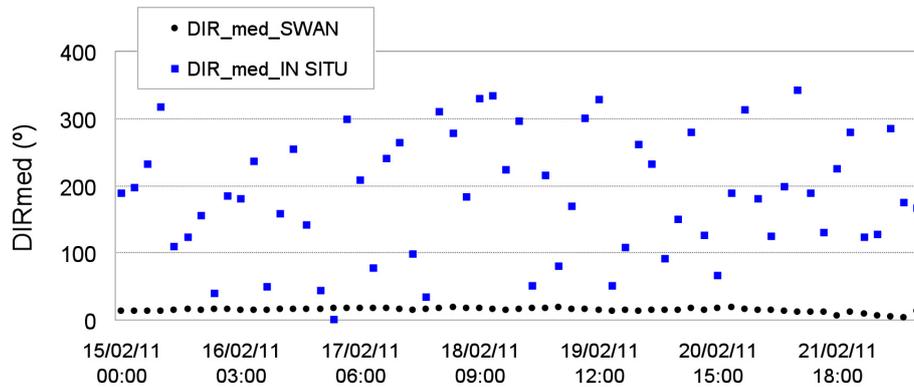
**Figura 11.** Comparação dos resultados da altura significativa da onda obtidos com o SWAN e com as medições *in situ* para o PT1.

**Figure 11.** Comparison of results of the significant wave height obtained with SWAN and for *in situ* measurements PT1.



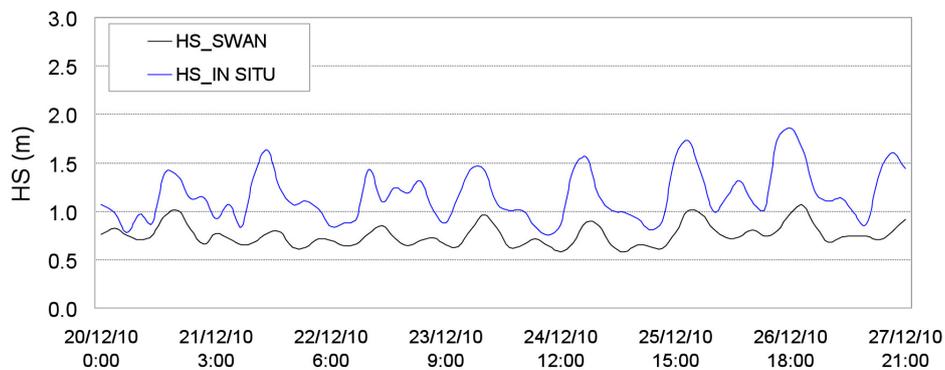
**Figura 12.** Comparação dos resultados do período médio da onda obtidos com o SWAN e com as medições *in situ* para o PT1.

**Figure 12.** Comparison between the mean wave period results obtained with the wave SWAN and for *in situ* measurements PT1.



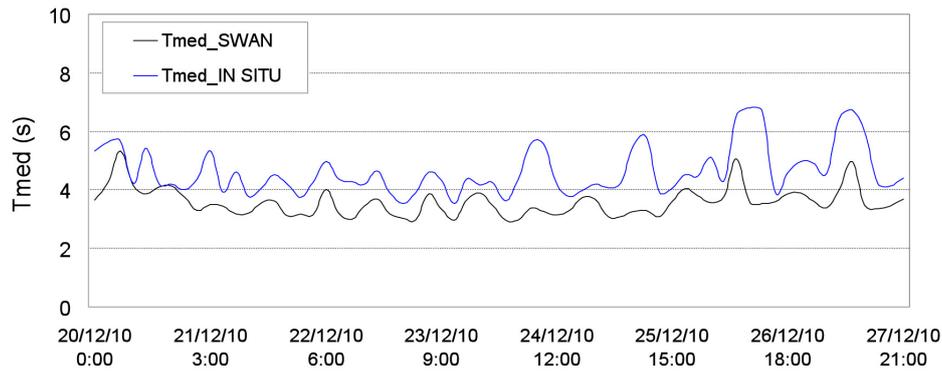
**Figura 13.** Comparação dos resultados das direções médias obtidos com o SWAN e com as medições *in situ* para o PT1.

**Figure 13.** Comparison of the results of mean directions obtained with SWAN and *in situ* measurements for the PT1.



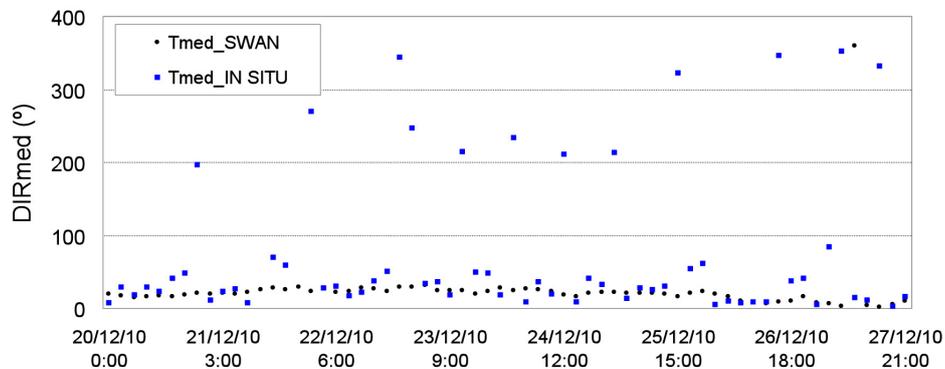
**Figura 14.** Comparação dos resultados da altura significativa da onda obtidos com o SWAN e com as medições *in situ* para o PT2.

**Figure 14.** Comparison between SWAN significant wave height results and *in situ* measurements PT2.



**Figura 15.** Comparação dos resultados do período médio obtidos com o SWAN e com as medições *in situ* para o PT2.

**Figure 15.** Comparison between SWAN significant wave period results and *in situ* measurements PT2.



**Figura 16.** Comparação dos resultados das direções médias da onda obtidos com o SWAN e com as medições *in situ* para o PT2.

**Figure 16.** Comparison of the results of mean directions obtained with SWAN and *in situ* measurements for the PT2.

Para o PT2, também o andamento geral e a ordem da grandeza dos valores de altura de onda significativa e período médio calculado pelo modelo numérico SWAN são semelhantes aos correspondentes valores medidos. De modo geral, o SWAN simula bem os valores de altura e período de onda, embora os valores sejam, em geral, inferiores do que os medidos e as diferenças sejam da ordem de 0.41 hs e 1.1 s.

Em relação às alturas de ondas, os resultados do modelo (SWAN) mostraram maior frequência de ondas entre 0.70 m e 0.76 m, enquanto que nos valores medidos (*IN SITU*) a maior frequência foi entre 1,03 m e 1.17 m, evidenciando que os valores medidos foram superiores aos numéricos durante todos os dias em análise.

Nos períodos médios, o mesmo ocorre, com superioridade dos valores medidos em relação aos valores numéricos, com maior frequência de ondas de períodos médios de 3.25 s (SWAN) e 4.35 s (*IN SITU*).

Nas direções médias os valores medidos continuam superiores aos numéricos, contudo, demonstra uma característica de direções médias com padrões predominantemente de NE, próximo dos padrões numéricos, com frequências de 20°- 27° (SWAN) e 46° (*IN SITU*). Assim como para o PT1, as direções médias desta estação ao longo de toda análise foi mal sucedido devido o fato das medições dos ventos ter sido efetuada em terra.

Das análises obtidas das estatísticas para as alturas significativas de ondas, períodos médios e direções médias notam-se que os parâmetros estatísticos são consideravelmente baixo como sugere o índice de concordância,  $d$ , indicando boa aproximação. Nas tabelas 4 e 5 constata-se que a simulação que apresentou melhor indicador estatístico, foram os períodos médios, para ambos os períodos.

**Tabela 4.** Parâmetros estatísticos da agitação marítima de 15 a 22 de Fevereiro (PT1).

**Table 4.** The statistical parameters of agitation sea from 15 to 22 February.

Parâmetro	Hs (m)	Tmed (s)	Dir (graus)
MAPE	33.3408	17.6438	249.3527
RMSE	0.3024	1.2380	193.4054
d	0.4818	0.5177	0.4039

**Tabela 5.** Parâmetros estatísticos da agitação marítima de 20 a 27 de Dezembro (PT2).

**Table 5.** The statistical parameters of agitation sea from 20 on 27 December (PT2).

Parâmetro	Hs (m)	Tmed (s)	Dir (graus)
MAPE	33.2312	21.6706	103.2984
RMSE	0.4612	1.2830	135.1310
d	0.4914	0.5242	0.4039

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, são apresentadas as medições da agitação marítima e os resultados da aplicação do modelo SWAN na zona marítima do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, com vista a caracterizar o padrão de ondas geradas pelo vento em diferentes condições de agitação incidente.

O modelo SWAN é assim aplicado na propagação de várias condições de agitação incidente desde o largo até junto à costa da área adjacente ao estuário de Diogo Lopes. Mais concretamente, o modelo foi aplicado para dois períodos, 20 a 27 de dezembro de 2010 e 15 a 22 de fevereiro de 2011, períodos das medições *in situ* e considerando as condições de agitação marítima ao largo fornecida pelo modelo de previsão WAVEWATCH III (Tolman, 1999; 2002). Para os esses períodos é executado o modelo SWAN e obtidas as características da agitação marítima neste segmento do litoral. Seguidamente, efetuou-se a comparação das características da agitação obtidas com os resultados numéricos e os dados medidos nos instrumentos colocados para o efeito em profundidades entre 5 e 8 m, em momentos de regime de meso-marés (marés semi-diurnas em fase de sizígia).

Da comparação entre dados medidos e simulações numéricas, pode-se concluir que SWAN é um modelo que conseguiu, em geral, representar a evolução das alturas de onda significativas, períodos médios da onda e direções médias, especialmente para o ponto que se situa mais ao largo. No entanto, para estas grandezas, os valores numéricos são em geral mais alisados e na maioria dos casos inferiores aos medidos.

Em relação à direção de onda, o modelo apresenta maiores dificuldades na simulação dos valores medidos.

O modelo não consegue simular a vasta gama de direções presente nos dados medidos, especialmente para o ponto PT1, mais próximo da costa, onde efeitos de correntes e ventos locais variam mais significativamente. O modelo conduz a resultados numéricos mais próximos dos medidos para o ponto em maiores profundidades, PT2.

As diferenças encontradas entre os resultados numéricos e os medidos, especialmente para as simulações das direções médias, são devidas às simplificações que tiveram de ser admitidas na execução dos cálculos, por falta de informação, nomeadamente no que diz respeito aos ventos (ventos constantes em todo o domínio computacional e baseados nos valores obtidos na estação meteorológica continental), e às correntes (não foram incluídas nos cálculos as correntes).

Assim, a caracterização dos campos de ventos e de correntes na zona e sua inclusão nas simulações numéricas ao longo dos períodos de simulação, bem como a inserção de mais séries temporais, configuram-se na continuidade do trabalho. Apesar de ter ocorrido baixa concordância, *d*, com os dados, mostrou boa aproximação entre eles, especialmente nas simulações feitas para os períodos médios.

Conclui-se que as simulações feitas com o SWAN (formulação KOMEN, com o coeficiente de atrito  $0.015 \text{ m}^2\text{s}^{-3}$  em regime estacionário) assumindo as formulações padrões e diferentes variáveis físicas, que obtiveram melhor ajustamento foram as simulações para os períodos médios, tanto nas simulações para o período de 20 a 27 de Dezembro de 2010 como de 15 a 22 de Fevereiro de 2011.

E por fim, conclui-se que o modelo SWAN conseguiu prever as condições de ondas no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte, uma área de abrangência regional de aproximadamente  $300 \text{ km}^2$  de extensão.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a fonte financiadora brasileira CAPES, pela concessão da bolsa através da Rede Amigos Boussinesq; à Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento concedido através dos Projetos PTD/ECM/73145, PTD/AMB/67450/2006 e PTDC/ECM/67411/2006 e aos projetos cooperativos HIDROSEMA e MOLECO, da Rede de Monitoramento: REDE5-PETROMAR/CTPETRO-FINEP/PETROBRAS/CNPq. Às equipas de trabalho do Departamento de Geologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – GEOPRO/DG/UFRN e Núcleo de Portos e Estruturas Marítimas - NPE/DHA/LNEC de Portugal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ângelo, J.S.F.C. (2012) – *Aplicação do SWAN na caracterização da agitação marítima na zona adjacente ao Estuário de Diogo Lopes, Brasil*. 79p. Dissertação de Mestrado, Instituto Técnico de Lisboa, Lisboa, Portugal. *Não publicado*.
- Booij, N.; Ris, R.C. Holthuijsen, L.H. (1999) – A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *Journal Geophysical Research*, 104(C4):7649-7666. DOI: 10.1029/98JC02622.
- Boori, M.S.; Amaro, V.E. (2010) – Land use change detection for environmental management: using multi-temporal

- satellite data in the Apodi Valley of northeastern Brazil. *Applied GIS* (ISSN: 1832-5505), 6(2):1-15, Monash University, Melbourne, Australia.
- Caldas, L.H.O. (2002) – *Late Quaternary coastal evolution of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil*. PhD Thesis, 92p., Kiel University, Germany, *Unpublished*.
- Chaves, M. S. (2005) – *Dinâmica costeira da área Macau-Serra, litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte*. Tese de Doutorado, 97p., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. *Não publicado*. Disponível em [http://bdtc.bczm.ufrn.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=331](http://bdtc.bczm.ufrn.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=331).
- Davis Jr., R. A. (1985) – *Coastal sedimentary environments*. 716p., Springer-Verlag, New York, USA. ISBN: 978-0387960975.
- Dean, R.G.; Darlymple, R.A. (2001) – *Coastal processes: with engineering applications*. 489p., Cambridge University Press, Cambridge, U. K. ISBN: 9780511754500.
- Ferreira, A.T.S.; Amaro, V.E.; Santos, M.S.T.; Santos, A.L.S. (2012) – Estimativa de parâmetros de ondas oceânicas através de sensores ópticos passivos de alta resolução. *Revista de Geologia* (ISSN 0103-2410), SI 25: 20-36, Fortaleza, CE, Brasil,
- Fonseca, V.P. (1996) – *Estudo morfo-neotectônico na área do baixo curso do Rio Açu (Assu-Macau), Rio Grande do Norte*. Dissertação de Mestrado, 109p., Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. *Não publicado*.
- Fortes, C.J.E.M.; Pinheiro, L.; Palha, A. (2007) – O pacote de dados SOPRO 3.1: evoluções recentes, *Atas das 5<sup>as</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, Lisboa, Portugal.
- Fortes, C.J.E.M.; Matos, M.F.A.; Scudelari, A.C.; Amaro, V.E. (2011) - Caracterização da agitação marítima nas proximidades da Ponta do Tubarão – RN, Nordeste do Brasil. *Atas do 6º Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, pp 71 (versão eletrônica), APRH / AIPCN/PIANC, Boa Vista, Cabo Verde.
- Góis, D.M.M. (2008) - *Estudo da circulação hidrodinâmica e da dispersão de óleo na zona costeira entre Macau e Galinhos*. Dissertação de Mestrado, 115p., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. *Não publicado*. Disponível em [http://bdtc.bczm.ufrn.br/tde\\_arquivos/32/TDE-2009-07-13T111717Z-2141/Publico/DanielMMG\\_capa\\_ate\\_cap5.pdf](http://bdtc.bczm.ufrn.br/tde_arquivos/32/TDE-2009-07-13T111717Z-2141/Publico/DanielMMG_capa_ate_cap5.pdf).
- Gomes, M. P. (2009) - *Aquisição, processamento e análise de dados de sísmica de alta resolução na Plataforma Continental Norte do Rio Grande do Norte: Vale inciso do Rio Açu*. Dissertação de Mestrado, 125p., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. *Não publicado*. <http://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtc/MoabPG>.
- Griggs, G.B.; Trenhaile, A.S. (1994) – Coastal cliffs and platforms. In: R. W. G. Carter & C. D. Woodroffe, (eds), *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*. pp.425–476, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. ISBN: 100521598907.
- Grigio, A.M., Amaro, V.E., Vital, H., Diodato, M.A. (2005) – A method for coastline evolution analysis using GIS and Remote sensing - A case study from the Guamare city, Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), SI 42: 412-421, West Palm Beach, FL, USA,
- Hasselmann, K.; Barnett, T.P.; Bouws, E.; Carlson, H.; Cartwright, D.E.; Enke, K.; Ewing, J.A.; Gienapp, H.; Hasselmann, D.E.; Kruseman, P.; Meerburg, A.; Miller, P.; Olbers, D.J. Richter, K.; Sell, W.; Walden, H. (1973) – Measurements of wind wave-growth and swell decay during the joint North Sea Wave Project (JONSWAP). *Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift*. Reihe A(8), n.º. 12, 95p., Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg, Germany. Disponível em <http://repository.tudelft.nl/view/hydro/uuid%3Af204e188-13b9-49d8-a6dc-4fb7c20562fc/>
- Hauser, D.; Khama, K.; Krogstad, H.E.; Lehner, S.; Jaak, A.J.; Monbaliu, J.; Wyatt, L.R. (eds.) (2005) – *Measuring and analysing directional spectra of ocean waves*. 485p., *COST Action 714*, EUR 21367, Brussels, Belgium. ISBN: 92-89800038. Disponível em [http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/52/97/55/PDF/QSNA21367ENC\\_002.pdf](http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/52/97/55/PDF/QSNA21367ENC_002.pdf)
- Leite F.S. (2007) - *Transporte e dispersão de uma pluma de gás natural no oceano: caracterização experimental e modelagem matemática*. Tese de Doutorado, 167p., Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. *Não publicado*.
- Lima, Z.M.C.; Alves, A.L.; Amaro, V.E.; Vital, H. (2001) – Evolução da linha de costa do esporão de Galinhos-RN usando fotografias aéreas e imagem Landsat. *Pesquisas em Geociências* (ISSN: 1518-2398), 28(2):497-507, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Lima, Z.M.C.; Vital, H.; Tabosa, W.F. (2006) – Morphodynamic variability of the Galinhos Spit, NE Brazil. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), SI39:598-601. Disponível em [http://www.cerf-jcr.org/images/stories/119\\_lima.pdf](http://www.cerf-jcr.org/images/stories/119_lima.pdf).
- Marques, F.M.S.F. (1997) – *As Arribas do Litoral do Algarve: Dinâmica, processos e mecanismos*. Tese de Doutorado, 549p., Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. *Não publicado*.
- Matos, M.F.A.; Fortes, C.J.E.M.; Amaro, V.E.; Scudelari, A.C. (2011) – Análise de dados a partir de métodos *in situ* no litoral setentrional do Rio Grande do Norte. *VI Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, pp 73 (versão eletrônica), APRH / AIPCN/PIANC, Boa Vista, Cabo Verde.
- Matos, M.F.A.; Amaro, V.E. (2011) – Oscillatory Coastal Wave and Currents Profile in the Northern Continental Shelf of Rio Grande do Norte State, Northeast Brazil. *Proceedings of the 5th International Geoscience Programme, Conference, Continental Shelves: Risks, Resources and Record of the Pats. UNESCO/IUGS*, pp.48-55, Sidney, British Columbia, Canadá. Disponível em <http://inovageo.eco.br/files/arquivos/7L233ten1Y32ze915c25.pdf>
- Pedersen, T.; Siegel, E.; Wood, J. (2007) – Directional wave measurements from a subsurface buoy an acoustic wave and current profile (AWAC), *Oceans 2007 Vancouver*, 10p., MTS/IEEE, Vancouver, British Columbia, Canadá. Disponível em <http://www.nortekusa.com/lib/bibliography/oceans-2007-vancouver-suv>.

- Rios, V.P.L.; Amaro, V.E. (2012) – Caracterização de depósitos sedimentares holocênicos no sistema de Ilhas Barreiras do Estuário de Diogo Lopes, Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte. *Revista de Geologia* (ISSN: 0103-2410), SI 25:55-69, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Rocha, M.V.L.; Moura, T.; Fortes, C.J.E.M.; Capitão, R.; Bezerra, M.M.; Sancho, F.E. (2012) – Análise comparativa de medições *in situ* e estimativas numérica na Praia da Cornélia, Costa da Caparica, Portugal. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 12(2):147-157. DOI: 10.5894/rgci303.
- Scudelari, A.C.; Fortes, C.J.E.M.; Dantas, A.L.S.S. (2007) – Propagação da agitação marítima na região de Galinhos-Guamaré, Rio Grande do Norte, Brasil. *Congresso Ibero Latino-Americano sobre Métodos Computacionais em Engenharia*, pp.1-18, CMNE/CILANCE, Porto, Portugal.
- Scudelari, A.C.; Fortes, C.J.E.M.; Neves, C.F. (2011) – Determining the nearshore wave climate between Galinhos and Guamaré, Brazil. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), Szczecin, Polónia, SI 64:1179-1183. Disponível em [http://www.ics2011.pl/artic/SP64\\_1179-1183\\_A.C.Scudelari.pdf](http://www.ics2011.pl/artic/SP64_1179-1183_A.C.Scudelari.pdf).
- Silveira, I.M. (2002) – *Monitoramento Geo-ambiental da Região Costeira do Município de Guamaré-RN*. Dissertação de Mestrado, 161p., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. *Não publicado*. Disponível em [http://btdt.bczm.ufrn.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=257](http://btdt.bczm.ufrn.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=257).
- Souto, M.V.S.; Grigio, A.M.; Castro, A.F.; Amaro, V.E. (2006) – Multitemporal analysis of geoenvironmental elements of the coastal dynamics of the region of the Ponta do Tubarão, City of Macau/RN, on the Basis is remote sensing products and integration in GIS. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), SI 39:1618-1621.
- Suguio, K. (2003) - *Geologia Sedimentar*. 400p., Editora Edgard Blücher, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8521203179.
- Summerfield, M.A. (1991) – *Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms*. 537p., Longman Scientific & Technical, London, U.K. ISBN: 9780470216668.
- Tabosa, W.F.; Vital, H.; Amaro, V.E. (2002) – Morphologic and structural characterization of the Rio Grande do Norte State, NE Brazil, based on remote sensing images. *Annual Meeting of American Association of Petroleum Geologist*, 6p., AAPG, Houston, TX, U.S.A. Disponível em [http://www.searchanddiscovery.com/abstracts/pdf/2002/annual/EXTENDED/ndx\\_43377.pdf](http://www.searchanddiscovery.com/abstracts/pdf/2002/annual/EXTENDED/ndx_43377.pdf)
- Tolman, H.L. (1999) – *User manual and system documentation of WAVEWATCH – III Version 1.18*. NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, Technical Note 166, 110p., Washington, DC, U.S.A. Disponível em [http://polar.ncep.noaa.gov/mmab/papers/tn166/OMB\\_166.pdf](http://polar.ncep.noaa.gov/mmab/papers/tn166/OMB_166.pdf).
- Tolman, H.L. (2002) – *User manual and system documentation of WAVEWATCH – III Version 2.22*. NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, Technical Note 222, 133p., Washington, DC, U.S.A. Disponível em [http://polar.ncep.noaa.gov/mmab/papers/tn222/MMAB\\_222.pdf](http://polar.ncep.noaa.gov/mmab/papers/tn222/MMAB_222.pdf).
- Trenhaile, A.S.; Kanyaya, J.I. (2007) – The role of wave erosion on sloping and horizontal shore platforms in macro- and mesotidal environments. *Journal of Coastal Research*, 23(2):298–309. DOI: 10.2112/04-0282.1.
- Trenhaile, A.S. (2002) – Rock coasts, with particular emphasis on shore platforms. *Geomorphology*, 48(1-3): 7–22. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00173-3
- Willmott, C.J. (1981) – On the validation of models. *Physical Geography* (ISSN: 0272-3646), 2(2):184-194, Bellwether Publishing, Birmingham, AL, U.S.A.

# Avaliação experimental da influência de diferentes configurações da cabeça de quebramares destacados no comportamento morfológico da praia adjacente \*

## *Experimental evaluation of the influence of detached breakwater head configuration in the morphological behavior of the adjacent beach*

Rui China Pereira <sup>@,1</sup>, F. Taveira Pinto <sup>1</sup>, Raquel Silva <sup>1</sup>, Luciana das Neves <sup>1</sup>

### RESUMO

A costa atlântica portuguesa é submetida à ação da agitação marítima que se caracteriza por recorrentes tempestades de elevado potencial energético, que colocam em risco zonas urbanas, infraestruturas e áreas de significativo valor ecológico. A sua relevância a nível social, ambiental e económico para as comunidades locais e para o futuro de Portugal, obriga a que sejam definidos planos de intervenção na tentativa de proteger a linha de costa, minimizando o impacto da ação do mar. De modo a que o plano seja eficaz, é indispensável que exista um profundo conhecimento técnico e científico dos processos naturais em curso, bem como das possíveis soluções a aplicar.

O planeamento, definição e execução de uma estrutura de defesa costeira dependem da capacidade e características dos equipamentos disponíveis e dos métodos construtivos utilizados. No entanto, a evolução ao longo dos anos de instrumentos e técnicas utilizadas, permite conceber novas soluções, de modo a adaptar as intervenções tradicionais às maiores exigências atuais. É neste contexto que se enquadram as estruturas destacadas que procuram não só proteger a zona costeira através da redução da energia da agitação incidente, mas também contribuir para a melhoria das condições balneares e ajudar à reabilitação dos ecossistemas locais.

Os quebramares destacados são, por norma, estruturas alinhadas de forma aproximadamente paralela à linha de costa, que funcionam como uma barreira à normal propagação da agitação incidente. A sua posição em relação à linha de costa interfere com a normal progressão da onda, reduzindo a altura e a energia da onda que por si passa em direção à zona de sombra. No seu dimensionamento, deve ser estudada a interação onda-estrutura, dependente dos parâmetros funcionais do quebramar (ex.: comprimento, orientação e distância à linha de costa), que determinam a eficiência da sua ação em termos de proteção e de controlo da erosão costeira. Com o objetivo de avaliar a eficiência dos quebramares destacados como estruturas de defesa costeira na costa oeste portuguesa, deu-se início a uma série de estudos na Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (SHRHA), do Departamento de Engenharia Civil (DEC), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Num primeiro estudo foi proposto um quebramar destacado como solução de proteção para a frente urbana de Espinho. Na sequência deste estudo, foi efetuada a simulação numérica das condições hidrodinâmicas e morfodinâmicas, comparando-se a situação presente com o cenário de implantação do quebramar proposto. Os resultados das simulações sugeriram a necessidade de testar outras configurações para o quebramar e avaliar a sua influência na praia adjacente. O presente trabalho procurou analisar a influência da configuração da cabeça do quebramar destacado na evolução morfológica do perfil de praia adjacente, através de ensaios em modelo físico.

@ - Corresponding author

1 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, Porto, 4200-465, Portugal. e-mails: Pereira - rchina@fe.up.pt; Pinto - fpinto@fe.up.pt; Silva - rfsilva@fe.up.pt; Neves - lpneves@fe.up.pt

Especificamente, foi testada a influência de 3 configurações da cabeça de um quebramar destacado na evolução de uma praia, quando submetido a duas condições de agitação características da costa oeste portuguesa, em modelo físico com fundos móveis. Nos ensaios realizados, não foram observadas diferenças significativas nos padrões de transporte sedimentar em torno da estrutura. A areia transportada é retirada de zonas ao longo das faixas laterais à estrutura, sendo depositada na zona de sombra, ao longo do eixo central do modelo, mantendo-se assim constante o volume total de areia na praia. A ocorrência de galgamentos em alguns testes, com uma altura de onda significativa maior, instabiliza o padrão de recirculação de correntes na zona abrigada pelo quebramar, reduzindo a expressão das alterações observadas. Os resultados ilustraram que a configuração da cabeça do quebramar com forma cônica e declive menos acentuado tem um efeito positivo na estabilidade global da estrutura, minimizando as erosões localizadas na base dos taludes.

**Palavras-Chave:** Quebramares Destacados; Modelação Física; Evolução Morfológica; Linha de Costa; Laboratório de Hidráulica da FEUP.

## ABSTRACT

*The Atlantic coast of Portugal is exposed to rough wave climate conditions and frequently submitted to powerful storms, endangering waterfronts, infrastructures and natural landscapes. Due to the social, environmental and economic significance of these areas to the local communities and to the national progress, measures must be taken by the decision-makers to control and reduce the negative impacts from the wave action. In order to define effective plans, it is important that technical and scientific aspects of the natural processes are understood, as well as the impacts of the proposed solutions.*

*The planning, the design and the construction processes of a coastal structure depend on the characteristics and potential of the available equipment and of the construction methods applied. Over the years, new instruments and innovative techniques, allow the conception of new solutions, in order to adapt traditional interventions to the present demands. In this context, the detached breakwaters are known as structures that not only provide shelter from the waves, inducing the wave energy reduction, but that can also improve bathing conditions and local habitats adaptation.*

*A detached breakwater can, in general terms, be described as a coastal structure, built inside/near the surf zone, having an approximate orientation parallel to the coast. Due to its relative position to the coastline, the structure interferes with the normal wave propagation, reducing wave height and wave energy in the lee zone. During the design process of these structures, it is important to consider the wave-structure interaction, defined by their functional parameters (e.g.: length, orientation and distance to the shoreline), that establish their efficiency. Aiming to evaluate the efficiency of detached breakwaters as coastal defence structures in the west coast of Portugal, a series of studies was initiated in the Hydraulics, Water Resources and Environment Division (SHRHA), of the Civil Engineering Department (DEC), of Faculty of Engineering, University of Porto (FEUP). Firstly, a detached breakwater was proposed for the defence of the urban front of Espinho, located on the northwest coast of Portugal. Following this study, numerical simulation of the hydrodynamic and the morphodynamic conditions were performed. The present situation was compared with a scenario of implantation of the proposed breakwater. Simulation results suggested the need to test different configurations for the detached breakwater. This way, the physical modelling research study, here described, was conducted in order to analyse the effect of different configurations of, coastline parallel, detached structures in the adjacent coastline/beach.*

*Specifically, the influence of three different configurations for the head of a detached breakwater, when subjected to two wave conditions typical of the west coast of Portugal, was tested in a movable bed physical model. In the experimental tests, no significant differences were observed in the sediment transport patterns surrounding the structure. The transported sand was removed from lateral strips, being deposited in the breakwater lee, along the central axis of the model. The total volume of sand of the beach was maintained. The occurrence of overtopping in some of the tests, with higher significant wave heights, imbalances the recirculation currents patterns in the lee of the structure, reducing the expression of the registered changes. The results showed that the conical configuration of the breakwater head, with lower slopes, has a positive effect in terms of the overall stability of the structure and minimizes localized erosion in the breakwater toe.*

**Keywords:** Detached Breakwater, Physical Modelling, Morphological Evolution, Coastline, Hydraulics Laboratory of FEUP.

## 1. INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO

Um quebramar destacado é, de modo geral, definido como uma estrutura alinhada de forma aproximadamente paralela à linha de costa, geralmente implantada na zona de rebentação, que funciona como uma barreira à normal propagação da onda em direção à zona costeira (e.g., Mangor, 2004), protegendo infraestruturas, frentes urbanas ou áreas de significativo valor ambiental e daí o interesse do seu estudo para a gestão das zonas costeiras (e.g., Gomes et al., 2006; Gomes, 2007; Pereira, 2013).

Existem diversas configurações de quebramares destacados, ajustadas às diferentes funções e objetivos, que podem ir desde o guiamento de correntes marítimas ou fluviais, ao estabelecimento/manutenção de canais de navegação, ou ainda, à proteção de infraestruturas e frentes urbanas.

A sua missão enquanto estrutura de defesa costeira é proteger a linha de costa adjacente através da redução da energia de onda incidente, conduzindo à redistribuição do padrão de transporte de sedimentos, de modo a criar a configuração de praia desejada (e.g., Taveira-Pinto, 2002). O seu alinhamento interfere com a normal propagação da agitação em direção à linha de costa, induzindo a reflexão e a rebentação da onda incidente, que dão origem à difração em torno das suas extremidades. Com efeito, estes fenómenos resultam numa transferência lateral de energia entre a zona exposta e a zona abrigada pela estrutura. Estes processos são acompanhados pela ocorrência de correntes de recirculação na zona abrigada, que promovem o transporte sedimentar e o consequente reajustamento morfológico, entre a linha de costa e o quebramar. A deposição de sedimentos acontece ao

longo de um eixo ortogonal à estrutura, partindo de terra em direção à estrutura, formando uma saliência. No caso do fator de redução da energia de onda induzido pela estrutura ser elevado, a saliência formada pode chegar ao talude de tardo do quebramar, fixando uma ligação permanente à linha de costa que se designa por tómbolo.

Os quebramares destacados são estruturas de defesa costeira eficientes em zonas caracterizadas por um clima de agitação ameno/moderado e por uma pequena amplitude de maré. No entanto, a sua utilização em zonas de maior exposição à agitação marítima e/ou com maior amplitude de maré, deve ainda ser estudada, de forma a aperfeiçoar a sua configuração e definir o melhor método construtivo, de acordo com as solicitações e características locais (e.g., Taveira-Pinto, 2002).

O desempenho de um quebramar deve ser avaliado de acordo com os impactos na linha de costa adjacente, não esquecendo porém a segurança e estabilidade da própria estrutura. A eficácia da sua ação é influenciada por diversos parâmetros característicos do quebramar, como o comprimento, largura e cota do coroamento, a distância à linha de costa e o grau de submergência da estrutura, mas também pelas características da zona envolvente, das quais se destacam a amplitude de maré, o nível médio das águas ou as características da agitação. De facto, tais características serão determinantes para a ocorrência de outros fenómenos de interação, como o galgamento e o fluxo de água através dos vazios existentes ao longo do corpo do quebramar (e.g., Burcharth *et al.*, 2007). A ocorrência de fenómenos como o galgamento, representam uma diminuição do fator de redução da energia incidente proporcionado pelo quebramar, interferindo no padrão de distribuição sedimentar e proporcionando também a entrada de um volume adicional de água na zona de sombra, benéfico em zonas de agitação mais moderada, impedindo a estagnação das águas na zona protegida. Taveira-Pinto, (2002) e Neves (2008) apresentam um extenso estado da arte em relação a estes tópicos.

A reconfiguração morfológica na área envolvente, decorrente da ação hidráulica da estrutura, tem um significativo impacto sobre a corrente longitudinal de transporte sedimentar. O grau de influência da estrutura depende de características da estrutura, como o comprimento do quebramar ou a distância da estrutura à linha de costa, mas também das peculiaridades da zona de implantação do quebramar. Assim, as estruturas destacadas podem ser caracterizadas por parâmetros, como a distância à linha de costa relativamente à largura da zona de rebentação ( $x^*$ ) e o comprimento do quebramar relativamente à distância à linha de costa ( $L_B^*$ ) (Mangor, 2004).

$$L_B^* = L_B / x \quad (1)$$

$$x^* = x/x_{80} \quad (2)$$

em que  $L_B$  representa o comprimento do quebramar,  $x$  a distância à linha de costa e  $x_{80}$  a largura da zona de rebentação, onde se verifica aproximadamente 80% do transporte sedimentar longitudinal.

Segundo Mangor (2004), quando o valor de  $L_B^*$  for menor que 0,7, forma-se uma saliência, enquanto que se o valor desta relação for maior que 0,9, a acumulação de sedimentos na zona protegida pode conduzir à formação de um tómbolo. No entanto, devido à complexidade dos fenómenos envolvidos e a especificidade das características locais, os valores definidos podem não representar o caso de estudo. O autor defende ainda que os quebramares destacados podem ser classificados mediante a sua função e de acordo com a sua distância relativa à linha de costa, estabelecendo que, um quebramar externo ( $x^* > 3,0$ ) representa uma estrutura construída fora da zona de rebentação, sendo a sua influência sobre o transporte longitudinal de sedimentos insignificante. Um quebramar de praia ( $x^* < 0,5$ ), representa uma estrutura que está numa posição muito próxima da linha de costa, sendo a largura da zona de rebentação pelo menos duas vezes superior a esta distância. Neste caso, o transporte longitudinal não é significativamente afetado, apesar da deposição de areias na zona sombra do quebramar, uma vez que este apenas interfere numa pequena parcela da faixa ao longo da qual esse transporte se verifica. Os quebramares costeiros ( $0,5 < x^* < 2,0$ ) podem funcionar como zonas tampão, bloqueando a passagem de sedimentos para sotamar. Nestes casos, devem ser tomadas medidas no sentido de restabelecer o normal transporte de sedimentos ao longo da costa.

Assim, como foi já referido, os quebramares destacados, total ou parcialmente submersos, podem constituir um meio eficaz de proteção contra a ação da agitação marítima nas zonas costeiras e portuárias. De facto, estes quebramares, submersos ou não, também designados de pequena altura de água acima da crista podem, por exemplo, possibilitar uma solução de defesa costeira localizada ou de estabilização de praias alimentadas artificialmente, devido à atenuação parcial da agitação na zona de sombra do quebramar. Esta barreira pode assim diminuir os galgamentos na linha de costa e as consequentes inundações de zonas residenciais costeiras. Um quebramar destacado, dependendo das suas características é parcial ou totalmente impermeável à agitação marítima e, consequentemente, a transmissão dessa agitação em direção à linha de costa é consideravelmente menor.

Estes aspetos são de especial relevância em zonas sujeitas ao fenómeno da erosão costeira e para as quais, a opção de gestão por via da proteção através deste tipo de estruturas são uma opção a considerar.

Contudo, antes de uma tomada de decisão final, é tão importante conhecer as vantagens como as desvantagens da sua utilização, nomeadamente qual o grau de atenuação da agitação marítima previsto, qual a transmissão efetiva, como se movem os sedimentos nas suas imediações e qual a influência das dimensões e características da estrutura nesse processo de transporte sedimentar, que é talvez um dos aspetos mais críticos, visto que a estrutura será construída para fins de proteção costeira.

A caracterização da agitação efetuada nas imediações destes quebramares traduz a abordagem convencional do estudo dessa dissipação, fornecendo, sob a forma de coeficientes de reflexão, transmissão e dissipação, informações úteis sobre essa caracterização. Contudo, não fornece informações sobre o escoamento, o campo de velocidades, nem o transporte sedimentar.

Daí que o objetivo deste trabalho de investigação seja conhecer com melhor detalhe, para algumas situações de teste, essa interação agitação marítima-estrutura-sedimentos e verificar de que forma as características geométricas da estrutura têm influência nessa interação e de que forma uma correta definição em termos de projeto pode evitar alguns dos possíveis impactos negativos ou melhorar os positivos. Desta forma o projetista poderá auxiliar o processo de gestão costeira do troço em estudo em relação ao aspeto particular da erosão costeira.

Foram então realizados, na Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (SHRHA), do Departamento de Engenharia Civil (DEC), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), alguns estudos sobre interação agitação marítima-estrutura-sedimentos. Num primeiro estudo (Pereira, 2008) foi proposto um quebramar destacado como solução de proteção para a frente urbana de Espinho. Na sequência deste estudo, foi efetuada a simulação numérica das condições hidrodinâmicas e morfodinâmicas, comparando-se a situação presente com o cenário de implantação do quebramar proposto (Costa, 2009). Os resultados das simulações sugeriram a necessidade de testar outras configurações para o quebramar e avaliar a sua influência na praia adjacente. O presente trabalho procurou analisar a influência da configuração da cabeça do quebramar destacado na evolução morfológica do perfil de praia adjacente, através de ensaios em modelo físico.

## 2. INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL

### 2.1. Equipamento Utilizado

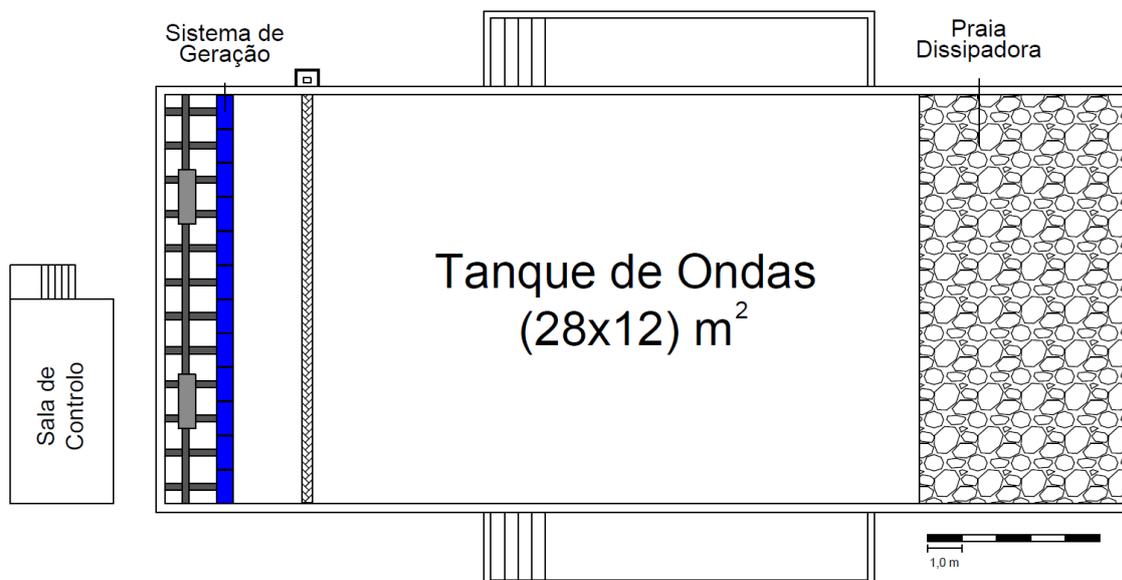
O estudo realizado tinha como objetivo interpretar a resposta morfológica de um modelo de um quebramar destacado, exposto a condições de agitação características da orla costeira portuguesa. Os ensaios realizaram-se no Laboratório de Hidráulica (LH) da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (SHRHA) do Departamento

de Engenharia Civil (DEC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). O tanque de ondas do LH, Figura 1, ocupa uma área em planta de 28x12m<sup>2</sup>, estando circunscrito por paredes com 1,20m de altura que permitem a execução de ensaios de modelos a duas ou três dimensões.

O tanque de ondas do LH está equipado com um sistema de geração de agitação, modelo HR Wallingford. É constituído por uma série de pás independentes, cujo movimento é controlado por um motor elétrico, e permite um vasto leque de opções, para que seja possível reproduzir os climas de agitação pretendidos. O movimento individual de cada uma das pás é independente podendo funcionar em sintonia ou de forma singular. É assim possível representar diferentes tipos de agitação, de entre os quais se destacam: as ondas regulares, a agitação irregular baseada em espectros definidos, a ondulação bidirecional e ainda ondas cuja crista faz um ângulo em relação à perpendicular do alinhamento das pás. Para o presente trabalho foram considerados apenas estados irregulares de agitação, uma vez que estes representam, de forma satisfatória, as condições de mar geradas em ambiente natural. A informação necessária para definir o movimento das pás é a profundidade de água no tanque, a altura de onda significativa, o período de pico e o tipo de espectro pretendido.

No interior do tanque, do lado oposto ao sistema gerador, existe uma praia em gravilha e cascalho, com o objetivo de dissipar a energia da agitação incidente. O software de controlo do sistema de geração possui também uma opção que procura compensar os efeitos de reflexão no próprio batedor, contribuindo, em conjunto com a praia dissipadora, para a neutralização deste fenómeno.

No sentido de recolher informação relativa à evolução morfológica do perfil de praia junto à estrutura, foi utilizado um sistema de medição de fundos, modelo HR Wallingford. O equipamento permite o registo do perfil com recurso a diferentes técnicas, sendo que a seleção recaiu sobre a utilização de uma sonda de medição sensível ao toque. A



**Figura 1.** Tanque de ondas do LH da SHRHA-DEC-FEUP.  
*Figure 1.* Wave tank of the LH of SHRHA-DEC-FEUP.

seleção baseou-se na experiência transmitida por estudos anteriores (Silva, 2010), em que foi possível constatar, após a realização de alguns testes preliminares, que essa opção era a mais indicada para a leitura de perfis em modelos de fundos móveis. Foram definidas posições paralelas e afastadas de 1 m entre si, para medição dos perfis, segundo uma direção perpendicular, relativamente à orientação do quebramar destacado e da crista da onda à saída do gerador.

O equipamento transmite a informação registada, nomeadamente o deslocamento vertical da haste anexa à sonda e o deslocamento horizontal da caixa de rolamentos que proporciona o movimento do conjunto. O deslocamento vertical é medido considerando a distância percorrida ao longo da haste desde a sua posição inicial até que a sonda toque a superfície da praia. Por sua vez o deslocamento horizontal é calculado com base na informação previamente disponibilizada referente ao comprimento total do perfil selecionado e ao número de registos que se pretendem obter ao longo do mesmo. Através da informação recolhida, o software elabora uma tabela de dados conjugando os valores dos deslocamentos medidos através dos quais é possível obter o perfil desejado.

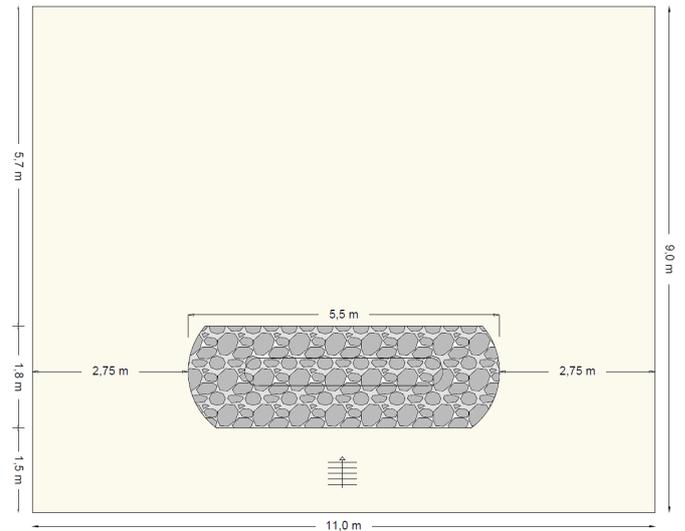
A resolução do perfil obtido segundo a vertical é de 0,0005m enquanto, segundo a horizontal a distância mínima entre pontos é de 0,001 m. Os perfis construídos tinham uma extensão total de 3,9m, ao longo dos quais era retirada informação em 70 pontos, o que representa um espaçamento de cerca de 0,0557m.

## 2.2. Modelo

O modelo 3D implantado no tanque de ondas, Figura 2, foi construído com o objetivo de ajudar a compreender o grau de influência do quebramar destacado na evolução morfológica da praia adjacente. A sua definição física procurou conjugar o espaço e materiais disponíveis com as dimensões do modelo, de forma a favorecer a leitura dos resultados obtidos e consequente comparação dos resultados referentes aos diferentes testes realizados.

O modelo foi construído de acordo com a escala geométrica de 1/40, de forma a serem reaproveitados na sua construção materiais que se encontravam já disponíveis no LH, não comprometendo no entanto a pretensa ligação às condições físicas características das faixas de praia da zona noroeste da costa portuguesa. Uma vez definida a escala e o critério de semelhança mais representativo (semelhança de Froude), foram calculadas, através da fórmula de Hudson, as dimensões características dos blocos de enrocamento a colocar no manto resistente da estrutura. Estas opções de definição do modelo físico 3D foram baseadas num estudo anteriormente realizado, para a medição da evolução de um perfil de praia sob a ação de diferentes condições de agitação (Silva, 2010).

A distância lateral entre o quebramar construído e a fronteira física do tanque considerada procurava garantir que o contorno da estrutura por parte da onda ocorria de forma natural sem que fosse constrangido pela parede lateral do tanque. Esta análise conduziu a que o espaço lateral mínimo, medido desde a estrutura até à parede do tanque de ondas, tinha de ser igual ou superior ao comprimento de onda



**Figura 2.** Planta de implantação do modelo (China, 2011).  
**Figure 2.** Implantation map of the model (China, 2011).

máximo registado para as condições testadas. Desta forma procurou-se minimizar o efeito da reflexão que pudesse existir nas paredes do tanque, que poderia levar a alterações no padrão de redistribuição sedimentar no perfil de praia estudado.

As configurações atribuídas à estrutura foram selecionadas tendo em atenção soluções tradicionalmente utilizadas, Figura 3. As variações induzidas centraram-se na zona da cabeça da estrutura, devido à sua particular influência no que se refere à estabilidade e ao padrão de propagação da onda para sotamar. Desta forma, a orientação paralela do quebramar em relação à crista da onda incidente, o alinhamento reto, as inclinações dos taludes anterior e posterior, a cota de coroamento e a largura e comprimento do mesmo foram mantidos em todas as configurações ensaiadas, Tabela 1.

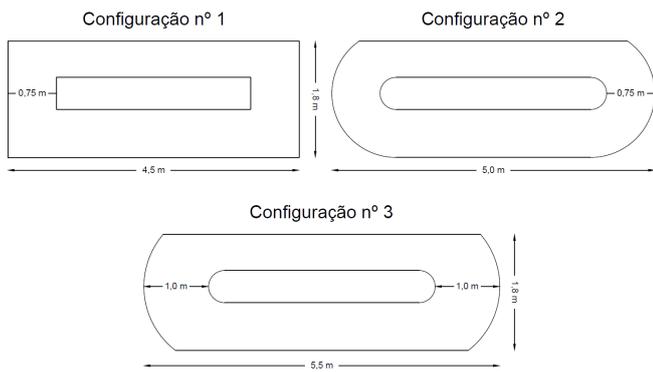
Tabela 1. Características do quebramar ensaiado.

**Table 1.** Characteristics of the tested breakwater.

	<i>Modelo</i>	<i>Protótipo</i>
<b>Cota de Coroamento</b>	0,125	+6,0 ZH
<b>Pendente do Talude Exposto</b>		1/2
<b>Pendente do Talude Posterior</b>		2/3
<b>Comprimento do Coroamento</b>	3,0m	120m
<b>Largura de coroamento</b>	0,50m	2,0m

Neste estudo foram consideradas diferentes configurações para o quebramar, Figura 3, correspondendo a três configurações distintas do perfil da zona da cabeça do quebramar, dando origem a três modelos diferentes.

A primeira configuração base procurava representar um tipo de estrutura onde as transições entre taludes adjacentes fossem representadas por um alinhamento reto. Nesta opção



**Figura 3.** Configurações do quebramar destacado (China, 2011).  
**Figure 3.** Configurations of the detached breakwater (China, 2011).

a inclinação do talude da zona de cabeça do quebramar apresentava uma pente igual à definida para o talude exposto, Figura 3 (em cima, à esquerda).

A primeira alteração consistiu na substituição do talude retilíneo por uma zona de transição entre as faces anterior e posterior da estrutura que eliminava os alinhamentos da primeira configuração, conferindo uma forma cônica à cabeça da estrutura, Figura 3 (em cima, à direita). Esta configuração mantinha, no entanto, a pente do talude nestas áreas inalterada e igual à imposta para o talude exposto do quebramar. Com esta alteração, pretendia-se proporcionar uma adaptação progressiva da onda incidente às mudanças que ocorriam no talude, ao invés da transição brusca induzida pela primeira solução.

Posteriormente foi considerada uma segunda alteração que deu origem à terceira configuração ensaiada, envolvendo mudanças na pente do talude lateral da estrutura. Relativamente à situação de base foi de novo operada a alteração proposta na situação anterior, relativa à supressão das transições entre faces da estrutura baseadas em alinhamentos retilíneos, sendo estes substituídos por uma transição progressiva entre taludes que confere uma forma cônica à zona de ligação da parte exposta à área protegida do quebramar. Desta vez, foi também modificada a inclinação do talude lateral da cabeça da estrutura atenuando a sua pente dos anteriores 1/2 para valores na ordem dos 3/8, Figura 3.

A secção do quebramar construído foi mantida constante em todas as configurações, Figura 4.

O quebramar foi construído segundo o plano apresentado, sendo constituído por 3 diferentes camadas. O núcleo da estrutura foi materializado com sacos de geotêxtil permeáveis cheios de areia, que procuravam dar volume ao espaço interior do modelo e facilitar a definição dos taludes. Depois dos geotêxteis foi disposta uma camada de brita, de dimensões reduzidas, que simulava a 1ª subcamada de uma solução real. A colocação deste material permitiu conferir desde logo a pente pretendida para cada talude.

O revestimento da estrutura foi organizado de forma mais seletiva, tendo sido definido numa fase prévia o peso dos blocos, Tabela 2, representando em protótipo blocos com um peso compreendido entre as 11 e as 15 toneladas (110 a 150kN).

Neste trabalho foi usada uma areia de sílica da empresa SIBELCO Portuguesa, Lda., com uma baridade de 1037kg/m<sup>3</sup> e um diâmetro médio ( $d_{50}$ ) igual a 0,273mm. Na Figura 5, apresenta-se a curva granulométrica da areia utilizada, Silva (2010).

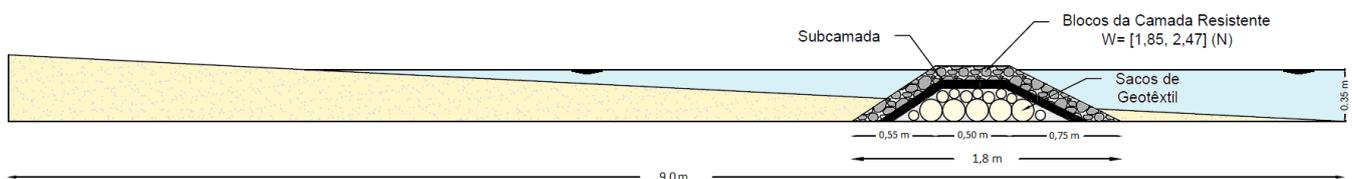
A caracterização sedimentar da areia da praia a utilizar no modelo constitui uma condição fundamental para que os resultados obtidos possam depois ser extrapolados e interpretados à escala real. Com efeito, esta interpretação depende da escala considerada, do diâmetro médio ( $d_{50}$ ), dos critérios de semelhança adotados e do modo de transporte sedimentar considerado dominante (Silva, 2010). No entanto, o objetivo do trabalho aqui apresentado era a realização de uma análise comparativa entre os resultados dos ensaios realizados para diferentes configurações do quebramar. Assim, uma vez que foram usados os mesmos materiais e que os parâmetros de ensaio não foram alterados, os resultados vêm afetados dos mesmos efeitos, sendo válida a sua análise comparativa.

### 3. PROCEDIMENTO

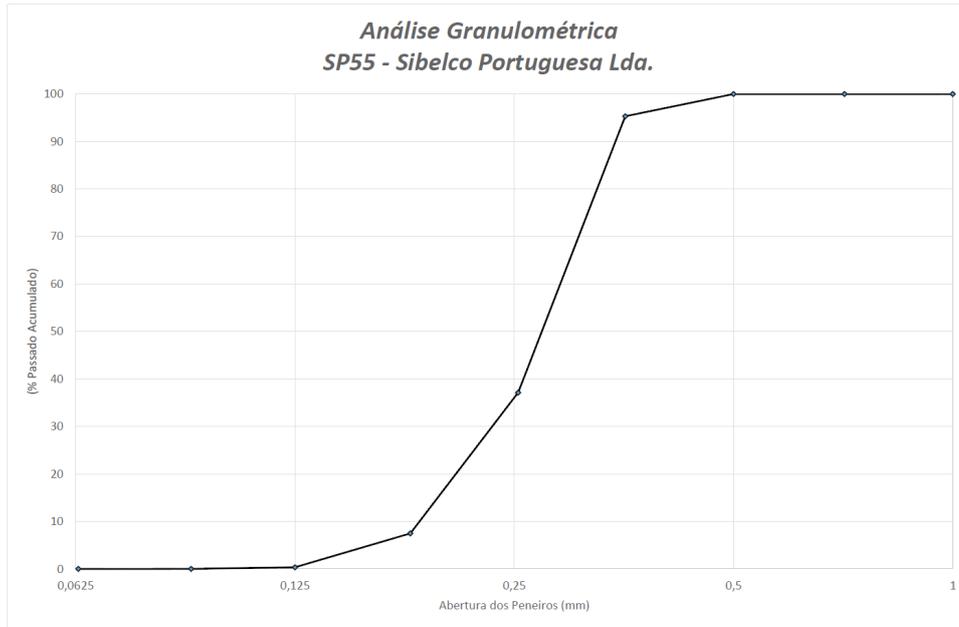
Os resultados obtidos em cada teste seriam comparados entre si. Para tal, foi necessário garantir que as condições hidrodinâmicas e morfológicas de cada ensaio eram idênticas e, portanto, garantir a repetição dos procedimentos e tarefas em todos os ensaios.

Foram definidos 5 alinhamentos, ao longo dos quais, utilizando o sistema perfilador anteriormente referido, foi recolhida informação relativa à evolução dos perfis de praia, Figura 6.

Os perfis estavam dispostos perpendicularmente à orientação da crista da onda incidente e eram paralelos entre si,



**Figura 4.** Secção transversal tipo do modelo (China, 2011).  
**Figure 4.** Cross section of the model (China, 2011).



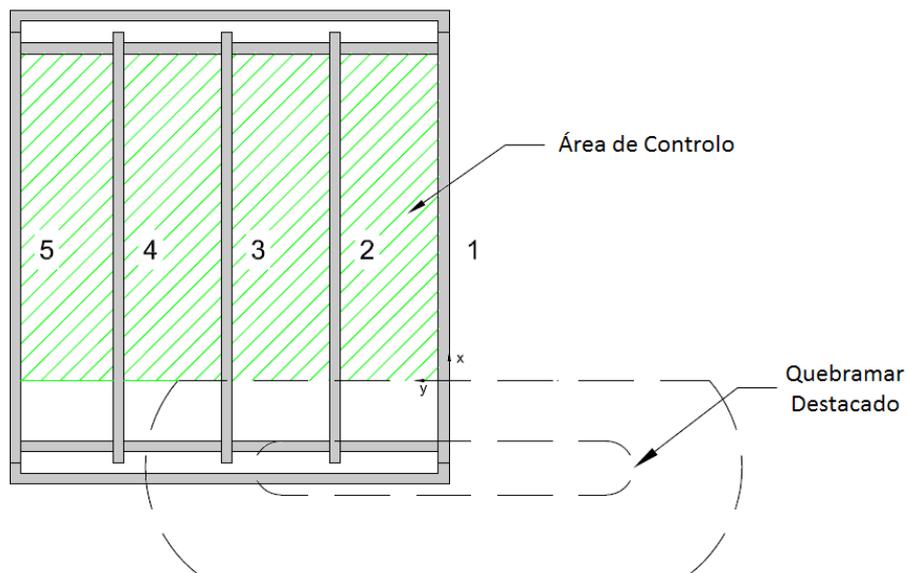
**Figura 5.** Curva granulométrica da areia SP55 - SIBELCO Portuguesa, Lda.

**Figure 5.** Grading curve of the sand SP55 - SIBELCO Portuguesa, Lda.

**Tabela 2.** Características dos blocos do manto resistente.

**Table 2.** Armor layer blocks characteristics.

	<i>Modelo</i>	<i>Protótipo</i>
<i>Peso dos Blocos do Manto Resistente (<math>W_{manto}</math>)</i>	[1,85 a 2,47] (N)	[110 a 150] (kN)
<i>Dimensão Média Característica (Blocos)</i>	4,5 (cm)	1,8 (m)
<i>Espessura do Manto Resistente (<math>e_{\Delta, Manto}</math>)</i>	9,0 (cm)	2,60 (m)



**Figura 6.** Planta do modelo e área de controlo (China, 2011).

**Figure 6.** Plan and control area of the model (China, 2011).

espaçados de 1m. Devido à simetria apresentada pelo modelo construído e ao facto da orientação de agitação a que este foi submetido ser ortogonal ao alinhamento do quebramar, admitiu-se que as alterações morfológicas que se verificavam eram também elas simétricas em relação ao eixo longitudinal principal do tanque, que passava (transversalmente) pelo centro do modelo com base nesse pressuposto a área de medição e o número de perfis controlados era menor e, conseqüentemente, uma redução do tempo necessário à recolha de informação sobre os mesmos, e do tempo total de ensaio.

As condições de ensaio foram definidas atendendo à representatividade de estados de agitação registados na costa portuguesa (Costa *et al.*, 2001), mas também às características físicas do tanque de ondas. Os estados de agitação gerados simulavam sequências de ondas irregulares definidas pelo espectro de Jonswap, com um período de pico ( $T_p$ ) de 1,58s em modelo, correspondendo a 10s à escala real. As alturas de onda significativas ( $H_s$ ) geradas eram de 0,075 e 0,125m no modelo, que representam alturas de 3 e 5 m na realidade. O comprimento de onda associado ao período característico definido enquadra-se no espaço lateral existente, estando assim garantido o critério limite definido para a distância lateral entre a estrutura e o limite físico do tanque.

Os ensaios tinham uma duração média de 13/14 horas, correspondendo 8 dessas horas a tempo efetivo de ensaio e as restantes 4/5 horas a períodos de recolha de perfis. Assim sendo, e de acordo com a escala do modelo, o tempo correspondente em protótipo ultrapassaria as 50 horas de solicitação sobre a praia, ou seja, mais de 2 dias.

No entanto, este tempo é considerado por Chen & Kuo (1994) como insuficiente para que a praia atinja a situação de equilíbrio. Segundo os autores este só é alcançado quando o valor do cociente entre a duração da solicitação ( $t$ ) e o período de pico ( $T_p$ ) do estado de agitação se aproximar de 60 000, diferenciando duas fases distintas para a evolução da praia, até que esse valor seja atingido. Numa primeira fase, sucedem-se rápidas variações do perfil de praia e dos volumes

de areia movimentados. Esta fase estende-se no tempo, até que a relação descrita se aproxime de valores na ordem dos 20 000. Ultrapassado este valor e até se atingir o equilíbrio, as alterações registadas são de menor dimensão e tendem a estabilizar.

Para as condições de ensaio referidas, de acordo com as orientações da relação defendida pelos autores citados, a duração dos ensaios correspondentes a transições de fase da evolução de praia eram as que se apresentam no Tabela 3.

Como se pode observar, os intervalos de tempo necessários à estabilização completa do perfil de praia eram bastante extensos e a estes seria necessário acrescentar o tempo dedicado à recolha de perfis a cada 2 horas de solicitação do modelo, para completar o tempo total de ensaio. Devido às limitações de tempo para a realização dos trabalhos, não teria sido possível executar todos os testes pretendidos, caso a duração dos mesmos fosse tão prolongada.

Uma vez que o objetivo ambicionado era a comparação de resultados, foi definido um valor para a duração relativa dos ensaios da ordem dos 20 000, cobrindo assim a fase mais ativa da evolução do perfil da praia adjacente ao modelo. Deste modo, foi possível conseguir significativos movimentos sedimentares que podiam ser analisados e comparados, uma vez que as condições e duração dos ensaios eram mantidas em todos os testes.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Análise comparativa

Os ensaios realizados foram alvo de uma análise comparativa, de forma a evidenciar as diferenças de comportamento de 3 configurações de um quebramar destacado quando exposto a 2 condições de agitação diferenciadas pela altura de onda significativa característica, Tabela 4. É possível assim, relacionar as alterações ocorridas na configuração da praia adjacente com as configurações definidas, mas também interpretar a influência do estado de agitação nos resultados obtidos.

**Tabela 3.** Duração de ensaio necessária à estabilização do perfil de praia (Chen e Kuo, 1994).

**Table 3.** Required test duration for the stabilization of the beach profile (Chen e Kuo, 1994).

<i>Duração de ensaio / <math>T_p</math></i>	Duração de Ensaio (em modelo) (horas)	Duração de Ensaio (em protótipo) (horas)
20 000	8,7	55,6
60 000	26,3	166,6

**Tabela 4.** Definição dos testes efetuados.

**Table 4.** Tests' definition.

	$H_s = 3,0 m$	$H_s = 5,0 m$
<i>Configuração nº 1</i>	Teste 1	Teste 2
<i>Configuração nº 2</i>	Teste 3	Teste 4
<i>Configuração nº 3</i>	Teste 5	Teste 6

A informação obtida nos testes realizados é composta por um conjunto de pontos cotados ao longo dos alinhamentos pré-definidos (Figura 6), a partir dos quais são depois construídos os perfis de praia.

O equipamento usado para medir os perfis de praia possui uma grande resolução vertical (0,0005m), sendo a maior altura das formas de fundo formadas ao longo da superfície de praia (ripples) maior que a menor variação entre pontos cotados. De forma a evitar a transposição para o perfil da informação acerca destas formações foi usada a técnica da média móvel simples (MMS), para o alisamento dos perfis medidos, Figura 7. A MMS corresponde ao cálculo da média de um determinado grupo de pontos cotados do perfil, dito móvel pois a cada novo ponto considerado abandona-se o mais afastado. Neste caso, a cada ponto do perfil foi atribuído o valor médio dos 3 pontos consequentes na série de dados transmitida pelo perfilador.

Os perfis definidos ao longo do tempo de ensaio permitem analisar o seu desenvolvimento, retirando informação quanto à sequência e volume das alterações registadas. Na Figura 8 são apresentados os perfis construídos com base nos dados recolhidos no 4º ensaio ao longo do 1º alinhamento, permitindo relacionar a sua evolução com o tempo de ensaio.

Da análise da Figura 8 pode concluir-se que o perfil obtido ao fim de 8 horas de solicitação não constitui um perfil de equilíbrio, uma vez que em relação ao perfil imediatamente anterior, este ainda apresenta uma ligeira evolução. Esta constatação vai de encontro à informação de Chen & Kuo (1994) indicando que seria necessário prolongar por mais tempo o ensaio, de modo a atingir o perfil de equilíbrio. No entanto, a ordem de grandeza das diferenças registadas no período de teste definido é satisfatória, permitindo a realização da comparação pretendida. A mesma figura

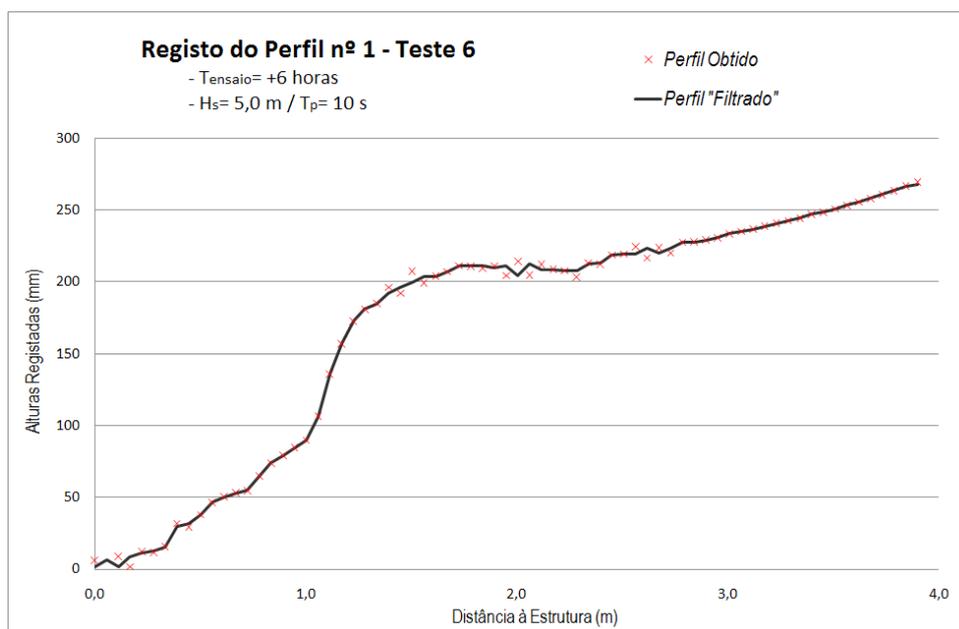
permite ainda verificar que a variação do perfil vai assumindo menor expressão à medida que o tempo vai avançando.

A análise particular de cada alinhamento de praia não transmite informação suficiente acerca da distribuição espacial das alterações produzidas sobre a superfície de praia. A Figura 9 apresenta a configuração tridimensional da superfície de praia no final de 8 horas de solicitação do 4º ensaio, construída com recurso a um software de desenho de superfícies a 3 dimensões (Surfer 9), que relaciona os dados obtidos nos 5 perfis. A imagem transmite de forma clara a forma final da superfície da praia, sendo também visíveis pequenas ondulações devidas à influência dos ripples registados.

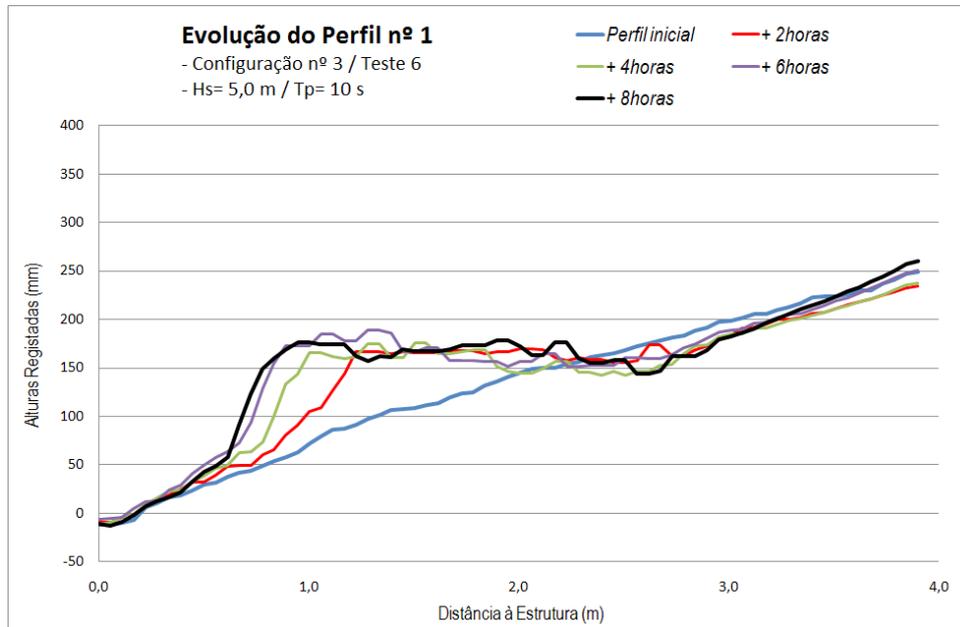
A avaliação da evolução do perfil é complementada pelo cálculo das diferenças de cotas registadas ao longo do ensaio segundo cada um dos alinhamentos. A Figura 10 é composta pelo gráfico relativo à variação total das alturas registadas ao longo do perfil nº 5 durante o 1º e 2º ensaios (Configuração nº 1 – TP= 10s).

Como é possível verificar na Figura 10, apesar de filtrados através da técnica da média móvel a informação recolhida ainda é influenciada pelos ripples formados na praia do modelo. No sentido de precaver interpretações incorretas das variações de altura registadas, foi atribuída uma margem de incerteza de valor igual à altura do maior ripple formado, cerca de 15 a 20mm.

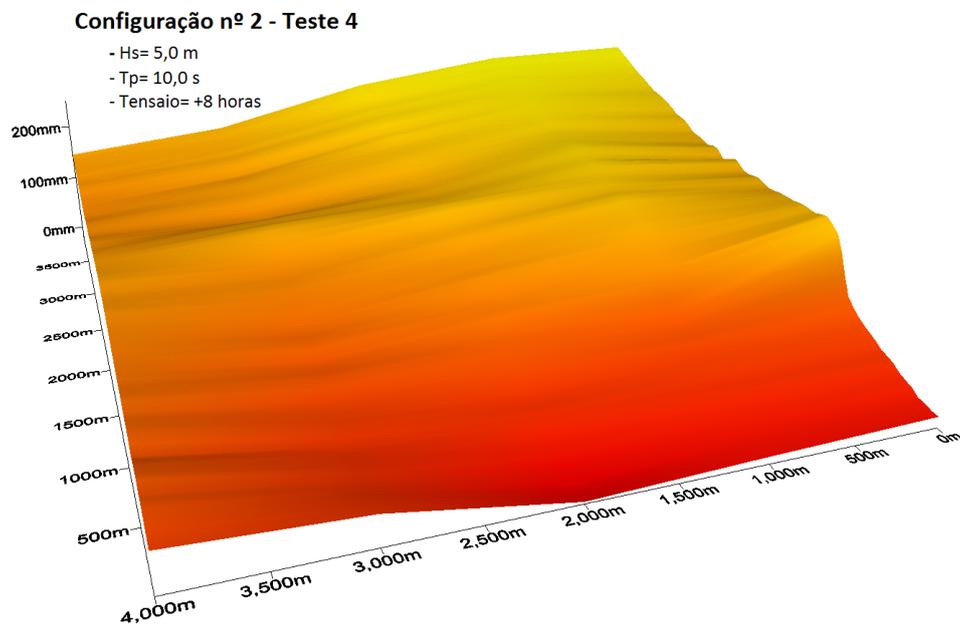
A variação das cotas registadas permitem comparar a influência das alterações verificadas nos perfis controlados e as zonas ao longo dos mesmos onde se verifica a deposição ou erosão de sedimentos. Através da conjugação das diferenças calculadas para cada alinhamento definido é possível construir mapas como os da Figura 11, recorrendo ao mesmo software usado para a construção das superfícies 3D.



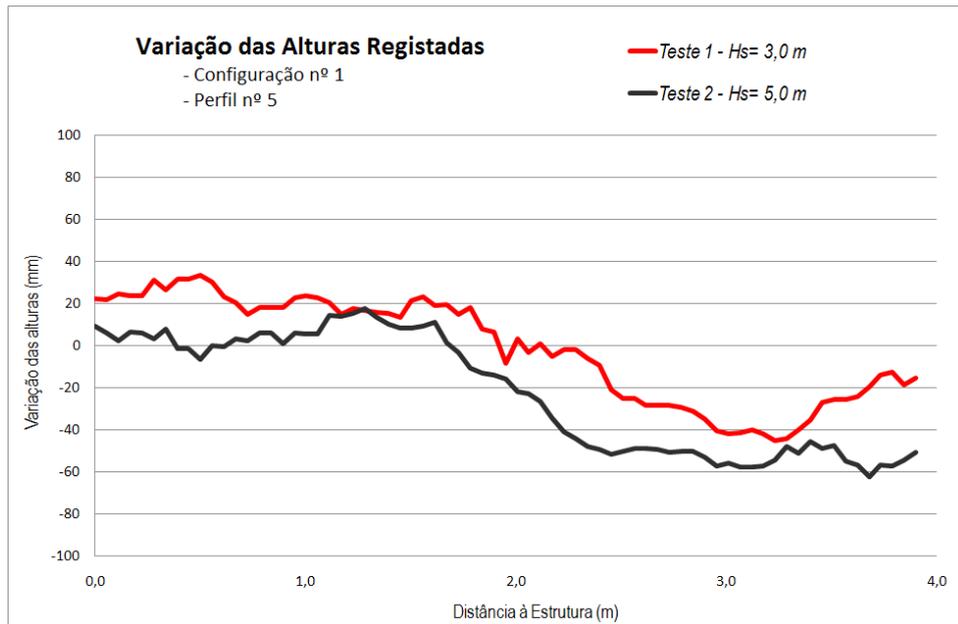
**Figura 7.** Perfil nº 1 - 3ª configuração (+6 horas).  
**Figure 7.** Profile nº 1 - 3<sup>rd</sup> configuration (+6 hours).



**Figura 8.** Evolução temporal do perfil nº 1 - Teste nº 4.  
*Figure 8.* Time evolution of profile nº 1 - Test no. 4.



**Figura 9.** Representação 3D da superfície da área de medição ao fim de 8 horas - Teste nº 4.  
*Figure 9.* 3D representation of the control area surface after 8 hours - Test no. 4.



**Figura 10.** Variação total das alturas registradas para o perfil nº 5 – Teste nº 1 e 2.

**Figure 10.** Total variation of the registered heights on profile no. 5 – Tests no. 1 and 2.

#### 4.2. Alteração do estado de agitação

As condições de agitação consideradas foram repetidas em testes efetuados com as diferentes configurações, sendo o único fator de distinção a altura de onda significativa. Os resultados obtidos permitem identificar desigualdades quanto à forma, evolução e volumes envolvidos nas alterações dos perfis verificadas durante o tempo de ensaio.

Através dos mapas de variação total das cotas registradas, construídos com base na informação obtida sobre os perfis controlados, como os apresentados na Figura 11, é possível notar diferenças na resposta morfológica do modelo, quando submetido às ações dos distintos estados de agitação.

A informação fornecida pelos cálculos, gráficos e mapas criados indicia que a maior capacidade energética do estado definido por uma altura de onda significativa maior promove, como seria de esperar, a maior capacidade de transporte das areias da praia. Nos mapas construídos (Figura 11) é visível a maior extensão das áreas cujo valor e variação de cota é, em módulo, superior à margem de incerteza definida.

O agravamento das solicitações a que o modelo é sujeito traduz-se, de forma coerente em todos os testes realizados, pelo alargamento da área de deposição das areias, a partir da zona central do modelo, nos testes cuja altura de onda significativa é menor, para as zonas de influência dos perfis 2 e 3 (ver Figura 6), dirigindo-se para a faixa lateral à estrutura, como pode ser comprovado na Figura 12.

A zona de deposição de sedimentos apresenta ainda uma tendência para se aproximar do talude de tardoz do quebramar destacado quando o clima de agitação gerado é mais intenso. No entanto a tendência demonstrada é contrariada pelo facto de, nestas condições, devido às características da estrutura, se registarem galgamentos que alteram as correntes estabelecidas.

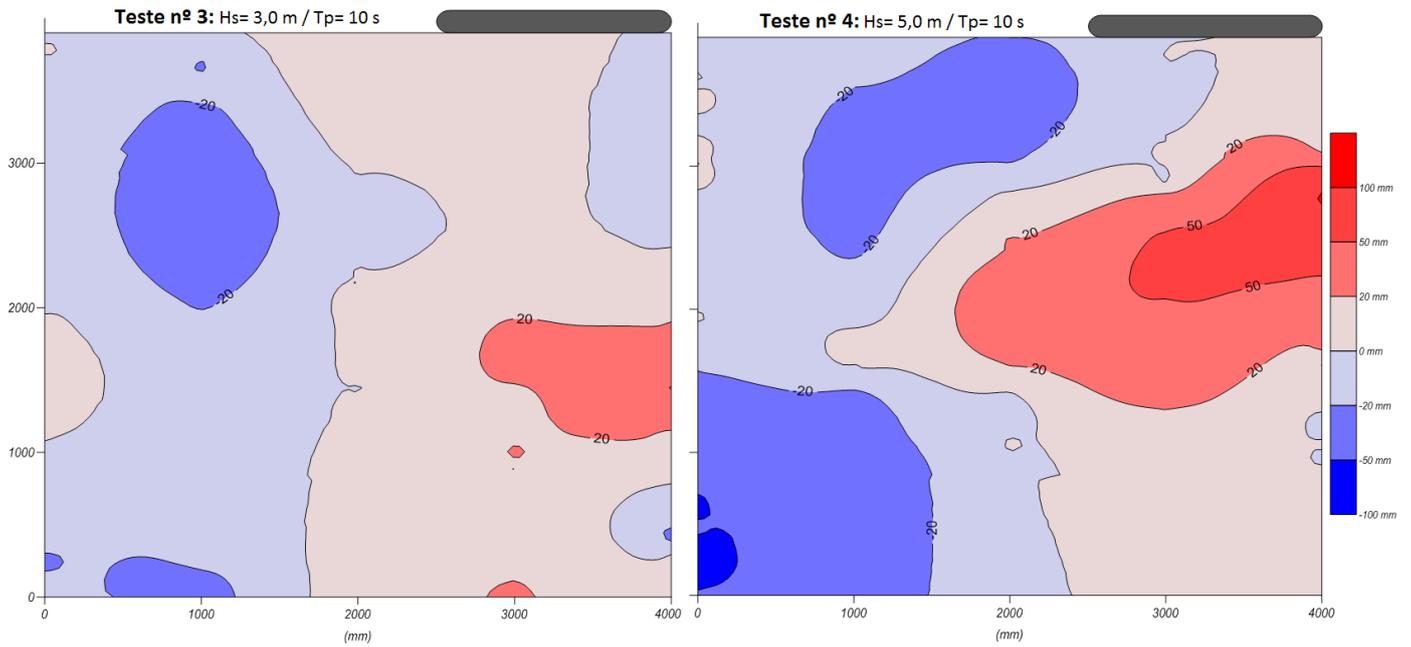
As zonas de erosão, por sua vez, estão localizadas ao longo do corredor lateral entre a estrutura e o limite do modelo construído. A sua posição é semelhante em todos os ensaios realizados, embora sejam de assinalar diferenças relativamente à área e valor máximo. Mais uma vez, os testes definidos por uma altura de onda significativa maior traduzem-se em resultados de erosões de maior dimensão e ao longo de áreas mais extensas.

#### 4.3. Redefinição da configuração do quebramar destacado

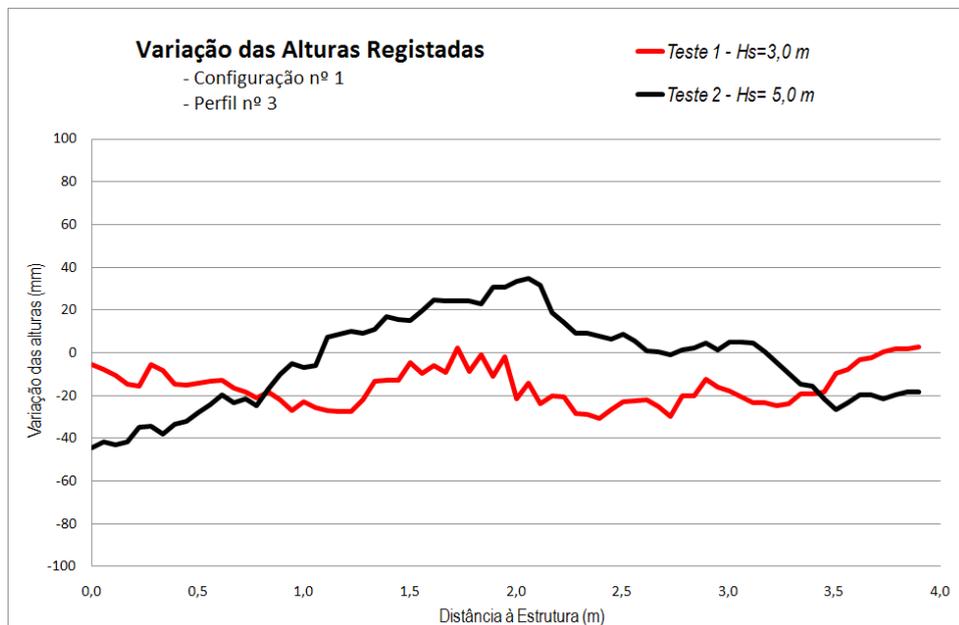
O quebramar destacado construído representa, como referido, uma estrutura destacada disposta paralelamente à linha de costa, de forma a fazer um angulo reto com a direção de propagação da onda incidente. A secção, ao longo da zona central do quebramar, manteve-se inalterada durante a realização dos ensaios, tendo as reconfigurações executadas incidido sobre as zonas de cabeça da estrutura.

A análise comparativa efetuada, procura investigar os dados recolhidos ao longo de uma série de testes caracterizados por uma condição de agitação semelhante, sendo o fator de diferenciação a configuração atribuída à estrutura. Os ensaios realizados sob um clima de agitação mais severo, possuem uma maior capacidade de transporte das areias da praia, conferindo maior expressividade aos resultados obtidos e acentuando as diferenças na evolução da superfície da praia entre cada ensaio. Com base na informação dos perfis recolhidos em cada teste realizado, foram construídos os mapas de variação de cotas da área de controlo, apresentados na Figura 13, que constituem o ponto de partida para a análise realizada.

A partir desta figura encontram-se evidências de que as diferentes configurações impostas à estrutura alteram



**Figura 11.** Mapa da variação de alturas registadas - Teste nº 3 (à esquerda) e Teste nº 4 (à direita) – Configuração nº 2.  
**Figure 11.** Registered heights variation maps - Test no. 3 (left) and Test no. 4 (right) - Configuration no. 2.



**Figura 12.** Variação total das alturas registadas - Perfil nº 3, Ensaios 1 e 2.  
**Figure 12.** Total variation of the registered heights on profile no. 3, Tests 1 and 2.

as características da ação hidromorfológica da mesma, conduzindo a diferenças na evolução morfológica da praia adjacente. Com base nos mapas criados foram identificadas as zonas da praia de onde são extraídas as areias, assim como, as áreas para onde elas são transportadas. Durante os ensaios realizados não foi considerada nenhuma fonte adicional de sedimentos, pelo que as variações de cota registadas devem-se ao movimento das areias que constituíam a praia desde o início do teste.

Os mapas da Figura 13 assinalam a variação de cotas ao longo da superfície de praia criada para os diferentes ensaios realizados. A análise das figuras permite verificar que, de modo geral, a posição das zonas de variação positiva/negativa das alturas registadas é semelhante, sendo que, as areias da praia são retiradas de zonas laterais à estrutura criada, acumulando-se ao longo da zona protegida. Apesar de no global a evolução registada ser semelhante, é possível denotar diferenças significativas nos resultados obtidos, em relação as áreas de erosão e deposição de sedimentos.

A Figura 14 apresenta o gráfico da variação total de cotas registadas, segundo o 1º alinhamento (ver Figura 6), para os ensaios definidos por um clima de agitação com uma altura de onda significativa de 5,0 m. O perfil nº 1 coincide com o eixo de simetria do modelo, atravessando a zona protegida pela estrutura, que lhe confere características favoráveis à deposição das areias transportadas pela onda. Os 3 ensaios em análise demonstram tendências semelhantes de evolução do perfil nº 1, sendo comum a todos, a elevação da superfície de praia na zona mais próxima do quebramar, consequência da deposição das areias transportadas pela onda nesta área.

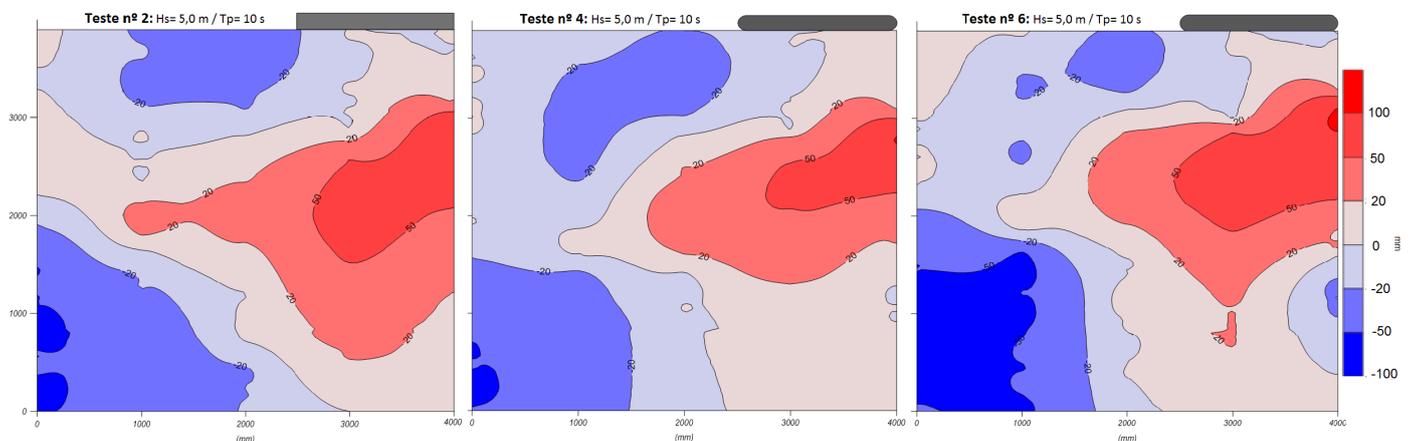
A mesma figura aponta algumas diferenças, quanto à definição final do perfil analisado, entre os testes realizados perante as 3 configurações definidas. O registo de variações positivas de altura do perfil de praia estende-se até uma zona mais alta da praia, afastando-se do talude de tardoz do quebramar, quando a estrutura é definida pela configuração nº 1 (Teste 2) em relação aos restantes testes (Testes 4 e 6). Nestes casos, a variação positiva de cotas do perfil, apresenta

valores máximos mais elevados, não se prolongando em direção à linha de costa, como no teste nº 2. No caso da linha relativa à 3ª configuração (Teste 6), pode assinalar-se na zona mais afastada da estrutura a tendência para o registo de variações de cota negativas. Tal situação, deve-se ao refluxo de água após a rebentação da onda, que é neste caso suficientemente forte para arrastar as areias da praia em direção à estrutura, contribuindo para a aproximação da zona de maior acumulação de sedimentos ao talude da mesma e maior amplitude da variação de cotas registada.

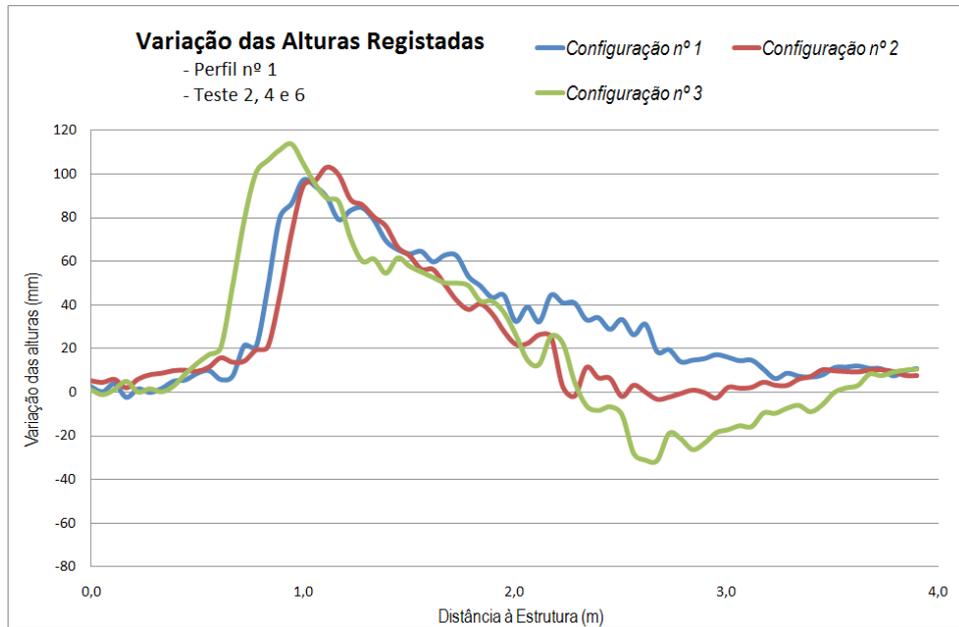
A Figura 15 traduz a variação total de cotas ao longo de do perfil nº 5, relativamente aos testes nº 2, 4 e 6. O perfil em análise encontra-se fora da zona sombra da estrutura destacada, estando por isso mais exposto à ação da onda. Nos testes referidos, verifica-se que existe uma variação negativa de cota da zona mais elevada do perfil de praia, comum a todos os ensaios, não se registando divergências significativas quanto a sua intensidade ou posição ao longo do perfil.

A zona de cabeça do quebramar é, segundo os mapas da Figura 10, caracterizada pela variação negativa de cotas em todos os ensaios realizados, sendo este facto confirmado através da Figura 16, referente à variação total de cotas do perfil nº 3 para os ensaios referidos anteriormente.

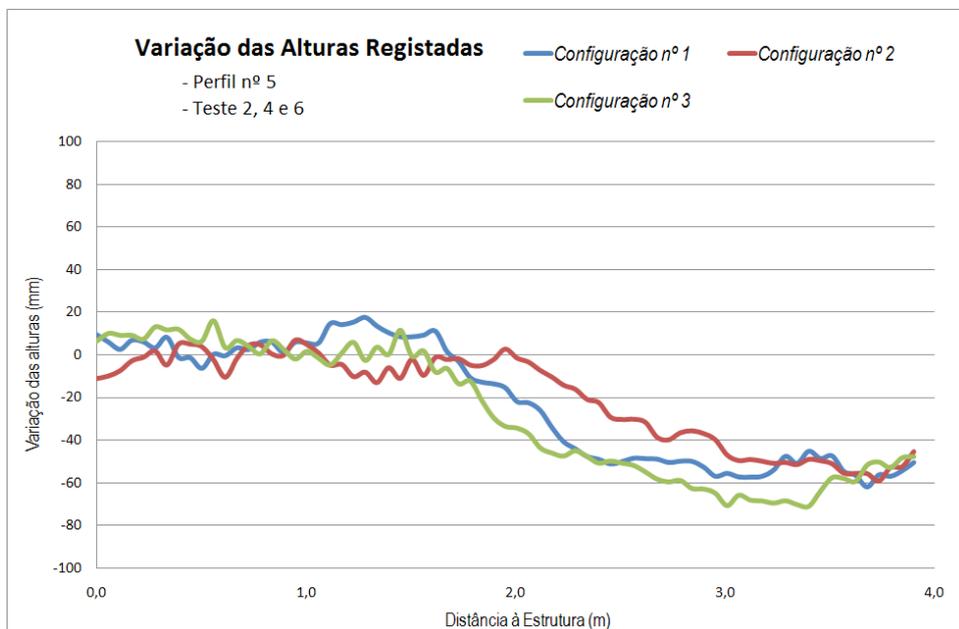
A análise da figura anterior, combinada com a Figura 13, permite verificar que a variação negativa de cotas registada, é mais expressiva no caso da estrutura com a configuração nº 1. Esta configuração, não favorece a fixação das areias desta zona da praia, sendo vulnerável à ocorrência de erosões, que colocam em risco a estabilidade e segurança do quebramar. As alterações produzidas nas restantes configurações possuem uma influência positiva na estabilização desta área, conduzindo a menores variações de cotas ao longo dos ensaios. A transformação produzida na cabeça do quebramar, substituindo a face plana e alinhamentos retos da 1ª configuração pela forma cônica das configurações nº 2 e 3, elimina a transição brusca e imediata induzida na onda pela 1ª, permitindo que a transposição do quebramar pela onda incidente em direção à linha de costa, seja mais suave.



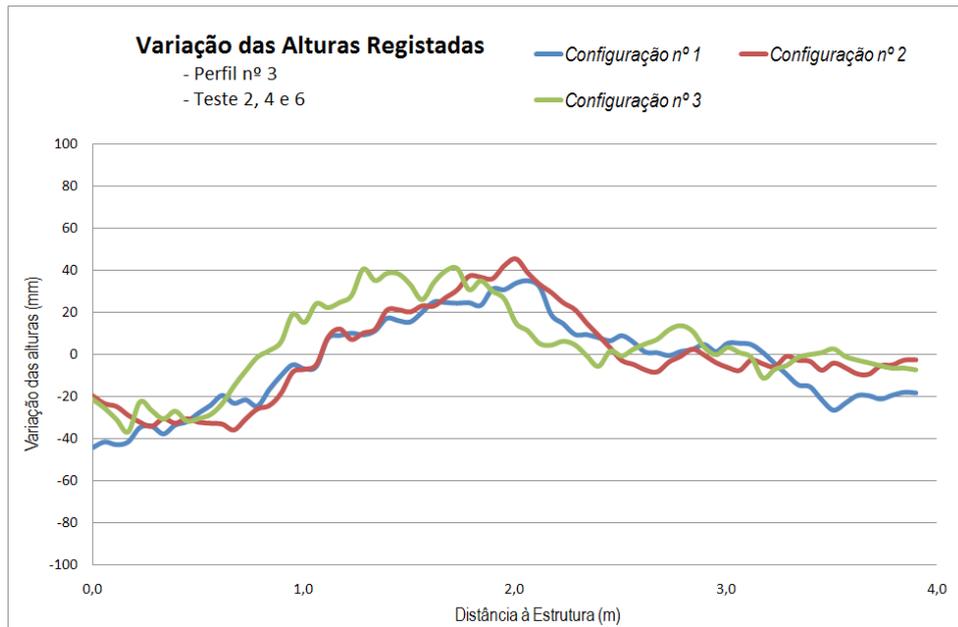
**Figura 13.** Mapa da variação de alturas registadas - Teste nº 2 (em cima, à esquerda), teste nº 4 (em cima, à direita) e teste nº 6 (em baixo).  
**Figure 13.** Registered heights variation maps – Test no. 2 (above, on the left), test no. 4 (above, on the right) and test no. 6 (down).



**Figura 14.** Variação total das alturas registadas - Perfil nº 1, Testes 2, 4 e 6.  
**Figure 14.** Total variation of the registered heights on profile no. 1, Tests 2, 4 and 6.



**Figura 15.** Variação total das alturas registadas - Perfil nº 5, Testes 2, 4 e 6.  
**Figure 15.** Total variation of the registered heights on profile no. 5, Tests 2, 4 and 6.



**Figura 16.** Variação total das alturas registradas - Perfil nº 3, Testes 2, 4 e 6.

**Figure 16.** Total variation of the registered heights on profile no. 3, Tests 2, 4 and 6.

## 5. CONCLUSÕES

O trabalho experimental apresentado neste artigo teve como principal objetivo o estudo da influência de 3 configurações da cabeça de um quebramar destacado na evolução de uma praia, quando submetido a duas condições de agitação características da costa oeste portuguesa, relacionando o desenvolvimento registado ao perfil de praia, com a interferência dessas mesmas configurações na propagação da onda incidente e também com as condições de agitação geradas.

A evolução do perfil de praia para as diferentes configurações do quebramar destacado, e diferentes condições hidrodinâmicas, foi analisada e quantificada. Durante os ensaios verificou-se que a capacidade de transporte da onda aumenta à medida que a altura de onda significativa aumenta também. Nos ensaios realizados, não foram observadas diferenças significativas nos padrões de transporte sedimentar em torno estrutura. A areia transportada é retirada de zonas ao longo das faixas laterais à estrutura, sendo depositada na zona sombra, ao longo do eixo central do modelo, mantendo-se assim constante o volume total de areia na praia. A ocorrência de galgamentos em alguns testes, com uma altura de onda significativa maior, instabiliza o padrão de recirculação de correntes na zona abrigada pelo quebramar, reduzindo a expressão das diferenças registradas.

Os resultados obtidos demonstram também que estruturas com uma configuração similar à da configuração nº 1, são vulneráveis à ocorrência de fenómenos de erosão junto ao pé do talude na zona da cabeça do quebramar. Os dados sugerem que estruturas cuja forma da cabeça do quebramar se assemelhe às configurações 2 e 3, possuem maior capacidade de proteção destas áreas. A transição mais suave da onda nestes casos, favorece a estabilidade dos sedimentos aqui

depositados, contribuindo assim, para a estabilidade dos blocos do manto resistente nestas zonas. É possível concluir, que as configurações nº 2 e 3 têm um efeito positivo na estabilidade global da estrutura.

A configuração nº 3 demonstrou, através dos resultados obtidos, ser a melhor configuração de entre as estudadas, relativamente à estabilidade e segurança do quebramar. A forma cônica e o declive menos acentuado das suas cabeças, minimizam as erosões localizadas junto ao pé do talude, transmitindo maior estabilidade aos blocos que compõem a estrutura. Desta forma, os encargos ligados à manutenção da estrutura serão reduzidos e as operações de reabilitação do quebramar menos frequentes, em relação às restantes configurações. No entanto, o volume de material utilizado é maior, sendo por isso o custo associado à sua construção maior.

Os resultados ilustram claramente, embora não globalmente, devido ao número limitado de testes a importância do correto conhecimento da interação agitação marítima-estrutura-sedimentos e da otimização das características geométricas da estrutura, auxiliando em fase de projeto a escolha de uma opção de gestão costeira que evite alguns dos possíveis impactos negativos, ou melhore os positivos.

## BIBLIOGRAFIA

- Burcharth, H.F.; Hawkins, S.J.; Zanuttigh, B.; Lamberti, A. (2007) - *Environmental Design Guidelines for Low Crested Coastal Structures*. 400p., Elsevier BV., Amsterdam, The Netherlands. ISBN: 978-0080449517.
- Chen, W.J.; Kuo, C.T. (1994) - Study on the Sand Deposited Behind Detached Breakwaters. In A.S. Arcilla, M.J.F. Stive & N.C. Kraus (eds.), *Proceedings of the International Conference on Coastal Dynamics '94*, pp. 938-949, ASCE, Barcelona, Espanha.

- China, R. (2011) - *Modelação Física de Quebramares Destacados*. 187p., Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. *Não Publicado*.
- Costa, M.; Silva, R.; Vitorino, J. (2001) - Contribuição para o Estudo do Clima de Agitação Marítima na Costa Portuguesa. *2as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, Associação Internacional de Navegação, Sines, Portugal:
- Costa, G. (2009) - *Modelação de Quebramares Destacados*. 219p., Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10216/57573>
- Gomes, F.V. (2007) - A Gestão da Zona Costeira Portuguesa. *Revista de Gestão Costeira Integrada* (ISSN: 1646-8872), 7(2):83-95, Lisboa, Portugal. Disponível em: [http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci7f2\\_1\\_velosogomes.pdf](http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci7f2_1_velosogomes.pdf)
- Gomes, F.V.; Pinto, F.T.; Neves, L.; Barbosa, J.P (2006) - *A European Initiative for Sustainable Coastal Erosion. Pilot Site of River Douro - Cape Mondego and Case Studies of Estela, Aveiro, Caparica, Vale do Lobo and Azores*. 317p., Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Porto, Portugal. ISBN: 972-752074x.
- Mangor, K. (2004) - *Shoreline Management Guidelines*. 294p., DHI Water & Environment, HØrsholm, Denmark. ISBN: 87-98195050
- Neves, A.C.V. (2007) - *Análise do campo de pressões em quebramares submersos*. 266p., Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10216/65571>
- Pereira, C.; Coelho, C. (2013) - Mapas de Risco das Zonas Costeiras por Efeito da Ação Energética do Mar. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 13(1):27-43. DOI: 10.5894/rgci325
- Pereira, G. (2008) - *Projecto de um Quebramar Destacado de Protecção para a Frente Marítima de Espinho*. 222p., Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10216/59143>
- Silva, R. (2010) - *Avaliação Experimental e Numérica de Parâmetros Relacionados com Modelos de Evolução da Linha de Costa*. 488p., Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10216/58492>
- Taveira-Pinto, F. (2002) - *Análise das Oscilações e dos Campos de Velocidades nas Proximidades de Quebramares Submersos, sob a Acção da Agitação Marítima*. 305p., Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10216/11852>

## Experiência de recuperação de um sistema dunar e proposta de instrumentos complementares de proteção, atração e valorização ambiental \*

### *Recovery experience of a dune system and complementary instruments proposal of protection, attraction, and environmental enhancement*

José Simão Antunes do Carmo <sup>1</sup>

#### RESUMO

Os problemas existentes na generalidade dos países com extensas zonas costeiras estão, de alguma forma, direta ou indiretamente ligados à progressiva ocupação urbana destas zonas, tendo como consequência uma forte degradação de muitas das estruturas naturais de proteção existentes.

Simultaneamente, é também claro que diversas atividades e intervenções de origem antrópica (como a construção de barragens, a exploração de inertes fluviais, as ações de dragagem portuárias, etc.) têm vindo a perturbar fortemente as zonas balneares, nomeadamente através de uma significativa redução do abastecimento sedimentar das praias.

Concomitantemente, estas ações ameaçam a capacidade que as zonas costeiras tiveram outrora de se adaptarem ao aumento da frequência e intensidade dos eventos de tempestades, em consequência das alterações climáticas globais, bem como à previsível subida do nível médio das águas do mar, que conduzirá inevitavelmente a uma acentuada erosão costeira e ao conseqüente recuo das linhas de costa.

Sendo certo que proibir o usufruto das zonas costeiras não é solução para os graves constrangimentos existentes, importa então valorizá-las com as infraestruturas indispensáveis para que os seus usos intensivos não sejam necessariamente sinónimo de degradação.

Os ensinamentos colhidos com uma metodologia de reabilitação e defesa frontal do cordão dunar da Leirosa, a sul da Figueira da Foz, permitiram abordar novos conceitos de proteção, incorporando múltiplas funções e valorização ambiental.

É neste contexto que se propõe neste artigo a implementação de recifes artificiais multifuncionais como alternativas às tradicionais obras 'pesadas' ou complementares das proteções naturais. São conhecidos alguns exemplos de sucesso, mas não existem ainda hoje estudos sistemáticos e suficientemente aprofundados que permitam generalizar este tipo de construções com multiobjetivos, nomeadamente para efeitos de proteção de praias e sistemas dunares, criação de condições para a prática de desportos náuticos, melhoria das características balneares e valorização ambiental das áreas de implantação.

**Palavras-chave:** Sistema dunar da Leirosa, Recifes artificiais multifuncionais, *Surf*, Mergulho, Pesca desportiva, Valorização ambiental

<sup>1</sup> - IMAR – Instituto do Mar – Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Pólo II da Universidade, 3030-788 Coimbra, PORTUGAL.  
e-mail: [jsacarmo@dec.uc.pt](mailto:jsacarmo@dec.uc.pt)

**ABSTRACT**

The serious problems in most countries with extensive coastal zones are in some way, directly or indirectly linked to the progressive urban occupation of these areas, resulting in a strong degradation of many natural protection structures that exist.

Simultaneously, it is also clear that activities and interventions of anthropogenic origin (such as the construction of dams, holding of inerts in rivers and dredging operations in ports) have contributed to strongly disturb these systems, notably through a significant reduction of sediment supply. Accordingly, these actions threaten the ability of the coastal areas to adapt to the increasing frequency and intensity of storm events, as a result of global climate change and the expected increase in the average sea level, which will inevitably lead to a pronounced erosion and to the consequent retreat of the shorelines.

Knowing that banning the uses of coastal zones is not a solution to the serious constraints that exist, it is then necessary to recover them with the necessary infrastructures in order to guarantee that their intensive uses are not necessarily synonymous of degradation.

The Leirosa sand dune system, located at south of Figueira da Foz, has been the scene of three major dune rehabilitation interventions in the past twelve years. The first involved the reconstruction of the sand dunes followed by revegetation using native marram grass. The effectiveness of this rehabilitation technique could not be confirmed, since the ocean side of the dune system was destroyed at the end of the winter of 2000-2001. In the other two interventions, two different applications of geotextiles were used. The first technique consisted in constructing several layers of sand enclosed in geotextiles, a so-called wrap-around technique, which stabilizes the sand and is quickly installed. The second technique was employed to protect the toe of the constructed barrier, which entailed the use of geotextile tube technology.

The lessons learned with the methodology used for the rehabilitation and protection of the Leirosa sand dunes allowed to address new protection concepts, incorporating multi-functionality and environmental enhancing.

It is in this context that we propose the implementation of multifunctional artificial reefs as alternative or complementary technique to traditional heavy protections. Examples of success are known, but there are not yet sufficiently detailed and systematic studies so that this kind of constructions could be generalized along the coastal zones, particularly with the dual aim of protecting them and improving the characteristics of many of their bathing spaces.

Therefore, the main focus of this paper is to present a short description of the works carried out in Leirosa, and to propose a complementary protection using the same material, but in submerged conditions and with a suitable geometry, in order to take advantage of the changes occurring in a wave when propagating from deep water conditions to shallow waters.

**Keywords:** Dune system of Leirosa, Multifunctional artificial reefs, Surfing, Diving, Fishing, Environmental enhancement

**1. INTRODUÇÃO**

Profundas transformações no uso do solo e do mar ocorrem hoje em dia na generalidade dos países com extensas zonas costeiras, ao longo das mais diversas escalas de tempo e espaço. Tais transformações acarretam a diminuição da qualidade de vida das populações locais, bem como alterações na produtividade e diminuição da biodiversidade dos ecossistemas, sendo fundamental a reversão deste processo.

São muitos os agentes que têm contribuído para os desequilíbrios que atualmente se verificam. São bem conhecidas as atividades antrópicas com carácter mais ou menos localizado e que, direta ou indiretamente, são responsáveis por fragilidades muito significativas de longas extensões das linhas de costa. Para essas fragilidades contribuem, fundamentalmente, o enfraquecimento irreversível das principais fontes aluvionares exteriores às zonas costeiras, em consequência de regularizações fluviais, de alterações no aproveitamento dos solos e da atividade de extração de areias para a construção. Também os efeitos cumulativos das alterações pontuais dos padrões de agitação local e dos trânsitos sedimentares têm reflexos profundos e irreversíveis, sendo, na atualidade, porventura os principais fatores responsáveis por parte do recuo generalizado e continuado das linhas de costa.

A estas ações de natureza essencialmente local dever-se-ão juntar outras de carácter mais global, em particular os efeitos das alterações climáticas, conduzindo a situações de tempestades sucessivamente mais frequentes e mais

devastadoras. Acresce o efeito da expansão térmica, conduzindo a um aumento global da temperatura e, em consequência, a um aumento da subida do nível médio das águas do mar, agravado ainda com os efeitos adicionais de degelo das calotes polares e de alterações nos padrões globais da circulação oceânica.

Em particular, a região centro da zona costeira portuguesa tem vindo a ser progressivamente ameaçada por uma erosão maciça, com transposições marinhas generalizadas e persistentes, importantes perdas de território e prejuízos para os *habitats* naturais e a atividade humana, colocando frequentemente em risco importantes aglomerados urbanos costeiros (Lopes, 2003).

Este panorama é o resultado de uma persistente falta de planeamento e de uma gestão pouco responsável ao longo de décadas e em vários trechos da zona costeira portuguesa (Antunes-do-Carmo & Marques, 2003). A permissividade reinante conduziu a várias situações de grande vulnerabilidade. Diversos casos, em particular alguns centros urbanos, exigirão a curto prazo a adoção de medidas adicionais com um exclusivo objetivo de segurança. Nestes casos, duas opções deverão ser equacionadas: ou se adotam medidas de manutenção, que no essencial passam pela construção de obras rígidas de proteção, tendo sido esta a opção preferencial até à data (casos de Espinho, Esmoriz-Cortegaça, Furadouro e Vagueira, em Portugal), eventualmente semi-rígidas e/ou dinâmicas, com possível uso de geossintéticos (campo de golf da Estela e cordão dunar da Leirosa, Portugal), ou por uma realocação adequada, consistindo na retirada

do património mais importante para lugar seguro, com a consequente adaptação de usos e atividades à nova realidade (São Bartolomeu do Mar, Portugal).

O sistema dunar da Leirosa, situado a sul da Figueira da Foz, tem sido particularmente fragilizado devido à ação de diversos fatores, de que se destacam: (i) grande exposição a condições hidrodinâmicas adversas; (ii) deficiente alimentação natural de areias; (iii) construção de um esporão a montante do sistema dunar para defesa da localidade existente e manutenção da praia e, (iv) construção de um emissário submarino, numa zona intermédia do cordão dunar, para descarga das águas residuais da Leirosa e de uma fábrica de pasta de papel (Reis & Freitas, 2002; Reis *et al.*, 2005).

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma breve descrição das principais intervenções realizadas em parte do cordão dunar da Leirosa nos últimos anos, desde 2005, e, tendo por base os ensinamentos colhidos, apresentar soluções complementares, ou alternativas, para proteção de praias e sistemas dunares.

## 2. TÉCNICAS DE REFORÇO DE PROTEÇÕES NATURAIS

### 2.1. Geocontentores

Uma intervenção humana particularmente gravosa para a manutenção do já de si precário equilíbrio natural ocorreu em 1995 no cordão dunar da Leirosa (a sul da Figueira da Foz, Portugal, Figura 1), tendo sido quebrada a continuidade deste sistema dunar pela implantação de um emissário submarino.



Figura 1 – Mapa de localização da Leirosa, situada na costa Ocidental de Portugal (Schreck Reis *et al.*, 2008).

Figure 1 – Location map of Leirosa on the West Atlantic coast of Portugal (Schreck Reis *et al.*, 2008).

Três anos após esta ocorrência foi decidido proceder a uma reabilitação da área afetada, a qual teve início em março de 2000, através de enchimento com areia proveniente de um local próximo, seguida de revegetação utilizando como método de estabilização uma planta normalmente usada com esta finalidade em dunas costeiras. Contudo, um forte

temporal ocorrido no inverno de 2000-2001 destruiu grande parte da frente deste sistema dunar, debilitando fortemente a zona intervencionada.

Foi neste contexto que em 2004 se equacionou a viabilidade de uma solução menos *soft*, consistindo na aplicação de mantas de material geossintético envolvendo consideráveis volumes de areia (geocontentores) numa extensão de 120 m e com uma altura de 8.0 m, a partir da cota +2.0 ZH. Para efeitos de proteção contra a erosão por infraescavação do pé da camada inferior, foram instaladas longitudinalmente e a cerca de 0.5 m abaixo da base desta camada (por conseguinte, à cota +1.5 ZH) três fiadas de sacos de material geotêxtil com cerca de 1.5 m<sup>3</sup> de areia cada (Reis *et al.*, 2005 e 2008).

Soluções que envolvem a aplicação deste material tinham já sido adotadas (e com reconhecido êxito) na construção de dunas artificiais, na construção de molhes e esporões, e na estabilização de praias em diferentes regiões do Mundo (Oh & Shin, 2006; Koffler *et al.*, 2008).

No essencial, esta metodologia, conhecida por “*wrap around technique*” (Recio-Molina & Yasuhara, 2005), consiste no reforço da duna através da construção de uma barreira frontal de proteção integralmente preparada e montada *in situ* usando mantas de material geossintético, como mostra a Figura 2 a). Esta barreira de proteção, uma vez construída, é coberta por uma camada de areia com cerca de 1.0 m de altura, procedendo-se em seguida a uma replantação adequada, Figura 2 b).

As dimensões das mantas de material geotêxtil, que constituem os geocontentores, foram neste caso obtidas recorrendo a formulações semiempíricas deduzidas com base em estudos experimentais realizados no Grande Canal de Ondas do Centro de Pesquisa da Costa Alemã em Hannover, e considerando os estudos estatísticos que conduziram às situações representativas (período e altura significativa da onda), apresentados em Antunes-do-Carmo (2003), Reis *et al.* (2005) e Reis *et al.* (2008), utilizando ainda o modelo matemático descrito em Antunes-do-Carmo (2004). Outras formulações para a determinação das dimensões dos geocontentores, incluindo os efeitos de deformação e recomendações práticas de aplicação, podem ser encontradas em Recio & Oumeraci (2009).

Os estudos realizados permitiram constatar que a barra longitudinal característica da zona de rebentação das ondas se situa a cerca de 60 m da base do sistema dunar existente, sendo a altura máxima e o período característicos das ondas junto à duna de 2.5 m e 16 s, respetivamente (Antunes-do-Carmo, 2003; Reis *et al.*, 2008).

Por ser uma técnica integralmente montada/desenvolvida *in situ*, a aplicação de geossintéticos na forma de mantas que envolvem grandes volumes de areia está sujeita a condições climáticas pouco favoráveis, sobretudo devido à atuação do vento, que arrasta, em geral, grandes quantidades de areia, e devido também aos elevados teores de humidade. Por conseguinte, as mantas de material geossintético deverão ser ligadas por costura, utilizando uma máquina apropriada, em vez do processo por colagem a quente que foi adotado na Leirosa (Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).

Devido à deficiente ligação por colagem das mantas de geotêxtil e à reduzida dimensão dos sacos que protegem o



a) Instalação de mantas de material geotêxtil, em 11 de fevereiro de 2005.  
a) Installation of geotextile wraps on February 11, 2005.



b) Replantação ocorrida em 21 de março de 2005.  
b) Revegetation that occurred on March 21, 2005.

**Figura 2.** Diferentes fases de execução da barreira frontal de proteção do cordão dunar da Leirosa (fotos do autor).

**Figure 2.** Different execution phases of the front barrier protection of the Leirosa dune system (personal photos).

sopé da barreira de proteção (primeira camada), os temporais que atingiram o cordão dunar no inverno de 2005-2006 conduziram à destruição de grande parte destes sacos e a vários rombos (aberturas) nas três primeiras camadas, tendo-se escapado volumes consideráveis da areia contida nos geocontentores, como mostra a fotografia apresentada na Figura 3 a). Outras camadas de areia situadas acima das três primeiras ficaram bastante expostas e deslocadas da sua posição inicial. Contudo, a nova configuração da barreira de proteção manteve-se estável no inverno seguinte, como se mostra na fotografia da Figura 3 b), não se revelando necessárias novas intervenções de fundo.

Importa sublinhar que em março-abril de 2006, com condições de agitação marítima favoráveis, houve uma

acumulação natural da praia com areia vinda do mar, recobrendo os sacos de areia e as duas camadas inferiores inicialmente expostas, como se mostra na fotografia da Figura 3 a). Este mesmo efeito de acumulação de areia foi ainda mais evidente em fevereiro de 2007, Figura 3 b). A Figura 3 a) mostra o estado da barreira de proteção a partir da 3ª camada e a Figura 3 b) a partir da 4ª camada, ambas contadas a partir da base.



a) Aspetto da frente oceânica da duna em 28 de abril de 2006.  
a) Aspect of the ocean side of the dune on April 28, 2006.



b) Aspetto da frente oceânica da duna em 28 de fevereiro de 2007.  
b) Aspect of the ocean side of the dune on February 28, 2007.

**Figura 3.** Aspectos da barreira frontal de proteção após os temporais ocorridos nos invernos de 2006 e 2007, e posterior acumulação de areia na praia (fotos do autor).

**Figure 3.** Different aspects of the frontal barrier protection after the storms that occurred in winters of 2006 and 2007, and subsequent accumulation of sand on the beach (personal photos).

## 2.2. Geotubos

Outra técnica de aplicação do material geossintético consiste no fabrico de tubos em ambientes devidamente controlados, que são depois transportados para o local e cheios com uma mistura de água e areia através de bombeamento. O comprimento destes tubos varia, em geral, entre cerca de 30.0 m e mais de 60.0 m, com diâmetros que podem variar entre cerca de 2.0 m e mais de 4.0 m, dependendo dos objetivos da aplicação, dos equipamentos disponíveis e das características batimétricas e hidrodinâmicas locais.

Esta mesma técnica foi aplicada em 2008, a título experimental, para reforço das camadas inferiores da barreira frontal de proteção construída em 2005 com geocontentores, parcialmente destruída em fevereiro-março de 2006 (Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).

Nesta aplicação foram utilizados tubos de material geotêxtil “*Secutex R1006*” pré-fabricados em geotêxtil de filtragem, com 1000 g/m<sup>2</sup> e elevada resistência. Para minimizar a degradação do material e alguma perda de resistência por contato durante as operações de enchimento, foram colocadas entre os tubos mantas de material geotêxtil de proteção, com 642 g/m<sup>2</sup> e elevada resistência mecânica. Na Leirosa foram instaladas cinco fiadas de tubos com 20.0 m de comprimento por 1.60 m de diâmetro. Documenta-se na Figura 4 a) o processo de instalação e enchimento dos tubos, por bombeamento da mistura de água com sedimentos, e na Figura 4 b) as três primeiras fiadas (apenas visíveis a 2<sup>a</sup> e a 3<sup>a</sup>) de tubos já devidamente instalados a partir da cota +1.5 ZH.

Uma vez instaladas as cinco fiadas de tubos ao longo de 120 m, as quais foram prolongadas mais cerca de 20 m para cada lado (tubos visíveis na fotografia da Figura 4 b), para completo envolvimento da zona intervencionada), procedeu-se à cobertura de toda esta zona com uma camada de areia de 1.0 m de altura, seguindo-se um processo de revegetação com espécies autóctones, principalmente *Ammophila arenaria*, como se documenta na Figura 5.

Atualmente verifica-se que, no essencial, a estrutura da frente intervencionada se mantém, ao longo de um comprimento de cerca de 120 m, observando-se lateralmente uma erosão significativa da duna, com recuos de algumas dezenas de metros relativamente ao alinhamento inicial, de 2007, como se pode ver na Figura 6, obtida no passado mês de fevereiro de 2013 a partir da zona intervencionada. Apesar dos contratemplos relatados, tal significa que a intervenção realizada cumpriu os objetivos pretendidos (fixou a frente da duna) e demonstra que o procedimento adotado é adequado, podendo e devendo ser utilizado ao longo de todo o comprimento do sistema dunar, com cerca de 1800 m.



a) Tubos pré-fabricados em material geotêxtil: processos de instalação e enchimento em 14 de julho de 2008.

a) *Prefabricated tubes of geotextile material: installation and filling processes on July 14, 2008.*



b) Instalação de tubos pré-fabricados em material geotêxtil em 22 de julho de 2008.

b) *Installation of prefabricated tubes made of geotextile material on July 22, 2008.*

**Figura 4.** Utilização de tubos pré-fabricados em material geotêxtil, com dimensões de 20.0 m de comprimento por 1.60 m de diâmetro, detalhando-se na fotografia superior os processos de instalação e enchimento desses tubos (Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).

**Figure 4.** Use of tubes made of geotextile material, with dimensions of 20.0 m long and 1.60 m diameter. The upper photo shows the installation and filling process of these tubes (Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).



**Figura 5.** Aspeto geral da zona intervencionada após a revegetação ocorrida em maio de 2009 (Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).

**Figure 5.** General view of the intervened area after the revegetation that occurred on May 2009 (Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).



**Figura 6.** Fotografia obtida sobre a zona que foi objeto de intervenção, em fevereiro de 2013, mostrando o recuo da frente do sistema dunar (já quase inexistente) relativamente ao alinhamento inicial (foto do autor).

**Figure 6.** Photo taken over the area that was the object of intervention, on February 2013, showing the retreat of the dune system (almost nonexistent) compared to the initial alignment (personal photo).

### 3. ENSINAMENTOS COLHIDOS E PROPOSTA DE ESTRUTURA COMPLEMENTAR DE PROTEÇÃO

A proteção costeira é um grande objetivo que não poderá ser minorado, mas os custos que envolve são extremamente onerosos para o erário público.

A generalidade das obras de proteção costeira existentes ao longo da costa portuguesa resultaram em consequência

de uma manifesta e prolongada falta de planeamento. Só assim foi possível permitir construções em áreas sensíveis, nomeadamente zonas de expansão urbana até áreas de alto risco, a curtas distâncias da linha de costa em evolução, muitas vezes sobre arribas, e ainda a ocupação de áreas outrora pertencentes ao mar. Várias destas construções foram ‘engolidas’ pelo mar, ou mantêm-se ainda hoje à custa de obras ‘pesadas’ de Engenharia que têm vindo a ser sucessivamente reforçadas (Dias, 1994; CNADS, 2001). Essas obras de proteção são, assim, e com frequência, o resultado de intervenções necessárias e muitas vezes urgentes, não planeadas e muito menos com preocupações de atratividade, valorização e desenvolvimento. Na realidade, no que concerne à gestão da zona costeira portuguesa, onde se destacam diversas áreas de grande vulnerabilidade, não tem existido da parte das entidades públicas uma verdadeira atitude pró-ativa de antecipação dos problemas.

A experiência adquirida nas diversas fases de reabilitação do sistema dunar da Leirosa, utilizando diferentes técnicas de aplicação de geossintéticos e tendo em conta a resistência e durabilidade deste material, sugere-nos a sua utilização na construção de estruturas ou plataformas submersas com o duplo objetivo de proteção complementar de sistemas naturais e geração de ondas para a prática de *surf*. Estas estruturas submersas (recifes artificiais) poderão ser construídas por sobreposições de camadas devidamente orientadas, sendo cada camada composta por ‘tubos’ de material geossintético (geotubos) adequadamente posicionados.

A construção de recifes artificiais deverá ser equacionada, tendo como principal objetivo aliviar as grandes fragilidades de muitos dos atuais sistemas naturais de proteção existentes ao longo das zonas costeiras, em particular da zona costeira portuguesa. Por conjugação de vários fenómenos que ocorrem em condições de águas pouco profundas, estas estruturas poderão ser concebidas de modo a promoverem a rotação das ondas, o seu empolamento e a consequente rebentação das mesmas sobre as plataformas submersas, por conseguinte na massa de água, reduzindo, em consequência, o seu efeito erosivo sobre as praias e/ou sobre as proteções naturais existentes (Mendonça *et al.*, 2012a e 2012b).

Complementarmente, e tendo como objetivos o envolvimento das populações locais, a promoção turística da região e uma repartição de custos por eventuais concessões a privados, ou dos benefícios resultantes das multifuncionalidades inerentes ao empreendimento, estas estruturas poderão ser concebidas com dimensões, formas e declives adequados para que as ondas geradas tenham características para a prática de *surf* e permitam promover outras práticas desportivas como mergulho e pesca.

É com este conjunto de multiobjetivos que se propõem soluções viáveis e suficientemente atrativas, em particular: (1) estruturas de defesa complementares de sistemas naturais de proteção; (2) alternativas à alimentação artificial de praias com finalidades de retenção ou acumulação de areias e, (3) possíveis alternativas a obras ‘pesadas’ de engenharia, as quais têm sido encaradas fundamentalmente como medidas de recurso, satisfazendo necessidades imediatas de proteção, mas sem claros benefícios a médio prazo.

## 4. RECIFES ARTIFICIAIS COM MULTIFUNCIONALIDADES

### 4.1. Enquadramento

Procurar soluções para muitos dos problemas existentes, ou que potencialmente venham a ocorrer, é um objetivo que a todos deve envolver. Aliando interesses e perspectivas complementares, caberá ao poder público a criação de incentivos à iniciativa privada para resolver um grave problema de base e, simultaneamente, dotar a zona costeira de equipamentos atrativos sob os pontos de vista turístico, económico e ambiental. Naturalmente que a implantação de uma obra deste tipo deverá ser sempre precedida de um estudo de impacto ambiental, nomeadamente para avaliar as possíveis interferências na biodiversidade local, e de um estudo económico para avaliar o retorno do investimento efetuado.

É neste contexto que parecem ser apropriadas formas de intervenção adequadamente planeadas e implementadas com multifuncionalidades: de proteção, lazer e mais-valias turística e ambiental, tendo naturalmente em conta as condicionantes do estudo de impacto ambiental.

Tais intervenções poderão consistir na construção de estruturas ou plataformas submersas com geometrias e dimensões apropriadas para provocar a rotação da onda, seguida de empolamento e rebentação mergulhante (em forma de tubo), adequada para a prática de *surf*. Ao ser provocada a rebentação da onda sobre a massa de água, deixará de se fazer sentir o seu impacto mais agressivo (descarga de energia com elevado poder erosivo) sobre a praia e/ou na base do sistema dunar.

Naturalmente, os efeitos pretendidos, de proteção e de geração de ondas com as características desejadas, serão conseguidos para um determinado nível médio do mar e uma altura de onda significativa (de dimensionamento), a definir em função da dinâmica e das características locais.

A experiência adquirida a nível mundial com estruturas deste tipo (recifes artificiais) é ainda muito limitada. Com efeito, encontram-se documentados na bibliografia apenas seis recifes construídos na última década, os quais se identificam em seguida.

Os dois primeiros recifes artificiais foram construídos na Austrália, o primeiro em 1999 em Cable Station (próximo de Perth) e o segundo em 2000 na praia de Narrowneck (Gold Coast). O primeiro recife artificial a ser construído no Hemisfério Norte data de 2001 e situa-se na praia de Dockweiler, em El Segundo, Califórnia (Estados Unidos), sendo conhecido como Pratte's Reef; contudo, este recife foi removido em outubro de 2008 por não ter atingido os objetivos esperados. Mais tarde foi construído na Nova Zelândia o recife de Mount Maunganui, cuja construção teve início em novembro de 2005 e terminou em junho de 2008, após substituição e ancoragem ao fundo de dois grandes geocontentores que sofreram roturas no final de 2006. Este recife, instalado a cerca de 250 m da costa, não produziu as ondas com a qualidade 'esperada' para a prática de *surf*. Segundo os promotores, o menor desempenho do recife deve-se-á "ao não cumprimento da especificação relativa ao volume de areia necessário, contendo os geotubos instalados

no fundo menos de metade dos 6500 m<sup>3</sup> de areia previstos"<sup>1</sup>.

Integrado num projeto de revitalização da orla de Boscombe, na costa sul de Inglaterra, teve início em julho de 2008 a construção de um recife com objetivos de aumentar o número de visitantes, alargar a temporada turística e promover o crescimento económico. Após uma série de atrasos e contratemplos, a construção deste recife terminou em novembro de 2009. Foi previsto com um custo de 1.5 milhões de € mas acabou por ficar em cerca de 3.5 milhões. Entretanto, o recife sofreu danos significativos nos dois anos seguintes à construção, tendo dois geotubos sido muito afetados. Em termos de altura de onda, observações e resultados de simulações apresentados em Rendle e Davidson (2012) mostram que o campo de ondas melhorou a sotavento do recife, indo ao encontro ao objetivo de criar uma zona protegida para nadadores e banhistas. Nesta data não se reconhecem efeitos de proteção significativos, nomeadamente em termos de acumulação de areias.

Em 2006 teve início a construção de um recife em Opunake na Nova Zelândia, concebido para a produção de ondas rápidas e cavadas, especialmente favoráveis à prática de *surf* e *bodyboard*. O orçamento inicial deste recife importava em US \$ 1.1 milhões; no entanto, a construção foi interrompida devido a condições climáticas adversas e indisponibilidade de equipamento, tendo o custo ascendido a mais do dobro. Segundo relatos da imprensa local, o recife terá sido aberto no início de 2011, mas rapidamente se verificou que reproduzia um "tipo errado de ondas", tornando-se inacessível para muitos potenciais utilizadores. Posteriormente foi decidido proceder à reparação do recife, mas este foi atingido por um barco que lhe causou danos estruturais o que forçou o seu encerramento definitivo em meados de 2011.

Estas estruturas ou plataformas submersas (recifes artificiais) têm em geral a forma de V, ou aproximada, dependendo das características locais, com braços iguais ou desiguais e/ou ainda com abertura no vértice, separando os dois braços, para permitir circulação no interior do recife. Poderão ser construídas por sobreposições de camadas devidamente orientadas, sendo cada camada constituída por 'tubos' de material geossintético, envolvendo volumes consideráveis de areia (geotubos), com algumas dezenas de metros de comprimento, tipicamente da ordem de 30 m a 60 m, ou mesmo mais, por cerca de 2 m a 4 m de diâmetro.

Estes tubos poderão ser pré-fabricados e transportados para o local, sendo cheios com uma mistura de água e areia, através de bombeamento, nas proximidades do local onde é construído o recife; por conseguinte, com a areia existente no local, ou nas proximidades, sem intrusão de material estranho e com um significativo ganho em termos de custo e transporte do material.

Para enchimento dos tubos poder-se-á recorrer a barcos com dimensões e características de fundos adequadas. Em termos construtivos, o barco é devidamente posicionado e

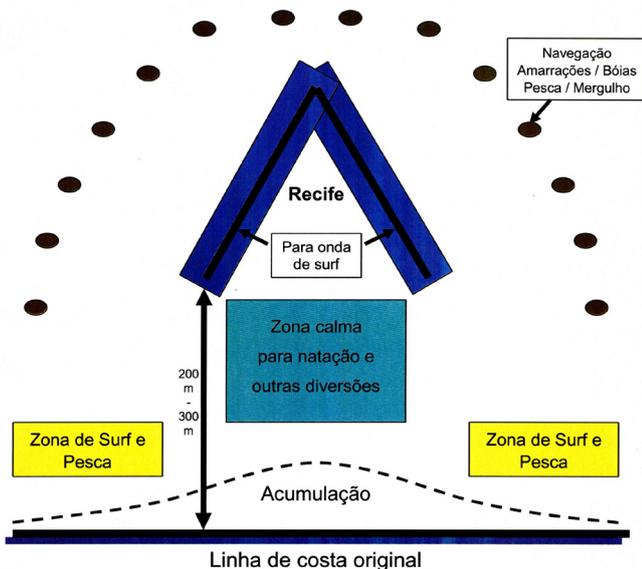
1 - Comentário de Raglan company ASR, referido por Michele McPherson em <http://www.bayofplentytimes.co.nz/news/surf-reef-branded-a-dangerous-flop/1050916/>

orientado sobre a plataforma em construção, sendo o tubo descarregado por efeito gravítico, indo ocupar naturalmente a sua posição previamente definida na estrutura do recife.

Deste modo, tubo a tubo, vai-se formando a estrutura do recife. Os tubos são colocados por camada, sendo instalados tantos tubos e sobrepostas tantas camadas quanto as necessárias, até se atingirem a forma e as dimensões previstas.

Quando necessário, passados alguns anos (possivelmente uma ou mais décadas) após a instalação da estrutura inicial, por efeito de um possível assentamento dos tubos instalados ou para acompanhar a elevação do nível médio do mar bastará acrescentar mais uma camada, sem pôr minimamente em causa a estrutura e o investimento iniciais.

Apresenta-se na Figura 7 um possível esquema (em planta) de uma estrutura deste tipo, com incorporação de multifuncionalidades e um efeito positivo (acumulação de areias) sobre a linha de costa.



**Figura 7.** Possível esquema da instalação de um recife artificial com incorporação de multifuncionalidades.

**Figure 7.** Possible sketch of an artificial reef with incorporation of multifunctionalities.

A utilização de material geossintético envolvendo grandes volumes de areia, com formas normalmente cilíndricas (tubos), na construção de estruturas submersas deste tipo (com multifuncionalidades) apresenta diversas vantagens, sendo justo salientar que:

1. O material geossintético: *i*) é de custo acessível; *ii*) é fabricado em ambiente controlado e, *iii*) tem elevada duração, mesmo em ambientes agressivos.
2. Os geocontentores: *i*) permitem grande flexibilidade em tamanho e formas; *ii*) na forma tubular (geotubos) são, em geral, preparados e construídos (cosidos e/ou colados)

em ambientes controlados e, *iii*) garantem um elevado nível de segurança para os utilizadores, em particular para os praticantes de *surf*, comparativamente com outros materiais de construção.

3. As estruturas submersas: *i*) têm um reduzido impacto ambiental tanto em fase de construção, supostamente utilizando adequados processos construtivos, como de exploração; *ii*) em condições e ambientes apropriados promovem a criação e realce de ecossistemas marinhos de grande valor e, *iii*) permitem construções com dimensões e alturas controladas, acompanhando eventuais assentamentos e a elevação do nível médio do mar.

#### 4.2. Orientações gerais

O material geossintético, envolvendo grandes volumes de areia, particularmente com formas tubulares, parece ser o mais económico e mais adequado para a construção de recifes artificiais com multifuncionalidades. De fato, estes contentores de areia pré-fabricados com material geossintético e cheios *in situ* parecem constituir não só um excelente substrato para a flora marinha e para o desenvolvimento de ecossistemas diversificados (Jackson *et al.*, 2004), como aumentam também a segurança no recife, ao formarem uma estrutura relativamente suave, sem arestas cortantes, e, por conseguinte, diminuindo os riscos de ferimentos de surfistas, mergulhadores, pescadores, etc., caso estes entrem em contato com a superfície do recife.

Orientações preliminares para a conceção de recifes artificiais multifuncionais são apresentadas em Antunes-do-Carmo *et al.* (2010). Em particular, o diâmetro  $D$  requerido para os tubos é calculado por (Pilarczyk, 2009):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{cr}} = \frac{F}{\sqrt{\xi_{op}}} \quad (1)$$

em que  $D_{cr}$  é o diâmetro mínimo dos tubos;  $H_s$  é a altura significativa da onda;  $F$  é uma constante, que se situará no intervalo [2.0, 3.0];  $\Delta=1$  para tubos/sacos de areia, e  $\xi_{op}$  é o parâmetro de Iribarren, dado por:

$$\xi_{op} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s/L_{op}}} = 1.25 T_p H_s^{-0.5} \tan \alpha \quad (2)$$

em que  $\alpha$  é o ângulo de declive do fundo;  $L_{op} = gT_p^2 / (2\pi)$ , e  $T_p$  é o período de pico. Para assegurar a estabilidade ao deslizamento dos tubos, estes deverão ser preenchidos até cerca de 75%-85% da sua capacidade, e o comprimento  $L$  deverá ser tal que  $L \in [10D, 20D]$ , assegurando assim que a força de impulsão (ascensional) não é suficiente para movimentar um único tubo de areia.

Também a estabilidade vertical ficará assegurada, impedindo assentamentos diferenciais, assentando a primeira camada ao nível do zero hidrográfico (aproximadamente 2.0 m abaixo do nível médio do mar). Em camadas consecutivas,

tanto horizontal como verticalmente, os tubos deverão ser colocados alternadamente, isto é, as extremidades dos tubos de uma fiada não deverão coincidir com as extremidades dos tubos das fiadas vizinhas.

Complementarmente, determina-se o número de tubos a instalar segundo a direção transversal ao comprimento, isto é, a largura do recife na base, seja  $b$ , deverá ser tal que  $H_{\max}/(\Delta b) = 0.5$  a  $1.0$ .

Tendo por base estudos teóricos, foram definidas as principais características geométricas de um possível recife a implantar na Leirosa. Uma condição a satisfazer para que a estrutura do recife funcione adequadamente é que o declive do fundo do mar (batimetria do local de implantação do recife) seja igual a 1:50 ou inferior. Nesta conformidade, referem-se em seguida as principais orientações de projeto apresentadas em Antunes-do-Carmo *et al.* (2010).

A estrutura a construir tem como principais objetivos: (1) proteção complementar do cordão dunar existente; (2) geração de ondas adequadas para a prática de *surf* e, (3) valorização ambiental; consiste numa subestrutura em delta (recife) e numa plataforma (Figuras 7 e 8).

#### 1. A subestrutura em delta (recife):

- É composta por dois braços/ramos dispostos em V, como mostrado na Figura 7 (vista da praia) e na Figura 8 (vista do mar);
- Tem um ângulo constante da ordem de 45 graus, ou pouco superior, mas inferior a 66 graus (ângulo da direção da onda com a normal ao braço do recife);
- Tem os ramos do V iguais, com comprimentos não inferiores a meio comprimento de onda local e declives da ordem de 1:10.

#### 2. A plataforma:

- Tem uma forma tal que mesmo pequenas ondas que incidam obliquamente sejam ainda *surfáveis* sobre o delta e não refratem nos declives laterais;
- Tem inclinações frontal e laterais tão elevadas quanto possível (para redução de custos);
- Tem um comprimento longitudinal (ao longo da costa) suficientemente grande para proteger o local de erosão costeira (Figura 8, planta);
- É prolongada para o interior do delta, devendo ser criteriosamente estudada até que distância se fará esse prolongamento (Figura 8, corte).

A distância do vértice do recife até à linha de costa não perturbada deve ser superior a 1.5 vezes a largura da zona natural de *surf*.

Com base em análises numéricas, utilizando um modelo numérico do tipo Boussinesq COULWAVE (Lynett, 2002), adequado para simular a evolução de ondas não-lineares sobre batimetrias irregulares em condições de águas intermédias e pouco profundas, foram determinadas primeiras estimativas para os valores dos vários parâmetros do possível recife a construir na Leirosa, a saber: altura do recife igual a 3.20 m, declive das paredes igual a 1:10 e submersão da crista igual

à altura da onda de projeto (1.50 m). Para detalhes sobre o regime de agitação marítima na zona da Leirosa e as condições para que foi definido o projeto de recife indicado, consulte-se Mendonça *et al.* (2012a) e Mendonça *et al.* (2012b).

Como demonstrado em Jackson *et al.* (2005), para o recife de Narrowneck, Austrália, cinco anos após a sua construção: “O recife Narrowneck é um sucesso como recife multifuncional e alcançou os objetivos específicos do projeto, bem como os benefícios ambientais.... O número de surfistas em Narrowneck aumentou e a qualidade do surf “melhorou”.... Os recifes para surf são viáveis e podem ser construídos a custos razoáveis, com projeto e técnicas de construção simples”.

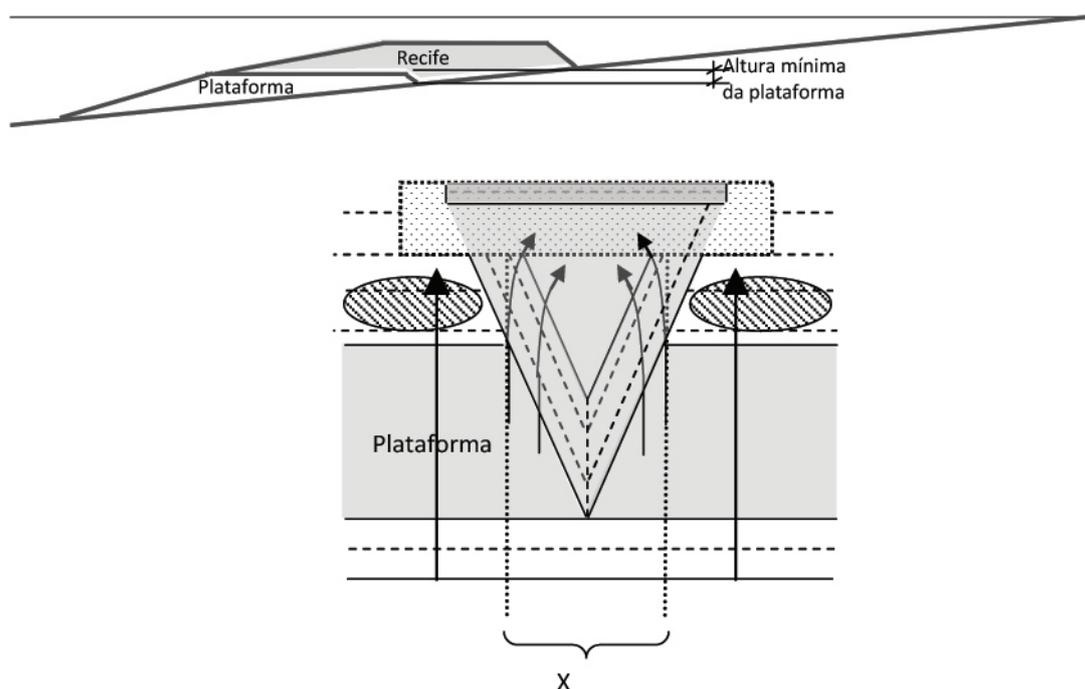
Conforme mostrado na Figura 8 (planta), o fato de a plataforma não poder ser alargada a toda a base do recife significa que este tem dimensões úteis limitadas em ambas as direções. Isto é, será devastador para a *surfabilidade* das ondas se estas tiverem que passar por um buraco situado atrás da plataforma (as áreas sombreadas nesta figura) durante o processo de rebentação das mesmas sobre o delta da estrutura (recife). Por conseguinte, naquelas condições, só as ondas que chegam à plataforma na zona X serão *surfáveis* sobre o delta (Voorde *et al.*, 2009; Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Passados oito anos após o início da primeira intervenção na Leirosa utilizando material geotêxtil, verifica-se que foi possível fixar a frente da duna na zona intervencionada. Foram usadas duas técnicas complementares para a construção da defesa frontal de proteção do sistema dunar: (1) contenção da areia em mantas dobradas pela face do mar e ligadas lateralmente (coladas e/ou cosidas) às mantas vizinhas; e (2) tubos pré-fabricados em ambiente controlado e cheios localmente com uma emulsão de água e areia.

O fato de as ondas continuarem a rebentar na base da duna ou sobre a estrutura de defesa criada prejudica o seu bom desempenho, pois existem sempre descontinuidades que fragilizam a estrutura, como por exemplo os apoios dos geocontentores/geotubos e as ligações entre mantas e/ou geotubos. A forma de reduzir os impactos mais agressivos, resultantes da dissipação de energia por efeito da rebentação, será provocar a rebentação da onda na massa de água, numa zona suficientemente afastada da linha de costa (em geral, entre 200 a 250 m, dependendo do declive do fundo, da amplitude da maré e da altura significativa de onda). É neste contexto, e também com este objetivo, que se propõe a instalação de recifes artificiais multifuncionais.

Os recifes artificiais são estruturas que fornecem uma proteção indireta através da redução das cargas hidrodinâmicas para níveis adequados à manutenção do equilíbrio dinâmico da costa. Para atingir este objetivo, os recifes artificiais multifuncionais são concebidos de forma a permitirem a transmissão de uma determinada quantidade de energia por rebentação das ondas no delta da estrutura, e a dissipação de energia sobre a crista, em condições de água pouco profunda. Com uma adequada conceção do recife, este será capaz de: (1) reduzir a descarga energética sobre a costa através de uma série de processos e transformações das ondas que ocorrem sobre a estrutura; (2) criar células de



**Figure 8.** Recife artificial com multifuncionalidades: corte longitudinal (acima), indicando a altura mínima dos geocontentores (tubos) utilizados na construção da plataforma, e (abaixo) planta da estrutura (Voorde *et al.*, 2009; Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).

**Figure 8.** Artificial reef with multifunctionalities: longitudinal section (above), indicating the minimum height of the geo-containers (tubes) used in the platform construction, and (below) the plant structure (Voorde *et al.*, 2009; Antunes-do-Carmo *et al.*, 2010).

circulação de correntes por trás do delta da estrutura (recife), podendo causar sedimentação na orla costeira; (3) regular a ação das ondas por efeitos combinados de refração e difração; (4) gerar ondas com boas características para a prática de *surf*; (5) criar uma zona protegida com boas características balneares e, (6) fixar plantas e atrair peixes, promovendo outras práticas desportivas.

Naturalmente, para a implementação de estruturas deste tipo é essencial planear e gerir de forma integrada a zona costeira. Um programa de investimentos na zona costeira deverá contemplar necessariamente aspetos relativos à proteção, como objetivo central, mas numa perspetiva integradora de valorização e desenvolvimento, ou seja, não contemplando simples ‘remendos’, ou obras isoladas, mas antes promovendo a atratividade através da instalação generalizada de adequados equipamentos com multifuncionalidades.

A implementação da tecnologia proposta poderá justificar-se como medida isolada quando se pretende tirar partido das diversas funcionalidades, mas justifica-se claramente como medida complementar de outras estruturas naturais de proteção costeira, nomeadamente dos vários sistemas dunares existentes e com elevadas fragilidades ao longo da costa Oeste de Portugal. Esta tecnologia é igualmente adequada para efeitos de proteção de áreas mais degradadas, como medida eficaz de retenção e acumulação de areias, ou ainda como equipamentos complementares de diversão, lazer e mais-valias turística e ambiental. Em princípio, será

igualmente uma boa aposta a instalação desta tecnologia em áreas onde se justifica uma alimentação artificial com finalidades de retenção ou acumulação de areias.

O principal investimento a efetuar para a aplicação desta tecnologia em larga escala prende-se com a aquisição ou adaptação de um ou mais barcos com características e dimensões adequadas e devidamente equipados, nomeadamente com gruas, sistemas de bombeamento e outros equipamentos de menor custo. Um segundo nível de investimento prende-se com o fabrico ou aquisição do material geossintético, incluindo a preparação dos tubos por empresas especializadas.

Uma vez efetuados os investimentos iniciais, a construção de qualquer recife artificial com multifuncionalidades (proteção de praias e sistemas dunares com reduzido impacto ambiental, geração de ondas com características para a prática de *surf* e importante enriquecimento ambiental da zona costeira) importará em custos globais bastante mais reduzidos que os de qualquer estrutura tradicional exclusivamente com funções equivalentes de proteção.

A experiência adquirida e os poucos dados de monitorização existentes com os recifes artificiais já construídos ou em construção, nomeadamente sobre: *i*) desempenho em relação à proteção costeira; *ii*) qualidade das ondas para a prática de *surf*; *iii*) contribuição para o aumento da biodiversidade e, *iv*) revitalização económica através do turismo, não nos permitem ser muito objetivos em relação a qualquer das perspetivas de análise. Contudo, existem dados importantes

no que respeita a dimensões, volumes e custos de construção que podem ser correlacionados com os correspondentes desempenhos. Em primeira aproximação, poder-se-á inferir que os recifes artificiais com multifuncionalidades resultarão mais simples, mais baratos e mais funcionais que as estruturas convencionais construídas exclusivamente para efeitos de proteção; complementarmente deverão ainda garantir os seguintes benefícios:

- Proteção de sistemas naturais com reduzido impacto visual;
- Aumento da largura da praia adjacente ao recife;
- Geração de ondas com características para a prática de *surf*;
- Importante enriquecimento ambiental da zona costeira;
- Criação de áreas com interessantes características para diversão e práticas de mergulho e pesca;
- Benefícios económicos resultantes do aumento de fluxos turísticos.

Para finalizar, importa salientar que jamais serão satisfeitas as condições ideais para a instalação de um recife multifuncional. Nesta conformidade, para cada local, a opção final será sempre função do balanço que resultar de uma análise ponderada entre o investimento a efetuar e o potencial retorno. Sendo muitas as variáveis em jogo, nem todos os locais permitem atingir as mesmas funcionalidades e nem sempre se pretendem os mesmos objetivos. Por conseguinte, importa ter presente que os bons ou maus desempenhos de um recife artificial, relativamente às prioridades traçadas, serão sempre função das características locais (físicas, sociais e ambientais), da qualidade do projeto (localização, material, geometria e dimensões) e dos aspetos construtivos (meios e equipamentos, controlo e mão-de-obra).

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi fundamentalmente desenvolvido no âmbito do projeto de investigação “Novos conceitos de proteção para a costa portuguesa” (PTDC/ECM/66516/2006), integralmente financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Um agradecimento especial é devido às empresas Celbi e Soporcel pelo financiamento concedido no âmbito do projeto de “Recuperação do sistema dunar da Leirosa – 4ª e 5ª fases”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes-do-Carmo, J.S. (2003) - Dinâmica litoral e protecção costeira. Um caso de estudo. VI SILUSBA – Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, [Publicado em CD], Praia, Cabo Verde.
- Antunes-do-Carmo, J.S. (2004) - Modelação hidrodinâmica em condições de água pouco profunda. Aplicações. *Revista Recursos Hídricos* (ISSN: 0870-1741), 25(2):43-56, Lisboa, Portugal.
- Antunes-do-Carmo, J.S.; Marques, J.C. (2003) - Proposta de princípios orientadores para o desenvolvimento sustentável da zona costeira portuguesa. *II Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de*

*Expressão Portuguesa; IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e II Congresso do Quaternário dos Países de Línguas Ibéricas* [CD-ROM], 6p., Recife, PE, Brasil. Disponível em [http://www.abequa.org.br/trabalhos/dinamica\\_costeira\\_336.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/dinamica_costeira_336.pdf).

- Antunes-do-Carmo, J.S.; Schreck Reis, C.; Freitas, H. (2010) - Working with nature by protecting sand dunes: Lessons learned. *Journal of Coastal Research*, 26(6):1068-1078. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-10-00022.1.
- CNADS (2001) – *Projecto de reflexão sobre o desenvolvimento sustentável da zona costeira*. 46 p., CNADS - Conselho Nacional do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável, Lisboa, Portugal. Disponível em [http://w3.ualg.pt/~j dias/GESTLIT/Documents/ReflexZonasCost\\_Projecto.pdf](http://w3.ualg.pt/~j dias/GESTLIT/Documents/ReflexZonasCost_Projecto.pdf).
- Dias, J.M.A.; Ferreira, Ó.M.F.C.; Pereira, A.P.R.R. (1994) - *Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré*. Universidade do Algarve, Faro, Portugal, 261p., ESAMIN / Instituto de Conservação da Natureza, Lisboa, Portugal. Disponível em [http://w3.ualg.pt/~j dias/JAD/eb\\_EspinhoNazare.html](http://w3.ualg.pt/~j dias/JAD/eb_EspinhoNazare.html).
- Jackson, L.A.; Reichelt, R.E.; Restall, S.; Corbett, B.; Tomlinson, R.; McGrath, J. (2004) - Marine ecosystem enhancement on a geotextile coastal protection reef – Narrowneck reef case study. *Proceedings of the 29th International Conference on Coastal Engineering*, pp.3940-3952, Lisboa, Portugal. DOI: 10.1142/9789812701916\_0318.
- Jackson, L.A.; Tomlinson, R.; Turner, I.; Corbett, B.; D’Agata, M.; McGrath, J. (2005) - Narrowneck artificial reef results of 4 yrs of monitoring and modifications. *Proceedings of the 4th International Surfing Reef Symposium*, 11p., Manhattan Beach, CA, USA. Disponível em <http://www.docstoc.com/docs/37353041/NARROWNECK-ARTIFICIAL-REEF-RESULTS-OF-4-YRS-OF-MONITORING-AND>.
- Koffler, A.; Choura, M.; Bendriss, A.; Zengerink, E. (2008) - Geosynthetics in protection against erosion for river and coastal banks and marine and hydraulic construction. *Journal of Coastal Conservation*, 12(1):11-17. DOI: 10.1007/s11852-008-0023-x.
- Lopes, M.A. (2003) - *O litoral da Região Centro de Portugal – um caso preocupante de risco e perda de território*. 38p., DRAOT-Centro; Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Relatório, Coimbra, Portugal. Não publicado.
- Lynett, P.J. (2002) - *A multi-layer approach to modeling of generation, propagation and interaction of water waves*. 220p., Tese de doutoramento, Cornell University, Ithaca, NY, USA. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.91.8402&rep=rep1&type=pdf>.
- Mendonça, A.; Fortes, C.J.; Capitão, R.; Neves, M.G.; Antunes-do-Carmo, J.S.; Moura, T. (2012a) - Hydrodynamics around an artificial surfing reef at Leirosa, Portugal. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 138(3):226-235. DOI: 10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000128.
- Mendonça, A.; Fortes, C.J.; Capitão, R.; Neves, M.G.;

- Moura, T.; Antunes-do-Carmo, J.S. (2012b) - Wave hydrodynamics around a multi-functional artificial reef at Leirosa. *Journal of Coastal Conservation*, 16(4):543-553. DOI: 10.1007/s11852-012-0196-1.
- Oh, Y.I.; Shin, E.C. (2006) - Using submerged geotextile tubes in the protection of the E. Korean shore. *Coastal Engineering*, 53(11):879-895. DOI: 10.1016/j.coastaleng.2006.06.005.
- Pilarczyk, K. (2009) - Geosynthetics and geosystems in coastal engineering - a review. In: *3º Seminário Português sobre Geossintéticos*, pp.43-60, Sociedade Portuguesa de Geotecnia e Comissão Portuguesa de Geossintéticos, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. ISBN: 978-98996466612.
- Recio-Molina, J.; Yasuhara, K. (2005) - Stability of modified geotextile wrap-around revetments (GWR) for coastal protection. *Geosynthetics International*, 12(5):260-268. DOI: 10.1680/gein.2005.12.5.260.
- Recio, J.; Oumeraci, H. (2009) - Process based stability formulae for coastal structures made of geotextile sand containers. *Coastal Engineering*, 56(5-6):632-658. DOI: 10.1016/j.coastaleng.2009.01.011.
- Reis, C. Schreck; Freitas, H. (2002) - Rehabilitation of the Leirosa sand dunes. *Littoral 2002, The Changing Coast*, pp.381-384. EUROCOAST/EUCC, Porto, Portugal. Disponível em [http://www2008.io-warnemuende.de/homepages/schernewski/Littoral2000/docs/vol3/Littoral2002\\_71.pdf](http://www2008.io-warnemuende.de/homepages/schernewski/Littoral2000/docs/vol3/Littoral2002_71.pdf).
- Reis, C. Schreck; Freitas, H.; Antunes-do-Carmo, J.S. (2005) - Leirosa sand dunes: A case study on coastal protection, Lisboa, Portugal. In: *IMAM 2005 – Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources*, pp.1469-1474, Taylor & Francis / Balkema. ISBN: 0415393744.
- Reis, C. Schreck; Antunes-do-Carmo, J.S.; Freitas, H. (2008) - Learning with Nature: A Sand Dune System Case Study (Portugal). *Journal of Coastal Research*, 24(6):1506-1515. DOI: <http://dx.doi.org/10.2112/07-0858.1>.
- Rendle, E.; Davidson, M. (2012) - An evaluation of the physical impact and structural integrity of a geotextile surf reef. In: Patrick Lynett & Jane Mckee Smith (eds.), *33rd Conference on Coastal Engineering, Currents.20*, Santander, Spain. ISSN: 2156-1028.
- Voorde, M.T.; Antunes-do-Carmo, J.S.; Neves, M.G. (2009) - Multi-functional artificial reefs for coastal protection. In Ch. A. Hudspeth, T.E. Reeve (Eds.), *Agricultural Runoff, Coastal Engineering and Flooding*, pp. 153-210. Nova Science Publishers, Inc. NY. ISBN 978-1607410973.



## Carta de unidades geoambientais do município de Itanhaém, São Paulo, Brasil \*

### *Map of geoenvironmental units of Itanhaém County, São Paulo, Brazil*

S. E. Sato<sup>@, 1</sup>, C. M. L. Cunha<sup>2</sup>

#### RESUMO

As áreas litorâneas, devido as suas características morfológicas, são potencialmente susceptíveis as alterações ambientais principalmente àquelas relacionadas ao crescente processo de ocupação territorial referente à urbanização. No Brasil, historicamente, o litoral assumiu um papel de suma importância na formação territorial. Os primeiros aglomerados populacionais de origem européia, estrategicamente posicionados ao longo da costa, proporcionaram a ocupação e dominação do espaço, sendo os mesmos, os pontos de comunicação entre o Novo e o Velho Mundo, e que, com o passar dos tempos, alicerçaram a construção nacional, servindo de entrada e saída do continente. Em poucas décadas o rápido crescimento e desenvolvimento das cidades litorâneas impulsionaram os conflitos de ordem física e socioambiental.

A partir da década de 1950, no estado de São Paulo, Brasil, com a popularização do automóvel e consolidação das principais vias de comunicação entre o Planalto Paulista e o litoral, Rodovia Anchieta (1953), Rodovia dos Imigrantes (1976) e a segunda pista da Rodovia dos Imigrantes (2002) houve um crescimento no fluxo populacional, principalmente para as cidades da Baixada Santista, verificando-se um conseqüente e considerável incremento da população flutuante, formada principalmente por turistas e proprietários de segundas residências. Atualmente, a Região Metropolitana da Baixada Santista encontra-se em plena expansão econômica, resultado da industrialização, da expansão portuária, dos investimentos da Petrobras e do turismo.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo a elaboração da Carta de Unidades Geoambientais do município litorâneo de Itanhaém, Baixada Santista, São Paulo, Brasil. Inicialmente realizou-se um inventário dos atributos físicos, referentes à morfometria, e dos dados socioeconômicos, como informações municipais e de uso da terra. Com isso buscou-se a integração dessas informações para a definição das unidades geoambientais, segundo a adaptação da proposta metodológica, fundamentada na abordagem sistêmica, de Mateo Rodriguez (2004). Assim, para a elaboração da Carta de Unidades Geoambientais foram realizados mapeamentos que possibilitaram a caracterização ambiental do município, proporcionando a identificação das capacidades e fragilidades das unidades definidas. Além disso, as informações coletadas e geradas tiveram o intuito de promover um incremento no conhecimento dessa área do litoral paulista. Desse modo o mapeamento realizado para o município possibilitou a identificação das áreas de maior suscetibilidade a problemas ambientais, tornando-se um importante subsídio para a compreensão da dinâmica ambiental, e assim, um instrumento para o planejamento de áreas litorâneas.

A elaboração da carta de unidades geoambientais permitiu averiguar a relação entre a capacidade de uso, ou seja, as características físicas de cada unidade geoambiental, e a função socioeconômica, referente ao uso da terra no município. Com base na análise da referida carta, constatou-se as áreas onde há o conflito entre as funções geoambientais e as intervenções antrópicas. Muitas situações incompatíveis foram verificadas, confirmando que a ação antrópica no meio não é limitada pelos atributos físicos, visto a imposição das atividades sobre áreas dinamicamente frágeis.

**Palavras-chave:** litoral, uso da terra, legislação ambiental.

@ - Corresponding author

1 - Instituto de Ciências Humanas e da Informação – ICHI, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, Brasil. Avenida Itália, km 8, Carreiros. 96201-900 Rio Grande, RS, Brasil. e-mail: s.e.sato@furg.br

2 - Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – DEPLAN, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Rio Claro, Brasil. Avenida 24-A, 1515. 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil. e-mail: cenira@rc.unesp.br

**ABSTRACT**

Coastal areas, due to morphological characteristics, are potentially susceptible to environmental changes, especially those related to the growing process of territorial occupation resulting from urbanization. In Brazil historically the coast has a very important role in territorial shaping. The first settlements from Europe, strategically positioned along the coast, allowed occupation and domination of space, and were the sites of communication between the New and Old World. As time passed, such places underpinned the national construction, serving as continental input and output gateways. In a few decades the rapid growth and development of coastal cities boosted physical and environmental conflicts. From the 1950s on, in the state of São Paulo, Brazil, with the popularization of automobiles and the consolidation of the main routes of communication between the coast and the uplands of São Paulo – Anchieta Highway (1953), Immigrants' Highway (1976) and the second lane of Immigrants' Highway (2002) – there was an increase in the population flow, especially to Baixada Santista (an official metropolitan area on the coast of the São Paulo state originally centered around the port city of Santos). A consequent and considerable increase in the floating population was verified, mainly consisting of tourists and second home owners. Currently the Baixada Santista Metropolitan Region is booming economically. In continuous transformations the Coastal Zone has undergone numerous operating procedures, including those related to the increasing industrialization in Baixada Santista, the development of the Cubatão industrial complex, the expansion of the Port of Santos, the investments of Petrobras and the tourism. Second homes, also known as vacation or seasonal home, cause a new impact on coastal areas by encouraging urban sprawl and disrupting the social fabric of coastal cities, often causing conflicts between the local and floating population. Another case that stands out is the increased migrant flow, attracted by the prospects of economic growth. Due to the lack of labor qualification, much of this flow is often not absorbed and people become marginalized. As a result of this process areas unsuitable for occupation are taken, favoring slums. In this context, this study was aimed at developing the Map of Geoenvironmental Units of the coastal city of Itanhaém, Baixada Santista, São Paulo, Brazil. Initially the study developed an inventory of physical attributes related to morphometry and of socioeconomic data, such as information from municipal and land use. Therefore data were integrated for the definition of geoenvironmental units according to the adaptation of the proposed methodology, based on the systemic approach by Mateo Rodriguez (2004). Thus for the drafting of the Map of Geoenvironmental Units mappings were conducted, which allowed the environmental characterization of the city and provided the identification of capabilities and weaknesses of the units set. Furthermore the information collected and generated was aimed to promote an increased knowledge of this coastal area. Thus the mapping done for the city allowed the identification of areas of greatest susceptibility to environmental problems, and is an important subsidy for understanding the environmental dynamics in addition to being a tool for the planning of coastal areas. The city of Itanhaém (SP) has a remarkable topographic subdivision. Based on the morphometric analysis two key environmental systems were identified for the city of Itanhaém: the mountain range system, which covers the Atlantic Plateau, the escarpments of the Serra do Mar and isolated hills, and the coastal plain system. As these systems were defined, the functional categories were determined, corresponding to emitting units, transmitting units and units collecting the matter and energy present in the city. The geoenvironmental subunits were delimited drawing on these categories, and their individualization considered the peculiarities in relation to physical conditions, such as morphometrics and geomorphology, and socioeconomic conditions, such as the presence or absence of urbanization and type of use associated. As a result twelve geoenvironmental subunits were determined within the group of functional units: 1. Plateaus – left bank of Mambu river; 2. Plateaus – right bank of Mambu river; 3. Plateaus – tributaries of the Black and White rivers; 4. Escarpments of Serra do Mar; 5. Isolated hills; 6. Marine terraces – level I; 7. Marine terraces – level II; 8. Urbanized marine terraces; 9. Slope deposits; 10. Fluvial plains; 11. Fluvial-marine plains; and 12. Marine Plains.

The drafting of the Charter of Geoenvironmental Units allowed determining the relationship between usability, i.e. the physical characteristics of each geoenvironmental unit, and socioeconomic function related to land use in the city of Itanhaém. The analysis of the Map enabled to find the areas with conflict between geoenvironmental functions and human interventions. Many situations were found incompatible, confirming that human action in the environment is not limited by physical attributes, given the imposition of activities on dynamically fragile areas.

**Keywords:** coast, land use, environmental law.

**1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, historicamente, o litoral assumiu um papel de suma importância na formação territorial. O litoral é sede de importantes cidades, as quais ocupam espaços ainda pouco conhecidos, do ponto de vista da dinâmica ambiental. Em poucas décadas o rápido crescimento e desenvolvimento das cidades litorâneas impulsionaram os conflitos de ordem física e socioambiental. Neste contexto é iminente a necessidade de minimizar os impactos antrópicos no meio e promover uma adequada intervenção no ambiente natural. Para isso, a compreensão da estruturação física e socioeconômica do espaço com base nos estudos da paisagem é fundamental.

A paisagem litorânea é composta por um sistema integrado de unidades geoambientais, formadas a partir da interação entre os elementos naturais e elementos socioeconômicos. Tais unidades em conjunto são responsáveis pela dinâmica, funcionamento e manutenção da paisagem. O conhecimento dessas unidades possibilita, deste modo, estabelecer a função de cada unidade e, conseqüentemente, como as alterações

sobre estas unidades podem interferir na dinâmica do espaço.

As unidades geoambientais são áreas delimitadas de acordo com características físicas homogêneas, as quais são associadas ao Uso da terra. A representação cartográfica dessas unidades possibilita identificar os processos ambientais presentes no município de Itanhaém (SP), assim como as atividades antrópicas, e, conseqüentemente a relação entre a dinâmica ambiental e sua função socioeconômica, tornando-se possível assim determinar os conflitos oriundos dessa relação. A definição dessas unidades possibilita inferir sobre a dinâmica incidente na paisagem. Para Mateo Rodriguez *et al.* (2004) a paisagem é caracterizada pelo arranjo sistêmico das suas unidades, atribuindo à mesma sua integridade e unidade. Essa concepção aplicada em áreas litorâneas, eminentemente dinâmicas, permite uma análise ambiental global, devido alicerçar-se no caráter dinâmico da análise.

Assim, no contínuo movimento de transformações, a zona costeira do estado de São Paulo vem sofrendo inúmeros processos de exploração, entre os quais, os relacionados

ao incremento da industrialização na Baixada Santista, ao desenvolvimento do complexo industrial de Cubatão, à expansão do porto de Santos, aos investimentos da PETROBRAS e ao turismo.

A escolha de Itanhaém (SP) como universo de análise baseou-se nessas transformações, que direta ou indiretamente afetam o município. O processo de urbanização em Itanhaém iniciou-se nos anos de 1940, expandindo progressivamente. Até os anos de 1962, de acordo com a interpretação de fotografias (74230 a 83425) escala 1:25.000, do respectivo ano, a área urbana do município ocupava apenas a orla e os seus limites em direção ao interior estendiam-se até a rodovia. Destaca-se que já havia arruamentos em meio à vegetação de planície costeira (Souza *et. al.*, 2008), sem ocupação, no interior do município. Em 2000, num período de 38 anos, houve um crescimento urbano em torno de 150%. A expansão urbana ultrapassou a rodovia dirigindo-se ao interior, desenvolvendo-se notadamente a leste do município. Em 2010, com base em imagens de satélite, observa-se o crescimento urbano mais acentuado a oeste do município. Estima-se que entre os anos de 2000 e 2010, o município de Itanhaém cresceu em média 10%. A população de Itanhaém aumentou significativamente De acordo com o Censo Demográfico realizado pelo IBGE, em 2010 a população total recenseada foi de 87.057 habitantes, dos quais 86.242 situados na zona urbana e 815 na zona rural. Em termos percentuais da população isso corresponde a 99,06% urbana e 0,94% rural. A densidade demográfica apontada pelo censo foi de 145,2 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2011). Em 2011, o município de Itanhaém, segundo dados da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), possuía uma população fixa de 88.584 habitantes. A taxa geométrica de crescimento anual da população no período de 2000-2010 foi de 1,94%, superior à taxa do Estado de São Paulo (1,09%) para o mesmo período.

O município em apreço possui um zoneamento para o uso e a ocupação da terra. A *Lei nº 1.082 de 22 de Janeiro de 1977* determina a divisão do território de Itanhaém em zonas de uso e regulamenta o parcelamento, uso e ocupação do solo do município. De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Itanhaém de 2000, como um dos objetivos fixados para o desenvolvimento físico do município está o estabelecimento de uma nova *Lei de Zoneamento, Uso e Ocupação para substituir a Lei n.1.082/77*, mas contemplando as diretrizes fixadas pela mesma.

Itanhaém apresenta desse modo, um conjunto de leis direcionadas ao ordenamento territorial. A preservação das características ambientais da área é enfatizada, visto que são as mesmas a principal fonte de divisas municipais. Assim, medidas de planejamento tornam-se fundamentais para garantir tanto a qualidade de vida da população fixa e flutuante, como a preservação do ambiente natural, o qual é altamente susceptível as alterações antrópicas.

Assim, a importância dos estudos ambientais é inegável. Dessa maneira, o presente trabalho visa colaborar com essa questão.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Itanhaém, município litorâneo do estado de São Paulo, localiza-se entre as coordenadas geográficas de latitudes

23°55' e 24°15'Sul e longitudes 46°48' e 46°54' Oeste de Greenwich (Figura 1). Possui aproximadamente 600 km<sup>2</sup> de área territorial. Limita-se ao norte com os municípios de São Paulo e Jujutiba, a leste com os municípios de São Vicente e Mongaguá, a oeste com os municípios de Pedro de Toledo e Peruíbe, e ao sul com o oceano Atlântico. Apresenta terrenos amplos e extremamente planos situados entre o oceano e as escarpas íngremes da Serra do Mar, as quais declinam suavemente em direção ao interior do estado de São Paulo.

A Serra do Mar é uma notável expressão topográfica do Sudeste brasileiro. Em São Paulo representa o rebordo do Planalto Paulistano, apresentando um conjunto de escarpas com diferentes denominações locais. A configuração dessas escarpas, associadas aos eventos geológicos e tectônicos, remonta ao Terciário, mas este processo ainda encontra-se em evolução (De Martonne, 1943; Freitas 1951; Almeida, 1953; Ab'Saber, 1955; Ab'Saber, 1965 e Almeida & Carneiro, 1998).

Nas bordas das escarpas festonadas da Serra do Mar, nas proximidades do oceano, ocorrem áreas deposicionais referentes às planícies costeiras, que também integram a província costeira paulista.

A origem das planícies costeiras do Brasil, de modo geral, relaciona-se às oscilações do nível marinho, resultado da eustasia e do tectonismo, assim como das oscilações climáticas do Quaternário (Ab'Saber, 1965; Suguio & Martin, 1978; Suguio *et al.* 1985; Suguio, 2001).

A interação entre o clima e o relevo é de suma importância para o entendimento da dinâmica ambiental costeira, devido à atuação da Serra do Mar como barreira orográfica aos ventos úmidos vindos do oceano, contribuindo para caracterização dos índices pluviométricos e climáticos no litoral paulista.

O estado de São Paulo está localizado numa faixa de transição climática (tropical e subtropical) e sofre, assim, a influência da massa de ar polar Atlântica e dos sistemas extratropicais, assim como dos ventos provindos dos sistemas tropicais.

No município de Itanhaém, predominam altos índices pluviométricos. Os dados pluviométricos (prefixo: E3-261, seção: pluviometria acumulada média mensal), mensais médios, do período histórico de 1981 a 1999 (SIGRH, 2012), demonstraram o predomínio de chuvas bem distribuídas durante todo o ano, com declínio nos meses de inverno (junho, julho e agosto) e considerável elevação nos meses de verão (janeiro, fevereiro e março). A média anual para o município varia entre 1.500 a 2.000 mm.

Os solos predominantes na área de estudo correspondem, nas escarpas da Serra do Mar, devido às elevadas declividades, a solos pouco espessos derivados da decomposição da litologia *in situ*, sendo classificados segundo o IAC (Oliveira *et al.* 1999) como Cambissolos Háplicos. Para a planície costeira, dada às características do relevo plano e das litologias sedimentares, segundo a classificação do IAC (Oliveira *et al.* 1999), são encontrados predominantemente Espodossolos Ferrocárbicos e Gleissolos Sálcos, estes últimos nas proximidades da foz do rio Itanhaém, área sob influência das marés.

Neste contexto físico-ambiental, as formações vegetacionais presentes no município de Itanhaém, assim como em toda a zona costeira paulista, estão diretamente associadas às referidas



**Figura 1.** Litoral paulista da Região Metropolitana da Baixada Santista e do município de Itanhaém. Modificado de Empresa Paulista De Planejamento Metropolitano (EMPLASA).

**Figure 1.** Coast of Santos Metropolitan Region and Itanhaém city. Modified from Empresa Paulista De Planejamento Metropolitano (EMPLASA).

condições climáticas e as características morfo-pedológicas presentes nesse espaço. De modo geral, segundo Souza (2008), as fisionomias de vegetação para o litoral paulista, associadas ao substrato geológico, correspondem, a partir da praia rumo à encosta, a: Vegetação de Praias, Vegetação de Dunas, Escrube, Vegetação de Entre-Cordões, Floresta Baixa de Restinga, Brejo de Restinga, Floresta Alta de Restinga, Floresta Paludosa, Floresta de Transição Restinga-Encosta e Floresta Ombrófila Densa. Historicamente, essas formações vegetais, e conseqüentemente animais, foram reduzidas pela ação antrópica. Segundo dados da ONG SOS Mata Atlântica, do total original da floresta, atualmente, restam apenas 11%. Esse fato evidencia a necessidade de estudos e preservação desse importante bioma brasileiro.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado nessa pesquisa fundamentou-se na integração dos dados físicos e socioeconômicos, com base nos pressupostos da Teoria Geral dos Sistemas. A abordagem sistêmica aplicada a Geografia torna possível o estudo do espaço de modo integrado, por considerar a conexão existente entre seus componentes antrópicos e seus componentes naturais formadores, como uma totalidade indissociável.

Neste contexto, a paisagem representa uma complexa interação de elementos concretizada em determinada área, resultando na fisionomia desse espaço, que pode ser vista como um sistema, ou uma unidade real integrada (Troppmaier, 2000).

Segundo Mateo Rodriguez (2004, p. 18) “a ‘paisagem’ é definida como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antropogênicas...”. Ainda segundo o autor, uma das características da paisagem, é “o caráter sistêmico e complexo de sua formação que determina a integridade e sua unidade.” (Mateo-Rodriguez *et al.* 2004:18).

Para Mateo-Rodriguez *et al.* (2004:15) a paisagem corresponde a um “sistema territorial composto por elementos naturais e antropogênicos condicionados socialmente, que modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais”.

Desse modo, para uma adequada intervenção antrópica na paisagem é necessário entender como essa paisagem está organizada e quais são as funções atribuídas a cada unidade que constitui tal espaço.

A carta de unidades geoambientais (Anexo 1) visa apresentar as áreas delimitadas de acordo com suas características físicas e características socioeconômicas individualizadas na paisagem. Essa carta possibilita identificar os processos ambientais presentes na área de estudo, assim como as atividades antrópicas, e, conseqüentemente a relação entre a dinâmica ambiental e Uso da terra. Dessa maneira torna-se possível determinar as áreas onde há o conflito entre as funções geoambientais e as intervenções antrópicas.

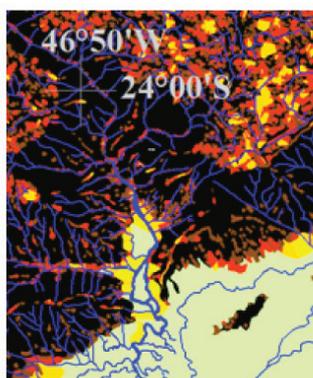
As unidades geoambientais foram delimitadas através da integração das informações obtidas com base na morfometria, no Uso da terra e vegetação realizadas, previamente, para o município de Itanhaém - SP (SATO, 2012), na escala 1:50.000. Serão apresentados aspectos modais das respectivas cartas espaciais como ilustração (Figura 2).

Elaborou-se também uma carta de restrições legais ao uso e ocupação da terra Anexo 2, referente à espacialização da legislação ambiental vigente na base cartográfica do município. A mesma foi utilizada para averiguar, nas unidades geoambientais, os espaços que, segundo a legislação ambiental, apresentam características que comprometem sua ocupação. Foram consideradas as seguintes disposições legais:

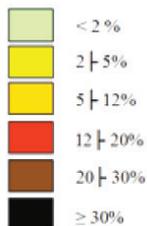
- Área de Proteção Permanente - Resolução CONAMA n° 303 (20/03/2003):

- Faixa marginal ao longo de curso fluvial com largura mínima de:
  - ✓ trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- Dunas:
  - ✓ unidade geomorfológica de constituição predominante arenosa, com aparência de cômodo ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação;
- Restinga:
  - ✓ depósito arenoso paralelo a linha da costa, de forma geralmente alongada, produzido por processos de sedimentação, onde se encontram diferentes comunidades que recebem influência marinha, também consideradas comunidades edáficas por dependerem mais da natureza do

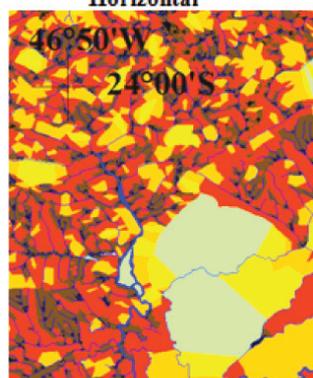
1. Carta de Declividade



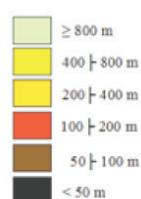
CLASSES DE DECLIVIDADE



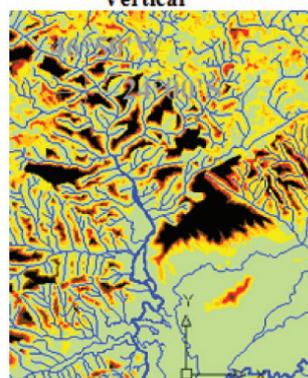
2. Carta de Dissecção Horizontal



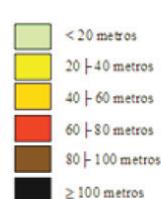
CLASSES DE DISSECAÇÃO HORIZONTAL



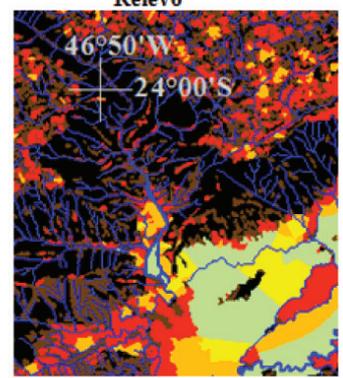
3. Carta de Dissecção Vertical



I. CLASSES DE DISSECAÇÃO VERTICAL



4. Carta de Energia do Relevo



I. CLASSES DE ENERGIA DO RELEVO



Fonte: Sato (2012).

**Figura 2.** Aspectos modais extraídos das cartas morfométricas do município de Itanhaém – SP.

**Figure 2.** Details of morphometric maps of the Itanhaém city - SP.

substrato do que do clima. A cobertura vegetal nas restingas ocorre como mosaico, e encontra-se em praias, cordões arenosos, dunas e depressões, apresentando, de acordo com o estágio sucessional, estrato herbáceo, arbustivos e arbóreo, este último mais interiorizado;

- Mangue:

- ✓ ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina;

- Decreto nº 10.251, de 30 de agosto de 1977:

- Cria o Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), incorporando uma série de reservas Estaduais já existentes. Foi alterado pelo Decreto Estadual nº 13.313 de 06 de março de 1979, o qual acrescentou áreas do município de Ubatuba;

- Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico - CONDEPHAAT - Resolução de Tombamento 40 de 06/06/1985:

- Tombamento da Serra do Mar e dos Morros Isolados: Artigo 1º – Fica tombada a área da Serra do Mar e de Paranapiacaba no Estado de São Paulo, com seus Parques, Reservas e Áreas de Proteção Ambiental, além dos esporões, morros isolados, ilhas e trechos de planície litorânea,...; Artigo 5º – Ficam incluídos neste tombamento todos os morros isolados acima da cota de 40m, situados na planície sedimentar, entre o limite de tombamento e a linha de costa, excluindo-se os que se encontram nas áreas litorâneas situados entre os rios Maçaguçu (Folha Caraguatubá) e o Rio Cambori (Folha Maresias), assim como os localizados entre o Canal de Bertioiga (Folha Bertioiga) e o Rio Mineiro (Folha Mongaguá);”

- Reserva Indígena Guarani:

- Demarcação da Reserva em 15 de Abril de 1987. CIMI-Conselho Indigenista Missionário;

- Área de Proteção Ambiental - Lei de Criação da APA: Lei nº 13.136/01. PMSP.

- APA - Capivari – Monos;

- Decreto Federal nº 750 de 10/02/1993 - Floresta de Restinga - integrante da Mata Atlântica:

- Art. 3º - Para os efeitos deste Decreto, considera-se Mata Atlântica as formações florestais e ecossistemas associados inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil, IBGE 1988: Floresta Ombrófila Densa Atlântica, Floresta Ombrófila Mista, Floresta

Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves Florestais do Nordeste;

- Lei nº 1.082 de 22 de janeiro de 1977, alterada pelas Leis 2520/2000 - 2573/2000 - 2971/2002 - 2975/2002 - 3000/2003 - 3252/2006. Prefeitura da Estância Balneária de Itanhaém:

- Zona de transição ambiental uso predominantemente residencial, de densidade demográfica baixa;

- Lei nº 1.082 de 22 de janeiro de 1977, alterada pelas Leis 2520/2000 - 2573/2000 - 2971/2002 - 2975/2002 - 3000/2003 - 3252/2006. Prefeitura da Estância Balneária de Itanhaém:

- Corredor de fauna e flora, área não loteável, com característica de zona de preservação ambiental;

- Decreto nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, que regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, instituindo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC.

- Limite da orla marítima terrestre: 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.

O município de Itanhaém (SP), de acordo com os princípios da abordagem sistêmica é uma paisagem composta por elementos naturais e elementos socioeconômicos conectados e integrados. Formada por unidades onde há a constante circulação de energia e de matéria, esta paisagem funciona como um sistema ambiental não isolado e aberto, onde a atmosfera, a litosfera, a hidrosfera e a biosfera (onde se insere o homem) interagem, promovendo a incessante movimentação dos fluxos de energia e matéria. A partir dessa consideração, pode-se afirmar que as unidades formadoras da paisagem necessitam cumprir determinadas funções para que a dinâmica e a organização espacial seja mantida. Considerando o caráter funcional da paisagem, a ideia de circulação de matéria e energia permite delinear a estrutura do sistema paisagem com base nos elementos que a compõem. As categorias funcionais correspondem a áreas emissoras, a áreas transmissoras e a áreas coletoras de matéria e energia (Mateo-Rodríguez *et al.*, 1995).

A correlação das informações foi norteada pelos princípios da análise sistêmica de integração dos dados. Para determinar as áreas com características mais homogêneas foram consideradas, desse modo, as condições ambientais físicas e as características socioeconômicas associadas (Uso da terra, principalmente).

O principal critério para a definição das características funcionais da paisagem foi à diferença apresentada pela área

de estudo, em relação à presença de dois sistemas ambientais distintos, correspondentes às escarpas da Serra do Mar (sistema serrano) e a planície costeira (sistema planície costeira) (Figura 3).

Identificados esses sistemas, foram delimitadas as unidades geoambientais. Esta individualização considerou as peculiaridades em relação às condições físicas, como a morfometria e as condições socioeconômicas, como a presença ou não de urbanização e o tipo de Uso da terra associado. As cores utilizadas para representar as unidades geoambientais seguiram o princípio da rosa cromática. Desse modo as categorias funcionais da paisagem, emissoras, transmissoras e coletoras receberam cores de acordo com o seu papel no desencadeamento de energia, quanto mais intensa a emissão de matéria e energia, mais escura a cor utilizada.



**Figura 3.** Sistemas ambientais presentes no município de Itanhaém (segundo Sato, 2012).

*Figure 3. Environmental systems present in the Itanhaém county (accordingly to Sato, 2012).*

A classificação da relação entre os elementos naturais e elementos socioeconômicos, baseou-se nos princípios teóricos de Mateo-Rodriguez *et.al* (2004), e foi estabelecida através de critérios de compatibilidade entre o Uso da terra presente na unidade e as suas características físicas. Nessa relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica é possível verificar se: 1) o Uso da terra é compatível ou incompatível em relação às características físicas, e se 2) esse uso é adequado ou inadequado em relação à legislação ambiental vigente. Desse modo, cada unidade geoambiental é classificada de acordo com as seguintes categorias:

- **Compatível:** corresponde ao Uso da terra que não afeta as características físicas da unidade;
- **Incompatível:** quando o Uso da terra altera negativamente as características físicas da unidade física;
- **Adequado:** refere-se ao Uso da terra que não transgredir a legislação ambiental;

- **Inadequado:** representa situações em que o Uso da terra transgredir a legislação ambiental.

Com base nas informações entre a capacidade de uso e a função socioeconômica torna-se possível estabelecer o estado geocológico das unidades formadoras da paisagem em estudo. O estado geocológico (Mateo-Rodriguez *et.al*, 2004) classifica-se em:

- **Otimizado:** é quando a relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica apresenta o Uso da terra compatível com as características físicas e legalmente adequadas, ou seja, dentro da legislação;
- **Compensado:** refere-se à categoria compatível, onde o Uso da terra não provoca um dano ambiental irreversível;
- **Alterado:** a relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica é incompatível com as características físicas;
- **Esgotado:** corresponde às categorias de uso incompatível e legalmente inadequadas.

Deve-se ressaltar a importância do papel da interferência antrópica nas unidades, visto o impacto por esta causado nas características naturais. Deste modo, a relação entre a capacidade de uso/função socioeconômica de uma unidade é dada pelo grau de compatibilidade entre o Uso da terra predominante e sua característica ambiental, como por exemplo, a declividade e/ou litologia, associada ainda a presença ou não de uma legislação específica que permita ou não essa relação.

O estado geocológico assim exprime o grau de preservação ambiental de cada unidade mapeada em relação à atuação antrópica sobre a mesma, a partir da análise integrada das características naturais e socioeconômicas.

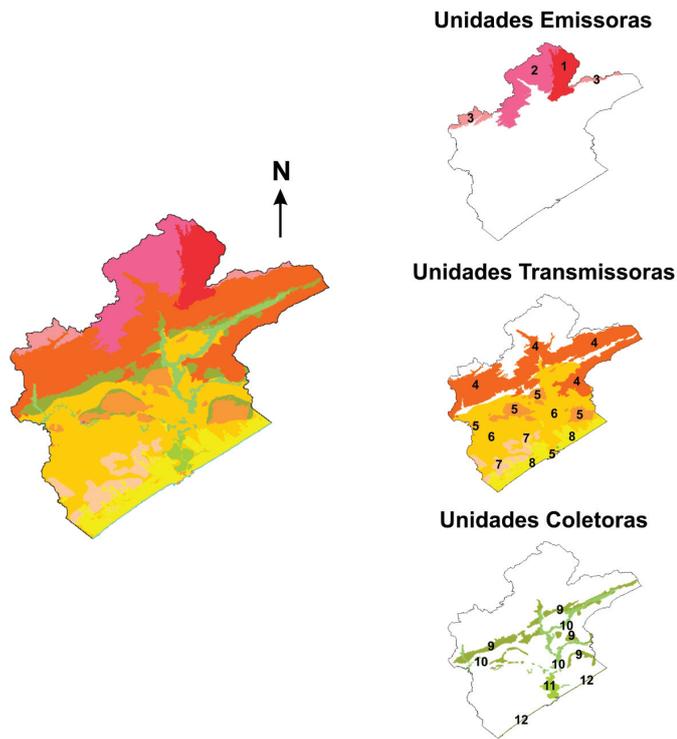
#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O município de Itanhaém (SP) apresenta uma notável compartimentação topográfica, referente ao Planalto Atlântico, as escarpas da Serra do Mar e morros isolados, e a planície costeira. Através da análise morfométrica, esses compartimentos foram enquadrados em dois sistemas ambientais fundamentais: o sistema serrano, o qual abrangeria então o Planalto Atlântico, as escarpas da Serra do Mar e morros isolados, e o sistema planície costeira.

Definidos esses sistemas, determinaram-se as categorias funcionais, correspondentes às unidades emissoras, as unidades transmissoras e as unidades coletoras de matéria e energia presentes no município de Itanhaém (SP). As subunidades geoambientais foram delimitadas com base nessas categorias, e sua individualização considerou as peculiaridades em relação às condições físicas, como a morfometria e a geomorfologia, e as condições socioeconômicas, como a presença ou não de urbanização e o tipo de uso associado (Figura 4).

A seguir serão apresentadas as categorias funcionais e as subunidades estabelecidas para o município de Itanhaém (SP). Ao final apresenta-se uma tabela que sintetiza essas informações (Tabela 1).

- **Unidades emissoras – sistema serrano:** identificadas no Planalto Atlântico correspondem a um conjunto composto por três subunidades geoambientais: a



**Figura 4.** Unidades geoambientais do município de Itanhaém. 1. Planaltos – margem esquerda do rio Mambu; 2. Planaltos – margem direita do rio Mambu; 3. Planaltos – afluentes dos rios Preto e Branco; 4. Escarpas da Serra do Mar; 5. Morros isolados; 6. Terraços marinhos – nível I; 7. Terraços marinhos – nível II; 8. Terraços marinhos urbanizados; 9. Depósitos de encosta; 10. Planície fluvial; 11. Planície flúvio-marinha; 12. Planície marinha.

**Figure 4.** Geoenvironmental Units of the Itanhaém county.

subunidade planaltos - margem esquerda do rio Mambu, a subunidade planaltos - margem direita do rio Mambu e a subunidade planaltos – afluentes dos rios Preto e Branco. Essas unidades distinguem-se entre si pelas diferenças de predomínio das classes de energia do relevo, que correspondem a áreas com maior potencial para a deflagração de processos erosivos associados a altas cargas de energia. Setores mais altos do planalto apresentam altimetria acima de 700 metros e nos morros acima de 400 metros. De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2006) o embasamento é formado, de modo geral, por rochas miloníticas, gnaisses bandados e ortognaisses.

Em relação à geomorfologia, predominam morros suavizados, alinhamentos estruturais NW-SE, vertentes côncavas e convexas, presença de sulcos erosivos, voçorocas e cicatrizes de escorregamento, além de vales em V. Ao norte do Planalto Atlântico, no limite com os municípios de São Paulo e Juquitiba foi instituída por lei a Área de Proteção Ambiental - APA Capivari - Monos com o objetivo de restringir e controlar o Uso da terra, que é permitido por lei desde que controlado. Essa APA corresponde a uma das áreas

de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo.

De modo geral, o Uso da terra restringe-se a pequenas propriedades rurais, mas nos limites com o município de São Paulo, a pressão exercida pela expansão urbana, principalmente relacionada às ocupações irregulares, é um problema eminente, mas que ainda não afeta a integridade das subunidades geoambientais pertencentes ao Planalto Atlântico. Dessa forma, tem-se:

- Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica: compatível e adequada, nas áreas abrangidas pelas medidas legais de conservação e preservação e que são de difícil acesso; adequada, nas áreas que preservam a cobertura vegetal original; e compatível e inadequada, onde há atividades agrícolas.

- Estado geocológico do Planalto Atlântico: compensado, visto que o Uso da terra não provoca dano ambiental irreversível.

- Unidades transmissoras – sistema serrano: formado pelas subunidades escarpas da Serra do Mar e morros isolados. A altimetria oscila entre 500 a 600 metros. Predominam grupo de rochas granito gnáissica migmatíticas (CPRM, 2006).

A geomorfologia é representada pelas vertentes côncavas e convexas, e pela presença de vertentes retilíneas e irregulares, que coincidem com as áreas mais íngremes. Estas áreas apresentam maior suscetibilidade aos processos denudacionais, principalmente aos relacionados a movimentos de massa, comprovados pelas cicatrizes de escorregamento identificadas no mapeamento geomorfológico. Outros fatores também contribuem para esse processo, como o Como a classe de solos, predominantemente Cambissolos Háplicos, que é pouco espesso e os altos índices pluviométricos entre 1.500 e 2.000 mm anuais. A ocupação antrópica nessas áreas não é permitida, visto que são tombadas e protegidas pela legislação, favorecendo a preservação dessas unidades.

Outro fator que também contribui para a preservação é a dificuldade de acesso às escarpas da Serra do Mar e aos morros isolados situados no interior do município. No caso dos morros isolados envolvidos pela área urbana, como o Itaguaçu, o Taquanduva, o Paranambuco e o Belas Artes, foram detectadas alterações em suas características físicas devido ao uso antrópico, como a retirada de parte da vegetação original e a construção de vias de acesso, interferindo na dinâmica ambiental. O caso do morro do Itaguaçu, localizado no centro da cidade, é um exemplo de morro isolado ocupado desde o século XVIII, com a função de mirante, devido às investidas estrangeiras inimigas de Portugal na época colonial. Nesse mesmo período foi construída a Igreja e Convento da Nossa Senhora da Conceição. Atualmente é um ponto de interesse histórico e turístico da cidade. Essas características das unidades levam a seguinte classificação:

- Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica - escarpas da Serra do Mar: compatível e adequada, visto que são áreas protegidas pela legislação ambiental e também pela dificuldade de acesso; para a unidade geoambiental morros isolados, duas situações foram encontradas: compatível e adequada, pois o uso está de acordo com a legislação e com a capacidade física da unidade, e incompatível e inadequada,

nos morros situados dentro da área urbana: morro do Itaguaçu, morro da Taquanduva, morro do Paranambuco e morro das Belas Artes, onde há conflitos relacionados ao tipo de uso e a infração da legislação.

- Estado geocológico para as unidades escarpas da Serra do Mar e para a unidade morros isolados, não urbanizados: otimizado. Para os morros isolados localizados na zona urbana o estado geocológico: alterado.

- Unidade coletora – sistema serrano: a área coletora apresenta a função de receber e reunir os fluxos de matéria e energia. No setor serrano esta área corresponde a subunidade de depósitos de encosta. Nesse setor a altimetria varia entre 13 a 20 metros.

Subunidade de **depósitos de encosta**: corresponde a áreas de colúvio com declives entre 5 a 20%. É formada pelos detritos originados na Serra do Mar e nos morros isolados, transportados ao longo das unidades transmissoras do setor serrano. Possuem energia potencial variando entre média a medianamente forte. É uma unidade susceptível a denudação, visto as características dos sedimentos componentes, e pela drenagem oriunda das escarpas e morros que incidem sobre esta. Nos locais onde predomina a vegetação de planície costeira (SOUZA *et.al.*, 2007), os sedimentos e os cursos fluviais encontram-se estabilizados. Mas foram identificadas atividades agrícolas (bananicultura) incompatíveis com as características físicas dessa área, em alguns setores do vale do rio Branco, que dinamizam os processos erosivos nesses locais. Assim, tem-se:

- Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica: classificada como incompatível, nas áreas com atividades agrícolas; e como compatível e adequada nas áreas com ausência de uso.

- Estado geocológico: otimizado, para as áreas preservadas; e alterado, nas áreas ocupadas pelas atividades agrícolas.

- Unidades transmissoras – sistema planície costeira: A planície costeira está situada em nível altimétrico inferior ao setor serrano, entre 0 a 13 metros acima do nível do mar. De modo geral, apresenta rupturas topográficas distribuídas por toda a sua extensão. É formada, sobretudo por sedimentos fluviais e marinhos, estes últimos acumulados nos períodos de transgressão marinha que ocorreram durante o Quaternário; a classe de solo corresponde aos Espodosolos Ferrocárbicos. Apresenta características internas próprias que condicionam a sua dinâmica. Apesar de ser aparentemente uma área coletora de energia e matéria, diferenciações no relevo identificadas, sobretudo no mapeamento geomorfológico, demonstraram que a planície abarca além das áreas coletoras, também áreas transmissoras. Essas áreas transmissoras correspondem aos terraços. Foram subdivididas em três subunidades: terraços marinhos – nível I, terraços marinhos – nível II e terraços marinhos urbanizados.

1. Subunidade terraços marinhos – nível I: correspondem a depósitos marinhos antigos, originados nos períodos transgressivos. A presença da cobertura vegetal,

correspondente a vegetação de planície costeira (Souza *et. al.*, 2007), promove a estabilização dos sedimentos. Desse modo, o traslado de matéria e energia sobre os terraços marinhos ocorre de forma lenta e gradual, diminuindo a probabilidade de processos denudativos de grandes dimensões. Possui atividades agrícolas esparsas, localizadas principalmente na margem esquerda dos rios Branco e Preto. A legislação permite esses usos, desde que regulamentados, mas em muitos casos essas atividades avançam sobre as Áreas de Preservação Permanente – APP's, referentes à margem fluvial. Isso interfere nas relações sistêmicas da paisagem, pois pode acarretar em processos erosivos nas margens, e conseqüentemente aumentar a quantidade de sedimentos nos rios, interferindo no balanço sedimentar das praias. Outro problema ambiental da área refere-se à possibilidade de que a expansão urbana avance sobre essa unidade. Assim tem-se:

- Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica: compatível e adequada nas áreas com predomínio de vegetação de planície costeira (SOUZA *et.al.*, 2007); e incompatível e inadequada nas áreas com atividades agrícolas sobre APP's.
- Estado geocológico: otimizado para os locais onde a vegetação natural encontra-se preservada; e alterado para as áreas agrícolas sobre APP's.

2. Subunidade terraços marinhos dissecados – nível II: localiza-se a S-SW do município. Caracteriza-se por ser composta por dunas e dunas terraplanadas. Essas feições geomorfológicas são consideradas pela legislação como Áreas de Preservação Permanente – APP's, visto que são áreas instáveis, pouco coesas, mas que estabilizam a linha de costa, protegem o lençol freático, e são habitats da fauna e flora. São áreas onde há o predomínio da vegetação natural, mas que sofrem com a ocupação antrópica, principalmente nas áreas limítrofes com a expansão urbana. Essa situação gera a seguinte classificação:

- Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica: compatível e adequada nas áreas com vegetação natural; e incompatível e inadequada no limite com a zona urbana e em áreas onde ocorreu a expansão urbana.
- Estado geocológico: otimizado para as áreas com vegetação natural e ausência de ocupação antrópica; e alterado nos limites com a área urbana.

3. Subunidade terraços marinhos urbanizados: estabelecida a partir do caráter transformador promovido pela urbanização na paisagem natural, esta unidade encontra-se sobre terrenos com baixa declividade (entre 2 a 5%). Caracteriza-se geomorfológicamente por estar sobre dois níveis de terraços marinhos - ATM I e ATM II (nível mais elevado), diferenciados pela variação altimétrica, e por incorporar também dunas e cordões litorâneos, encobertos pela urbanização. Esta unidade apresenta

as mesmas fragilidades ambientais que as demais unidades de terraço, mas seu agravante é a presença da urbanização. A área urbana alterou as características naturais, interferindo na dinâmica ambiental original, impondo, desse modo, outra organização ao meio. As edificações e arruamentos provocaram a impermeabilização do solo, fato agravante para uma área que apresenta declives quase nulos, próximo do nível de base. Como a pluviosidade é bem distribuída durante todo o ano, o lençol freático sempre está abastecido e próximo da superfície. Em episódios de grandes chuvas, os alagamentos são constantes, visto que, com a impermeabilização do solo, as águas não se infiltram, acumulando-se e atingindo a cidade ou dirigindo-se concentrada pelos canais em direção as unidades coletoras. A cobertura vegetal foi retirada, restando alguns resquícios entremeados na área urbana. Diante dessas características, tem-se:

- Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica: incompatível e inadequada.
  - Estado geocológico: esgotado, visto que a urbanização alterou de maneira irreversível as características ambientais originais.
- Unidades coletoras – sistema planície costeira: a área coletora corresponde a setores cuja função é receber e reunir os fluxos de matéria e energia. Esta área foi dividida em três subunidades: subunidade de depósitos de encosta, subunidade de planície fluvial, subunidade de planície flúvio-marinha e subunidade de planície marinha, a seguir apresentadas:
1. Subunidade de planície fluvial: corresponde as planícies e terraços fluviais. A energia potencial varia de acordo com a força do trabalho exercido pelo sistema fluvial. É importante ressaltar o papel dos cursos fluviais no processo de transporte de matéria e energia. Se no caso das escarpas e morros a declividade e a força da gravidade eram as principais responsáveis pelo traslado de matéria e energia, na planície os cursos fluviais são os principais responsáveis. É na planície que os cursos fluviais provindos das escarpas e morros, confluem formando os grandes rios do município, determinando a intensa dinâmica fluvial na área, permitindo a conexão entre as partes superiores e inferiores das bacias hidrográficas. Nas confluências de drenagem o potencial erosivo é elevado. Os sedimentos dessa unidade correspondem a areias, cascalhos e sedimentos finos. Nas áreas de terraço fluvial, foram identificados meandros abandonados, fato que corrobora com a ideia de intensa dinâmica erosiva. Nas áreas de planície são inerentes a inundações periódicas e a erosão marginal. Visto a importância dos cursos fluviais, a faixa marginal ao longo destes, é protegida por lei, sendo a mesma uma Área de Preservação Permanente – APP. Os problemas que atingem essa unidade são a ocupação das áreas de planície e de terraço pelas atividades agrícolas e pela expansão urbana. Nas demais áreas, a vegetação de planície costeira (Souza *et. al.*, 2007)

atua na manutenção dos processos ambientais. Dessa forma, essa unidade caracteriza-se por:

- Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica: compatível e adequada nas áreas cobertas pela vegetação natural; e incompatível e inadequada nas áreas de acumulação fluvial com a presença de atividades agrícolas e da urbanização.
  - Estado geocológico da unidade de acumulação fluvial: otimizado para as áreas sem ocupação antrópica; e alterado nas áreas com uso agrícola e urbano.
2. Subunidade de planície flúvio-marinha: localizada em área de baixa declividade (2 a 5%) e próxima à linha de costa, a dinâmica dessa unidade está vinculada ao sistema fluvial e as oscilações marinhas, tornando essa área sujeita as inundações periódicas, controladas pelo regime das marés. Os sedimentos são finos relacionados a areias finas e argilas e o solo característico desse sistema é o Gleissolo Sáfico, um solo hidromórfico, rico em matéria orgânica. Nesta unidade desenvolve-se um importante ecossistema costeiro, o manguezal. Os manguezais atuam ainda na estabilização da linha de costa, devido ao controle da erosão desempenhado pelas raízes do mangue; retenção de sedimentos terrestres e também são considerados como filtro biológico evitando o assoreamento e a contaminação das águas costeiras. Devido a sua importância para a manutenção do sistema costeiro é legalmente definida como uma Área de Preservação Permanente – APP. Mas embora seja um importante elemento para a dinâmica ambiental, esse ecossistema encontra-se pressionado pela expansão urbana e pela rodovia. Nas proximidades do rio Itanhaém, parte da cidade encontra-se sobre áreas de mangue. Suas condições originais são mantidas apenas nas áreas mais afastadas da área urbana. Assim, tem-se:
    - Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica: classificada como compatível e adequada nas áreas afastadas da área urbana; e incompatível e inadequada nos limites com a área urbana e com a rodovia.
    - Estado geocológico correspondente: classificado como otimizado nas áreas sem contato com a urbanização e alterado, nos limites com a área urbana e com a rodovia.
  3. Subunidade praia: formada por areias marinhas litorâneas, apresenta pouca coesão dos sedimentos, que são constantemente remobilizados pela ação dos ventos e pelas ondas. É explorada intensamente por ser uma área de lazer sazonal e recebe a energia e matéria do sistema ambiental no qual se insere. A energia e matéria acumuladas nessa unidade são transferidas para o oceano, e nesse ciclo contínuo, a dinâmica da paisagem de Itanhaém (SP) se estabelece.
    - Relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica foi avaliada como incompatível, devido o uso intensivo pelas atividades turísticas.

- Estado geocológico: considerado alterado, para as áreas onde a urbanização está afastada e/ou separada da unidade pela vegetação; e esgotado em locais onde a proximidade da urbanização interfere diretamente na dinâmica ambiental.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aproximadamente 80% da área do município de Itanhaém (SP) estão sobre o predomínio das zonas de proteção e de conservação, visto que são áreas resguardadas pela legislação ambiental. Dessa maneira, considera-se que a existência da legislação ambiental propicia a preservação de áreas ambientais de suma importância para a dinâmica ambiental. Mas ressalta-se que as alterações antrópicas são o principal elemento de intervenção na dinâmica da paisagem, visto a capacidade do Uso da terra modificar profundamente as características naturais do meio. A urbanização é uma atividade antrópica irreversível, que descaracteriza o ambiente natural, sendo impossível restaurar as condições iniciais, e, desse modo, desencadeando alterações no sistema ambiental. A incompatibilidade entre o Uso da terra e as características do meio resulta, em muitos casos, do desconhecimento e desconsideração da dinâmica inerente a estas áreas.

A elaboração da carta de unidades geoambientais permitiu averiguar a relação entre a capacidade de uso, ou

seja, as características físicas de cada unidade geoambiental, e a função socioeconômica, referente ao Uso da terra no município. Com base na análise da referida carta, constatou-se as áreas onde há o conflito entre as funções geoambientais e as intervenções antrópicas. Muitas situações incompatíveis foram verificadas, confirmando que a ação antrópica no meio não é limitada pelos atributos físicos, visto a imposição das atividades sobre áreas dinamicamente frágeis.

A capacidade de suporte da paisagem foi alterada de maneira irreversível, notadamente pela urbanização. Esse processo descaracterizou as áreas naturais e impôs outro sistema dinâmico para essa área.

O padrão de retirada da vegetação natural, a substituição de paralelepípedos por asfalto, a retificação e canalização da drenagem, o avanço da área urbana sobre as praias e sobre a floresta de restinga e expansão das áreas periféricas, entre outras características, são padrões de intervenções de natureza humana amplamente verificadas em Itanhaém (SP).

A partir da análise dos dados, extraídos da carta de unidades geoambientais, a relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica na área urbana município de Itanhaém (SP) foi considerada como incompatível com os atributos físicos da área, e inadequada, por infringir a legislação ambiental. O estado geocológico foi classificado como esgotado, visto que a urbanização alterou de maneira irreversível as características ambientais originais, modificando a dinâmica original.

**Tabela 1.** Quadro síntese das unidades geoambientais do município de Itanhaém.

*Table 1. Summary table of geoenvironmental units of the Itanhaém county.*

	FUNÇÃO GEOECOLÓGICA	SUBUNIDADES GEOAMBIENTAIS	CAPACIDADE DE USO X FUNÇÃO SOCIOECONÔMICA	ESTADO GEOECOLÓGICO
S I S T E M A	Unidades Emissoras	Planaltos – margem esquerda do rio Mambu	<b>Adequado:</b> Nas áreas que apresentam cobertura vegetal preservada. Deve-se atentar para possíveis alterações e expansão urbana futuras. <b>Compatível e inadequada:</b> Ao norte das subunidades onde há uso agrícola disperso.	<b>Estado Compensado:</b> APA Capivari - Monos.
		Planaltos - margem direita do rio Mambu		
		Planaltos - afluentes dos rios Preto e Branco	<b>Compatível e Adequada:</b> De modo geral a Unidade apresenta-se preservadas devido a dificuldade de acesso e, principalmente, pelas medidas legais de conservação e preservação.	<b>Estado Otimizado:</b> na Serra do Mar e na maior parte dos Morros Isolados devido às medidas legais de proteção e conservação. <b>Estado Alterado:</b> nos Morros Isolados integrantes da área urbana.
S E R R A N O	Unidades Transmissoras	Escarpas da Serra do Mar		<b>Estado Otimizado:</b> na Serra do Mar e na maior parte dos Morros devido às medidas legais de proteção e conservação. <b>Estado Alterado:</b> nos Morros Isolados integrantes da área urbana.
		Morros isolados	<b>Incompatível e Inadequada:</b> Nos morros dentro da área urbana: morro do Itaguaçu, morro da Taquanduva, morro do Paranambuco e morro das Belas Artes. <b>Compatível e Adequada:</b> nos demais morros do município.	
	Unidade coletora	Depósitos de encosta	<b>Compatível e Adequada:</b> nas áreas sem ocupação e uso da terra. <b>Incompatível:</b> em áreas com atividades agrícolas.	<b>Estado Otimizado:</b> nas áreas sem ocupação antrópica. <b>Estado Alterado:</b> nas áreas com atividades agrícolas.

	FUNÇÃO GEOECOLÓGICA	SUBUNIDADES GEOAMBIENTAIS	CAPACIDADE DE USO X FUNÇÃO SOCIOECONÔMICA	ESTADO GEOECOLÓGICO
S I S T E M A	Unidades Transmissoras	Terraços marinhos - nível I	<b>Compatível e Adequada:</b> Unidade com predominante cobertura vegetal (vegetação de planície costeira) apresentando-se preservada. Ressalta-se que a partesul da Unidade até o limite com os rios Preto e Aguapeú é considerada como área de expansão urbana. Caso a urbanização se consolide, a classificação da relação entre a capacidade de uso e a função socioeconômica é afetada. <b>Incompatível e Inadequada:</b> nas áreas com atividades agrícolas sobre APP's.	<b>Estado Otimizado:</b> nos locais onde a vegetação natural encontra-se preservada. <b>Estado Alterado:</b> nas áreas agrícolas sobre APP's.
		Terraços marinhos - nível II	<b>Compatível e Adequada:</b> Nas áreas com vegetação natural e ausência de ocupação antrópica. <b>Incompatível e Inadequada:</b> no limite com a zona urbana e em áreas onde ocorreu a expansão urbana.	<b>Estado Otimizado:</b> nas áreas com vegetação natural e ausência de ocupação antrópica. <b>Estado Alterado:</b> nos limites com a área urbana.
		Terraços marinhos urbanizados	<b>Incompatível e inadequada:</b> nas áreas impermeabilizadas e em leitos e cursos fluviais. Além disso, a urbanização avança sobre a APP do Rio Itanhaém.	<b>Estado Esgotado:</b> a urbanização alterou as características ambientais originais.
P L A N Í C I E	Unidades coletoras	Planície fluvial	<b>Compatível e Adequada:</b> nas áreas sem ocupação e uso da terra. <b>Incompatível e Inadequada:</b> principalmente na APP do Rio Branco.	<b>Estado Otimizado:</b> nas áreas sem ocupação antrópica. <b>Estado Alterado:</b> nas áreas de APP do Rio Branco.
		Planície flúvio-marinha	<b>Compatível e Adequada:</b> nas áreas sem a urbanização circundante. <b>Incompatível e Inadequada:</b> nos limites com a área urbana e com a rodovia.	<b>Estado Otimizado:</b> nas áreas sem contato direto com a urbanização. <b>Estado Alterado:</b> nos limites com a área urbana e com a rodovia.
		Praia	<b>Incompatível:</b> sazonalmente devido o uso intensivo.	<b>Estado Alterado:</b> devido o uso intensivo em períodos sazonais. São áreas onde a urbanização encontra-se mais afastada e/ou separada da Unidade pela vegetação, assim permitindo a manutenção parcial da morfologia e vegetação natural. <b>Estado Esgotado:</b> em locais onde a proximidade da urbanização interfere diretamente na dinâmica ambiental. Nessas áreas, o contato do urbano com a Unidade é direto.

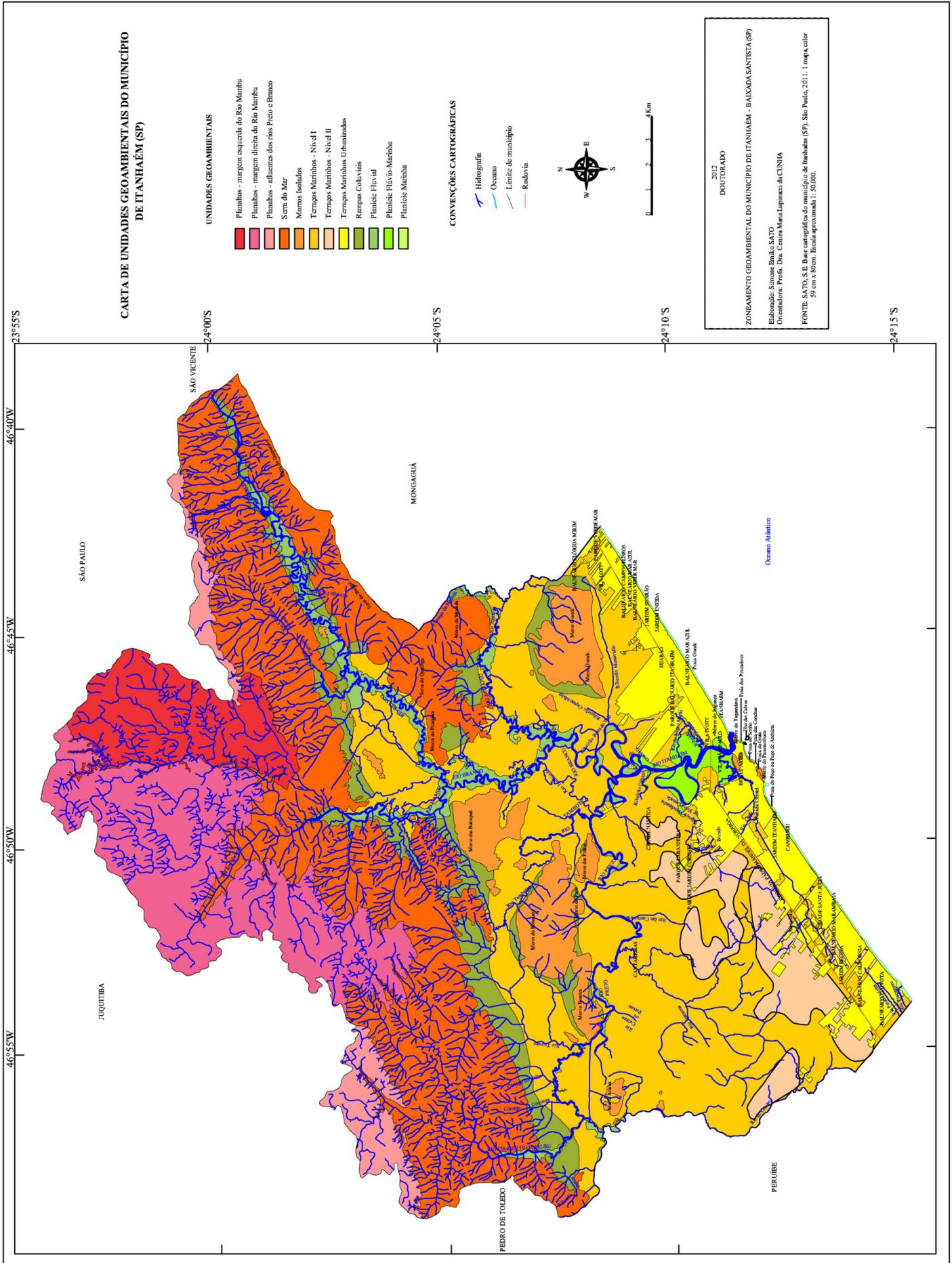
Desse modo, constata-se que a ação humana nem sempre é limitada pelos atributos naturais. A legislação que é responsável pelo disciplinamento do Uso da terra, deveria considerar a dinâmica dos elementos físicos como limitadores a ação antrópica, visto que as leis têm um importante papel como disciplinadora da intervenção antrópica.

Neste contexto, os estudos sobre o meio físico são de suma importância, visto que são o alicerce para a elaboração, execução e cumprimento da legislação ambiental. A carta de unidades geoambientais demonstrou ser um instrumento de planejamento eficaz, pois torna possível o cruzamento de informações do ambiente físico com dados socioeconômicos de modo integrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A.N. (1955) - Contribuição à Geomorfologia do litoral paulista. *Revista Brasileira de Geografia* (ISSN: 0034-723X), 17(1):03-48. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201955%20v17\\_n1.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201955%20v17_n1.pdf).
- Ab'Saber, A.N. (1965) - A evolução geomorfológica. In: A. AZEVEDO (org.), *A Baixada Santista: Aspectos Geográficos. Vol.1. As bases físicas.* p.49-66, EDUSP, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9000000665002.
- Almeida, F.F. M. de. (1953) - Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Cubatão. *Boletim Paulista de Geografia* (ISSN: 0006-60791), (15):03-17, Associação dos Geógrafos Brasileiros, São Paulo, SP, Brasil.
- Almeida, F.F.M.; Carneiro, C.D.R. (1998) - Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências* (ISSN: 0375-7536), 28(2):135-150, Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: <http://rbg.sbgeo.org.br/index.php/rbg/article/view/617/310>
- CPRM. (2006) - *Mapa Geológico do Estado de São Paulo.* CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), Ministério de Minas e Energia, São Paulo, SP, Brasil.
- De Martonne, E. de. (1943) - Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. *Revista Brasileira de Geografia* (ISSN: 0034-723X), 5(4):523-550, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201943%20v5\\_n4.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201943%20v5_n4.pdf)
- Freitas, R.O. de. (1951) - Relevos policíclicos na tectônica do Escudo Brasileiro. *Boletim Paulista de Geografia* (ISSN: 0006-60791), (7):03-19, Associação de Geógrafos Brasileiros, São Paulo, SP, Brasil.
- IAC (1999) - *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.* Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Campinas, SP, Brasil. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/mapa.pdf>
- IBGE (2011) - *Sinopse do Censo Demográfico 2010.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN - 978-8524041877. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>
- Mateo-Rodriguez, J.M.; Silva, E.V. da; Cavalcanti, A.P.B. (2004) - *Geoecologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental.* 222p., Editora UFC, Fortaleza, Brasil. ISBN: 9788572821481.
- Sato, S.E. (2008) - *Zoneamento Geoambiental do município de Mongaguá – Baixada Santista (SP).* 167p., Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP, Rio Claro, SP, Brasil. Disponível em: [http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2008/sato\\_se\\_me\\_rcla.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2008/sato_se_me_rcla.pdf).
- Sato, S.E. (2012) - *Zoneamento Geoambiental do município de Itanhaém – Baixada Santista (SP).* 109p., Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP, Rio Claro, SP, Brasil. Disponível em: [http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2012/sato\\_se\\_dr\\_rcla.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2012/sato_se_dr_rcla.pdf).
- Souza, C.R. de G.; Hiruma, S.T.; Sallun, A.E.M.; Ribeiro, R.R.; Sobrinho, J.M.A. (2008) - *“Restinga”: Conceitos e Empregos do Termo no Brasil e Implicações na Legislação Ambiental.* 104p., Instituto Geológico, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 978-8587235046. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/restinga.zip>
- Suguió, K. (2001) - *Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais. Passado + Presente = Futuro?* 366p., Editora Paulo's, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9788579750007.
- Suguió, K.; Martin, L. (1978) - *Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense.* 55p., International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, Brazilian National Working Group for the IGCP Project 61, São Paulo, SP, Brasil.
- Suguió, K.; Martin, L.; Bittencourt, C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J.M. ; Azevedo, A.E.G. de. (1985) - Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências* (ISSN: 0375-7536), 15(4):273-286, Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, SP, Brasil.
- Troppmaier, H. (2000) - Geossistemas: enfoque de integração. *Revista de estudos ambientais* (ISSN: 1983-1501), 2(2-3):34-40, Blumenau, SC, Brasil.

Anexo 1



# O licenciamento ambiental nas operações portuárias: estudo de caso aplicado aos operadores do terminal Porto Novo no porto organizado do Rio Grande, RS, Brasil \*

## *Environmental licensing in port operations: a case study applied to operators of Porto Novo terminal in organized port of Rio Grande, RS, Brazil*

Thaís Antolini Veçozi <sup>@, 1</sup>, Alexandre Caldeirão Carvalho <sup>1</sup>

### RESUMO

O desempenho ambiental, que pode mostrar-se de grande relevância na competitividade das empresas é resultado, dentre outros fatores, de exigências legais como o licenciamento ambiental. Como um instrumento de gestão, o licenciamento é exigido legalmente para empreendimentos utilizadores de recursos naturais considerados potencial ou efetivamente poluidores e, em razão disso, é nítida a necessidade de licença ambiental para operadores portuários. Contudo, no Terminal Porto Novo do Porto Organizado do Rio Grande esta questão ainda é controversa e não esclarecida legalmente. As discussões sobre o licenciamento ambiental presentes neste estudo refletem, em parte, o estado da arte da gestão ambiental portuária e demonstram o assunto com diferentes pontos de vista que constitui o licenciamento ambiental neste terminal portuário. Sendo assim, expõe a discussão sobre os vários fatores contribuintes para que esta realidade permaneça estática, entre eles o fato dos operadores concluírem que suas atividades estão cobertas pela Licença de Operação do Porto Organizado, as divergências existentes com relação à competência dos órgãos ambientais e a deficiência na fiscalização por parte da Autoridade Portuária. A metodologia utilizada foi a de estudo de caso, aplicada ao Terminal Porto Novo do Porto Organizado do Rio Grande. Para tal, primeiramente foram esclarecidos alguns conceitos a respeito de gestão ambiental, das atividades realizadas por operadores portuários, como se organiza e a quem compete a administração portuária e o licenciamento ambiental. Após isso, foram aplicados questionários aos operadores portuários do Terminal Porto Novo e foi realizada uma entrevista com a diretora da Divisão de Meio Ambiente, Saúde e Segurança da Superintendência do Porto Organizado do Rio Grande. Com isso, concluiu-se que é nítida a necessidade de licença ambiental para operadores portuários, sendo o mais apropriado delegar esta responsabilidade ao órgão ambiental estadual, devido aos impactos ambientais das organizações e empresas instaladas neste Terminal poderem ultrapassar os limites territoriais de mais de um município, ou seja, o do Rio Grande e de São José do Norte. Mesmo havendo contestações, uma indicação ao atendimento desta problemática é o licenciamento único do Porto Organizado e a configuração da Autoridade Portuária como órgão licenciador das atividades exercidas dentro de sua área. Ademais, outra proposta pautável seria a do autolicensing, ideia bastante discutida e apoiada nas esferas federais. Distante do que é entendido pelos operadores portuários, suas atividades não estão cobertas pela Licença de Operação do Porto Organizado, pois as condicionantes desta LO não fazem menção alguma às atividades destes atores. Uma das considerações mais importantes sobre a questão tratada é o fato do conhecimento dos órgãos ambientais ainda não estar claro sobre o limite que separa as responsabilidades entre as Autoridades Portuárias e os operadores portuários.

**Palavras-chave:** Licença Ambiental, Atividades Portuárias, Competência institucional.

@ - Corresponding author

1 - Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Oceanografia (IO), Laboratório de Gerenciamento Costeiro, Rio Grande, RS, Brasil. E-mails: Veçozi -thaís\_antolini@hotmail.com; Carvalho - acaldeirao@gmail.com

**ABSTRACT**

*The environmental performance, which may prove very important in the competitiveness of enterprises is the result, among other factors, of the legal requirements and environmental licensing. As a management tool, the license is legally required for users of natural resources endeavors considered or potentially polluting and, for this reason, it is clear a need for an environmental permit for port operators. However, even being a legal obligation, in the case of Porto Novo Terminal of Organized Port of Rio Grande, the process of environmental licensing of its port operators is still unclear. The set of discussions presented in this study demonstrates the factors that contribute to the current reality of Terminal Porto Novo regarding the environmental licensing of its operators, reflecting in part the state of the art port environmental management and highlighting the issue with different points of view as that constitutes. Thus, exposes the discussion about the various contributors of this reality, including the fact that the operators conclude that their activities are covered by the operating license of the Organized Port, the divergences in relation to the competencies of the bodies environmental and deficiency in the oversight by the Port Authority. The methodology used was the case study, applied to Terminal Porto Novo Organized Port of Rio Grande. For such, primarily some concepts were clarified regarding environmental management of activities undertaken by port operators, how is organized and who is responsible for port management and environmental licensing. After this, questionnaires were administered to port operators Terminal Porto Novo and an interview was conducted with the director of the Division of Environmental Health and Safety of the Organized Port of Rio Grande Organized. Through the systematization of information collected, port operators, their activities and the environmental management of the Terminal were characterized. Thus, it was concluded that there is clear need for environmental permit for port operators. Due to the high degree of polluting activities and natural features of the hydrodynamics of the Patos Lagoon estuary, the environmental impacts generated by port operators Terminal Porto Novo can reach two cities, Rio Grande and São José do Norte. Thus, according to Brazilian law, the competence of the environmental licensing of these developments should not be delegated to the municipal environmental agency. Moreover, the municipal government needs major mobilization in relation to the training of professionals responsible for the process of issuing environmental permits and inspection of licensed activities. In addition, jurisdiction over the licensing of operations developed in the federal area with high pollution potential should be minimally assigned to the state environmental agency. The activities of the port operators, far from what is understood by these actors are not covered by the Operating License Organized Port. In its period of validity, which is eight years, companies that operate in Terminal can be changed because their contracts are independent of this environmental permit. Furthermore, the constraints of this LO make no mention to the activities of the operators of any port terminals. According to the Brazilian environmental legislation, environmental licensing of activities exercised in the Organized Port of Rio Grande should be left to the federal environmental agency, because of its domain area is the Union However, IBAMA delegates the licensing of port operations private terminals to the state agency. Based on this premise, the licensing of operators installed within Terminal Porto Novo should keep this line, the most appropriate to delegate this responsibility to the state environmental agency. The issue is that knowledge of environmental agencies, whether federal, state or municipal are unclear about the boundary separating the responsibilities between the port authorities and port operators. This situation prevents the full attendance of the issues assigned to them by the environmental conditions on the basis of the licenses. An indication paring address this problem is unique licensing Organized Port and configuration of the Port Authority as the licensing authority of the activities performed within their area. However, delegate this task to the Port of Rio Grande could be considered a mistake, due to the fact of SUPRG owning interest in moving goods made by operators. Another proposal would be "self-licensing", idea widely discussed and supported by the federal, mainly in the Special Secretariat of Ports, regarding the environmental licensing in Brazil port.*

**Keywords:** Environmental Permit, Port Activities, Institutional Competence.

**1. INTRODUÇÃO**

Os avanços no atendimento às novas exigências ambientais no âmbito das atividades portuárias são resultado, dentre outros fatores, das exigências apresentadas na legislação vigente. Mas este progresso, para ser percebido e efetivamente consolidado nos portos depende da participação e adequação dos operadores portuários que desenvolvem suas atividades no interior das instalações portuárias. Neste contexto o licenciamento ambiental é o principal instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA, estabelecida pela Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.

No processo de licenciamento ambiental o órgão ambiental competente autoriza empreendedores a desenvolver atividades consideradas potencial ou efetivamente poluidoras, garantindo que estas estejam em consonância com a legislação ambiental, sem prejuízo à qualidade de vida das populações humanas e dos recursos naturais.

Contudo, mesmo sendo uma obrigação legal, os processos de licenciamento ambiental dos operadores portuários que desenvolvem suas atividades no interior das dependências

administradas diretamente pela Autoridade Portuária – Superintendência do Porto do Rio Grande (SUPRG) ainda não está esclarecido. Vários operadores ainda não possuem Licença de Operação e aqueles que a possuem a tramitaram junto ao órgão ambiental municipal, o que gera conflitos no âmbito das competências, uma vez que o Porto Organizado como um todo possui Licença de Operação expedida pelo órgão nacional (IBAMA) e os terminais privativos possuem licenças expedidas pelo órgão estadual (FEPAM).

A priori algumas causas dessa confusa realidade são a alegação de que as atividades dos operadores portuários estariam cobertas pela LO do Porto Organizado, pois estes desenvolvem suas atividades no interior de um terminal licenciado, as divergências existentes com relação à competência dos órgãos ambientais (federal, estadual e municipal) e a deficiência na fiscalização exercida pela Autoridade Portuária. Sendo assim, o presente trabalho se propõe discutir o licenciamento ambiental dos operadores portuários instalados no Terminal Porto Novo do Porto Organizado do Rio Grande.

O presente trabalho foi dividido em seções, a primeira constitui-se de uma apresentação geral do estudo, a Seção 2 demonstra como se desenvolveu a análise, na terceira realiza-se uma revisão bibliográfica sobre o setor portuário, licenciamento ambiental e competência dos órgãos ambientais, na Seção 4 o Porto do Rio Grande é caracterizado e é apresentado o estado da arte de sua gestão ambiental, na Seção 5 são exibidos os aspectos da pesquisa de campo, os operadores portuários são caracterizados e a abrangência de seus impactos ambientais potenciais é descrita e na Seção 6 é feita a discussão final sobre a competência do licenciamento dos operadores portuários para o adequado atendimento da problemática de pesquisa.

## 2. METODOLOGIA

Considerando as atividades desenvolvidas e os assuntos discutidos, este trabalho consiste em um estudo de caso. Segundo Bruyne, Herman e Schoutheete (1977), “o estudo de caso justifica sua importância por reunir informações numerosas e detalhadas com vista em apreender a totalidade de uma situação. A riqueza das informações detalhadas auxilia num maior conhecimento e numa possível resolução de problemas relacionados ao assunto estudado”. Logo, adequa-se ao esclarecimento da discussão proposta.

Como uma abordagem inicial para compreensão de algumas questões, a revisão bibliográfica abordou temas como gestão ambiental e conceitos enunciados pela Lei Federal nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. Além disso, foram feitos esclarecimentos a respeito da competência das Autoridades Portuárias e dos órgãos ambientais. A legislação que dispõe sobre o licenciamento ambiental e estabelece suas diretrizes e obrigações, no âmbito federal, estadual e municipal mostrou-se imprescindível para a realização da análise.

Com a definição da área de estudo limitada ao Terminal Porto Novo do Porto do Rio Grande, seus operadores portuários foram identificados através de saídas de campo auxiliadas pela Divisão de Meio Ambiente, Saúde e Segurança – DMASS, da Superintendência do Porto do Rio Grande – SUPRG. Na caracterização desses operadores e de suas atividades, aplicou-se um questionário (Tabela 5) a cada uma das empresas. Os dados coletados foram sistematizados e estão apresentados na Seção 5 deste trabalho.

Estando o licenciamento ambiental dos operadores portuários disposto em um âmbito de maior escala, que é a gestão ambiental do Porto Organizado do Rio Grande, esta foi caracterizada com auxílio de uma entrevista com a diretora da DMASS, por meio da qual foram coletados os dados utilizados na Seção 4.

## 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Localizados próximos a rios, lagos ou oceanos, os portos são instalações adequadas à movimentação e armazenamento das mais diversas mercadorias por meio do modal aquaviário. E representam um papel essencial para a economia do país, uma vez que por eles passam 95% do comércio exterior brasileiro, de acordo com dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ<sup>1</sup>.

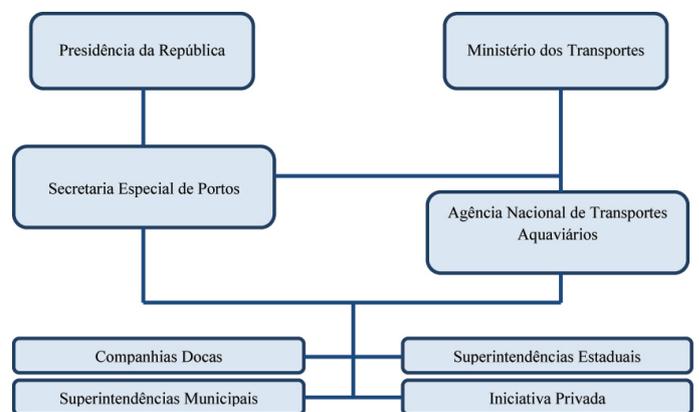
Alguns portos, como o do Rio Grande, são divididos em Terminais de Uso Privativo – TUP’s e terminais de uso público arrendados à empresas privadas. As organizações e empresas que desenvolvem atividades nestas áreas são denominadas “Operadores Portuários” e realizam atividades semelhantes à dos portos, pois movimentam mercadorias próprias ou de terceiros. As taxas desses arrendamentos são cobradas pela Autoridade Portuária de acordo com o volume de carga movimentada.

A regulação do setor portuário brasileiro é feita por dois órgãos federais, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ, criada em 2001, e a Secretaria Especial de Portos da Presidência da República. A primeira vinculada ao Ministério dos Transportes exerce uma função reguladora e a segunda, ligada diretamente à Presidência da República e com status de ministério se preocupa da política portuária brasileira, atuando como um órgão de fomento.

A administração direta dos portos é responsabilidade das Autoridades Portuárias, dispostas ao longo do território brasileiro e divididas entre Companhias Docas, Superintendências Estaduais e Municipais e entidades de administração privada (Porto de Imbituba – SC). A organização das entidades e autoridades portuárias encontra-se disposta no Figura 1, a seguir. Dentre outras competências, é encargo das Autoridades Portuárias “fiscalizar as operações portuárias, zelando para que os serviços se realizem com regularidade, eficiência, segurança e respeito ao meio ambiente”, conforme a Lei Federal nº 8.630/93.

O conjunto seguinte de conceitos foi retirado da Lei de Modernização dos Portos (nº 8.630/93) e pela tamanha relevância de sua compreensão, apresenta-se destacado na Tabela 1, a seguir.

A gestão ambiental engloba muitos dos assuntos abordados neste texto. Em seu âmbito, o licenciamento ambiental é tratado como um instrumento de gestão. Portanto, gestão ambiental é aqui entendida como “a diretriz e a atividade administrativa e operacional, tal como planejamento, direção, controle, alocação de recursos e outras realizadas com o objetivo de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, quer reduzindo ou eliminando os danos ou problemas causados pelas ações humanas, quer evitando que eles surjam” (Barbieri, 2004).



**Figura 1.** Hierarquização das Entidades e Autoridades Portuárias.  
*Figure 1.* Terminal Porto Novo Organized Port of Rio Grande.

1 - [www.antaq.gov.br/Portal/GestaoPortuaria/Index.asp](http://www.antaq.gov.br/Portal/GestaoPortuaria/Index.asp)

**Tabela 1.** Conceitos publicados pela Lei de Modernização dos Portos (Lei 8.630 de 25 de fevereiro de 1993).  
**Table 1.** Concepts published by the Port Modernization Law (Lei 8.630 de 25 de fevereiro de 1993).

<b>Porto Organizado:</b>	Aquele construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação, da movimentação de passageiros ou da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a jurisdição de uma autoridade portuária;
<b>Operação Portuária:</b>	A de movimentação de passageiros ou a de movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinados ou provenientes de transporte aquaviário, realizada no porto organizado por operadores portuários;
<b>Operador portuário:</b>	A pessoa jurídica pré-qualificada para a execução de operação portuária na área do porto organizado.

Por ser um conjunto de grande extensão, envolvendo instrumentos legais e voluntários, de maneira interdisciplinar, na gestão ambiental não há a demarcação de uma fronteira para sua atuação. O licenciamento ambiental, por tratar-se de um procedimento de controle da degradação ambiental, integra este conjunto dinâmico e de grande relevância socioambiental.

A legislação que dispõe sobre o licenciamento ambiental e estabelece suas diretrizes, obrigações e competências também merece destaque. O licenciamento ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, instituído em 1981 pela Lei Federal nº 6.938 e “é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental”, de acordo com a Resolução CONAMA 237/93. Conforme esta Resolução, as licenças expedidas pelos órgãos ambientais competentes são as seguintes:

- I – Licença Prévia (LP) - na fase preliminar, de planejamento do empreendimento ou atividade;
- II- Licença de Instalação (LI) - autorizando o início da implantação do empreendimento ou atividade, de acordo com as condições e restrições da LP;
- III – Licença de Operação (LO) - autorizando, após as verificações necessárias, o início do empreendimento ou atividade.

Assim, a Resolução 237/93 estabelece, em seu Artigo 4º, que compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, e, em seu Artigo 5º, a competência dos órgãos estaduais, que envolve as atividades localizadas ou desenvolvidas em mais de um Município ou em unidades de conservação de domínio estadual ou do Distrito Federal; as localizadas ou desenvolvidas nas florestas e demais formas de vegetação natural de preservação; as cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios, e as delegadas pela União aos Estados ou ao Distrito Federal, por instrumento legal ou convênio (Tabela 2).

Quanto à competência dos órgãos ambientais municipais, cabe a eles o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades consideradas como de impacto local, bem como aqueles que lhe forem delegados pelo Estado por instrumento legal ou convênio. A lista com a tipologia dos empreendimentos e atividades consideradas de impacto local no Município do Rio Grande, e que devem ser licenciadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA encontra-se no anexo único da Resolução CONDEMA 001/11. A SMMA também é responsável pela fiscalização das atividades por ela licenciadas, segundo a Lei Municipal 6.365/07, que dispõe sobre o licenciamento ambiental neste Município.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DO PORTO ORGANIZADO DE RIO GRANDE

O Porto do Rio Grande localiza-se geograficamente no Estuário da Lagoa dos Patos em área pertencente à União. As Zonas Portuárias estão divididas em Terminal Porto Velho, Terminal Porto Novo, Superporto e São José do Norte, algumas das quais fazem limite com as áreas urbanas dos municípios do Rio Grande e São José do Norte. Estas áreas são administradas pelo Estado do Rio Grande do Sul através da Superintendência do Porto do Rio Grande – SUPRG. De acordo com Demore (2001), toda a área entorno de onde se desenvolvem as operações do Terminal de Rio Grande, encontra-se situada no interior do estuário e na plataforma continental adjacente, em um ambiente de características múltiplas e facilmente impactável.

A consideração dos aspectos referentes à hidrodinâmica do Estuário da Lagoa dos Patos é de singular importância para a compreensão da magnitude dos impactos ambientais deste Porto. Como afirma Möller et al. (1991), por esta laguna estar situada numa planície, ela recebe a ação direta dos ventos, que são particularmente fortes durante outono e inverno. De acordo com a ideia de Delaney (1965) e DHN (1974), é influenciada por um regime de ventos predominantemente NE-SW, os do quadrante NE (velocidade média 3,6-5,1 m s<sup>-1</sup>) ocorrem durante 22% do ano e os do quadrante SW (velocidade média 5,7-8,2 m s<sup>-1</sup>) durante 12%.

Eles ventos controlam decisivamente a circulação e os níveis de água, embora a descarga fluvial possa, também, gerar gradientes de pressão sazonais, com elevados níveis

**Tabela 2.** Competência do Licenciamento Ambiental em âmbito Federal, Estadual e Municipal (segundo a resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997).

**Table 2.** Competency of Environmental Licensing in the Federal, State and Municipal levels (accordingly to CONAMA Resolution No. 237, of December 19, 1997).

<b>Compete à União o Licenciamento Ambiental de empreendimentos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe, no mar territorial, na plataforma continental, na zona econômica exclusiva, em terras indígenas ou em unidades de conservação do domínio da União;</li> <li>• Localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais Estados;</li> <li>• Cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados;</li> <li>• Destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CENEN;</li> <li>• Bases ou empreendimentos militares, quando couber, observada a legislação específica.</li> </ul>
<b>Compete aos Estados o Licenciamento Ambiental de empreendimentos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Localizados ou desenvolvidos em mais de um Município ou em unidades de conservação de domínio estadual ou do Distrito Federal;</li> <li>• Localizados ou desenvolvidos nas florestas e demais formas de vegetação natural de preservação permanente relacionadas no Artigo 2º da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e em todas as que assim forem consideradas por normas federais, estaduais ou municipais;</li> <li>• Cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios;</li> <li>• Delegados pela União aos Estados ou ao Distrito Federal, por instrumento legal ou convênio.</li> </ul>
<b>Compete aos Municípios o Licenciamento Ambiental de empreendimentos:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consideradas como de impacto local, bem como aquelas que lhe forem delegadas pelo Estado por instrumento legal ou convênio.</li> </ul>

de água após o início de um período chuvoso (Seeliger et al. 1998). A descarga de água doce varia consideravelmente entre verão/outono e inverno/primavera (6 a 5.300 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> da bacia de Camaquã e 41 a 25.000 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> da bacia do Guaíba). Especialmente durante os anos sob influência do El Niño, a descarga continental excede bastante os valores médios (Herz, 1977). Seguindo DNPVN (1941), no canal de acesso, as velocidades de fluxo de saída de água podem alcançar 1,7-1,9 m s<sup>-1</sup> após prolongados períodos de chuvas fortes.

Em 2012, o Porto do Rio Grande movimentou 27.744.975 toneladas de carga. As principais mercadorias movimentadas são carga geral, granel sólido, granel líquido, roll-on/roll-off, fertilizantes e contêineres. As atividades comerciais exercidas na área do Porto Organizado abrangem venda e processamento de pescado, construção e reparo naval, indústrias, movimentação e armazenamento de cargas. Os operadores portuários instalados no Terminal Porto Novo estão apresentados na Tabela 3:

**Tabela 3.** Operadores Portuários do Terminal Porto Novo.

**Table 3.** Porto Novo terminal operators

Operadores Portuários do Terminal Porto Novo
Agência Marítima Orion Ltda.
Sagres Agenciamentos Marítimos Ltda.
Sampayo Nickhorn S/A
Cisa Trading GSA
Guanabara Veículos Ltda.
Companhia Estadual de Silos e Armazéns – CESA
Vanzin Serviços Aduaneiros
Serra Morena

A gestão ambiental do Terminal Porto Novo foi caracterizada por meio de uma entrevista semiestruturada (Tabela 4) com a diretora da Divisão de Meio Ambiente, Saúde e Segurança – DMass, onde foram coletados os dados utilizados para a presente análise. A DMass é a divisão responsável pela gestão ambiental em todo o Porto Organizado. Os instrumentos utilizados no auxílio da gestão ambiental por este setor são o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ), Plano de Emergência Individual (PEI), Monitoramento Ambiental, Plano de Auxílio Mútuo (PAM), Programa de Prevenção sobre Riscos Ambientais (PPRA), Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e Licença de Operação expedida pelo IBAMA. Como uma ferramenta institucional, a DMass ainda possui um Conselho de Gestão Ambiental, utilizado para escutar e transmitir informações e orientações aos operadores portuários de todo o Porto Organizado.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DOS OPERADORES PORTUÁRIOS E DAS ATIVIDADES QUE EXERCEM NO PORTO NOVO DO RIO GRANDE

Após uma coleta inicial de dados, buscou-se caracterizar os operadores e suas atividades. Com essa finalidade, aplicou-se um questionário a todos estes atores (Tabela 5). As questões

**Tabela 4.** Entrevista semiestruturada aplicada à diretora da DMass, do Porto de Rio Grande.

**Table 4.** Subjects pre-set semi-structured interviews applied to the director of DMass, the Port of Rio Grande.

Assuntos pré-estabelecidos da entrevista aplicada à DMass
Núcleo Ambiental
Plano de Desenvolvimento e Zoneamento
Agenda Ambiental Institucional
Plano de Emergência Individual – PEI
Monitoramento Ambiental
Serviço Especializado em Segurança e Saúde do Trabalhador Portuário – SESSTP
Gestão de Cargas Perigosas (IMO)
Plano de Controle de Emergência – PCE e Plano de Ajuda Mútua – PAM
Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA
Gerenciamento de Resíduos Sólidos
Auditoria
Licenciamento Ambiental
Passivos Ambientais
Dragagem

propostas abrangiam a identificação do empreendimento, dados operacionais, tipologia das cargas movimentadas, documentação de meio ambiente, e manutenção de equipamentos.

A sistematização das informações coletadas (Tabela 6) demonstrou o quanto estes atores diferem uns dos outros. Das oito empresas que estão instaladas no Porto Novo do Rio Grande, cinco ocupam armazéns e três possuem somente escritório. Duas dessas oito empresas realizam movimentação de contêineres, carga roll-on/roll-off e Projetos (cargas variadas) – Agência Marítima Orion e Sagres Agenciamentos Marítimos, uma movimentação contêineres e carga roll-on/roll-off – Sampayo Nickhorn, uma realiza movimentação de contêineres e granel sólidos e líquidos – Serra Morena,

**Tabela 5.** Questionário aplicado aos operadores portuários do Terminal Porto Novo do Rio Grande.

**Table 5.** Questionnaire applied to port operators Terminal Porto Novo Rio Grande.

Operadores Portuários – Terminal Porto Novo de Rio Grande
<b>1 - Identificação da empresa</b>
Nome:
Responsável:
Telefone:
E-mail:
Entrevistado:
<b>2 - Dados operacionais</b>
Área de abrangência (física/operacional):
<b>3 - Carga movimentada (tipologia)</b>
Granel (sólido/líquido):
Contêineres:
Roll-on/roll-off:
Carga viva:
Passageiros:
<b>4 – Documentação</b>
PGRS:
PEI:
Licença Ambiental:
Certificação ambiental voluntária:
MTRs:
<b>5 – Manutenção</b>
Equipamentos:
Local:

**Tabela 6.** Caracterização dos operadores portuários do Porto Novo do Rio Grande.**Table 6.** Characterization of Porto Novo Rio Grande port operators.

Nome da empresa	Área de abrangência	Tipologia de carga	Documentação	Manutenção de equipamentos
Agência Marítima Orion Ltda.	Contêiner ao lado do armazém B2	Contêineres, Roll-on/roll-off e *Projetos	PGRS em atualização, PEI do Porto	Nos locais onde se encontram. Serviço terceirizado
Sagres Agenciamentos Marítimos Ltda.	Partes dos armazéns C1, C2 e C4 e a totalidade dos B1, B2, B3, B4 e B5	Contêineres, Roll-on/roll-off e Projetos	PGRS, PEI do Porto, Licença Ambiental (SMMA) e MTR	Oficina no armazém B1
Sampayo Nickhorn S/A	Armazéns C5, A6, A7 e A7/8.	Contêineres e Roll-on/roll-off	PGRS	Realizada externamente ao Porto
Cisa Trading GSA	Escritório entre os armazéns B4 e B5	Roll-on/roll-off	PGRS	Não possuem equipamentos
Guanabara Veículos Ltda.	Armazéns C6, B6 e a área entre estes armazéns	Roll-on/roll-off	PGRS e **Licença Provisória e MTR	Oficinas nos armazéns C6 e B6
Companhia Estadual de Silos e Armazéns – CESA	Silos e esteira de carregamento	Graneis sólidos	PGRS, PEI e Protocolo de Licença (Fepam)	Oficina junto aos silos
Vanzin Serviços Aduaneiros	Contêiner em frente ao armazém B1	Graneis sólidos	-	Nos locais onde se encontram
Serra Morena	Parte sul do Armazém C1	Contêineres, Graneis sólidos e líquidos	PGRS, PEI,	Emergencial

\* Cargas variadas que são movimentadas esporadicamente.

\*\* O vocabulário presente nesta tabela foi o utilizado pelos entrevistados.

uma somente carga roll-on/roll-off – Sisa Trading, e ainda há movimentação de graneis sólidos por parte da CESA e da Vanzin Serviços Aduaneiros. A empresa Guanabara Veículos não efetua operação portuária diretamente, somente realiza reparos em veículos para a General Motors Ltda..

Quanto à documentação ambiental, seis operadores portuários possuem PGRS (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos); dois estão licenciados ambientalmente, mas apenas um apresenta LO expedida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e um declarou que possui somente Protocolo de Licença; dois possuem arquivados os MTR (Manifesto de Transporte de Resíduos) como certificado pelo encaminhamento à destinação adequada dos resíduos gerados em suas instalações; e, de acordo com os entrevistados, todos compartilham o PEI (Plano de Emergência Individual) do Porto Novo.

A manutenção de equipamentos, em três empresas, é realizada em oficinas mecânicas dentro de suas instalações e nas demais não há locais apropriados para executar este serviço, o que não impede a sua realização. Como exceção,

em uma das empresas, a manutenção dos equipamentos é terceirizado e efetuado externamente à área do Porto.

No Terminal Porto Novo não há movimentação de cargas perigosas, seguindo a categorização da Normatização da IMO - International Maritime Organization. De acordo com a caracterização realizada, a tipologia dos produtos movimentados neste Terminal envolve contêineres, automóveis, máquinas agrícolas, celulose e graneis, como soja, arroz, trigo e fertilizantes agrícolas. Estes últimos, embora sejam facilmente dispersos para o corpo hídrico, não são apontados como causa potencial de impactos ambientais de grandes proporções, pois os operadores deste terminal não são empresas de grande porte. Logo, o volume das mercadorias não é expressivamente alto, considerando individualmente cada um dos empreendimentos.

Partindo da realidade dos empreendimentos, que desenvolvem operações de alto potencial poluidor, e considerando a hidrodinâmica do Estuário da Lagoa dos Patos, fator ambiental que interfere diretamente no ambiente do Terminal Porto Novo, os impactos ambientais potenciais

das organizações e empresas instaladas neste Terminal ultrapassam os limites territoriais de mais de um município, ou seja, o do Rio Grande e de São José do Norte. Logo, não podem ser considerados como impactos locais.

## 6. A COMPETÊNCIA DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DOS OPERADORES PORTUÁRIOS

As operações portuárias se enquadram entre as atividades que necessitam de licenciamento ambiental, pois são atividades utilizadoras de recursos naturais, consideradas potencial e efetivamente poluidoras, estando em consenso com a legislação referida na Seção 3.

Há gestores que defendem o princípio de que o licenciamento ambiental deve estar ligado sempre a uma instância superior, ou seja, se a administração do porto for municipal, o licenciamento deve ser conduzido pelo órgão ambiental estadual; se for estadual, pelo órgão ambiental federal.

No caso do Porto Organizado do Rio Grande, a Licença de Operação do Porto é expedida pelo IBAMA, mas as licenças de operação dos terminais privativos é emitida pelo órgão estadual, FEPAM, e alguns operadores possuem sua licença expedida pelo órgão municipal, SMMA.

Alguns operadores portuários alegam que suas operações, por serem exercidas no interior do Terminal Porto Novo, estariam cobertas pela Licença de Operação do Porto Organizado, mas tal alegação é inconcebível, uma vez que as condicionantes da LO 003/97 estabelece condicionantes de operação ao Porto como um todo e estas não são cumpridas pelos operadores.

As organizações que operam mercadorias no Porto do Rio Grande diferem entre si, assim como suas operações e mercadorias movimentadas. Portanto, os aspectos e impactos ambientais de seus respectivos negócios igualmente diferem. Isso pressupõe que as operações das empresas não devem ser incluídas na Licença de Operação do Porto Organizado do Rio Grande, pois com apenas uma licença, a análise do órgão federal seria extremamente genérica para aspectos e impactos distintos.

De acordo com Marroni et al. (2007), “a figura do município consolida-se como a melhor opção da viabilidade de implantação de um processo gerencial. Isso justifica-se, pois são os municípios que conseguem aglutinar melhor os esforços em prol do resgate da sustentabilidade local”. São eles os que melhor conhecem a realidade da região, da comunidade e das organizações. Apesar disso, em geral, o poder público municipal necessita de grande mobilização em relação à capacitação dos profissionais responsáveis pelo processo de emissão das licenças ambientais e fiscalização das atividades licenciadas.

Além disso, a competência sobre o licenciamento das operações desenvolvidas em área federal e com alto potencial poluidor, como é o caso das atividades portuárias, deveriam ser atribuídas minimamente ao órgão ambiental estadual. Porém, cabe ressaltar a dificuldade de fiscalizar os empreendimentos locais por parte do órgão estadual, que não possui um escritório local em Rio Grande.

O fato é que os órgãos ambientais, sejam federais, estaduais ou municipais, não possuem um conhecimento

claro e objetivo de como estão divididas as responsabilidades entre a Autoridade Portuária e os operadores portuários. Como afirma Kitzmann et al. (2006) “os diversos órgãos reguladores têm dificuldades para compatibilizar suas agendas de trabalho e integrar políticas e ações, devido a visões conflitantes do funcionamento do sistema portuário e das causas e soluções para os problemas ambientais ali gerados. Outro fator a ser destacado é a inconsistência das ações de regulação, que variam de porto a porto”.

Para Asmus et al. (2004) “há uma grande quantidade de órgãos governamentais regulando a atividade portuária, distribuídos em vários ministérios, com funções não claramente definidas, gerando superposição de competências e enfoques não integrados de gestão. Há dificuldades em conciliar as agendas de trabalho e harmonizar as ações, uma vez que os órgãos têm visões diferentes do sistema portuário, de seu funcionamento e das causas e soluções para os problemas ambientais”.

O licenciamento ambiental de atividades exercidas na área do Porto Organizado do Rio Grande deveria competir ao órgão ambiental federal, devido à sua área ser de domínio da União. Contudo, o IBAMA, na situação de órgão licenciador, delega o licenciamento das operações portuárias nos terminais privados ao órgão estadual. Logo, o processo de licenciamento dos operadores instalados no interior do Terminal Porto Novo não deveria escapar muito destas circunstâncias, sendo ideal que órgão ambiental estadual (FEPAM) ou a SUPRG fossem os responsáveis pela emissão das licenças ambientais das empresas e companhias arrendatárias neste Terminal.

No entanto, delegar à Superintendência do Porto do Rio Grande a responsabilidade de licenciar as atividades dos operadores portuários poderia ser considerado um equívoco, partindo do princípio de que a SUPRG possui interesse na movimentação de mercadorias realizada pelos operadores.

Uma saída a essa problemática é o licenciamento único do Porto Organizado e a configuração da Autoridade Portuária como órgão licenciador das atividades exercidas dentro de sua área. Outra proposta seria a do autolicensing, proposta que ganha força nas esferas federais, principalmente na Secretaria Especial de Portos.

A deficiência na fiscalização por parte da Autoridade Portuária corrobora com a atual realidade do Terminal Porto Novo de Rio Grande. A autoridade portuária, representada pela SUPRG, não cumpre adequadamente sua função de “fiscalizar as operações portuárias, zelando para que os serviços se realizem com regularidade, eficiência, segurança e respeito ao meio ambiente” (Lei Federal 8.630/93) ao ignorar a apresentação de licenças ambientais por parte das empresas arrendatárias de suas instalações.

## CONCLUSÃO

O conjunto de discussões apresentadas neste estudo demonstra os fatores que contribuem para a atual realidade do Terminal Porto Novo no que tange o licenciamento ambiental de seus operadores. O licenciamento ambiental autoriza os empreendedores a desenvolverem suas atividades e concomitantemente impõe medidas para atendimento das questões ambientais. Como um instrumento de gestão, ele

é exigido legalmente para empreendimentos utilizadores de recursos naturais considerados potencial ou efetivamente poluidores e, em razão disso, é nítida a necessidade de licença ambiental para operadores portuários.

Devido ao alto grau poluidor das atividades desenvolvidas e da singulares características da hidrodinâmica do Estuário da Lagoa dos Patos, os impactos ambientais gerados pelos operadores portuários do Terminal Porto Novo podem atingir dois municípios, Rio Grande e São José do Norte. Assim, de acordo com a legislação brasileira, a competência do licenciamento ambiental destes empreendimentos não deveria ser delegada ao órgão ambiental municipal. Ademais, o poder público municipal necessita de grande mobilização em relação à capacitação dos profissionais responsáveis pelo processo de emissão das licenças ambientais e fiscalização das atividades licenciadas. Além disso, a competência sobre o licenciamento das operações desenvolvidas em área federal e com alto potencial poluidor deveriam ser atribuídas minimamente ao órgão ambiental estadual.

As atividades dos operadores portuários, distante do que é entendido por estes atores, não estão cobertas pela Licença de Operação do Porto Organizado. No seu período de validade, que é de oito anos, as empresas que operam no Terminal podem ser alteradas, pois seus contratos independem desta licença ambiental. Além disso, as condicionantes desta LO não fazem menção alguma às atividades dos operadores portuários de nenhum dos terminais.

De acordo com a legislação ambiental brasileira, o licenciamento ambiental de atividades exercidas na área do Porto Organizado do Rio Grande deveria competir ao órgão ambiental federal, devido à sua área ser de domínio da União. Contudo, o IBAMA delega o licenciamento das operações portuárias nos terminais privados ao órgão estadual. Com base nesta premissa, o processo de licenciamento dos operadores instalados no interior do Terminal Porto Novo deveria manter esta linha, sendo o mais apropriado delegar esta responsabilidade ao órgão ambiental estadual.

A questão é que o conhecimento dos órgãos ambientais, sejam federais, estaduais ou municipais, ainda não estar claro sobre o limite que separa as responsabilidades entre as Autoridades Portuárias e os operadores portuários. Esta situação impede o atendimento pleno das questões que lhes são atribuídas pelos órgãos ambientais em função das condicionantes das licenças.

Uma indicação ao atendimento desta problemática é o licenciamento único do Porto Organizado e a configuração da Autoridade Portuária como órgão licenciador das atividades exercidas dentro de sua área. No entanto, delegar este encargo à Superintendência do Porto do Rio Grande poderia ser considerado um equívoco, devido ao fato da SUPRG possuir interesse na movimentação de mercadorias realizada pelos operadores.

Outra proposta pautável seria a do autolicensing, ideia bastante discutida e apoiada nas esferas federais, principalmente na Secretaria Especial de Portos, no que tange o licenciamento ambiental portuário no Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTAQ (2011) – *Porto Verde: Modelo Ambiental Portuário* [Edição Atualizada]. 49p., ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Brasília, DF, Brasil. ISBN 978-8564964013. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/pdf/PortoVerde.pdf>
- Asmus, M.L.; Kitzmann, D.I. (2004) – *Gestão costeira no Brasil: estado atual e perspectivas. Versão Preliminar.* s/p (62p.), EcoPlata - Programa de Apoio a la Gestión Integrada en la Zona Costera Uruguay, Montevideo, Uruguay. Disponível em [http://www.ecoplata.org/wp-content/files\\_mf/estudiosinopticogestioncosteraenbrasil.pdf](http://www.ecoplata.org/wp-content/files_mf/estudiosinopticogestioncosteraenbrasil.pdf)
- Barbieri, J.C. (2004) – *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos.* 328p., Editora Saraiva, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8502046616.
- Bruyne, P.; Herman, J.; Schoutheete, M. (1977) – *Dinâmica da pesquisa em ciências sociais.* 84p., Editora Francisco Alves, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Delaney, P.J.V. (1965) – *Fisiografia e geologia da superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul.* 6:1-195, *Publicação Especial da Escola de Geologia*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Demore, J.P. (2001) – *Aspectos sedimentares do Estuário da Lagoa dos Patos e sua interação com a poluição por petróleo: subsídios para um plano de contingência.* 30p., Monografia de graduação, Oceanologia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em: [http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files\\_mf/1306431619AspectosedimentaresdoestuariodaLagoadosPatosesuainteracaocomapoluicaooporpetroleo\\_subsidiosparaumplanodecontingencia.pdf](http://www.prh27.log.furg.br/site/wp-content/files_mf/1306431619AspectosedimentaresdoestuariodaLagoadosPatosesuainteracaocomapoluicaooporpetroleo_subsidiosparaumplanodecontingencia.pdf)
- DHN. (1974) – *Atlas de Cartas Piloto do Oceano Atlântico: Trindade ao Rio da Prata.* 26p., Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- DNPVN (1941) – *Enchentes de maio de 1941.* 61p., Relatório Técnico, Diretoria Nacional de Portos e Vias de Navegação (DNPVN), Porto Alegre, RS, Brasil. *Não publicado.*
- Herz, R. (1977) – *Circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos.* 722p., Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas. Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. *Não publicado.*
- Kitzmann, D.I.S.; Asmus, M. (2006) – *Gestão ambiental portuária: Desafios e possibilidades.* *Revista de Administração Pública (RAP)*, (ISSN: 0034-7612), 40(6):1049-1060, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro-RJ Brasil. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rap/v40n6/06.pdf>
- Marroni, E.V.; Asmus, M.L. (2005) – *Gerenciamento Costeiro. Uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental.* 149p., União Sul-Americana de Estudos da Biodiversidade, Pelotas, RS, Brasil. ISBN: 8589985067.
- Möller, O.O.; Paim, P.S.G.; Soares, I.D. (1991) – *Effects and mechanisms of water circulation in the Patos Lagoon Estuary.* *Bulletin Institute Géologique*, 49:15-21, Paris, France.

Seeliger, U.; Odebrecht C.; Castello J.P. (Eds.) (1998) - Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil. 341p., Editora Ecoscincia, Rio Grande, RS, Brasil. ISBN: 8587167014. Disponível em: <http://www2.furg.br/instituto/io/ecoveco/ecomidia/livros/Os%20Ecossistemas%20Costeiro%20e%20Marinho%20do%20Extremo%20Sul%20do%20Brasil.pdf>

## LEGISLAÇÃO

*Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.* Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. de 2.9.1981, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)

*Lei Federal 8.630, de 25 de fevereiro de 1993.* Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. (Lei dos Portos) [Revogado pela Lei nº 12.815, de 2013]. Publicado no D.O.U. de 26.2.1993, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8630.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8630.htm)

*Lei Estadual 11.520, de 03 de agosto de 2000.* Institui o Código Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/legislacao/id628.htm>

*Lei Municipal 6.365, de 21 de março de 2007.* Dispõe sobre o licenciamento ambiental e as sanções administrativas pelo seu descumprimento no município do Rio Grande e dá outras providências. Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em: [http://www.riogrande.rs.gov.br/pagina/arquivos/lei/lei\\_6.365\\_-\\_licenciamento\\_ambiental.pdf](http://www.riogrande.rs.gov.br/pagina/arquivos/lei/lei_6.365_-_licenciamento_ambiental.pdf)

*Resolução CONAMA 237, de 19 de novembro de 1993.* Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no Licenciamento Ambiental. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>

*Resolução CONDEMA 001, de janeiro de 2011.* Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental Municipal das atividades de preponderante interesse local. Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CONDEMA), Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em: <http://www.riogrande.rs.gov.br/pagina/arquivos/arquivo/4d63a4ea72fa8Resolucao%20COMDEMA.pdf>

## Gestão e diagnóstico ambiental: Um estudo de caso em um porto de Santa Catarina, Brasil \*

### *Management and environmental diagnostic: A case study in a port of Santa Catarina, Brazil*

Jerónimo Taundi Guilherme @,<sup>1</sup>, Luiz Alberton <sup>1</sup>, Elisete Dahmer Pfitscher <sup>1</sup>, Fabrícia Silva da Rosa <sup>2</sup>

#### RESUMO

Nesta pesquisa descritiva, procura-se diagnosticar a gestão ambiental em um porto do Estado de Santa Catarina. Através de análise de relatórios de auditoria ambiental e respostas coletadas por um questionário estruturado dirigido ao responsável pelo setor de engenharia ambiental do porto estudado, foi aplicado o modelo EDE (*Environmental Disclosure and Evaluation*), para identificar o nível de sustentabilidade ambiental recomendado pela norma ISO 14000 que estabelece os níveis de excelência, mercado e comprometedor. Essa pesquisa pode contribuir para a melhoria dos níveis de sustentabilidade, promovendo atividades economicamente viáveis sem comprometer as futuras gerações. Conclui-se que existe o comprometimento do porto estudado, com uma valoração global de 58,93 pontos em toda a sua estrutura administrativa, quanto à prevenção do meio ambiente, pelo dinamismo na adoção e aplicação de conjunto de medidas e procedimentos em relação à gestão ambiental.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável. Diagnóstico-EDE. Responsabilidade Social.

#### ABSTRACT

*In this descriptive study, we try to diagnose the environmental management in a port of the State of Santa Catarina. Through analysis of environmental audit reports and responses collected by a structured questionnaire directed to the responsible of environmental engineering of the port studied, the model was applied EDE (Environmental Disclosure and Evaluation), to identify the level of environmental sustainability recommended by ISO 14000 that establish the levels of excellence, market and compromising. This research can contribute to the improvement of sustainability, promoting activities economically viable without compromising future generations. We conclude that there is a commitment from the port studied, with a global valuation of 58.93 points in all its administrative structure, as the prevention of the environment, the dynamism in the adoption and application of measures and procedures for the management environment.*

**Keywords:** Sustainable Development. EDE- Diagnosis. Social Responsibility.

@ - Corresponding author

1 - Universidade Federal de Santa Catarina. e-mails: Guilherme <jetaquilherme@yahoo.com.br>; Alberton <luiz.lberton@ufsc.br>; Pfitscher <elisete@cse.ufsc.br>

2 - Fundação Universidade Regional de Blumenau. e-mail: <fabriciasrosa@hotmail.com>

## 1. INTRODUÇÃO

No mundo moderno, se descreve sobre sustentabilidade ambiental nas empresas, talvez por ser esta, a ferramenta que busque o equilíbrio entre os vários objetivos dos intervenientes internos e externos num mercado concorrencial que a procura do lucro torna o mercado em ebulição, com competições entre as organizações, fazendo do *marketing* uma alternativa ideal para seus fins financeiros.

Nisto, para Kotler & Keller (2006: 2), “o *marketing* está em toda parte e resulta do planejamento e execução cuidadosos e pode ser feito de maneira formal ou informal cujo objetivo é o sucesso financeiro para que as empresas obtenham o lucro”.

García-Sánchez et al. (2013), argumentam que a sustentabilidade deve desempenhar papel fundamental nas organizações modernas, embora a divulgação de relatórios de sustentabilidade nas empresas públicas esteja numa fase embrionária se comparado com as empresas privadas. A explicação pode ser dada por Dhanda (2013), ao considerar a sustentabilidade uma abordagem de longo prazo que inclui a responsabilidade social, econômica e ambiental, com prioridade na condução de negócios.

Entretanto, Chiavenato (2003), explica que a organização humana é mais do que a soma de indivíduos, devido à interação social diária e constante. Sendo as organizações formadas por pessoas, que muitas das vezes representam vários interesses e possuem hierarquia de motivações diferenciadas, o que pode levar acionistas e executivos se preocupar com rentabilidade e pouco com a preservação do ambiente.

A sociedade espera em troca que as organizações tragam benefícios para a comunidade, agredindo menos ao ambiente. As empresas tentam convencer a sociedade por meio de apresentação de balanço social das atividades como ferramenta que espelha seus desempenhos com a finalidade de mostrar cumprimento de normas e leis.

Embora essa informação seja passada constantemente, pode-se questionar até que ponto a mesma corresponde à verdade. O presente trabalho pretende trazer informações sobre as questões ambientais e sua monitoria nas empresas em geral, e nos portos de Santa Catarina em particular, sendo esses os maiores canais de fluxo de mercadorias diversas, incluindo as perigosas e nocivas ao ambiente.

Assim, a problemática dessa pesquisa fica resumida na seguinte questão: Quais ações de Gestão ambiental são realizadas num dos Portos de Santa Catarina?

Nesta perspectiva o objetivo geral deste trabalho é de diagnosticar a gestão ambiental em um Porto de Santa Catarina. Para atender esse objetivo, têm-se os seguintes objetivos específicos: Verificar a quantidade de Portos em Santa Catarina; Verificar o *status quo* quanto à Gestão Ambiental do Porto estudado e verificar o nível da empresa quanto à execução de políticas ambientais.

Justifica-se a realização desta pesquisa, tendo em vistas as poucas pesquisas relacionadas com a gestão ambiental em portos no Brasil, mais especificamente em Santa Catarina. Contribui no sentido de aplicar instrumentos que permitem mensurar e conhecer a avaliação de ações ambientais, bem como avaliar o desempenho das organizações em relação às variações internas e externas que influenciam na divulgação da gestão ambiental.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia quanto aos objetivos trata-se de pesquisa descritiva. No que se refere aos procedimentos técnicos considera-se pesquisa bibliográfica, documental e análise de conteúdo. Quanto à abordagem do problema trata-se de pesquisa quali-quantitativa.

Como questões de gestão ambiental, buscou-se conhecer a situação do porto quanto à certificações, metas de desempenho ambiental, comunicação entre os *stakeholders* e aspectos motivacionais.

Na área sobre a responsabilidade ambiental são abordadas questões como estabelecimento de metas ambientais, objetivos pretendidos na elaboração de informações sobre as medidas ambientais e comprometimento da empresa quanto aos gastos ambientais.

E por último abordam-se questões sobre o desempenho ambiental com destaque para o tipo de controle e informação prestada à sociedade, gastos e investimentos ambientais, nível de consumo de materiais tendo em vista aos aspectos reciclagem, reutilização, redução e reparo.

Para a mensuração de toda informação colhida pela entrevista estruturada dirigida a engenheira ambiental da empresa é aplicado o modelo EDE (*Environmental Disclosure and Evaluation*), de Soler et al. (2011). O modelo é fundamentado nas diretrizes do GRI – *Global Reporting Initiative* e na Metodologia MCDA-C (Metodologia Multicritério de Apoio a Decisão - Construtivista) de Ensslin et al. (2000), para possibilitar a Avaliação da Informação Ambiental.

As variáveis avaliadas foram os aspectos que geram impactos ambientais sobre as perspectivas de abordagem de gestão ambiental; objetivos estratégicos; políticas ambientais; procedimentos de monitoramento ambiental; informações contextuais sobre meio ambiente; estratégias adotadas pela empresa na proteção do meio ambiente; evidenciação dos aspectos ambientais em relatórios; certificação; desempenho ambiental; entre outros.

## 3. SUPORTE TEÓRICO

Para dar suporte a presente pesquisa, recorre-se a alguns conceitos que permitem o entrosamento entre questões de gestão portuária no que se refere aos impactos causados ao ambiente e a comunidade, bem como ao desenvolvimento sustentável de modo equilibrado entre os vários intervenientes.

### 3.1 Contabilidade e controladoria ambiental

Toda atividade, seja ela bem ou mal sucedida encontra seus resultados registrado na contabilidade e seu monitoramento na controladoria. Neste caso, a empresa deve estar preparada para reduzir qualquer impacto negativo que possa ocorrer durante o processo de desenvolvimento das suas atividades, que muitas das vezes faz com que a empresa tenha sua imagem denegrida, sofra multas, etc.

Segundo Tinoco & Kraemer (2008: 153), “a contabilidade é um veículo adequado para divulgar informações sobre o meio ambiente. Esse é um fator de risco e de competitividade de primeira ordem. A não inclusão dos custos, despesas e obrigações ambientais distorcerá a situação financeira e os resultados da empresa”.

Para que essa informação seja útil para os *stakeholders*, pede-se que seja produzida de forma clara e concisa, para que os benefícios aí decorrentes sejam para todos.

Na mesma linha de pensamento, Gomes & Salas (2001: 22-23) afirmam que “o processo de controle requer a obtenção de informações que possibilitem a formação de diretrizes e a mensuração do resultado nos mesmos moldes”. A informação pode ser referida a diversos aspectos: a evolução do contexto social global (tecnológico, sociocultural, político, econômico, demográfico, ecológico, etc.); a evolução do setor (clientes, mercado, concorrência, distúrbios, credores, regulamentação por parte dos organismos governamentais, etc.); e a evolução da própria empresa (aspectos comerciais, financeiros, produtivos, etc.).

### 3.2. Desenvolvimento sustentável

Segundo Schenini (2005: 163-164), “o desenvolvimento sustentável se afirma em três pilares básicos que são o crescimento econômico, a equidade social e o equilíbrio ecológico, todos sob o mesmo espírito holístico de harmonia e responsabilidade comum”.

Entretanto, para alcançar esse nível de desenvolvimento, as tendências nas empresas têm sido a ênfase na utilização de tecnologias limpas, administração de resíduos, relações institucionais, cultura organizacional, gestão ambiental e ISO-14000.

O *World Commission on Environmental and Development* (Brundtland, 1987), chama atenção da necessidade do comprometimento das organizações com o desenvolvimento sustentável que se resume na capacidade de satisfação das necessidades no presente, sem comprometer as futuras gerações.

Entretanto segundo Bellen (2005), falar de desenvolvimento sustentável não pode se resumir apenas na capacidade de preservar o meio ambiente para as gerações futuras, pois, há toda necessidade de comprometimento por parte das empresas em assumir posturas de responsabilidade social.

### 3.3. Responsabilidade social

Segundo Tachizawa (2011), a responsabilidade social e ambiental pode ser resumida no conceito de ‘efetividade’, como o alcance de objetivos do desenvolvimento econômico social, que está relacionada à satisfação da sociedade, ao atendimento de seus requisitos sociais, econômicos e culturais. As empresas procuram melhorar e manter a imagem e reputação recorrendo à responsabilidade social. Não basta que a empresa promova ações isoladas de responsabilidade social para que sejam consideradas sustentavelmente responsáveis, mas sim que isso se torne como parte da sua cultura organizacional.

Para tal, há toda necessidade da empresa ser diagnosticada por intervenientes externos, pois estes podem visualizar os impactos negativos por meio das seguintes questões apresentadas na Tabela 2.

As empresas quando se comprometem com questões de responsabilidade social, estariam a monitorar um conjunto de informações internas ou externas que promovam o bem estar entre os *stakeholders*. Para que essas ações promovam a imagem da empresa exige se dela o melhoramento de todo seu sistema de gestão ambiental.

### 3.4. Gestão ambiental

Gerir significa que é preciso ser eficaz e eficiente na aplicação de recursos escassos para o alcance dos objetivos. Tinoco & Kraemer (2008, p.114) conceituam gestão ambiental como sendo um “*Sistema que inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidade, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental. É o que a empresa faz para minimizar ou eliminar os efeitos negativos provocado no ambiente por suas atividades.*”

Argumenta-se que uma empresa tem um sistema de gestão ambiental, quando se exige dela que cumpra com alguns requisitos, tais como: Gestão de Processos; Gestão de Resultados; Gestão de Sustentabilidade; e Gestão do plano Ambiental. A introdução de práticas ambientais pode,

**Tabela 1.** Benefícios da contabilidade de gestão ambiental.  
**Table 1.** Benefits of environmental management accounting.

PARA A EMPRESA	PARA A SOCIEDADE
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica, estima, aloca, administra e reduz custos;</li> <li>• Controla o uso e os fluxos da energia e dos materiais;</li> <li>• Dá informação exata e mais detalhada para suportar o estabelecimento e a participação em programas voluntários, custos efetivos para melhorar o desempenho ambiental; e</li> <li>• Produz informação exata e mais detalhada para mensurar e da elaboração do relatório de desempenho ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite o uso mais eficiente dos recursos naturais, incluindo água e energia;</li> <li>• Reduz os custos externos relacionados a poluição da indústria, tais como os da monitoria ambiental;</li> <li>• Fornece informações para a tomada de decisão, melhoramento a política pública; e</li> <li>• Fornece informação ambiental industrial do desempenho, que pode ser usada no contexto mais extenso das avaliações do desempenho e das condições ambientais.</li> </ul>

Adaptado de / Adapted from Tinoco & Kraemer, 2008: 159.

**Tabela 2.** Questões a serem diagnosticadas.**Table 2.** Issues to be diagnosed.

INTERVENIENTES	FINALIDADE
Externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de aspectos físicos da organização;</li> <li>• Leitura dos relatórios que a empresa escreve;</li> <li>• Forma de acolhimento às pessoas exteriores a empresa;</li> <li>• Forma como os empregados se sente em relação à organização; e</li> <li>• Forma de passar o tempo por parte dos membros da organização</li> </ul>
Internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de progressão na carreira;</li> <li>• Tempo de permanência na empresa;</li> <li>• A informação produzida pelos membros da empresa; e</li> <li>• Mitos e anedotas transmitidos por processos de comunicação</li> </ul>

Adaptado de / *Adapted from* Tachizawa et al., 2006: 109.

por outro lado, implicar a redução de custos, por meio da melhoria da eficiência dos processos, redução de consumos (matéria-prima, água, energia), minimização do tratamento de resíduos e efluentes e diminuição de custos de prêmios de seguros, multas, entre outros.

Numa empresa, quando o seu sistema de gestão ambiental é funcional, as atividades de planejamento e gestão ambiental fluem naturalmente, eliminando ou reduzindo os impactos que possam ocorrer e ao mesmo tempo melhora o seu desempenho financeiro pela redução de ocorrência de multas.

Segundo Valle (2002: 69), “a gestão ambiental consiste em um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos que, se adequadamente aplicados, permitem reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendedorismo sobre o meio ambiente”.

Trata-se da forma pela qual a organização se mobiliza, interna e externamente para a conquista da qualidade ambiental desejada, que consiste em um conjunto de medidas que visam ter controle sobre o impacto ambiental de uma atividade.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo é feita uma análise dos portos do Estado de Santa Catarina, recorrendo às bases de dados disponíveis em seus portais ou de outros órgãos encarregados pela elaboração da base estatística de toda informação relacionada aos portos.

##### 4.1. Caracterização

No Estado de Santa Catarina, segundo o portal da ANTAQ<sup>1</sup> (Agência Nacional de Transportes Aquaviários), instituição vinculada ao Ministério dos Transportes e a Secretaria de Portos da Presidência da República, existem

quatro portos principais: Porto de Itajaí; Porto de São Francisco do Sul; Porto de Imbituba e Porto de Navegantes.

A presente pesquisa é realizada no porto público de Itajaí, do Estado de Santa Catarina. O porto foi construído em 1914, tendo passado para porto organizado em 28 de Junho de 1968 e está localizado no norte do Estado de Santa Catarina.

Para caracterizar o termo porto organizado, recorreu-se a Lei nº 12.815/13, de 5 de Junho, nos números I à IV do segundo artigo, que considera:

“I - Porto organizado: bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária;”

“II - Área do porto organizado: área delimitada por ato do Poder Executivo que compreende as instalações portuárias e a infraestrutura de proteção e de acesso ao porto organizado;”

“III - Instalação portuária: instalação localizada dentro ou fora da área do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros, em movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário;”

“IV - Terminal de uso privado: instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado; [...]”.

O porto pesquisado tem um cais acostável de 1.035 metros e possui quatro berços equipados de guindastes que facilitam a carga e descarga de mercadorias diversas. É tradicionalmente um porto de carga geral, com um volume de manuseamento de mais de nove milhões de toneladas de carga em contêineres.

Para além de possuir uma completa e moderna infraestrutura para embarque e desembarques de mercadoria diversa, o porto tem uma área fora do porto destinado exclusivamente para receber navios de passageiros, daí ser considerada melhor opção para seus utentes.

1 - [http://www.antaq.gov.br/Portal/Portos\\_PrincipaisPortos.asp](http://www.antaq.gov.br/Portal/Portos_PrincipaisPortos.asp)



**Figura 1.** Localização do porto estudado.

**Figure 1.** Location of the port study.

Fonte / Source: Porto de Itajaí (<http://www.portoitajai.com.br/novo/c/localizacao>).



**Figura 2.** Guindastes de carga e descarga de mercadorias.

**Figure 2.** Cranes for loading and unloading of goods.

Fonte / Source: Porto de Itajaí (<http://portaltransporteseguro.com.br/medida-provisoria-dos-portos-e-aprovada-em-comissao-mista/>).

## 4.2. Diagnóstico e o nível de sustentabilidade do porto estudado

Do diagnóstico feito, o nível de sustentabilidade do porto estudado pode ser considerado bom, pois o mesmo possui um sistema de gestão ambiental funcional e planejado conforme defendem os autores Schenini (2005), Barbieri (2007) e Tinoco & Kraemer (2008). Essa informação pode ser corroborada com os dados apresentados na presente pesquisa, fornecidos pela engenheira ambiental.

### 4.2.1. Gestão ambiental

No primeiro grupo, pretendeu-se saber a situação da empresa quanto a sua responsabilidade profissional, abordagem ambiental, objetivos e metas, ferramentas de gestão e medidas de controle, apresentadas na Tabela 3, tendo em conta um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos que, se adequadamente aplicados, permitem reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendedorismo sobre o meio ambiente, defendidos pelos autores Valle (2002), Barbieri (2007) e Tinoco & Kraemer (2008).

A partir das informações da Tabela 3, nota-se que a empresa está comprometida com as normas ambientais, defendidas pelos autores Valle (2002), Barbieri (2007) e Tinoco & Kraemer (2008), razão pelo qual foi constituído um setor para análise e monitoramento de questões do meio ambiente, em que as informações são compartilhadas em todos os níveis.

Esse comprometimento da empresa é mais visível na Tabela 4, que é analisada a evidenciação dos aspectos ambientais quanto a sua abordagem de gestão, objetivos, políticas ambientais, procedimentos de monitoramento, informações contextuais e estratégias da empresa.

Na Tabela 4, nota-se que questões ambientais são as áreas que mais preocupam a gestão da empresa quando se trata de desempenho ambiental, defendidas por Tachizawa *et al.* (2006), embora a questão de materiais seja apenas evidenciada na abordagem de gestão e nos procedimentos de monitoramento ambiental.

Quanto à evidenciação e publicação do relatório no que se refere aos aspetos ambientais, são demonstradas na Tabela 5.

Nesta Tabela 5, nota-se que a empresa está comprometida com a gestão do meio ambiente, pois os relatórios são de domínio público, permitindo deste modo a visibilidade da mesma ao meio exterior. Entretanto, para análise das medidas ambientais, o comprometimento da empresa é apresentado na Tabela 6, onde pode se notar que toda a informação é compartilhada com os *stakeholders*.

Quanto aos resultados e números dos anos anteriores e o levantamento de aspectos ambientais, nota-se que estão sempre presentes na elaboração de medidas ambientais com a visualização dos indicadores econômicos nacionais, locais e regionais, fazendo com que tenham uma influência insignificante. Segundo Tinoco & Kraemer (2008), a empresa deve procurar minimizar ou eliminar os efeitos negativos provocado no ambiente por suas atividades.

**Tabela 3.** Evidenciação da gestão ambiental.

**Table 3.** Disclosure of environmental management.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
A empresa tem setor exclusivo para gerenciar questões ambientais	Sim
As questões ambientais são consideradas segredo da alta direção	Discordo Totalmente
Uma liderança eficaz é fornecida para atingir as medidas ambientais	Concordo Totalmente
Um bom fluxo de informações está disponível para os níveis hierárquicos da organização	Concordo Totalmente
A coordenação entre departamentos é conseguida facilmente	Concordo Totalmente
Medidas ambientais são determinadas primeiro nos departamentos e depois submetidas á alta direção	Concordo Totalmente
Medidas ambientais são determinadas primeiro pela alta direção e depois são coletadas opiniões nos departamentos	Discordo parcialmente
Medidas ambientais são fruto de um processo estruturado e alinhado com o planejamento estratégico	Concordo Totalmente
A autoridade e responsabilidade do gerente devem ser claras para o controle ambiental ser eficaz	Concordo Totalmente
A participação é fundamental para os gestores aceitarem suas metas ambientais e considerá-los atingíveis	Concordo Totalmente
O “ <i>gamesmanship</i> ”, onde os gerentes tentam subestimar receitas e os custos/despesas ambientais é um problema para a empresa.	Concordo Totalmente
Os bônus por desempenho para gerente devem estar ligados ao alcance dos objetivos ambientais	Concordo Totalmente
Ter medidas realizáveis, mas difícil de atingir, motiva os gestores.	Concordo parcialmente
A participação no processo é fundamental quando as medidas ambientais são usadas como uma medida de desempenho para os gestores	Concordo Totalmente

**Tabela 4.** Evidenciação dos aspectos ambientais.*Table 4.* Disclosure of environmental aspects.

Aspectos	Abordagem de gestão ambiental	Objetivos estratégicos	Política ambiental	Procedimentos de monitoramento ambiental	Informações contextuais	Estratégia da empresa
Materiais	X			x		
Água	X	X	X	X	x	x
Energia	X	X	X	X	X	X
Biodiversidade	X	X	X	X	X	X
Emissões	X	X	X	X	X	X
Efluentes	X	X	X	X	X	x
Resíduos	X	X	X	x	X	x
Produtos/ serviços	X	X	x	X	x	X
Transporte	X	x	x	X	x	x

**Tabela 5.** Evidenciação dos aspectos ambientais em relação à publicação em relatório.*Table 5.* Disclosure of environmental aspects in relation to report publication.

Aspectos	SIM 1 Possui e evidencia em site e/ou Relatório externo	SIM 2 Possui mas não evidencia em site e/ou Relatório externo	NÃO Não possui e evidencia em site e/ou Relatório externo	% de metas do ano anterior que foram cumpridas no ano atual
Materiais	X			
Água	X			
Energia	X			
Biodiversidade	X			
Emissões	X			
Efluentes	X			
Resíduos	X			
Produtos/serviços	X			
Transporte	X			

**Tabela 6.** Elaboração das medidas ambientais.*Table 6.* Development of environmental measures.

Medidas ambientais	Sempre	Quase sempre	Eventualmente	Quase nunca	Nunca
Resultados dos anos anteriores	x				
Estatísticas		x			
Análise do mercado		x			
Indicadores econômicos nacionais			x		
Números de anos anteriores	x				
Indicadores econômicos locais ou regionais			x		
Levantamento de aspectos e impactos ambientais	x				

#### 4.2.2. Desempenho ambiental

Para o segundo grupo que continha questões sobre o desempenho ambiental, onde nos subgrupos foram elaboradas questões relacionadas com o controle dos aspetos e impactos ambientais, gastos e investimentos, critérios de avaliação, treinamento e conscientização, situação de reciclagem e certificações ambientais e informações, a Tabela 7 ilustra as informações sobre o desempenho ambiental fornecidas pela engenheira responsável pela empresa.

Apesar da empresa não reciclar e reutilizar as emissões e efluentes líquidos, ela se compromete com o reparo na totalidade. Esse aspecto pode ser considerado um ponto positivo conforme argumenta Schenini (2005), que o desenvolvimento sustentável se afirma em três pilares básicos que são: o crescimento econômico, ao se evitar gastos

desnecessários na aquisição de outros recorrendo ao reparo; a equidade social porque ao evitar os desperdícios logicamente que pensa no futuro; e no equilíbrio ecológico, quanto ao desempenho ambiental nos aspectos materiais, energia, biodiversidade e resíduos onde é verificado o cometimento e preocupação na reciclagem, reutilização, redução e reparo. Para o subgrupo de certificações ambientais e auditoria, a informação é apresentada na Tabela 8.

Nota-se que a empresa, por enquanto, não possui certificações ambientais, mas toda ação é evidenciada no relatório e publicada, e sendo a maior porcentagem auditada, requisito fundamental para que a empresa tenha certificações, conforme a norma ISO 14000. Para aferir o nível de comprometimento quanto aos aspectos de gestão ambiental segue a aplicação do modelo EDE.

**Tabela 7.** Desempenho Ambiental.

**Table 7.** Environmental Performance.

Aspectos	Reciclagem		Reutilização		Redução		Reparo	
	%	Divulga (Sim ou Não)	%	Divulga (Sim ou Não)	%	Divulga (Sim ou Não)	%	Divulga (Sim ou Não)
Materiais	90	S	50	N	5	S	80	N
Energia	100	N	100	N	5	S	100	N
Água	0	N	0	N	5	S	100	N
Biodiversidade	90	N	0	N	0	S	100	N
Emissões	0	N	0	N	10	S	100	S
Efluentes líquidos	0	N	0	N	0	N	100	N
Resíduos	100	S	50	N	5	N	100	N

**Tabela 8.** Certificações ambientais e relatório de sustentabilidade e auditoria.

**Table 8.** Environmental certifications and sustainability reporting and auditing.

ITENS DE GESTÃO	CLASSIFICAÇÃO
Certificações ambientais	( ) Nacional e Internacional
	( ) Nacional
	( ) Internacional
	( x ) Não possui certificações
Relatório de sustentabilidade e auditoria	( x ) Possui relatório e publica
	( ) Possui relatório mas não publica
	( ) Não possui relatório de sustentabilidade
	Percentual de itens relatados no relatório que são auditados 90%

### 4.2.3. Análise dos dados usando o modelo EDE

Para análise da informação colhida pelo uso do questionário estruturado, foi usado o modelo EDE, com a finalidade de valoração dos dados. Neste caso, o nível de excelência pode ser considerado nível de melhoramento contínuo, onde a empresa deve cobrir os quatro pontos fundamentais da norma ISO 14000: requisitos e requerimentos legais; avaliar e registrar os efeitos ambientais; examinar as práticas e procedimentos do sistema de gerenciamento ambiental; e avaliar e investigar acidentes ambientais e não conformidade em relação à legislação, regulamentos, políticas e práticas anteriores de revisão.

Quanto ao nível de gestão ambiental, as informações podem ser obtidas na Tabela 9 onde são analisados aspectos de abordagem, responsabilidade, monitoramento e políticas ambientais.

Quanto à questão de gestão ambiental, visualizada na Tabela 9, a partir desses critérios se nota que a empresa se encontra ao nível do mercado. Para que a empresa se encontre no nível de excelência, segundo os critérios de valoração previstos no modelo EDE de Soler *et al.* (2011) e na norma ISO 14000, deveria melhorar o item de treinamento e conscientização, com mais ênfase ao tipo de informação ambiental.

Entretanto, há outros fatores a ter em conta, como pode ser observado na Tabela 10 onde se mostra o nível de consumo de recursos naturais, com destaque para água e energia.

Neste item, embora a empresa esteja no nível de mercado, a sua taxa de consumo de recursos naturais é preocupante. Nisso, para se inverter essa situação, precisa reutilizar mais os seus recursos naturais, evitando desse modo o consumo excessivo. Tal aspecto é defendido por Bellen (2006), que afirma que a satisfação das necessidades da sociedade no

presente não deve comprometer as futuras gerações a satisfazerem as suas.

Para se estabelecer a relação entre consumo ao nível de gestão ambiental, recorre-se a Tabela 11, que analisa os impactos quanto às emissões, efluentes, resíduos, transportes e produtos ou serviços.

Quanto ao aspecto de emissões, efluentes, resíduos e impactos, a empresa deve se comprometer mais com os efluentes líquidos, produtos e transportes que obtiveram uma pontuação baixa, situando-se quanto a este aspecto no nível do mercado.

Nesse pressuposto, a Tabela 12 estabelece a relação entre o controle de emissões, efluentes, resíduos e o cumprimento de dispositivos legais sem que comprometam aspectos financeiros.

Quanto à conformidade legal e aspectos financeiros, percebe-se que a empresa cumpre com procedimentos e normas ambientais, razão pela qual não ter se verificado alguma penalização em relação a esse assunto nos anos anteriores pela análise de seus relatórios de atividades.

Para finalizar, a Tabela 13 faz uma análise global da avaliação e divulgação ambiental da empresa, onde é verificada a situação real quanto ao *Environmental Disclosure Assessment*.

Quanto à avaliação e divulgação dos aspectos ambientais, mais concretamente à conformidade legal e aspectos financeiros, a empresa encontra-se num nível de excelência, segundo o modelo EDE. Entretanto, há toda necessidade da empresa se comprometer mais em relação a outros aspectos, como o consumo de recursos naturais, onde o seu nível encontra-se muito baixo, que, entretanto, comprometeu o melhor desempenho para que o seu enquadramento global se fixasse no nível de excelência quanto à *environmental disclosure assessment*.

**Tabela 9.** Nível de gestão ambiental.

**Table 9.** Level of environmental management.

Itens de Gestão	Taxas	Valoração
Abordagens de gestão	5%	146,00
Objetivos	5%	146,00
Política ambiental	5%	146,00
Responsabilidade profissional	5%	54,00
Treinamento e conscientização	15%	44,90
Monitoramento e acompanhamento	40%	92,77
Informações contextuais	25%	116,50
<b>Nível de Gestão ambiental</b>	<b>10%</b>	<b>97,57</b>

**Tabela 10.** Nível de consumo de recursos naturais.  
**Table 10.** Level of consumption of natural resources.

Aspectos Ambientais	Taxas	Valoração
Materiais	5%	37,70
Energia	43%	27,30
Água	35%	22,88
Biodiversidade	17%	15,29
<b>Nível de Consumo de recursos naturais</b>	<b>28%</b>	<b>24,23</b>

**Tabela 11.** Nível de tratamento de resíduos.  
**Table 11.** Level Waste treatment.

Aspectos ambientais	Taxas	Valoração
Emissões	35%	66,18
Efluentes líquidos	15%	14,90
Resíduos	30%	86,30
Produtos e serviços	8%	2,50
Transporte	12%	35,34
<b>Nível de Gestão de aspectos ambientais</b>	<b>45%</b>	<b>55,73</b>

**Tabela 12.** Nível de conformidade legal e financeira  
**Table 12.** Level of legal and financial compliance

Comprometimento legal	Taxas	Valoração
Conformidade legal	40%	118,00
Aspectos financeiros	60%	91,04
<b>Nível de comprometimento legal</b>	<b>17%</b>	<b>101,82</b>

**Tabela 13.** Avaliação final sobre aspectos de divulgação ambiental  
**Table 13.** Final evaluation of aspects of environmental divulgation

<i>Environmental Disclosure Assesment</i>	Taxas	Valoração
1. Gestão ambiental	10%	97,57
2. Consumo de recursos naturais	28%	24,23
3. Emissões, efluentes, resíduos e impactos	45%	55,73
4. Conformidade legal e aspectos financeiros	17%	101,82
<b>Nível de comprometimento final</b>		<b>58,93</b>

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que o sistema de gestão ambiental do porto estudado, conforme argumenta Tinoco & Kraemer (2008), encontra-se bem estruturado e organizado, uma vez que as suas atividades de planejamento, responsabilidade, práticas, procedimentos, processos e recursos de desenvolvimento da política ambiental já se encontram implantados a vários níveis, o que tem permitido a empresa minimizar ou eliminar os efeitos negativos das suas atividades em relação ao meio ambiente. Prova disso resume-se na política da empresa na indicação de um engenheiro responsável pela área de gestão ambiental que monitora e avalia os impactos ambientais e o nível de comprometimento em vários níveis da hierarquia do porto, mas também, nota-se o cumprimento da norma ISO 14000 e dos regulamentos internos de gestão ambiental.

Contudo, pode-se observar que é possível aprimorar seus mecanismos de controle e evidenciação para ampliar o nível de comunicação aos diferentes *stakeholders*, pois considera-se que as demandas por informações são aperfeiçoadas a cada ano. Assim, verifica-se a importância das ferramentas de avaliação do desempenho ambiental e do desempenho da informação.

Esta pesquisa limitou-se a estudar um caso, tinha como objetivo geral diagnosticar a gestão ambiental de um porto de Santa Catarina por meio de questionamento ao responsável do setor ambiental, onde conclui-se que o nível de comprometimento quanto aos aspectos ambiental, situa-se ao nível do mercado. Para pesquisas futuras sugere-se: (i) estudo de multi-casos; (ii) ampliar o período de análise dos relatórios para avaliar também a evolução das informações prestadas; (iii) correlacionar dados do comprometimento, da gestão e da informação com o desempenho econômico e financeiro das empresas.

## REFERÊNCIAS

- Barbieri, J.C. (2007) - *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 2ª ed., 382p. Saraiva, São Paulo, SP, Brasil. ISBN 9788502064485.
- Bellen, H.M.V. (2006) - *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. 2ª ed., 253p. FGV, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN 9788522505067.
- Brundtland, G.H. (coord.) (1987) - *Our Common Future*. Report of the World Commission on Environment and Development, transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 - Development and International Cooperation: Environment. 245p., United Nations. Disponível em <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Cajazeira, J.E.R. (1998) - *ISO 14001: manual de implantação*. 117p., Qualitymark, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN 85-7303-112-3.
- Chiavenato, I. (2003) - *Introdução a teoria geral da administração*. 7ª ed. 634p., Editora Campus, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN 8535213481.
- Dhanda, K.K. (2013) - Case study in the evolution of sustainability: Baxter international inc., *Journal of Business Ethics*, 112(4):667-684. DOI: 10.1007/s10551-012-1565-2.
- Ensslin, L.; Dutra, A.; Ensslin, S.R. (2000) - MCDA: A constructivist approach to the management of human research at a governmental agency. *International Transactions in Operacional Research*, 7(1):79-100. DOI: 10.1111/j.1475-3995.2000.tb00186.x.
- Gomes, J.S.; Salas, J.M.A. (2001) - *Controle de gestão: uma abordagem contextual e organizacional: textos e casos*. 3ª ed., 192p., Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8522430179.
- Kotler, P.; Keller, K.L. (2006) - *Administração de marketing*. 12ª ed., 750p., Editora Pearson Prentice Hall, São Paulo, SP, Brasil. ISBN 9788576050018.
- Presidência da República (2013) - *Lei nº 12.815, de 5 de Junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nºs 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nºs 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610, de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das Leis nºs 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências*. Diário oficial da União de 5 de Junho de 2013., Brasília, DF, Brasil. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/CCIVIL\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm](http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm).
- García-Sánchez, I.-M.; Frías-Aceituno, J.-V.; Rodríguez-Domínguez, L. (2013) - Determinants of corporate social disclosure in Spanish local governments. *Journal of Cleaner Production*, 39:60-72. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.08.037
- Schenini, P.C. (2005) - *Gestão empresarial sócio ambiental*. 183p., [s. n.], Núcleo de Pesquisas e Estudos em Gestão do Meio Ambiente, Florianópolis, SC, Brasil. ISBN 8585913517.
- Soler, C.C.; Ripoll-Feliu, V.M.; Rosa, F.S.; Lunkes, R.J. (2011) - Modelo EDE - Environmental disclosure evaluation. *Valencia: Quaderns de treball*, 169:1-28. Disponível em <http://www.estudiosenturismo.com.ar/PDF/V21/N01/v21n1.pdf>
- Tachizawa, T. (2011) - *Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira*. 7ª ed., 450p., Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9788522462452.
- Tachizawa, T.; da Cruz Jr, J. B; Rocha, J. A. O. (2006) - *Gestão de negócios: visões e dimensões empresariais da organização*. 3ª ed., 319p., Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8522444633.
- Tinoco, J.E.P.; Kraemer, M.E.P. (2008) - *Contabilidade e gestão ambiental*. 2ª ed., 309p., Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil. ISBN 9788522450343.
- Valle, C.E. (2002) - *Qualidade ambiental: ISO 14000*. 4ª Ed., 193p. Editora SENAC, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8573592842.

Análise das lógicas de ação de atores sociais em torno do licenciamento ambiental de um terminal portuário no estuário de Santos (Brasil) \*  
*Analysis of the logic of action of stakeholders surrounding the environmental licensing of a port terminal in Santos estuary (Brazil)*

Fernanda Terra Stori <sup>@,1</sup>, Denis Moledo de Souza Abessa <sup>2</sup>, Nivaldo Nordi <sup>1</sup>

**RESUMO**

A franca expansão industrial-portuária no estuário de Santos (Estado de São Paulo - Brasil) vem ameaçando os ecossistemas marinho-estuarinos, incluindo seus bens e serviços ambientais. Este artigo concentra-se na análise da controvérsia do licenciamento ambiental de um moderno terminal portuário neste estuário e das lógicas de ação de onze atores sociais envolvidos, ou seja, das visões de mundo que foram dominantes para os acordos que promoveram a instalação do empreendimento, com base nos referenciais das Economias de Grandeza e da Sociologia da Tradução. Os atores foram mapeados em diversos ambientes de participação sobre desenvolvimento e meio ambiente na Baixada Santista. Foram selecionados treze atores a serem entrevistados, sendo que onze deles aceitaram realizar a entrevista e dois não responderam às tentativas de contato. Foram formuladas para as entrevistas semiestruturadas questões fechadas para caracterização socioeconômica e questões abertas comuns para todos os entrevistados, sobre: o objetivo da instituição que representa; a visão de mundo a respeito do futuro dos manguezais e da pesca no estuário Santista; e, seu envolvimento na controvérsia entre projetos de expansão portuária e a conservação dos manguezais remanescentes no estuário santista. Ainda foram questionados quanto aos aspectos positivos e/ou negativos do empreendimento, sobre a relação da instituição junto à comunidade pesqueira da Ilha Diana, e ainda, sobre a possibilidade de compatibilizar a expansão portuária com a manutenção do modo de vida *caiçara* no estuário Santista. Também foram elaboradas questões específicas para cada entrevistado, buscando entender qual é a atividade de cada instituição no território estudado. Ainda, com base no conhecimento prévio de atitudes contraditórias de alguns entrevistados frente ao posicionamento institucional, foram formuladas questões buscando averiguar ações conflitantes com o discurso. Solicitamos aos atores selecionados que representassem a postura de suas instituições e/ou instâncias, contudo, por vezes o opinião individual preponderou sobre a missão institucional. Dezoito horas de falas foram transcritas e classificadas de acordo com as características predominantes dos seis Princípios Superiores Comuns das Economias de Grandeza, e foram escolhidas as frases mais significativas para representar as visões de mundo dos atores entrevistados e que melhor esclarecessem como se deu a emergência da controvérsia estudada e como se decidiu pela instalação empreendimento portuário mesmo contrariando o disposto nos instrumentos legais que dispõem sobre a conservação de áreas manguezal, que dispõem sobre o gerenciamento costeiro e da concessão de áreas federais para fins privativos. Identificamos que as lógicas de ação comerciais e industriais foram as visões de mundo dominantes no território estudado. As visões de mundo amparadas por lógicas cívica, doméstica, opinião e inspiração apenas exerceram o contraponto às visões dominantes, uma vez que os atores que as possuíam, participaram da negociação para que o projeto de empreendimento apresentado inicialmente sofresse ajustes e incorporasse 32 condicionantes socioambientais. Não

@ - Corresponding author

1 - Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luiz, Km 235, Monjolinho, Caixa Postal 676, CEP 13.565-905, São Carlos-SP, Brasil. e-mails: Stori - feterna@terra.com.br; Nordi - nivaldo@ufscar.br

2 - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus Experimental do Litoral Paulista. Praça Infante Dom Henrique, s/n. Parque Bitaru, São Vicente, SP. CEP: 11330-900. e-mail: dmabessa@clp.unesp.br

foi observado um real processo de concertação no licenciamento analisado, apenas um processo de negociação de condicionantes, que resultou em desconfianças e conflitos. Projetos de desenvolvimento no estuário de Santos deveriam ser debatidos com ampla participação popular e, deveriam levar em conta em sua análise de viabilidade econômica, o valor dos bens e serviços ambientais ofertados pelos ecossistemas.

**Palavras-chave:** Gestão Costeira, Gestão de Conflitos, Sociologia da Tradução, Expansão Portuária, Bens e Serviços Ambientais.

## ABSTRACT

*The increasing of industrial and port activities in the estuary of Santos (São Paulo State - Brazil) is threatening marine-estuarine ecosystems, including their environmental goods and services. This article focuses on the analysis of the controversy of an environmental licensing of a modern port terminal in this estuary and in the analysis of the worldviews of eleven stakeholders. We investigated the dominant worldviews (logiques d'action) in the agreements that allowed the installation of the project. We selected the stakeholders to be interviewed from various environments participation about development and environment in this region. Thirteen stakeholders were selected for interviews, eleven accepted and two did not respond to the contact attempts. We formulated semi-structured interviews with closed questions directed to state the socioeconomic characteristics and open questions, common to all respondents, as: the purpose of the institution, the world view about the future of mangroves and fishing in the estuary and, their involvement in the controversy between the port expansion projects and the conservation of remaining mangroves over estuary of Santos. They were asked about the positive or negative impacts of the project, on the relationship of their institution with the fishing community of Diana Island, and about the possibility of compatibility with the port expansion with the maintaining of caiçara way of life in the estuary Santos. We also included questions specific to each respondent, seeking to understand the activity of each institution in the study area. Furthermore, based on our prior knowledge about contradictory attitudes of some respondents, in opposition to the institutional placement, we formulated questions to search conflicts among their speeches and their actions. We asked to the interviewed selected to represent the mission of their institutions, however, sometimes the individual opinion prevailed on the institutional mission. Eighteen hours of speeches were transcribed and classified according to the predominant characteristics of the six common principles of listed by the bibliographic referential. The phrases were chosen to represent the worldviews of the stakeholders interviewed and they show how was the emergence of the controversy and the decision to install the port terminal even contradicting the provisions of the legal instruments that assure the conservation of mangrove areas, legal instruments about coastal management and legal instruments that assure the provision of public areas for public purposes. We found that the commercial and industrial worldviews were the dominants in the study area. The civic, domestic, of opinion and inspiration worldview, have exercised the counterpoint to prevailing views, once the stakeholders negotiated adjustments to the project initially presented, which incorporated 32 environmental mitigation conditions to the installation of the project. There was not a real conciliation procedure of the environmental licensing process analyzed, but only a process of negotiation of conditions, which resulted in mistrusts and conflicts. The development projects in the Santos estuary should be discussed with broad popular participation, and should take into account the value of environmental goods and services offered by ecosystems in their analysis of economic viability.*

**Keywords:** Coastal Management, Conflicts Management, Sociology of Translation, Port Expansion, Ecosystems' Goods and Services.

## 1. INTRODUÇÃO

O estuário de Santos (SP – Brasil) é um ambiente peculiar onde convivem o mangue, o povo e o porto. A Baixada Santista abrange um dos maiores remanescentes de manguezais do litoral sudeste brasileiro com uma área contínua de 90 Km<sup>2</sup>, sendo 30,9 Km<sup>2</sup> somente no município de Santos (Lamparelli, 1999). Ainda, o estuário apresenta um rico patrimônio histórico-cultural e conta com existência de comunidades chamadas tradicionalmente de *caiçaras*, com forte tradição pesqueira que utilizam o estuário para sua reprodução social (reprodução de costumes e tradições, bem como do meio de vida das populações) e produção de bens e riquezas, de cunho material e imaterial (Stori, 2010).

O termo *caiçara* tem origem no vocábulo indígena tupi-guarani *cad-içara*, o homem do litoral (Sampaio, 1987 citado em Adams, 2000). Para estes povos, o termo era utilizado para denominar as estacas colocadas à volta das tabas ou aldeias e o curral feito de galhos de árvores para cercar os peixes. Com o passar do tempo, passou a ser o nome dado às palhoças construídas nas praias para abrigar as canoas e os petrechos de pesca. Mais tarde passou a ser utilizado para identificar os indivíduos de comunidades do litoral Sudeste do Brasil, nos estados do Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro (Adams, 2000). As comunidades *caiçaras* são formadas pela miscigenação de indígenas, colonizadores portugueses e, em

menor escala, de escravos africanos (Diegues, 1983).

Os manguezais são ecossistemas de alta sensibilidade ecológica que exercem a função de nos prover bens e serviços. De acordo com o relatório Avaliação Ecosistêmica do Milênio - *Millennium Assessment* os bens e serviços dos ecossistemas responsáveis pelo suporte da vida na Terra podem ser classificados em quatro tipologias: provisão, regulação, culturais e sustentação. Segundo a “Conservação Internacional”, estima-se que as florestas de mangues sejam responsáveis por prover até 1,6 bilhões de dólares por ano em serviços do ecossistema em todo o mundo, como o controle de erosão e tempestades, e como berçário para peixes e outras espécies que garantem a subsistência das populações costeiras Segundo notícia assinada por Emilio Godoy e publicada na revista *Envolverde* em Julho de 2008, estimado que um hectare de *Rhizophora mangle* no Golfo da Califórnia apresente uma produtividade pesqueira anual de quase US\$ 37 mil e que em 30 anos este valor superaria US\$ 700 mil, 600 vezes a mais do que o fixado pelo governo mexicano para o valor destes terrenos. Também segundo a revista *Envolverde*, em notícia de Marwaan Macan-Markar publicada em setembro de 2008, a supressão de 82% dos manguezais do Deltado Rio Irrawaddy (Birmânia) deixou as comunidades litorâneas vulneráveis diante da elevação do nível do mar com a passagem de um ciclone o mar adentrou

até 40 quilômetros deixando cerca de 300 mil mortos e 5,5 milhões de prejudicados.

Atualmente os projetos de expansão industrial-portuária estão no cerne da questão sobre a sustentabilidade do estuário santista, uma vez que ao suprimir a vegetação dos manguezais e aterrá-los, são promovidas alterações no padrão hidrológico, eleva-se a taxa de assoreamento, aumenta a demanda por dragagens e aumenta poluição hídrica - fatores que promovem o declínio da atividade pesqueira e a perda de resiliência neste sistema socioecológico (Stori, 2010). Para Gunderson e Holling (2000) resiliência seria a capacidade de absorver os distúrbios do ecossistema e ainda assim manter o sistema socioecológico íntegro. No caso dos sistemas sociais, a resiliência diz respeito à sua capacidade adaptativa, isto é, a capacidade que um sistema socioecológico possui de aprender, organizar-se e adaptar-se frente a distúrbios, sem perder sua estrutura e função (Holling, 2001 *apud* Seixas & Berkes, 2005).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2002): *“Programas de expansão portuária são por si só, ações de grande impacto ambiental para a região costeira. Essas obras têm como função dotar os estados de infraestrutura necessária para a instalação de parques industriais, cujas atividades beneficiam a economia dos estados em uma escala macro. Porém, os impactos econômicos, ecológicos e sociais desses empreendimentos numa escala que inclui as populações tradicionais pesqueiras que habitam a zona costeira, deveriam ser tratados com muito mais interesse e importância ao considerar essas ações por um prisma do desenvolvimento sustentável”*.

A comunidade da Ilha Diana é uma dessas comunidades, reconhecida no município de Santos pela atividade pesqueira artesanal e manutenção do modo de vida *caiçara*, porém até hoje sem o reconhecimento legal de seu território situado sobre área de manguezal, cuja ocupação remonta à década de 1930 (Stori, 2012). Seus habitantes estão presenciando um novo desafio à sua tradição. No ano de 2006 um terminal portuário privado recebeu do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a Licença de Instalação (LI) para desmatar, aterrar e construir sobre uma área de manguezal e restinga de 803 mil metros quadrados, território de pesca da comunidade tradicional. O Licenciamento Ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental autoriza a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental (CONAMA, 1997).

A Ilha Diana foi considerada área diretamente afetada (ADA) pelo empreendimento. Desta forma, observa-se a emergência de uma controvérsia entre a necessidade econômica da expansão portuária e a sustentabilidade dos bens e serviços ofertados pelo ecossistema estuarino, com consequências diretas para as comunidades costeiras.

Latour (2000) afirma que as controvérsias precedem um enunciado científico ou uma inovação tecnológica. Ao se estudar as controvérsias, compreendemos a construção dos fatos, da mudança ou inovação. Afirma também que a construção de fatos de mudanças sociotécnicas é um processo coletivo em que se busca a compreensão das lógicas da ação dos atores, seus papéis, do processo de tradução e

das interações estabelecidas entre entidades individuais ou coletivas.

A trajetória da controvérsia da instalação de um terminal portuário em um território de pesca bem delimitado, no qual até o momento apresenta elementos da cultura *caiçara* em meio a um espaço industrial-portuário-urbano, mostra-se um tema que desperta a curiosidade científica e propicia a aplicação dos referenciais teóricos escolhidos para análise.

Com base nos referenciais das Economias de Grandeza e da Sociologia da Tradução (Boltanski e Thévenot, 1991; Callon 1981; Callon, 1986; Amblard *et al.*, 1996; Silva, 2005; Beuret, 2006; Beuret *et al.*, 2006), apresentamos neste manuscrito uma análise da trajetória da controvérsia em torno do licenciamento ambiental de um terminal portuário no estuário santista, bem como a análise das lógicas de ação dos atores sociais envolvidos nesta controvérsia e como estas visões de mundo regem as políticas públicas de gestão territorial e determinam o futuro dos ecossistemas e das comunidades no estuário de Santos (Brasil).

## 2. MÉTODO

### 2.1. Área de estudo

O município de Santos, localizado na costa Sudeste do Brasil, possui 281 km<sup>2</sup> de área (Fig.1). De acordo com o censo de 2010, o município possui cerca de 419.400 habitantes (IBGE, 2010).

O município se desenvolveu economicamente atrelado ao setor portuário. De acordo com o resumo das movimentações de cargas no Porto de Santos (disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/>) o Porto de Santos movimentou mais de 104,5 milhões de toneladas no ano de 2012 e por ele passam 55% do PIB e 49% da produção nacional entre produtos agrícolas e industriais, como: álcool, açúcar, soja, fertilizantes, óleo diesel, sucos cítricos, trigo, carne, café, sal e GLP (gás liquefeito de petróleo). De acordo com o ranking mundial de movimentação de contêineres elaborado pela revista britânica *Containerisation Internacional*, o Porto de Santos ocupou o 30º lugar em 2011 com a movimentação de 2.985.922 Teus (unidade de medida equivalente a um contêiner de 20 pés)”.

O crescimento da região trouxe riquezas, mas gerou também diversos passivos ambientais dentre eles destacam-se a poluição das águas estuarinas, sedimentos e organismos aquáticos, provocada pela combinação de fontes múltiplas, como o porto, as indústrias, os lixões e aterros industriais, esgotos, entre outros (Lamparelli *et al.*, 2001; Abessa *et al.*, 2008). Para Afonso (1999), a Baixada Santista de fato se destaca como a área mais comprometida de toda a zona costeira paulista, com suas águas, solo, ar e matas, contaminados pelas atividades industriais, portuárias e pelo lançamento de efluente doméstico não tratado. Outro problema histórico é a ausência de planejamento do uso do solo, que provocou a supressão de extensas áreas de florestas de manguezais e restingas e permitiu a instalação de empreendimentos portuários, aterros, desvios e assoreamento de canais estuarinos, além da invasão de ocupações irregulares (Lamparelli *et al.*, 2001; Tommasi, 1979; Afonso, 1999).

O terminal portuário objeto deste estudo, localiza-se na área continental do município de Santos, entre as coordenadas

geográficas Lat. 23°55' S e Long. 46°19' W (Fig. 1), sobre uma área de 803 mil metros quadrados de manguezal e restinga, classificada no Plano Diretor Municipal como Zona Portuária. Espera-se que quando concluído, o terminal com 1100m de extensão, receba simultaneamente até 8 navios e tenha capacidade para movimentação anual de 1,2 milhão de contêineres, 200 mil veículos, 2 milhões de toneladas de granéis sólidos vegetais e até 5 milhões de metros cúbicos de granéis líquidos, principalmente álcool. Estima-se a geração de cerca de mil empregos diretos e outros 1,1 mil indiretos (EMBRAPORT, 2003).

## 2.2. Considerações teóricas sobre a abordagem utilizada

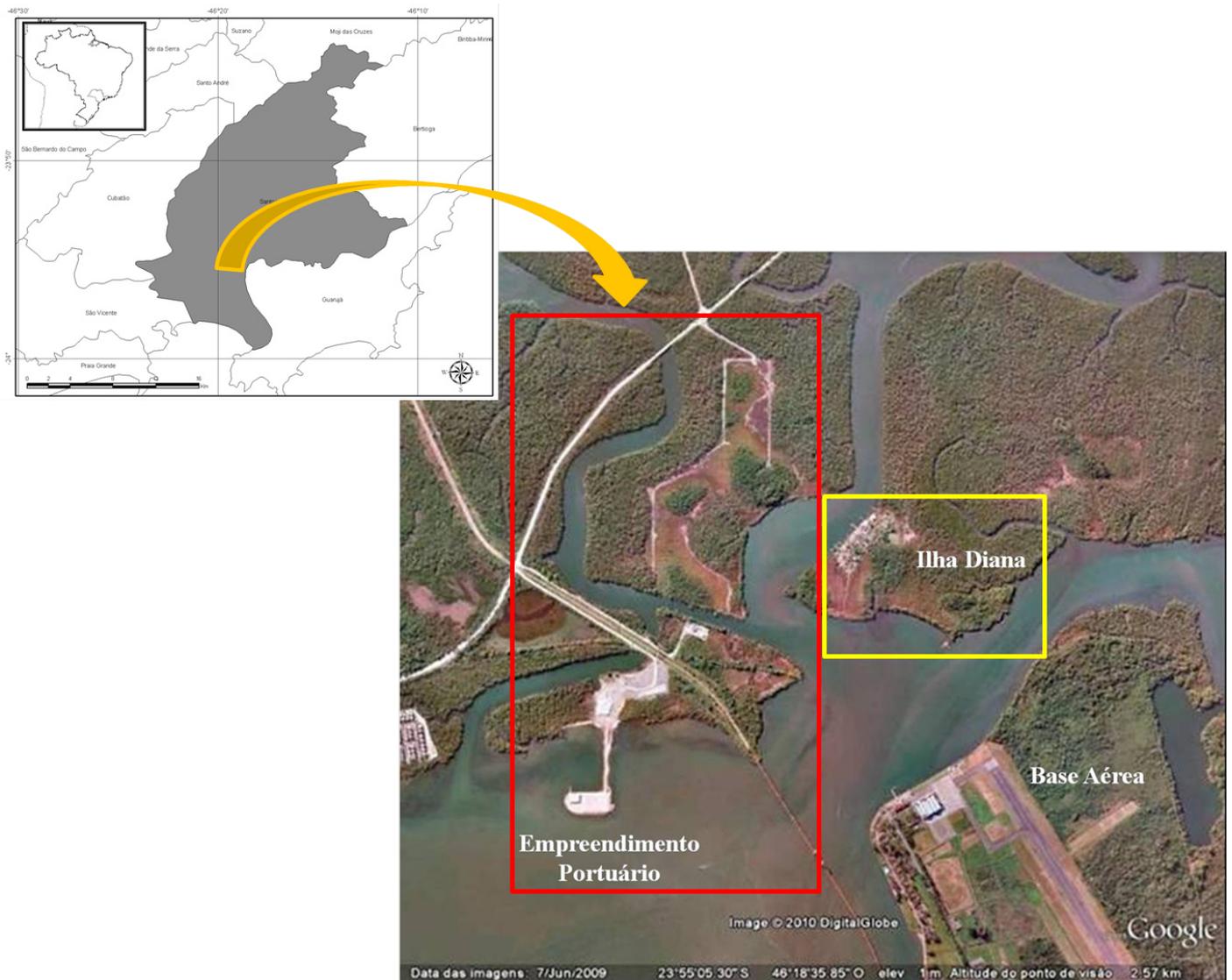
Redes de gestão vêm se difundindo nos territórios mais diversos, porém nem sempre estas obtêm sucesso em participação, legitimidade, continuidade e efetividade. De acordo com Silva (2005), com vistas a investigar os pontos de sucesso ou insucesso da gestão participativa, Michel Callon e Bruno Latour, (Callon, 1986; Callon, 1999; Latour, 2000),

desenvolveram a teoria da Sociologia da Inovação, Sociologia da Tradução ou Sociologia das Redes Sociotécnicas.

Para os autores da Sociologia da Tradução, as inovações ou acordos são viabilizados por redes sociotécnicas, que seriam organizações complexas (ou meta organizações), integradas por entidades humanas ou não humanas (atores ou atuantes); individuais ou coletivas; definidas por seus papéis, suas identidades e programas, colocadas em intermediação umas com as outras (Silva, 2005).

Uma inovação tecnológica não se impõe apenas por suas qualidades, mas sim pela rede sociotécnica que a viabiliza (Callon, 1986). A dinâmica das relações é plena de controvérsias, negociações, ajustes de posições e interesses que, quando migram para um ponto convergente, chamado de “Ponto de Passagem Obrigatório”, forma o núcleo da rede que sustenta a inovação (Callon, 1986).

Traduzir é tornar inteligível para um determinado ator, o enunciado produzido por outro ator que adota uma lógica de ação diversa (Callon, 1986; Callon, 1999). O



**Figura 1.** Delimitação geográfica do município de Santos e localização do empreendimento portuário no estuário (Fonte: Google Earth, 2010).

**Figure 1.** Geographical boundaries of Santos municipality and the site of the port terminal in the estuary (Source: Google Earth, 2010).

tradutor deve ser um ator social com legitimidade suficiente para estabelecer um elo de inteligibilidade entre os outros atores, favorecendo a recomposição de uma mensagem, de um fato ou uma informação e estimulando a cooperação. É provável que no início do processo de tradução as posições entre os atores envolvidos sejam divergentes, porém é função do tradutor unificá-las e colocá-las em relação de forma inteligível possibilitando compreender as vozes falando em uníssono, se compreendendo mutuamente e convergindo em interesses (Silva, 2005).

Beuret (2006) propõe que a tradução se dê de forma cíclica e compreende três níveis: tradução científica, cruzada e institucional. Para o autor, quanto maior o número de vezes de ocorrência do ciclo da tradução, maior é a sustentabilidade de uma atividade. A tradução científica é normalmente conduzida por um pesquisador, que traduz o resultado de suas pesquisas para os demais atores sociais. A tradução cruzada pode ser realizada por um extensionista, produtor ou pesquisador, que transfere as informações de modo inteligível entre dois ou mais atores distintos. Por fim, a tradução operacional e institucional permite a assimilação das idéias e acordos realizados pelos diversos atores em forma de regras e projetos de desenvolvimento.

Silva (2005) acredita que a identificação das lógicas de ação pode auxiliar na elaboração de estratégias pelo poder público para a melhoria das coordenações entre os diferentes segmentos que integram uma atividade. O autor se baseou na teoria das Economias de Grandeza, desenvolvida por Luc Boltanski e Laurent Thévenot, para identificar as justificativas e princípios que nortearam as coordenações estabelecidas entre atores para a construção das redes sociotécnicas da piscicultura em territórios distintos.

As Economias de Grandeza buscam entender como os acordos estabelecidos são justificados pelos membros da sociedade. Amblard *et al.* (1996) afirmam que a grandeza é uma caracterização do que é grande ou pequeno aos olhos daqueles que integram um mundo específico e que as relações estabelecidas podem ter referências em uma ou mais grandezas. De acordo com o mundo em que os atores estão inseridos, as atitudes serão percebidas de forma diferente. Boltanski e Thévenot (1991) definiram seis Princípios Superiores Comuns, que são grandezas nas quais os indivíduos estabelecem acordos ou litígios: Doméstica, Cívica, Industrial, Comercial, de Inspiração e Opinião.

A grandeza doméstica compreende ao mesmo tempo três ordens imbricadas: uma é temporal, devido à fidelidade das pessoas aos costumes; outra é espacial, de familiaridade; e uma terceira é hierárquica, de autoridade. A confiança é uma característica dessa grandeza. As figuras de referência são as da família, da tradição, dos ancestrais. As relações motivadas por fatores socioculturais em um determinado território estão inseridas nessa grandeza (Amblard *et al.*, 1996).

A grandeza comercial é fundamentada sobre o princípio da concorrência, e os preços são a referência do valor dos objetos. É o mundo dos interesses particulares e as pessoas estão em relação por ocasião dos negócios. Essas relações estabelecidas são caracterizadas pelo oportunismo. A ligação social é fundamentada somente pelas trocas, que são feitas supostamente em benefício de todos, para contribuir para o bem comum. Esse mundo é caracterizado pelo concorrencial,

pela captação de clientela, obtenção dos melhores preços e do máximo proveito das transações. Para essa grandeza, o mundo doméstico não é suficiente, pelo fato das relações domésticas impedirem a obtenção de sucesso com o aproveitamento de todas as oportunidades comerciais (Amblard *et al.*, 1996).

A grandeza industrial não pode ser confundida com as características da grandeza comercial, apesar de ambas constituírem coordenações de ordem econômica. No mundo industrial, o desempenho técnico e a ciência são o fundamento de eficácia. Investir em tecnologia, maquinários, na capacitação de operadores e monitorar a produtividade do sistema, são características típicas do mundo industrial (Amblard *et al.*, 1996). Para esses autores, uma empresa fortemente equipada, moderna na sua forma de produzir, com profissionais que dominam integralmente a tecnologia, constituem essa grandeza.

Para a grandeza cívica o interesse coletivo está acima do interesse particular. As pessoas se mobilizam em torno de noções como equidade, liberdade e solidariedade. O cooperativismo é uma forma de organização que se enquadra nesse tipo de grandeza, com ênfase no coletivo e na solidariedade. O interesse coletivo não significa uma soma dos interesses individuais, mas um interesse superior comum (Amblard *et al.*, 1996).

Para a grandeza opinião, somente a consagração pública importa. Não importa o espírito criador do mundo de inspiração, ou os respeito às tradições do mundo doméstico. No primeiro caso, há o risco de provocar a incompreensão pública e o isolamento. No segundo caso, a limitação da ação a regras, impediria alcançar a celebridade.

A grandeza de inspiração estabelece uma ligação imediata entre as pessoas e uma totalidade. Para Amblard *et al.* (1996) “o homem criativo e sua equipe em uma agência de publicidade, o pesquisador e seus colegas de laboratório, assim como o arquiteto e seus assistentes, são pessoas fortemente submetidas ao mundo da inspiração”.

### 2.3. Procedimentos de coleta e análise de dados

Este estudo foi desenvolvido de julho de 2006 a novembro de 2010. Inicialmente, para realizar a seleção dos entrevistados a pesquisadora frequentou, no período entre 2006 e 2009, diversos fóruns de discussão sobre desenvolvimento e meio ambiente na Baixada Santista, tais como: reuniões do Grupo Setorial de Gerenciamento Costeiro da Baixada Santista; Agenda Ambiental Portuária; Rede de Educação Ambiental da Baixada Santista, Audiências Públicas e seminários acadêmico-científicos. Para contatar os representantes institucionais escolhidos foram enviadas cartas-convite (com aviso de recebimento). Representantes de duas instituições selecionadas não responderam ao convite enviado: Secretaria Especial de Portos vinculada à Presidência da República e Secretaria de Assuntos Portuários vinculada à Prefeitura de Santos. A entrevista com o presidente da Associação de Melhoramentos da comunidade da Ilha Diana foi realizada em julho de 2008 e entre Junho e Agosto de 2009, foram entrevistados outros dez atores sociais envolvidos na controvérsia do licenciamento ambiental do terminal portuário, totalizando onze entrevistados. Para a realização das entrevistas semiestruturadas (Viertler, 2002)

foram formuladas questões fechadas para caracterização socioeconômica e questões abertas comuns para todos os entrevistados, sobre: o objetivo da instituição que representa; a opinião da instituição a respeito do futuro dos manguezais remanescentes e da pesca no estuário Santista; a opinião da instituição com relação aos projetos de expansão portuária; a opinião da instituição sobre a controvérsia entre a conservação dos manguezais remanescentes no estuário santista e a expansão portuária; os impactos positivos e negativos que o terminal portuário irá causar; o posicionamento da instituição na controvérsia entre a instalação do terminal portuário e a comunidade pesqueira da Ilha Diana, e ainda, sobre o que seria necessário para compatibilizar a expansão portuária com a manutenção do modo de vida caíçara no estuário Santista. Também foram elaboradas questões específicas para cada entrevistado, buscando entender qual é a atividade de cada instituição no território estudado. Ainda, com base no conhecimento prévio de atitudes contraditórias de alguns entrevistados frente ao posicionamento institucional que deveriam ter, foram formuladas questões buscando averiguar tais posturas conflitantes. Solicitamos aos atores selecionados que representassem a postura de suas instituições e/ou instâncias, contudo, por vezes o opinião individual preponderou sobre a missão institucional. A Tabela 1 apresenta a listagem das instituições ou instâncias políticas entrevistadas.

Dezoito horas de falas foram transcritas e posteriormente, identificadas as que melhor esclarecessem como se deu a emergência da controvérsia estudada e como se decidiu pela instalação empreendimento portuário.

Em seguida, procedeu-se a análise da trajetória da controvérsia do licenciamento ambiental do terminal portuário e das lógicas de ação que regeram a negociação da controvérsia no território estudado, com base nos referenciais das Economias de Grandeza propostas por Boltanski e Thévenot (1991) e da Sociologia da Tradução (Callon 1981, 1986; Amblard *et al.*, 1996; Silva, 2005; Beuret, 2006;

Beuret *et al.*, 2006). As falas transcritas foram classificadas de acordo com as características predominantes dos seis Princípios Superiores Comuns das Economias de Grandeza, e foram escolhidas as frases mais significativas para representar as visões de mundo dos atores entrevistados.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Trajetória da controvérsia do licenciamento ambiental do terminal portuário

No ano de 1998 o grupo responsável pela construção do terminal portuário privativo comprou o terreno em estudo, cuja escritura remonta ao início do século XIX e que havia sido incorporado aos ativos da Companhia Docas de Santos em 1927 e vendido a um banco nos anos 1980. A partir de então, a empresa iniciou as tratativas para construir o porto.

Em 2000 a empresa apresentou o Relatório Ambiental Prévio (RAP) ao Departamento de Avaliação de Impactos Ambientais da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (DAIA). O DAIA forneceu um parecer negativo ao empreendimento, pelo fato deste incidir sobre manguezal, portanto Área de Preservação Permanente de acordo com o Código Florestal Brasileiro vigente à época (Lei Nº 4.771/65- Presidência da República do Brasil, 1965). De acordo com a legislação ambiental, a supressão de tal vegetação só poderia ser autorizada em casos de utilidade pública ou de interesse social e quando não existisse outra alternativa técnica e locacional. A Prefeitura de Santos então emitiu um decreto declarando a utilidade pública ao terminal portuário, embasados na justificativa de que serviços de transporte são de utilidade pública, independente do direito de propriedade do serviço ofertado.

Na sequência, a empresa reapresentou ao DAIA os estudos de impacto ambiental e a primeira audiência pública, que estava prevista para Janeiro de 2002 foi cancelada por liminar (i.e. ordem judicial provisória) do Ministério Público Federal (MPF), contestando a competência do Estado de São

**Tabela 1.** Listagem dos atores entrevistados e suas respectivas instituições ou instâncias políticas.

**Table 1.** List of stakeholders interviewed and the institutions they represent.

Ator 1	Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP)
Ator 2	Terminal Portuário
Ator 3	Ministério Público Federal (MPF)
Ator 4	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)
Ator 5	Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP)
Ator 6	Poder Legislativo do Município de Santos
Ator 7	Secretaria de Planejamento do Município de Santos
Ator 8	Instituto de Pesca - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Ator 9	Federação dos Pescadores do Estado de São Paulo e Colônia de Pesca Z1 "José Bonifácio"
Ator 10	Organização Não Governamental com representação no Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA)
Ator 11	Sociedade de Melhoramentos da Ilha Diana (ADA)

Paulo para conduzir o licenciamento, pois considerava que este, por estar dentro de área portuária, deveria ocorrer em âmbito federal. O processo foi direcionado ao órgão federal competente, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que convocou uma nova audiência pública para Janeiro de 2005. A partir de então, o IBAMA conduziu o processo, emitindo a Licença Prévia (LP) em Junho de 2005 e a Licença de Instalação (LI) em Agosto de 2006. A LI impôs 32 condicionantes socioambientais, relativas a todos os programas que a empresa deveria cumprir.

Como medidas mitigadoras e compensatórias o IBAMA estabeleceu 24 programas e subprogramas, somando 32 atividades que condicionariam o licenciamento. Estas condicionantes estão relacionadas à implantação e apoio às Unidades de Conservação, melhorias da qualidade ambiental da obra, comunicação com as populações afetadas, elaboração de um programa de apoio à pesca, condução de um programa de resgate arqueológico nas áreas de ocorrência de sambaquis (depósitos de conchas de bivalves, resíduos da alimentação de antigos povos indígenas), dentre outros (EMBRAPORT, 2003).

Para atender a estes requisitos, o terminal portuário subcontratou empresas de consultorias para fazer o diálogo com a comunidade da Ilha Diana (ADA). Entretanto foi verificada uma grande falta de informação por parte dos moradores da Ilha Diana sobre o que de fato seria o empreendimento, muitos desconhecendo que haveria tambores para armazenamento de etanol, o que traz sérios riscos ambientais ao entorno (Stori, 2010). Verificou-se que não houve neste processo a figura de um tradutor que colocasse em contato os diferentes atores, esclarecendo a realidade do empreendimento que estava sendo concebido, muito menos um tradutor que coordenasse um planejamento comum para o futuro do território estudado – ou seja, não houve um processo de concertação.

### 3.2. Lógicas de Ação que conduziram aos acordos para a instalação do terminal portuário

Procedemos a análise dos relatos obtidos com base nos referências teóricos previamente mencionados (Boltanski e Thévenot, 1991; Callon 1981; Callon, 1986; Amblard *et al.*, 1996; Silva, 2005; Beuret, 2006; Beuret *et al.*, 2006), sendo identificados valores e visões de mundo que regeram as lógicas de ação dos atores em torno da negociação da controvérsia no território estudado.

Constatamos que grandeza comercial é predominante nas lógicas de ação de três representantes entrevistados: da Companhia Docas do Estado de São Paulo (Ator 1), do Terminal Portuário (Ator 2) e da Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Santos (Ator 7). Apresentaram grandeza industrial em suas falas os representantes de três instituições: da Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Santos (Ator 7), do Instituto de Pesca (Ator 8) e da Federação Paulista de Pescadores (Ator 9). A grandeza cívica predominou no discurso de quatro representantes: do Ministério Público Federal (Ator 3), do IBAMA (Ator 4), da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Ator 5) e da Organização Não Governamental (Ator 10). A grandeza de opinião foi predominante nas falas de dois representantes: Poder Legislativo do Município de Santos (Ator 6) e Instituto de Pesca (Ator 8). A grandeza de inspiração foi observada na fala do representante da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Ator 5). Apenas o representante da comunidade da Ilha Diana (Ator 11) apresentou predominantemente a grandeza doméstica.

As justificativas dadas por esses atores para a viabilidade da instalação do empreendimento constituem-se em suas lógicas de ação, as quais são identificadas pelas visões de mundo destes atores, regidos por grandezas diversas. As falas mais expressivas das grandezas identificadas estão destacadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Grandezas identificadas representadas pelas falas dos informantes.

**Table 2.** *Grandeurs represented by informants' statements*

Ator	Grandeza Predominante	Lógicas de ação
Ator 1 Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP)	Comercial	<i>“Os manguezais, a gente tem que entender que essas áreas tem uma tendência natural dentro do estuário de Santos para a expansão portuária. Quando a gente está discutindo nesse momento o Zoneamento Ecológico Econômico no Estado, a gente está querendo indicar a Área Continental de Santos para abrigar novos empreendimentos, por uma questão natural. O Porto de Santos, mais do que qualquer outro porto no país, está sempre com uma necessidade de melhoria, de expansão, de crescimento, porque a economia brasileira está crescendo para a nossa alegria e felicidade e, nós somos o maior porto do hemisfério Sul, nós somos o maior porto do Brasil, da América Latina e tem uma tendência de crescimento muito boa, nós estamos num momento de crise internacional, onde tudo dá uma caída, mas Santos está conseguindo se equilibrar.”</i>

**Tabela 2.** Grandezas identificadas representadas pelas falas dos informantes.**Table 2.** Grandeurs represented by informants' statements

<p>Ator 2 Terminal Portuário</p>	<p>Comercial</p>	<p>“Quando eu falo que não vejo futuro na pesca aqui é porque o futuro de Santos é o Porto, ele é uma estrutura absolutamente adequada e o governo investiu milhões de reais em estradas em ferrovias, agora o Rodoanel (complexo viário em torno da cidade de São Paulo) está chegando e ele realmente tem atendido exceto na própria infraestrutura portuária... Os projetos de expansão são imensos aqui em Santos, se você imaginar que Barnabé-Bagres (outro terminal portuário em estudo) vai dobrar a quantidade de cais, mas não um cais vagabundo desse, antigo, sem retroárea, porque em um cais sem retroárea você não tem espaço para estacionar caminhões, anéis ferroviários, então o projeto Barnabé-Bagres é um projeto moderno, que já sai com um conceito de logística como se busca fazer hoje. Então o futuro de Santos é extraordinário e as coisas vão acontecer aqui mesmo”.</p>
<p>Ator 3 Ministério Público Federal (MPF)</p>	<p>Cívica</p>	<p>“A gente que trabalha na área de impactos ambientais sabe que de uma forma ou de outra, chega um momento em que os aspectos técnicos não vão interessar, não vão ser suficientes para brechar o empreendimento e eles vão achar uma outra forma de meter o empreendimento goela abaixo. Por mais bem qualificado que sejam os seus argumentos técnicos, às vezes a decisão é política. A gente está vendo isso no caso do licenciamento das usinas (hidrelétricas) lá no Rio Madeira em Rondônia... quantos pareceres técnicos foram emitidos alertando as implicações do projeto? Mas o Governo quer, é obra do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal), e isso tem muito no caso desse terminal portuário”.</p>
<p>Ator 4 Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)</p>	<p>Cívica</p>	<p>“É um problema grave, a gente tem um estuário contaminado, portanto é uma área que nem se sabe se seria conveniente autorizar a pesca ali, tem estudos sendo desenvolvidos por universidades, então não sabe se seria até o caso de se proibir a pesca dentro do estuário por conta da contaminação, ou buscar alternativas para se descontaminar o estuário, que é algo que eu nunca vi. Até porque a gente não vê propostas de ‘vamos descontaminar a área’, porque não é simples. Se você tem sedimentos contaminados no fundo, o ideal seria não mexer nesse fundo, mas é uma área portuária, precisa de dragagem. Agora como descontaminar isso? Quem vai arcar com esse custo? Quem é o dono dessa contaminação? É viável pescar ali dentro? Por mais que sejam comunidades tradicionais. Então o futuro do manguezal vai depender do interesse político em trabalhar a descontaminação e proteção, ou assumir o estuário como terra arrasada e em vez de degradar outra área, vamos fazer tudo aqui mesmo”.</p>
<p>Ator 5 Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP)</p>	<p>Cívica e Inspiração</p>	<p>“Alguma coisa tem que ser feita urgentemente, não só em termos do planejamento, mas ações corretivas mesmo, porque hoje se tem uma situação onde só o planejamento não atende. Você já tem consolidado formas de ocupação e tipos de projetos que não levaram em conta as condicionantes ambientais. Os projetos geralmente não consideram que você está em uma área de manguezal, que você tem uma drenagem específica, você tem uma condição de solo específica, você tem uma questão de fauna e vegetação específica, o projeto é colocado ali como se fosse em qualquer outro lugar. Hoje se projeta um aeroporto, uma pista ou uma ampliação portuária e define isso no papel e, às vezes, vem até um projeto de fora, como a gente viu no caso da proposta de porto em Peruíbe(SP-Brasil) era um projeto que não tinha nada a ver com a realidade da região. Então estes grandes empresários normalmente trabalham assim, com formas de ocupação não adaptadas, e no meu entendimento a gente deveria trabalhar da forma contrária. Primeiro se estuda o ambiente e define o projeto adequado para aquela região. Isso possibilitaria com que se tivesse hoje ainda uma capacidade do ambiente suportar outras intervenções. Hoje, da forma como fizemos, alterando, aterrando, derrubando morro, alterando a drenagem e desmatando, já se criou uma situação em que um projeto melhor não resolve a situação da região. O estuário da Baixada Santista é o caso mais crítico de todo nosso litoral, pela forma inadequada com que foi feita a ocupação. Eu sempre falo para meus alunos que o litoral é como terra de ninguém, como são os Terrenos de Marinha, nunca ficou muito claro a dominialidade dessa área, então leva quem chega primeiro”.</p>

**Tabela 2.** Grandezas identificadas representadas pelas falas dos informantes.**Table 2.** Grandeurs represented by informants' statements

<p style="text-align: center;"><b>Ator 6</b> Poder Legislativo do Município de Santos</p>	<p style="text-align: center;"><b>Opinião</b></p>	<p>“A minha estória com esse projeto especificamente, mudou a minha vida. Quando ele começou a ser implantado eu era um ambientalista, professor de biologia, ou seja, eu não estava na política. E a gente fez um contraponto. ... Eu entrei na política em 2001 e o processo de licenciamento durou 9 anos. Para mim foi, não sei se uma evolução ou involução, de relação com os poderes instituídos econômicos. ... O projeto sofreu uma resiliência, ele foi se moldando com algumas pressões que a gente fez, então houve uma abertura que nunca existiu em outros projetos. ... A Área Continental era o sonho do empresariado, tem infraestrutura de malha viária, de malha ferroviária e tem áreas que são ainda naturais. Então para mim foi até de certo ponto doloroso vivenciar isso, porque eu tinha que ter posições políticas condizentes com o que eu estava acompanhando e teve muita gente que disse: você traiu a causa! Uma cidade portuária, a vocação, o Porto precisa crescer. O projeto é bom, o consultor dos estudos ambientais me sensibilizou pra caramba.” ... “Hoje nós estamos numa era que não dá para ter aquele discurso catrastofista do final dos anos 60 quando surgiu a teoria de Gaia e nasce o movimento ambientalista. Nós estamos hoje numa questão pragmática: vocês querem suprimir meu mangue? Por quê? Porque vai gerar 2 mil empregos diretos, 6 mil indiretos. Isso é importante pra balança comercial da cidade? É! Então vamos suprimir, é assim que se dá uma análise de licenciamento. Por exemplo, se for um projeto dentro do PAC, o licenciamento ambiental é litúrgico, é uma mera formalidade, dêi te falar isso... Então as forças da sociedade têm que aparecer. Audiência Pública é bom? É maravilhoso! Agora eu sinto que as pessoas tem medo de se expor”.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ator 7</b> Secretaria de Planejamento do Município de Santos</p>	<p style="text-align: center;"><b>Comercial e Industrial</b></p>	<p>“A missão da Secretaria de Planejamento é que a gente garanta a possibilidade de equilíbrio do sistema como um todo, ou seja, há a necessidade da nossa cidade de se desenvolver. Temos o maior porto do hemisfério Sul, estamos próximos do maior centro financeiro do país que é São Paulo, somos uma cidade turística e polo da região metropolitana. Se não bastasse tudo isso, agora nós temos com essa descoberta do petróleo e gás uma expectativa de crescimento muito grande para nossa cidade e região. Então a importância do planejamento está em preparar o território e a população também, porque o grande desafio do mercado chama-se requalificação profissional. Uma das questões que o governo de Santos trabalhou foi implantar o primeiro centro de excelência portuária do país de requalificação para o trabalhador portuário. Ao invés dele carregar saco nas costas, agora ele vai aprender a apertar o botão, a trabalhar com o computador, trabalhar com aquele maquinário. A requalificação profissional é importante para inserir a população nesse processo de crescimento que a cidade está vivendo”.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Ator 8</b> Instituto de Pesca - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo</p>	<p style="text-align: center;"><b>Opinião e Industrial</b></p>	<p>“Olha a região que você está falando! Quanto de linha de costa nós temos? Você está falando do estuário de Santos. O estuário não é nada para o Brasil... Não pode ser simplista, tentar achar um culpado. Essa empresa é nacional! ... Não tem nenhuma empresa boazinha, porque a empresa vive do capitalismo e para lucrar e pagar os funcionários é preciso ganhar... é tudo na ponta do lápis, nenhuma empresa vai fazer algo em troca de nada... mas hoje existem os selos, as ISOs (certificações como ISO 9.000 e ISO 14.000), porque para sobreviver você precisa ter essa idéia... então o empresário hoje não sobrevive mais se não tiver uma concepção de todo o SMS – saúde, meio ambiente e segurança- e isso é por causa da globalização, o mundo hoje é uno de novo”.</p>

**Tabela 2.** Grandezas identificadas representadas pelas falas dos informantes.**Table 2.** *Grandeurs represented by informants' statements*

<p>Ator 9 Federação dos Pescadores do Estado de São Paulo e Colônia de Pesca Z1 "José Bonifácio"</p>	<p>Industrial</p>	<p>"Hoje acredito, os pescadores preferem um bom emprego do que estar na pesca. Eu aconselharia que fizessem os cursos de aquaviário e se profissionalizassem para ir para o alto mar (pesca industrial). Porque a condição de ganho é muito maior do que trabalhar dentro do estuário e eles teriam amparo social, amparo trabalhista, INSS (Instituto Nacional do Seguro Social). Trabalhando da forma como estão, eles não tem férias, 13º. Pagamento... teriam se tivesse defeso, fundo de garantia, por isso que a minha luta é por essa escola. Se o governo criar essa escola de pesca no TPPS (Terminal Pesqueiro Público de Santos), eu vou procurar apoio dessas empresas, porque eu conseguindo esses cursos de aquaviários vou tirá-los daqui da área estuarina e vou levá-los para alto mar! Por causa do desenvolvimento do Porto. É uma coisa que ninguém vai conseguir impedir - o crescimento do Brasil. Isso é o crescimento do Brasil, ou não é? Eu não posso estar lutando contra o crescimento do Brasil!."</p>
<p>Ator 10 Organização Não Governamental com representação no Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA)</p>	<p>Cívica</p>	<p>"O terminal... se essa moda pegar nós estaremos quebrados. E ela vai pegar, eu acho. De acordo com a divisão de competências, quem licenciaria o terminal seria o Estado de SP, quem licenciaria a BTP (outro terminal) seria o Estado. Eu não sei qual o acordo que foi feito... dentro da teoria dos jogos: todo mundo sentou, o Ministério Público sentou, e definiram que o licenciamento ia ser Federal e ia-se ouvir o Estado por que a Lei fala isso. Ouve-se o Município, ouve-se o Estado. Quem está atraindo pra si é a União. A União Federal com essa ânsia e essa sede de licenciar portos e fazer grandes obras e PACs e continuar com essa loucura de atrair para si os licenciamentos de portos... e qual foi o acordo? O acordo é: o IBAMA licencia, divide-se o licenciamento em duas partes, que é um erro crasso na minha concepção, licencia a viabilidade ambiental do empreendimento e o Estado licencia a atividade de descontaminação. Se eu partir para a raiz do Direito Ambiental que tem como suporte, três princípios prevenção, precaução e poluidor-pagador, eu transgredi a essência do Direito Ambiental! Porque eu estou dando uma Licença Ambiental Prévia, que pressupõe a análise total, até a onde a gente puder imaginar, do princípio da precaução para depois entrar na fase da prevenção, que é a questão das mitigações. Então eu vou Licenciar em duas parte, ou seja, vou dizer que ele é ambientalmente viável e digo que ele superou a fase da precaução, quando eu nem tenho uma definição específica de todos os aspectos da descontaminação, que vai ser feita à critério do Estado. Então eu divido em duas coisas e o processo anda rápido no IBAMA, porque eles tem toda a possibilidade de fazer o processo andar rápido, há uma concertação do Governo Federal para que os licenciamentos andem rápido, você está vendo aí as notícias: o PAC tem que andar... caiu a Marina Silva, vai cair o Minc (ambos ex-Ministros de Meio Ambiente do Brasil), e quanto os outros tentarem impedir vão cair."</p>
<p>Ator 11 Sociedade de Melhoramentos da Ilha Diana (ADA)</p>	<p>Doméstica</p>	<p>"Não adianta eu falar que sou contra... quem sou eu pra falar não? Com os poderosos lá dentro, se o Meio Ambiente liberou? Todos são a favor, então a gente não tem força nenhuma... o Meio Ambiente liberou! Quanto de imposto vai entrar no cofre da Prefeitura? Você acha que ela vai perder essa fonte? Então tem que trazer o máximo de benefício para a comunidade. Depende também da comunidade ser mais unida, a comunidade não pode esperar por mim sozinho. O presidente Lula resolve sozinho? Só que a antiga presidência da Associação não fazia nada. Pegava assinatura e não repassava. Se o Meio Ambiente liberou, quem é a gente? Então eles têm que dar algum benefício pra nós. Alguma coisa que reponha o prejuízo que nós vamos tomar. Só que o terminal em si não pode fazer nada, né? Só pode fazer com autorização da Prefeitura. Tudo que ele faz, ele tem licença da prefeitura. É o terminal, mas quem leva o nome é a Prefeitura."</p>

#### 4. DISCUSSÃO

Verificamos que as lógicas de ação comerciais e industriais são as visões de mundo dominantes no território estudado e definem a estratégia da expansão portuária no estuário santista. As lógicas de ação cívica, familiar, opinião e de inspiração, apenas exerceram o contraponto às visões dominantes na forma de condicionantes socioambientais ao licenciamento do terminal portuário instalado. Ou seja, na área estudada a formulação de políticas públicas é dominada pela lógica desenvolvimentista predominante nas lógicas de ação comerciais e industriais. Esses atores formam uma rede de gestão sólida, aliada aos interesses econômicos e políticos dominantes no sistema capitalista. Ambientalistas, cientistas, comunidades tradicionais, dentre outros atores neste sistema, não conseguiram viabilizar a conservação ambiental no estuário santista, desta forma, atuam apenas aportando subsídios técnicos-científicos para que tais projetos não sejam implantados sem a observância rigorosa às leis ambientais, trazendo o aporte de tecnologias sustentáveis e mitigando efeitos negativos às comunidades que sobrevivem da pesca no estuário.

Constatamos, portanto, que a decisão a favor da instalação do empreendimento foi imposta com base no discurso da necessidade da expansão do Porto de Santos de modo a sustentar o desenvolvimento de todo um país. As justificativas para a concentração de uma vasta gama de empreendimentos portuários no estuário de Santos se deram pelo fato da região estar próxima do maior centro consumidor do Brasil e onde já há ampla infraestrutura implantada. Ainda, o histórico de degradação e contaminação ambiental, lhe atribuiu o status de melhor alternativa locacional quando comparado a outros estuários ainda ecologicamente íntegros.

Uma vez que o terminal portuário obteve sua licença de instalação, tal fato foi viabilizado porque houve uma rede que o viabilizou. Os representantes institucionais entrevistados lideraram a negociação para que o empreendimento se viabilizasse através da obtenção da licença ambiental que se constitui, portanto, no Ponto de Passagem Obrigatório, ou seja, o Licenciamento Ambiental é o próprio núcleo da rede desenvolvimentista que sustenta a inovação, que é a instalação do terminal portuário. Percebemos, no entanto, que não exaurimos o universo de representantes envolvidos na controvérsia entre a expansão portuária e a necessidade de conservação da biodiversidade dos ecossistemas costeiros, devido à complexidade deste universo, o que é uma limitação ao estudo. Contudo os referenciais teóricos aplicados de fato possibilitaram o entendimento de como o acordo foi estabelecido.

Por outro lado, a conservação dos manguezais do estuário por meio da criação de Unidades de Conservação não é fato viabilizado, pois não possui rede tão bem consolidada quanto à rede desenvolvimentista. Em momentos de embate entre essas redes, em fóruns de discussão p.ex., verificamos grandes assimetrias de poder, ou seja, diferenciais de poder político ou de poder econômico entre os envolvidos, uma vez que os grupos que representam o poder econômico dominante unem-se ao poder governamental, em oposição aos grupos que defendem a conservação ambiental e a segurança das comunidades tradicionais.

Uma vez que essas entidades investigadas apresentaram diferentes visões de mundo e lógicas de ação diversas, seria necessária a atuação de um tradutor no processo que porta a inovação desejada – neste caso, a instalação do terminal portuário. Apesar de ter sido formada uma rede sociotécnica para debater a controvérsia em torno do licenciamento ambiental do porto analisado, a qual teria sua formalidade instituída através das Audiências Públicas, constatamos que não houve um real processo de tradução que promovesse um ambiente de concertação tal qual os autores da Sociologia da Tradução preconizam. Para esses autores, enquanto a negociação tem por objetivo a obtenção de um acordo ou decisão, a concertação trabalha na construção coletiva de objetivos comuns e propostas de ação, estabelecendo uma visão comum de problemas que de início eram vistos por ângulos diferentes (Beuret, 2006; e Beuret et. al., 2006).

Verificamos neste estudo que os possíveis tradutores neste nosso universo amostral não se posicionaram de modo a traduzir de forma clara e transparente os reais impactos advindos do porto em instalação, mas sim, de modo a interceder com apelos de melhoria financeira, e de modo pontual, seduzindo as comunidades em favor do empreendimento.

A tradução, liderada pela empresa portuária através das consultorias contratadas para dialogar com as comunidades e fazer cumprir as condicionantes do IBAMA, não foram transparentes ao ponto de repassar informações qualificadas e se limitaram a oferecer alguns míseros benefícios aos envolvidos - muitos dos quais seriam de inteira responsabilidade do poder público. Verificamos que o dinheiro foi o principal intermediário que cimentou esta rede, em detrimento da informação.

Neste caso, a gestão efetiva deste processo foi conduzida pelo empreendedor seguindo, portanto, suas lógicas e interesses, através de um processo de negociação de condicionantes ambientais e sociais, que resultou em desconfianças e conflitos e demonstra que a rede em questão não é ampla, fortalecida, vigilante e transparente. Um meio de estabelecer uma rede que pensasse no planejamento integrado do território, seria fortalecer os processos participativos de gestão, disponibilizando informações aos cidadãos e empoderando-os para as tomadas de decisões.

Em um cenário real de concertação haveria a necessidade de distribuir o poder decisório igualmente entre os atores sociais envolvidos. No entanto, é questionável se aqueles que detêm o poder estariam dispostos a abrir mão deste em prol de um bem comum, e ainda, se haveria real interesse em traduzir as informações. Desta forma, a tendência é que os atores com mais poder imponham como gestão efetiva do território a sua gestão intencional e, portanto, suas lógicas de ação. Da mesma forma, os órgãos públicos cuja função é exercer a fiscalização e o controle ambiental tem seu poder reduzido por influência dos poderes econômicos e políticos dominantes. Em consequência, os bens e serviços ecossistêmicos e elementos culturais são expropriados, em detrimento dos interesses coletivos ou de estratégias mais sustentáveis para a ocupação e uso dos recursos dos territórios.

Para Santos (2008) o Estado deve se inserir na rede social do território e buscar fortalecer as redes através do incentivo

às relações horizontais baseadas nos valores da grandeza cívica como a transparência, a confiança e a honestidade. Entretanto, caso a inserção do Estado seja apenas para legitimar as lógicas de ação dominantes, este processo será inócuo. Seria necessário fortalecer o próprio poder do Estado como regulamentador e como responsável em preservar o ambiente e promover a equidade social, conforme preconiza a Constituição Federal de 1988 em seu artigo 225 (Presidência da República do Brasil, 1988).

Neste sentido, recomenda-se a instituição de um sistema de concertação para a gestão costeira, no qual as propostas e projetos para o futuro de um território sejam traduzidos, debatidos e planejados entre todos os setores interessados no sistema estuarino de Santos.

Recomendamos ainda, que sejam efetivamente valorados no licenciamento ambiental os custos dos efeitos dos projetos no presente e para as gerações futuras. Externalidades, quando não devidamente valoradas e gerenciadas, geram prejuízos econômicos, sociais e ecológicos (Stori, 2010). Somente uma análise fiel do valor dos bens e serviços ambientais ofertados pelo sistema estuarino de Santos poderia avaliar a viabilidade real da instalação dos empreendimentos, considerando, além dos benefícios econômicos os custos sociais, culturais e das perdas das funções ecossistêmicas. Um empreendimento de significativo impacto ambiental, ao ter seus impactos valorados adequadamente, poderia até ser considerado inviável por acarretar em prejuízos econômicos para toda a sociedade.

Poderíamos até valorar os bens e serviços dos manguezais a partir do valor de uso direto de produção e consumo de produtos da pesca, a partir do valor de uso indireto através dos danos às estruturas públicas e privadas causados por eventos naturais extremos ou pelo valor de uso indireto relacionado ao ecoturismo, educação, ciência e medicina. Tais fórmulas, contudo, sempre contém uma possível subestimação do real valor dessas funções e de sua importância para a sociedade, uma vez que o cálculo é complexo e subjetivo. O valor dos bens e serviços dos manguezais e do estuário santista não está necessariamente vinculado a um valor monetário, mas principalmente à importância destes para a manutenção de sistemas resilientes e sustentáveis.

## 5. CONCLUSÕES

Verificamos que as lógicas de ação comerciais e industriais foram visões de mundo dominantes no território. As lógicas cívica, doméstica, de opinião e de inspiração apenas exerceram o contraponto às visões dominantes, na forma de condicionantes socioambientais ao processo de licenciamento do empreendimento portuário analisado.

A dominância de uma visão de mundo se deu pelo fato viabilizado, não representando necessariamente a assimetria entre o número de atores entrevistados, mas sim pela assimetria de poder que há entre eles.

Esta assimetria de poder é regida pelas forças econômicas e políticas existentes no sistema estudado. Alguns atores apresentaram incoerências entre seu discurso e as posturas institucionais que deveriam possuir. Agem conforme seus interesses individuais em detrimento do posicionamento institucional e do interesse coletivo.

Destacamos ainda, a fragilidade dos instrumentos de planejamento e gestão ambiental, em especial o licenciamento ambiental e o zoneamento ecológico econômico da Zona Costeira, frente às forças econômicas e políticas que orientam a gestão efetiva no sistema socioecológico estudado.

Recomendamos que os futuros projetos de desenvolvimento no estuário santista sejam discutidos de forma concertada, incluindo os mais diversos atores, de forma igualitária e que leve em conta o valor dos bens e serviços dos ecossistemas estuarinos, incluindo toda a diversidade de usos neste território.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abessa, D.M.S.; Carr, R.S.; Sousa, E.C.P.M.; Rachid, B.R.F.; Zaroni, L.P.; Pinto, Y.A.; Gasparro, M.R.; Bicego, M.C.; Hortellani, M.A.; Sarkis, J.E.S.; Muniz, P. (2008) - Integrative Ecotoxicological Assessment of a Complex Tropical Estuarine System. In: T.N. Hoffer, (ed.), *Marine Pollution: New Research*, pp.125-159, Nova Science Publishers, New York, NY, USA. ISBN 1604562420
- Adams, C. (2000) - *Caiçaras na Mata Atlântica: pesquisa científica versus planejamento e gestão ambiental*. 336p., Annablume, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 85-74191019.
- Afonso, C.M. (1999) - *Uso e Ocupação do Solo na Zona Costeira do Estado de São Paulo: Uma Análise Ambiental*. 186 p., Annablume / FAPESP, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 85-74190950
- Amblard, H.; Bernoux, P.; Herrerros, G.; Livian, Y. (1996) - *Les nouvelles approches sociologiques des organisations*. 244p., Éditions du Seuil, Paris, França. ISBN: 2020261863.
- Beuret, J.E. (2006) - *La conduite de la concertation, pour la gestion de l'environnement et le partage des ressources*. 340p., L'Harmattan, Paris. ISBN: 978-2296002593.
- Beuret, J.E.; Dufourmantelle, N.; Beltrando, V. (2006) - *L'évaluation des processus de concertation: RELIEF, une démarche, des outils*. 148p., ed. La Documentation Française, Paris, França. ISBN: 978-2110060525.
- Boltanski, L.; Thévenot, L. (1991) - *De la justification: les économies de la grandeur*. 483p., Gallimard, Paris, França. ISBN: 978-2070722549.
- Callon, M. (1986) - *Éléments pour une sociologie de la traduction: la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc*. *L'Année Sociologique* (ISSN: 0066-2399), 36:169-208, Paris, França.
- CONAMA (1997) - Resolução Nº 237/97 de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, Publicado no Diário Oficial da União de 22 de dezembro de 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>
- Diegues, A.C.S. (1983) - *Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar*. 287p., Ática, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <http://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/color/prof%204.pdf>
- EMBRAPORT (2003) - *Terminal Portuário Embraport - Relatório de Impacto Ambiental*. Empresa Brasileira de Terminais Portuários (EMBRAPORT)/MKRTecnologia, Serviços, Indústria e Comércio. *Não publicado*.

- Gunderson, L.H.; Holling, C.S. (2000) - *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. 508p., Island Press, Washington, D.C., U.S.A. ISBN: 1559638575.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) - *Censo Populacional 2010: Cidades@ - Informações sobre os Municípios Brasileiros*. São Paulo: Santos. Portal internet do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=354850&search=S%C3%A3o%20Paulo%7CSantos>
- Lamparelli, C.C. (1999) - *Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros de São Paulo*. 106p., Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 978-8585662103.
- Lamparelli, M.L.; Costa, M.P.; Prósperi, V.A.; Bevilacqua, J.E.; Araújo, R.P.A.; Eysink, G.G.L.; Pompéia, S. (2001) - *Sistema Estuarino de Santos e São Vicente*. 178p., Relatório Técnico CETESB, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/relatorios/rel\\_sist\\_estuarino/relatorio.zip](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/relatorios/rel_sist_estuarino/relatorio.zip).
- Ministério do Meio Ambiente (2002) - *Agenda 21 Brasileira: Gestão dos Recursos Naturais*. 187 p. Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166417.
- Presidência da República do Brasil (1965) - *Lei Nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal Brasileiro e dá outras providências*. Publicado no Diário Oficial da União de 16 de setembro de 1965. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)
- Presidência da República do Brasil (1988) - *Constituição da República Federativa do Brasil*. Publicado no Diário Oficial da União de 05 de outubro de 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)
- Santos, M.M. (2008) - *Políticas Públicas e Gestão: o Caso dos Bairros Rurais de Peruíbe Localizados no Parque Estadual da Serra do Mar*. 104f., Trabalho de Conclusão de Curso, UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, SP, Brasil. Não publicado.
- Seixas, C.S.; Berkes, F. (2005) - Mudanças Socioecológicas na Pesca da Lagoa de Ibraquera, Brasil. In: Paulo Freire Vieira, Fikret Berkes e Cristiana S. Seixas (eds.), *Gestão Integrada e Participativa dos Recursos Naturais: conceitos, métodos e experiências*, p.113-145, editora Secco, Florianópolis, SC, Brasil.
- Silva, N.J.R. (2005) - *Dinâmicas de Desenvolvimento da Piscicultura e Políticas Públicas no Vale do Ribeira/SP e Alto Vale do Itajaí/SC – Brasil*. 544p., Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista / École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, Jaboticabal, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em [http://www.caunesp.unesp.br/publicacoes/dissertacoes\\_teses/teses/Tese%20Newton%20Jose%20Rodrigues%20da%20Silva.pdf](http://www.caunesp.unesp.br/publicacoes/dissertacoes_teses/teses/Tese%20Newton%20Jose%20Rodrigues%20da%20Silva.pdf)
- Stori, F.T. (2010) - *Adaptatividade e Resiliência no Sistema Socioecológico da Comunidade Caiçara da Ilha Diana, Município de Santos-SP*. 239p., Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil. Disponível em: [http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=4855](http://200.136.241.56/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4855)
- Stori, F.T.; Nordi, N.; Abessa, D. M. S. (2012) - Mecanismos socioecológicos e práticas tradicionais de pesca na comunidade caiçara da Ilha Diana (Santos, Brasil) e suas transformações. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 12(4):521-533. DOI: 10.5894/rgci355.
- Tommasi, L.R. (1979) - *Considerações ecológicas sobre o Sistema Estuarino de Santos, São Paulo*. Tese de Livre Docência, 489p., 2 volumes, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, SP, Brasil.
- Viertler, R.V. (2002) - Métodos antropológicos como ferramenta para estudos em Etnobiologia e Etnoecologia. In: Maria Christina de Mello Amorozo, Lin C. Ming, Sandra P. da Silva (org.), *Métodos de Coleta e Análise de Dados em Etnobiologia, Etnoecologia e Disciplinas Correlatas*, pp.12-29, UNESP/CNPq, Rio Claro, SP, Brasil. ISBN: 978-8590243212.

## Percepção ambiental dos moradores da cidade de São Vicente sobre os resíduos sólidos na Praia do Gonzaguinha, SP, Brasil \*

### *Environmental perception of the inhabitants of São Vicente city of solid waste in Gonzaguinha Beach, São Paulo, Brazil*

Luna Guimarães Fernandes <sup>1</sup>, Davis Gruber Sansolo <sup>@, 2</sup>

#### RESUMO

É notável a importância da zona costeira, visto que cerca de 22% da população brasileira vive em municípios litorâneos. A poluição marinha e costeira tem sido amplamente estudada, pois trata-se de um problema ambiental, econômico e de saúde pública. Os resíduos sólidos são parte da poluição costeira e quando sua destinação é inadequada podem transmitir doenças infecciosas, impactar os ecossistemas marinhos e costeiros e comprometer a paisagem. O turismo representa grande importância econômica para a cidade de São Vicente, de modo que em alta temporada a população aumenta, bem como a produção de resíduos. A modificação da paisagem altera também a percepção ambiental, cujo estudo pode ser útil para nortear políticas públicas de acordo com as necessidades e preferências coletivas. O objetivo deste estudo foi analisar a percepção ambiental dos trabalhadores e visitantes da praia do Gonzaguinha, em São Vicente (São Paulo), acerca dos resíduos sólidos utilizando o método de entrevistas. Foram entrevistadas 40 pessoas, sendo 20 trabalhadores e 20 visitantes da área de estudo. Os resultados apontam para uma percepção negativa dos entrevistados sobre o meio ambiente da praia pesquisada. A identificação de embalagens e restos de alimentos sugere que a fonte poluidora é o descarte incorreto de produtos consumidos pelos usuários da praia. Os entrevistados mostram-se cientes dos malefícios trazidos pela poluição e apontaram outros problemas como fezes e animais abandonados. Apenas doze entrevistados mencionaram a reciclagem em algumas das respostas, sendo seis trabalhadores e seis visitantes e, apesar disso, estes não incluíram nas ações individuais a separação dos materiais. Não houve menção de conceito de sustentabilidade e nem de redução de consumo como solução. O sentimento de tofobia identificado pela repulsa de um ambiente poluído pode afetar o turismo. De 40 pessoas, 21 apontaram que a população é responsável pela destinação correta dos resíduos, sugerindo que as outras não se sentem responsáveis pelo cuidado com resíduos produzidos. O comportamento proativo em outras respostas pode ser evidência da expressão de normas sociais em que a preocupação com a poluição inclui força moral. Ainda assim, a combinação das iniciativas individuais apresentadas neste trabalho e das políticas públicas a serem implementadas pelo governo podem resultar em uma estratégia eficiente da manutenção da paisagem reduzindo a quantidade de resíduos poluentes.

**Palavras-chave:** Zona costeira, praia, preferência coletiva, poluição, lixo.

@ - Corresponding author: [dsansolo@clp.unesp.br](mailto:dsansolo@clp.unesp.br)

1 - Universidade Estadual Paulista UNESP Campus do Litoral Paulista, Curso de Ciências Biológicas - Habilitação de Gerenciamento Costeiro. Praça Infante Dom Henrique, s/n, Parque Bitaru, São Vicente- SP, CEP 11330-900, Brasil

2 - Universidade Estadual Paulista UNESP Campus do Litoral Paulista, LAPLAN Laboratório de Planejamento Ambiental. Praça Infante Dom Henrique, s/n, Parque Bitaru, São Vicente- SP, CEP 11330-900, Brasil.

**ABSTRACT**

The importance of the coastal zone is remarkable approximately 22% of the population lives in coastal municipalities. Marine and coastal pollution has been widely studied because it is an environmental, economic and public health issue. Solid waste is part of coastal pollution and when its destination is inadequate it can transmit infectious diseases and impact marines and coastal ecosystems and affect the landscape. Tourism is economically important to the city of São Vicente so that in high season the population increases as well as waste production. The landscape alterations also changes the environmental perception, which study may be useful for guiding public policies according to the needs and collective preferences. The aim of this study was to analyze the environmental awareness of workers and visitors of the Gonzaguinha beach in São Vicente (São Paulo) concerning solid waste using the method of interviews. We interviewed 40 people, including 20 workers and 20 visitors in the study area. The concept of "environment" was associated, mainly, to the preservation of nature instead really try to define what it is. The responses probably has contained environmental symbolism and described the study area under a problematic view and with necessity of environmental protection. Producers of solid waste were identified as the Vincentian population itself. Although the majority consider the situation of waste at the site to be "serious", the responsibility for the proper disposal of this waste was attributed primarily to the government. The identification of packaging and food waste suggests that the source of pollution is the incorrect disposal of products consumed by beach goers. Respondents appear to be aware of the health hazards posed by pollution and pointed other problems such as feces and abandoned animals. They also gave suggestions of government actions like put sorted recycling bins in the beach and give plastic bags to tourists. Some workers says that they already give these bags to the clients. Only twelve respondents mentioned recycling in some of the responses, they were six workers and six visitors, and yet they did not included separation of materials in individual waste management actions. There was no mention of the concept of sustainability nor reducing consumerism as a solution. The results pointed a negative perception by interviewees about the environment of Gonzaguinha beach. The feeling of topophobia identified by feeling repulsion for a polluted environment, can affect tourism. In one testimonial, the municipal government worry about tourism becomes evident, as it distributes plastic bags at the beaches only in summer, the high season. Out of 40 people, 21 have pointed that the population is responsible for the proper disposal of waste, suggesting that the others do not feel responsible for dealing with the waste produced. The proactive behaviour in other responses may be evidence for the expression of social norms in which concerns about pollution includes moral force. The context of an interview with scientific ends about environment and pollution could determine optimistic responses about the conservation and in a position of nature defense. The population seems comprehend the importance of waste management and the individuals attitudes. Still, the combination of individual initiatives presented in this work and public policies to be implemented by the government can result in an efficient strategy of landscape maintenance by reducing the amount of pollutant residues. The workers are key actors in a combined management strategy with the government, whereas they are the most interested in a environment and, consequently, in a satisfied public. The trend of increase urbanization take cities to plan new solutions to the environmental problems in the process of public policies formulation, like dividing the responsibilities into society with the objectives of improve the human development and protect the coastal resources. Studies of environmental perception about these problems indicate if citizens are inclined to get involved in big decisions and take responsibilities. The attribution of responsibilities to themselves in the waste production and environment maintenance emphasize that people apparently are inclined to contribute with management, although some responses describes insecurity about doing it alone. The conjunct action is necessary even in respondents view, considering that efficient governance consists in participation of citizens and government and they must be prepare to work to solve collective problems.

**Keywords:** Coastal zone, beach, preferably collective, coastal pollution, garbage.

**1. INTRODUÇÃO**

A zona costeira representa grande importância mundial, visto que aproximadamente 60% de toda a população do planeta se concentra a menos de 100 km da costa (Vitousek *et al.*, 1997). A geografia litorânea é especialmente particular tanto pela presença do mar e de ecossistemas singulares (estuários, praias, manguezais, restingas, etc.) quanto pelas atividades econômicas de grande importância (Moraes, 2007).

Atualmente, a poluição marinha e costeira tem sido amplamente estudada em diversas partes do mundo, por se tratar de um problema ambiental, econômico e de saúde pública (EPA, 2012). Sendo o Brasil um país que possui cerca de oito mil quilômetros de costa (ICMBio, 2012) e cerca de 22% da população brasileira vive em municípios litorâneos (Moraes, 2007) a questão da poluição na zona costeira é de extrema relevância.

Os resíduos sólidos produzidos nas cidades são parte da poluição costeira gerada em terra e, tratando-se de um município costeiro como São Vicente/SP, representa grande

problema ambiental. Resíduos sólidos são definidos como todo material descartado resultante de atividades humanas em que sua destinação final, em qualquer estado físico, apresente particularidades que tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou cuja destinação seja inviável técnica e/ou economicamente (DOU, 2010). Os resíduos sólidos, ou lixo, cuja destinação não é adequada – ou seja, lançados livremente ao ambiente ou armazenados de forma inapropriada – são responsáveis por contaminações de substratos por bactérias, fungos, vírus e parasitas. Consequentemente, no caso da disposição inadequada nas praias, as pessoas que entram em contato com a areia contaminada podem contrair doenças infecciosas intestinais (Pinto & Oliveira, 2011), micoses na pele e nas mucosas (e.g. Vieira *et al.*, 2001).

Além de ser um caso de saúde pública, a presença de resíduos sólidos altera o ambiente e pode alterar também a forma como este é percebido pelas pessoas. Segundo Tuan (1980), os seres humanos estabelecem uma relação de afinidade com seus espaços e seus atributos ambientais.

Esta relação pode variar em intensidade, sutileza e modo de expressão e pode definir o que o autor chama de “topofilia”. A reação de afinidade pode ser estética (pelo prazer de apreciar uma vista) ou tátil (ao interagir com a água, ar ou terra). É possível considerar que praias sejam, por natureza, ambientes topofílicos para a civilização ocidental, sobretudo a partir do início do século XX (Corbin, 1989), tanto pela paisagem quanto pela sensação de se banhar em águas marinhas e sentir a areia (Tuan, 1980).

O município de São Vicente está localizado a aproximadamente 70 km de distância da capital paulista, na Região Metropolitana da Baixada Santista (Figura 1). Sua importância econômica se deve, principalmente, ao Porto de Santos e ao polo industrial de Cubatão, além da atividade turística particularmente intensa no litoral central paulista (Afonso, 2006). Em consequência destas atividades, São Vicente possui população aproximada de 339.955 habitantes. A taxa de crescimento da cidade entre 2010 a 2013 foi de 0,77% ao ano enquanto a taxa de crescimento do estado de São Paulo, no mesmo período, foi de 0,88% ao ano (SEADE, 2013), o que demonstra um nível de crescimento populacional, abaixo de outros municípios de São Paulo, ainda que o número absoluto de sua população varie sazonalmente. Devido à atividade turística, a Baixada Santista recebe cerca de 1,35 milhão de pessoas em feriados, férias e datas comemorativas, que se soma à sua população fixa de aproximadamente 1,6 milhão de habitantes (SABESP, 2009). Segundo dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a economia de São Vicente é mantida basicamente por serviços e atividades industriais, contribuindo com 86% e 13%, respectivamente, para o PIB municipal. A relação entre o setor de serviços e a atividade turística torna-se clara, visto que a utilização das praias

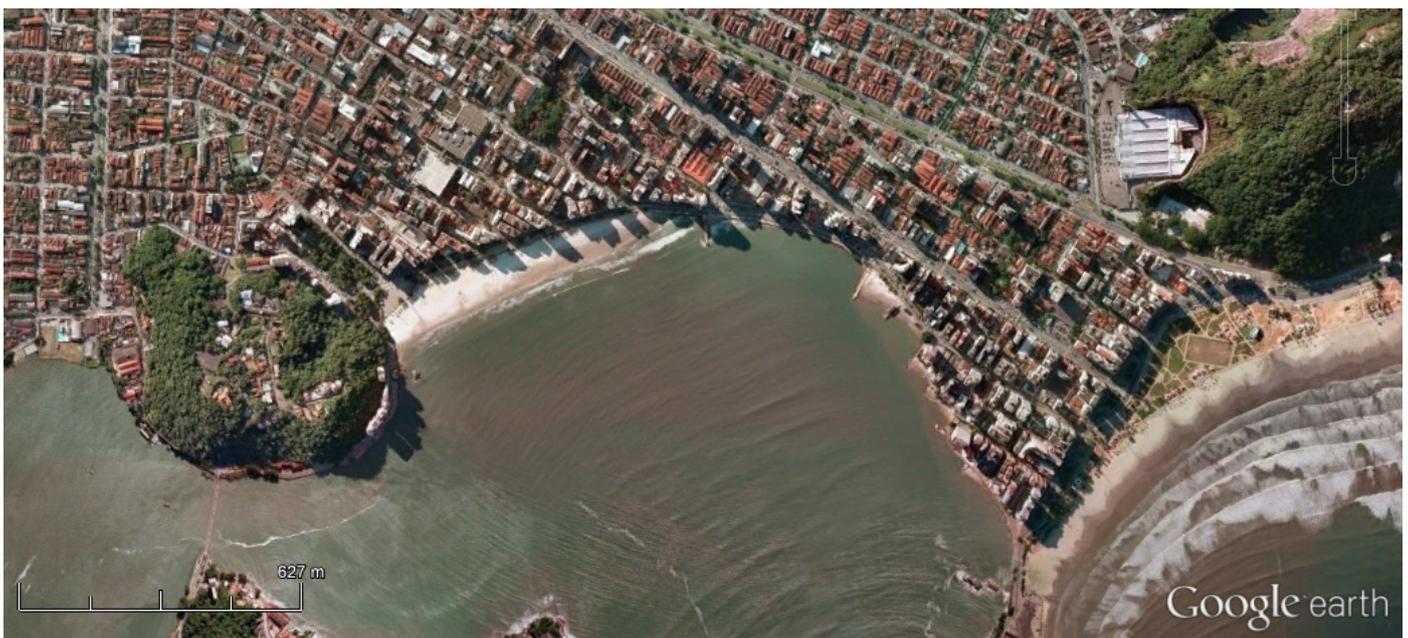
por visitantes de outras cidades e pelos próprios vicentinos mantém as atividades comerciais aquecidas durante todo o ano, principalmente na alta temporada.



**Figura 1.** Localização da cidade de São Vicente, SP, Brasil.

*Figure 1.* Location of the city of São Vicente, SP, Brazil.

Localizada na cidade de São Vicente, a praia do Gonzaguinha (Figura 2) possui 800 m de extensão e calçadão arborizado com oito quiosques. Esta praia foi escolhida como área de estudo por se localizar próxima ao centro da cidade, de modo que há grande fluxo de pessoas diariamente e em períodos de alta temporada. Sua estrutura (como a ciclovía, por exemplo) é capaz de atender diversas necessidades e ser um ambiente de lazer muito atrativo (com um píer de onde saem passeios de escuna pela Baía de São Vicente, esportes náuticos e um evento teatral anual a céu aberto na semana do aniversário da cidade). A cidade de São Vicente vem investindo



**Figura 2.** Imagem de satélite da praia do Gonzaguinha, em São Vicente. Fonte: Google Maps.

*Figure 2.* Satellite image of Gonzaguinha Beach, in São Vicente. Source: Google Maps.

no gerenciamento de resíduos sólidos implantando programas de coleta seletiva e instalando postos de entrega voluntária de lixo reciclável. Em 2002, o depósito de resíduos sólidos, conhecido como “Lixão de Sambaiaatuba” foi desativado após mais de 30 anos de funcionamento dando lugar ao Parque Ambiental Sambaiaatuba. Neste parque ocorrem diversas atividades sociais além de possuir uma área de transbordo na qual os resíduos coletados por toda a cidade chegam, são triados por cooperativas durante algumas horas e o que resta é transferido para o Aterro Sanitário Lara, em Mauá.

O volume de resíduo que chega ao transbordo é grande considerando a elevada densidade populacional de São Vicente. Além disso, com o aumento da população nos períodos de festas e feriados, a produção de resíduos também sofre aumento significativo. Mensalmente, cerca de 7200 t de resíduo domiciliar são coletadas e 250 t de recicláveis resultam da coleta seletiva. Já materiais diversos como entulho, restos de podas de árvores e móveis retirados das ruas totalizam 3700 t mensais. Nos meses de dezembro e janeiro o volume de resíduos aumenta em uma taxa de 13% para os resíduos domiciliares, 20% para os recicláveis e 16% para entulho. O volume de lixo varrido das ruas por mês equivale a 315 t, mais do que é coletado de recicláveis em período de temporada.<sup>1</sup>

A elevada produção de resíduos sólidos e as dificuldades na sua gestão são parte de um conflito comumente identificado na zona costeira (MMA, 2002). Como uma cidade com valor histórico e representação econômica, e situada em meio a ecossistemas muito particulares, São Vicente pode servir de exemplo para compreender as condições do gerenciamento costeiro no Brasil, especialmente em relação aos resíduos sólidos devido a sua alta produção. Assim, a proposta do presente trabalho consiste em contribuir com informações que possam orientar políticas públicas, a partir da percepção do cidadão que frequenta a praia.

É neste contexto que estudos sobre percepção ambiental podem colaborar para a gestão costeira, pois apontam as especificidades na relação entre o homem e o ambiente e como estas podem afetar positiva ou negativamente a gestão de um determinado ecossistema, além de apontar quais mudanças fazem parte de um objetivo comum de acordo com a preferência dos habitantes (UNESCO, 1973). A percepção ambiental é considerada um processo principalmente cognitivo, que se dá através de mecanismos perceptivos propriamente ditos a partir da captação dos sentidos durante a interação entre o indivíduo e o ambiente. Dessa forma, as percepções passam a ser subjetivas para cada indivíduo, mesmo diante de elementos comuns (Del Rio, 1999). Também é considerado um fenômeno psicossocial, visto que a compreensão subjetiva de um dado ambiente caracteriza uma face da Psicologia chamada de Psicologia Social (Tassara & Rabinovich, 2003). A operacionalização consciente dos elementos aos quais vários indivíduos terão acesso e as respectivas percepções mostram-se de extrema

relevância ao passo que podem nortear programas e políticas públicas e serem imprescindíveis nas tomadas de decisão para um bem coletivo (Del Rio, 1999).

Além de ter sido a primeira vila fundada no Brasil (Fausto, 1995), a cidade de São Vicente sofreu intenso crescimento em curto período de tempo. Da mesma forma a produção de resíduos aumentou tornando-se um problema ambiental. Os habitantes e, em especial, os trabalhadores nos quiosques da praia do Gonzaguinha representam atores-chave no processo de percepção ambiental e manutenção do ambiente, visto que estão presentes diariamente produzindo resíduos e servindo aos usuários que também geram resíduos e afetam o ambiente. A preocupação dos trabalhadores de quiosques com o ambiente no contexto em que se encontram pode trazer a descrição dos maiores problemas e informações que possam embasar estratégias de gestão na praia do Gonzaguinha, resultando em alterações positivas à população como um todo. Desta forma, a responsabilidade do comércio à beiramar em relação ao meio ambiente possui estreita relação com a atividade turística. Já a participação dos usuários da praia neste trabalho é de extrema importância para entender o quanto interferem no ambiente e o quanto a situação dos resíduos sólidos afeta a qualidade de vida do local.

O presente trabalho possuiu o objetivo de analisar a percepção ambiental dos moradores, trabalhadores e visitantes da praia do Gonzaguinha em São Vicente acerca da gestão de resíduos, identificando 1) conceitos de meio ambiente e resíduos sólidos (“lixo”), 2) atores produtores de resíduos, 3) impactos causados pelo lixo, 4) responsáveis pela manutenção do ambiente e 5) atitudes individuais capazes de contribuir com a manutenção do ambiente.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

As técnicas de estudo de percepção ambiental são formadas pela combinação de três métodos básicos: observar, escutar e fazer perguntas. Este último é capaz de englobar muito do que se pode observar e escutar, revelando-se uma técnica especializada no campo das ciências sociais (Whyte, 1977). Foi aplicado o método de entrevistas cujas instruções de elaboração do questionário e de aplicá-lo durante a entrevista foram fornecidas segundo a revisão de Günther (2003).

Foram realizadas análises qualitativas, devido à subjetividade das respostas cedidas pelos entrevistados, mas também quantitativas, pois a repetição dos padrões representativos de cada resposta foi contabilizada. Não houve intenção de aproximar o número de entrevistados ao universo de habitantes da cidade de São Vicente, considerando que apenas no bairro do Gonzaguinha vivem 12.203 habitantes. Sendo assim, foram realizadas entrevistas com 40 pessoas, sendo 20 trabalhadores e 20 visitantes, abordados na areia e no calçadão da Avenida Embaixador Pedro de Toledo na Praia do Gonzaguinha. O número amostral foi definido de forma a se possibilitar um conhecimento maior sobre os entrevistados. Não há nesse trabalho a intenção de se projetar generalizações a partir dos dados coletados, mas qualificar as representações de grupos de usuários da praia em questão. Os entrevistados foram separados em dois grupos que diferem em objetivos ao frequentar a praia: trabalhadores de quiosques e barracas e visitantes. As entrevistas foram realizadas entre

1 - Dados obtidos em relatório de restrita circulação, cuja divulgação fora autorizada pela CODESAVI (Companhia de Desenvolvimento de São Vicente) empresa contratada pela prefeitura municipal para realizar coletas e gerenciamento de resíduos sólidos.

os dias 5, 6 e 7 de novembro e 12 de dezembro de 2012, entre as 16 e 20 horas. Foram escolhidos dias no início da semana para reduzir a possibilidade de abordar turistas, que não seriam aqui considerados, uma vez que o perfil do turista frequentador da praia (Roca *et al.*, 2009) é desconhecido e para se chegar a tal definição seria necessário uma abordagem quantitativa, distinta do escopo desse trabalho. A opção de entrevistar apenas membros da população residente de São Vicente, e não turistas, se deve à necessidade de certa familiaridade com o ambiente, em que apenas pessoas que visitam a praia do Gonzaguinha com mais frequência ou há muitos anos seriam capazes de observar mudanças e melhorias em espaço de tempo tanto curto quanto longo. O termo “resíduos sólidos” foi substituído por “lixo” para simplificar a compreensão do respondente. O questionário apresentado na Tabela 1 apresenta as questões aplicadas aos entrevistados.

**Tabela 1.** Questionário aplicado aos entrevistados (trabalhadores e visitantes da praia do Gonzaguinha).

**Table 1.** Questionnaire used with the interviewees (workers and visitors of Gonzaguinha beach).

Seção	Objetivo	Questões
A. Caracterização de grupos	Traçar um perfil de usuários da praia do Gonzaguinha	1. Sexo: (M) (F)
		2. Qual a sua idade? (1) De 15 a 17 (2) De 18 a 21 (3) De 22 a 30 (4) De 31 a 45 (5) De 45 a 59 (6) Acima de 60
		3. Qual sua escolaridade? (F) (M) (S) (P)
		4. Qual sua profissão?
		5. Onde você mora?
		6. Há quanto tempo mora/trabalha/visita o Gonzaguinha?
		7. Com que frequência você visita a Praia do Gonzaguinha?
B. Conceito de meio ambiente	Analisar qual é a representação do entrevistado sobre meio ambiente	8. O que você entende por “meio ambiente”?
		9. Como você descreveria o meio ambiente do Gonzaguinha?
C. Conceito de lixo e seus impactos	Analisar qual é a visão do vicentino sobre resíduos sólidos ou lixo	10. O que é “lixo”, em sua opinião?
		11. Você acha que o lixo é um problema no Gonzaguinha? (Grave) (Médio) (Baixo)
D. Geração de resíduos sólidos	Identificar as atividades e os atores sociais produtores de resíduos	12. Que tipo de problemas o lixo causa?
		13. Quem são os produtores de lixo no Gonzaguinha?
E. Responsáveis pelos resíduos	Analisar quais são os atores responsáveis pela gestão dos resíduos, tanto em relação a placas e políticas de prevenção quanto em relação à limpeza ativa.	14. Que tipo de lixo é produzido no Gonzaguinha?
		15. Em sua opinião, de quem é a responsabilidade pela destinação correta do lixo?
		16. O que você como visitante/trabalhador/morador pode fazer para contribuir?

Buscou-se, também, entrevistar ao menos um integrante de cada faixa etária, de modo que opiniões não fossem tendenciosas a determinada idade. Foi utilizado a base de representações ambientais, traduzido e modificado de Sauv e *et al.* (2000, *apud* Sato, 2001a) por Sato (2001a) para encontrar padr es nas diversas defini es de meio ambiente.

### 3. RESULTADOS

Dos 20 trabalhadores entrevistados, 16 eram mulheres e quatro eram homens, e dos 20 visitantes entrevistados, nove eram mulheres e 11 eram homens (Tabela 2).

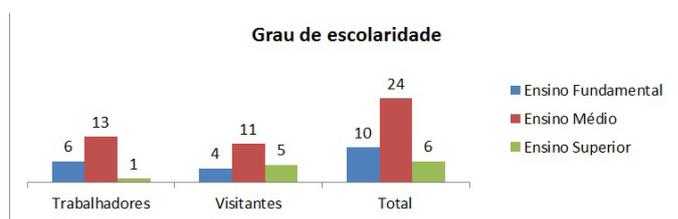
**Tabela 2.** Quantifica o de homens e mulheres, trabalhadores e visitantes entrevistados.

**Table 2.** Amount of men and women, workers and visitors.

Sexo	Trabalhadores	Visitantes	Total
Feminino	16	9	25
Masculino	4	11	15
Total	20	20	40

Foram entrevistadas pessoas com idade de 15 a 80 anos e a faixa et ria mais representativa, tanto entre os trabalhadores, quanto entre os visitantes foi de 22 a 30 anos. As profiss es e ocupa es foram as seguintes: balconista e dono de quiosque (caracterizando a ocupa o dos entrevistados que trabalham na  rea de estudo), e estudante, aposentado, auxiliar de loja, gerente de loja, auxiliar de enfermagem, auxiliar administrativo, dona de casa, cabelereiro, porteiro, artista, amarrador de navio, desempregado, consultor, repositor, professor e controlador de acesso (ocupa es dos visitantes da praia). Os entrevistados que moram no bairro do Gonzaguinha foram os mais representativos, totalizaram sete pessoas, seguidos dos moradores da Vila Margarida. Entre outros bairros representativos estavam Catiapo , Bitaru e Centro, com cinco entrevistados cada. Bairros mais afastados como Cidade N utica, Vila Rio Branco, Itarar  e J quei tiveram pouca representa o.

A maior parte dos trabalhadores e visitantes entrevistados apresentam forma o escolar do ensino m dio, como pode ser observado na Figura 3.

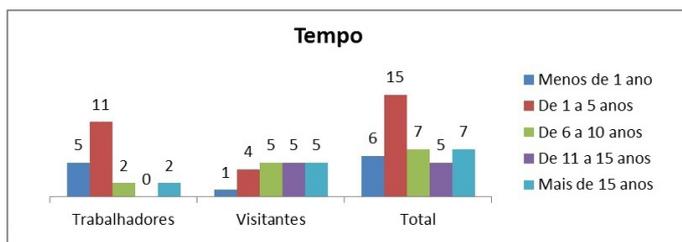


**Figura 3.** Grau de escolaridade dos trabalhadores e visitantes entrevistados.

**Figure 3.** Level of education of workers and visitors interviewed.

Foi considerado o tempo em que o entrevistado trabalha ou visita a praia do Gonzaguinha.   importante considerar que, provavelmente, os trabalhadores de quiosques e de barracas conhecem e a praia do Gonzaguinha a mais tempo do que trabalham no local, uma vez que j  haviam visitado a praia antes de trabalhar ali por serem moradores de S o

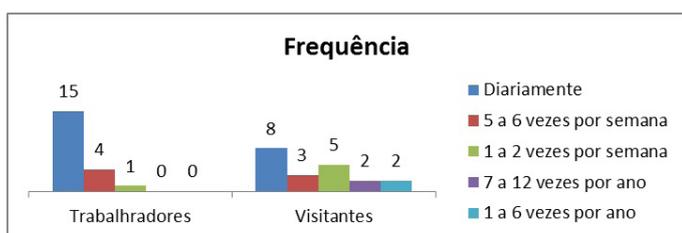
Vicente. Entre os trabalhadores entrevistados, onze deles trabalham neste ambiente entre um e cinco anos, o que lhes permite ter uma percepção das variações ao longo do ano e entre os anos, e durante o dia inteiro, enquanto trabalham, seguido de cinco que ali trabalham há menos de um ano, dificultando a observação da variação da sazonalidade. Os visitantes frequentam a praia do Gonzaguinha a pelo menos seis anos (Figura 4). O tempo de conhecimento dos visitantes é bastante amplo, o que lhes confere as condições adequadas para observação e constituição de juízo de valor sobre as condições ambientais.



**Figura 4.** Tempo que os trabalhadores entrevistados trabalham na praia do Gonzaguinha e que os visitantes entrevistados visitam a praia do Gonzaguinha.

*Figure 4.* Time in which workers interviewed work at Gonzaguinha Beach and interviewed visitors visit Gonzaguinha Beach.

Quanto aos entrevistados que visitam a área de estudo, destaca-se a obrigatoriedade do trabalhador estar presente com maior constância, diferente do visitante, cuja frequência varia muito mais como pode ser visto na Figura 5



**Figura 5.** Frequência com que os trabalhadores e os visitantes vão à praia do Gonzaguinha.

*Figure 5.* Frequency which workers and visitors go to Gonzaguinha Beach.

O meio ambiente consiste em tão complexa realidade que qualquer definição pode deixar de ser precisa, de modo que pode ser mais interessante analisar suas representações (Sauvé & Orellana, 2002). As definições de meio ambiente pela percepção dos entrevistados contemplaram diversas representações ambientais conhecidas, desde elementos que compõem o ecossistema, até o local em que vivemos e o fato de termos que preservá-lo (Tabela 3). Algumas respostas à questão 8 do questionário continham conceitos associados a mais de um padrão de representação ambiental, ou seja, tratava de meio ambiente tanto como local onde vivemos

quanto como elementos da natureza, tal como na fala “Muito importante, ainda mais hoje com tanta poluição, precisa preservar o planeta e a natureza” a qual foi classificada como “natureza que devemos preservar” e “biosfera” e nesta outra: “Cuidar do meio ambiente, não espalhar lixo”, classificada como “natureza e recursos a gerenciar”.

**Tabela 3.** Definições de “meio ambiente” segundo os trabalhadores (T) e os visitantes (V) entrevistados comparadas às representações ambientais organizadas por Sato (2001a) e modificada de Sauvé *et al.* (2000).

*Table 3.* Definitions of “environment” according to the workers and visitors interviewed compared to the environmental representations organized by Sato (2001a) and modified from Sauvé *et al.* (2000).

Representações ambientais organizadas por Sato (2001a) modificada de Sauvé <i>et al.</i> (2000)		Resultados		
Representações	Palavras-chave	T	V	Total
Natureza que devemos apreciar e respeitar	Preservação, árvores, animais, natureza.	5	14	19
Meio de vida que devemos conhecer e organizar	Tudo que nos rodeia, “oikos”, lugar de trabalho e estudos, vida cotidiana.	6	6	12
Recursos que devemos gerenciar	Água, resíduos sólidos, energia, biodiversidade.	6	5	11
Problemas que devemos solucionar	Contaminação, queimadas, destruição, danos ambientais.	5	1	6
Sistema que devemos compreender para as tomadas de decisão	Ecossistema, desequilíbrio ecológico, relações ecológicas.	2	0	2
Biosfera que vivemos juntos em longo prazo	Planeta Terra, ambiente global, cidadania planetária, visão espacial.	1	1	2
Projeto comunitário com comprometimento	Responsabilidade, projeto político, transformações, emancipação.	5	2	7

As opiniões dos entrevistados sobre o meio ambiente da praia do Gonzaguinha foram separadas entre: respostas “positivas”, em que apenas constam elogios; “positivas e negativas”, em que há elogios contrapostos a problemas no ambiente; “intermediárias”, em que os adjetivos não são positivos nem negativos; “negativas”, em que apenas foram citados problemas e defeitos; e “neutras”, em que nenhuma qualidade foi atribuída ao ambiente. A grande maioria dos trabalhadores consideram péssimas as condições da praia, enquanto as respostas dos visitantes estão mais bem distribuídas, como pode ser observado na Tabela 4, o que confirma a análise efetuada anteriormente, indicando diferentes propósitos na visita à praia entre os dois grupos: enquanto o trabalhador vai à praia em uma tarefa de necessidade não aprecia a paisagem como fazem os visitantes que lá estão por lazer. Analogamente, pode-se inferir a apreciação da paisagem como um valor sociocultural, pois nas artes, figurou como um gênero ou uma escola na pintura, a não ser a partir do século XVIII, quando passou a ser vinculada à apreciação da natureza, sobretudo por quem não dependia do trabalho na terra, pois quem vivia da terra dificilmente teria tempo e prazer em apreciá-la como um objeto de contemplação (Serraller, 1993).

Em relação à Seção C do questionário foram obtidas informações sobre o conceito de lixo e seus impactos na opinião dos entrevistados. As definições de lixo não variaram muito, sendo mais associados com coisas que não possuem utilidade e que se “joga fora” (19 pessoas), o que não é

**Tabela 4.** Opinião dos trabalhadores (T) e visitantes (V) entrevistados sobre o meio ambiente da praia do Gonzaguinha e algumas falas representativas.

**Table 4.** Interviewed workers and visitors opinion about the environment of Gonzaguinha Beach and some representative phrases.

Teor das respostas	T	V	Total	Exemplos
Positivas	1	4	5	"Uma paisagem que tranquiliza." "Bonito, vista bonita."
Positivas e negativas	0	5	5	"Um local bonito, tem natureza, mas tem a falta de educação do povo." "Muito bonito, mas não é muito bem cuidado, comprando com a orla de Santos."
Intermediárias	4	6	10	"Razoável. Ultimamente tá limpo." "Mais ou menos. Limpam todo dia, mas as pessoas sujam."
Negativas	13	4	17	"Péssimo. Muita fumaça de maconha, cachorro e mendigo." "Muito lixo, muita coisa errada. É complicado. Morador de rua, usuário de droga fazendo necessidade na areia."
Neutras	2	1	3	"Vasto e precisa ser preservado; Completo: tem mar, montanha, comércio." "Já foi muito bom aqui. Não tem o que te dizer. É isso que todo mundo vê. Muito roubo."

reciclável (oito pessoas), coisa ruim ou que polui (nove pessoas) ou foram simplesmente apontados exemplos do que seriam resíduos comumente descartados como lixo (10 pessoas), entre eles foi citado sacolas plásticas, latas de alumínio, garrafas, restos de comida, etc.

De acordo com a Figura 6, predominam as opiniões de que a situação do lixo na praia do Gonzaguinha encontra-se entre média e grave.



**Figura 6.** Opinião dos trabalhadores e dos visitantes entrevistados em relação à situação do lixo na praia do Gonzaguinha.

**Figure 6.** Interviewed workers' and visitors' opinion about the waste situation at Gonzaguinha Beach.

Em que relação aos possíveis problemas causados pelo lixo, as respostas continham, em geral, mais de um problema. Causar doenças foi o problema citado com mais frequência, presente em 28 respostas, seguido de enchente e entupimento de vias, presente em oito respostas. Sete respostas mencionaram que a poluição é um problema, seguido de seis respostas apontando a atração de animais (baratas, ratos, etc.). O fato de o lixo prejudicar animais ou mesmo matá-los foi mencionado em seis respostas, frequentemente seguido do exemplo de tartarugas ou peixes que engolem pedaços de plástico confundidos com alimento natural e acabam morrendo. Alguns entrevistados demonstraram preocupação quanto à presença de vidro na areia e os ferimentos que podem ser causados pelo lixo na praia do Gonzaguinha,

somando três respostas. Três pessoas mencionaram o mau cheiro ou o fato de um ambiente com lixo ser desagradável.

A Seção D revelou quem são os produtores de resíduos e quais materiais são comumente observados como descarte na área de estudo. Tanto trabalhadores quanto visitantes apontaram que os produtores de lixo na praia do Gonzaguinha são todas as pessoas que frequentam a praia, mas alguns separaram estes produtores entre a população, turistas, trabalhadores e moradores de rua (Tabela 5).

**Tabela 5.** Identificação dos produtores de resíduos pelos trabalhadores (T) e pelos visitantes (V).

**Table 5.** Identification of waste producers by workers and visitors.

Produtores de resíduos	T	V	Total
Todos	7	11	18
População	8	7	15
Turistas	4	4	8
Quiosques/Barracas	1	2	3
Moradores de rua/Catadores de latinhas	1	1	2

A questão número 14 da Tabela 1 aponta 11 itens principais identificados em meio ao lixo produzido. Como apresentado na Tabela 6, latas de alumínio, garrafas diversas e restos de alimentos são itens que se destacam e são mais notados pelas pessoas.

**Tabela 6.** Principais itens identificados em meio ao lixo produzido na praia do Gonzaguinha na visão dos entrevistados.

**Table 6.** Major items identified among the waste produced in the Gonzaguinha beach, in the respondents view.

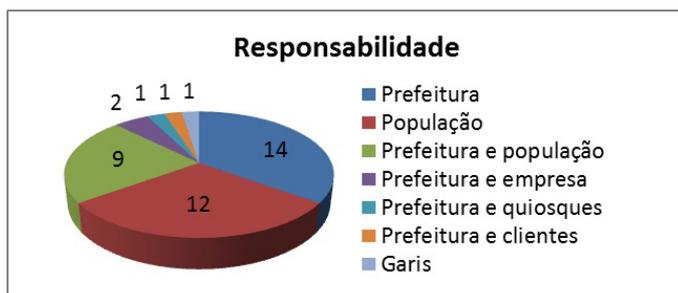
Itens entre o lixo	T	V	Total
Latas de alumínio	7	9	16
Garrafas (de plástico ou vidro)	9	6	15
Restos de alimento	8	6	14
Sacolas plásticas	5	6	11
Copos e pratos descartáveis	4	6	10
Embalagens de alimentos	6	4	10
Restos de cigarro	5	4	9
Papel e papelão	5	4	9
Fezes	3	2	5
Mobília e eletrodomésticos	3	1	4
Outros	0	3	3

Finalmente, a Seção E mostrou a opinião dos entrevistados em relação à responsabilidade pela destinação correta dos resíduos e as possíveis atitudes individuais para eles mesmos contribuírem com a manutenção do ambiente saudável (Figura 7). De acordo com os entrevistados, a destinação correta dos resíduos sólidos cabe primeiramente à prefeitura, mas também à população e a ambos, sociedade civil e poder público conjuntamente, considerando que algumas respostas ou apontavam somente um responsável ou mais (Tabela 7). É importante lembrar que todas as pessoas frequentadoras da praia foram apontadas como produtoras de lixo segundo a Tabela 5, de modo que cada um deve se responsabilizar pelo próprio resíduo e o poder público poderia oferecer condições para a correta destinação. Assim, é conveniente que o poder público elabore uma política de cogestão envolvendo a população, os turistas e os quiosques, sendo que estes últimos poderiam ser parceiros na gestão dos resíduos da praia.

**Tabela 7.** Frequência com que a prefeitura (ou outro representante do poder público) e a população foram mencionadas em relação aos responsáveis pela destinação correta dos resíduos.

**Table 7.** Frequency with which the city government (or other representative of the government) and the people were mentioned in relation to those responsible for proper disposal of waste.

Responsável	T	V	Total
Prefeitura	12	15	27
População	11	10	21
Outros	1	0	1



**Figura 7.** Identificação dos responsáveis pela destinação correta dos resíduos sólidos gerados na praia do Gonzaguinha segundo os entrevistados.

**Figure 7.** Identification of those responsible for proper disposal of solid waste generated at Gonzaguinha Beach according those interviewed.

Para finalizar a entrevista, as respostas relativas à questão número 16 da Tabela 1 estão apresentadas na Tabela 8 e a ação individual mais citada foi descartar seus resíduos em local adequado.

**Tabela 8.** Relação das possíveis ações capazes de reduzir os problemas causados pelos resíduos sólidos e contribuir com a limpeza e saúde do ambiente, ações estas a serem realizadas pelos cidadãos, sendo estes separados em trabalhadores (T) ou visitantes (V) da área de estudo.

**Table 8.** List of possible actions that can reduce the problems caused by solid waste and contribute to the cleanliness and health of the environment, these actions to be undertaken by citizens, which were separated in workers (T) or visitor (V) of the study area.

Ações	T	V	Total	Exemplos
Jogar o lixo no lugar certo	7	13	20	“Zelo pelo meu espaço, coloco o lixo no latão, não jogo lixo na praia.”
				“Jogar o lixo no lugar certo, fazer a minha parte.”
Manter a área do quiosque limpa	6	0	6	“Varrer, colocar uma lixeira no quiosque.”
				“Recolhendo o lixo no saquinho, guardo o óleo e ligo para a empresa buscar, não deixo nada exposto. Os guarda-sóis são guardados. Eu não espero a prefeitura.”
Coletar o meu lixo e o dos outros/clientes	7	2	9	“Pegar o lixo dos clientes.”
				“Limpar o que a gente suja e o que os outros sujam.”
Alertar outras pessoas para não poluir a praia	2	5	6	“Pedir para as pessoas jogarem o lixo no tambor [da calçada].”
				“Não sujar, chamar atenção das crianças.”
Separar os recicláveis de casa/do quiosque	1	3	4	“Joga latinha e o povo pega. Separar os recicláveis.”
				“Separar o lixo reciclável e destinar para serem recolhidos e reutilizar o que dá pra utilizar.”
Entregar/utilizar sacolinhas plásticas	2	2	4	“Dar sacolinhas para os clientes e visitantes e recolher o lixo dos clientes.”
				“Trazer uma sacolinha e jogar o lixo.”

## DISCUSSÃO

São Vicente vem investindo na limpeza urbana, principalmente nos períodos de temporada. Parte dos entrevistados afirmou que durante o verão a prefeitura faz campanhas para as pessoas destinarem o lixo para as lixeiras e distribuem sacolinhas aos visitantes da praia. Nota-se uma preocupação com o turismo na fala de um deles ao dizer que “A população tem grande parte da responsabilidade, mas a prefeitura também. No verão a prefeitura orienta, mas no resto do ano ficam omissos”.

Os conceitos de “meio ambiente” possivelmente continham embutidos um simbolismo ambiental, em que o entrevistado buscou descrever a área de estudo sob a ótica dos problemas ambientais e necessidade de preservação ao invés de realmente procurar definir o que é. Sato (2001b) considera o meio ambiente como uma representação pessoal ou de um grupo social, e de todas as representações “o que aceitarmos como verdadeiro e adequado às circunstâncias locais, determinará nossas ações no campo das relações que se estabelecem entre o ser humano e a natureza.”

As definições de lixo estavam frequentemente associadas

a coisas ruins e que não possuem utilidade, mas por vezes os entrevistados optaram por citar exemplos do que é descartado, como na fala “Latinha, bituca, porque não é reutilizável.”. O mesmo padrão perceptivo foi obtido por Mucelin & Bellini (2008), que classificou as respostas como dois núcleos sógnicos perceptivos: respostas que listavam objetos que constituíam o lixo e uma tentativa de formular uma definição. As percepções da pesquisa de Mucelin & Bellini (2008) acerca dos problemas do lixo, assim como no presente estudo, incluíam doenças, atração de vetores, algo ruim e nocivo. Os materiais citados pelos entrevistados são basicamente resultado de consumo de alimentos como embalagens, coco, restos de alimento, copos plásticos, latas e garrafas de bebidas, sugerindo que a poluição é principalmente decorrente dos usuários da praia (Dantas *et al.*, 2012a), e não outra fonte como esgoto ou poluição marinha. Os principais impactos causados pelo lixo obtidos por Dantas *et al.* (2012b) foram contemplados pelos entrevistados, sendo eles a contração de doenças, danos aos animais marinhos e atração de vetores de doenças. Além de enches, desconforto, ferimentos por objetos cortantes e poluição.

Além de percepções em relação ao lixo, algumas informações importantes foram obtidas sobre problemas na esfera social e política, sendo apontada a falta de segurança e a presença de usuários de droga, como, por exemplo, definir que “o meio ambiente, hoje, é droga”, segundo um entrevistado, ou dizer que a qualidade do ambiente é “péssima” devido a “fumaça de maconha, cachorro e mendigo”. Os cachorros podem ser considerados parte de um problema ambiental, pois são muitos e suas fezes foram citadas como um dos tipos de lixo encontrados na praia. Uma pessoa, inclusive, citou a carência de ações para lidar com zoonoses ao responder quais os problemas que o lixo causa com a fala “Tudo, doença, junta rato. Não tem como reciclar jogando tudo junto. Deixam comida para os cachorros, tem isso também! Não tem zoonose.”.

É notável que alguns entrevistados reconheçam a importância da reciclagem ao reclamarem da ausência de recipientes identificados com cores para separação de lixo ou até ao lembrar o trabalho dos catadores, como na fala “Poderia ter recipiente de reciclagem. Se não são os catadores...”. Apesar disso, a separação dos materiais não foi incluída nas ações individuais. Não houve menção de conceito de sustentabilidade e nem de redução de consumo como atitude individual capaz de reduzir a poluição do ambiente.

Ao serem questionados sobre a responsabilidade da correta destinação do lixo, os entrevistados aproveitavam para sugerir soluções como a colocação de lixeiras na areia, pela prefeitura, pois os visitantes que se instalam na areia próximo ao mar não vão até a calçada para descartar seu lixo nas lixeiras do calçadão ou nas caçambas da CODESAVI (Companhia de Desenvolvimento de São Vicente). Outra alternativa dada pela própria população seria a entrega de sacolas plásticas fornecidas pela prefeitura a serem entregues aos banhistas pelos quiosques. Duas pessoas inclusas no grupo de trabalhadores afirmaram que entregam sacolas aos clientes e visitantes da praia para que estes colem o próprio lixo sem poluir o ambiente. Todas estas sugestões podem ser consideradas representativas pela sociedade civil, tendo em

vista que políticas públicas sustentáveis só obterão sucesso se o poder público reconhecer que o desenvolvimento depende de todas as dimensões simultaneamente, inclusive com contribuições de iniciativa privada e de indivíduos das comunidades locais (Teixeira, 2004). É importante lembrar que todas as pessoas frequentadoras da praia foram apontadas como produtoras de lixo segundo a Tabela 5, de modo que cada um deve se responsabilizar pelo próprio resíduo e o poder público poderia oferecer condições para a correta destinação. Assim, é conveniente que o poder público elabore uma política de cogestão envolvendo a população, os turistas e os quiosques (ou seja, todos os produtores de resíduos).

Ao observar que os entrevistados consideram de médio a grave o problema do lixo e que ressaltaram os pontos negativos da praia, considera-se possível que exista certa repulsa pela área devido ao lixo, tanto por parte dos trabalhadores quanto dos visitantes. Tal fato pode estar ligado ao conceito de topofobia, também sugerido por Tuan (1980), logo oposto à topofilia. A topofobia à praia poluída pode trazer consequências ao turismo e à economia de toda a cidade, sendo que estratégias mais eficientes de gestão de resíduos sólidos podem partir da percepção da sociedade. A maioria das percepções negativas em relação à praia veio dos trabalhadores, provavelmente pelo fato de a presença deles ser obrigatória e não contemplativa da paisagem, aumentando a capacidade crítica e diferenciando sua percepção do entorno.

Apesar de os entrevistados terem demonstrado alguma pró-atividade no que se refere às ações individuais para contribuir com o ambiente e reconhecerem que os produtores de lixo são basicamente a população local, a responsabilidade pela destinação correta dos resíduos foi atribuída majoritariamente ao poder público. Assim, como observado por Martinez (2012) algumas pessoas aparentemente não se sentem responsáveis pelo cuidado com o ambiente (neste caso, responsáveis pelos próprios resíduos produzidos), não atribuindo responsabilidades para si próprios. Há, portanto, evidências da expressão de normas sociais em que a preocupação com a poluição inclui força moral (Vedwan, 2006). Da mesma forma, as normas sociais podem ter representado alguma pressão do local e do momento, considerando a Teoria do Comportamento Planejado (Ajzen, 1991), que consiste em atitudes influenciadas por determinadas situações. O contexto de uma entrevista com fins científicos sobre meio ambiente e poluição pode ter determinado o comportamento dos entrevistados e suas respostas que envolviam atitudes positivas como jogar o lixo em lixeiras ou ao apontar responsabilidades ao poder público. Esta interpretação pode ser evidenciada nas próprias respostas em relação ao meio ambiente definido com atitudes como “não poluir” ou “cuidar direito do meio ambiente” por alguns entrevistados. Outros estudos similares mostram que a maioria dos usuários da praia concorda que a responsabilidade pela manutenção da praia sem lixo é de todos (usuários, comerciantes e órgãos públicos) (Dantas *et al.*, 2012b). Ainda assim, as ações individuais apontadas são perfeitamente realistas e poderiam ser aliadas às iniciativas do poder público.

Tendo em vista o futuro de grandes cidades e a tendência no aumento da urbanização, problemas que envolvem vários municípios (como lixo e poluição) precisarão de soluções

com novas formas de atuação, considerando a problemática ambiental no processo de formulação e implementação de políticas públicas (Ferreira, 2000). Teixeira (2004) sugere a divisão de responsabilidades em prol do desenvolvimento humano e a proteção de recursos costeiros. Analisar a percepção ambiental da população acerca destes problemas leva a compreender se os próprios cidadãos estão dispostos a se envolver nas decisões e se responsabilizar pelas soluções. O fato de se considerarem produtores de resíduos e responsáveis pela destinação correta dos mesmos em conjunto com o poder público evidencia tal disposição, ainda que alguns entrevistados tenham demonstrado insegurança e incapacidade de alterar o ambiente agindo sozinhos, utilizando frases feitas como “uma andorinha só não faz verão” ao serem questionados sobre suas contribuições para a limpeza do meio ambiente. Seria interessante aproveitar os recursos, incentivo internacional e nacional e vontade política do Brasil para atingir a gestão participativa das praias que seja realmente eficiente, tomando outros países como exemplo (Scherer, 2013). A ação conjunta parece necessária inclusive na visão dos entrevistados, considerando que um quadro eficiente de governança consiste na participação de cidadãos que devem estar tão dispostos quanto funcionários públicos se dispõem a trabalhar para resolver problemas coletivos (Teixeira, 2004).

## CONCLUSÃO

A elaboração das definições de termos como “meio ambiente” e “lixo” refletem, claramente, na forma como as informações sobre preservação ambiental são recebidas, levando-se em conta que tais palavras são frequentemente associadas a problemas ambientais, preservação da natureza e tais informações são repetidas nas definições.

Quatro informações adquiridas neste trabalho merecem destaque: 1) há um reconhecimento por parte dos entrevistados de que todas as pessoas frequentadoras da praia são produtoras de resíduos; 2) a responsabilidade de destinar os resíduos corretamente foi apontada primeiramente à prefeitura; 3) metade dos entrevistados afirmam que cada um pode contribuir com a limpeza do ambiente jogando seu lixo nos locais próprios a isso, ou seja, reconhecem que a poluição na praia pode causar prejuízos como doenças, enchentes e danos aos seres vivos, mas atribuem a responsabilidades de correta destinação ao poder público; e 4) as atitudes positivas individuais foram constatadas como respostas pressionadas pelo contexto social a fim de seguir a linha de força moral referente à preservação do meio ambiente. Se aliadas às iniciativas governamentais, considerando que é possível atribuir responsabilidade aos produtores e aos gestores, uma política de cogestão entre sociedade civil e o poder público pode contribuir para a manutenção da praia e favorecer o turismo em ambientes naturais como a praia do Gonzaguinha, favorecendo, por conseguinte, a economia local baseada na conservação do ambiente limpo e saudável.

## REFERÊNCIAS

- Afonso, C.M. (2006) - *A paisagem da Baixada Santista: Urbanização, Transformação e Conservação*. 309p., Editora da Universidade de São Paulo EDUSP, São Paulo, Brasil. ISBN: 978-8531408939.
- Ajzen, I. (1991) - The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2):179-211. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](http://dx.doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Corbin, A. (1989) - *O Território do Vazio*. 416p., Companhia das Letras, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8571640726.
- Dantas, V.C.; Morais, E.C.; Bezerra, K.B.; Riul, P. (2012a) - Impacto do Carnaval na quantidade de resíduos sólidos em praias de Lucena-PB. *V Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Available at <http://www.globalgarbage.org/praias/downloads/V-CBO-2012/0810.pdf>
- Dantas, V.C.; Morais, E.C.; Bezerra, K.B.; Araújo, M.C.B. (2012b) - Avaliação da percepção de usuários sobre a contaminação de praias de João Pessoa (PB), por lixo marinho. *V Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Available at <http://www.globalgarbage.org/praias/downloads/V-CBO-2012/0372.pdf>
- Del Rio, V. (1999) - Cidade da Mente, Cidade Real: Percepção e Revitalização da Área Portuária do RJ. In: Del Rio, V.; Oliveira, L. (org.), *Percepção Ambiental: A Experiência Brasileira*, pp.3-22, Ed Studio Nobel, São Carlos, SP, Brasil. ISBN: 8528604411.
- DOU (2010) - Lei nº 12.305 2 de agosto de 2010 – Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e dá outras providências. *Diário Oficial da União* nº. 147, de 3 de agosto de 2010, Seção 1, p. 3-7, Brasília, DF, Brasil. Available at <http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?journal=1&pagina=3&data=03/08/2010>
- Fausto, B. (1994) - *História do Brasil*. 650p. EDUSP & FDE, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8531402409.
- Ferreira, L.C. (2000) - Indicadores Políticos-institucionais de sustentabilidade: criando e acomodando demandas públicas. *Ambiente & Sociedade*, 6/7:15-30. DOI: 10.1590/S1414-753X2000000100002
- Günther, H. (2003) - *Como elaborar um questionário*. 35p., UnB – Universidade de Brasília, Laboratório de Psicologia Ambiental, Brasília, DF, Brasil. Available at <http://www.psi-ambiental.net/XTextos/01Questionario.pdf>
- Martinez, D.I. (2012) - *Representações e percepções sobre ambiente e conservação como subsídio ao Gerenciamento Costeiro Integrado: estudo de caso com grupos sociais da região de Cananéia, litoral sul do Estado de São Paulo*. 174p., Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Available at: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21134/tde-11122012-160745/pt-br.php>.
- MMA (2002) - *Projeto Orla: Manual de Gestão*. 88p., Ministério do Meio Ambiente (MMA) / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF, Brasil. ISBN 85-7738-050-5. Available at [http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021\\_PUB\\_ProjOrla\\_manGestao.pdf](http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spu/publicacao/081021_PUB_ProjOrla_manGestao.pdf)
- Moraes, A.C.R. (2007) - *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro*. 232p., Annablume, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 978-8574196770
- Mucelin, C.A.; Bellini, M. (2008) - Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Sociedade & Natureza*, 20(1):111-124. doi: 10.1590/S1982-45132008000100008

- Pinto, A.B.; Oliveira, A.J.F.D. (2011) - Diversidade de microrganismos indicadores utilizados na avaliação da contaminação fecal de areias de praias recreacionais marinhas: estado atual do conhecimento e perspectivas. *O Mundo da Saúde* (ISSN: 1980-3990), 35(1):105-114, São Paulo, SP, Brasil. Available at [http://saocamilo-sp.br/pdf/mundo\\_saude/83/105a114.pdf](http://saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/83/105a114.pdf)
- Roca, E.; Villares, M.; Ortego, M.I. (2009) - Assessing public perceptions on beach quality according to beach users' profile: A case study in the Costa Brava (Spain). *Tourism Management*. 30(4):598-607. DOI: 10.1016/j.tourman.2008.10.015
- SABESP (2009) - *Relatório de Sustentabilidade. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil*. Available at: [http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade\\_meioamb/RS\\_2009\\_Portugues.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade_meioamb/RS_2009_Portugues.pdf)
- Sato, M. (2001a) - Apaixonadamente pesquisadora em educação ambiental. *Educação: Teoria e Prática*, (ISSN: 1981-8106), 9(16/17):24-35, Rio Claro, SP, Brasil. Available at <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/article/view/1600/1361>
- Sato, M. (2001b) - Debatedo os desafios da educação Ambiental. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental* (ISSN: 1517-1256), 1:R14-R33, Rio Grande, RS, Brasil. Available at [http://material.nerea-investiga.org/publicacoes/user\\_34/FICH\\_PT\\_16.pdf](http://material.nerea-investiga.org/publicacoes/user_34/FICH_PT_16.pdf)
- Sauvé, L.; Orellana, I. (2002) - La formación continua de profesores em educación ambiental: la propuesta de Edmaz. *Tópicos en Educación Ambiental* (ISSN: 1870-1728), 4(10):50-62, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Available at <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/sauve04.pdf>
- Scherer, M. (2013) - Gestão de Praias do Brasil: Subsídios para uma Reflexão. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13(1):3-13. DOI: 10.5894/rgci358
- Serraller, F.C. (1993) - Concepto e historia de la pintura de paisaje. In: *Los paisajes del Prado*, pp.11-28, Editorial Nerea / Fundación Amigos del Museo del Prado, Madrid, España. ISBN: 84-86763-80-0
- Tassara, E.T.D.O.; Rabinovich, E.P. (2003) - Perspectivas da Psicologia Ambiental. *Estudos de Psicologia*, 8(2):339-340. DOI: 10.1590/S1413-294X2003000200018
- Teixeira, P.F.P. (2004) - *Governo, Governança e (Des)envolvimento*. 8p., ABDL – Associação Brasileira para o Desenvolvimento de Lideranças. São Paulo, SP, Brasil. [http://www.abdl.org.br/filemanager/download/175/governo\\_governanca\\_e\\_\(des\)envolvimento](http://www.abdl.org.br/filemanager/download/175/governo_governanca_e_(des)envolvimento)
- Tuan, Y.F. (1980) - *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. Difel, São Paulo, Brasil. ISBN: 8585445424.
- UNESCO (1973) - *Programme on Man and the Biosphere. Expert Panel on Project 13: Perception of Environmental Quality*. 76p., United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000059/005984eb.pdf>
- Vedwan, N. (2006) - Culture, Climate and the Environment: Local Knowledge and Perception of Climate Change among Apple Growers in Northwest India. *Journal of Ecological Anthropology* (ISSN: 1528-6509), Tampa, FL, United States of America, 10:4-18. Available at <http://shell.cas.usf.edu/jea/PDFs/Vedwan.pdf>
- Vieira, R.H.S.F.; Rodrigues, D.P.; Menezes, E.A.; Evangelista, N.S.S.; Reis, E.M.F.; Barreto, L.M.; Gonçalves, F.A. (2001) - Microbial contamination of sand from major beaches in Fortaleza, Ceará State, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 32(2):77-80. DOI: 10.1590/S1517-83822001000200001
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J.; Melilo, J.M. (1997) - Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, 277(5325):494-499. DOI: 10.1126/science.277.5325.494
- Whyte, A.V.T. (1977) - *Guidelines for field studies in environmental perception*. 117p., UNESCO United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, MAB Technical Notes 5, Programme Man and the Biosphere (MAB), Paris, France. Available at <http://unesdoc.unesco.org/images/0002/000247/024707eo.pdf>

## NOTA TÉCNICA / *TECHNICAL NOTE*

### Mapeamento do uso do solo na APA estadual Lagoas de Guarajuba, Camaçari, BA, Brasil \*

### *Land use mapping in a protected area of Lagoas de Guarajuba in Camacari, Bahia, Brazil*

Carlos Felipe Silva Santos <sup>@,1</sup>, Anderson Gomes de Oliveira <sup>2</sup>

---

#### RESUMO

Neste trabalho, o SIG (Sistema de Informação Geográfica) foi usado para mapear o uso e ocupação do solo, com vistas a um planejamento ambiental de uma área protegida. A Área de Proteção Ambiental Lagoas de Guarajuba está localizada no município de Camaçari, no estado da Bahia, 50 km ao norte da sua capital Salvador. Esta unidade de conservação situa-se num vetor de crescimento urbano, comercial e turístico do litoral norte da Bahia. A elaboração de um mapa atualizado de uso e cobertura do solo torna-se essencial para apoiar o planejamento ambiental e disciplinar o processo de ocupação deste território. Comparando-se os limites desta Unidade de Conservação estabelecidos pela resolução que a criou com os arquivos digitais georreferenciados divulgados por órgãos oficiais, diferenças foram evidenciadas. Seis classes de uso foram mapeadas: zonas úmidas, área urbanizada, fragmento florestal, faixa de praia, fragmento de restinga e cultivo de coco-da-baía. As terras inundáveis são predominantes (48,3 % da região), formando a matriz desta paisagem. Foi evidenciada, no entanto, uma preocupante urbanização nesta região que compromete a geração de serviços ecossistêmicos e ameaça essas zonas alagadiças.

**Palavras-chave:** Unidade de conservação, uso da terra, geoprocessamento.

#### ABSTRACT

*In this study GIS (Geographic Information System) was used to map land use with the aim to aid environmental planning in a protected area. The site of Lagoas de Guarajuba is in the Municipality of Camaçari in the State of Bahia. This area is located 50 km north of the state capital Salvador. It is affected by urban growth and commercial and tourist development. An updated GIS map is essential to aid environmental planning of future land cover of the area. Significant differences have been observed between the limits of this conservation area established by resolution that created and the georeferenced digital files released by government. Six zones of land use were mapped: wetlands, urban areas, forests, beaches, sand dunes and coconut plantations. The wetlands predominate (48.3 % of the area) corresponding the matrix of this landscape. However great urbanization of the area decreases the generation of ecosystem services and threatens these wetlands.*

**Keywords:** protected area, land cover, geoprocessing.

---

@ - Corresponding author: [carlosfelipe.silvasantos@gmail.com](mailto:carlosfelipe.silvasantos@gmail.com)

1 - Unijorge - Centro Universitário Jorge Amado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Intervenções Ambientais, CEP 41745-130, Salvador, BA, Brasil.

2 - Unifacs - Universidade Salvador, Departamento de Engenharia, CEP 41940-560, Salvador, BA, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as estratégias para a conservação da biodiversidade, destaca-se o estabelecimento de áreas prioritárias para sua proteção e manejo pelo poder público. No Brasil, a lei nº 9.985/2000 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que definiu normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação, permitindo compatibilizar a conservação de recursos naturais, o uso sustentável destes e a ocupação urbana, através das áreas de proteção ambiental (Presidência da República do Brasil, 2000).

Neste contexto, a Área de Proteção Ambiental Estadual Lagoas de Guarajuba (APA E.L.G.) foi criada e zoneada para proteger uma das mais importantes áreas úmidas do litoral norte da Bahia, no município de Camaçari, com grande beleza cênica e inúmeras funções ecológicas, sociais, econômicas, recreativas e educativas. A APA foi estabelecida considerando toda a região localizada entre a rodovia BA-099 (Estrada do Coco) e a Plataforma Continental Interna, sendo limitada a noroeste pelo Rio Pojuca e a sudoeste pelo Rio Jacuípe (CEPRAM, 1991).

Os principais conflitos na APA E.L.G. são decorrentes da ocupação urbana desordenada da região: desmatamento, lançamento de efluentes domésticos, caça e pesca predatória, depósito de lixo.

O litoral de Camaçari é um grande vetor de crescimento urbano, comercial e turístico do estado. Barra do Jacuípe (região sul), Guarajuba (região central) e Itacimirim (região norte), antigos povoados, transformaram-se em conglomerados urbanos da região da APA, através da junção de loteamentos regulares e irregulares e condomínios de veraneio, comércio associado e hotéis/pousadas nas últimas décadas (Sobral, 2008).

Os impactos socioambientais gerados por estas mudanças de cenário tendem a aumentar. Quando da elaboração do Plano de Desenvolvimento Urbano do município

de Camaçari, foram identificados os seguintes impactos negativos na APA (Secretaria de Planejamento de Camaçari, 2001):

- excessiva pressão sobre as terras úmidas, produzida pelos efeitos das ocupações humanas;
- risco de contaminação dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos;
- alterações nos elos dos ecossistemas costeiros, pela expulsão de espécies que integram as cadeias alimentares destes ecossistemas;
- alterações nos fluxos de água superficiais e subterrâneos.

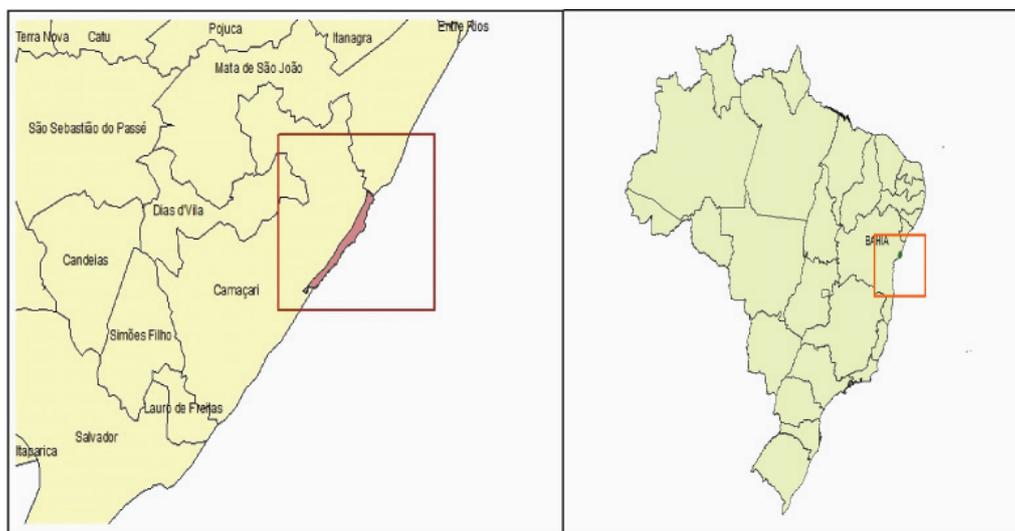
O SIG – Sistema de Informação Geográfica, por sua vez, consiste num conjunto de procedimentos, manual ou automatizado, utilizados no sentido do armazenamento, e manipulação de informação georreferenciada (Aronoff, 1989), que possibilita avaliar situações ambientais com precisão e economia considerável de esforço humano, na coleta e organização dos dados (Xavier-da-Silva, 2001).

O uso do solo é um indicador genérico e simples para monitorar a paisagem e sua integridade. As alterações de uso do solo podem ser o fator mais importante nas alterações que atingem os sistemas ecológicos (Foody, 2002).

Desta forma, torna-se imprescindível a elaboração de um mapa atualizado de uso e cobertura do solo para apoiar a gestão da APA E.L.G., planejando ambientalmente a região, incluindo o ordenamento do seu processo de ocupação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A APA Estadual Lagoas de Guarajuba possui em torno de 2.030 hectares, está localizada geograficamente entre as coordenadas de latitudes 12°42'35.33"S e 12°35'15.43"S e longitudes 38°8'29.18"O e 38°2'26.31"O, no município de Camaçari, litoral norte da Bahia, entre as áreas de proteção ambiental estaduais Rio Capivara, Litoral Norte e Plataforma Continental.



**Figura 1.** Localização geográfica da APA E.L.G.

**Figure 1.** Geographic location of APA E.L.G.

Fonte: IBAMA, IBGE.

O clima da região, conforme classificação de Köppen-Geiger é o Tropical As (clima Tropical com estação seca de verão).

Utilizou-se uma imagem adquirida através do software Google Earth datada de 11 de novembro de 2010, um arquivo formato *shapefile* com os limites da APA, adquirido no site do IBAMA, e uma carta topográfica, da folha Salvador (SD.24-X-A-V) publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na escala 1:100.000.

As imagens foram importadas para uma base de dados no software livre Quantum GIS versão 1.8.0 Lisboa. Foi feito o georeferenciamento das imagens com base na carta topográfica da folha Salvador no mesmo programa, com projeção UTM, na zona 24S e Datum horizontal WGS 84, gerando um erro quadrático médio (RMSE) residual aceitável, correspondente a aproximadamente 18 metros. Posteriormente, foi realizada a segmentação da imagem Google Earth, comparando com a própria folha Salvador, identificando as classes de uso e ocupação do solo possíveis, utilizando a interpretação visual e a vetorização manual, por ser uma área relativamente pequena. Com auxílio de aparelho GPS (Garmim Etrex Legend HCX) foram feitas observações em campo, no dia 25 de outubro e 22 de novembro de 2012, para melhor caracterizar as classes de uso encontradas.

Diferentemente da sua resolução de criação, o mapa da referida APA, disponibilizado pelo site do IBAMA, parece delimitá-la a leste, considerando apenas a faixa de praia. Conforme Coutinho (2000), considera-se Plataforma Continental Interna toda região oceânica limitada a 20 metros de profundidade. Assim, através do arquivo tipo *shapefile* que representa as variações batimétricas no estado da Bahia, disponibilizado também, no site oficial do IBAMA, os limites da APA E.L.G. seriam muito maiores neste sentido. O limite fornecido pelo IBAMA, no entanto, atende as necessidades envolvidas neste estudo e foi considerado neste momento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do mapeamento gerado, foram identificadas seis classes de uso do solo dentro do limite da APA estadual Lagoas de Guarajuba, a seguir especificadas: a) fragmentos de floresta de mangue; b) terras inundáveis ou úmidas, compostas por lagoas intermitentes de água doce, brejos, pântanos e vegetação hidrófila associada; c) cultivo de coco-da-baía; d) fragmento de restinga; e) áreas urbanizadas de ocupação regular e irregular; f) faixa de praia.

Nota-se que os fragmentos florestais não estão conectados estruturalmente, cercados por ocupações e barreiras físicas e o fragmento residual de restinga encontra-se muito reduzido. As fragmentações da paisagem são uma ameaça a biodiversidade e torna-se uma das principais preocupações no planejamento ambiental (Silva *et al.*, 2006).

With & King (1999), no entanto, alertam que a conectividade funcional entre fragmentos não está somente associada à continuidade estrutural, mas também, a habilidade de dispersão de cada organismo e o uso do habitat da matriz. Ou seja, em alguns casos não existe uma diferença clara entre manchas e matriz, o uso desta pode ser, inclusive, uma vantagem de sobrevivência para algumas espécies.

Percebe-se uma matriz sem barreiras artificiais capazes de fragmentá-la, porém com formato alongado, incrustado entre a rodovia BA-099 e a faixa de praia, que não é favorável a manutenção da biodiversidade existente, conforme o princípio aplicado da biogeografia de ilhas (MacArthur & Wilson, 1967).

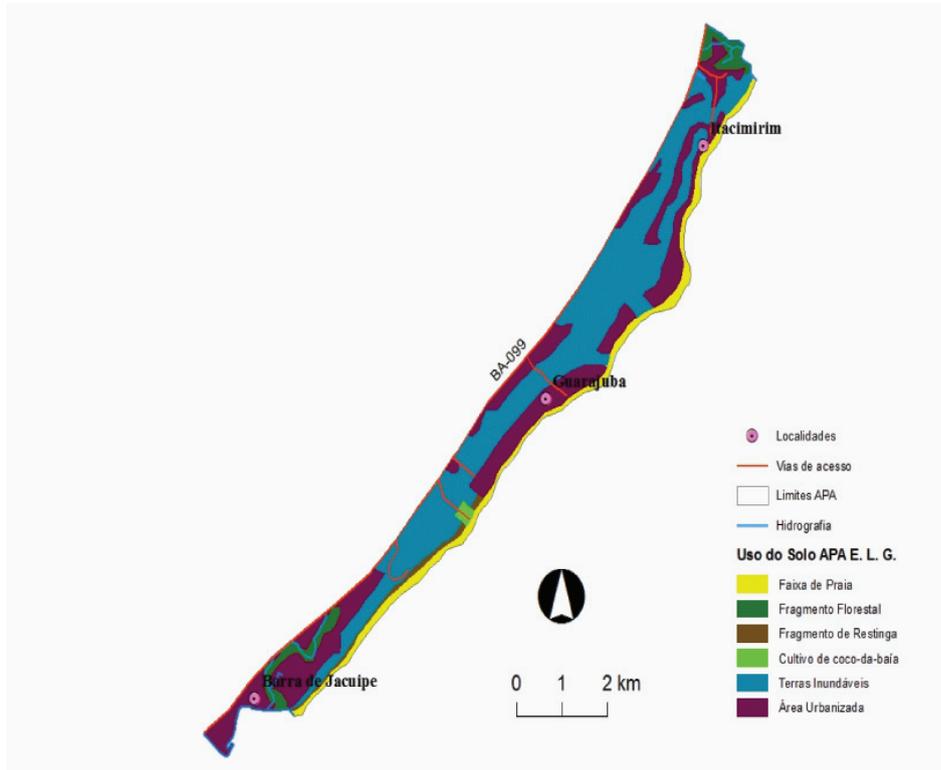
Esta unidade de paisagem apresenta-se conservada, principalmente na região abrangida pelo parque municipal das Lagoas de Guarajuba (Gabinete da Prefeitura de Camaçari, 1977) que protege as zonas úmidas próximas a esta localidade, conforme visitas de campo efetuadas, mesmo com a presença de espécies exóticas como coco-da-baía, e sendo cercada por forte urbanização. É necessário, no entanto, avaliar em maior escala os impactos ambientais gerados pelas ocupações regulares e irregulares existentes, assim como o efeito de borda existente destas áreas urbanizadas e da rodovia BA-099 sobre estes ecossistemas úmidos.

A urbanização ao longo das praias de Guarajuba e Itacimirim, verificada pelo mapa gerado e confirmada *in situ* inclusive com a detecção de interferências antrópicas irregulares também é inquietante. Silva *et al.* (2012) estudaram a qualidade recreacional e os limites de carga das praias do litoral norte da Bahia, estabelecendo que a praia de Itacimirim apresentou capacidade de carga inferior a 10.000 pessoas/dia, e a praia de Guarajuba valores de área disponível por usuário inferiores à 10 m<sup>2</sup>. A ocupação da orla, por exemplo, (hotéis e condomínios) é um dos principais fatores que causam impacto negativo nas populações de tartarugas marinhas (Almeida *et al.*, 2011).

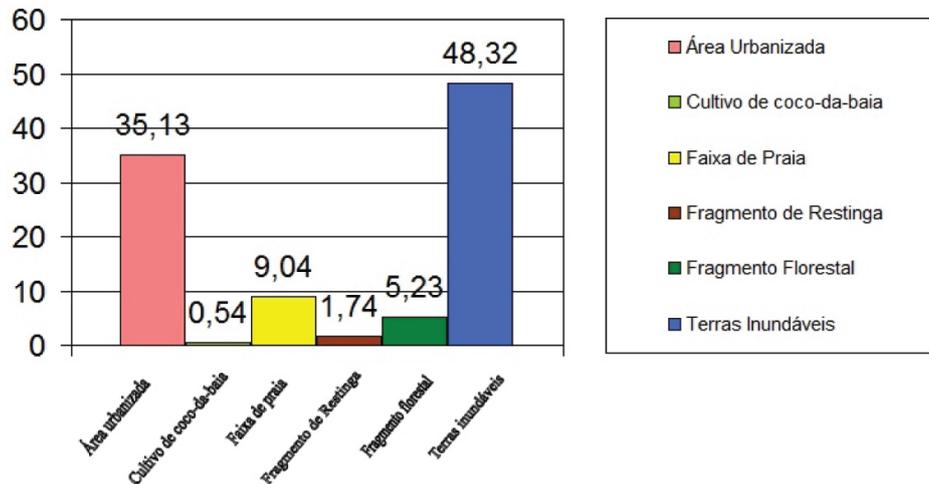
Os serviços ecossistêmicos providos pelas praias e zona costeira do município de Camaçari, indicam forte dependência das suas condições naturais conservadas. Verifica-se uma maior quantidade de serviços (regulação e/ou suporte, provisão e de informação, cultura e lazer) em áreas com baixo nível de urbanização e com ambientes naturais conservados (Santos & Silva, 2012). Infere-se daí o estágio preocupante em que se encontra a APA E.L.G., visto que, em torno de 35% da região está urbanizada, ou seja, incapaz de gerar serviços ecossistêmicos de qualidade.

Notou-se, com base na folha topográfica estudada, que o processo de ocupação avançou pelas antigas áreas de cultivo, restingas e mata nativa que existia nesta região. As áreas úmidas são sujeitas a alagamentos intermitentes e o custo envolvido em construções nestes locais é, portanto, maior. Porém, como as restingas ocupam, atualmente, apenas 1,74% da APA, a tendência é que a especulação imobiliária e a conseqüente expansão urbana pressionem os ecossistemas úmidos desta região.

É urgente, portanto, a necessidade de se frear a pressão por ocupações dentro do limite da APA Estadual Lagoas de Guarajuba, através dos processos de licenciamento e dos programas de fiscalização e monitoramento, por parte do poder público. Todos estes processos devem ser guiados por uma avaliação ambiental estratégica de todo litoral norte da Bahia. Com o intuito de conservar suas áreas úmidas, fragmentos florestais, de restinga e sua faixa de praia, para que esta APA continue provendo serviços de qualidade ambiental e essenciais a saúde pública.



**Figura 2.** Mapa gerado sobre o uso e ocupação atual do solo nos limites da APA E.L.G. As terras úmidas formam a matriz da paisagem, esta fortemente urbanizada e composta por manchas.  
**Figure 2.** Map generated to land use in the APA E.L.G. Wetlands form the matrix of the landscape is very urbanized and consists of patches.



**Figura 3.** Áreas correspondentes às classes de uso encontradas na APA E.L.G. em porcentagem.  
**Figure 3.** Areas corresponding to the use patterns found in the APA E.L.G. in percentage.



**Figura 4.** Fragmento florestal de mangue, próximo ao estuário do rio Jacuípe.

*Figure 4.* Forest fragments near the Jacuípe river estuary.

Fonte: Fotos autor.



**Figura 6.** As zonas úmidas, como esta na localidade de Guarajuba, compõem a matriz da paisagem da APA E.L.G.

*Figure 6.* Wetlands such as this in the region of Guarajuba, form the matrix of landscape APA E.L.G.

Fonte: Fotos autor.



**Figura 5.** Fragmento de restinga, que resistiu à urbanização acentuada da região.

*Figure 5.* Sand dunes fragments which resisted the intense urbanization of the region.

Fonte: Fotos autor.



**Figura 7.** Lagoa Velado-Guarajuba, limítrofe à urbanização acentuada desta localidade.

*Figure 7.* Lagoa Velado-Guarajuba, bordering the intense urbanization of this region.

Fonte: Fotos autor.



**Figura 8.** Urbanização crescente ao longo da rodovia BA-099, limite ocidental da APA E.L.G.

**Figure 8.** Increasing urbanization along the BA-099 highway, the western limit of APA E.L.G.

Fonte: Fotos autor.



**Figura 9.** Ocupação irregular na faixa da praia de Guarajuba.

**Figure 9.** Irregular land use in Guarajuba beach.

Fonte: Fotos autor

## CONCLUSÕES

A partir desta análise paisagística, que considerou os fatores quantitativos e qualitativos do uso e ocupação do solo, propiciou-se um parâmetro para avaliação temporal em relação ao nível de urbanização sobre os ecossistemas remanescentes desta região.

A ocupação urbana tende a avançar sobre as zonas úmidas da Área de Proteção Ambiental Estadual Lagoas de Guarajuba.

A utilização do SIG, através da interpretação visual e da vetorização manual de imagem oriunda do software Google Earth, satisfaz a análise espacial desenvolvida neste estudo, com praticidade, rapidez e precisão considerável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A.P.; Santos, A.J.B.; Thomé, J.C.A.; Belini, C.; Baptistotte, C.; Marcovaldi, M.A.; Santos, A.S.; Lopez, M. (2011) - Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. *BioBrasil – Biodiversidade Brasileira* (ISSN: 2236-2886), 1:12-19 (Número Temático: Avaliação do Estado de Conservação das Tartarugas Marinhas), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, DF, Brasil. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/article/view/87>
- Aronoff, S. (1989) - *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. 294p., WDL Publ., Ottawa, Canadá. ISBN: 10: 0921804008.
- CEPRAM (1991) - *Resolução nº 387 - Considera como Área de Proteção Ambiental (APA) a localidade denominada "Lagoas de Guarajuba", no Município de Camaçari - BA*. Conselho estadual de proteção ambiental do estado da Bahia (CEPRAM), Salvador, BA, Brasil. In [http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/resolucao\\_cepram/resolucao\\_387\\_27\\_fevereiro\\_1991.pdf](http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/resolucao_cepram/resolucao_387_27_fevereiro_1991.pdf).
- Coutinho, P.N. (coord.) (2000) - *Programa Revizee. Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil. Oceanografia Geológica*. 74p., FEMAR/SECIRM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. [http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/\\_arquivos/levarte.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/levarte.pdf).
- Foody, G.M. (2002) - Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing Environment*, 80:185-201. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00295-4
- Gabinete da Prefeitura de Camaçari (1977) - *Decreto municipal nº 130*. Gabinete da Prefeitura de Camaçari, Camaçari, BA, Brasil.
- MacArthur, R.H.; Wilson, E.O. (1967) - *The theory of island biogeography*. 203 p., Princeton University Press, Princeton, NJ, U.S.A. ISBN: 978-0691088365.
- Presidência da República do Brasil (2000) - *Lei nº 9.985 – (...) institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Publicado no D.O.U. de 19.7.2000, Presidência da República do Brasil, Brasília, DF, Brasil. In [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm).
- Santos, R.C; Silva, I.R. (2012) Serviços ecossistêmicos oferecidos pelas praias do município de Camaçari, litoral norte da Bahia, Brasil. *Cadernos de Geociências* (ISSN: 2238-4960), 9(1):47-56, Salvador, BA, Brasil. Disponível em <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/5944/4316>.
- Secretaria de Planejamento de Camaçari (2001) – *Documento analítico básico tomos A e B para o Plano diretor de desenvolvimento urbano*. 216p., Secretaria de Planejamento de Camaçari, Camaçari, BA, Brasil.
- Silva, R.S.; Bittencourt A.C.S.; Dias J.A.; Filho J.R.S. (2012) - Qualidade recreacional e capacidade de carga das praias do litoral norte do estado da Bahia, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 12(2):131-146. DOI: 10.5894/rgci297.

- Sobral, L.E.S. (2008) - *Complexidade territorial e desenvolvimento: tendências e perspectivas da urbanização no litoral de Camaçari / Bahia / Brasil*. 499p., Dissertação de Doutorado, Universidade de Barcelona, Barcelona, Espanha. *Não publicado*. Disponível em <http://www.tdx.cat/handle/10803/1958>.
- With, K.A.; King, A.W. (1999) - Dispersal success on fractal landscapes: a consequence of lacunarity thresholds. *Landscape Ecology*, 14(1):73-82. DOI 10.1023/A:1008030215600.
- Xavier-da-Silva, J. (2001) - *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. 228p., Ed. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 85-902162-1-7.