

• REVISTA DE
**GESTÃO COSTEIRA
INTEGRADA**

Journal of Integrated Coastal Zone Management

VOL.10(3): Setembro 2010
September

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

**ILHAS
ISLANDS**

Editor / Editors

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos / UNIVALI

Formatação e paginação / Layout

André Cardoso

Design da capa / Cover design

Flatland Design

ISSN 1646-8872



Revista de Gestão Costeira Integrada

Journal of Integrated Coastal Zone Management

Volume 10, Número 3 / Volume 10, Number 3

Setembro 2010 / September 2010

www.aprh.pt/rgci

www.gci.inf.br

Corpo Editorial / Editorial Board

J. Alveirinho Dias
(jdias@ualg.pt)

J. Antunes do Carmo
(jsacarmo@dec.uc.pt)

Marcus Polette
(mpolette@univali.br)

Comissão Científica / Scientific Committee

| | | |
|---|--|--|
| Adriano A. Bordalo (Universidade do Porto, Porto, PORTUGAL) | Alexander Turra (Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, BRASIL) | Alexandre Schiavetti (Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, BRASIL) |
| Ana Vila-Concejo (University of Sydney, Sidney, AUSTRÁLIA) | André Bustorff Fortunato (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, PORTUGAL) | Antonio Klein (Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, BRASIL) |
| Cassiano Monteiro-Neto (Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, BRASIL) | Dieter Muehe (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL) | Fernando Veloso Gomes (Universidade do Porto, Porto, PORTUGAL) |
| Frédéric Bertrand (Université de Paris 1 (Sorbonne) Paris, FRANÇA) | Helena Granja (Universidade do Minho, Braga, PORTUGAL) | Ildeberto Mota-Oliveira (Instituto Superior Técnico, Lisboa, PORTUGAL) |
| João Alveirinho Dias (Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL) | José A. Jiménez (Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, ESPANHA) | José Antunes do Carmo (Universidade de Coimbra, Coimbra, PORTUGAL) |
| Lauro J. Calliari (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Carreiros, RS, BRASIL) | Luís Cancela da Fonseca (Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL) | Manuel Afonso-Dias (Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL) |
| Marcus Polette (Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, BRASIL) | Mônica Costa (Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, BRASIL) | Moyses G. Tessler (Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, BRASIL) |
| Oscar Ferreira (Universidade do Algarve, Faro, PORTUGAL) | Paolo Ciavola (Università di Ferrara, Ferrara, ITÁLIA) | Paulo Freire Vieira (Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, BRASIL) |
| Rainer Wehrhahn (Universidade de Kiel Kiel, ALEMANHA) | Ramon Gonzalez (Universitat Basel, Basel, SUIÇA) | Silvio Soares Macedo (Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, BRASIL) |
| | Walter M. Widmer (Universidade Federal do Paraná, Matinhos, PA, BRASIL) | |

Avaliadores / Referees

(Janeiro 2010 - Setembro 2010)

- Alexander Turra**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Alexandre Schiavetti**
Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus, BA, BRASIL
- Allan Williams**
University of Wales
Swansea, UK
- Amílcar Carvalho Mendes**
Museu Paraense Emílio Goeldi
Belem, PA, BRASIL
- André Bustorff Fortunato**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL
- Ângela Spengler**
Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A.
Porto Alegre, RS, BRASIL
- Barbara Franz**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Bruno Miguel Vaz**
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Carla Bernadete Madureira Cruz**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Carlos Pereira da Silva**
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Carlos Vale**
Instituto de Investigação das Pescas e do Mar
Lisboa, PORTUGAL
- Charles Moore**
Algalita Marine Research Foundation
Long Beach, CA, USA
- Claudio Mahler**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- David Tudor**
Bath Spa University College
Bath, UNITED KINGDOM
- Davide Franco**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL
- Debora Peterson**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL
- Dieter Muehe**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Ednilson Viana**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Eduardo Soriano-Sierra**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL
- Elírio E. Toldo Jr.**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, BRASIL
- Fátima Lopes Alves**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL
- Filipe de Oliveira Chaves**
Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória, ES, BRASIL
- Francisco Barreto Caldas**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL
- Francisco C. R. de Barros Junior**
Universidade Federal da Bahia
Salvador, BA, BRASIL
- Francisco Taveira Pinto**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL
- Heiko Brunken**
University of Applied Sciences
Bremen, GERMANY
- Helena Granja**
Universidade do Minho
Braga, PORTUGAL
- Isaac Santos**
Florida State University
Tallahassee, FL, USA
- Jáder Onofre de Moraes**
Universidade Estadual do Ceará
Fortaleza, CE, BRASIL
- João Luis Nicolodi**
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, RS, BRASIL
- João Miguel Dias**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL
- José Antonio Baptista Neto**
Universidade Federal Fluminense
Niterói, RJ, BRASIL
- José Antunes do Carmo**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL
- José Carlos Costa**
Universidade Técnica de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- José Manuel Pereira Vieira**
Universidade do Minho
Guimarães, PORTUGAL
- José Maria de La Rosa**
Instituto Tecnológico e Nuclear
Sacavém, PORTUGAL
- Jose Maria Landim Dominguez**
Universidade Federal da Bahia
Salvador, BA, BRASIL
- Juliana Sul**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL
- Kátia Naomi Kuroshima**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL
- Luís Portela**
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Lisboa, PORTUGAL
- Marco Alves**
Wave Energy Centre (WavEC)
Lisboa, Portugal
- Marcus Polette**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL
- Maria da Conceição Freitas**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Maria de Fátima Araújo**
Instituto Tecnológico e Nuclear
Sacavém, PORTUGAL
- Mariana Coutinho Hennemann**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL
- Marinez Eymael Garcia Scherer**
Programa Bandeira Azul
Florianópolis, SC, BRASIL
- Mário Gomes Soares**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Martin Thiel**
Universidad Católica del Norte
Coquimbo, CHILE
- Mary J. Donohue**
University of Hawaii
Honolulu, USA
- Michel Michaelovitch de Mahiques**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Milton L. Asmus**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Carreiros, RS, BRASIL
- Mônica Ferreira da Costa**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL
- Mônica Maria Pereira Tognella**
Universidade Federal do Espírito Santo
São Mateus, ES, BRASIL
- Moysés Gonzalez Tessler**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Natalia Hanazaki**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL
- Nelson Gruber**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, BRASIL
- Norberto Olmiro Horn**
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC, BRASIL
- Pedro Proença Cunha**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL
- Pedro Walfir Martins e Souza Filho**
Universidade Federal do Pará
Belém, PA, BRASIL
- Richard Thompson**
University of Plymouth
Plymouth, UNITED KINGDOM
- Ruy Kenji Papa de Kikuchi**
Universidade Federal da Bahia
Salvador, BA, BRASIL
- Sérgio Ricardo da Silveira Barros**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Tomasz Boski**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Wagner Costa Ribeiro**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Walter M. Widmer**
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
de Santa Catarina
SC, BRASIL

Outros Avaliadores / Other Referees

(2007 - 2009)

- Adélio Silva**
Hidromod
Lisboa, PORTUGAL
- Adriano A. Bordalo**
Universidade do Porto - Instituto de Ciências
Biomédicas de Abel Salazar
Porto, PORTUGAL
- Alexandre Mazzer**
Universidade da Região de Joinville
Joinville, SC, BRASIL
- Ana Vila-Concejo**
University of Sydney
Sydney, AUSTRÁLIA
- António Carlos Diegues**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Antonio Klein**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL
- António Manuel da Silva Luís**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL
- Carlos Alberto Cioco Sampaio**
Universidade Regional de Blumenau
Blumenau, SC, BRASIL
- Carlos Roberto Soares**
Universidade Federal do Paraná
Pontal do Paraná, PR, BRASIL
- Clovis B. Castro**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Cristina Maria de Almeida Bernardes**
Universidade de Aveiro
Aveiro, PORTUGAL
- Elmo Rodrigues da Silva**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Emanuel Gonçalves**
Instituto Superior de Psicologia Aplicada
Lisboa, PORTUGAL
- Fernando Pereira de Sousa**
CEPESE
Centro de Estudos da População, Economia e
Sociedade
Porto, PORTUGAL
- Fernando Perna**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Fernando Veloso Gomes**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL
- Frédéric Bertrand**
Université de Paris 1 Sorbonne
Paris, FRANÇA
- Galopim de Carvalho**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Helena de Freitas**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL
- Ideberto Mota-Oliveira**
Instituto Superior Técnico
Lisboa, PORTUGAL
- João Alveirinho Dias**
CIMA
Faro, PORTUGAL
- João Carlos Marques**
Universidade de Coimbra
Coimbra, PORTUGAL
- João Thadeu de Menezes**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL
- João Wagner Alencar de Castro**
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, BRASIL
- José A. Jiménez**
Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona, ESPANHA
- José Ribeiro**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL
- Karim Erzini**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Lauro J. Calliari**
Universidade Federal do Rio Grande
Carreiros, RS, BRASIL
- Luci Cajueiro Carneiro Pereira**
Universidade Federal do Pará
Belém, PA, BRASIL
- Luciano Lorenzi**
Universidade da Região de Joinville
São Francisco do Sul, SC, BRASIL
- Luís Cancela da Fonseca**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Manuel Afonso-Dias**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Manuel Sousa Neves Pereira**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Marcelo Sperle Dias**
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Maria Ana Peixe Dias**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Maria do Rosário Bastos**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL
- Maria Jesus Irabien Gúlias**
Euskal Herriko Unibertsitatea
Bilbao, ESPANHA
- Maria José Costa**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Maria Oziléa Bezerra Menezes**
Universidade Federal do Pará
Belém, PA, BRASIL
- Maria Teresa Dinis**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Moacyr Araújo**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL
- Naína Pierri Estades**
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, PR, BRASIL
- Óscar Ferreira**
Universidade do Algarve
Faro, PORTUGAL
- Paolo Ciavola**
Università di Ferrara
Ferrara, ITÁLIA
- Paulo Avilez Valente**
Universidade do Porto
Porto, PORTUGAL
- Paulo Catry**
Instituto Superior de Psicologia Aplicada
Lisboa, PORTUGAL
- Paulo da Cunha Lana**
Universidade Federal do Paraná
Pontal do Paraná, PR, BRASIL
- Paulo Jorge Parreira dos Santos**
Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, BRASIL
- Paulo Pereira**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL
- Paulo Renato Baganha Baptista**
CESAM
Aveiro, PORTUGAL
- Paulo Roberto Tagliani**
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande, RS, BRASIL
- Philip Conrad Scott**
Universidade Santa Úrsula
Rio de Janeiro, RJ, BRASIL
- Rainer Wehrhahn**
Universidade de Kiel
Kiel, ALEMANHA
- Ramon Gonzalez**
Universität Basel
Basel, SUÍÇA
- Ricardo Melo**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Rosemeri Marenzi**
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí, SC, BRASIL
- Rui Taborda**
Universidade de Lisboa
Lisboa, PORTUGAL
- Silvio Soares Macedo**
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, BRASIL
- Ulisses Miranda Azeiteiro**
Universidade Aberta
Porto, PORTUGAL

Índice / Index

Prefácio

- J. Alveirinho Dias 243 Breves considerações sobre as ilhas e a sua gestão.
J. Antunes do Carmo *Brief remarks on the islands and its management*
Marcus Polette

Artigos / Papers

- Pascal Saffache 255 Integrated Coastal Zone Management in small islands: A comparative outline
Pierre Angelelli of some islands of the Lesser Antilles
Gestão integrada da zona costeira em pequenas ilhas: Uma abordagem comparativa de algumas ilhas das Pequenas Antilhas
- Thiago Zagonel Serafini 281 Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o
Georgeana Barbosa de França histórico de uso e ocupação humana
José Milton Andriguetto-Filho *Brazilian oceanic islands: known biodiversity and its relation to the history of human use and occupation*
- João Wagner Alencar Castro 303 Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da
Geologia Ambiental
Oceanic islands of Trindade and Fernando de Noronha, Brazil: Overview of the Environmental Geology
- Cláudio Torres 321 Processo de decisão de Análise Espacial na selecção de áreas óptimas para a
Carlos Andrade Aquacultura Marinha: O exemplo da Ilha da Madeira
Spatial decision Analysis Process for selection Marine Aquaculture suitable zones: The exemple of Madeira Island
- N.S. Pereira 331 Mapeamento Geomorfológico e Morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico
V.A.V. Manso Sul
A.M.C. Silva *Geomorphological Mapping and Morphodynamic of Rocas atoll, South Atlantic*
M.B. Silva
- Marcelo de Oliveira Soares 347 Gestão ambiental de ecossistemas insulares: O caso da reserva biológica do
Carolina Cerqueira de Paiva atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial
Thaís de Godoy *Environmental management of insular ecosystems: The case of atol das Rocas biological reserve, Equatorial South Atlantic*
Maurizélia de Brito Silva
Carla Soraia Soares de Castro
- Mainara da Rocha Karniol Marquez 361 Variações morfológicas no prisma praiado da Ilha Comprida (Sudeste do Brasil)
Michel Michaelovitch de Mahiques - Subsídios para uma Gestão Costeira Sustentável
Morphologic changes on the beach of Ilha Comprida (southeast Brazilian coast) – subsidies to the coastal management
- Arthur Antônio Machado 381 Estudo da contaminação por resíduos sólidos na ilha do Arvoredo, reserva
Gilberto Fillmann biológica marinha do Arvoredo - SC, Brasil
Study of the contamination of litter in island Arvoredo, marine biological reserve of the Arvoredo - SC, Brasil



Prefácio / *Preface*

Breves considerações sobre as ilhas e a sua gestão ***Brief remarks on the islands and its management***¹

As ilhas podem ser classificadas como territórios continentais ou oceânicas. Em qualquer dos casos são, em geral, meios confinados (por vezes mais, outras vezes menos) do ponto de vista geográfico e humano. As acessibilidades são, com frequência, difíceis. Por vezes, devido a estas características (embora sejam de considerar outros factores intervenientes), propiciaram o desenvolvimento de meios sociais específicos, não raro com culturas muito vincadas, ricas, genuínas e, por vezes, exóticas, as quais constituem importante património imaterial que urge registar e, se possível, preservar e conservar.

Ao longo dos tempos, o confinamento humano, bem como as deficientes acessibilidades, tornaram difícil o conhecimento do que eram, na realidade, as ilhas (principalmente as oceânicas), bem como do que aí se passava. Utilizando a terminologia contemporânea, pode dizer-se que as ilhas eram, e continuam a ser em grande parte dos casos) pequenos territórios periféricos ou ultra-periféricos. Até ao século XX já avançado, a população, em geral, dispunha de exíguos tempos livres e os meios de comunicação eram ainda rudimentares e bastante dispendiosos comparativamente aos actuais, pelo que a visita às ilhas estava reservada a apenas alguns privilegiados (e a pequeno número também de “privilegiados” que se

Islands can be classified as continental and oceanic. In general, they are more or less confined places under the geographic and human point of view. Accessibilities are often difficult. Although other factors are involved, due to these characteristics they propitiated the development of specific social aspects. Not rarely those confined societies have very marked, rich, genuine and, at times, exotic cultures, that constitute an important intangible heritage that is urgent to register and, if possible, to preserve and to conserve.

Over time, human confinement, as well as the deficient accessibilities have made difficult to know what the islands really were (especially the oceanic islands), as well as what was happening in there. Using contemporary terminology, one can say that islands were (and still are in most cases), peripheral or ultra-peripheral small territories. Up to the already advanced 20th century, population, in general, had little leisure and the communications were still rudimentary and quite expensive compared to the current ones. So, the visit to the islands was reserved to a few privileged persons (and also to a small number of “privileged” saved from shipwrecks, being able to reach any lost island). This has contributed, frequently, to the construction, in the social imaginary, of legends,

1 - Tradução por Maria Manuela Baptista.

salvavam de naufrágios conseguindo atingir qualquer ilha perdida). Isto contribuiu, com frequência, para a construção, no imaginário social, de lendas, tradições e contos que referiam a existência, nalgumas dessas ilhas, de pequenas sociedades idílicas onde o pecado original (ou pelo menos o do dinheiro ou o das convenções sociais restritivas) ainda não tinha chegado. Paralelamente ao desenvolvimento destas ideias de sociedades utópicas, outras surgiram em que as ilhas, pelas suas características, eram assimiladas a locais propícios a certa purificação e redenção e, por vezes, até a aproximações ao Paraíso.

Exemplo do que se referiu é célebre romance “*Robinson Crusoe*” (1719), de Daniel Defoe (1660-1731), onde ressalta a Ilha do Desespero como meio do personagem se encontrar consigo próprio, com a Natureza e com Deus. Outro exemplo, na sequência do que foi referido, é a “*A Família Robinson Suíça*” (1812), do suíço Johann David Wyss (1743-1818), em que a família se adapta de tal forma aos valores naturais (e a eles próprios) que, quando são salvos, apenas dois elementos jovens regressam à “civilização”, decidindo o resto da família continuar a viver na harmonia da ilha. Estes são apenas dois entre milhares de exemplos possíveis.

Imaginação fértil dos autores? Isso é indubitável. Todavia, produto também do imaginário popular que, com frequência, assimilam ilhas a locais idílicos. Recordemos as palavras do escritor e historiador português Jaime Cortesão (1884-1960) a propósito da sua obra “*O Romance das Ilhas Encantadas*” (1925), relacionado com as descobertas das ilhas da Madeira e dos Açores: “*Este romance que ides ler..., não julgueis que de ponta a ponta o inventei, para depois vo-lo contar. Ele anda escrito, pedaço aqui, pedaço além, por velhos livros onde se recordam histórias contadas pelo povo nas idades antigas. Por mim, pouco mais fiz do que juntar as folhas espalhadas e esquecidas dessa linda história, sacudir-lhes o pó e uni-las de seguida com o mesmo fio.*”

Talvez tenha sido toda esta tradição e todo este imaginário que levou Aldous Huxley (1894-1963) a localizar precisamente numa ilha (a Ilha de Pala) o seu último romance, intitulado simplesmente “*A Ilha*” (1962), em que descreve uma sociedade ideal e idealizada, em que o Homem vive harmoniosamente consigo próprio e com a Natureza.

Locais de punição e de salvação, de morte e de renascimento, de destruição e de criação, de ilusão e de desilusão, as ilhas são tudo isso e muito mais. São como

traditions and tales that referred the existence, in some of those islands, of small idyllic societies where the original sin (or, at least, the sin concerning money or restrictive social conventions) had not yet reached. In parallel with the development of these ideas of utopian societies, other ideas have emerged in which the islands, due to its characteristics, were assimilated to propitious places for a certain personal purification and redemption and, sometimes, approaches to Paradise.

One example of what was referred is the famous novel “*Robinson Crusoe*” (1719), from Daniel Defoe (1660-1731), where the Island of Dispair is highlighted as a means for the character to find himself, to find Nature and to find God. Another example, is “*The Swiss Family Robinson*” (1812), from the Swiss Johann David Wyss (1743-1818), where the family adapts so much to the natural values and to themselves that at the end, when they are saved, only two young members of the family return to “civilization”, deciding the rest of the family to continue to living in the harmony of the island. These are only two among thousands of possible examples.

Fertile imagination of the authors? That is unquestionable. However, it is also the product of the popular imaginary that, often, assimilates islands to idyllic places. Let us remind the words of the Portuguese writer and historian Jaime Cortesão (1884-1960) regarding his book “*O Romance das Ilhas Encantadas*” (“*The Novel of the Enchanted Islands*”) (1925), related to the discovery of Madeira and Azores islands: “*This novel you are about to read..., do not think that I invented it from beginning to end, and then narrate it to you. It is written, one piece here, another piece there, in old books where stories are remembered and told by the people in ancient times. I did little more than join the spread and forgotten pieces of that beautiful story, dust and merge them with the same wire or thread.*”

Perhaps it was all this tradition and all this imaginary that led Aldous Huxley (1894-1963) to precisely locate in one island (Island of Pala) his last novel, simply titled “*Island*” (1962), in which he describes an ideal and idealized society, in which Man lives in harmony with himself and with Nature.

Places of punishment and salvation, of death and rebirth, of destruction and creation, of illusion and disillusion, the islands are all that and much more. They are like any other place, with existence independent

qualquer outro lugar, com existência independente dos sentimentos, dos valores imateriais e do imaginário humanos, mas em que o difícil acesso provocou o desconhecimento da realidade factual e suscitou a criação de mitos e lendas, frequentemente promovidas e alimentadas pela intelectualidade privilegiada que as visitava e/ou sobre elas discorria.

E na criação deste imaginário é relevante referir o pintor Paul Gauguin (1848-1903), que nas ilhas (Taiti, Martinica, Marquesas, etc.) procurou redenção e inspiração. Os seus quadros, grande parte deles carregados da iconografia exótica das ilhas, em que sobressaem as cores intensas, principalmente vermelhos, amarelos, verdes e violetas, têm grande atractividade e seguramente contribuíram para reforçar uma certa imagem idílica das ilhas (fig. 1 e 2).

Mas, sendo tão idealizadas, amadas e até odiadas, o que é concretamente uma ilha?

from the feelings, from immaterial values and from human imaginary; but in which the difficult access caused the lack of factual reality and raised up the creation of myths and legends, often promoted and nourished by the privileged intellectuals who visited them and/or discoursing on them.

And in the creation of this imaginary it is relevant to mention the painter Paul Gauguin (1848-1903) who, in the islands (Tahiti, Martinica, Marquesas, etc.) searched for redemption and inspiration. His paintings, most of them filled with the exotic iconography of the islands, enhanced by the intense colors, mainly bright reds, yellows, greens and purples, are very pleasant and certainly helped to reinforce a certain idyllic image of the islands (fig. 1 e 2).

But being so idealized, loved and even hated, what is specifically an island?

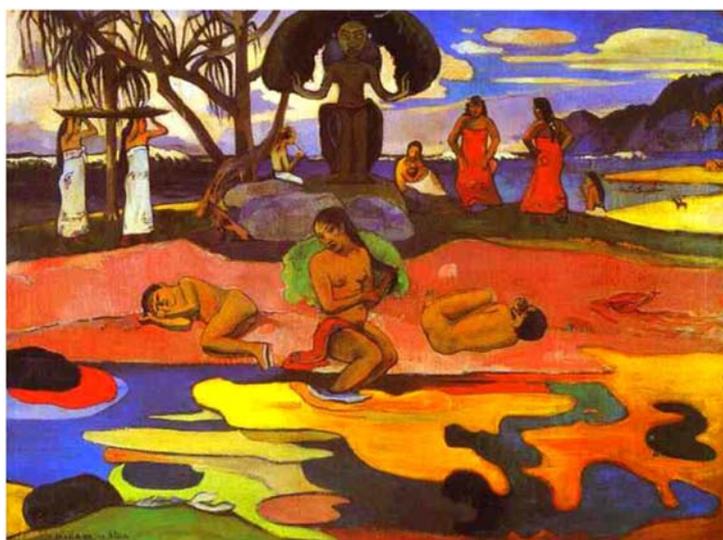


Figura 1 - “Mahana no atua” (Day of God), de Paul Gauguin (1894).
Figure 1 “Mahana no atua” (Day of God), by Paul Gauguin (1894).

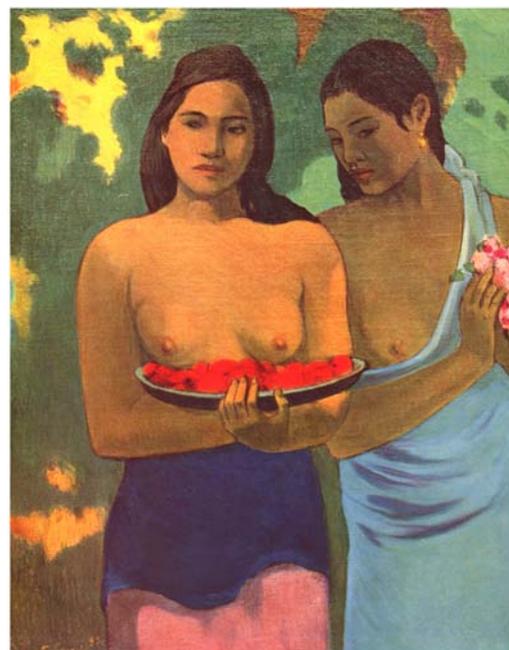


Figura 2 - “Duas taitianas com flores de manga”, de Paul Gauguin (1899).
Figure 2 - Two Tahitian Women with Mango Blossoms, by Paul Gauguin (1899).

Tal como vem nos dicionários, ilha é uma porção de terra emersa rodeada de água. Definição simples e clara, que converge com a que é apresentada no n.º 1 do artigo 121 da Convenção do Mar², onde se refere que “*uma ilha é uma formação natural de terra, rodeada de água, que fica a descoberto na preia-mar*”. Porém, na pormenorização, tais definições revelam-se mais complexas e, em vários aspectos, mais imprecisas do que pode parecer numa primeira leitura. Por exemplo, qual é a diferença precisa entre ilha, ilhéu, ilhota, rochedo, escolho e vários outros termos vulgarmente utilizados? A partir de que área se deve considerar que uma porção de terra emersa rodeada de água é efectivamente uma ilha? Como se verá em seguida, o assunto não é despidendo.

A relevância e importância das ilhas é explicitamente reconhecida pela Convenção do Mar ou, de forma completa, pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, celebrada em 10 de Dezembro de 1982 em Montego Bay, na Jamaica, e ratificada por Portugal em 1997 e pelo Brasil em 1998. Para aferir dessa importância é interessante referir que a palavra “ilha” é utilizada 45 vezes ao longo das 61 páginas do texto, enquanto a palavra “continente” é apenas usada duas vezes.

A diferença entre “ilha” e “rochedo” (e por dedução ilhota, escolho e congéneres) é implicitamente estabelecida pela Convenção quando, no n.º 3 do art. 121^o se estipula que “*os rochedos que, por si próprios, não se prestam à habitação humana ou à vida económica não devem ter zona económica exclusiva nem plataforma continental*”. Consequentemente, utilizando a doutrina da Convenção, pode dizer-se que ilha é uma porção de terra emersa rodeada de água, que se preste à habitação humana ou à vida económica. Tal não impõe limites explícitos referentes à área emersa, embora se conclua que as ilhas devem ter uma área mínima adequada “*à habitação humana ou à vida económica*”, o que não resolve a indefinição.

Quanto à área máxima não conhecemos qualquer documentação que a refira. Que a Islândia, apesar de ter cerca de 100 000 km² de área emersa, é uma ilha parece ser inquestionável. E a Gronelândia com mais

In the dictionaries, island is an emergent portion of land surrounded by water. Definition simple and clear, that converges with that presented in n.º. 1 of article 121 of the Convention on the Law of the Sea¹, which states that “*an island is a naturally formed area of land, surrounded by water, which is exposed during the high tide*”. However, in detail, such definitions are more complex and, in many aspects, more inaccurate that might appear in a first reading. For instance, what is the precise difference between island, islet, rock, reef and several other commonly used terms? From which amount of area must an emergent portion of land surrounded by water be considered as effectively an island? As we will see, the issue is not insignificant.

The relevance and importance of the island is explicitly recognized by the Convention of the Sea, or, in its full form, by the United Nations Convention on the Law of the Sea, celebrated in 10th December 1982 in Montego Bay, Jamaica, and ratified by Portugal in 1997 and Brazil in 1998. In order to assess this importance, it is interesting to refer that the word “island” is used 45 times throughout the 61 pages of the text, while the word “continent” is used only twice.

The difference between “island” and “rock” (and by deduction islet, reef and related) is implicitly established by the Convention when, in n.º. 3 of article 121 it states that “*Rocks which cannot sustain human habitation or economic life of their own shall have no exclusive economic zone or continental shelf*”. Consequently, using the doctrine of the Convention, one can say that island is a portion of land surrounded by water suitable for human habitation or for economic life. This does not impose explicit limits concerning the area, though one can conclude that islands must have a minimum area suitable for “*human habitation or economic life*”, which does not solve the ambiguity.

Concerning the maximum area we do not know any document that refers to it. That Iceland is an island, despite having around 100 000 km² of above water area, seems to be unquestionable. And Greenland with more than 2 million km² is still an island? For most authors the answer is yes. And Australia with more

2 - Utiliza-se aqui o texto da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar na versão portuguesa, publicada no Diário da República, n.º 238/97, de 14 de Outubro de 1997, Suplemento, p. 5486-(96) - 5486-(157), Lisboa, Portugal.

1 Here it is used the text from the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) in its Portuguese version, published in Diário da República, n.º 238/97, dated 14 October 1997, Supplement, p. 5486-(96) - 5486-(157), Lisbon, Portugal.

de 2 milhões de km² é ainda uma ilha? Para a maioria dos autores a resposta é afirmativa. E a Austrália (com mais de 7,5 milhões de km² de área emersa)? Considera-se, em geral, que é um continente (o menor continente terrestre). Então, a partir de que dimensão se deve considerar que “*uma porção de terra emersa rodeada de água*” já não é uma ilha, mas sim um continente? Esta é mais uma indefinição candente ...

Na sociedade contemporânea a importância das ilhas foi fortemente realçada juridicamente (e por consequência também sob os pontos de vista político, económico e social) pela Convenção do Mar. Logo no n.º 1 do art. 7.º, ao estipular a linha a partir da qual se deve medir a largura da Zona Económica Exclusiva (ZEE) e da Plataforma Continental no conceito jurídico (PC), diz-se que as ilhas ao longo da costa na sua proximidade imediata podem ser utilizadas no traçado das linhas de base rectas. Tal vem realçar de forma inquestionável a importância das ilhas costeiras.

Mas o que veio relevar, talvez de modo ímpar na história, a importância das ilhas para os países ribeirinhos, designadamente para Portugal e para o Brasil, foi o n.º 2 do art. 121.º da Convenção aludida, quando se estipula que “*o mar territorial, a zona contígua, a zona económica exclusiva e a plataforma continental de uma ilha serão determinados de conformidade com as disposições da presente Convenção aplicáveis a outras formações terrestres*”. As áreas das ZEE e das PC dos países marítimos com ilhas oceânicas era, assim, fortemente ampliada, com tudo o que isso significa em termos de recursos marinhos actuais ou potenciais (pescas, recursos minerais, etc.). De acordo com o artigo referido, as ilhas passavam a deter ZEE e PC de 200 milhas (caso não houvesse situação conflitual com outro país), que poderia mesmo, em certas condições, alargar-se até às 350 milhas.

Com a convenção do Mar Portugal continental, com 89 015 km² de área emersa, alargou a sua jurisdição a uma área de 327 667 km². Porém, beneficiando dos arquipélagos da Madeira e dos Açores, respectivamente com áreas emersas de 801 km² e 2 346 km², a ZEE portuguesa total expande-se para os 1 727 408 km² (fig.3), ou seja, cerca de 1,6% da área do Oceano Atlântico e cerca de 1,25% de toda a área oceânica sob jurisdição de países. Principalmente devido às ilhas portuguesas, a ZEE de Portugal é a maior na Europa (embora não seja a maior da Europa porquanto, devido aos territórios ultramarinos, as ZEE francesa, com mais de 11 milhões de km², e do Reino Unido, com quase 4 milhões de km², são claramente maiores).

than 7,5 million km² of above water area? In general, it is considered as a continent (the smallest continent). So, from which dimension shall “*an above water at high tide naturally formed portion of land surrounded by water*” be considered not as an island anymore, but as a continent? This is another glowing ambiguity ...

In contemporary society, the importance of the islands was legally strongly enhanced (and as a consequence also under the political, economical and social points of view) by the Convention on the Law of the Sea. In no. 1 of the article 7, when stipulates the baseline for measuring the breadth of the territorial sea and consequently the width of the Exclusive Economic Zone (EEZ) and the Continental Shelf in the legal concept (CS), it is said that the islands along the coast in its immediate vicinity the method of straight baselines joining appropriate points may be employed. This underlines the unquestionable importance of coastal islands.

But what relieved, perhaps in a unique way in history, the importance of the islands for riparian countries, namely Portugal and Brazil, was no. 2 of the art. 121 of the aforesaid Convention, when it states that “*the territorial sea, the contiguous zone, the exclusive economic zone and the continental shelf of an island will be determined in accordance with the provisions of this Convention applicable to other land territory*”. The area of the EEZ and CS of the maritime countries with oceanic islands was, thus, greatly expanded, with all which that means in terms of present or potential marine resources (fisheries, mineral resources, etc.). According to the referred article, the islands would hold EEZ and CS of 200 miles (if there are no conflict situation with another country), which could even, under certain conditions, extend up to 350 miles.

With the convention on the Law of the Sea, mainland Portugal, with an emerged area of 89,015 km², extended its jurisdiction to an area of 327,667 km². However, benefiting from Madeira and Azores archipelagos, emerged areas respectively with 801 km² and 2,346 km², the total Portuguese EEZ extends up to 1,727,408 km² (Fig. 3), i.e. about 1.6 % area of the Atlantic Ocean and approximately 1.25% of the entire oceanic area under countries jurisdiction. Mainly due to the Portuguese islands, EEZ of Portugal is the largest in Europe (although not the largest from Europe since, due to the overseas territories, French EEZ, with more than 11 million square kilometers, and the United Kingdom, with nearly 4 million square kilometers, are clearly larger).

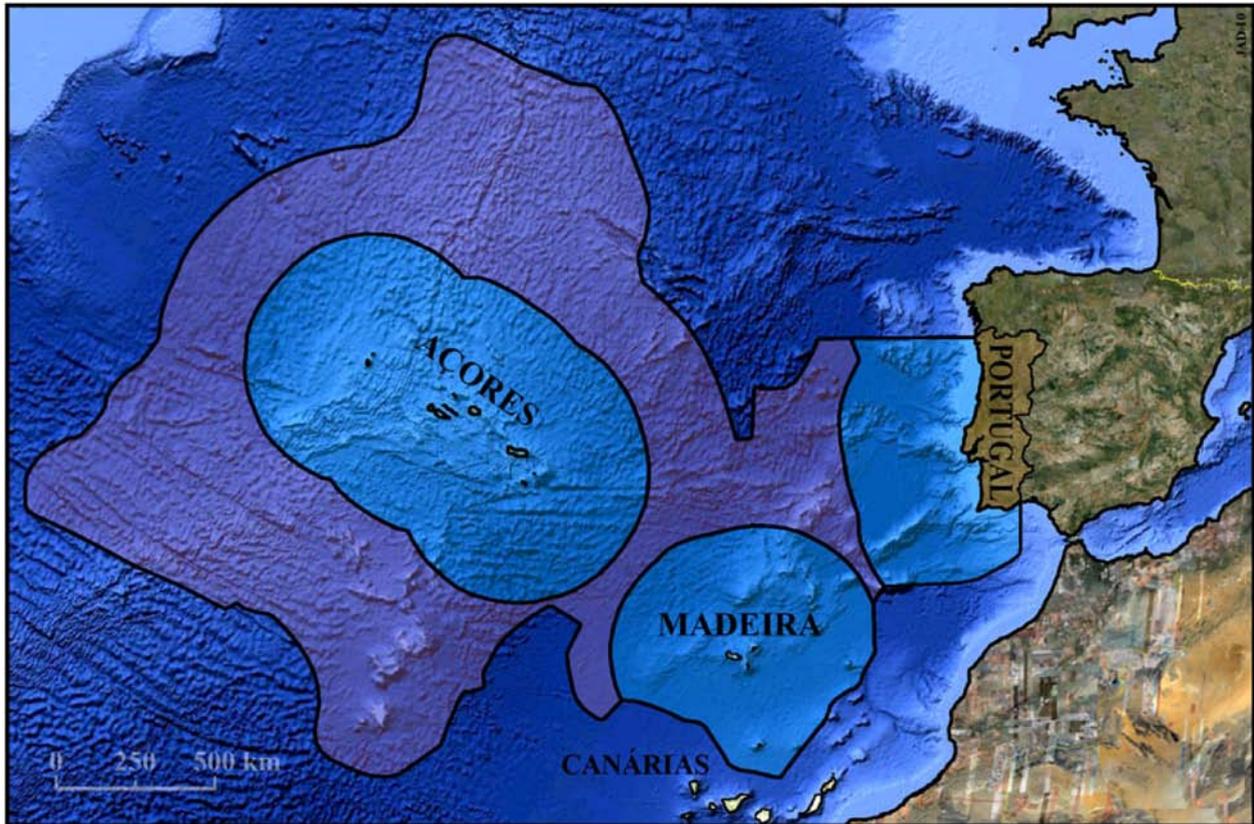


Figura 3 - Zona Económica Exclusiva / Plataforma Continental de Portugal. A azul claro a zona inicialmente definida pela Convenção do Mar; a roxo a em reclamação.

Figure 3 – Economic Exclusive Zone / Continental Shelf (legal concept) of Portugal. Light blue color is the zone initially defined applying the Convention on the Law of the Sea; purple color corresponds to claiming zone.

Se Portugal tiver sucesso nas pretensões de alargamento dessa área, a superfície sob jurisdição nacional será ampliada para os 3 027 408 km², ou seja, estender-se-á por uma área 32,8 vezes maior que a totalidade do território emerso, 2,9% da área do Oceano Atlântico e mais de 2% de toda a área oceânica sob jurisdição de países, ou seja, provavelmente a 10^a maior ZEE do mundo, logo a seguir à do Brasil.

Também o Brasil viu a sua área jurisdicional bastante ampliada com a aplicação da Convenção do Mar. Com área emersa de 8 514 877 km², devido às ilhas dos arquipélagos de Trindade e Martim Vaz, de Fernando de Noronha, de São Pedro e São Paulo e do Atol das Rocas, a ZEE brasileira, estende-se por uma área de 3 660 955 km² (fig. 4), correspondente a quase 3,5% do Oceano Atlântico e mais de 2,6% de toda a área oceânica sob jurisdição de países. Se as

If Portugal succeeds in the claiming to the enlargement of this area, the territory under national jurisdiction will be expanded to 3,027,408 km², i.e., will extend over an area 32.8 times greater than the whole emerged territory, 2.9% of the Atlantic Ocean and more than 2% of the entire ocean area under the jurisdiction of countries, i.e., probably the 10th largest EEZ in the world, after Brazil.

Brazil also saw its jurisdictional area greatly expanded with the implementation of the Convention on the Law of the Sea. With an emerged area of 8,514,877 km², due to the archipelagos of Trindade and Martim Vaz, Fernando de Noronha, São Pedro and São Paulo and the Atoll of Rocas, the Brazilian EEZ, extends over an area of 3,660,955 km² (Fig 4), corresponding to almost 3.5% of the Atlantic Ocean and more than 2.6% of the entire ocean area under the jurisdiction of countries. If the



Figura 4 - Zona Económica Exclusiva / Plataforma Continental do Brasil. A azul claro a zona inicialmente definida pela Convenção do Mar; a roxo a zona reclamada; a vermelho a zona cujo processo está em tramitação.
Figure 4 - Exclusive Economic Zone / Brazil Continental Shelf. Light blue color is the zone initially defined by the Convention on the Law of the Sea; purple color the claimed zone; red color the zone which process is in progress.

reivindicações brasileiras perante a Comissão de Limites das Nações Unidas forem bem sucedidas, a área aludida poderá ser ampliada para 4,4 milhões de km² (mais de 4,1% do Oceano Atlântico e cerca de 3,2% da área oceânica sob jurisdição de países).

Torna-se, assim, evidente a enorme importância que as ilhas oceânicas têm para os países ribeirinhos, designadamente para Portugal e para o Brasil. Pode mesmo afirmar-se que nunca as ilhas oceânicas foram tão valorizadas como após a Convenção do Mar.

Neste contexto, os casos de Cabo Verde e de São Tomé e Príncipe são paradigmáticos. Com um território emersa com 4 033 km², a ZEE / PC de Cabo Verde estende-se por 796 840 km² (fig. 5), ou seja, uma área quase 20 000 vezes maior que a emersa. Também São Tomé e Príncipe, cuja território emerso tem apenas 1 000 km², alargou a sua área jurisdicional em 131 397 km², mais de 13 000 vezes maior que a área emersa.

Brazilian claims before the Commission on the Limits of the United Nations are successful, the alluded area may be expanded to 4.4 million km² (more than 4.1% of the Atlantic Ocean and about 3.2% of ocean area under jurisdiction of countries).

It is thus evident the enormous importance that oceanic islands have for the riparian countries, namely Portugal and Brazil. One can even say that oceanic islands have never been so valued as after the Convention on the Law of the Sea.

In this context the cases of Cape Verde and São Tomé and Príncipe are quite exemplificative. With an emerged area of 4 033 km², Cape Verde EEZ / CS extends over an area of 796 840 km² (fig.5), that is almost 20 000 times larger than the above water territory. Also São Tomé and Príncipe, which emerged area is 1 000 Km², enlarged 131 397 km² to its jurisdictional territory (more than 13 000 times larger than the emerged area).

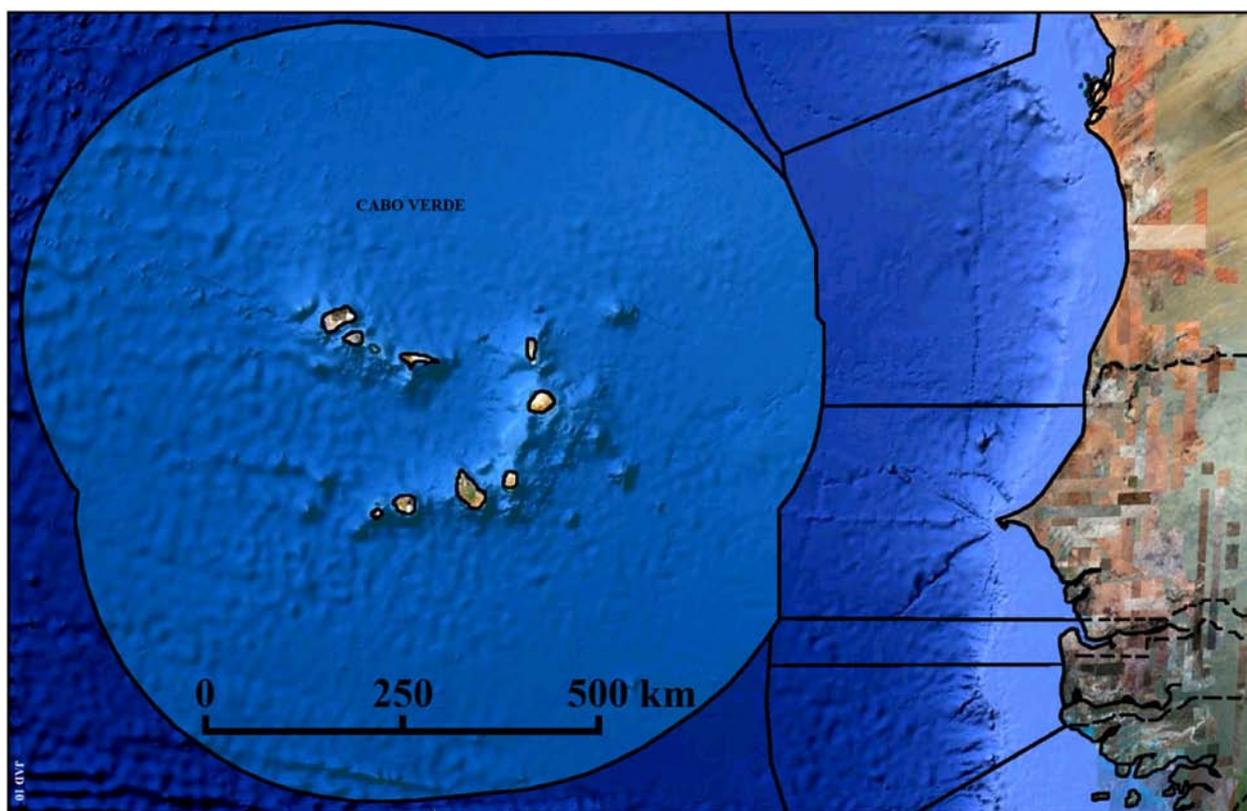


Figura 5 - Zona Económica Exclusiva / Plataforma Continental de Cabo Verde. A azul claro a zona definida pela Convenção do Mar.

Figure 5 - Exclusive Economic Zone / Brazil Continental Shelf (legal concept) of Cape Verde. Light blue color are the zones initially defined applying the Convention on the Law of the Sea.

Num contexto algo diferente (não propriamente oceânico), também o caso da Guiné-Bissau deve ser referido. Com um território emerso com 36 125 km², a sua área jurisdicional foi alargada em 123 725 km², em grande parte devido ao arquipélago dos Bijagós.

Em grande parte devido ao estatuto das ilhas, os oito países cuja língua oficial é o português (Angola, Brasil, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Moçambique, Portugal, São Tomé e Príncipe e Timor Leste) são conjuntamente detentores de ZEE / PC que totaliza 7 611 791 km², ou seja, mais de 5,4% da área total oceânica sob jurisdição de países.

Porém, a importância das ilhas transcende a das ilhas oceânicas. As ilhas costeiras, sejam elas rochosas ou arenosas, são, também, de grande relevância económica, social, política e geoestratégica. Com frequência têm, suplementarmente, uma função de grande relevância na protecção costeira, pois que, ao inibirem as ondas oceânicas de atingirem directamente território continental, eliminam ou amortecem fortemente a erosão costeira nesses litorais. Exemplos do que se referiu não faltam, podendo-se exemplificar com as ilhas da Ria Formosa, em Portugal (ilhas barreira que inclusivamente amorteceram o grande *tsunami* de 1755, evitando que o território continental adjacente fosse tão atingido e destruído como o que se localiza a ocidente), ou com a Ilha Comprida, em São Paulo, Brasil (que protege as cidades de Iguape e de Cananéia da agitação marítima atlântica).

A diversidade de temas relacionados com as ilhas é imensa, tornando-se a sua simples menção incompatível com um texto como este, que se pretende relativamente sucinto. Todavia, cremos ser de sublinhar o papel determinante das ilhas costeiras na fisiografia litoral, designadamente na definição de ambientes lagunares e na formação de tómbolos.

E poder-se-iam referir, ainda, as ilhas deltáicas ou flúvio-marinhas, que se podem exemplificar com as cerca de 2 500 ilhas e ilhotas do Arquipélago do Marajó, no estado do Pará, Brasil, na foz do rio Amazonas, que inclui a maior ilha flúvio-marinha do mundo (a Ilha do Marajó, com cerca de 40 100 km²), ou com as 88 ilhas do Arquipélago dos Bijagós, no delta do rio Geba, na Guiné-Bissau (com área total superior a 2 600 km²).

E seria possível, também, discorrer sobre as ilhas fluviais, de que é exemplo a Ilha do Bananal, definida pelos rios Araguaia e Javaés, localizada no estado brasileiro do Tocantins, com área de cerca de 20 000 km², e que tem a particularidade de ser a maior ilha deste tipo na Terra.

In a different (non oceanic) context, Guiné-Bissau should also be referred. With an emerged territory of 36 125 km², with the its jurisdictional area was enlarged by 123 725 km², in great part due to the Bijagós Archipelago.

Partially due to the islands, the eight officially Portuguese speaking countries (Angola, Brazil, Cape Verde, East Timor, Guiné-Bissau, Mozambique, Portugal and São Tomé and Príncipe) have a joint EEZ / CS totalizing 7,611,791 km², that is more than 5.4% of the entire ocean area under the jurisdiction of countries.

However, the importance of the islands transcends that of the oceanic islands. Coastal islands, whether they are rocky or sandy, are also of great economic, social, political and geostrategic relevance. Often they have, as a supplement, a very important role in coastal protection, as by inhibiting the ocean waves from directly reaching the continental coast, they eliminate or strongly slow down coastal erosion on these littorals. There are many examples of that, and one can exemplify with the islands of Ria Formosa, in Portugal (barrier islands that slowed down the big tsunami of 1755, preventing the adjacent continental territory from being so struck and destroyed as the one located West) or Ilha Comprida, in São Paulo, Brazil (that protects the cities of Iguape and Cananéia from the Atlantic sea waves).

Diversity of topics related to the islands is huge, making its simple mention incompatible with a text like this, intended to be relatively brief. However, we believe we must emphasize the key role of coastal islands in littoral physiography, namely in the definition of lagoon environments and formation of tombolos.

And one could still refer to the deltaic or fluvial-marine islands, which can be exemplified by the nearly 2,500 islands and islets of the archipelago of Marajó, in the state of Pará, Brazil, at the mouth of the Amazon River, which includes the largest fluvio-marine island of the world (the island of Marajó, with about 40 100 km²), or to the 88 islands in the Archipelago of Bijagós in the delta of river Geba, in Guinea-Bissau (with total area exceeding 2 600 km²).

And it would be also possible to reason about the fluvial islands, with the Island of Bananal as an example. Defined by the Araguaia and Javaés rivers, it is located in the Brazilian state of Tocantins. With an area of about 20 000 km² has the particularity of being the largest island of this kind on Earth.

Sejam de que tipo forem, as ilhas têm, por via de regra, grande valor ambiental, estando por isso, em muitos casos, abrangidas por diversificados estatutos de protecção ambiental: Áreas de Paisagem Protegida, Áreas de Protecção Ambiental, Reservas Naturais, Reservas integrais, Reservas da Biosfera do Planeta, Reservas Biológicas Marinhas, etc., etc. Tal torna a sua gestão particularmente delicada e difícil.

Quando arenosas, as ilhas são sujeitas a uma morfodinâmica muito intensa, tornando-se, não raro, impróprias para a ocupação humana permanente, embora as actividades decorrentes do preenchimento dos tempos livres (como o turismo) disso não tenham frequentemente consciência, teimando na edificação de estruturas habitacionais nesses lugares. Nesses casos, a gestão costeira torna-se ainda mais complexa.

Gerir o litoral é sempre, quase por definição, gerir problemas e conflitos. No caso das ilhas, esses conflitos adquirem, em geral, ainda maior relevância, tornando a gestão costeira insular particularmente complexa, dinâmica e difícil.

Foi com o advento do turismo que as ilhas, em geral, começaram a ter realmente procura pelo cidadão comum. Com a consolidação do turismo de massas a quantidade de visitantes cresceu até valores impensáveis ainda há menos de meio século. Muitas ilhas transformaram-se em produtos comerciais vendáveis no mercado turístico como locais idílicos, por vezes, mesmo, utilizando-se para tal pinturas de Gauguin. Nalguns casos, os impactes induzidos por tal pressão ultrapassou a resiliência dos ecossistemas. Noutros, foi necessário impor fortíssimas restrições ao número de visitantes para conseguir que os valores naturais sejam salvaguardados.

Com o mundo tecnológico contemporâneo, as ilhas evoluíram de locais confinados, mais ou menos isolados, com difíceis acessibilidades, para locais abertos, altamente permeáveis ao exterior, que se tornaram fáceis de visitar. É verdade que a economia dessas ilhas foi assim fortemente dinamizada (embora os dividendos principais, em geral, não revertam para as populações insulares). Mas também é factual que as pressões exercidas sobre esses ecossistemas aumentou para níveis que ultrapassam, por vezes, o da sua sustentabilidade, tal como é factual que as culturas específicas, normalmente muito ricas, que as populações desenvolveram ao longo de muitas gerações acabaram por se transmutar e, nalguns casos, por se perder irremediavelmente. As ilhas foram, em geral, plenamente integradas na sociedade contemporânea, com tudo o que

Whatever kind they are, the islands have, as a rule, high environmental value and are therefore, in many cases, covered by diverse environmental protection statutes: Protected Landscape Areas, Areas of Environmental Protection, Natural Reserves, Integral Reserves, Biosphere Reserves of the Planet, Marine Biological Reserves, etc.. etc.. This makes their management particularly delicate and difficult.

When islands are sandy, they are subject to a very intense morphodynamic, becoming, not rarely, unsuitable for permanent human occupation, although the activities related to leisure time (namely tourism) are not often aware of that, insisting in building residential structures in those places. In such cases, the coastal management becomes even more complex.

Managing the littoral is always, almost by definition, managing problems and conflicts. In the case of islands, these conflicts get, in general, even more relevant, making the island coastal management particularly complex, dynamic and difficult.

It was with the advent of tourism that islands, in general, began to have a real demand by the ordinary citizens. With the consolidation of mass tourism, the number of visitors grew to amounts unthinkable less than half a century ago. Many islands have turned into commercial products in the international market, being sold to tourists idyllic places, sometimes even using for such purpose the paintings of Gauguin. In some cases, the impacts induced by such pressure exceeded the resilience of the ecosystems. In others, it was necessary to impose very strong restrictions on the number of visitors in order to safeguard the natural values.

With the contemporary technological world, the islands have evolved from confined places, more or less isolated, with difficult accessibility, to open places, highly permeable to the exterior, which have become easier to visit. It is true that the economy of those islands has been strongly energized (though the main dividends generally do not accrue to the islanders). But it is also factual that the pressure on these ecosystems has increased to levels beyond those that, sometimes, overcomes its sustainability. And it is also factual that specific cultures, usually very rich, that people have developed over many generations, ended up to transmute and, in some cases, be lost forever. In general, islands are now fully integrated into the contemporary society, with all the good and the bad

isso tem de bom e de mau. Mas em termos de valores, tanto naturais, como culturais, o Homem ficou, quase de certeza, bastante mais pobre.

Em 1932 Aldous Huxley publicou o romance “*O Admirável Mundo Novo*” (1932), onde descreve uma hipotética sociedade ultra-estruturada, alienada e alienante, obcecada pela procura de felicidade, mesmo que atingida pela via dos estupefacientes. É um grito de alerta sobre os perigos criados pela sociedade contemporânea, que se têm vindo, de algum modo, a concretizar, pelo menos parcialmente. No seu último romance, “*A Ilha*” (1962), Huxley faz um contraponto com a obra aludida, descrevendo um mundo “perfeito”, feliz e harmónico. Curiosamente, no final, o autor acaba por reconhecer que tal sociedade carece de viabilidade no nosso mundo real, mercantilizado e artificializado, em que a economia culminou no consumo insaciável, incompatível com a felicidade pessoal devido às necessidades hipotéticas criadas por uma publicidade extremamente agressiva. A idílica sociedade da ilha de Pala acaba por sucumbir devido à “contaminação” de ideias vindas do exterior. Porém, o início da destruição de Pala não vem do exterior: é o próprio príncipe herdeiro quem atrai os estrangeiros para o ajudar no golpe militar destinado a colocar o país, pela força, na modernidade industrial e na esfera do petróleo. Mas no romance mesmo a derrota da utopia é expressa num tom de exaltação: a sociedade idílica da Ilha de Pala foi destruída por ser boa demais para este mundo.

Em muitas ilhas (a generalidade das ilhas?), os valores naturais e culturais estão a ser destruídos perante as pressões e ideais provenientes do exterior. Mas, normalmente, são os próprios habitantes (herdeiros dos valores aí existentes) a atrair os estrangeiros para viabilizarem o fácil acesso à modernidade industrial. Será que é “*A Ilha*” a ser conquistada pelo “*Admirável Mundo Novo*”? Será que as ilhas estão a ser destruídas por serem boas demais para este mundo?

issues this may bring. But in terms of values, both natural and cultural, Man became almost certainly poorer.

In 1932 Aldous Huxley published the novel “*Brave New World*” (1932), where he describes a hypothetical society, ultra-structured, alienated and alienating, obsessed with the pursuit of happiness, even if achieved by means of drugs. It is a wake-up call about the dangers created by the contemporary society, which have been, somehow, materialized, at least partially. In his last novel, “*Island*” (1962), Huxley makes a counterpoint with the alluded work, describing a “perfect” happy and harmonious world. Curiously, in the end, the author realizes that such society has a lack of viability in our real, economized and artificialized world, in which the economy resulted in an insatiable wish for consumption and hypothetical needs created by extremely aggressive advertising techniques, incompatible with personal happiness. The idyllic society of Island of Pala succumbs due to “contamination” of ideas coming from the outside. However, the beginning of destruction of Pala does not come from the outside: it is the crown prince himself who attracts foreigners to help him in the military coup aimed to put the country, by force, in the industrial modernity and in the sphere of the petroleum. But in the novel, even the defeat of utopia is expressed in a tone of exaltation: the idyllic society of Island of Pala was destroyed by being too good for this world.

In many islands (most of the islands?), the natural and cultural values are being destroyed by pressures and ideas coming from outside. But normally are inhabitants themselves (heirs of the values contained therein) that attract foreigners in order to get easy access to industrial modernity. Is the “*Island*” being conquered by the “*Brave New World*”? Are the islands being destroyed because they are too good for this world?

J. Alveirinho Dias

J. Antunes do Carmo

Marcus Polette



Revista da Gestão Costeira Integrada 10(3):255-279 (2010)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 10(3):255-279 (2010)



Integrated Coastal Zone Management in small islands: A comparative outline of some islands of the Lesser Antilles *

Gestão integrada da zona costeira em pequenas ilhas: uma abordagem comparativa de algumas ilhas das Pequenas Antilhas

Pascal Saffache ¹ & Pierre Angelelli @,¹

ABSTRACT

Small islands are ipso facto largely coastal entities. Therefore, ICZM is important in the Lesser Antilles which border the Eastern Caribbean Sea – i.e. from Virgin Islands to Grenada – and includes French territories (Guadeloupe, Martinique, St. Barthelemy and St. Martin), independent States and self-governing territories.

The Lesser Antilles, as we define them above, are very similar: located in the same geographical area they have common handicaps (small size, remoteness from mainland, insularity, small but concentrated population, narrow markets, economic dependence on a few products or services for export or import); they are very vulnerable to natural phenomena (hurricanes, earthquakes, erosion, tsunamis, volcanoes, global warming, rising sea levels, etc.); and they must protect their coastline and coastal waters because they are an important natural capital for them, which attracts tourist incomes strongly contributing (for some of them) to the economy. Because of these characteristics, the islands have mostly adhered to common international principles. This is particularly the Cartagena Convention (1983) prepared under the auspices of the United Nations Environment Programme, and its protocols (OSP 1983, SPAW 1990 and LBS 1999), Earth Summit (Rio 1992) and Chapter 17 of the “Agenda 21”, the Global Conference on the Sustainable Development of Small Island Developing States (Barbados 1994), the World Summit on Sustainable Development (Johannesburg 2002).

Yet, despite these similarities, the Lesser Antilles islands differ in the implementation of integrated coastal zone management. These differences are illustrated in the article with examples from Guadeloupe (Desirade and Marie-Galante islands), Martinique (Le Robert bay), St. Lucia (Soufriere Parish) and others islands taking part in Coast and Beach

@ - Corresponding author : pierre.angelelli@martinique.univ-ag.fr

¹ - Université des Antilles et de la Guyane, Centre d'Etude et de Recherche en Economie, Modélisation, Gestion et Informatique Appliquée - Center for research and studies in economics, marketing, modelisation and applied computer science (CEREGMIA – EA 2440), Campus de Schoelcher, BP 7207, 97275 Schoelcher Cedex, Martinique (FWI), Phone : 05.96.72.74.00, Fax : 05.96.72.74.03. e-mails : pascal.saffache@martinique.univ-ag.fr, pierre.angelelli@martinique.univ-ag.fr

* Submissão – 16 Agosto 2010; Avaliação – 12 Setembro 2010; Recepção da versão revista – 21 Setembro 2010; Disponibilização on-line – 24 Setembro 2010

Stability in the Caribbean Islands Program, and Caribbean Coastal Marine Productivity Program (CARICOMP).

We advocate that the divergences of ICZM in the Lesser Antilles can be mostly explained by the way in which the economic valuation of coastal zones is considered (or is not considered) in each island.

Thus, in the case of the French islands, the value of coastal zones is in general not economically estimated, because the goods and services they provide are regarded by nature as non-market, belong to no one in their own and are to the free disposal of all. As a result, these goods and services are little managed or managed by defect by a mosaic of public authorities. Hence, the ICZM is concentrated on coordinating public programs and services. In Guadeloupe and Martinique, ICZM reflects this approach.

In the case of independent islands and self-governing territories in the Lesser Antilles, where the natural capital concretely plays an important role in the economy through tourism revenue, the economic valuation of goods and services "output" of the coastal zone is more developed. By measuring external economies and diseconomies, ICZM can become more operational as well in management itself as in the assessment of stakeholders interests and political prioritization in terms of town and country planning. So that it is less a question of coordinating policies and means, than having human and material means sufficient for the control of the policies.

We conclude that the absence of a protection policy based on the economic valuation of coastal areas hinders, in the French Lesser Antilles, the awareness of the degradation of coastal and marine environment.

Keywords: Caribbean Sea; Economic Valuation; Guadeloupe; Integrated Coastal Zone Management ; Martinique; Natural Capital; Outermost Regions of European Union; Positive and Negative Externalities; Small Island Developing States.

RESUMO

As pequenas ilhas são, por definição, entidades essencialmente costeiras. Neste contexto, a Gestão Integrada das Zonas Costeiras (GIZC) assume um papel importante para as Pequenas Antilhas situadas a leste do mar do Caribe (das Ilhas Virgens, a Norte, até Grenada, a Sul) incluindo os territórios franceses (Guadalupa, Martinica, Saint-Barthélemy e Saint-Martin), as ilhas independentes e os territórios autónomos.

Estas pequenas ilhas das Antilhas são muito similares: localizam-se na mesma área geográfica apresentando desvantagens também comuns (pequena superfície, afastamento, insularidade, população pouco numerosa mas concentrada, mercado económico limitado, dependência económica de um pequeno número de produtos ou serviços para exportação); apresentam ainda vulnerabilidade aos fenómenos naturais (furacões, terramotos, erosão, tsunamis, vulcões, aquecimento global, etc.), e a necessidade de proteger o litoral e as águas costeiras uma vez que estes constituem um capital natural atractivo, que permitem captar rendimentos do turismo que contribuem significativamente para a sua economia. Face a tais características, estes territórios insulares têm vindo a aderir a princípios comuns internacionais, em particular os da Convenção de Cartagena (1983) e seus protocolos, da Cimeira da Terra e do Capítulo 17 da "Agenda 21" (1992), do Programa de Acção Barbados para o Desenvolvimento Sustentável dos Pequenos Estados Insulares (1994), e da Cimeira Mundial do Desenvolvimento Sustentável (Joanesburgo 2002).

No entanto, apesar das semelhanças, as Pequenas Antilhas divergem na aplicação dos princípios da GIZC. Estas divergências são ilustradas no presente artigo a partir de exemplos de Guadalupa (ilha de Desirade e ilha de Marie-Galante), Martinica (município litoral do Robert), Santa Lúcia (freguesia da Soufriere) e diversas ilhas anglófonas que participam nos programas Coast and Beach Stability in the Caribbean Islands Program, e no Caribbean Coastal Marine Productivity Program.

No presente artigo, demonstra-se que as divergências da aplicação dos princípios da GIZC nas Pequenas Antilhas pode ser explicado, fundamentalmente, pelo modo como a avaliação económica das zonas costeiras é considerada (ou não é considerada), em cada ilha.

Assim, no caso das ilhas francesas, o valor das zonas costeiras, em geral, não é economicamente tido em consideração, uma vez que os bens e serviços que oferecem são considerados, por natureza, como não pertencendo a ninguém e, por isso, disponíveis gratuitamente para todos. Como resultado, as zonas costeiras encontram-se literalmente sem valor comercial explícito e são pouco geridas, ou então administradas por defeito por um mosaico de poderes públicos. O exemplo de Guadalupa e Martinica demonstram o modo como a GIZC se focaliza na coordenação de programas e serviços públicos.

Nas ilhas independentes e territórios autónomos das Pequenas Antilhas, o capital natural desempenha um importante contributo para a economia que resulta das receitas provenientes do turismo. A valoração económica dos bens e serviços gerados pelas zonas costeiras é muito mais desenvolvida.

Através da medição das economias e "deseconomias" externas, a GIZC poderá tornar-se mais operativa quer na sua própria gestão, quer igualmente na avaliação dos interesses locais e na classificação das prioridades políticas, em termos de ordenamento do território. Desta circunstância observa-se tratar-se de uma questão de dispor dos meios humanos e materiais suficientes para a condução das políticas, mais do que de coordenar políticas e meios.

Conclui-se do estudo efectuado nas ilhas francesas das Pequenas Antilhas que a ausência de uma política de protecção apoiada no valor

económico estimado da zona costeira, poderá ser responsável pelo atraso na tomada de consciência e na degradação dos ambientes litorais e marinhas dos territórios insulares, de pequena dimensão.

Palavras-chave : *Mar do Caribe; Guadalupe; Gestão Integrada da Zona Costeira; Pequenas Antilhas; Capital Natural; Martinica; Regiões Ultraperiféricas da União Europeia.*

1. INTRODUCTION

Initiated in the late 1970s, the policies of integrated coastal zone management (ICZM) aim at a rational management of coastal areas but also taking into account all factors that influence and/or interact with the marine environment. Clearly, this is a holistic policy based on linkage between land and sea.

This new policy had to be plural, because the factors at the origin of the destruction of coastal resources and their depletion are also numerous : geometrical growth of the population, "littoralization" of men and their activities, misunderstanding of the role that economics should play in managing coastal resources. In other words: coastal, marine and land environments are not managed sustainably.

An integrated coastal management policy should therefore allow: to preserve natural habitats, to control the pollution and shoreline degradation, to manage with sustainability the activities carried on watersheds, rehabilitate degraded areas, finally to develop tools to rationalize resources management.

At these targets, it is important to add another that seems fundamental: not oppose economics and environmental sustainability, both being combined perfectly to create jobs. This is the very meaning of the concept of sustainable development.

For various reasons, the approach of ICZM is therefore important for those environments that are micro-islands of the Lesser Antilles. In this article we will limit the Lesser Antilles to the islands of the Eastern Caribbean which form an arc from the Virgin Islands in the north to Grenada in the south and include the French territories (Guadeloupe, Martinique, St. Barthelemy and St. Martin), the independent islands (Antigua and Barbuda, Barbados, Dominica, St. Kitts and Nevis, Saint Lucia, Saint Vincent and the Grenadines, Grenada) and self-governing territories (U.S. Virgin Islands; British Overseas Territories : Anguilla, British Virgin Islands,

Montserrat; the Netherlands Antilles : Sint-Maarten, Saba, Sint-Eustatius).

A presentation will be carried out starting from the example of the French departments of America (Guadeloupe and Martinique) and of that independent islands and self-governing territories Islands of the Lesser Antilles (mainly Saint Lucia, etc.).

This article aims to address the integrated coastal zone management (ICZM) in the Lesser Antilles as follows.

First we recall the common features of ICZM (2.) noting that on this matter the independent and non-independent islands share closely related problems especially in terms of vulnerability and sustainable development (2.1.), which led them to adhere to common international principles (2.2.).

In a second step, we will however note starting from some illustrations that ICZM is implemented in very different ways (3.) in the French islands (3.1.) and in the independent islands (3.2.).

In a third step, we will wonder about some French and European features that affect the management of coastal areas in Guadeloupe and Martinique (4.1.). Then we will do the same about the characteristics of ICZM in the independent islands and self-governing territories Islands of the Lesser Antilles suggesting that economic valuation of coastal areas is one of the essential characteristics distinguishing the implementation of ICZM in the Lesser Antilles (4.2.).

Concerning the integrated coastal zone management we will conclude (5.) that the strong similarities between all the islands of the Lesser Antilles disappear because of adhesion with different economic philosophies. These philosophies separate them and it will be a long way before the French islands of the Lesser Antilles become aware of the degradation of coastal and marine and adopt a policy of protection based on economic valuation of coastal areas.

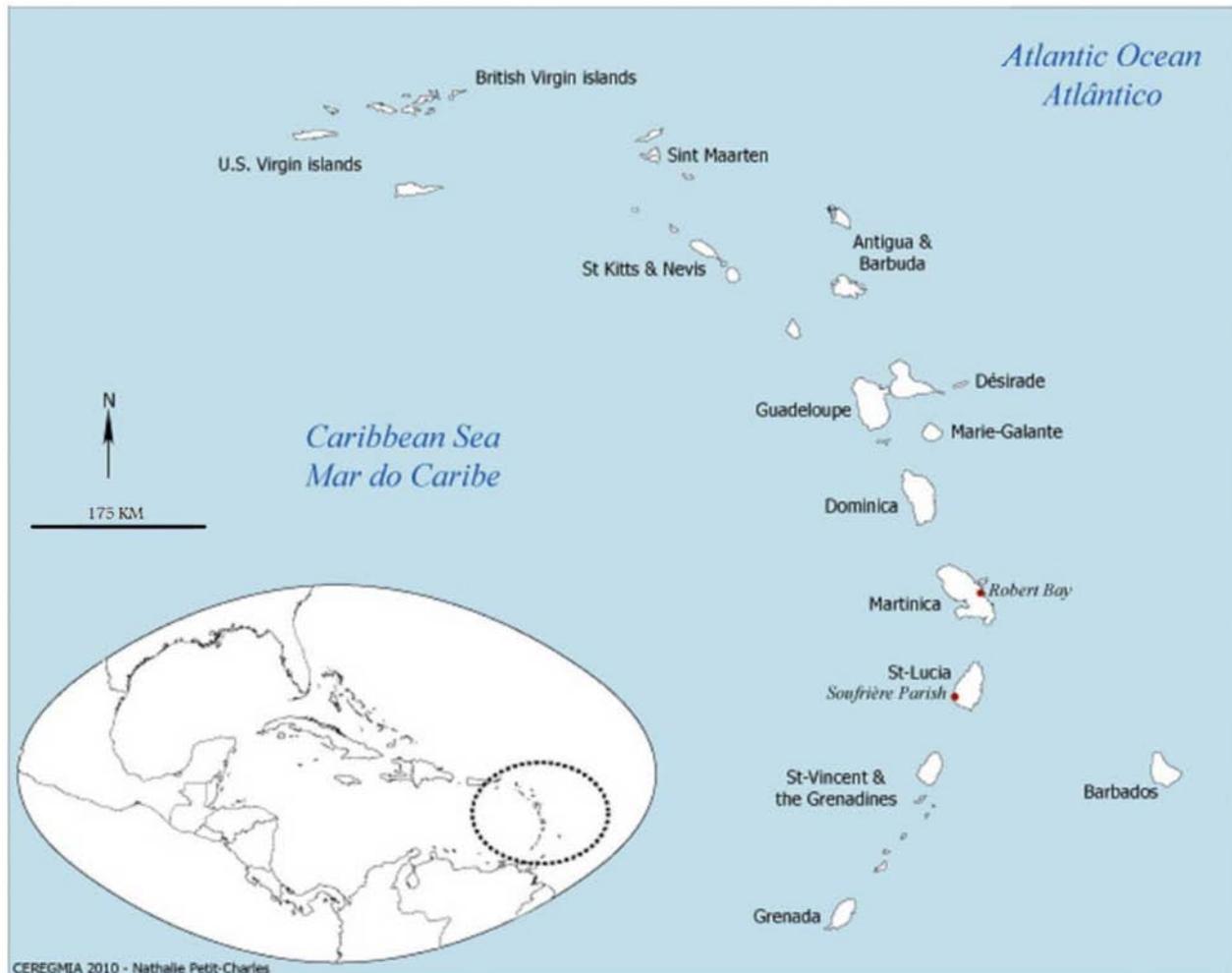


Figure 1: Chart of the Lesser Antilles.

Figura 1: Mapa das Pequenas Antilhas.

2. SOME COMMON FEATURES OF THE COASTAL ZONE MANAGEMENT IN THE LESSER ANTILLES

2.1 The Lesser Antilles islands share similar problems

2.1.1 *Fragile and vulnerable economies*

Insularity and remoteness are recognized since 1972 as characteristics of the Lesser Antilles. But as structural handicaps, these characteristics appear only in 1991. It should however be noted that the economic disadvantages associated with the size of small states or their remoteness from markets are not absolute

and may even seem politically built concepts. In any case, the link between economic development and size – especially between a weak development and a small size – remains under debate (Srinivasan, 1986; Armstrong *et al.*, 1998; Easterly & Kraay, 2000; Logossah, 2007).

Anyway the Lesser Antilles share a sense of vulnerability defined as the relative inability of these territories to shelter themselves from forces outside their control (Briguglio, 1995).

With caution on economic level, the criterion of vulnerability was established around some items allowing a common qualification of these territories.

The small size (territory and/or number of inhabitants) is the first component of vulnerability that characterizes the small island economies. It is frequently associated with a weakness in natural resources, a dependency in terms of imports and exports (monocultures, a few industrial products, tourism) or the difficulty to benefit from economies of scale. The small size also limits the resources available locally, especially to elaborate and implement coastal management zones policies (Mahon & McConney, 2004).

Insularity and remoteness are the second component: these elements increase the price of the imported or exported products and hazards in deliveries. They also impose additional costs of storage and insurance.

A third characteristic is susceptibility to natural disasters and their high impact on small territories: hurricanes, rain, mudslides, earthquakes, tsunamis, cyclonic waves, global warming and rising sea levels, etc. Furthermore the area is subject to volcanic threats because of around twenty active volcanos, that induce a special vulnerability and give the size of each territory - as with most natural disasters - a very particular importance for protection against the volcanos and, if necessary, the reception of the moved populations (Lesales, 2007).

Although the compound indexes of vulnerability built from the early 1990s (Briguglio, 1995) are questionable in economic terms (Logossah, 2007), “they make it possible nevertheless to synthesize the handicaps” (Logossah, 2007).

The European Union has also used these factors (remoteness, insularity, small size, relief and climate difficult, economic dependence with respect to a few number of products) to characterize its “outermost regions” now number nine - among the 271 in the Union – since the entry into force of the Treaty of Lisbon (1 December 2009): Guadeloupe, French Guiana, Martinique, Reunion, St. Barthelemy, St. Martin (France), Azores, Madeira (Portugal) and Canary Islands (Spain).

Moreover small size increase environmental impact of urbanization (concentration of manpower or tourists, sanitation, waste, urbanization of the sea fronts and erosion of the beaches, etc.) or agriculture (soil erosion, fertilizers, pesticides, etc.).

In these circumstances – and in spite of the economic growth of the last two centuries based on cheap natural resources – the preservation of the natural capital of these islands to an high level is expected to help increase resilience (Gibbs, 2009), itself threatened by human activities “doped” by technology (Pritchard *et al.*, 2000).

2.1.2 A strong interaction between humans and the marine environment.

The coastal environment can be easily undermined by man as mentioned in Chapter 17 of “Agenda 21” (§17.18; §17.19).

The small islands are ipso facto largely coastal entities (United Nations, 1994), so they are heavily dependent on the marine environment. Still under Chapter 17 of Agenda 21: “Small island developing States have all the environmental problems and challenges of the coastal zone concentrated in a limited land area. They are considered extremely vulnerable to global warming and sea level rise, with certain small low-lying islands facing the increasing threat of the loss of their entire national territories. Most tropical islands are also now experiencing the more immediate impacts of increasing frequency of cyclones, storms and hurricanes associated with climate change. These are causing major set-backs to their socio-economic development.”(Agenda 21, Chapter 17, § 125).

The Barbados Conference of 1994 summarizes these common issues, especially concerning land-based sources of pollution and the problem of solid and liquid wastes generated by urbanization (Declaration of Barbados, Part One, § III.)

These factors determine a special vulnerability of their environment.

Finally, the dependence with regard to the coastal environment is remanent even though it has evolved. Thus, fishing activities may be relatively important in terms of incomes and occupation of the active population, but tourism, most of the time, supplanted these traditional activities in terms of jobs and economic benefits (public and private) (Dehoorne & Saffache, 2008; Burke *et al.*, 2008). However, the quality of coastal areas (beaches, bathing waters, habitats protected, etc.) is a key factor in attracting tourists (Schleupner, 2008).

In turn, tourism, by the development of the urbanization and the infrastructures (tourist waterfront residences, highway network, etc.) and by the increase in attendance of coastal waters, etc. changes the features of the anthropic pressure and increase the threat on the coastal areas. Thus, in Martinique for example, most coastal structures are built between 5 and 10 meters above sea level – number of resorts are even built well below those 5 meters i.e. in zones prone to flooding or erosion (Schleupner, 2008; Saffache, 2008).

2.2 To address these problems, the islands of the Lesser Antilles adhere to common international principles

The United Nations Environment Programme (UNEP) – adopted in 1972 – initiated since 1981 the Caribbean Environment Programme (CEP). The CEP is at the origin of the movement of regional co-operation that was deployed on the marine environment issues in the Wider Caribbean in order to jointly tackle the problems of this regional sea (Colmenares & Escobar, 2002; Singh & Mee, 2008).

This movement came to support the existing provisions, in particular the Treaty of Chaguaramas establishing the Caribbean Community (CARICOM) in 1973. Because the management of coastal areas often exceeds political borders, cooperation has become a necessity and not less than 36 international organizations today support initiatives to coastal management in Latin America and in the Caribbean (Rivera-Arriaga, 2005). However, the Caribbean Environment Programme (CEP), acting under the mandate of the Cartagena Convention is the only – and the oldest – organization dedicated to supporting ICZM in the Caribbean. Other international organizations or States – World Bank, Inter-American Development Bank, Organization of American States, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, United States Agency for International Development (USAID), etc. – also support ICZM but in a more general framework of environment and development.

Cartagena Convention of 1983 (United Nations, 1983a)

This Convention covers the Wider Caribbean (Gulf of Mexico, Caribbean Sea and adjacent areas in the Atlantic) with a comprehensive approach concerning the threats of pollution (ships, dumping, land based, offshore drilling) and appropriate responses (definition of special areas for ecosystem protection, cooperation in case of emergency, assessment of the impact on the environment, scientific and technical assistance).

This Convention is specified by three specialized protocols:

- a) The Oil Spills Protocol (United Nations, 1983b), signed in 1983 and ratified by all the Lesser Antilles, advocates an integrated protection which covers and protects the marine environment for itself and the activities closely linked (maritime, coastal, harbour, or estuarine activities; historical and tourist interests, including water sports and recreation; health of coastal populations; fisheries and conservation of natural resources) against “oil spill incidents which have resulted in, or which pose a significant threat of, pollution to the marine and coastal environment” (Oil Spills Protocol, art. 2). The States undertake to prevent and combat oil spills, and to promote technical cooperation among them (preventive or operational after a disaster).
- b) The SPAW Protocol of 1990 (United Nations, 1990) aims to protect ecosystems, habitats of rare and fragile and endangered species. It entered into force in 2000 but was not ratified by St. Kitts and Nevis, Dominica, Grenada and the United Kingdom (for British overseas territories : Anguilla, British Virgin islands, Monserrat and Turks and Caicos islands).

The SPAW Protocol is a kind of prototype for integrated coastal management zones. Three levels of integration are indeed envisaged. The integration of the objectives: to protect spaces and the species in danger, while recognizing “the productivity of ecosystems and natural resources that provide economic or social benefits and upon which the welfare of local inhabitants is dependent” (SPAW Protocol, art.4 c). The integration of the

levels and a participative management: for the SPAW Protocol, the interdependence of the ecosystems in the Wider Caribbean requires a regional agreement (even if the implementation remains the responsibility of each territory concerned (Art.3). Lastly, the integration of the means is sought through the creation of protected areas in which each State will focus a set of measures of different kinds (discharges, urban planning, mining, human frequentation, occupational or recreational, etc.) within special provisions for planning, management and scientific monitoring (Art. 5 and 6).

- c) The Land-Based Sources Protocol (LBS Protocol) signed in 1999 (United Nations, 1999b) is the third protocol. It aims to reduce marine pollution from land, in particular by the implementation of “most appropriate technology and management approaches such as integrated coastal area management” (Art.3 §2) and the definition of types of pollution, of pollutant types and levels of pollution. Although not yet in force because of a insufficient number of ratifications – only 6 States out of the 29 signatories of the Cartagena Convention ratified this Protocol: Belize, France (for the French departments of America), Panama, St. Lucia, Trinidad-and-Tobago and the United States – this protocol is interesting.

It attempts to concretely define specific requirements and procedures for government action in the region. It defines such pollutant sources and activities taking into account the specific context of the Wider Caribbean: domestic sewage, agricultural non-point sources, chemical industries, extractive industries and mining, food processing operations, manufacture of liquor and soft drinks, oil refineries, pulp and paper factories, sugar factories and distilleries, intensive animal rearing operations.

On the other hand, the LBS Protocol was signed after the 1992 Rio Conference, the Barbados Programme of Action for the Sustainable Development of Small Island Developing States Action (1994) and the Global Programme of Action of Washington (1995). So it integrates in the Cartagena Convention the aspects mentioned hereafter.

The United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), also called Rio Conference or Earth Summit, held in Rio de Janeiro in 1992.

The Earth Summit adopted a Programme related to sustainable development (Agenda 21) declined in several chapters, including one in particular (Chapter 17) deals with both “Protection of the oceans, all kinds of seas, including enclosed and semi-enclosed seas, and coastal areas and the protection, rational use and development of their living resources” and the “Sustainable development of small islands”.

One finds there idea of integration of

- objectives – and naturally of the three pillars of sustainable development which are environmental protection, economics and society –,
- policies and decision-making processes,
- land and marine areas considered interdependent,
- but also time itself (preserving the future; taking account of the past), etc.

Thus, given the degradation of the marine environment, States must have an anticipatory approach partly based on the integrated management of coastal areas (§ 17.21) and adopt standards for the protection of the marine environment against land-based pollution or activities at sea.

Furthermore, provisions for the sustainable development of small island countries are envisaged because they are deemed ecologically fragile and vulnerable, economically handicapped because of their small size, limited resources, geographic dispersion and remoteness of markets. According to Agenda 21, these States must implement programs that facilitate sustainable development and utilization of their marine and coastal resources “maintaining biodiversity and improving the quality of life for island people” (§17.128a). In practice, these include “adapt coastal area management techniques, such as planning, sitting and environmental impact assessments, using Geographical Information Systems (GIS), suitable to the special characteristics of small islands, taking into account the traditional and cultural values of indigenous people of island countries” (§17.129d).

Global Conference on the Sustainable Development of Small Island Developing States held in Barbados in 1994 (United Nations, 1994).

The Barbados Programme of Action for the Sustainable Development of Small Island Developing States has been adopted by 111 Governments at the Global Conference of Barbados in 1994. By placing special emphasis on technical assistance, it specifies Agenda 21 concerning the Small Island Developing States and is itself an integrated framework for sustainable development small island states (United Nations, 1999a). Part of the Barbados Programme is dedicated to the management of coastal areas that must take place within coastal watersheds and help collect data on ecosystems, in particular as regards traditional knowledge and practices of management.

Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Activities adopted in Washington in 1995 (United Nations, 1995).

Adopted by 108 governments – and the European Union – in November 1995 on the initiative of UNEP, the GPA (Global Programme of Action – GPA) considers that the marine environment is threatened by the human activities at sea or from land. But, contrary to an international agreement, the GPA does not legally bind the States. Furthermore, it is not expressly designed for the islands.

Nevertheless the GPA is a continuation of the guidelines of the Cartagena Convention (1983) and prefigures LBS Protocol (1999). In terms of method, the GPA recommends that States following the Rio Conference prevent degradation of the marine environment – including by precautionary approach –, assess the impact of potentially harmful activities to the environment, integrate environmental protection into the other public policies – including economic development, town and country planning, etc. – and promote the internalization of environmental costs - in particular the “polluter pays” principle.

World Summit on Sustainable Development held in Johannesburg in 2002 (United Nations, 2002).

The application of GPA to small islands has been

the subject of special attention at the Summit of Johannesburg. Hence the Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development includes a Chapter VII on Small Island Developing States. This Plan focuses on the accelerated implementation of the Barbados Plan (international financial support, cooperation and technology transfer), the action on the conservation of marine resources and the control and reduction of land-based pollution in accordance with the GPA.

Caribbean Memorandum of Understanding on Port State Control (Caribbean MoU, 1996).

Finally the principle of control of ships by the port state is adopted in the Caribbean. Thirteen Caribbean States have thus agreed to check the application of international standards for ship safety when ships are at call. The goal is to improve the safety in the Caribbean by banning sub-standard ships, without creating new rules but applying those which exist at the global level of the International Maritime Organization.

In summary, the Lesser Antilles islands are sharing common issues of Small Island Developing States and the Caribbean Sea. Hence they adhered, directly or by their metropolitan States, to international agreements aimed at sustainable development, including ICZM. However, the implementation of ICZM leads to very different practices. One will illustrate hereafter these practices with some examples drawn from islands under French sovereignty and independent English-speaking islands.

3. THE IMPLEMENTATION OF THE ICZM IN THE LESSER ANTILLES HOWEVER REMAINS CONTRASTED: EXAMPLES

3.1. Three examples of ICZM in Guadeloupe and Martinique (French West Indies)

3.1.1 *The cases of Desirade and Marie-Galante (Guadeloupe)*

Covering an area of 22 km² (11 km long by 2 km wide) with a population of 1591 inhabitants (2006), the island of Desirade is located about ten kilometres east of the Grande Terre of the Guadeloupe. Only its southern coast is inhabited. The northern portion of the island is uninhabited and consists of sharp

cliffs that provide shelter to a large marine avifauna. Although this island is wild and lonely, it has a natural site of a great richness categorized as “remarkable area” and as such protected by French legislation for town planning.

Because of its double insularity, its history (“*Île des Reclus*”), the shallow depth and low fertility of its soil, its limited water resources and more generally the weakness of the economic activities (fishing – the island count today 122 professional fishermen –; breeding goats and fruit production), the island of Desirade joined with Marie-Galante to answer a national call for applications for local projects

Three objectives were pursued:

- the preservation of natural areas (terrestrial and marine);
- the valorisation of the knowledge and know-how;
- the reversal of migration flows – the total population having passed from 1621 to 1591 inhabitants between the two general censuses of 1999 and 2007.

More precisely, the island of Desirade wanted part of a true dynamic tourism by promoting its natural assets, because it is one of the oldest island entities in the Lesser Antilles (creation of a “cactuseum”, visit of the old buildings of the French Meteorological Office, a lighthouse, etc.).

Located forty miles south of the Guadeloupe, Marie-Galante is a limestone island of 158 km², which counted 12,459 inhabitants in 1999 and 11,939 in 2007, spread over three municipalities (Saint-Louis, Capesterre, and Grand-Bourg). Its economy remains fragile, because focused on the monoculture of sugarcane and processing sugar (1 factory) and rum (3 distilleries); fishing activity employs currently 106 fishermen.

To revitalize its activities, three objectives were pursued:

- balancing the exodus of the population towards the “mainland” (the total population dropped by 4% between 1999 and 2007);
- mitigating the effects of double insularity;
- finally, revitalizing the territory with a true policy of sustainable development.

Two major projects were identified: creating a nature reserve, in order to assert the ecological and cultural heritage of the island, and building a “House of Nature”, for educational purposes and tourism.

Given the tourism and leisure weakened, the construction of a “House of Nature” was expected to make it possible to create some jobs, but also boost this new sector.

These projects were part of a true logic of sustainable development with a mixed nature protection and economic development targeted on coastal areas.

To sum up, in Desirade and Marie-Galante, ICZM is entirely public managed to stem demographic and economic problems of these micro-islands, and attract tourists from Guadeloupe.

3.1.2 The case of the Municipality of Le Robert (Martinique)

The Municipality of Le Robert is located on the east coast of Martinique. With 24,068 inhabitants (2007) for an area of 47 km², it has high population growth rate (+13.6% between 1999 and 2007) mainly due to net immigration. It is indeed very attractive by its relative proximity to the capital of the island – Fort de France, which lies about 15 km – while being on a deep bay and favourable to water sports and beach but that also serves as a receptacle to watersheds.

The demographic dynamism of the Le Robert was accompanied by an occupation of the hinterland, where resides from now on more than 85% of the population of the municipality. This urbanization coupled with strong agriculture (bananas, sugar cane) has led to degradation of coastal water.

Since 2003 the Municipality has initiated a new way to manage the marine environment with a program of environmental data collection, developing a master plan for the coastline, a study of frequentation of the islets of bay and the construction of a wastewater treatment plant. Lastly the administration of maritime affairs and the professional fishermen (91 today) engaged in a project of restoration of Robert Bay ecosystem with the creation of a marine protected area.

The initiative of the Municipality of Le Robert illustrates the difficulties of implementing the concept

of integrated coastal zone management in the French Lesser Antilles.

While the general objectives are shared by many, the contradictions remain strong on the short and medium term (economic development, town and country planning, agriculture, employment, water quality, public health, climate change, etc.).

Some of these contradictions are based on the defence of sectors (agriculture, construction and public works, tourism accommodation, etc.) - themselves supported by administrative services which remain fragmented even opposite. The bay of Le Robert also illustrates the “mosaic” of the public authorities in coastal area (Angelelli & Saffache, 2010) which also doubles an administrative “layer cake”: in a centralized State like France the decisions which have a local impact are not made all locally. In other words, the principle of subsidiarity – which means essentially that public decisions are developed and implemented as close as possible to their recipients (territories and populations) – does not integrate the different levels (Europe, French Government, “Région”, “Département”, Municipality) or different sectors (public / private, but also agriculture, fisheries, urban planning, sanitation, public health, public works, etc.). Moreover, integration in time suffers from the difficulty for individuals or public authorities – “social decision maker” – to project themselves in the long run.

In spite of the Cartagena Convention and other international provisions, the territories are far from being integrated. The French way of integrated coastal zone management remains based on the coordination of services and the different geographical, political or administrative areas remain themselves largely partitioned.

Lastly, the integration of the human, financial and material means is far from being achieved. The initiative of the Municipality of Le Robert is an illustration of the difficulty in managing not only the goals, the sectors, the territories but also the means. For example, the municipality functions with a multi-field team that does not have specialist of coastal environment able to integrate other disciplines. Other example, the municipality raises a coastal “brigade”; because not being closely supported by scientists, the brigade could take non-relevant measures (Angeon

& Saffache, 2008) in contradiction with the principles of Agenda 21 which prescribe that the decision-making process – and of action on the ground – must be based on a good scientific knowledge of the environment.

It remains in practice far from an ICZM as usually defined.

After all, two situations coexist in the French Lesser Antilles:

- on one hand, ICZM programs have been launched but have not yet been implemented, as in Guadeloupe (Desirade; Marie-Galante) ; moreover, in that case, ICZM aims to launch economic activities based on natural sites and landscapes that already are naturally protected by remoteness and economic and demographic collapse ;
- on the other hand (Le Robert, Martinique), the program has been developed and employed, in a quite different context (degradation of coastal water due to urbanization and strong agriculture) but results will not be reached because they do not exactly correspond to the theoretical requirements of ICZM. Just as marine protected areas, we are once again in a rationale of announcement or almost advertising.

However, the situations of Guadeloupe and Martinique are both characterized by public initiative and management. The ICZM decisions are public and the system is based upon subsidies, prohibition and taxes. Citizens or private stakeholders do not decide, manage or directly finance the system.

3.2 ICZM and the independent islands of the Lesser Antilles

3.2.1 A case of ICZM at St. Lucia: the Soufriere Marine Management Area

Located at the south-west of the island of St Lucia, the Parish of Soufriere has 7665 souls and 154 registered fishermen (Pierre-Nathonié, 2003). They practice a craft inshore fishing, which reflects the nature of their boats (wooden deckless crafts less than 8 meters long). Their low incomes (less than 300 Eastern Caribbean Dollar (ECD)/ month for many

of them, i.e, around 90 Euros) and the fragility of their activities are intensified by many conflicts: with owners of yachts (of which wastewater accentuate the degradation of marine environment), divers (the latter being accused of deliberately damage the traps and nets), hoteliers (accused of prohibiting their sites to fishermen and polluting the marine environment), and more generally with the official authorities which seem not very sensitive to their claims.

In July 1992, in order to support the activities of fishermen and to stem tensions, the Government identified five areas with different purposes over the 11 km coastline of the Parish of Soufriere (from the Anse Jambon in the north to Caraibe Point south):

- Marine reserves to protect natural resources;
- Fishing priority areas to maintain the traditional activity of the Parish;
- Multiple use areas to enable and facilitate the meeting between the various users;
- Recreational areas open to all recreational activities and bathing;
- Lastly, yacht mooring sites dedicated exclusively to anchorage of pleasure boats.

The objective of this zoning was not to exclude any user, preserving the ecosystem characteristics of the site. A Technical Advisory Committee was established to monitor the site, assess the progress (economic and ecological) made, discuss problems and plans and budgets needed to solve them, and finally facilitate environmental awareness. This committee was open to a large number of local authorities: Department of Fisheries, Soufriere Regional Development Foundation, St. Lucia Air and Sea Ports Authority, Soufriere fishermen's cooperative, Ministry of Planning, Ministry of Tourism, Parks and Beaches Committee, St. Lucia tourist board, etc.

If the establishment of these five areas gave a protective image in the whole area, it did not prevent degradation of the environment (Sandersen & Koester, 2000). Indeed, administrative, technical and political problems appeared: limited resources of the rangers charged to control the area, stopping the Jalousie Hilton Hotel and the fish processing plant – both consuming the most of the production of local fishermen, many of them losing their jobs – and a new government team.

Furthermore, the years 1995 and 1996 having been particularly rainy (Pierre-Nathaniel, 2003), large volumes of sediment were evacuated from the watersheds to the marine environment; ensued an increase in the turbidity of sea water, a fossilization of coral table reefs and more generally a rarefaction of underwater fauna and flora.

In order to preserve the basic philosophy of the Soufriere Marine Reserve, drastic measures were taken by the St Lucian Government:

1. a monthly subsidy of 400 ECD (for one year) was given to approximately 20 fishermen who agreed to leave and hence no longer fish within the reserve;
2. fishing nets and traps were banned on the entire marine protected area because of their harmfulness to the environment;
3. a fish market with a large freezer capacity was created in the Parish of Soufriere and managed by a cooperative.

Finally the goal was to encourage fishermen to adopt new fishing methods (no longer fishing with nets and traps and adoption of the long-line fishing line, for example). Training sessions were also implemented to train fishermen in this new technique; although interesting, this technique did not allow them to invest in larger and more secure boats (despite investment subsidies). Fishermen therefore continued to use their nets and traps and, despite the protection of the area, its degradation went on.

If the Soufriere Marine Reserve appears consistent with the policy of ICZM, it however offers only nominal protection to the environment since the measures are hard to implement and to respect because of socio-economic context of St. Lucia.

3.2.2 Overview of other ICZM projects in the independent States and self-governing islands of the Lesser Antilles

Other projects are also involved in the integrated coastal zone management in the Lesser Antilles.

This applies to the Coast and Beach Stability Program in the Caribbean Islands. Developed since 1996 on the initiative of UNESCO within the framework of Environment and Development in Coastal Regions and in Small Islands (CSI), this

programme covers mainly English-speaking Lesser Antilles without distinction of political status (independent States or self-governing territories), namely: Anguilla, Antigua and Barbuda, British Virgin Islands, U.S. Virgin Islands, Dominica, Grenada, Montserrat, Saint Kitts and Nevis, St. Lucia, St. Vincent and the Grenadines, but also the Turks and Caicos Islands, and recently Haiti.

It aims to help small Caribbean islands for a rational development of coastal areas from the environmental, social and cultural point of view.

Funded by the Caribbean Development Bank, UNESCO, the Organization of American States (OAS) and the Organization of Eastern Caribbean States (OECS), the program has three main objectives:

1. carrying out a comprehensive inventory of beach conditions and to quantify their physical dynamics (erosion and/or filling);
2. developing a methodology (developed mainly in Anguilla, Antigua and Barbuda, Montserrat, Saint Kitts and Nevis and St. Lucia) adaptable to other Caribbean islands, allowing the monitor of the coastline evolution;
3. lastly, encouraging schoolboys to relay scientific information near their parents.

Ultimately, the objective would be to continue surveys, in order to make spatiotemporal comparisons and integrate these new results into a Geographic Information System (GIS). It would also be interesting to develop new palliative methods; experiences sharing with the other environmental agencies of the region are needed too.

Although not following exactly the same goals, the Caribbean Coastal Marine Productivity Program (CARICOMP) implemented under the aegis of UNESCO since 1985 (and revised in 2001) also aims to contribute to integrated management of coastal and marine areas in determining the factors involved in the productivity of coral reefs, seagrass beds and mangroves. 29 sites from 22 States and territories participated in the project, but only two belong to the Lesser Antilles as we define them above (Barbados and Saba).

This program aims

- monitoring the evolution of mangroves, seagrass beds and coral through survey stations

- centralizing all data at the Data Management Centre (University of the West Indies - Jamaica)
- and assessing the anthropogenic factors that induce major ecosystemic changes in the long run.

This multifaceted approach is facilitated by the networking of research centres, protected areas and marine parks, in order to create a true scientific synergy. Results have been obtained and led to the publication of a reference book (Caribbean Coastal Marine Productivity (CARICOMP, 2001), and the establishment of a research network on the Caribbean coastal areas.

4. REFLECTIONS ON THE DIFFERENCES IN THE INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT IN THE LESSER ANTILLES

4.1 The European and French characteristics in Guadeloupe and Martinique

Guadeloupe and Martinique are French departments and outermost regions of the European Union. They have no political autonomy. Unlike the independent States and self-governing islands of the Caribbean, ICZM in Guadeloupe and Martinique is exercised not only in the international framework mentioned above but also in respect of French and European laws.

4.1.1. National aspects of ICZM in the French Antilles

Recent adoption by the French government of a National strategy for the sea and the oceans (French Government, 2009) – which is the first synthetic document on the matter – extended by Act of July 2010 (“*Engagement national pour l’Environnement*”) should not make forget that the concern for the sea and the coastline is relatively old.

France has indeed an Exclusive Economic Zone that covers 11 million km² and a coastline of 5500 km, and these are 5,8 million people who live today on the metropolitan coasts of France and 1,2 million in the overseas departments. As example, if the average density (on French continental territory) is 108 inhab./km², it is 186 inhab./km² in the coastal districts and is higher than 300 inhab./km² in the

coastal municipalities Overseas (except French Guyana).

There is also a very fragile environment, due to the “littoralization” of people and activities that implies widespread damages: coastal erosion, pollution, hyper-sedimentation, etc.

Hence, the situation of Guadeloupe and Martinique is alarming because of the exiguity of their territories and the problems of town and country planning that underlies (Saffache & Desse, 1999; Saffache, 2000). The north-western part of the Martinique coast moves back at the average rate of 0,5 meters / year, but certain more exposed sections fold up at a rate three times higher. The situation is basically the same in Guadeloupe, where the most exposed coastal portions are moving back from 0.4 to 1.2 m / year.

Given these facts, and especially the seniority of the first policies of coastal management – the “*Rapport Piquard*” on the French Coast (1973) – and their inadequacy with contemporary reality (urbanization, development of water sports, etc.), new management methods for French coasts were necessary.

Since 2001, the French Committee for Town and Country Planning and Development (*Comité Interministeriel d'Aménagement et de Développement du Territoire - CIADT*) proposed to initiate a policy of integrated coastal zone management: “[...] the struggle against the “trivialization” of the coastline is vital if our country wants to preserve for the future its environmental and economic capital. The Government fully integrated this dimension in its policy of town and country planning and sustainable development. This policy is based on a new philosophy founded on the concept of integrated coastal zone planning. This integrated planning must now go beyond strictly legal and regulatory approaches based on constraint logic but have to focus on project and partnership” (French Government, 2005). The aim was “to reverse the current “hunting and gathering economy” that ruin the coastal identity to the detriment of any prospect of valorisation of this unique, fragile and coveted legacy” (French Government, 2005).

In fact, one of the problems first identified concerned the lack of coordination between different programs (management, protection and development

more generally) that were initiated on the coastline, and with often contradictory effects. So, the solution was to try to better coordinate the vision of different stakeholders and their actions. First, all of them were identified (Government, local authorities, socio-economic associations, citizens, experts), their actions and projects listed and linked with various levels of decision-making (local, regional and national).

To implement this new policy, the CIADT launched a national call and selected 25 local projects totalling 1.5 million Euros in “technical and financial support”, i.e. an average 60,000 Euros per project. It is precisely in this context that the projects of Le Robert bay (Martinique) and those of Desirade and Marie-Galante (Guadeloupe), mentioned above, were supported.

However, despite the new policy, the French principles of coastal management are remained: no ownership on coastal zone, not much prohibition for collective use by stakeholders, and of course no privatization. Free public access, gratis use of public goods, management by regulation also remain the basic principles. The underlying economic model thus remains completely public: public ownership, management by public officials, public financing – mostly by taxes and more rarely by fees paid by users – lack of access rights, a reluctance to delegate to private agents or even groups (associations, federations, etc.) management of the zones, etc.

We think one management aspect is missing: the coastal area is not subject to sole possession (*dominium*), nor, alternatively, a single authority (*imperium*). Authorities, uses, regulations, objectives, funding, personnel, threats, etc. telescope themselves on the same area. This one is also – paradoxically in a world where natural capital is scarce – poorly managed and allows to a few “stowaways” to make money. They use that capital with the detriment of all. The French coastal areas are often the place of “fait accompli” or lawlessness because of the excess of rules. Moreover, being non-market goods, they literally do not have a price, which poses problems in valuation of direct or indirect losses for damage as has been found following the great maritime disasters for instance.

Finally, this vision has ramifications at the international level, judging by the methods advocated

by UNESCO in ICZM (Henocque & Denis, 2001) that might be compared or opposed – although it is not ICZM but biodiversity – at the analysis carried out at the same time under the auspices of the OECD (OECD/OECD, 2001).

4.1.2 The European framework of ICZM in Guadeloupe and Martinique

National aspects of ICZM were gradually added European aspects.

The interest of the European Union for the sea is relatively recent: 1970 for sea fishing; 1987 for environmental protection; and, in 1997, sustainable development became part of European policies concerning the marine environment.

The first European text on Integrated Management of Coastal Zones (European Union, 1995) innovates: integrating together, on defined areas, objectives of the Fifth European Environmental Programme 1992-1995, sectors (industry, energy, transportation, agriculture and fisheries, tourism, urban planning, etc.) and levels (European, national, regional and local).

Faced with legal competences and experiments of the Member States, the EU will intervene through financial incentive rather than regulation, and basing on linkage between land and sea. The focus will be on four terrestrial fields having an impact on the sea: reduction of water pollution and improvement of the quality of bathing water in 1976, quality of shellfish waters in 1979 and urban waste-water treatment and industrial waste from 1991. A kind of synthesis is carried out from 2000 with the Directive named “Framework for Community action in the field of water policy” (European Union, 2000d) which mainly relates to fresh water but also coastal waters within “a distance of one nautical mile on beyond the point closest to the baseline” (EU Directive, Art.2).

From 2000, the rhythm thus accelerates. Learning the lessons from the demonstration programme launched in 1995-1996, the EU develops its concept of integrated management of coastal zones (European Union, 2000a; European Union, 2000c). As in France, EU starts from the observation of

- the importance of coastal areas in Europe (habitat, food, tourism, transportation, etc.)
- the threats (water quality, destruction of habitats, coastal erosion, depletion of natural resources)
- and the existence of “many inter-related

biological, physical and human problems presently facing these zones. Their cause can be traced to underlying problems related to a lack of knowledge, inappropriate and uncoordinated laws, a failure to involve stakeholders, and a lack of coordination between the relevant administrative bodies.” (European Union, 2000a). Meanwhile, the Integrated management is becoming a tool of the EU fisheries policy to improve the planning and management of coastal areas and reduce the intensity of conflicts between fishermen and other coastal users.

In 2007 (European Union, 2007b), by critics of the sector-based policies of member States, the EU underlines the importance of ICZM in terms of governance.

Lastly, in 2007 the EU adopted an integrated maritime policy (European Union, 2007a) involving the use of ICZM, improvement of knowledge about the marine environment and activities occurring there. It is in this context that France has adopted a National strategy for the sea and oceans (December 2009) extended by a set of laws regarding the “integrated management of sea and shore” (July 2010).

In parallel, following the maritime disasters which polluted the coasts of the continent of Europe (especially, the oil tanker Erika which broke within 40 nautical miles off the coast of Brittany on December 1999) the Union took the initiative to reinforce and standardize legislation of ship safety, prevention and marine fight against pollution (legislations known as “*First Erika Package*”, “*Erika II Package*” and “*Erika III Package*”), and created in 2002 the European Maritime Safety Agency (EMSA).

The provisions mentioned above appear as an additional legislative layer – where the objectives and implementation levels are not necessarily consistent to allow the establishment of priorities and choices (McKenna *et al.*, 2008) – they also seem to reinforce the “top-down” and move away stakeholders and decision makers from co-management advocated as a sign of good governance – in the sense of “structures and processes used to govern behaviour, both public and private, in the coastal area and the resources and activities it contains” (Ehler, 2003) – and successful management of coastal areas (Pomeroy *et al.*, 2004).

However, we think that the EU makes it possible to

standardize and simplify the national regulations around minimum requirements and common principles to the 27 States that compose it – and through a set of international standards such as Cartagena Convention and other Global Conventions, such as the United Nations Convention on the Law of the Sea, or the conventions of the International Maritime Organization, for example.

With incentive programs, the European Union may provide to the ICZM in the French departments of America some tools of governance that are alternative or complementary to the centralized (but still split) French model (Angelelli & Saffache, 2010).

Similarly, although the modalities of the financial assistance of EU – that underlie this incentive approach – often seem complex, the reality in the French Antilles is basically simple (Angelelli & Célimène, 2010): European subsidies are massive and concentrated on a small set of areas and procedures; they are foreseeable, negotiated with local authorities and transparent; they usually are a support and not a substitute for local policies. This situation is not comparable with complexity of multilateral or bilateral international cooperation for the benefit of independent States and territories in the Lesser Antilles (Rivera-Arriaga, 2005).

4.2 ICZM in self-governing territories and independent islands of the Lesser Antilles

4.2.1 From the paradox of simplicity to the paradox of scale

The political system of self-governing territories and independent islands of the Lesser Antilles seems to be more simple than the French system: in general, four levels (local, national, regional, international) (Fanning *et al.*, 2007) or even three in the very small territories such as the British Virgin Islands (Gore, 2007), whereas Guadeloupe and Martinique count at least six (local, regional, national, Caribbean, European, international); less departments; less territorial districts. This situation presents a kind of paradox: the political complexity is in large part at the origin of the problem that ICZM must solve; so, the political simplicity should *a contrario* contribute to facilitate this management. But it is not necessarily the case.

Indeed, first, the small size of territories is often – but not always (Easterly & Kraay, 2000) –, linked with

relatively low domestic incomes. This situation can lead to insufficient financial and human resources devoted to public policies and in particular the management of coastal areas. Now, in the cycle of adaptive management of coastal zone management (“data collection”, “analysis and advice”, “decision-making process itself”, “implementation”, “evaluation and monitoring” (Fanning *et al.*, 2007; Mahon *et al.*, 2009), the support of specialists from various disciplines, including traditional knowledge, is essential. But because of the lack of personnel or material resources (Lorah *et al.*, 1995), the implementation of coastal management fails. Moreover, the governments of the self-governing territories and independent islands are primarily faced with the challenge of maximizing income from the use of domestic resources (Spurgeon, 1999); hence, they support certain forms of development that induce income and employment at short and medium terms (Dehoorne & Saffache, 2008).

In this context, the appreciation of the complexity or simplicity of governance of coastal areas must take into account the number of levels, sectors or administrative districts, but also the capacity of action of each level or sector.

Second, as noted above, ICZM in the Lesser Antilles is based on a corpus of texts and regional and international programs, which gives way to cooperation and technical assistance. The formal simplicity of domestic levels of decision is thus balanced by the complexity of regional and international supports – technical assistance, financing, etc. – and also by the implementation of programmes. More than 36 organizations of international cooperation, having their own areas of intervention, their fields of expertise, their priorities, policies and procedures for assessments of programs, project selection and funding cover the Wider Caribbean (Rivera-Arriaga, 2005). Near these bodies, obtaining the means of managing coastal areas is complex and requires institutional capacity from States and territories; capacity which is sometimes lacking.

The success of ICZM in general (Olsen, 2003) or in France (Henocque, 2003) probably is not correlated to the number of levels of management, administrative departments or territorial districts. Empirically, the U.S. example would tend to show that the complexity of political organization (levels x departments x areas) is not in itself an obstacle to ICZM. But a “paradox of

scale” (Murawski, 2007) exists indeed which makes that when the ecosystem is small size, the number of “layers” of managers and consultants is high. Thus, in the United States, management of estuaries and bays requires work with private landowners, local governments (city, township), the regional government (county), state government, federal government, regional management organizations, international management organizations, non-governmental organizations and, of course, the scientists involved at all levels of the scale (Murawski, 2007).

The size of a country or its level of development (GNP *per capita* for instance) are not always relevant in order to compare the experiences of ICZM. Hence, to better compare experiments conducted in the Lesser Antilles, we propose to use an additional criterion: the way the concept of economic value of the coastal zone is treated.

4.2.2. The economic valuation of coastal areas: the distinctive feature of ICZM among the islands of Lesser Antilles?

Although the economic valuation of ecosystems remains a controversial subject (Zhang & Li, 2005; Tol, 2005), the model that prevails in the self-governing territories and independent islands of the Lesser Antilles admits, unlike the French system applied in Guadeloupe and Martinique, four basic economic principles. We believe that these principles and their applications in the Lesser Antilles characterize ICZM more than any other factor.

The principles:

First economic principle: the production is based on a combination of factors (land – or, by extension, natural capital – labour and technical capital. In the absence of constraints on natural resources, the Western economic growth was essentially founded since the nineteenth century on labour and capital. Second principle: economic growth, population growth and its mobility have increased the demand for renewable and non-renewable natural capital. Gradually, this capital (and the services linked) became in their turn a limiting factor of development (Costanza, 2000). And even the sustainability of development is become conditioned by the conservation of natural capital (Costanza & Daly, 1992).

Third principle: since demand of natural capital has become higher than supply, the natural capital found itself ipso facto included in the field of economics. However, the confusion often persists in the public opinion – especially in France – between economics and market. It is considered that certain elements of the natural capital such as the air, sea water, the landscapes, the sun, etc, although contributing to the satisfaction of human needs, escape the field of economics because being “non-market”. But the link between supply and demand of goods and services can be regulated apart from the market, either within the framework of the planned economies, whether within a single firm (Coase, 1937) or by positive or negative externalities balanced by taxation or subsidies in accordance with Arthur Pigou and its “*Economics of Welfare*” (1920) (Scitovsky, 1954; Baumol, 1972), etc.

For example, the beauty of a landscape or the existence of a fish stock can generate income directly or indirectly by attracting tourists, by contributing to the rise of the real estate values, by generating income from the fishing and gathering activities, etc. Conversely, a landscape may be threatened or damaged by natural causes or artificial, reducing the natural capital (and induced incomes), even creating additional costs (cleaning, decontamination or “depollution”, monitoring costs, waste of time and fuel over-consumption for catching fish farther, etc.). These aspects are generally regarded as “external economies” (or “external diseconomies”) that benefit (or cost) to companies or individuals without having to pay (or be compensated) (Coase, 1960; Buchanan 1969). That leads to the distinction between “private costs” – which are compensated, like for example wages which are paid for a work – and “social costs” – which can be compensated (for example, by the person responsible for damage or by public authorities (European Union, 2000b) or not being and remain in charge of the Society (Pearce & Sturmeay, 1966).

Fourth Principle: unlike classical model of economics that only distinguishes private and public sectors, valuation of natural capital usually involves a more complicated system of ownership or use of natural capital, distinguishing at least between private, collective and public (Costanza, 2000) – and even more if we match with the distinction between goods

and services market and non-market as in the ancient Roman law.

The ideas which are associated with these four principles are that

- a) with indirect approaches to surrogate the market system and pricing, the positive (or negative) value of ecosystems and their services provided to individuals and society can be quantified. So economic valuation of natural capital can thus appear – at least (Pritchard *et al.*, 2000) – as a tool for managing the coastal zone, in particular in order to classify the different management options by objectifying the costs and benefits;
- b) economic valuation is not necessarily underpinned by a liberal or neo-liberal philosophy. It may even strengthen the role of “social decision-maker” in relation to the individual and the market (Buchanan, 1954). The decision maker might then be this one that “integrates” the components and the stakes of the zone. This may be a government, a public agency, a trustee under the laws of the United Kingdom, a trade union, a cooperative, an association, or a large corporation or organization within which are identified and arbitrated the various costs apart from the market (Coase, 1937; Coase, 1960).

We think that these principles and ideas help to understand the differences in implementation of ICZM in the Lesser Antilles.

First, whereas it is often occulted in France, the issue of economic valuation of coastal zone is not “taboo” in English-speaking islands of the Lesser Antilles. They follow the current developed in the United States and Great Britain where the fields and methods of natural capital valuation in general – or biodiversity specially (Nijkamp *et al.*, 2008) – have been refined (River and Harbor Act, 1902; recognition of intangible assets since the end of the Second World War). In particular, in 1972, the Coastal Zone Management Act and the Marine Protection, Research and Sanctuaries Act promoted the Cost-Benefit Analysis and the taking into account public gains and socio-economic benefits, while encouraging the creation of specially protected areas (“Special Area Management Plans”) (Lipton *et al.*, 1995). Many valuation methods of natural capital are then developed (substitution method; habitats equivalency analysis from the U.S. Oil Pollution Act of 1990, methods of investigating the “willingness to pay”) to maintain the

quality of the environment (Arrow *et al.*, 1993; Lipton & al., 1995), etc.).

English-speaking islands of the Lesser Antilles wish valuation of their natural capital, because it is one of the major pillars of tourism. Indeed, tourism incomes account for more than 60% of gross domestic product of St. Lucia, more than 70% in that of Antigua and over 80% in the British Virgin Islands (Dehoorne & Saffache, 2008). With little labour force and technical capital, as well as alternative income to tourism, these islands shall therefore more likely to develop economic valuation of their coastal zone than in Martinique and Guadeloupe, where the contribution of tourism to GDP and employment is less than 4% (Hugounenq, 2007).

Then, this economic valuation implies that goods or services provided by coastal ecosystems are identified, evaluated and classified : such as fishing, shore protection against erosion or rising sea levels, cyclonic waves, assimilation of wastewater, recreational uses, bathing, etc.

For example, in St. Lucia (Burke & al., 2008) the contribution of coastal zone to tourism and leisure was estimated between 160 and 194 million USD for the year 2006 (hotels and restaurants, scuba diving, marine park revenues, miscellaneous expenses, indirect effects on employment, tax revenue, etc.). In the same way, the contribution of coral reefs to coastal protection was estimated between 28 and 50 million USD – on the basis of avoided damages – while the contribution of fishing activities was between 0.5 and 0.8 million USD. The total was compared to St. Lucia GDP that was 825 million USD in 2005, in order to identify policy recommendations focusing on approaches to integrated coastal zone management.

Lastly, the economic valuation is generally linked with land tenure that allows a kind of possession of coastal zone. Although the scheme also led to a boom in real estate tourism having a negative impact on the coastal area (Lorah & al., 1995), it recognizes the possibility of long-term leases or collective properties including the Natural Resource Trustees replacing public authorities in order to coordinate, to develop, to pay and to collect local fees or taxes by visitors or operators. Thus it is an approach which tends to establish an integrating authority based on property (*dominium*) even if not unique (*imperium*).

Table n° 1 hereafter grossly summarizes the main similarities and differences interesting ICZM between

French islands of the Lesser Antilles and mostly English-speaking islands.

5. CONCLUSION

Finally, the strong similarity of the islands of the Lesser Antilles could have led to a homogeneous management of the coastal areas.

The reality appears different, so that the usual geographical data (land, population, relief, natural or economic handicaps, vulnerability, etc.) seem to us here marked by adherence to different economic philosophies.

To explain divergent patterns of ICZM in the Lesser Antilles it is necessary to seek in the way in which is considered (or is not considered) in each island the economic value of coastal areas as part of natural capital.

Thus, in the case of the French islands, the value of coastal areas is not economically estimated, because the goods and services they provide are considered – by nature and historical tradition derived from Roman law – as non-market; they do not belong to anybody and are in the free disposal of all. As a result, these goods and services are little managed, or else administered by a mosaic of public authorities. Hence ICZM is concentrated on coordinating public programs and services. In Guadeloupe and Martinique, ICZM is the exact reflection of this approach.

In the French system of Guadeloupe and Martinique, it is true that many old regulations – the 1913 Act on protection of the surroundings of historic monuments; 1930 Act about natural monuments and landscapes; 1964 Act on Water; 1985 Act on impact studies, etc. – or more recent regulations evoke notions of legacy, development and management of public or non-market goods – the Act of 12 July 2010 about national commitment to the environment says that “The marine environment is part of the common heritage of the Nation” – and reinvent the concept of “polluter pays”, or assess the impact of environmental damage before certain work, etc. In addition, approaches to certification, eco-labelling and internalisation of external costs are developing and recognizing the existence of a value guaranteed by public authorities out of the market, particularly for biodiversity (Nunes & Riyanto, 2005). Similarly, the current reform of EU fisheries policy (European Union, 2010) suggests, following some European countries, individualization and transferability of fishing quotas, giving so economic value to fish to be caught, and giving up the system of

external economies (or diseconomies) associated with gathering economy.

However, in practice, these terms are deprived of significance in economic valuation of the natural environment itself. This one remaining by principle out of the market generally escapes the valuation. ICZM remains thus public, even with the creation of specialized bodies – always public (National Parks, reserves, agencies, etc.).

In the case of independent islands and self-governing territories in the Lesser Antilles, where natural capital plays actually a very important role in the economy through tourism revenue, the economic valuation of goods and services “output” of the coastal areas is more developed. By the assessment of economies and diseconomies on the basis of Anglo-Saxon practices, ICZM can then become more operational, as well in management itself as in the assessment of stakeholder interests and prioritization policies of town and country planning. So the problem is less coordinating policies and means, than having adequate human and material resources for the conduct of policies.

Ultimately, if there is in the French islands a beginning of degradation awareness of coastal and marine Caribbean environment, the implementation of protection policies is not yet optimal. Even when programmes are initiated, they look like more advertising than a real willingness to protect the environment.

The policies of ICZM have made illusion during a few years but cannot really improve the management of the coastal zone because the political, cultural, and socio-economic contexts do not offer a favourable framework. Especially, the absence of a protection policy based on the economic valuation of coastal areas hinders in the French Lesser Antilles the awareness of the degradation of coastal and marine environment. To enforce the coastal environment and manage it, we must give it a value.

ACKNOWLEDGMENTS

For their helpful suggestions and comments, we thank very much the referees, the editor of RGCI and also Nathalie Petit-Charles, Ph.D. student in Ceregmia Lab.

Table 1. Some similarities and differences between islands of the Lesser Antilles.

Tabela 1. Algumas semelhanças e diferenças entre as ilhas das Pequenas Antilhas.

| | <i>Guadeloupe and Martinique</i> | <i>Independent States and self governing territories of the Lesser Antilles</i> |
|--|--|--|
| <i>Size</i> | Small islands (surface < 1000 km ² and Population < 1 million inhabitants) | Small islands (surface < 1000 km ² and Population < 1 million inhabitants) |
| <i>Gross Domestic Product per capita</i> | Martinique : 24600 USD (2007) Guadeloupe : 21700 USD (2007) | - Anguilla : 12200 USD (2008) - Antigua & Barbuda : 13200 USD (2008) - British Virgin Is : 38500 USD (2004) - Dominica : 4750 USD (2008) - Grenada : 5880 USD (2008) - Netherlands Antilles : 16000 USD (2004) - St.Kitts & Nevis : 10870 USD (2008) - St.Lucia : 5410 USD (2008) - St.Vincent : 5050 USD (2008) - Turks & Caicos : 11500 USD (2002) - U.S. Virgin Is : 14500 USD (2004) |
| <i>Political Status</i> | French « <i>Départements</i> » without autonomy. They are included in the French territory and also in the European Union territory, as « Outermost Region of EU ». | - Independent States members of the United Nations (Antigua & Barbuda, Dominica, Grenada, St.Kitts & Nevis, St.Lucia, St.Vincent and the Grenadines) - Self-Governing Territories (Anguilla (GB), British Virgin islands (GB), Monserrat (GB), Saba (NL), Sint-Eustatius (NL), Sint-Maarten (NL), Turks & Caicos (GB), U.S. Virgin islands (USA)). GB and NL overseas territories are not included in the EU territory. |
| <i>Government levels</i> | At least 6 (and even more) : - Local (Municipalities, so called « <i>Communes</i> ») - Local (set of « <i>Communes</i> », called « <i>Communautés de Communes</i> ») - Local (« <i>Départements</i> ») - Regional (« <i>Régions</i> ») - Caribbean (safety of life at sea, maritime search and rescue, regulation of nautical activities in Guadeloupe and Martinique) - National (by central government and Parliament in Paris) - European (mostly, the rules are made by EU (EU Regulations) or made at French level according with EU (EU Directives) - International (treaties and international conventions ratified by France legally bind Guadeloupe and Martinique) | No more than 4 levels (and even less) : - Local (city, township or parish) - National (government) - Caribbean (OECS, OAS, CARICOM, etc.) - International (International treaties and conventions that exceed the Lesser Antilles geographical framework: Cartagena Convention, etc.) |

Table 1. Some similarities and differences between islands of the Lesser Antilles.

Tabela 1. Algumas semelhanças e diferenças entre as ilhas das Pequenas Antilhas.

| | | |
|--|--|--|
| Regulations in following matters : territorial sea, coastline, urban and country planning | French government (territorial sea, coastline, urban and country planning) + European Union (fisheries ; water policies, including quality of bathing waters, urban waste-water treatment, ship safety and marine pollution) | Independent States and self governing territories without external intervention (excepted of course when complying with international conventions). |
| Part of Tourism in GDP (* Sudrie & al., 2008 ** Dehoorne & Saffache, 2008) | Martinique: 2%* Guadeloupe: 4%* | St. Lucia: 64% ** Antigua & Barbuda: 74% ** British Virgin Is.: 82% ** Turks & Caicos Is.: 91% ** |
| Coastal zone as economic value | There is no economic valuation of coastal zone. Despite important legal and financial resources, coastal zone (« non market » and public managed) remains little protected or valorised. | Because of (1) their general philosophy concerning the law, (2) their independence or large autonomy and, (3) the need to enhance their economic assets especially with tourism, independent states and self governing territories developed economic valuation of coastal zone. |

Source : Authors and World Bank, CIA WorldFact Book and *Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques* (INSEE – France). All figures are in current US dollars.

REFERENCES

- Angelelli, P. & Célimène, F. (2010) - *Les Fonds structurels 2007-2013 dans une région ultrapériphérique de l'Union européenne: qu'est-ce qui ne va pas avec les Fonds européens en Martinique ?* Rapport de recherche # DT 2010-02, 23 Avril 2010, Université des Antilles et de la Guyane, Schoelcher, Martinique.
- Angelelli, P. & Saffache, P. (2010) - O mosaico dos poderes públicos em zona costeira numa região ultraperiférica da União europeia: O caso da criação dos recifes artificiais na Martinica. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(1):65-80. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-166_Angelelli.pdf
- Angeon, V. & Saffache, P. (2008) - Les Petites Economies Insulaires et le Développement Durable : des réalités locales résilientes ? *Etudes caribéennes*, 11:2-23. ISSN: 1779-0980. Available on-line: <http://etudescaribeennes.revues.org/3443>.
- Armstrong, H.; De Kervenoael, R.J.; Li, X.; Read, R. (1998) - A comparison of the economic performance of different micro-states, and between micro-states and larger countries. *World Development*, 26(4):639-656. [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00006-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00006-0)
- Arrow, K.; Solow, R.; Portney, P.R.; Leamer, E.E.; Radner, R.; Schuman, H. (1993) - *Report of the NOAA panel on contingent valuation*. 67p., Washington, D.C., U.S.A. Available on-line: <http://www.darrp.noaa.gov/library/pdf/cvblue.pdf>. (Accessed on June 2010.)
- Baumol, W.J. (1972) - On taxation and the control of externalities. *The American Economic Review*, 62(3):307-322, American Economic Association, Washington, DC, U.S.A. ISSN: 0002-8282.
- Briguglio, L. (1995) - Small island developing states and their economic vulnerabilities. *World Development*, 23(9):1615-1632. [http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00065-K](http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X(95)00065-K)
- Buchanan, J.M. (1954) - Social choice, democracy, and free markets. *The Journal of Political Economy*, 62(2):114-123. doi: 10.1086/257496
- Buchanan, J.M. (1969) - External diseconomies,

- corrective taxes, and market structure. *The American Economic Review*, 59(1):174-177. Available on-line: http://www.sfu.ca/~wainwrig/Econ400/documents/Buchanan_AER69.pdf.
- Burke, L.; Greenhalgh, S.; Prager, D.; Cooper, E. (2008) - Coastal capital : Economic valuation of coral reefs in Tobago and St.Lucia - final report. 76 p., Washington, D.C., U.S.A. Available on-line: http://pdf.wri.org/coastal_capital.pdf. (Accessed on June 2010.)
- Caribbean MoU (1996) - *Caribbean Memorandum of Understanding on Port State Control*, signed at Christ Church (Barbados) on 9 Feb.1996. Available on-line: <http://www.caribbeanmou.org/index.php>. (Accessed on June 2010)
- CARICOMP - Caribbean Coastal Marine Productivity (2001) – *Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean (levels 1 & 2)*. CARICOMP, Data Management Center Centre for Marine Sciences, University of the West Indies, Mona, Kingston, Jamaica and Florida Institute of Oceanography, University of South Florida, St. Petersburg, Florida, U.S.A. Available on-line: http://www.ima.gov.tt/home/images/stories/caricomp_manual_2001.pdf. (Accessed on June 2010).
- Coase, R.H. (1937) - The nature of the firm. *Economica*, New Series, 4(16):386-405. <http://www.sonoma.edu/users/e/eyler/426/coase1.pdf>
- Coase, R.H. (1960) - The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3:1-44. Available on-line: <http://www.sfu.ca/~allen/CoaseJLE1960.pdf>.
- Colmenares, N.A. & Escobar, J. (2002) - Ocean and coastal issues and policy responses in the Caribbean. *Ocean & Coastal Management*, 45(11-12), 905-924. [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691\(02\)00113-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(02)00113-8)
- Costanza, R. (2000) - Social goals and the valuation of ecosystem services. *Ecosystems*, 3(1):4-10. <http://dx.doi.org/10.1007/s100210000002>
- Costanza, R. & Daly, H. E. (1992) - Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6(1) :37-46. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- Dehoorne, O. & Saffache, P. (2008) - Le tourisme dans les îles et rivages tropicaux: enjeux, menaces et perspectives. *Etudes caribéennes*, 9/10 :2-8. ISSN: 1779-0980. Available on-line: <http://etudescaribeennes.revues.org/852>
- Dehoorne, O. & Saffache, P. (eds.) (2008) - *Le tourisme dans les îles et littoraux tropicaux et subtropicaux. Usages des lieux et enjeux de développement*. 375 p., Editions Publibook, Etudes Caribéennes, n°9-10, Paris, France. ISBN: 9782748343106. Available on-line: <http://etudescaribeennes.revues.org/832>
- Easterly, W. & Kraay, A. (2000) - Small states, small problems? income, growth, and volatility in small states. *World Development*, 28(11):2013-2027. [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00068-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00068-1)
- Ehler, Charles N. (2003) - Indicators to measure governance performance in integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 46(3-4):335-345. [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691\(03\)00020-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(03)00020-6)
- European Union (1995) - *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the Integrated Management of Coastal Zones*. 35p., Commission of the European Communities, COM(95)511 – 3 Nov.1995.
- European Union. (2000a) - *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Integrated Coastal Zone Management: A Strategy for Europe*. 27p., Commission of the European Communities, COM(2000)547 final, Brussels, Belgium. Available on-line: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0547:FIN:EN:PDF>. (Accessed on June 2010.)
- European Union. (2000b) - *White Paper on environmental liability*. 30p., Commission of the European Communities, COM(2000)066 final – 9 Feb.2000, Brussels, Belgium. Available on-line: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0066:FIN:EN:PDF>. (Accessed on June 2010.)
- European Union. (2000c) - *Proposal for a European Parliament and Council recommendation concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe*. 6p., Commission of the European Communities, COM(2000)545 final – 8 Sep.2000,

- Brussels, Belgium. Available on-line: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0545:FIN:EN:PDF>. (Accessed on June 2010.)
- European Union. (2000d) - *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Official Journal of the European Communities, L 327, 22.12.2000. Available on-line: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:EN:PDF>. (Accessed on June 2010.)
- European Union. (2007a) - *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - An Integrated Maritime Policy for the European Union*. 16p., Commission of the European Communities, COM(2007)575 final - 10 Oct.2007, Brussels, Belgium. Available on-line: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0575:FIN:EN:PDF>. (Accessed on June 2010.)
- European Union. (2007b) - *Communication from the Commission - Report to the European Parliament and the Council: An evaluation of Integrated Coastal Zone Management (ICZM) in Europe*. 10p., Commission of the European Communities, COM(2007)308 final - 7 Jun.2007, Brussels, Belgium. Available on-line: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0308:FIN:EN:PDF>. (Accessed on June 2010)
- European Union. (2010) - *Commission Staff Working Document - Synthesis of the Consultation on the Reform of the Common Fisheries Policy*. 37p., Commission of the European Communities, SEC(2010)428 final, 16 Apr.2010, Brussels, Belgium. Available on-line: http://ec.europa.eu/fisheries/reform/sec%282010%290428_en.pdf. (Accessed on June 2010.)
- Fanning, L.; Mahon, R.; McConney, P.; Angulo, J.; Burrows, F.; Chakalall, B.; Diego, G.; Haughton, M.; Heileman, S.; Martínez, S.; Ostine, L'O.; Oviedo, A.; Parsons, S.; Phillips, T.; Arroya, C.S.; Simmons, B.; Toro, C. (2007) - A Large Marine Ecosystem Governance Framework. *Marine Policy*, 31(4):434-443. doi:10.1016/j.marpol.2007.01.003
- French Government (2009) - *Livre Bleu: Stratégie pour la Mer et les Océans*. 85p., Premier ministre (Secrétariat Général de la Mer), Paris, France. Available on-line: http://www.sgmer.gouv.fr/IMG/pdf/2009-12-08_-_Livre_bleu.pdf. (Accessed on June 2010.)
- French Government, (2005) - *Rapport français d'application de la recommandation du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2002 relative à la mise en œuvre d'une stratégie de gestion intégrée des zones côtières en Europe*. 87p., Délégation Interministérielle à l'Aménagement et à la Compétitivité (DIACT) & Secrétariat Général de la Mer, Paris, France.
- Gibbs, Mark T. (2009) - Resilience: What is it and what does it mean for marine policymakers? *Marine Policy*, 33(2):322-331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2008.08.001>
- Gore, S. (2007) - Framework development for beach management in the British Virgin Islands. *Ocean & Coastal Management*, 50(9) :732-753. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2007.03.004>
- Henocque, Y. & Denis, J. (Eds.). (2001) - *A methodological guide : Steps and tools towards integrated coastal area management*. 66p., UNESCO, Paris, France. Available on-line: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001245/124596eo.pdf>. (Accessed on June 2010.)
- Henocque, Yves (2003) - Development of process indicators for coastal zone management assessment in France. *Ocean & Coastal Management*, 46(3-4):363-379. [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691\(03\)00013-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(03)00013-9)
- Hugounenq, R.V.; Joeger, C.; Baude, J.; Simon, O.; Jacquelin, V.; Savoye, B. (2007) - *L'ultrapériphéricité définit-elle un modèle de croissance?* 123p., Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques, Paris. ISBN: 9782110977779. Available on-line: <http://www.afd.fr/jahia/webdav/site/afd/users/admiguadeloupe/public/Etude%20RUP.pdf>
- Lesales, Thierry (2007) - L'inégalité des territoires insulaires de la Caraïbe face aux menaces volcaniques. *Etudes caribéennes*, 7:2-7. Available on-line: <http://etudescaribeennes.revues.org/316>
- Lipton, D.; Wellman, K.; Sheifer, I.; Weiher, R. (1995) - *Economic valuation of natural resources: A guidebook*

- for coastal resources policymakers. NOAA Coastal Ocean Program, Decision Analysis Series, N°5, 131p., U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Coastal Ocean Office, Silver Spring, MD, U.S.A. Available on-line: <http://www.mdsg.umd.edu/programs/extension/valuation/handbook.htm>
- Logossah, K. (2007) - Les Petites Economies Insulaires: quelle spécificité ? *Revue d'Economie Régionale & Urbaine*, 2007(1) :3-11, Association de Science Régionale de Langue Française, Paris, France.
- Lorah, P.; Conway, D.; Jackiewicz, E. (1995) - *Institutional mechanisms for coastal resource protection in St. Lucia*. 43p., Supplementary Paper #4 from EPAT - Environmental and Natural Resources Policy Training Project / MUCIA - Midwest Universities Consortium for International Activities, University of Wisconsin, Madison, WI, U.S.A. Available on-line: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/11914/1/sp4.pdf>
- Mahon, R.; Fanning, L.; McConney, P. (2009) - A governance perspective on the large marine ecosystem approach. *Marine Policy*, 33(2), 317-321. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2008.07.013>
- Mahon, R. & McConney, P. (2004) - Managing the managers: Improving the structure and operation of small fisheries departments, especially in SIDS. *Ocean & Coastal Management*, 47(9-10):529-535. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.09.001>
- McKenna, J.; Cooper, A.; O'Hagan, A. M. (2008) - Managing by principle: A critical analysis of the European principles of integrated coastal zone management (ICZM). *Marine Policy*, 32(6):941-955. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2008.02.005>
- Murawski, S. A. (2007) - Ten Myths Concerning Ecosystem Approaches to Marine Resource Management. *Marine Policy*, 31(6) :681-690. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2007.03.011>
- Nijkamp, P.; Vindigni, G.; Nunes, P. A. L. D. (2008) - Economic valuation of biodiversity: A comparative study. *Ecological Economics*, 67(2):217-231. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.003>
- Nunes, P.A.L.D. & Riyanto, Y. E. (2005) - Information as a regulatory instrument to price biodiversity benefits: Certification and ecolabelling practices. *Biodiversity and Conservation*, 14(8):2009-2027. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-004-2529-3>
- OECD/OCDE (Ed.) (2001) - *Valuation of Biodiversity Benefits*. 181p., OECD/OCDE – Organisation for Economic Co-operation and Development / Organisation de Coopération et de Développement Economiques Publications, Paris, France. Available on-line: <http://www.brc.re.kr/pdf/benefits.pdf>. (Accessed on June 2010).
- Olsen, S. B. (2003) - Frameworks and indicators for assessing progress in integrated coastal management initiatives. *Ocean & Coastal Management*, 46(3-4):347-361. [http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691\(03\)00012-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0964-5691(03)00012-7)
- Pearce, D.W. & Sturme, S.G. (1966) - Private and social costs and benefits: A note on terminology. *The Economic Journal*, 76(301):152-158.
- Pierre-Nathoniél, D. (2003) – *Towards the Strengthening of the Association: the Case of the Soufriere Marine Management Area (SMMA), St. Lucia*. St. Lucia Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (prepared for the Second International Tropical Marine Ecosystem Management Symposium held of 24-27 March 2003 in Manila, Philippines).
- Pomeroy, R.S.; McConney, P.; Mahon, R. (2004) - Comparative analysis of coastal resource co-management in the Caribbean. *Ocean & Coastal Management*, 47(9-10):429-447. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2004.09.005>
- Pritchard, L.J.; Folke, C.; Gunderson, L. (2000) - Valuation of ecosystem services in institutional context. *Ecosystems*, 3(1):36-40. <http://dx.doi.org/10.1007/s100210000008>
- Rivera-Arriaga, E. (2005) - Assessing foreign aid efforts for coastal management in Latin America and the Caribbean regions. *Ocean & Coastal Management*, 48(9-10) :693-720. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2005.07.001>
- Saffache, P. (2000) - *Le littoral martiniquais : milieux, dynamiques et gestion des risques*. 417p., Presses Universitaires du Septentrion, Villeneuve d'Ascq, France. ISBN : 9782729531270.
- Saffache, P. (2008) - Le littoral martiniquais: entre contraintes physiques et aménagements de

- protection, *Géologues*, 158, pp.105-109, Union Française des Géologues, Paris, France.
- Saffache, P. & Desse, M. (1999) – L'évolution contrastée du littoral de l'île de la Martinique, *M@ppemonde*, 55(3) :24-27, Institut des Sciences Humaines et Sociales du CNRS, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon, France. ISSN: 1796-7298. Available on-line: <http://www.mgm.fr/PUB/Mappemonde/M399/Saffache.pdf>
- Sandersen, H. & Koester, S. (2000) - Co-management of tropical coastal zones: the case of the Soufriere Marine Management Area, St. Lucia. *Coastal Management*, 28(1):87-97. <http://dx.doi.org/10.1080/089207500263675>.
- Schleupner, Christine (2008) - Evaluation of coastal squeeze and its consequences for the Caribbean island Martinique. *Ocean & Coastal Management*, 51(5):383-390. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.01.008>
- Scitovsky, Tibor (1954) - Two concepts of external economies. *The Journal of Political Economy*, 62(2):143-151. <http://dx.doi.org/10.1086/257498>
- Singh, A. & Mee, L. (2008) - Examination of policies and MEAs commitment by SIDS for sustainable management of the Caribbean Sea. *Marine Policy*, 32(3):274-282. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2007.06.004>
- Spurgeon, J. (1999) - The socio-economic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation. *Marine Pollution Bulletin*, 37(8-12), 373-382. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00074-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00074-0)
- Srinivasan, T.N. (1986) – The Costs and Benefits of Being a Small, Remote, Island, Landlocked, or Ministate Economy. *World Bank Research Observer*, 1(2), 205-218. <http://dx.doi.org/10.1093/wbro/1.2.205>
- Tol, R.S.J. (2005) - Comment on “Valuing or pricing natural and environmental resources” by Yaoqi Zhang and Yiqing Li, environmental science and policy, 8, 189–190. *Environmental Science & Policy*, 8(2):187-188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2004.12.001>
- United Nations (1983a) - *Convention for the Protection and Development of the Marine Environment in the Wider Caribbean Region*. Cartagena de Indias, 24 March 1983. Available on-line: <http://www.cep.unep.org/cartagena-convention/cartagena-convention.pdf>
- United Nations (1983b) - *Protocol concerning co-operation in combating oil spills in the Wider Caribbean Region*. Cartagena de Indias, 24 March 1983. Available online: <http://www.cep.unep.org/events-and-meetings/general-documents/oil-spills-protocol-en/view>. (Accessed on June 2010.)
- United Nations (1990) - *Protocol concerning Specially Protected Areas and Wildlife to convention for the protection and development of the marine environment of the Wider Caribbean Region*. Kingston, 18 January 1990. Available online : <http://www.cep.unep.org/cartagena-convention/spaw-protocol/spaw-protocol-en.pdf/view>. (Accessed on June 2010.)
- United Nations (1994) - *Report of the Global Conference on the Sustainable Development of Small Island Developing States*. 77 p., Global Conference on the Sustainable Development of Small Island Developing States, Bridgetown, Barbados, United Nations Division for Sustainable Development, A/CONF.167/9. Available on-line: http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_sids/sids_pdfs/BPOA.pdf
- United Nations (1995) – *Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based activities*. 61p., Intergovernmental conference to adopt a Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Activities, Washington, D.C., 23 October – 3 November 1995. UNEP(OCA)/LBA/IG.2/7. Available on-line: http://www.cep.unep.org/meetings-events/5th-lbs-istac/5th_lbs_istac_documents/reference-documents/unep-oca-lba-ig.2-7.pdf
- United Nations (1999a) - *Resolution S-22/2 adopted by the General Assembly. Declaration and state of progress and initiatives for the future implementation of the Programme of Action for the Sustainable Development of Small Island Developing States*. 21p., United Nations General Assembly, Twenty-second special session Agenda item 8, 12 June 2000 (Adopts the Declaration approved by the 5th plenary meeting - 28 September 1999), A/RES/S-22/2, United Nations, New York, NY, USA. Available on-line: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/>

- GEN / N00 / 424 / 12 / PDF / N0042412.pdf?OpenElement. (Accessed on June 2010).
- United Nations (1999b) - *Protocol concerning pollution from Land-Based Sources and activities to the Convention for the Protection and the Development of the marine environment of the Wider Caribbean Region*. Done at Oranjestad (Aruba) on 6 October 1999. Available online: <http://www.cep.unep.org/cartagena-convention/lbs-protocol/lbs-protocol-english>. (Accessed on June 2010.)
- United Nations (2002) - *Report of the World Summit on Sustainable Development*. Johannesburg, South Africa, 26 August – 4 September 2002. A/CONF/199/20, 173 p., United Nations, New York, NY, USA. Available online: <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N02/636/93/PDF/N0263693.pdf?OpenElement>. (Accessed on June 2010)
- Zhang, Y. & Li, Y. (2005) - Valuing or pricing natural and environmental resources? *Environmental Science & Policy*, 8(2), 179-186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2004.09.005>



Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana *

Brazilian oceanic islands: known biodiversity and its relation to the history of human use and occupation

Thiago Zagonel Serafini ^{@,1}, Georgeana Barbosa de França ¹ & José Milton Andriguetto-Filho ¹

RESUMO

As ilhas são ambientes particulares, pois devido ao seu isolamento geográfico geralmente abrigam uma biodiversidade peculiar, com grande número de espécies endêmicas. Espécies exóticas invasoras são atualmente consideradas como a segunda principal causa de perda de biodiversidade no mundo, e nas ilhas a biodiversidade é potencialmente mais vulnerável em decorrência da grande quantidade de espécies endêmicas e aos seus habitats restritos. As ilhas oceânicas brasileiras – os arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo, Martin Vaz, a Ilha da Trindade e o Atol das Rocas – variam em tamanho e distância do continente e comportam uma biodiversidade particular, com várias espécies endêmicas. Neste trabalho, a partir de um levantamento da literatura, procuramos discutir parte da biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico do uso e ocupação das ilhas. Dentre os grupos taxonômicos já estudados destacam-se no ambiente marinho os peixes recifais e esponjas como grupos com grande endemismo e no terrestre as plantas vasculares, apesar da enorme lacuna existente com relação a outros grupos, como, por exemplo, os invertebrados terrestres. Fernando de Noronha é a ilha com o maior número de espécies, tanto marinhas quanto terrestres, em decorrência, principalmente, de sua dimensão e heterogeneidade de habitats, mas também por concentrar a maior parte dos estudos realizados sobre sua biota. Ao mesmo tempo, é a ilha que mais sofreu interferência na estrutura de sua biodiversidade, principalmente na terrestre, sendo que hoje a maior parte das espécies de vertebrados deste ambiente é exótica. Isto decorre de um longo histórico de uso e ocupação – não só de Fernando de Noronha, mas também das outras ilhas –, desde seus descobrimentos no século XVI até os dias de hoje. Parte da atual biodiversidade conhecida, principalmente àquela do ambiente terrestre, não reflete a diversidade quando do descobrimento das ilhas pelo homem e o início de sua ocupação. Fernando de Noronha e Trindade sofreram intenso desmatamento. Em Trindade a cobertura vegetal original – dominada por uma

@ - Autor correspondente: thiagoserafini@hotmail.com

1 - Universidade Federal do Paraná (UFPR), Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (MADE), Rua dos Funcionários, 1540, 80035-050, Curitiba, Paraná, Brasil.

* Submissão – 10 Novembro 2009; Avaliação – 2 Dezembro 2009; Recepção da versão revista – 25 Fevereiro 2010; Disponibilização on-line – 24 Maio 2010

única espécie arbórea nativa – que ocupava 85% da ilha foi quase extinta em decorrência da ação de cabras e pela exploração direta pelo homem. Atualmente, todas as ilhas oceânicas brasileiras apresentam alguma forma de controle de uso, visando, direta ou indiretamente a conservação da biodiversidade, a qual, principalmente no que diz respeito ao ambiente marinho, é ainda muito rica. Ficam evidentes os desafios na gestão destes ambientes para compatibilizar o uso e a ocupação com a conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: ilhas oceânicas; espécies exóticas invasoras; Fernando de Noronha; Atol das Rocas; Trindade; São Pedro e São Paulo.

ABSTRACT

Islands are particular environments, because their geographical isolation often leads to a unique biota, with many endemic species. Invasive exotic species are currently regarded as the second leading cause of biodiversity loss worldwide, and island biodiversity is potentially more vulnerable due to the large number of endemic species and small habitat area. The Brazilian oceanic islands – the islands of Fernando de Noronha, São Pedro and São Paulo, Martin Vaz, Ilha da Trindade and Atol das Rocas – vary in size and distance from the mainland and carry a particular biodiversity. In this work, from a survey of the literature, we discuss the known biodiversity and its relationship to the history of use and occupation of the islands. Among the taxa already studied, reef fish and sponges stand out as groups with high endemism in the marine environment. In the terrestrial environment, vascular plants are to be highlighted, despite the huge knowledge gap in relation to other groups, for example, terrestrial invertebrates. Fernando de Noronha has the largest known number of species, both marine and terrestrial, due mainly to its size and variety of habitats, but also because it is the most studied of the islands. At the same time, it is the island that suffered the largest interference in the structure of its biodiversity, especially the terrestrial one, and today most of the vertebrate species are exotic. This is a result of a long history of use and occupation - not only in Fernando de Noronha, but also in other islands - from its discovery in the sixteenth century until today. Current known biodiversity, especially that of the terrestrial environment, does not reflect the diversity existing when the islands were discovered by man and their occupation started. Fernando de Noronha and Trindade suffered massive deforestation. In Trindade, the original vegetation – dominated by a single native tree species – occupying 85% of the island, was almost extinct due to the action of goats and direct exploitation by humans. Currently, all Brazilian oceanic islands have some form of resources use control, aiming directly or indirectly to biodiversity conservation, which is still very rich, especially with regard to the marine environment. There remain obvious challenges to manage these environments in order to balance use and occupation and the conservation of biodiversity.

Keywords: oceanic islands; invasive exotic species; Fernando de Noronha; Atol das Rocas; Trindade; São Pedro e São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

As ilhas oceânicas brasileiras – os arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo, Martin Vaz, a Ilha da Trindade e o Atol das Rocas – são ambientes insulares relativamente distantes da costa e, em geral, pequenos no que se refere a sua porção emersa. Os primeiros estudos sobre sua biota datam dos séculos XVIII e XIX, quando famosos naturalistas aportaram nas ilhas, como Charles Darwin a bordo do Beagle. Porém, é apenas a partir da década de 1980 que se reconhece a importância e se expande o conhecimento científico de sua biodiversidade, tendo sido catalogadas diversas espécies endêmicas marinhas e terrestres (Alves & Castro, 2006; Mohr *et al.*, 2009).

O histórico de uso e ocupação das ilhas oceânicas brasileiras inicia-se com seu descobrimento no início

do século XVI. Desde então, mesmo se apenas Fernando de Noronha e Trindade ofereceram condições para a ocupação humana permanente, as modificações ambientais foram profundas, a partir da introdução de espécies exóticas, da coleta de espécies nativas, do desmatamento, da exploração mineral e da contaminação de corpos hídricos (Soto, 2009). Estes processos acarretaram em modificações da biota insular, as quais se expressam na atual biodiversidade conhecida.

Em geral, a biodiversidade de ilhas é bastante particular e por mais que estes ambientes representem somente 5% da cobertura terrestre do planeta, cerca de um terço de todas as espécies de mamíferos, aves e anfíbios ameaçadas estão nestes locais (Fonseca *et al.*, 2006). O percentual de espécies endêmicas é alto e a vulnerabilidade destas espécies é maior em relação

às dos continentes devido ao espaço geográfico restrito e único, à especificidade de suas interações com o ambiente biótico e abiótico específico (Walter, 2004; Fonseca *et al.*, 2006), e como consequência da menor variabilidade genética (Frankham, 1997).

O processo de endemismo da biota em ilhas oceânicas é produto unicamente da dispersão oceânica das espécies, já que estas ilhas nunca estiveram conectadas com os continentes (Cowie & Holland, 2006). Assim, apesar dos riscos representados pelas mudanças climáticas, as espécies exóticas invasoras e a perda de habitat, poderiam ser hoje consideradas como as principais ameaças de curto prazo à biodiversidade das ilhas oceânicas brasileiras. Os principais possíveis impactos das espécies invasoras sobre as nativas estão relacionados à exclusão competitiva, deslocamento de nichos, hibridização, predação e extinção. A maior parte das evidências conhecidas no mundo destes impactos ocorreu em ilhas (Mooney & Cleland, 2001). Atualmente, a ocorrência de espécies invasoras é responsável pela segunda maior causa de perda da biodiversidade do planeta, apenas ficando atrás das alterações climáticas (CDB, 2001).

Muitas espécies de plantas, vertebrados e invertebrados terrestres foram introduzidas e extintas em ilhas oceânicas no mundo, mas os impactos são distintos com relação aos grupos taxonômicos. Em geral, a riqueza de espécies de aves tem permanecido a mesma, já que o número de extinções foi compensado pela colonização por exóticas. No caso dos mamíferos, a riqueza tem aumentado de forma dramática devido principalmente ao baixo número natural de espécies nativas nas ilhas. Os invertebrados também têm aumentado, apesar da maior incerteza com relação às extinções em decorrência do menor conhecimento com relação a este grupo. No caso das plantas, a riqueza de espécies aumentou consideravelmente, principalmente devido à baixíssima taxa de extinção das espécies nativas, muitas vezes aproximando o número de espécie das ilhas com relação ao continente (p.ex. Havaí) (Sax & Gaines, 2008). Esta dinâmica de colonização e extinção de espécies contribui para a alteração na estrutura e composição da biodiversidade, com implicações diretas na adaptação da biodiversidade às mudanças ambientais (Jackson & Sax, 2009).

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar parte da biodiversidade das ilhas oceânicas brasileiras, com base em alguns grupos taxonômicos mais conhecidos e nas publicações recentes que compilam estudos taxonômicos anteriores, relacionando o histórico de uso e ocupação com esta biodiversidade conhecida, à luz da vulnerabilidade ecológica particular destes ambientes aos impactos provocados pelo homem.

2. AS ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS

As ilhas oceânicas brasileiras compreendem um total de cinco conjuntos insulares (Arquipélago Fernando de Noronha, Arquipélago São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz), todos isolados do continente e originados por formações vulcânicas, com exceção de São Pedro e São Paulo (Fig. 1). No presente trabalho, a Ilha da Trindade e o Arquipélago de Martin Vaz são descritos em conjunto, devido às suas similaridades e proximidade, apesar de estarem em cadeias de montanhas submarinas isoladas entre si.



Figura 1. Localização das ilhas oceânicas brasileiras.

Figure 1. Brazilian oceanic islands location.

2.1. Arquipélago Fernando de Noronha

O Arquipélago Fernando de Noronha (03°51'S e 32°25'W), localizado a 345 km da costa brasileira, compreende um total de 21 ilhas e ilhotas, sendo as principais a de Fernando de Noronha, Rata, do Meio e Rasa (Fig. 1; Tab. 1). O clima é tropical, com duas estações bem definidas, a seca (entre agosto e fevereiro) e a chuvosa (entre março e julho), com precipitação média de 1.400mm e temperatura média de 25°C.

O arquipélago é caracterizado por um monte cônico vulcânico que repousa sobre o assoalho oceânico a cerca de 4.000 m de profundidade. Faz parte de uma cadeia de montanhas submarinas que se estende até a costa do estado do Ceará. A geomorfologia da ilha é composta por quatro domínios geomorfológicos: planalto suave, vertentes rochosas, planície costeira e domínio recifal (Castro & Antonello, 2006), sendo que o ponto mais alto é o Morro do Pico, com 323 m. A ilha principal é bastante recortada, com enseadas e diversas praias arenosas, sendo os dois lados da ilha denominados de “mar de fora” e “mar de dentro”. A maior parte das praias está localizada no mar de dentro, um local mais protegido, pois o posicionamento geográfico da ilha inibe a ação dos ventos alísios e das correntes predominantes de sudeste.

Situado na rota de grandes navegações, o arquipélago foi descoberto em 1503 por Américo Vespúcio, quando do naufrágio da nau capitânia da expedição portuguesa de Gonçalo Coelho. Em decorrência da descoberta, a ilha foi doada a Fernão de Loronha, que havia financiado a expedição, tornando-se a primeira capitania hereditária do Brasil. Durante os séculos seguintes, a ilha foi frequentemente visitada por navegadores em busca de madeiras e alimentos. Foi ocupada no século XVII pelos holandeses e no século XVIII pelos franceses, até que os portugueses finalmente se estabeleceram no arquipélago. Em sua história tornou-se presidio por dois momentos, no século XVIII e em 1938 para presos políticos. Na segunda guerra mundial foi instalada no arquipélago uma base militar junto com a marinha norte-americana, sendo a ilha administrada pelos militares de 1942 a 1988 (Teixeira *et al.*, 2003).

A partir de 1988, o arquipélago foi reintegrado ao estado de Pernambuco, sendo hoje um Distrito

Estadual. Na mesma época foi criado o Parque Nacional Marinho – PARNAMAR/FN e a Área de Proteção Ambiental Estadual. A partir da década de 1980 e principalmente na década de 1990, intensificou-se o turismo no arquipélago, o qual possui atualmente uma população residente de 2.801 pessoas (IBGE, 2007), tendo como principal atividade econômica o turismo, o que eleva o número de pessoas no arquipélago. Este contingente populacional já experimenta problemas de falta de abastecimento de água em alguns períodos do ano (Montenegro *et al.*, 2007).

2.2. Atol das Rocas

O Atol das Rocas (03°50'S e 33°49'W), o único atol do Atlântico Sul e um dos menores do planeta, está 260 km a nordeste da cidade de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte, e 148 km a oeste do Arquipélago Fernando de Noronha (Fig. 1; Tab. 1) (Kikuchi, 2002). É composto por duas ilhotas, Farol e Cemitério, que juntas possuem uma área total de 7,5 km². O primeiro registro sobre este atol foi feito ainda no início do século XVI, por Cantino. Na época, o chamavam de Baixo das Rocas ou Baixo das Cabras (Andrade, 1959 *apud* Kikuchi, 2002).

O Atol das Rocas pertence aos montes submarinos da Zona de Fratura Fernando de Noronha (Silva *et al.*, 2002), ou seja, sua origem é vulcânica associada ao depósito de algas calcárias e corais no topo de vulcões já extintos (Gasparini, 2004). Seu formato é quase uma elipse (Almeida *et al.*, 2000) e seu relevo é formado por restos de esqueletos de algas coralinas, conchas de moluscos gastrópodes e testas de foraminíferos (Silva *et al.*, 2002). O clima é equatorial, amenizado pelos ventos alísios de sudeste e afetado pela Corrente Equatorial Sul, sendo sua temperatura média de 26°C e a umidade relativa alta, de 80% ou mais, todos os meses (Silva *et al.*, 2002).

Ao lado do Arquipélago Fernando de Noronha, é a principal colônia de aves marinhas e a segunda maior população de fêmeas de tartarugas-verdes que desovam no Atlântico Sul. Desta forma, por sua relevante importância ecológica e também por ser o único atol disposto em território brasileiro, o Atol das Rocas foi a primeira Reserva Biológica do Brasil, estabelecida pelo Decreto-Lei n° 83.549 de 5 de junho de 1979. Já na década de 1980, em 5 de junho de

1986, foi estabelecida a APA Triangular, abrangendo também o Arquipélago Fernando de Noronha e as Ilhas de São Pedro e São Paulo (Decreto nº 92.755). Em 2001, foi inscrito pela Unesco, juntamente com Fernando de Noronha, na Lista do Patrimônio Natural Mundial.

Por ser uma reserva biológica, a categoria de Unidade de Conservação de proteção integral mais restritiva da lei brasileira, não são permitidas no local a exploração de recursos naturais nem atividades recreativas e de visitação, exceto aquelas com fins científicos e visitas com objetivos educacionais.

O acesso é exclusivamente marítimo e demanda cuidados para evitar a colisão em seus bancos de recifes de corais, o que já ocasionou inúmeros naufrágios no local em épocas anteriores. Segundo informações disponibilizadas no site do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), antes da criação da unidade de conservação a área era usada para atividades de pesca, retirada de corais e cascalhos e para a captura de animais, como as tartarugas e aves marinhas. O acesso até esta área é restrito e, geralmente, é feito por cerca de quatro pessoas por estada, entre pesquisadores, estudantes e voluntários e funcionários do IBAMA, órgão que administra o atol (Kikuchi, 2002), apesar da Marinha do Brasil manter no local um farol em funcionamento desde 1967.

2.3. Ilha da Trindade / Martin Vaz

A Ilha da Trindade (20°30'S e 29°20'W) e o Arquipélago Martin Vaz (20°28'S e 28°50'W) formam o grupo insular mais afastado da costa brasileira, distante 1.160 km da costa do estado do Espírito Santo (Fig. 1; Tab. 1). A Ilha da Trindade possui uma área total de 9,28 km², sendo a sua altitude máxima de 620 m e a profundidade máxima ao redor da ilha de 5.800 m.

Há indícios de que este complexo insular tenha emergido entre 3,5 e 3 milhões de anos, por atividade vulcânica na zona abissal do Atlântico, formando a cadeia submarina Vitória-Trindade, que se estende desde o continente até 1.000 km a leste de Martin Vaz (Alves, 1998; Gasparini, 2004). Esta ilha possui um relevo extremamente acidentado, com escarpas íngremes, penhascos, vales profundos e platôs aluviais, reflexo do tempo de duração de sua atividade

vulcânica, que se estendeu até cinco mil anos atrás (Alves, 1998; Gasparini, 2004).

O clima deste complexo insular é o tropical atlântico amenizado por ventos alísios de leste e sudeste, e sua temperatura média anual de 27°C. A ilha se abastece de água potável por três fontes que são originadas por precipitações frequentes (Gasparini & Floeter, 2001).

Já o Arquipélago de Martin Vaz, o território mais oriental do Brasil, localizado a 48 km ao leste da Ilha da Trindade, é desabitado e com pouca vegetação. Apesar de sua proximidade de Trindade, Martin Vaz não faz parte da mesma plataforma insular (Alves, 1998).

Tanto Trindade quanto Martin Vaz são de domínio da Marinha do Brasil, administrados pelo 1º Distrito Naval. Neste espaço territorial a Marinha mantém, desde 1957, o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT) e, desde 1989, este complexo insular é denominado Reserva Municipal Marinha de Vitória. Por sua ocupação atual, este espaço é percorrido apenas por integrantes das forças militares – cerca de 32 pessoas em estadas alternadas na ilha – e eventualmente por poucos pesquisadores (Alves, 1998; Gasparini, 2004).

Para Gasparini (2004), a ocupação humana na Ilha da Trindade não está restrita apenas às últimas décadas, mas à época das grandes navegações. O autor relata que uma das hipóteses de descobrimento do local remonta a 1502, durante uma expedição da Coroa Portuguesa, que acabou por batizá-la por Ilha da Santíssima Trindade. Dois séculos mais tarde, uma expedição do governo inglês desconsiderou a posse da ilha pelos portugueses, criando um impasse diplomático entre os dois países (Alves, 1998).

Portugal, com intuítos colonizadores deixa na ilha alguns militares e seis casais açorianos no final do século XVIII, sem sucesso. Depois de algum tempo, novamente abandonada pelas forças militares, a Ilha da Trindade foi, no período de 1822 a 1889, utilizada por piratas e comerciantes de escravos. Já no século XX, os entraves diplomáticos relacionados com a posse da ilha tinham terminado e o seu domínio era brasileiro (Alves, 1998).

Na 1ª Guerra Mundial este espaço serviu como base para guarnições militares, sendo novamente abandonado em seguida. Alguns anos mais tarde, entre

1924 a 1926, a ilha foi transformada em um presídio para presos políticos, abrigando, naquele momento, alguns líderes da Revolução Tenentista. Já na 2ª Guerra Mundial, este território serviu como ponto estratégico. Finalmente, em 1957, iniciou-se a criação do POIT como parte do Programa de Participação do Brasil no Ano Geofísico Internacional. Desde então, a ilha é ocupada pela Marinha do Brasil (Alves, 1998; Gasparini, 2004).

2.4. Arquipélago São Pedro e São Paulo

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (00°56'N e 29°22'W), localizado sobre a fratura tectônica de São Paulo logo acima da linha do Equador e formado por 15 rochedos a 945 km da costa brasileira, é considerado um dos menores conjuntos de ilhas oceânicas do mundo (Fig. 1; Tab. 1). Destaca-se também por ser a única ilha oceânica de águas profundas do mundo formadas por rochas ultrabásicas, de origem plutônica e não vulcânica. Suas maiores ilhas são Belmonte, São Paulo, São Pedro e Barão de Teffé, com topografia bastante irregular, com altitude máxima de 18 m (Motoki *et al.*, 2009).

O relevo submarino é bastante escarpado, constituído na maioria por paredões verticais que se estendem da superfície até grandes profundidades. O

arquipélago está localizado na Zona de Convergência Intertropical, caracterizada por apresentar ventos fracos, intensa cobertura de nuvens, elevada precipitação e baixa taxa de evaporação. É banhado pela Corrente Sul Equatorial (de deriva oeste) e pela Contra Corrente Equatorial (de deriva leste) (IBAMA, s/d).

O arquipélago permaneceu isolado durante muito tempo, sem qualquer interesse de ocupação, devido às suas condições inóspitas, como a ausência de água doce, de vegetação, e de praias seguras para o desembarque. A partir da Terceira Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, em 1982, que estipulou parâmetros para a definição das Zonas Econômicas Exclusivas (ZEEs), iniciou-se um programa de ocupação e pesquisa do arquipélago (PROARQUIPÉLAGO) pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), a partir da Resolução n° 001/96 de 1996 (IBAMA, s/d).

Atualmente há no arquipélago um farol automático e uma Estação Científica, a qual é ocupada por três ou quatro pesquisadores e eventualmente militares, que são substituídos a cada 15 dias. O arquipélago também faz parte da Área de Proteção Ambiental Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo (IBAMA, s/d).

Tabela 1. Algumas características das ilhas oceânicas brasileiras.

Table 1. Some characteristics of the Brazilian oceanic islands.

| <i>Característica</i> | <i>Fernando de Noronha</i> | <i>Atol das Rocas</i> | <i>Trindade / Martin Vaz</i> | <i>São Pedro e São Paulo</i> |
|---|---|--|---|---------------------------------------|
| <i>Coordenadas</i> | 03°50' S 32°24' W | 03°51' S 33°40' W | 20°30' S 29°19' W | 00°56' N 29°22' W |
| <i>Altitude máxima (m)</i> | 323 | 3 | 620 | 18 |
| <i>Área total (Km²)</i> | 18,4 | 7,5 | 11,3 | 0,1 |
| <i>Número de ilhas e rochedos</i> | 21 | 2 | 20 | 15 |
| <i>Distância da costa brasileira (km)</i> | 345 | 260 | 1.160 | 945 |
| <i>Data do descobrimento</i> | 1500 | 1503 | 1502 | 1511 |
| <i>Situação</i> | Parque Nacional Marinho; Área de Proteção Ambiental | Reserva Biológica; Área de Proteção Ambiental | Destacamento da Marinha | Área de Proteção Ambiental |
| <i>População</i> | 2.801 pessoas residentes (IBGE, 2007) | 4 pessoas, entre funcionários do IBAMA e pesquisadores | 32 militares, mais alguns pesquisadores | Máximo 4 pesquisadores e/ou militares |

3. A BIODIVERSIDADE DAS ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS

Dentre as ilhas oceânicas, Fernando de Noronha é a que apresenta o maior número de estudos realizados sobre a diversidade biológica. Isto se deve principalmente à longa história de ocupação e à existência de melhor infra-estrutura em relação às outras ilhas. No presente trabalho, restringiremos as discussões aos grupos mais conhecidos e representativos, com base na literatura recente. Foco é dado aos grupos para os quais há levantamentos em todas as ilhas, possibilitando uma visão comparativa.

3.1. Biodiversidade marinha²

Os grupos mais estudados e conhecidos quanto à riqueza de espécies são os vertebrados – quelônios (Grossman *et al.*, 2009), mamíferos (Ott *et al.*, 2009; Silva Jr, 2009) e peixes (Sampaio *et al.*, 2006; Pinheiro & Gasparini, 2009) –, as algas (Villaça *et al.*, 2006), as esponjas (Moraes *et al.*, 2006), os corais (Floeter *et al.*, 2001), os cnidários (Amaral *et al.*, 2000; Migotto *et al.*, 2002) e os moluscos (Gomes *et al.*, 2006). Não há registros

na literatura sobre espécies exóticas invasoras marinhas.

Para peixes, moluscos, corais, cnidários, esponjas e algas, Fernando de Noronha é a ilha que apresenta maior número de espécies (Tab. 2). Isto provavelmente se deve a seu maior tamanho, maior diversidade de habitats e grande cobertura recifal. Porém, cabe levar em conta que o arquipélago concentra um número maior de estudos em relação às outras ilhas.

De maneira inversa, o arquipélago de São Pedro e São Paulo apresenta a menor riqueza de espécies, tendo a pequena dimensão, a baixa variedade de habitats, a pouca cobertura recifal e o isolamento – localizado meio caminho entre a América do Sul e o continente africano – como os principais fatores responsáveis pela baixa biodiversidade. Por outro lado, a sua localização torna a ilha de especial interesse científico, principalmente no que diz respeito ao estudo de padrões de dispersão da fauna pelas correntes marinhas e da biogeografia do Atlântico Sul (IBAMA, 2008). Também, seu isolamento torna o arquipélago um verdadeiro laboratório de seleção natural, tendo sido classificado pelo PROBIO³ como área prioritária para conservação da diversidade biológica (MMA/SBF, 2002).

Tabela 2. Número total de espécies e entre parênteses o número de espécies endêmicas de alguns grupos taxonômicos da biodiversidade marinha das ilhas oceânicas brasileiras, com base em registros da literatura.

Table 2. Total number of species and between parentheses the number of endemic species of some taxonomic groups of the marine oceanic islands biodiversity, based on the literature.

| Grupo Taxonômico | Fernando de Noronha | Atol das Rocas | Trindade / Martin Vaz | São Pedro e São Paulo |
|------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Peixes recifais ^a | 169 (10) | 117 (10) | 114 (7) | 85 (6) |
| Moluscos ^b | 218 (3) | 89 (0) | 89 (0) | 22 (0) |
| Corais ^c | 11 (0) | 8 (0) | 4 (0) | 2 (0) |
| Cnidaria ^d | 33 (0) | 2 (0) | 3 (0) | 3 (0) |
| Esponjas ^e | 77 (1) | 70 (4) | 23 (4) | 26 (5) |
| Algas ^f | 171 (0) | 131 (0) | 132 (0) | 38 (0) |

^a Sampaio *et al.* (2006) e Pinheiro & Gasparini (2009); ^b Gomes *et al.* (2006); ^c Scleractinian e Hydrocorals – Floeter *et al.* (2001); ^d Medusozoa – Amaral *et al.* (2000) e Migotto *et al.* (2002); ^e Moraes *et al.* (2006); ^f Villaça *et al.* (2006).

2 - Com exceção das aves marinhas, as quais neste trabalho serão abordadas juntamente com a fauna terrestre.

3 - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica. Tem por objetivo assistir ao Governo Brasileiro junto ao Programa Nacional da Diversidade Biológica – PRONABIO, pela identificação de ações prioritárias, estimulando o desenvolvimento de atividades que envolvam parcerias entre os setores público e privado, e disseminando informação sobre diversidade biológica.

Em geral, a fauna de peixes recifais de todas as ilhas oceânicas brasileiras é bastante rica em número total de espécies e número de espécies endêmicas (Tab. 2). Segundo Sampaio *et al.* (2006), dentre as ilhas, Atol das Rocas é a que apresenta a maior taxa de endemismo (8,5%), seguido por São Pedro e São Paulo (7,0%), Trindade-Martin Vaz (6,1%⁴) e Fernando de Noronha (5,9%). Para se ter idéia dos altos valores de endemismo das ilhas oceânicas, basta compará-los com a taxa calculada para o complexo recifal dos Abrolhos (0,6%), que também é um complexo insular, porém sobre a plataforma continental e não muito distante da costa. Ademais, Pinheiro & Gasparini (2009) destacam que o complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz ainda permanece com a ictiofauna menos conhecida entre as ilhas oceânicas brasileiras.

Segundo Floeter & Gasparini (2000) e Floeter *et al.* (2001), o isolamento e a área restrita de substrato consolidado em águas rasas, os quais são fatores limitantes e importantes para a colonização de larvas e estabelecimento de juvenis e adultos, explicam o endemismo dos peixes recifais, os quais em sua maioria são sedentários, de pequeno porte e com desova demersal.

A fauna de peixes recifais encontrada em Fernando de Noronha apresenta uma grande riqueza de espécies (169) e uma similaridade muito grande com a fauna do Atol das Rocas, sendo que as ilhas compartilham todas as dez espécies endêmicas. Esta similaridade provavelmente se deve à presença de bancos oceânicos rasos localizados entre as duas ilhas, que servem de ligação entre as mesmas (Rocha, 2003; Sampaio *et al.*, 2004). Esta região, considerada como única unidade biogeográfica, é chamada de *hotspot* (ponto crítico) de Noronha devido à alta biodiversidade e endemismo, sendo importante para a conservação marinha no Brasil (Rocha, 2003). Padrão similar ocorre com a ictiofauna de Trindade-Martin Vaz, semelhante à da costa brasileira, pois os montes submarinos da cadeia Vitória-Trindade estão a distâncias inferiores a 250 km entre si e atuam como 'trampolins' (*stepping stones*) para as larvas de peixes (Pinheiro & Gasparini, 2009).

Em São Pedro e São Paulo, por mais que o arquipélago seja banhado pela Corrente Equatorial Sul, vinda do continente africano, a fauna de peixes é comum à costa nordeste brasileira. Isto é explicado pelo fato de que as espécies brasileiras são transportadas ao arquipélago pela Contra Corrente Equatorial de sub-superfície (40 a 150 metros), sendo que o tempo de dispersão das larvas de peixes até o arquipélago por esta corrente é de cerca de 3 semanas, enquanto pela Corrente Equatorial Sul é de 7 a 13 semanas, fazendo com que as espécies da costa brasileira tenham mais sucesso de colonização em relação às africanas (Edwards & Lubbock, 1983).

Em relação aos moluscos, Gomes *et al.* (2006) destacam que a fauna de moluscos das ilhas oceânicas brasileiras apresenta afinidades com a do continente sul-americano, especialmente das espécies com larvas planctônicas, porém com algumas peculiaridades, como algumas espécies que ocorrem apenas na África e Caribe, ou até mesmo no Indo-Pacífico. As esponjas apresentam um número razoável de espécies endêmicas, especialmente em São Pedro e São Paulo, com cinco espécies (Tab. 2). Segundo Moraes *et al.* (2006), a distância do continente favorece a especiação, garantindo o endemismo, especialmente para as esponjas, visto que as mesmas têm, em sua maioria, baixa capacidade de dispersão. Neste sentido, os dados da Tabela 2 mostram que as duas ilhas mais distantes do continente (Trindade, 1.160 km, e São Pedro e São Paulo, 945 km), apresentam um menor número de espécies que as ilhas mais próximas (Fernando de Noronha, 345 km, e Atol das Rocas, 260 km).

A Ilha da Trindade, o Atol das Rocas e Fernando de Noronha constituem as áreas de desova da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) no Atlântico Sul (Grossman *et al.*, 2009), enquanto Fernando de Noronha e Atol das Rocas são reconhecidas como importantes áreas de alimentação da tartaruga-verde e da tartaruga-de-pente (*E. imbricata*) (Sanchez & Bellini, 1999), ambas ameaçadas de extinção (MMA, 2003; IUCN, 2006).

Com relação aos cetáceos, em Fernando de Noronha reside uma população de golfinho-rotador

4 - A taxa inicial calculada por Sampaio *et al.* (2006) foi de 7,3%, porém com a adição de novas espécies feitas por Pinheiro & Gasparini (2009), nós recalculamos a taxa, a qual decresceu para 6,1%.

(*Stenella longirostris*) de mais de cinco mil indivíduos que vivem em um raio de cerca de 500 km no entorno do arquipélago, sendo o mar de dentro utilizado praticamente todos os dias do ano para descanso, reprodução, cuidado parental e refúgio (IBAMA, s/d; Silva Jr, 2009). No entorno do Arquipélago São Pedro e São Paulo já foram registradas oito espécies, porém somente o golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) é sistematicamente avistado no arquipélago; sua população é pequena (30 a 40 indivíduos), e estudos genéticos apontaram que ela está isolada geograficamente (Ott *et al.*, 2009).

3.2. Biodiversidade terrestre

As ilhas oceânicas brasileiras são bastante pobres em espécies de vertebrados, com exceção das aves marinhas, as quais residem nas ilhas ou as utilizam como área de nidificação ou migração (Schulz-Neto, 2004). A baixa riqueza se explica, obviamente, pela distância das ilhas do continente sul-americano (Tab. 1) que dificulta a colonização por espécies terrestres continentais, particularmente de mamíferos, répteis e anfíbios, os quais apresentam maiores dificuldades de dispersão.

Isto torna a fauna terrestre das ilhas oceânicas bastante particular em relação à continental adjacente. O clima também é um fator limitante para o estabelecimento de espécies, cujas populações, usualmente pequenas, ficam mais sujeitas a variações extremas. Oren (1984), por exemplo, destaca a extinção de grande parte das espécies de aves terrestres exóticas introduzidas em Fernando de Noronha, devido a uma grande seca ocorrida entre 1980-81.

O isolamento das ilhas – visto que são de origem vulcânica e nunca estiveram conectadas por terra ao

continente – proporcionou um grau considerável de endemismo de vertebrados e plantas terrestres, principalmente em Fernando de Noronha, levando em consideração que a porção emersa das ilhas é restrita (Tab. 3). Já no Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo, a pequena dimensão das ilhas e recursos disponíveis, limitam muito o estabelecimento de fauna e flora terrestre. A fauna de invertebrados, principalmente de insetos, é ainda pouco conhecida, mas cada vez mais se revela bastante diversa, com várias espécies endêmicas (Freitas, 1956; Alvarenga, 1962; Gomes *et al.*, 2006; Ruiz, *et al.*, 2007; IBAMA, s/d).

Arquipélago Fernando de Noronha

A flora terrestre apresenta um significativo número de espécies, sendo atualmente conhecidas 331 espécies de plantas vasculares, das quais 14 são endêmicas do arquipélago (Alves, 2006). Muitas espécies foram introduzidas, sendo 11 espécies dominantes e quatro cultivadas pelo homem (IBAMA, s/d). Isso faz com que a cobertura vegetal da ilha esteja hoje bastante descaracterizada em relação àquela encontrada quando do seu descobrimento. É importante destacar a presença de um manguezal na ilha principal, de pequeno porte, porém o único manguezal em ilha oceânica do Atlântico Sul.

A atual fauna de vertebrados terrestres é composta na maior parte por espécies introduzidas pelo homem (Tab. 4). A fauna nativa, não-introduzida, é composta principalmente por as aves terrestres, a saber, a garça-vaqueira (*Bubulcus ibis*), o anu-preto (*Crotophaga ani*) e as endêmicas, cocoruta (*Elaenia ridleyana*), juruviara-de-noronha (*Vireo gracilirostris*) e ribaçã (*Zenaida*

Tabela 3. Número de espécies endêmicas das ilhas oceânicas para alguns grupos taxonômicos terrestres.

Table 3. Number of endemic species of the oceanic islands for some terrestrial taxonomic groups.

| Grupo taxonômico | Fernando de Noronha | Trindade / Martin Vaz | Atol das Rocas | São Pedro e São Paulo |
|------------------|---------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Plantas | 14 | 11 | - | - |
| Répteis | 2 | - | - | - |
| Aves | 3 | - | - | - |
| Mamíferos | 1* | - | - | - |

* O rato-gigante de Américo Vespúcio, *Noronhomys vespucii* (Carleton & Olson, 1999), extinto alguns séculos após o descobrimento do arquipélago.

auriculata noronha), além das 11 espécies marinhas residentes, os rabos-de-palha (*Phaeton spp.*), os atobás (*Sula spp.*), o tesourão (*Fregata sp.*) e os trinta-réis (*Sterna sp.*, *Anous spp.* e *Gygis sp.*) (Schulz-Neto, 2004; Sazima & Haemig, 2006; IBAMA, s/d).

Os únicos répteis nativos endêmicos de Fernando de Noronha são os lagartos *Trachylepis atlantica*⁵ e *Amphisbaena ridley*. Não são encontrados anfíbios nativos, apenas introduzidos (Tab. 4).

Em relação aos mamíferos, há apenas os introduzidos (Tab. 4), além de um já extinto, provavelmente nativo (*Noronhomys vespucii*) (Sazima & Haemig, 2006). Trata-se de um “rato-gigante”, conforme relatado por Américo Vespúcio em sua visita ao arquipélago em 1503, e descrito por Carleton & Olson (1999). Os autores estudaram fósseis deste mamífero encontrados no arquipélago, os quais se assemelham com ratos-do-brejo semi-aquáticos do continente sul-americano, sugerindo a origem do rato nativo de Fernando de Noronha a partir de parentais que colonizaram o arquipélago a partir do continente.

A fauna dos invertebrados terrestres ainda é pouco conhecida e não existem inventários representativos, mas os estudos existentes indicam uma rica biodiversidade, com várias espécies endêmicas, além de outras encontradas no continente africano e em Fernando de Noronha (Alvarenga, 1962; Ruiz *et al.*, 2007; IBAMA, s/d). Gomes *et al.* (2006) destacam a

presença de três espécies de gastrópodes terrestres, endêmicos do arquipélago (*Rydleya quinquelirata*, *Hyperaulax ramagei* e *H. ridley*), mas também existem espécies introduzidas, como as abelhas (*Melipona spp.* e *Apis sp.*) (Kerr & Cabeda, 1985; Malagodi *et al.*, 1986).

A espécie que recebe maior destaque e preocupação quanto a sua conservação, é o caranguejo terrestre (*Gecarcinus lagostoma*), considerado endêmico das ilhas oceânicas brasileiras (Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Trindade). Segundo Rangel *et al.* (1988), a população desta espécie está bastante reduzida devido à caça ilegal. Hoje sua distribuição se restringe somente a uma pequena parte da ilha principal e à Ilha Rata.

Assim, em relação ao ambiente terrestre, podemos constatar uma profunda modificação da estrutura das comunidades desde seu descobrimento até os dias de hoje. Para isto basta destacar o relato feito por Américo Vespúcio, em 1503, quando do descobrimento das ilhas. O explorador não encontrou humanos vivendo na ilha e destacou a grande quantidade de árvores, pássaros terrestres e aves marinhas, lagartos, cobras e ratos muito grandes (Sazima & Haemig, 2006). Atualmente, as árvores foram dizimadas em sua maior parte, principalmente a partir do início da ocupação portuguesa no século XVIII, quando a ilha foi transformada em presídio (Teixeira *et al.*, 2003). Os ratos grandes descritos por

Tabela 4. Número de espécies por grupo taxonômico de vertebrados terrestres introduzidos no Arquipélago Fernando de Noronha.

Table 4. Number of invasive species by taxonomic group introduced on the Archipelago Fernando de Noronha.

| Grupo taxonômico | Nº de espécies | Espécies |
|------------------|----------------|---|
| Mamíferos | 9 | rato (<i>Rattus rattus</i>); ratazana (<i>Rattus norvegicus</i>); camundongo (<i>Mus musculus</i>); mocó (<i>Kerodon rupestris</i>); gato doméstico (<i>Felis catus</i>); cachorro doméstico (<i>Canis lupus familiaris</i>); cavalo (<i>Equus caballus</i>); vaca/boi (<i>Bos taurus</i>); e cabra (<i>Capra hircus</i>) |
| Aves | 7 | galo-da-campina (<i>Paroaria dominicana</i>); chorão (<i>Sporophila leucoptera</i>); canário-da-terra (<i>Sicalis flaveola</i>); jandaia (<i>Aratinga solstitialis jandaya</i>); pardal (<i>Passer domesticus</i>); pomba (<i>Columba livia</i>); e periquito-australiano (<i>Melopsittacus undulatus</i>) |
| Répteis | 2 | lagartixa (<i>Hemidactylus mabouia</i>); e teiú (<i>Tupinambis merianae</i>) |
| Anfíbios | 3 | pererecas (<i>Scinax fuscovarius</i> ; <i>S. pachybrus</i>); e sapo (<i>Bufo jimi</i>) |

Fonte: IBAMA (s/d).

5 - Anteriormente classificado como *Mabuya maculata* e *Euprepis atlanticus*.

Américo Vespúcio (*Noronhomys vespucii*) foram também observados por Amaral (1604 *apud* Soto, 2009), o qual descreveu “ratos de pés curtos, saltando como pulgas” e por Ekeberg (1761 *apud* Soto, 2009), que observou em 1760 que os mesmos estavam sendo extintos pelos gatos que haviam sido introduzidos. Assim, é razoável pensar que este único mamífero conhecido da ilha, endêmico de Fernando de Noronha, tenha sido extinto por ações antrópicas, diretas ou indiretas (Soto, 2009).

A atual riqueza de espécies terrestres do arquipélago é resultado de uma profunda modificação influenciada pelo uso e ocupação das ilhas, principalmente através da introdução de espécies, proposital ou acidentalmente. Dentre os mamíferos, répteis e anfíbios, 100%, 50% e 100% das espécies, respectivamente, são exóticas, sendo uma situação similar à de outras ilhas oceânicas. Por exemplo, no Arquipélago da Madeira também no Atlântico, 21% das atuais espécies de vertebrados terrestres foram introduzidas (Faria *et al.*, 2008). É reconhecido que, atualmente, as espécies exóticas são a segunda principal causa de extinções de espécies e homogeneização da biodiversidade mundial (CDB, 2001; MEA, 2005).

Dentre as atuais espécies exóticas, podemos destacar o lagarto teiú (*Tupinambis merianae*), de ampla distribuição na América do Sul, introduzido por militares propositalmente em 1960, a partir de um casal, com o objetivo de controlar a população de camundongos (Péres Jr, 2003). Porém, o teiú apresenta hábito diurno enquanto o camundongo é noturno, o que inviabilizou a predação do lagarto sobre o camundongo. Segundo Péres Jr (2003), o teiú em Fernando de Noronha apresenta uma dieta onívora e oportunista, mas se alimenta primariamente de matéria orgânica vegetal. Atualmente a população foi estimada em 2.607 indivíduos (153 indivíduos/km²) e considerada em sobrepopulação (Péres Jr, 2003). Ainda, Ramalho *et al.* (2009) constataram infestações de endoparasitas no teiú e nas duas espécies de lagartos endêmicos (*Trachylepis atlantica* e *Amphisbaena ridleyi*), ressaltando que parasitas podem ser carregados às ilhas junto com os hospedeiros quando colonizam

novas áreas geográficas e estes parasitas introduzidos podem, por sua vez, colonizar hospedeiros nativos ou endêmicos.

De acordo com o autor, os principais impactos do lagarto sobre a estrutura ecológica do arquipélago foram: a modificação da comunidade de plantas, pois o mesmo pode ter papel significativo na dispersão de sementes, e se alimenta não somente de espécies de plantas nativas, mas também de introduzidas; impactos sobre a composição da comunidade de invertebrados, principalmente de insetos, aranhas e gastrópodes terrestres⁶, os quais foram identificados como algumas de suas presas; impacto sobre a população do lagarto endêmico *Trachylepis atlantica*, embora o autor ressalve a extrema abundância deste lagarto no arquipélago; impacto sobre as populações de aves terrestres (sendo três endêmicas) e marinhas que nidificam nas ilhas; sobre ovos e filhotes da tartaruga-verde (*C. mydas*), como já observado por Bellini & Sales (1992); e sobre a população do caranguejo terrestre, *Georvacinus lagostoma*, hoje restrito a apenas alguns locais do arquipélago.

O pardal (*Passer domesticus*), introduzido de forma ainda desconhecida, também pode representar uma séria ameaça. As primeiras avistagens foram feitas na década de 1980, sendo que em 2000 a população foi estimada em cerca de 1.200 indivíduos, quando do mesmo censo o número de indivíduos das aves terrestres endêmicas avistadas foram muito inferiores aos pardais (Nascimento, 2000). Ainda não se sabe ao certo os impactos do pardal sobre as aves terrestres nativas e ao ecossistema, mas o mesmo é territorialista e onívoro, alimentando-se principalmente de insetos, o que pode representar uma ameaça às populações deste grupo no arquipélago, o qual é ainda pouco conhecido (Nascimento, 2000). Também, é um dos poucos passeriformes confirmada a presença da bactéria causadora da toxoplasmose e seus ninhos podem abrigar o barbeiro, transmissor da doença de chagas (Sick, 1985).

Com relação às aves marinhas que nidificam em Fernando de Noronha, o arquipélago abriga a maior diversidade de aves marinhas do país, onde 11 espécies nidificam nas ilhas do arquipélago. Destacam-se as

6 - Péres Jr (2003) não fez a identificação das espécies de gastrópodes presentes no conteúdo estomacal dos lagartos analisados.

maiores colônias reprodutivas no Brasil do rabo-de-junco-do-bico-laranja (*Phaeton lepturus*), do atobá-dopé-vermelho (*Sula sula*) da viuvinha-negra (*Anous minutus*) e da noivinha (*Gygis alba*) (Schulz-Neto, 2004), os quais podem ser ameaçados pela presença do lagarto teiú como um potencial predador de ovos e filhotes.

Há ainda o problema gerado pelas espécies domésticas introduzidas, como o cachorro, gato, boi/vaca, cabra, porco, cavalo e galinhas. Dentre os impactos gerados por estes animais estão: destruição da vegetação, provocando erosão e afetando a fauna associada ao solo, disseminação de zoonoses e predação da fauna nativa, dentre elas os ninhos da tartaruga-verde por cães (Bellini & Sales, 1992) e pisoteio dos mesmos por bois (Soto, 2009). Oren (1984) também sugere que a introdução dos ratos, gato e do teiú tenham afetado a população da ave terrestre *Zenaida auriculata noronha*, pois a mesma nidifica em locais muito acessíveis ou mesmo no chão.

Atol das Rocas

A vegetação do Atol das Rocas é herbácea, dominada por *Cyperus ligularis* (Alves, 2006), tipicamente resistente a salinidade, excessiva luminosidade e a constante ação das marés (Silva *et al.*, 2002), com poucos exemplares de grande porte, dentre os quais alguns coqueiros (*Cocos nucifera*) introduzidos antes da criação da reserva biológica (IBAMA, s/d).

Neste atol, que possui a maior colônia (em número de indivíduos) de aves marinhas do Brasil, já foram catalogadas mais de 143 mil aves de cinco espécies mais abundantes e que nidificam no atol: o atobá-mascarado (*Sula dactylatra*), o atobá-marrom (*Sula leucogaster*), viuvinha marrom (*Anous stolidus*), viuvinha negra (*Anous minuta*) e trinta-réis do manto negro (*Sterna fuscata*) (Silva *et al.*, 2002). Assim como em Fernando de Noronha, o local é utilizado para a desova da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e para alimentação da tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) e verde (Grossman *et al.*, 2009).

Os invertebrados são pouco conhecidos. Com relação aos crustáceos e poliquetas foram registrados até então 34 e 17 espécies, respectivamente (Paiva *et al.*, 2007).

As espécies exóticas, o camundongo (*Mus musculus*), a barata (*Periplaneta americana*) e o escorpião (*Isometrus maculatus*), chegaram ao local através dos inúmeros naufrágios que aconteceram na área (Silva *et al.*, 2002). Entretanto, faltam informações quanto ao seu estado atual no local e quantidade de exemplares encontrados ou estimados.

Ilha da Trindade / Martin Vaz

Alves (2006) listou 124 espécies de plantas vasculares em Trindade e 9 em Martin Vaz, totalizando 133 espécies, inclusive aquelas trazidas pelo homem e até mesmo as cultivadas. Poderíamos considerar uma baixa riqueza de espécies se comparada, por exemplo, com um pequeno trecho de Mata Atlântica do continente no estado do Espírito Santo, onde somente em um hectare foram catalogadas 443 espécies arbóreas (Gasparini, 2004). Porém, 11 são endêmicas da Ilha da Trindade / Martin Vaz, o que representa quase 10% das espécies, percentual superior a Fernando de Noronha (quase 5%) (Alves, 2006). A espécie nativa de porte arbóreo dominante na ilha é a *Cyathea copelandi*, que forma a Floresta Nebular de Samambaias Gigantes, responsável por 90% do extrato arbóreo remanescente (Gasparini, 2004). Entretanto, atualmente a vegetação da ilha é fundamentalmente herbácea e há relatos de que em 1700 as árvores da espécie *Colubrina glandulosa* cobriam 85% da área, presença evidenciada por troncos testemunhos encontrados na atualidade (Alves, 2006).

A riqueza da fauna terrestre nativa é bastante baixa, destacando-se as aves marinhas residentes, num total de oito espécies, além de aves marinhas visitantes (Fonseca-Neto, 2004). Não existem na ilha anfíbios, répteis⁷ e mamíferos nativos. É citada a presença de insetos na ilha, porém sem ainda uma identificação taxonômica (Soto, 2009).

Alguns autores como Alves (1998) e Gasparini (2004), citam o caranguejo-amarelo ou carango

7 - Apenas desovas da tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) entre os meses de novembro e junho (Grossman *et al.*, 2009).

(*Gecarcinus lagostoma*) como uma espécie endêmica terrestre e abundante na Ilha da Trindade, além de outras, como Martin Vaz, Atol das Rocas e Fernando de Noronha. Salientam a necessidade de conservação da espécie, evitando a o consumo humano intenso como ocorreu em Fernando de Noronha. Entretanto, Soto (2009) sugere que o *G. lagostoma* não seja nativo de Trindade, mas sim introduzido por volta do século XIX, visto que o autor não encontrou em nenhum relato de visitantes à ilha, alguma menção ao caranguejo até este período, dentre outros fatores que corroborariam sua hipótese.

Quanto às espécies exóticas, várias foram introduzidas, em sua maioria animais domésticos, principalmente as cabras (*Capra hircus*) (Tab. 5). Em 1950, registrou-se a ocorrência de 200 a 300 ovelhas (*Ovis aries*), 200 porcos semi-selvagens (*Sus scrofa domestica*), camundongos (*Mus musculus*) e inúmeros gatos domésticos (*Felis domestica*). Atualmente, os porcos já foram erradicados, mas os camundongos – predadores de sementes e plântulas – continuam a existir (Alves, 1998). Os dados da Tabela 5 correspondem a levantamentos de Alves (1998; 2006) a partir de observações em campo e relatos encontrados no livro de visitantes do POIT, além de informações de Soto (2009).

Arquipélago São Pedro e São Paulo

Devido a pequena dimensão do arquipélago, sua biodiversidade terrestre é extremamente pobre. A

vegetação é composta apenas por algas (*Lyngbya sp.* e uma espécie de clorofícea não-identificada), encontradas no solo ou associadas aos depósitos de guano das aves (IBAMA, s/d). Alves (2006) destaca que, a partir de observações de fotos aéreas, foi possível identificar plantas vasculares, provavelmente *Cannavalia obtusifolia*, no topo do Farol localizado na ilha principal.

Com exceção das aves marinhas, a fauna do arquipélago é composta apenas por invertebrados, em sua maioria associados às aves e seus ninhos; já se conhece uma espécie de pseudoescorpião endêmico (*Diplotemnus insularis*), associado aos ninhos de viuvinha-negra (*Anous minutus*). Também são encontrados nos estratos mais inferiores das ilhas (<4 m) o caranguejo *Grapsus grapsus*. Both & Freitas (2004) destacam que o arquipélago tem uma importância como área de nidificação de aves marinhas, pois em suas pequenas ilhas são encontradas três espécies, o atobá-marrom (*Sula leucogaster*), a viuvinha-negra (*Anous minutus*) e a viuvinha-marrom (*A. stolidus*).

4. O USO E OCUPAÇÃO DAS ILHAS OCEÂNICAS E SUA RELAÇÃO COM A BIODIVERSIDADE

Dentre as ilhas oceânicas brasileiras, podemos destacar Fernando de Noronha e Trindade como as ilhas que mais sofreram alterações de sua biodiversidade, pelo menos evidentemente de sua biota terrestre. Isto se deve ao fato das mesmas

Tabela. 5. Espécies introduzidas na Ilha da Trindade.

Table 5. Invasive species introduced on the Trindade Island.

| Nome popular | Nome científico | Estado | Fonte |
|------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|
| Cabra | <i>Capra hircus</i> | População exterminada | Alves (2006) |
| Carneiro | <i>Ovis aries</i> | População exterminada em 1965 | Alves (1998) |
| Porco | <i>Sus scrofa</i> | População 'selvagem' exterminada em 1965 e de criação em 1996 | Alves (1998) |
| Jerico | <i>Equus (Asinus) africanus</i> | População exterminada | Alves (1998) |
| Gato doméstico | <i>Felis catus</i> | Ocorrência de relatos (1995) | Alves (1998) |
| Camundongo | <i>Mus musculus</i> | População grande e dispersa | Alves (1998) |
| Rato | <i>Rattus sp.</i> | Ocorrência de relatos, mas não foram visualizados no terreno. | Alves (1998); Soto (2009) |
| Pato doméstico | <i>Cairina moschata</i> | Criação em cativeiro | Alves (1998) |
| Galinha | <i>Gallus gallus</i> | Criação em cativeiro | Alves (1998) |
| Galinha d'Angola | <i>Numida meleagris f. domestica</i> | Criação em regime semi-aberto | Alves (1998) |

apresentarem condições ambientais que proporcionaram o estabelecimento do homem nas ilhas e também uma dimensão considerável que permitiu a colonização e desenvolvimento de uma biota terrestre, a qual foi então impactada pelas ações antrópicas.

Ambas as ilhas registram seu descobrimento logo no início do século XVI. Fernando de Noronha foi definitivamente ocupado a partir de 1737, porém anteriormente o arquipélago teve ocupações temporárias e visitas esporádicas. Já a ocupação definitiva de Trindade ocorreu em 1957, com a implantação do Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT) e, desde então, ininterruptamente guarnecida pela Marinha do Brasil, mesmo já tendo sido ocupada temporariamente em outros momentos e recebido visitas esporádicas.

Em Fernando de Noronha, uma série de eventos provocados pelo homem ao longo de sua história na ilha, repercutiu significativamente na biota terrestre. Já em 1737, com a ocupação da ilha por Portugal, foram construídas fortificações e a Vila dos Remédios. O arquipélago foi então transformado em um presídio (colônia correccional), que teve a duração de 201 anos. Ressalta-se que neste período os presos construíram grande parte das edificações, devastando a vegetação nativa. Também foram introduzidas plantas e animais para servirem como alimento. Era comum a derrubada das árvores para evitar a construção de embarcações pelos presos para fuga ou construção de esconderijos, o que resultou numa alteração profunda da paisagem original do arquipélago (Teixeira *et al.*, 2003), o que terá afetado a fauna terrestre nativa.

Muitas pessoas deixadas à própria sorte no arquipélago também podem ter impactado severamente a fauna local. Em busca de alimentos, utilizar-se-iam dos recursos existentes, o que leva a suspeita de uma conseqüente redução drástica na população de tartaruga-verde que desova na ilha, visto o número significativamente maior de fêmeas desovando em outras ilhas oceânicas do atlântico (Ilha

de Ascensão, Trindade e Atol das Rocas) (Gorssman *et al.*, 2009).

Já a partir de 1942, na 2ª Guerra Mundial, o arquipélago foi ocupado pelos militares, com a instalação de bases militares em parceria com os norte-americanos. Foram construídas diversas edificações para abrigar os militares e sua população cresceu significativamente (cerca de 3 mil pracinhas e mais 300 militares americanos desembarcaram na ilha neste período). Para evitar a disseminação de doenças transmitidas por mosquitos, grande parte do arquipélago foi dedetizada por diversas vezes com DDT, possivelmente comprometendo severamente a fauna terrestre, principalmente os insetos e aracnídeos, muitos dos quais podem ter sido extintos sem ao menos terem sido conhecidos, já que ainda hoje estudos revelam espécies endêmicas (Ruiz *et al.*, 2007).

Na década de 1960 foi implantada em Fernando de Noronha uma quarentena do Ministério da Agricultura, o qual recebeu animais de diversos países (Teixeira *et al.*, 2003). Soto (2006) destaca a introdução, neste período, de camundongos (*Mus musculus*) e ratazanas (*Rattus norvegicus*), inclusive variedades brancas de laboratório, sendo que o autor relata que ainda em 2000 foi coletado por ele um espécime desta variedade de laboratório.

Um período de grande introdução de espécies pelo homem no arquipélago, porém sem o estabelecimento de todas, foi na década de 1970, quando funcionários da Superintendência Estadual de Pernambuco do IBDF⁸, soltaram em Fernando de Noronha diversos animais apreendidos em feiras livres e mercados públicos de Recife, capital do estado de Pernambuco (Nascimento, 2000; Soto, 2009). Dentre as espécies que conseguiram se estabelecer estão as aves, canário-da-terra (*Sicalis flaveola*), cardeal (*Paroaria dominicana*) e o chorão (*Sporophila leucoptera*) (Nascimento, 2000).

A partir da década de 1980 se intensifica o turismo no arquipélago e a população residente aumenta consideravelmente, alcançando 2.801 em 2007 (IBGE, 2007) e o fluxo de turistas passou de 4.435 em 1991

8 - O antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) foi extinto em 1989, passando suas atribuições ao então criado Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, o qual em 2007 foi fragmentado em duas instituições, o IBAMA e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, sendo este último é responsável pelas Unidades de Conservação e Centros de Pesquisa.

para 62.551 pessoas em 2002 (IBAMA, s/d). Com isto surgem diversos problemas comuns das cidades continentais, os quais podem ser agravados devido à condição insular, como a destinação de resíduos e o abastecimento de água. Para atender a demanda local por água-doce foi implementado um açude na ilha principal. Levando em consideração que a limitação de água no arquipélago, com períodos de seca característicos, o qual poderia limitar o estabelecimento de eventuais espécies introduzidas e que não suportariam a escassez de água, a presença do açude então pode favorecer o estabelecimento e conseqüente competição de espécies exóticas com as nativas.

Hoje o arquipélago é um Parque Nacional Marinho e uma Área de Proteção Ambiental, tendo sua ocupação e o turismo regulado pelo plano de manejo, incluindo o Zoneamento Econômico-Ecológico. Espera-se desta forma, amenizar os efeitos da ocupação e do turismo sobre os ecossistemas marinhos e terrestres. Porém, em relação aos ecossistemas terrestres, grande parte das alterações e impactos ocorridos foram anteriores a criação das Unidades de Conservação.

Sobre os impactos à fauna marinha em Fernando de Noronha decorrentes do histórico de ocupação, Soto (2009) destaca a construção recente do molhe na Baía de Santo Antônio no final da década de 1980, que gerou uma explosão populacional do ouriço-branco (*Tripneustes ventricosus*). Segundo o autor, a espécie era até então de visualização esporádica, sendo que a construção dos molhes disponibilizou rochas nuas e rasas que foram rapidamente colonizadas por algas verdes, as quais são presas do ouriço, servindo o local de concentração e dispersão do ouriço-branco, que hoje é frequentemente avistado em mergulhos em todo o arquipélago.

A atividade pesqueira em torno das ilhas oceânicas, oriunda de embarcações de várias regiões e de diversas modalidades, contribuiu para a redução de algumas populações, como, por exemplo, dos elasmobrânquios, peixes pelágicos e recifais (Soto, 1997; Sampaio *et al.* 2006; IBAMA, s/d). No caso de Trindade / Martin Vaz, estas pescarias envolvem tanto a pesca comercial quanto a recreacional e incidem sobre espécies que se reproduzem na região, tais como o tubarão-azul (*Prionace glauca*), tubarões recifais

(*Carcharhinus perezii*), peixes serranídeos (*Epinephelus mystacinus*, *E. adscensionis* e *Mycteroperca venenosa*), peixes carangídeos (*Caranx lugubris*, *C. latus*, *Elagatis bipinnulata* e *Seriola spp*) e o espadarte (*Xiphias gladius*) (Mazzoleni & Schwingel, 2002; Pinheiro & Gasparini, 2009). No caso do Arquipélago São Pedro e São Paulo, conforme destacado por Sampaio *et al.* (2009), o tubarão cação-do-alto (*Carcharhinus galapagensis*), o qual no Brasil só havia sido registrado nesta região (Lubbock & Edwards, 1981), foi intensamente capturado acidentalmente por pescarias comerciais, não sendo mais encontrado na região há 15 anos (Vaske-Jr *et al.* 2005).

A Ilha da Trindade, assim como Fernando de Noronha, também passou por profundas modificações de suas características naturais da biota terrestre. A vegetação hoje é fundamentalmente herbácea, mas existem relatos de que em séculos anteriores as árvores da espécie *Colubrina glandulosa* cobriam 85% da área. Já em 1965 a cobertura florestal era de 20% e, no início dos anos 2000, estava restrita a apenas 10% da ilha. Este decréscimo acentuado se deveu a dois elementos principais: pela ação de uma espécie exótica, a cabra (*Capra hircus*), e pela degradação realizada pelo homem no passado (Alves, 1998).

Segundo Alves (1998), ainda no início do século XVIII um casal de cabras foi introduzido na ilha, juntamente com alguns porcos, por integrantes da embarcação inglesa Paramore a fim de que estas pudessem servir como alimento para possíveis naufragos e também para dar início a uma eventual posterior ocupação britânica deste espaço. Logo, em poucos anos, as cabras se reproduziram de forma rápida através do consumo intenso de vegetação nativa e causaram uma efetiva degradação da vegetação e do solo. A espécie *Colubrina glandulosa*, atualmente em processo de reflorestamento (Alves, 2006), foi fortemente impactada pela ação das cabras, as quais roíam a casca das árvores, além de eliminarem a vegetação que fixava o solo (Alves, 1998).

Não obstante, soma-se a isto a ação extrativista realizada pelo homem nas tentativas de colonização empreendidas pela Coroa Portuguesa em séculos anteriores. Os troncos desta espécie, além de serem de fácil e rápida combustão, eram também utilizados para a construção de moradias. Estas ações no

ambiente duraram mais de três séculos e tiveram início com as famílias açorianas instaladas na ilha ainda no século XVIII. Além disso, as tentativas frustradas de plantio de milho colaboraram para compor este cenário (Alves, 1998).

Alves (1998) destaca que, em 1960, existiam 800 cabras em estado selvagem. Na década seguinte o tamanho do rebanho havia decrescido para 400 exemplares. Já em 1998, ainda existiam 20 cabras, mesmo com as tentativas da Marinha para efetuar a sua erradicação. Em dados recentes, aponta-se que finalmente esta espécie encontra-se erradicada (Alves, 2006).

No Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo, devido à pequena dimensão dos ecossistemas terrestres e falta de recursos, os impactos foram menores sobre a biota terrestre. Atualmente o Atol das Rocas é uma Reserva Biológica, criada em 1979 e desde então, a ilha vem sendo ocupada apenas por pesquisadores, sendo que as ações predatórias, principalmente sobre os recursos marinhos, diminuíram. Anterior a criação da reserva, pesquisadores flagravam pescadores que desembarcavam na ilha para consumir ovos, fêmeas e juvenis de tartarugas-verdes que desovam e se alimentam na ilha (Grossman *et al.*, 2009).

No Arquipélago São Pedro e São Paulo, curiosamente pode-se colocar que a maior ameaça à biota terrestre e às aves marinhas que nidificam na ilha, é a atual Estação Científica, implementada pela Marinha do Brasil em 1998. A estrutura foi desenvolvida para evitar ao máximo os impactos negativos na ilha, como a utilização de energia solar, e uma série de recomendações são feitas para evitar a perturbação da biota, com treinamento específico para quem permanecerá na ilha. Como colocado por Both & Freitas (2004), em relação às aves marinhas, é recomendável cuidados com as áreas de nidificação, inclusive nos critérios utilizados nas pesquisas, pois devido à pequena dimensão do arquipélago a simples presença do homem pode ser um fator de perturbação. Soto (2009) recomenda também medidas profiláticas, como dedetização da carga enviada ao arquipélago, controle de hortifrutigranjeiros e cuidados com os calçados de quem desembarca, com o objetivo de evitar impactos na entomofauna, a qual é bastante peculiar, ainda pouco conhecida, mas com espécies endêmicas já identificadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resta ainda a necessidade da realização de mais estudos acerca da biodiversidade das ilhas oceânicas brasileiras, principalmente no que se refere a biota marinha e dos artrópodes terrestre. Em relação à fauna marinha, podemos observar que a mesma é bastante diversa e importante, pois abriga uma grande quantidade de espécies endêmicas em todas as ilhas. Já com relação aos artrópodes terrestres é possível que, principalmente em Fernando de Noronha – mesmo com os eventos anteriores discutidos do uso e ocupação da ilha, os quais possivelmente tiveram profundos impactos sobre esta fauna – sua riqueza de espécies seja bastante significativa, como ocorre em outras ilhas oceânicas do Atlântico (Martín *et al.*, 2008).

A biota terrestre – apesar de ainda abrigar algumas espécies endêmicas e outras, no caso de invertebrados, por serem ainda identificadas – foi profundamente afetada por ações antrópicas ao longo de sua história. Hoje, principalmente em Fernando de Noronha, a fauna e a flora terrestre que está sendo preservada, não refletem de modo algum a biodiversidade e a estrutura ecológica original da ilha, anterior ao seu descobrimento, como podemos concluir a partir dos relatos de navegadores que passaram pelo arquipélago, como Américo Vespúcio em 1503. Isto evidencia a fragilidade dos ecossistemas insulares, o que torna extremamente complexo o uso e ocupação destes ambientes e a implantação de medidas de gestão visando a conservação dos ecossistemas originais, garantindo a manutenção do patrimônio genético da biodiversidade.

Hoje podemos constatar que todas as ilhas apresentam políticas voltadas à preservação de sua biodiversidade, transformadas em Unidades de Conservação ou com as atividades restritas e controladas. Em Trindade, programas de erradicação já foram realizados com as cabras e porcos (Alves, 1998) e, atualmente, segundo Alves (2006) está sendo desenvolvido em Trindade um programa de reflorestamento.

No Plano de Manejo da APA Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo (IBAMA, s/d), estão descritas diretrizes relacionadas às espécies exóticas, ressaltando a necessidade do controle das potenciais fontes de introdução, o levantamento das

espécies já introduzidas, seus tamanhos populacionais e o desenvolvimento de planos de erradicação. Com relação ao lagarto teiú (*Tupinambis merianae*), o mamífero mocó (*Kerodon rupestris*) e a planta linhaça (*Leucaena leucocephala*), sugerem o desenvolvimento de programas de uso econômico sustentável (sem criação em cativeiro), visando o controle populacional destas espécies – minimizando os impactos sobre as nativas – e sua utilização econômica pela população local. Ainda, destacam programas junto aos moradores que criam espécies domésticas visando à divulgação de técnicas de manejo que minimizem os impactos decorrentes da criação, além da restauração da cobertura vegetal no entorno dos lotes e das Áreas de Proteção Permanente – APP existentes nos mesmos. No que diz respeito às espécies endêmicas, as diretrizes estão relacionadas à ampliação do conhecimento acerca da biologia, ecologia, potencial genético das espécies e ameaças, para subsidiar atividades de planejamento e gestão.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de programas de gestão em ambientes insulares que visem à conservação da biodiversidade local, bastante vulnerável com relação à continental, no que diz respeito ao uso e ocupação destes ambientes. O conhecimento da fauna e flora local e as principais ameaças são o primeiro passo para o desenvolvimento de estratégias de gestão, a exemplo de ações realizadas em ilhas oceânicas do Atlântico, como na região biogeográfica europeia da Macronésia (Martín *et al.*, 2008).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Jules Marcelo Rosa Soto, coordenador do Museu Oceanográfico – MOVI da Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, pela indicação e disponibilização de bibliografia a respeito das ilhas oceânicas brasileiras, localizadas no acervo da biblioteca da instituição

BIBLIOGRAFIA

Almeida, C. E. de, Marchon-Silva, V., Ribeiro, R., Serpa-Filho, A., Almeida, J. R. de & Costa, J. (2000) -Entomological fauna from Reserva Biológica do Atol das Rocas, RN, Brazil: I. Morphospecies composition. *Revista Brasileira de Biologia*, 60(2): 291-298. Disponível em <http://www.scielo.br/>

- [sciELO.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71082000000200013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71082000000200013&lng=pt&nrm=iso)
- Alvarenga, M. (1962) – A entomofauna do Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, LII: 21-26, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Alves, R. J. V. (1998) – *Ilha da Trindade & Arquipélago Martin Vaz: Um Ensaio Geobotânico*. Serviço de Documentação da Marinha, DHN, 144 p., Niterói, RJ, Brasil.
- Alves, R. J. V. (2006) – Terrestrial vascular floras of Brazil's oceanic archipelagos. In: Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*, p. 83-104, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.) (2006) – *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 298 p., Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- Amaral, F. D., Hudson, M. M., Silveira, F. L., Migotto, A. E., Pinto, S. M. & Longo, L. (2000) – Cnidarians of Saint Peter and St. Paul Archipelago, Northeast Brazil. *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium*, Vol. 1, p. 567-571, Bali, Indonesia.
- Bellini, C. & Sales G. (1992) – Registro de predação de ovos e neonatos de tartaruga marinha aruanã, *Chelonia mydas* em ilhas oceânicas brasileiras. *Resumos do XIV Congresso Brasileiro de Zoologia*, p.132, Belém, PA, Brasil.
- Both, R. & Freitas, T. O. R. de. (2004) – Aves marinhas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: Branco, J. O. (org.). *Aves marinhas insulares brasileiras – bioecologia e conservação*, p. 193-212, Editora UNIVALI, Itajaí, SC, Brasil. Disponível em <http://www.avesmarinhas.com.br/Capítulo9.pdf>
- Carleton, M. D. & Olson, S. L. (1999) – Amerigo Vespucci and the rat of Fernando de Noronha – a new genus and species of Rodentia (Muridae: Sigmodontinae) from a volcanic island off Brazil's continental shelf. *American Museum Novitates*, 3253: 1-59.
- Castro, J. W. A. & Antonello, L. L. (2006) – Geologia das ilhas oceânicas brasileiras. In: Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. p. 27-57, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 298 p., Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- CDB - Convention on Biological Diversity (2001) – *Status, impacts and trends of alien species that threaten*

- ecosystems, habitats and species. Invasive Alien Species. CBD Technical Series No. 1. 135 p., Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Québec, Canada. ISBN: 92-807-2007. Disponível em <http://69.90.183.227/doc/publications/cbd-ts-01.pdf>*
- Cowie, R. H. & Holland, B. S. (2006) – Dispersal is fundamental to biogeography and the evolution of biodiversity on oceanic islands. *Journal of Biogeography*, 33(2):193-198. (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01383.x>).
- Edwards, A. & Lubbock, R. (1983) - Marine zoogeography of St Paul's Rocks. *Journal of Biogeography*, 10: 65-72.
- Faria, B. F., Abreu, C., Franquinho-Aguiar, A., Augusto, J., Lobo, C., Jardim, R., Oliveira, P. & Teixeira, D. (2008) – A perspectiva arquipelágica: Madeira. In: Martín, J. L., Arechavaleta, M., Borges, P. A. V. & Faria, B. (eds.) *TOP 100 – As cem espécies ameaçadas prioritárias em termos de gestão na região europeia biogeográfica da Macronésia*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, p. 451-468. Disponível em http://www.azoresbioportal.angra.uac.pt/files/noticias_Top%20100%20Cap%204%20portugus.pdf
- Floeter, S. R. & Gasparini, J. L. (2000) – The southwestern Atlantic reef-fish fauna: composition and zoogeographic patterns. *Journal of Fish Biology*, 56(5): 1099-114 (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb02126.x>).
- Floeter, S. R., Guimarães, R. Z. P., Rocha, L. A., Ferreira, C. E. L., Rangel, C. A. & Gasparini, J. L. (2001) – Geographic variation in reef fish assemblages along the Brazilian coast. *Global Ecology and Biogeography*, 10(4): 423-433 (<http://dx.doi.org/10.1046/j.1466-822X.2001.00245.x>).
- Fonseca-Neto, F. P. da. (2004) – Aves marinhas da Ilha Trindade. In: Branco, J. O. (org.). *Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação*, p. 119-146, Editora UNIVALI, Itajaí, SC, Brasil. UNIVALI Ed., Itajaí-SC, Disponível em <http://www.avesmarinhas.com.br/Capítulo6.pdf>
- Fonseca, G. A. B. da, Mittermeier, R. A. & Mittermeier, C. G. (2006) – *Conservation of island biodiversity – importance, challenges and opportunities*. Center for Applied Biodiversity Sciences, Conservation International, 16 p., Washington, DC, USA.
- Frankham, R. (1997) – Do island populations have less genetic variation than mainland populations? *Heredity*, 78:311-327. doi:10.1038/hdy.1997.46
- Freitas, J. F. T. de. (1956) – Novo parasita de réptil da Ilha Fernando de Noronha – “*Moaciria alvarengai*” G. N., Sp. N. (Nematoda, Subuluroidea). *Revista Brasileira de Biologia*, 16(3): 335-339.
- Gasparini, J. L. (2004) – *Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz – pedaços de Vitória no azul Atlântico*. GSA, 100 p., Vitória, ES, Brasil.
- Gasparini, J. L. & Floeter, S. R. (2001) – The shore fishes of Trindade Island. *Journal of Natural History*, 35(11): 1639-1656. (<http://dx.doi.org/10.1080/002229301317092379>)
- Gomes, R. dos S., Costa, P. M. S., Monteiro, J. C., Coelho, A. C. dos S. & Salgado, N. C. (2006) – Moluscos das ilhas oceânicas brasileiras. In: Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*, p. 179-198, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- Grossman, A., Moreira, L. M. de P., Bellini, C. & Almeida, A. de P. (2009) – Conservação e pesquisa das tartarugas marinhas nas ilhas oceânicas de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e Trindade, Brasil. In: Mohr, L. V., Castro, J. W. A., Costa, P. M. S. & Alves, R. J. V. (orgs.), *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. Vol. II, p. 191-214, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763
- IBAMA (s/d) – *Plano de Manejo – APA Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo*. Versão Final. (disponível em: http://www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/apa/planos_de_manejo/84/index.htm). (Acessado em: julho de 2008).
- IBAMA (2008) - Reserva Biológica do Atol das Rocas: <http://www.ibama.gov.br/siucweb/mostraUc.php?seqUc=833>. (Acessado em julho de 2008).
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (2007) – *Contagem da População, 2007; Fernando de Noronha (PE)*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/defaulttab.shtm>. Acesso em julho de 2008.

- IUCN (2006) – *Red List of Threatened Species*. (disponível em: <http://www.iucnredlist.org>). Acessado em: set. 2006.
- Jackson, S. T. & Sax, D. F. (2009) – Balancing biodiversity in a changing environment: extinction debt, immigration credit and species turnover. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(3): 153-160. (doi: 10.1016/j.tree.2009.10.001).
- Kerr, W. E. & Cabeda, M. (1985) – Introdução de abelhas no território federal de Fernando de Noronha. *Ciência e Cultura*, 37(3): 467-471.
- Kikuchi, R. K. P. (2002) – Atol das Rocas, Litoral do Nordeste do Brasil - Único atol do Atlântico Sul Equatorial Ocidental. In: Schobbenhaus, C., Campos, D. A., Queiroz, E. T., Winge, M. & Berbert-Born, M. L. C. (eds.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. ISBN: 8585258039. Brasília: DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral / CPRM - Serviço Geológico do Brasil / SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, v.01: 379-390, Brasília, DF, Brasil.
- Lubbock, R. & Edwards, A. J. (1981) – The fishes of Saint Paul's Rocks. *Journal of Fish Biology*, 18(2): 135-157. (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1981.tb02810.x>).
- Malagodi, M., Kerr, W. E. & Soares, A. E. E. (1986) – Introdução de abelhas na Ilha de Fernando de Noronha. 2. População de *Apis mellifera ligustica*. *Ciência e Cultura*, 38(10): 1700-1704.
- Martín, J. L., Arechavaleta, M., Borges, P. A. V. & Faria, B. (2008) – *TOP 100 – As cem espécies ameaçadas prioritárias em termos de gestão na região europeia biogeográfica da Macronésia*. 500 p., Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, Espanha.
- Mazzoleni, R. C. & Schwingel, P. R. (2002) – Aspectos da biologia das espécies capturadas por espinhel pelágico na região sul das ilhas de Trindade e Martin Vaz no verão de 2001. *Notas Técnicas da FACIMAR*, 6: 51-57.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005) – *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, 137p., Washington, DC, USA. ISBN: 1597260401. Disponível em <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Migotto, A. E., Marques, A. C., Morandini, A. C. & Silveira, F. L. da (2002) – Checklist of the Cnidaria Medusozoa of Brazil. *Biota Neotropica*, 2(1): 1-31. (<http://www.biotaneotropica.org.br/v2n1/pt/fullpaper?bn01102012002+en>).
- MMA (2003) – *Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. (disponível em: <http://www.meioambiente.es.gov.br/download/NovaListaFaunaAmeacaMMA2003.pdf>). Acessado em: nov. 2007.
- MMA/SBF (2002) – *Sumário Executivo: Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha*. 72 p., MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788587166371
- Mohr, L. V., Castro, J. W. A., Costa, P. M. S. & Alves, R. J. V. (orgs.) (2009) – *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. Vol. II., 496 p., MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763
- Montenegro, A. A. A., França, M. V. de, Silva, E. F. de F., Montenegro, S. M. G. L. & Ponciano, I. de M. (2007) – Disponibilidade de recursos hídricos superficiais de Fernando de Noronha-PE e alternativas de incremento da oferta. In: *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis, SC, Brasil.
- Mooney, H. A. & Cleland, E. E. (2001) – The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(10): 5446-5451. (<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.091093398>).
- Moraes, F., Ventura, M., Klautau, M., Hajdu, E. & Muricy, G. (2006) – Biodiversidade de esponjas das ilhas oceânicas brasileiras. In: Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, p. 147-177, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- Motoki, A., Sichel, S. E., Campos, T. F. da C., Srivastava, N. K. & Soares, R. (2009) – Taxa de soerguimento atual do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Oceano Atlântico Equatorial. *REM – Revista Escola de Minas*, 62(3): 331-342. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672009000300011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt

- Nascimento, I. de L. S. do. (2000) – *Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha – interações pardais x aves terrestres*. Relatório de atividades, 15 p., CEMAVE/IBAMA, Brasil.
- Oren, D. C. (1984) – Resultados de uma nova expedição zoológica a Fernando de Noronha. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi de Zoologia*, 1: 19-44.
- Ott, P. H., Tavares, M., Moreno, I. B., Oliveira, L. R. de & Danilewicz, D. (2009) – Os cetáceos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. In: Mohr, L. V., Castro, J. W. A., Costa, P. M. S. & Alves, R. J. V. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. Vol. II., p. 275-292, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763
- Paiva, P. C., Young, P. S. & Echeverría, C. A. (2007) – The Rocas Atoll, Brazil: a preliminary survey of the crustacean and polychaete fauna. *Arquivos do Museu Nacional* 65(3): 241-250, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Péres Jr, A. K. (2003) – *Sistemática e conservação de lagartos do Gênero Tupinambis (Squamata, Teiidae)*. Tese de Doutorado, 192 p., Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. (não publicado).
- Pinheiro, H. T. & Gasparini, J. L. (2009) – Peixes recifais do complexo insular oceânico Trindade-Martin Vaz: novas ocorrências, atividades de pesca, mortalidade natural e conservação. In: Mohr, L. V., Castro, J. W. A., Costa, P. M. S. & Alves, R. J. V. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. Vol. II, p. 135-153, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763
- Ramalho, A. C. O., Silva, R. J. da, Schawrtz, H. O. & Péres Jr, A. K. (2009) – Helminths from an introduced species (*Tupinambis merianae*), and two endemic species (*Trachylepis atlantica* and *Anphisbaena ridleyi*) from Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. *Journal of Parasitology*, 95(4): 1026-1028 (<http://dx.doi.org/10.1645/GE-1689.1>).
- Rangel, D. M. F. V., Oliveira, D. B., Ramos, R. P. & Muniz, M. J. W. (1988) – *Caracterização preliminar do meio ambiente do Arquipélago de Fernando de Noronha e relatório das atividades em andamento do Departamento de Meio Ambiente e Turismo*. Departamento de Meio Ambiente e Turismo, Secretaria de Meio Ambiente, Produção e Obras, Governo do Território Federal de Fernando de Noronha, Fernando de Noronha, PE, Brasil.
- Rocha, L. A. (2003) – Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes. *Journal of Biogeography*, 30(8): 1161-1171. (<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00900.x>).
- Ruiz, G. R. S., Brecovit, A. D. & Freitas, C. C. (2007) – Spiders from Fernando de Noronha, Brazil. Part II. Proposal of a new genus and description of three new species of jumping spiders (Araneae, Salticidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(3): 771-776. (<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/zoo/article/viewFile/9483/6561>).
- Sampaio, C. L. S., Carvalho-Filho, A., Feitoza, B. M., Ferreira, C. E. L., Floeter, S. R., Gasparini, J. L., Rocha, L. A. & Sazima, I. (2006) – Peixes recifais endêmicos e ameaçados das ilhas oceânicas brasileiras e do complexo recifal dos Abrolhos. In: Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*, p. 215-234, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 298 p., Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- Sampaio, C. L. S., Carvalho-Filho, A., Ferreira, C. E. L., Feitoza, B. M., Floeter, S. R., Gasparini, J. L., Luiz-Jr, O. J. & Rocha, L. A. (2009) – Guia de identificação ilustrado das espécies de peixes endêmicas e ameaçadas das ilhas oceânicas brasileiras e do Banco dos Abrolhos. In: Mohr, L. V., Castro, J. W. A., Costa, P. M. S. & Alves, R. J. V. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*, Vol. II., p. 293-319, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763
- Sampaio, C. L. S., Nunes, J. A. C. C. & Mendes, L. F. (2004) – *Acyrtus pauciradiatus*, a new species of clingfish (Teleostei: Gobioidae) from Fernando de Noronha Archipelago, Pernambuco state, Northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 2(4): 205-208. (http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-62252004000400002).
- Sanches, T. M. & Bellini, C. (1999) – Juvenile *Eretmochelys imbricata* and *Chelonia mydas* in the Archipelago of Fernando de Noronha, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(2): 308-311.

- Sax, D. F. & Gaines, S. D. (2008) – Species invasions and extinction: the future of native biodiversity on islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, Suppl. 1: 11490-11497. (<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0802290105>). Disponível em <http://www.pnas.org/content/105/suppl.1/11490.full.pdf+html>
- Sazima, I. & Haemig, P. D. (2006) – Aves, mamíferos e répteis de Fernando de Noronha. *Ecologia-info*, 17. (<http://www.ecologia.info/fernando-de-noronha.htm>).
- Schulz-Neto, A. (2004) – Aves insulares do Arquipélago de Fernando de Noronha. In: Branco, J. O. (org.). *Aves marinhas insulares brasileiras: bioecologia e conservação*, p. 147-168, Editora UNIVALI, Itajaí, SC, Brasil.
- Sick, H. (1985) – *Ornitologia Brasileira*. 914 p., Ed. Nova Fronteira: Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN 8520908160
- Silva Jr, J. M. da (2009) – Projeto Golfinho Rotador: pesquisa e conservação do golfinho-rotador *Stenella longirostris* Gray, 1828 (Cetacea: Delphinidae) no Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. In: Mohr, L. V., Castro, J. W. A., Costa, P. M. S. & Alves, R. J. V. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*. Vol. II, p. 293-319, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763
- Silva, M. B, Campos, C. E. C. & Targino, S. G. (2002) – Atol das Rocas – primeira unidade de conservação marinha do Brasil e único atol do Atlântico sul. *Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado*, 2: 27–28.
- Soto, J. M. R. (1997) – Tubarões e raias (Chondrichthyes) encontrados no Arquipélago Fernando de Noronha durante as expedições de Arfenor I e II. *Revista Alcance*, 4: 71-80, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, Brasil.
- Soto, J. M. R. (2006) – A fauna terrestre exótica do Arquipélago Fernando de Noronha – colonização natural e intervenção antrópica. In: Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo* p. 296-298, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- Soto, J. M. R. (2009) – Ações antrópicas negativas nas ilhas oceânicas brasileiras. Capítulo 13. In: Mohr, L. V. M., Castro, J. W. A., Costa, P. M. S., Válka, R. (Org.). *Ilhas Oceânicas Brasileiras – da pesquisa ao manejo*. Volume II, p. 321-342, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577380763
- Teixeira, W., Cordani, U. G., Menor, E. de A., Teixeira, M. G. & Linsker, R. (2003) – *Arquipélago Fernando de Noronha – o paraíso do vulcão*. Ed. Terra Virgem, 168 p., São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9788585981310.
- Vaske-Jr, T., Lessa, R. P., Nobrega, M., Montealegre-Quijano, S., Marcante-Santana, F. & Bezerra, J. L. (2005) – A checklist of fishes from Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 21(1): 75-79. (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2004.00600.x>).
- Villaça, R., Pedrini, A. G., Pereira, S. M. B. & Figueiredo, M. A. de O. (2006) – Flora marinha bentônica das ilhas oceânicas brasileiras. In: Alves, R. J. V. & Castro, J. W. de A. (orgs.). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo*, p. 105-146, MMA Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 8587166913
- Walter, H. S. (2004) – The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. *Journal of Biogeography*, 31(2):177-197. (<http://dx.doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00989.x>).



Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da Geologia Ambiental *

Oceanic islands of Trindade and Fernando de Noronha, Brazil: Overview of the Environmental Geology

João Wagner Alencar Castro ¹

RESUMO

Os ambientes geológicos das ilhas oceânicas de Fernando de Noronha e da Trindade são constituídos por rochas alcalinas ultrabásicas a intermediárias e depósitos sedimentares pleistocênicos-holocênicos identificados por paleodunas (eolianitos), dunas, praias, aluviões, recifes algálicos e recifes de corais. As condições topográficas atuais, bastante diferentes dos maciços vulcânicos originais, evidenciam a presença de agentes intempéricos associados à erosão, que se acentuaram após a remoção da cobertura vegetal.

Variações no nível relativo do mar e do clima de ondas constituem outros processos geológico-oceanográficos que preocupam quanto à erosão costeira nestes ambientes insulares. Na ilha de Fernando de Noronha, registram-se problemas ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo, principalmente aqueles relacionados à implantação de obras de engenharia costeira no porto de Santo Antonio, desmatamentos e uso e ocupação do solo. Em Trindade os processos erosivos são decorrentes dos desmatamentos provocados pela introdução de rebanhos de animais domésticos pelos colonizadores açorianos ainda no século XVIII.

ABSTRACT

Brazil has five truly oceanic archipelagos, emerging from deep sea: Atol das Rocas, Fernando de Noronha, São Pedro & São Paulo and Trindade & Martin Vaz. Though emerging from the continental shelf, Abrolhos is also included in archipelagos program due to the oceanic nature of its biota.

The oceanic islands of Trindade and Fernando de Noronha are made up of subvolcanic bodies of ultrabasic to intermediate alkaline rocks and pyroclastic deposits belonging to different volcanic events. The older volcanic event produced phonolite domes and a variety of rock types,

¹ - UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente, Departamento de Geologia e Paleontologia (Museu Nacional), Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, Cep. 20940 - 040. Rio de Janeiro - Brasil. Phone: (55) 21 25626974. E-mail: castro@mn.ufrj.br

including lamprophyre dikes. The younger volcanic events (Quixaba Formation in Fernando de Noronha and Morro Vermelho, Valado and Vulcão do Paredão Formations in Trindade) are mainly comprised of melanephelinite flows and pyroclastic rocks.

The holocene sedimentary deposits represent a small parcel of the stratigraphic units in the studied islands. The aeolian (dunes) and alluvial fan deposits, algalic reefs and beaches are distinguished. Environmental degradation processes in Fernando de Noronha are related to the soil use and occupation and construction of the Santo Antonio harbor. This island does not have perennial aquifers, which is a natural limitation to the human population, including the yearly number of tourist it can accommodate. Despite this fact, Noronha has been inhabited permanently since the 16th century (four centuries more than Trindade) and receives growing numbers of tourists attracted mainly to its marine biota and geology.

In Trindade Island erosive features have been caused by deforestations and introduction of domestic animals during the portuguese colonization. Due to desolate state in which Trindade was since the early 1700s up the 1994, substantial effort has been invested into the recovery of the island since than. The reversal of drastic erosion and depletion of vegetation by feral goats was achieved in 2005, after 11 years of effort. An ongoing reforestation project that we initially elaborated is apparently being carried out by the competent authorities, Brazilian Navy, National Environmental Authority - IBAMA and National Museum - Rio de Janeiro Federal University.

1. INTRODUÇÃO

O equacionamento dos problemas ambientais começou a ser contemplado em políticas públicas de países desenvolvidos de maneira sistemática a partir do início da década de 60. Nos anos 70, países em desenvolvimento começaram também a incorporar o tema em seus programas e planos de ações. Na década de 80, o assunto adquiriu expressão mundial, passando a ser considerado instrumento de políticas públicas por meio de exigências ambientais. Constitui marco significativo no Brasil à edição, em 1981, pela primeira vez na história do País, de uma Política Nacional de Meio Ambiente, cujas diretrizes inspiraram a maior parte das regulamentações legais e normativas (Bitar & Ortega, 1998).

Das ilhas oceânicas aqui estudadas, Fernando de Noronha é um Parque Nacional Marinho protegido legalmente pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio e Trindade é uma área gerenciada pela Marinha do Brasil. Ambas foram reconhecidas em 2001 pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos - SIGEP/UNESCO - como patrimônio geológico brasileiro. A grande distância que as separam do continente não garantem, por si, o equilíbrio ambiental (**Figura 1**).

As relações entre as condições geológicas e ecológicas são vulneráveis as intervenções antrópicas (Alves, 1998). Qualquer interferência externa, por meio da ocupação urbana, introdução de animais domésticos e outras espécies exóticas, turismo, desmatamento e implantação de obras de engenharia costeira, poderá agravar ainda mais os problemas

relacionados aos processos erosivos em encostas e praias.

A estrutura geológica de origem vulcânica, marcada por formas constituídas por planaltos, vertentes, planícies costeiras e linhas de rochas de praia, abrigam ambientes sensíveis à ação do homem, tais como depósitos de encostas, aluviões, dunas móveis, praias, recifes de corais, recifes de briozoários e biomas de relevância ecológica, como a Mata Atlântica em Trindade e a Caatinga em Fernando de Noronha (Castro e Antonello, 2006). Os processos relacionados ao intemperismo, erosão, transporte e deposição de sedimentos apontam para necessidade de adoção de medidas de controle e recuperação ambiental, principalmente em encostas constituídas por voçorocas e praias em erosão em ambas as ilhas.

A sistematização das pesquisas e o mapeamento geológico-geotécnico em escala cadastral poderão servir como instrumento de manejo e gerenciamento para a implementação de políticas de preservação e conservação, de forma a evitar a degradação ambiental. Ressalta-se ainda a importância dos recursos energéticos insulares advindos do aproveitamento do regime de marés, clima de ondas, regime de ventos e gradientes térmicos, que apresentam possibilidades de aproveitamento econômico futuro.

Considerando a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de 200 milhas náuticas e a importância estratégica das ilhas aqui estudadas, o presente trabalho tem como objetivo identificar os problemas ambientais à luz do conhecimento geológico, visando a implementação de uma política de controle ambiental e recuperação de áreas degradadas.



Figura 1. Localização das ilhas de Fernando de Noronha e Trindade em relação a costa brasileira.

Figure 1. Location of the Fernando de Noronha and Trindade Islands at the Brazilian coast.

2. ILHA DA TRINDADE

2.1. Diagnóstico ambiental

A ilha oceânica da Trindade, com superfície de 13 km², situa-se no oceano Atlântico sul, aproximadamente no paralelo de Vitória, Estado do Espírito Santo, afastada 1.140 km da linha de costa (**Figura 2**). Caracteriza-se por relevo íngreme associado a uma zona de fratura transversal de montes vulcânicos submarinos (Barros, 1959). A parte emersa da ilha, em forma de um cimo erodido, repousa sobre o assoalho oceânico a quase 5.500 m de profundidade (Castro & Antonello, 2006).



Figura 2. Localização da ilha da Trindade em relação à costa sudeste brasileira. Fonte: Almeida (1961).

Figure 2. Location of the Trindade Island at the southeast Brazilian coast. Source Almeida (1961)

Os pontos mais altos apresentam altitudes de aproximadamente 600 m. Os ambientes geológicos são caracterizados por rochas vulcânicas fortemente sódico-alcálicas e piroclastos diversos, recifes de algas, praias estreitas, depósitos eólicos móveis (dunas escalonares) e pequenos depósitos fluviais. Segundo Almeida (1961), é o único local em território brasileiro em que ainda se pode reconhecer parte de um cone vulcânico.

A diversidade de solos é profundamente relacionada com as variações do material de origem vulcânica e posição altimétrica (Ramos, 1950). De maneira geral, os solos apresentam alta fertilidade

natural e grau de intemperismo pouco acentuado (Castro & Antonello, 2006). O clima é do tipo oceânico tropical, com temperatura média anual de 25°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (30°C) e o de agosto o mais frio, com temperatura em torno de 17°C (Soares, 1964). O sistema de drenagem é pouco expressivo e de baixa vazão. Em relação aos processos de degradação ambiental, registram-se problemas relacionados a incisões erosivas (voçorocas) decorrentes dos desmatamentos provocados pela introdução de rebanhos de animais domésticos por colonizadores açorianos, ainda no Século XVIII. O Reino Unido ocupou por duas vezes a ilha, mas acabou por reconhecer, em 1896, a soberania brasileira. Foi utilizada como presídio político em 1924, desde 1958, a Marinha do Brasil mantém uma base meteorológica na referida ilha (Marliere, 2006).

2.2. Litoestratigrafia

São aqui descritos os registros litoestratigráficos ocorrentes na ilha da Trindade, constituídos por seis unidades geológicas individualizadas por Almeida (1961 *apud* Castro & Antonello, 2006): Complexo Trindade, Seqüência Desejado, Formação Morro Vermelho, Formação Valado, Vulcão do Paredão e Depósitos Holocênicos.

O **Complexo Trindade** caracteriza-se por um conjunto heterogêneo de rochas intrusivas piroclásticas (tufo de lapilli e bombas), representando a mais antiga manifestação vulcânica visível acima do nível do mar.

A **Seqüência Desejado** constitui-se por derrames de fonólito, nefelinito e grazinito com intercalações de piroclastos de composição equivalente, alguns deles de nítida deposição subaquosa, mas não marinha; os derrames alcançam cerca de 400 m de espessura na seção entre a Praia dos Portugueses e o pico do Desejado.

A **Formação Morro Vermelho** resulta de uma erupção explosiva com derrames de lava ankaratrítica, variedade melanocrática de olivina nefelinito contendo biotita; o vulcanismo manifestou-se no alto vale da região central da Ilha, preenchido por espessura superior a 200 m de lavas e piroclastos.

A **Formação Valado** caracteriza-se por depósitos aluviais do córrego do Valado entre as praias dos

Cabritos e dos Portugueses, no norte da ilha, e intercala piroclastos e derrames de lavas provenientes de um centro emissivo situado no topo do vale; neste trecho de litoral ocorrem piroclastos constituídos de corpos discóides, filamentos de lava, bombas rotacionais e massas de lavas sobre solo em estado pastoso.

O **Vulcão do Paredão**, na extremidade oriental da ilha, representa as ruínas de um cone vulcânico parcialmente destruído pela ação das ondas, mas percebem-se restos das vertentes originais, assim como da borda de sua cratera (Almeida, 1961); próximo à entrada do túnel aberto pela ação marinha, existem restos de lava que parecem preenchimento da chaminé; a maior parte da encosta é formada por tufos lapilíticos contendo blocos e bombas rotacionais.

Os **Depósitos Holocênicos** representam uma pequena parcela das unidades estratigráficas ocorrentes na ilha da Trindade (Castro & Antonello, 2006), destacando-se os depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta; os depósitos eólicos escalonares (dunas) são provenientes das contribuições exclusivas de tufos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos.

2.3. Geomorfologia

A estrutura geológica do edifício vulcânico da ilha da Trindade apresenta um conjunto de formas diferenciadas caracterizadas por: a) Domínio Planalto Axial (Almeida, 1961); b) Domínio de Vertentes Costeiras (Almeida, 1961 *apud* Castro & Antonello, 2006) e; c) Domínio Litorâneo (Castro & Antonello, 2006). Grandes intrusões fonolíticas, diques, derrames de diversos tipos de lavas, massas de piroclastos e depósitos holocênicos caracterizam as formas de relevo.

O Domínio Planalto Axial representa as maiores elevações da ilha, onde se originam todos os cursos de água importantes, assim como numerosas incisões que drenam as escarpadas vertentes. Fazem parte da estrutura do planalto, derrames fonolítico, graziníticos e nefeliníticos, que se mostram intercalados em tufos. O planalto ergue-se acima de 350 m e caracteriza-se por um relevo de morros separados por profundos vales. Destacam-se, no centro da ilha, cristas elevadas, principais divisoras de águas, sustentadas em derrames

fonolíticos constituídas pelos picos do Desejado (600 m), Trindade (590 m), Verde (553 m), São Bonifácio (570 m) e Grazinas (477 m).

O Domínio de Vertentes Costeiras caracteriza-se por superfícies rochosas abruptas que descem ao mar, das quais se erguem os picos fonolíticos que emprestam a ilha da Trindade notáveis paisagens geomorfológicas (Almeida, 1961 *apud* Castro & Antonello, 2006). O vulcão do Paredão é outra notável feição morfoestrutural da ilha, constituindo-se nas ruínas de um edifício vulcânico alto, de pouco mais de 200 m, semidestruído pelo mar. A sul, há restos da antiga superfície do alto do cone, caracterizados por paredões de tufos, falésias verticais com altura de aproximadamente 200 m; a oeste, as vertentes voltadas para os morros fonolíticos caem suavemente, em quase perfeita coincidência com a superfície original do cone vulcânico. Os declives caracterizam-se, em geral, por escarpas abruptas, principalmente na face voltada para o quadrante sudoeste (**Figura 3**). A rede de drenagem caracteriza-se por caráter torrencial de mediana competência. A periodicidade do fluxo é limitada ao período chuvoso. Na estação seca, as vazões dos córregos são pouco expressivas.

O Domínio Litorâneo reflete de certa forma, a resistência da estrutura em que se estabeleceu. As saliências, geralmente, acham-se suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado geomorfológico. As mais proeminentes pontas são caracterizadas por grandes corpos fonolíticos, diques, como ocorrem nas pontas da Crista do Galo, Cinco Farilhões, Sul e Noroeste. Destacam-se também antigos condutos vulcânicos (*necks*) constituídos pelo morro Pão de Açúcar (392 m) e as pontas do Príncipe e Monumento (Castro & Antonello, 2006). A plataforma de abrasão esculpida pela ação marinha é relativamente estreita e descontínua, destacando o baixo Sueste como a mais expressiva. As pontas do Túnel e Paredão participam da mais destacada saliência do litoral da Trindade. A **Figura 4** mostra uma visão geral da geomorfologia da ilha.

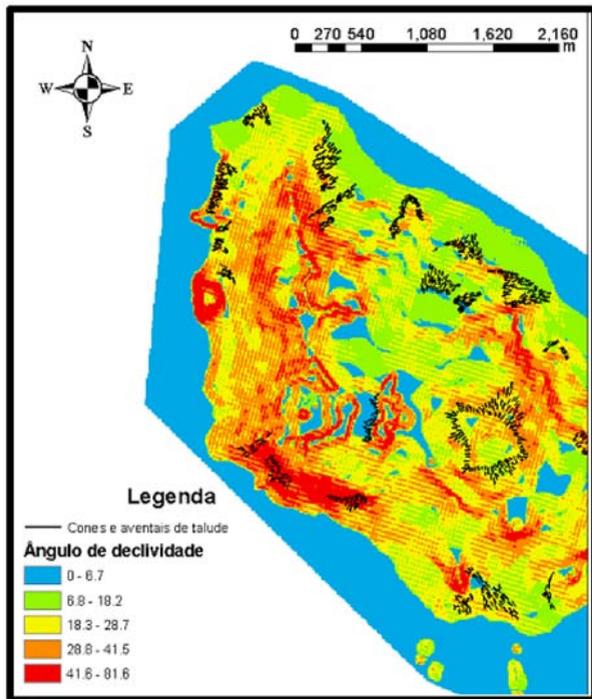


Figura 3. Mapa de declividade da ilha da Trindade, Brasil.
Figure 3. Slope map of the Trindade island, Brazil.



Figura 4. Visão geral da geomorfologia da ilha da Trindade, Brasil.
Figure 4. Geomorphology overview of the Trindade island, Brazil.

2.4 Geologia costeira

A descrição e interpretação geológica do restrito ambiente insular definiu os principais tipos de processos naturais que impulsionaram sua evolução até o presente momento, prevendo, de certa forma, o comportamento futuro. Os primeiros trabalhos sobre os ambientes holocênicos da ilha da Trindade foram realizados por Almeida (1961), Castro (2003), Castro (2005) e Castro & Antonello (2006). O primeiro aborda as características morfológicas e evolução geológica da planície litorânea local, e os outros enfocam aspectos relacionados ao transporte de sedimentos induzidos por ondas e ventos e suas relações com concentrações de minerais pesados na face da praia.

A linha de costa na ilha da Trindade reflete, em seus menores detalhes, a resistência da estrutura geológica em que se estabeleceu. As reentrâncias e enseadas acham-se suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado morfológico. Os promontórios mais proeminentes são sustentados por grandes corpos fonolíticos e diques. As plataformas de abrasão esculpidas pelo mar ao nível atual são, em geral, muito estreitas. Na Praia do Andrada, seguimento nordeste da ilha, os derrames de analcita-ankaratrito (Formação Morro Vermelho) posicionam-se na zona de arrebenção como uma barreira natural às ondas provenientes do quadrante nordeste e sudeste (Figura 5).

Na retaguarda dos referidos derrames (face da praia), os sedimentos caracterizam-se por uma granulometria de média a grossa. O material é constituído por olivinas, magnetitas, piroxênios, biotitas, anfibólios e rutilo. A diferença altimétrica entre a face da praia e pós-praia é de aproximadamente 1,20 a 1,50 m acima do nível do mar atual. Atribui-se para o domínio de pós-praia idade entre 1.500 a 2.000 anos A.P (área do Posto Oceanográfico Ilha da Trindade (POIT)).

De modo geral, os sedimentos inconsolidados encontrados nas praias da ilha da Trindade caracterizam-se por depósitos de *placers* (minerais pesados) em camadas lenticulares. O processo deposicional é resultado do transporte sedimentar de curta distância entre a rocha fonte e a praia (Castro & Antonello, 2006). A energia do espraiamento das ondas promove a seleção hidráulica das partículas

sedimentares de acordo com a densidade dos grãos, produzindo acúmulos de minerais pesados na parte superior da face da praia. Estas observações foram verificadas nas praias do Príncipe e Eme (sudoeste da ilha) e Tartarugas, Portugueses e Túnel no segmento nordeste (**Figura 6**).



Figura 5. Derrame de analcita-ankaratrito posicionado na zona de arrebentação das ondas, Praia do Andrada, ilha da Trindade.

Figure 5. Analcite-ankaratritic lava flows at surf zone position, Praia do Andrada, Trindade island.



Figura 6. Acúmulo de minerais pesados na face da Praia do Túnel, ilha da Trindade.

Figure 6. Heavy minerals accumulation of the shore face, Praia do Tunel, Trindade island.

Visando o estudo das concentrações de minerais pesados na ilha da Trindade, foram selecionadas seis praias, sendo duas posicionadas em relação ao quadrante sudoeste - oeste (voltadas para o Brasil) e quatro posicionadas em relação ao quadrante nordeste - leste (voltadas para a África). Em cada uma das praias foram coletadas duas amostras, sendo a primeira na zona de arrebentação das ondas e a segunda próxima à linha de preamar no limite com a pós-praia. Para análise dos minerais pesados utilizou-se um processador com peneiras variando de 2,0 mm a 0,037 mm, onde cada amostra foi processada na posição oito, durante 10 min. As amostras foram analisadas individualmente por meio de uma lupa binocular, com o intuito de identificar a composição mineralógica e granulométrica dos sedimentos. A partir desta análise, foi possível comprovar que o material estudado possui diferentes composições mineralógicas.

Nas praias voltadas para o quadrante sudoeste-oeste (Príncipe e Eme), registraram-se a ocorrência de magnetitas (70% das amostras), bioclastos de aragonita, zircão, concreções hematíticas e concreções goethíticas (depósitos de *placeros*). Já na face voltada para o quadrante nordeste-leste (praias do Túnel, Tartarugas, Portugueses e Cabritos), ocorre uma mineralogia que reflete a rocha adjacente (piroclastos de fonólito e tufos vulcânicos), ou seja, magnetitas (90% das amostras), concreções hematíticas, zircão e rutilo (depósitos de *placeros*).

Em relação à granulometria do material sedimentar analisado, observou-se que as praias voltadas para o quadrante oeste-sudoeste apresentam uma composição granulométrica de média a grossa. Já na face litorânea voltada para leste-nordeste, os sedimentos variam de fino a médio. Comparando ambas as faces litorâneas, observou-se que nas praias do segmento oeste-sudoeste (voltadas para o Brasil), os sedimentos são mais grossos em função da rocha fonte ser muito próxima.

As ondas de sudoeste (marulho), mesmo incidindo diretamente sobre a Praia do Príncipe, não são capazes de remobilizar frações significativas de minerais pesados. Tal fato deve-se ao processo de seleção hidráulica das partículas, no qual os minerais que apresentam maiores densidades tendem a serem depositados na linha de preamar máxima. De certa forma, o processo erosivo local é inibido em função

da alta concentração de minerais pesados na linha de preamar. Já no segmento nordeste-oeste (voltados para África), as praias ficam relativamente abrigadas em relação ao clima de ondas proveniente de sudoeste, e as áreas fontes são um pouco mais afastadas.

A partir desta análise comparativa, é possível aferir que as praias do Túnel, Tartarugas, Portugueses e Cabritos, voltadas para nordeste-oeste, apresentam menor probabilidade de processos erosivos decorrentes da ação de ondas de sudoeste, ao passo que a face voltada para nordeste-oeste (praias do Príncipe e Eme), a possibilidade de erosão costeira é maior em decorrência da linha de costa se encontrar exposta a ondas de tempestades (Castro, 2005). Tal fato pode ser comprovado pela presença de escarpas de praia muito bem caracterizadas nestas últimas praias. Ressalta-se a importância estratégica de um levantamento de detalhe do potencial mineral (*placers*) da ilha da Trindade, visando estudos de geologia econômica e ambiental.

Os depósitos sedimentares holocênicos representam uma pequena parcela das unidades estratigráficas ocorrentes na ilha da Trindade (Castro & Antonello, 2006). Destacam-se os depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta. Os depósitos eólicos escalonares (dunas) da ilha são provenientes das contribuições exclusivas de tufo vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos. A zona de alimentação do sistema eólico é totalmente dependente da rocha encaixante e das condições climáticas locais. Conforme observações em imagens de satélite e método direto no terreno verificou-se que a taxa de transporte eólico varia em função das dimensões da pista de vento (*fetch*) da Praia das Tartarugas e aporte sedimentar. Na ilha da Trindade, a estimativa de taxa de transporte eólico é de $0,5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{ano}$, considerada pouco expressiva (Castro, 2003).

As transformações ocorridas à retaguarda do campo de dunas, entre estas o processo de soterramento contínuo de vegetação, são decorrentes de causas naturais, principalmente relacionadas ao regime de vento unimodal nordeste e a quantidade de sedimentos trazidos para a zona de retenção eólica.

As praias, em geral, são relativamente estreitas, principalmente na face voltada para sudoeste (Brasil). Observou-se, durante a expedição realizada em

fevereiro de 2003, a ocorrência de um terraço de cascalho a cerca de 1,0 m acima do nível de preamar atual nas praias do Príncipe e Cabritos. A base do terraço é formada por conglomerados fonolíticos com ampla predominância de seixos de piroclásticos diversos. O tamanho médio dos clastos é de 8,0 cm (fração calhau fino - entre 6,4 e 12,8 cm - segundo Blair & Mcpherson, 1999), sendo observada uma classe textural maior (fração matacão fino - entre 25 e 50 cm) e outra menor (fração seixo grosso a muito grosso - entre 1,5 e 6,0 cm). Foram observados alguns clastos cujo diâmetro maior alcança até 60 cm (fração matacão médio). A espessura aflorante do estrato de conglomerados é de 1,0 m.

Na base do estrato conglomerático, ocorrem depósitos de praia constituídos por sedimentos bioclásticos provenientes da decomposição dos recifes algálicos (antepraia) e minerais pesados transportados das encostas por chuvas torrenciais episódicas. Considerando que o nível médio do mar situa-se entre 0,40 a 0,60 m abaixo da linha média de preamar, e o topo do afloramento conglomerático entre 1,20 a 1,50 m acima deste nível, atribui-se, para o referido terraço, idade correspondente a 2.000 a 1.500 anos A.P. (**Figura 7**).



Figura 7. Depósito de matações situado acima do nível do mar, possivelmente relacionado à última transgressão marinha na ilha da Trindade.

Figure 7. Boulder deposit above sea level probably related to last marine transgression in Trindade island.

Em outras praias, foram identificados arenitos calcíferos (calcarenítos) que consistem principalmente de fragmentos de algas calcáreas, como a sanidina. O comportamento detrítico deste material é similar às areias de praias atuais da ilha. Caracterizam-se por plataforma plana aferindo um posicionamento do nível do mar pretérito de 1,0 a 1,5 m acima do nível atual. Analisando os registros geológicos no litoral da ilha da Trindade, verificou-se que o rebaixamento do nível do mar nos últimos 2.000 anos A.P. contribuiu para a formação das pequenas planícies costeiras situadas entre as praias das Tartarugas e Andrada.

2.5. Riscos ambientais

O processo de evolução dos fenômenos erosivos, evidenciados em grandes incisões (voçorocas) na ilha da Trindade, apesar de conhecido, ainda não foi estudado do ponto de vista geológico-geotécnico (Castro & Antonello, 2006). Disto, resulta a ausência de programas de monitoramento contínuo e, conseqüentemente, impossibilidade de solução do problema. Em Trindade, as voçorocas ocorrem por toda a ilha, principalmente na face voltada para as praias do Andrada, Portugueses e Cabritos. As incisões paralelas ao eixo de fraturas e linhas de drenagem devem-se aos desmatamentos ocorridos ao longo dos anos e a introdução de rebanhos de animais domésticos pelos colonizadores açorianos, ainda no Século XVIII. As terras inicialmente ocupadas por espécies vegetais da Mata Atlântica hoje apresentam um panorama erosivo que envolve áreas consideráveis (Figura 8).

O estudo da dinâmica de transporte de sedimento, associada à classificação de risco geológico, poderá indicar com precisão áreas vulneráveis à propagação dos processos erosivos, o que é relevante para o programa de reflorestamento da ilha implementado pelo Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil e ICNbio, bem como para outros futuros projetos ambientais (Figura 9).

A presença de pontos de monitoramento de voçorocas servirá de amparo para a tomada de decisão quando à viabilidade de planos de manejo e reflorestamento co-localizado. Para que ocorra uma desaceleração no processo erosivo, é necessário adotar medidas de mitigação específicas para cada ponto em erosão. No trecho das encostas voltadas para a Praia



Figura 8. Processos erosivos nas encostas da ilha da Trindade.

Figure 8. Erosion processes on the slopes in Trindade island.



Figura 9. Programa de reflorestamento da ilha da Trindade, implementado pelo Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil e IBAMA.

Figure 9. Reforestation program in Trindade island, implemented by Museu Nacional/UFRJ, Marinha do Brasil and IBAMA.

do Andrada, algumas medidas já foram implementadas por meio do plantio de espécies nativas.

A manutenção dos recursos hídricos na ilha da Trindade decorre de mecanismos naturais de controle, desenvolvidos ao longo de processos evolutivos da paisagem, predominantemente de origem vulcânica.

Um destes mecanismos é a relação existente entre a cobertura vegetal e a água, especialmente nas cabeceiras dos pequenos córregos. Esta condição natural de equilíbrio dinâmico foi alterada pelos desmatamentos, provocados principalmente pela introdução de caprinos. Considerando-se a propagação das voçorocas, registradas por toda a ilha, não há dúvida de que os impactos ambientais destas transformações começam a ameaçar a sustentabilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Durante a expedição ocorrida em fevereiro de 2003, verificou-se a ocorrência de movimento de massa (*landslids*) em superfície, induzido principalmente por gravidade, na vertente sudeste da Praia do Túnel (**Figura 10**).

Na Crista do Galo (segmento nordeste), registrou-se a ocorrência de deslocamentos, decorrentes de desprendimentos de lascas ou placas de rochas formadas a partir de estruturas de acamamento, provocados por variações térmicas ou alívio de tensão. No arco praial dos Cabritos, próximo à ponta do Valado, observou-se movimentos de blocos rochosos em superfícies inclinadas, os quais encontram-se depositados sobre o terraço marinho posicionado entre 1,20 a 1,50 m acima do nível do mar. Em alguns casos, tais blocos se encontram parcialmente submersos, destacando-se do talude devido à perda de apoio.

Em relação aos processos de erosão costeira, as praias da ilha da Trindade apresentam duas situações



Figura 10. Movimento de massa nas encostas da Praia do Túnel, ilha da Trindade.

Figure 10. Landslids on the slopes in Praia do Túnel, Trindade island.

quanto à dinâmica sedimentar: a) praias com balanço sedimentológico relativamente estável, com reposição do estoque de sedimentos após episódios erosivos mais intensos, praia do Príncipe (face sudoeste da ilha) e; b) praias onde perturbações no balanço local de sedimentos resultam em erosão e recuo de linha de costa; tais perturbações podem ser verificadas em determinados trechos da Praia dos Portugueses (face nordeste).

O processo de recuo da linha de costa próximo ao Posto Oceanográfico (POIT) deve-se à remoção parcial da linha de rochas de praia constituída por derrames de analcita-ankartrito, ocorrido para possibilitar a atracação de barcos. A estimativa de recuo da linha de praia após esta remoção foi de 20 m. Durante a passagem de ondas de tempestades, o local tornou-se mais vulnerável ao processo de erosão costeira. Para um cenário futuro, se confirmadas as mudanças climáticas globais devido a fatores como o efeito estufa e a sobre-elevação do nível do mar, a pequena planície costeira voltada para nordeste envolvendo as praias dos Cabritos, Portugueses, Tartarugas e Andrada serão as mais afetadas por processos de recuo de linha de praia (Figura 11).



Figura 11. Planície costeira da Praia do Andrada, nordeste da ilha da Trindade.

Figura 11. Coastal plain of Praia do Andrada, Trindade island.

Na ocorrência de uma mudança climática que torne o clima mais úmido que o atual, espera-se um cenário de maior propagação dos agentes erosivos, por meio das voçorocas, traduzindo-se em uma maior

carga de sedimento transportado das encostas para as praias, causando a eliminação de comunidades algais que dependem de baixos níveis de turbidez na água para se desenvolver. Por outro lado, o efeito contrário – um clima mais árido – pode favorecer o desenvolvimento dos depósitos eólicos (dunas) na Praia das Tartarugas, provocando o soterramento da vegetação (Figura 12). Estas possíveis mudanças em um cenário futuro devem ser analisadas com especial interesse, devido à importância ambiental e estratégica da ilha.



Figura 12. Dunas escalonares sobre a vegetação nativa da Praia das Tartarugas, ilha da Trindade.

Figure 12. Climbing dunes over the native vegetation, Praia das Tartarugas, Trindade island.

Do ponto de vista sismológico, apesar da ilha da Trindade se encontrar em uma zona de fratura transversal à cadeia meso-oceânica (área de ruptura litosférica), não foram registrados sismos ou terremotos de origem tectônica no local durante a operação da estação sismológica, que foi desativada.

3. ILHA DE FERNANDO DE NORONHA

3.1. Diagnóstico ambiental

A ilha oceânica de Fernando de Noronha tem 18,4 km², situa-se no oceano Atlântico sul equatorial, afastada 350 km de Natal, Rio Grande do Norte, e 545 km de Recife, Pernambuco. A natureza geológica caracteriza-se por relevo irregular associado a uma zona de fratura transversal de montes vulcânicos

submarinos. Este relevo participa de um alinhamento de orientação E-W que se projeta em direção à costa do Estado do Ceará (**Figura 12**).



Figura 13. Localização da ilha da Trindade em relação à costa brasileira. Fonte: Almeida (1961).

Figure 13. Location of the Fernando de Noronha island at the Brazilian coast. Source: Almeida (1961).

A morfologia é constituída por um monte cônico que repousa sobre o assoalho oceânico a quase 4.000 m de profundidade. A porção emersa é representada por 21 ilhas, ilhotas e rochedos de natureza vulcânica, o maior eixo com cerca de 10 km e a largura máxima de 3,5 km, perfazendo um perímetro de aproximadamente 60 km. Os ambientes geológicos são constituídos por rochas vulcânicas, depósitos eólicos (eólianitos e dunas atuais), recifes algálicos e de corais, praias de larguras variáveis, depósitos lacustres e fluviais.

O clima é tropical do tipo Awi do sistema Köppen de classificação, marcado pelo domínio oceânico. A média anual das temperaturas situa-se em torno de 25°C, conseqüência da influência dos ventos alísios. O índice de precipitação pluviométrica anual é de aproximadamente 1.400 mm, com grande variabilidade interanual, caracterizado por duas estações bem distintas, sendo o período chuvoso de março a julho e o déficit hídrico mais acentuado de agosto a janeiro.

Considerada o Havá brasileiro, Fernando de Noronha conta com uma população fixa de aproximadamente 2700 habitantes, concentrada principalmente na localidade de Vila dos Remédios no litoral norte da ilha. A principal atividade econômica é a pesca e o turismo. A agricultura se

limita a pequenas lavouras de milho, feijão, mandioca e batata doce. Há rebanhos de bovinos, caprinos e suínos que atendem às necessidades locais, mas são inexpressivos em número (Marliere, 2006).

3.2. Litoestratigrafia

Almeida (1955) descreve detalhadamente os episódios vulcânicos ocorridos em Fernando de Noronha, caracterizando três unidades estratigráficas bem definidas pela Formação Remédios (mais antiga), Formação Quixaba (intermediária) e Formação São José (mais recente). Acrescenta-se a estas unidades os Depósitos Quaternários constituídos por eólianitos (dunas cimentadas por carbonato de cálcio), dunas, praias, aluviões, recifes algálicos e de corais e depósitos flúvio-lacustres. As primeiras datações radiométricas das rochas de Fernando de Noronha foram efetuadas por Cordani (1970), utilizando o método K-Ar, e posteriormente por Ulbrich & Ruberti (1992), por meio dos métodos Ar-Ar e K-Ar.

Formação Remédios: as rochas referentes a esta unidade estratigráfica são eruptivas intrusivas em produtos piroclásticos (Almeida, 1955). Constituem as elevações da área central da ilha principal. Afloram ao longo da costa norte entre a Praia da Biboca até as proximidades do córrego do Boldró. Segundo Ulbrich *et al.* (2004), as rochas da Formação Remédios forneceram idade de resfriamento entre 12,3 e 8,0 Ma, sendo que as mais antigas foram obtidas em amostras de domos e *plugs* de álcali basalto (12,3 Ma), fonólito africo (11,2 Ma) e álcali traquito (10,8 Ma).

Formação Quixaba: os depósitos piroclástico são caracterizados por tufos, lapilli-tufos, tufos-brechas e aglomerados. Constituem-se unicamente de componentes essenciais e partículas de rochas ankarátrica previamente consolidada. No interior da ilha, esta unidade apresenta-se em planaltos escalonados obedecendo aos declives originais dos derrames (Almeida, 1955). A posição das camadas da Formação Quixaba na região ocidental da ilha indica a existência de condutos vulcânicos situados a norte da enseada do Carreiro de Pedra. Conforme as datações de Ulbrich *et al.* (2004), as rochas correspondentes a esta unidade apresentam idade entre 4,2 e 1,5 Ma.

Formação São José: caracteriza-se por derrames de nefelina basanita que sustenta a ilha de São José e

duas ilhas vizinhas, Cuscuz e Fora. Embora não se verifique continuidade geográfica entre a área ankaratrítica da península de Santo Antônio e as ilhas basaníticas, a conformação geral dos derrames na extremidade norte-oriental de Fernando de Noronha, onde as camadas se inclinam para nordeste, consideram-se as rochas desta unidade estratigráfica mais recente em relação aos ankaratritos na ilha do Chapéu. Segundo Almeida (1955), as ilhas da Formação São José são talhadas em um único derrame de nefelina basanito com espessura de 25 m.

Depósitos Quaternários: os depósitos sedimentares quaternários representam aproximadamente 8,0% das unidades estratigráficas ocorrentes na ilha de Fernando de Noronha. Destacam-se os eólianitos, dunas atuais, praias, aluviões, recifes algálicos e de corais e depósitos fluviais e lacustres. Os eólianitos descritos por Branner (1890) e Almeida (1955) localizam-se na baía de Sueste, mais precisamente na ponta das Caracas e na Praia de Atalaia. Valença *et al.* (2005) descrevem com detalhe as características petrográficas e geoquímicas destes sedimentos de origem eólica. O material é constituído por bioclastos, algas coralíneas, fragmentos de corais, fragmentos de braquiópodes, foraminíferos e alguns poucos artrópodes. Em relação ao nível médio do mar atual, encontra-se bem abaixo em relação ao período de desenvolvimento dos eólianitos (paleodunas). Tomando-se como referência as idades mínimas de aproximadamente 30.000 A.P. – que corresponde ao topo e/ou parte superior das áreas estudadas por Valença *et al.* (2005) – o mar estava a aproximadamente 30 m abaixo do atual, fornecendo, assim, condições necessárias de pista de vento “*fetch*” para o desenvolvimento destes depósitos. As dunas móveis das praias de Santo Antonio, Sueste e Leão caracterizam-se por material bioclástico de composição granulométrica fina. A zona de estirâncio (praia) é constituída predominantemente por material bioclástico e fragmentos de rochas de origem calcárea de granulometria média a fina. O percentual de minerais pesados é baixo, caracterizado por grãos de augita, olivina, magnetita e limonita. Os recifes algálicos e de corais apresentam exuberante desenvolvimento ao longo do litoral sul e oriental, principalmente na enseada da Caieira, Saco da Atalaia e Praia do Leão. Os depósitos aluviais caracterizam-

se por reduzido entulhamento com material pobremente selecionado. Os leitos dos córregos existentes apresentam desníveis significativos em relação ao nível do mar atual.

3.3. Geomorfologia

A geologia da ilha de Fernando de Noronha apresenta um conjunto geomorfológico diferenciado, constituído por: a) Domínio Planalto Suave (Almeida, 1955); b) Domínio de Vertentes Rochosas; c) Domínio Planície Costeira e; d) Domínio Recifal. Rochas piroclásticas e eruptivas, diques, derrames de lavas e depósitos quaternários diversos caracterizam as formas de relevo.

O Domínio Planalto Suave na área de Quixaba e Três Paus, os efeitos químicos da meteorização conduzem a rigolitos profundos. Os fonólitos são cobertos por solos rasos de cor creme-claro, pedregoso, enquanto que nas áreas ankaratríticas mostram-se mantos mais espessos, com aproximadamente 3,0 m de profundidade, e de coloração marrom (Almeida, 1955). O planalto suave ergue-se acima de 40 m, caracterizando-se por relevo de morros separados por vales abertos. Destaca-se, no centro da ilha, o morro do Meio (150 m), o morro do Sal (100 m), o morro Boa Vista (100 m) e o morro do Francês (195 m).

O Domínio de Vertentes Rochosas caracteriza-se por superfícies abruptas que descem ao mar, das quais se erguem os picos fonolíticos que emprestam a ilha notáveis paisagens de origem vulcânica; o morro do Pico, caracterizado por um domo fonolítico entre as praias da Conceição e Boldró, é um destes. A rede de drenagem é pouco expressiva, de caráter torrencial e baixa competência. A periodicidade do fluxo é limitada ao período chuvoso. Na estação seca, as vazões dos córregos são de baixa competência.

O Domínio Planície Costeira reflete de certa forma, a resistência da estrutura geológica em que se estabeleceu. As saliências geralmente estão suportadas por rochas eruptivas que se destacam no traçado geomorfológico. As mais proeminentes pontas são caracterizadas por grandes corpos fonolíticos, derrames e diques, como ocorrem nas pontas da Sapata, Capim Açú, Espinhaço e pontal da Macaxeira na ilha Rata. Nas proximidades da Vila dos Remédios,

registram-se a ocorrência de dois tómbolos, o primeiro localizado entre a ilha da Conceição e a praia de mesmo nome (tômbolo simples) e o segundo caracterizado por uma tripla conexão entre as ilhas de São José, Cuscús e Rasa com a ponta de Santo Antonio. As praias são relativamente estreitas e limitadas por pontas rochosas, caracterizando ambientes de enseadas e baías. O transporte de sedimentos induzido por ondas é restrito aos domínios das unidades fisiográficas separadas por promontórios ou pontas rochosas. Destacam-se as praias do Sancho, Quixaba, Conceição, Boldró, Sueste e Cachorro (Castro & Antonello, 2006).

O Domínio Recifal constitui um dos mais notáveis elementos geomorfológicos do litoral de Fernando de Noronha. Desenvolve-se ao longo da linha de costa, principalmente na zona de antepraia da enseada da Caieira, praias do Leão e Boldró e ilha Rasa. A morfologia é constituída por franjas de barreiras que mergulham abruptamente em direção ao mar aberto. Segundo Almeida (1955), a superfície superior, quando exposta em maré baixa, apresenta uma largura média de 10 m. Entre esta unidade geomórfica e o ambiente de praia, ocorrem pequenas lagunas mais ou menos represadas em maré baixa, como no saco do Atalaia à sudeste de Tamandaré. A **Figura 14** mostra os declives e descontinuidades topográficas da ilha de Fernando de Noronha.

3.4. Riscos Ambientais (Erosão costeira)

No Brasil, embora os problemas relacionados à erosão costeira venham chamando atenção da mídia e de autoridades ligadas ao poder público há, ao menos, 30 anos, somente nos últimos 15 anos a comunidade científica vinculada à área de geologia costeira e marinha passou a estudar o problema, suas causas e conseqüências.

Na ilha de Fernando de Noronha, apesar das evidências erosivas observadas principalmente na região do porto de Santo Antonio e em outras praias, ainda não foi possível realizar um trabalho de campo sistemático, com o uso de receptor GPS geodésico para execução de perfis de praia e estudos de estimativas de balanço sedimentar, em função das condições operacionais e logísticas.

Os principais indicadores naturais de erosão costeira na ilha de Fernando de Noronha são: remobilização de sedimentos de praia na enseada Caieira pela ação eólica (dunas de Tamandaré); interferência dos promontórios rochosos do Espinhaço e Carreiro de Pedra sobre o transporte longitudinal de sedimentos induzidos por ondas e; alterações sazonais dos perfis de praia em condições de tempestades. As causas antrópicas disto se referem à construção do molhe (porto) na baía de Santo Antonio. Na **Figura 15** observa-se processo deposicional à retaguarda da bacia de evolução

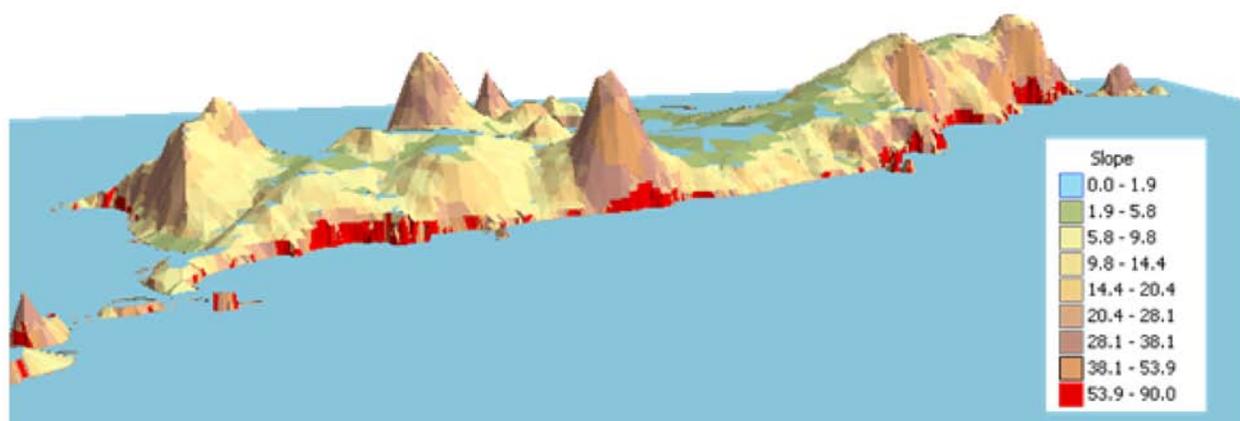


Figura 14. Mapa de declividade da ilha de Fernando de Noronha, Brasil.

Figure 14. Slope map of the Fernando de Noronha island, Brazil.

portuária (assoreamento) e processo erosivo no segmento nordeste e sudoeste da Praia de Santo Antonio.

As principais fontes de sedimento para alimentação das praias em Fernando de Noronha provêm principalmente do interior da ilha, através do intemperismo e dissecação das unidades estratigráficas que constituem a Formação Remédios (mais antiga), Formação Quixaba (intermediária), Formação São José (mais recente) e Depósitos Quaternários constituídos por eólianitos, aluviões e sedimentos flúvio-lacustres. A contribuição da estreita plataforma continental é mínima, devendo-se principalmente a ação das ondas sobre os recifes algálicos e de corais. A crescente urbanização e intensificação das atividades turísticas em Fernando de Noronha, aliada a mobilidade das feições morfológicas e estratigráficas,

poderão acelerar os processos erosivos aqui identificados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ilhas oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha, antes locais (sítios) distantes da costa brasileira e de difícil acesso, hoje têm *status* de áreas estratégicas para o Brasil, tanto politicamente, no que tange a expansão da Zona Econômica Exclusiva - ZEE, quanto no que se refere à sua geodiversidade e biodiversidade única. Assim, essas ilhas têm hoje algum nível de proteção, sejam como unidades de conservação ambiental ou como áreas reconhecidas em 2001 pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP/UNESCO) como patrimônios geológicos marinhos.

Apesar de suas reconhecidas geodiversidades,



Figura 15. Processo deposicional na área da bacia de evolução do porto de Santo Antonio, ilha de Fernando de Noronha.

Figure 15. Depositional process in the evolution basin of the Santo Antonio harbor, Fernando de Noronha island.

biodiversidades, importância histórica e estratégica, as ilhas oceânicas da Trindade e de Fernando de Noronha ainda nos desafiam em função dos ricos geológicos e ambientais ocorrentes. O histórico das duas ilhas mostra como a ocupação por colonizadores açorianos na ilha da Trindade e o turismo em Fernando de Noronha trouxe graves impactos ambientais, destacando-se a degradação do solo, movimentos de massa e problemas de erosão costeira. Na ilha da Trindade vêm sendo realizado um trabalho de recuperação ambiental das encostas em estágio avançado de erosão através do plantio de espécies nativas pelo Departamento de Botânica (Museu Nacional) da Universidade Federal do Rio de Janeiro em parceria com a Marinha do Brasil e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. A ação de replantio deve ser continuada com o apoio de levantamentos geológicos - geotécnicos, visando a implementação de outras medidas de remediação como a contenção de encostas das áreas mais íngremes.

Os problemas relacionados à erosão costeira na região do porto de Santo Antonio em Fernando de Noronha e na região do Posto Oceanográfico da Trindade, apesar de conhecidos, ainda não foram suficientemente estudados. Estão previstos a execução de perfis de praias através de receptores GPS geodésico em ambas as ilhas, visando, estudos de estimativas de balanço sedimentar e solução do problema. As condições operacionais e logísticas ainda são os principais obstáculos.

Quanto ao turismo em Trindade, apesar da beleza cênica da geodiversidade, a ilha não comporta ecoturismo por ser muito distante da costa, só acessível por mar, de desembarque difícil e destituída de alojamentos adequados. Em Fernando Noronha, o turismo foi estabelecido a partir da década de setenta, havendo vôos regulares, partindo das cidades de Recife e Natal. A geodiversidade da paisagem, o clima agradável, o espetáculo dos golfinhos, as tartarugas marinhas e as belas praias constituem grandes atrativos turísticos. As limitações impostas ao turismo e a vigilância exercida pelos fiscais do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio é uma das garantias de preservação ambiental da biodiversidade e da geodiversidade local.

AGRADECIMENTOS

À Marinha do Brasil (1º Distrito Naval), pelo apoio logístico e operacional; ao Professor José Carlos Sicole Seoane (Departamento de Geologia/UFRJ), pelas discussões e confecção de mapas de declividades.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, F.F.M. (1955) - *Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. 181p., Ministério das Minas e Energia, DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, Monografia XIII, Rio de Janeiro, Brasil.
- Almeida, F.F.M. (1961) - *Geologia e Petrologia da Ilha da Trindade*. Monografia XVIII, Div. Geol. Mineral, DNPM, Ministério das Minas e Energia, 197p., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Alves, R.J.V. (1998) - *Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz - Um Ensaio Geobotânico*. 143p., Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, Brasil.
- Barros, J.A.L. de (1959) - *Relatório prévio sobre a expedição João Alberto à ilha da Trindade*. 75 p., Rio de Janeiro. (não publicado).
- Bitar, O.Y. & Ortega, R.D. (1998) - Gestão Ambiental. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.. (Org.), *Geologia de Engenharia*, Org. Oliveira, A.M.S. & Brito, p. 499-508, ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, Brasil.
- Branner, J.C. (1890) - The eolian sandstone of Fernando de Noronha. *American Journal of Science*, XXXVIX: 247-257.
- Castro, J.W.A. & Antonello, L.L. (2006) - Geologia das ilhas oceânicas brasileiras. In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (Eds.), *Ilhas Oceânicas Brasileiras: da Pesquisa ao Manejo*. p. 29-57, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil.
- Castro, J.W.A. (2003) - Campos de dunas escalonares "Climbing Dunes" do litoral do Estado do Rio de Janeiro e ilha oceânica da Trindade: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 42, Livro de Resumos. 64p., Araxá, MG, Brasil.
- Castro, J.W.A. (2005) - Depósitos holocênicos da ilha da Trindade: Gênese e Controle Ambiental. *Workshop Ilhas Oceânicas Brasileiras: Pesquisa e Manejo*, 1º, Museu Nacional/UFRJ, Livro de Resumos, p.24, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- Cordani, U.G. (1970) - Idade do vulcanismo do Oceano Atlântico Sul. *Boletim IGA*, 1:9-75, Instituto de Geociências e Astronomia, São Paulo, SP, Brasil.
- Marliere, E.R. (2006) - Ilhas Oceânicas: Sentinelas Avançadas do Brasil. *In: Alves, R.J.V. & Castro, J.W.A. (eds.), Ilhas Oceânicas Brasileiras I: da Pesquisa ao Manejo*, p.19-25, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. (ISBN: 85-87166-91-3).
- Ramos, J.R. de A. 1950. Expedição à ilha da Trindade. *Revista da Escola de Minas* 15(6): 5-14.
- Soares, L. de C. (1964) - As ilhas oceânicas. *In A. de Azevedo (ed.) Brasil, a Terra e o Homem*, volume 1 Bases Físicas., pp. 341-378, Companhia Editora Nacional, São Paulo, SP, Brasil.
- Ulbrich, M.N.C & Ruberti, E. (1992) - Nova ocorrência de rochas basaníticas no Arquipélago de Fernando de Noronha. Congresso Brasileiro de Geologia, Resumos Expandidos, 2:83-84, São Paulo, SP, Brasil.
- Ulbrich, M.N.C., Marques, L.S & Lopes, R.P. (2004.) -As ilhas vulcânicas brasileiras: Fernando de Noronha e Trindade. *In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. & Brito Neves, B.B. (eds) Geologia do continente sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida*, pp.555-573 p., Editora Beca , São Paulo, SP, Brasil. (ISBN 85-87256-45-9)
- Valença, M.L.M., Neumann, V.H., Menor, E.A & Santos, C.E.R.R. (2005) - Eólianitos de Fernando de Noronha: Uma análise integrada de estudos petrográficos e geoquímicos. *10º Congresso Brasileiro da ABEQUA*, Resumos, pp.37-39, Guarapari, ES, Brasil.



Processo de decisão de Análise Espacial na selecção de áreas óptimas para a Aquacultura Marinha: O exemplo da Ilha da Madeira *

Spatial decision Analysis Process for selection Marine Aquaculture suitable zones: The exemple of Madeira Island

Cláudio Torres @,¹, Carlos Andrade ¹

RESUMO

Os processos de análise de decisão espacial constituem instrumentos essenciais no planeamento e ordenamento terrestre e marinho, particularmente para o sector da aquacultura marinha em mar aberto, não só para a maximização das áreas já exploradas como na selecção de novas. No entanto, e perante a forte pressão e procura pelo espaço costeiro, como é exemplo o Sul da ilha da Madeira, torna-se vital conciliar esta nova actividade com os restantes utilizadores do espaço, assegurando a segurança das explorações, viabilidade económica e sem comprometer o meio ambiente que a suporta. Recorreu-se aos Sistemas de Informação Geográfico, integrando um conjunto de variáveis e critérios de selecção. Identificou-se cinco áreas adequadas para a aquacultura, três das actuais já ocupadas (Baía d'Abra, Ribeira Brava e Ponta da Galé) perspectivando-se a possibilidade de expansão destas zonas e determinaram-se duas novas (Anjos e Jardim do Mar - Paul do Mar).

Palavas-chave: espacialização; aquacultura marinha; SIG; processo de análise de decisão espacial;

ABSTRACT

The spatial decision analysis process is an essential tool in coastal planning and management, particularly for marine aquaculture in the open sea, not only to maximize the areas already explored but in the selection of new areas. However, under strong pressure and demand for coastal areas, such as the Southern Island of Madeira, it is vital to reconcile this new activity with other users, ensuring the safety of the seafarmers and economic feasibility without compromising the environment that supports it. We use Geographic Information Systems, which includes a set of variables and selection criteria. We identified five suitable areas for aquaculture, the current three already occupied (Baía d'Abra, Ribeira Brava and Ponta da Galé) with the possibility of expanding these areas and determined two new (Anjos and Jardim do Mar - Paul do Mar).

Keywords: marine spatial planning; marine aquaculture; GIS; Spatial decision analysis process

@ - Autor correspondente: claudiotorres@portugalmail.pt

1 - Centro de Maricultura da Calbeta, 9370-133 Calbeta, Madeira – Portugal

* Submissão 4 Janeiro 2010; Avaliação 4 Fevereiro 2010; Recepção da versão revista 2 Maio 2010; Disponibilização on-line 21 Maio 2010

1. INTRODUÇÃO

A selecção de áreas marinhas mais adequadas para o estabelecimento de jaulas de aquacultura constitui um processo chave para o sucesso e sustentabilidade das unidades (GESAMP, 2008). De acordo com Domínguez & Martín (2005), as explorações em jaulas marinhas para peixes são o sector comercial da aquacultura que apresenta a maior taxa de crescimento, representando já 66,5% da produção aquícola marinha europeia. Rosenthal (2002) argumenta que as pressões sobre as zonas costeiras e recursos aquáticos estão a aumentar, dando origem a numerosos conflitos entre os utilizadores dos recursos tradicionais e os recém-chegados. Neste contexto, diversos autores (GESAMP, 2001; Fletcher & Neyrey, 2003; Longdill *et al.*, 2008) e orientações nacionais (Presidência do Conselho de Ministros, 2008) e comunitárias (Comissão Europeia, 2007) sustentam que um método útil para ultrapassar e minimizar conflitos no espaço costeiro passa pela espacialização dos sectores já existentes conciliando com as novas actividades a desenvolver numa perspectiva de gestão integrada das zonas costeiras.

1.1 O sector da aquacultura marinha na Ilha da Madeira

A actividade da aquacultura marinha na ilha da Madeira iniciou-se em 1996 com o projecto-piloto público no extremo Este da ilha, na Baía d'Abra. Em 2005 surge uma nova unidade de exploração comercial (Ribeira Brava) e em 2006 foi licenciado um terceiro estabelecimento na Ponta da Galé – ambos na zona Oeste, atingindo a produção, em 2008, de 540 toneladas de dourada (*Spaurus aurata*), valor muito próximo da capacidade máxima de 650ton.. Para além das condições ambientais favoráveis das águas marinhas da costa Sul, a ilha da Madeira dispõe de maternidade e centro de investigação, pessoal qualificado, boas infra-estruturas portuárias, boas acessibilidades terrestres, facilidade de escoamento, mercado interno (população residente de 250 000 habitantes) e contributo do turismo, que atinge em média um milhão de visitantes por ano (Direcção Regional de Estatística, 2008), prevendo-se crescer em 50% o número de visitantes até 2015 (ESTRATUR/ACIF, 2008). É do interesse da administração pública

determinar novas áreas aptas para posteriormente proceder-se à divisão em lotes para concessão previamente licenciados enquadrado na estratégia de diversificar a economia e promover este sector alimentar na região.

Este estudo tem como objectivo elaborar uma proposta de espacialização para a aquacultura marinha em jaulas flutuantes para a costa Sul da ilha da Madeira, integrando as áreas existentes, e determinando-se novas áreas numa perspectiva de desenvolvimento sustentável deste sector.

2. METODOLOGIA

2.1 Descrição da área de estudo

A ilha da Madeira, situa-se entre as latitudes 32°35'0"N e 32° 50' 0"N e longitudes -16°40'0"W e -17°15' 0"W, integra o Arquipélago da Madeira e constitui a maior ilha deste conjunto com 736,8Km² de área total (Figura 1). A ilha da Madeira, de origem vulcânica, apresenta um relevo muito acentuado e de declives elevados com 90% da ilha situada acima dos 500m e cerca de um terço acima dos 1000m (Sziemer, 2000).

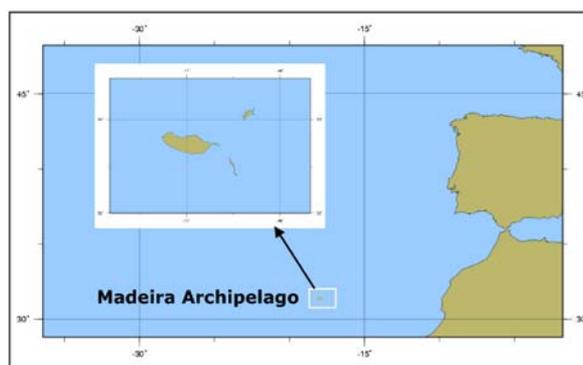


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Figure 1 - Study area location.

A costa Sul com 72km de extensão caracteriza-se pela forte procura e pressão humana, não só nas áreas marinhas propriamente ditas mas também nas áreas terrestres adjacentes. É elevada a diversidade de usos e ocupações do espaço litoral, desde áreas fortemente urbanizadas (93% da população reside no litoral sul e presença de significativo numero unidades hoteleiras) mas ainda infra-estruturas portuárias, áreas de

extração de inertes marinhos, servidões administrativas, Áreas Marinhas Protegidas, estações de tratamento de águas e emissários submarinos actuais e previstos, zonas de interesse náutico e lazer, etc. Caracteriza-se pela existência de uma estreita plataforma insular e pela batimetria apresentar uma coincidência aproximadamente paralela relativamente à linha de costa (Instituto Hidrográfico, 2003). A plataforma insular na costa sul da ilha da Madeira corresponde aproximadamente até à profundidade dos 100m após o que sucede a vertente em direcção às grandes profundidades abissais que rodeiam esta ilha (Abreu, 2004).

O valor médio anual da temperatura do mar à superfície é de 19.5°C, valor que diminui significativamente com o aumento da profundidade. O valor mínimo da temperatura do mar é de cerca de 17°C e o máximo de 24°C e a salinidade de água do mar, à superfície, na zona da Ilha da Madeira, varia entre 36.6‰ e 36.8‰ (Abreu, 2004). Ao nível de cadeia trófica, as águas circundantes da ilha da Madeira são ao longo do ano de reduzida produtividade primária, descrevendo-se enquanto águas oligotróficas (Caldeira *et al.*, 2002).

As correntes marinhas de superfície na envolvente da ilha da Madeira integram o sistema geral de circulação do Atlântico Norte estando a ilha da Madeira fortemente afectada pela Corrente de Canárias. A ondulação na ilha da Madeira é fraca ou moderada, sendo os rumos predominantes de NW a NE, excepto na costa Sul na qual predominam os rumos de SE a SW (Instituto Hidrográfico, 2001). Durante os períodos de Inverno, são frequentes os temporais, cuja incidência se faz sentir sobretudo nas costas expostas a Norte e Noroeste, sujeitando-se a forte acção erosiva. A costa Sul, mais abrigada dos ventos dominantes e mais fortes, apresenta, na maior parte do ano, um mar calmo, que se altera ocasionalmente com os temporais de Sudeste e Sudoeste (Instituto Hidrográfico, 2001).

Os dados disponíveis apontam para condições médias globais e sazonais do estado do mar na costa sul da ilha da Madeira como pouco severo (Instituto Hidrográfico, 2001), correspondendo esta situação à protecção desta costa face às condições predominantes no Atlântico Norte e que atingem a ilha, especialmente a ondulação de NW (Abreu, 2004).

Pelo facto da costa Norte não apresentar as condições oceanográficas adequadas (muito exposta e amplitudes de onda acima dos 3m serem muito frequentes ao longo do ano) (Caldeira *et al.*, 2002), inviabiliza o desenvolvimento deste sector. Face a isto, a área considerada neste trabalho é a costa sul, estendendo-se desde a Ponta de São Lourenço à Ponta do Pargo na faixa batimétrica dos -20 a -80 metros.

2.2 Processo de análise de decisão espacial

O processo de análise de decisão espacial teve sempre subjacente o princípio da não conflitualidade desta nova actividade com os restantes utilizadores do espaço marinho e terrestre adjacente (Figura 2). Posteriormente, definiu-se um conjunto de variáveis a integrar na análise em SIG, diferenciando-se em Factores e Restrições, procedendo-se à recolha de dados e informação, designadamente com pedidos de informação a organismos com estudos já produzidos para a costa Sul, e deste modo procedeu-se à elaboração da cartografia, num trabalho de espacialização, identificando os usos e ocupações das áreas terrestres e marinhas na área de estudo. A partir da representação espacial produzida, consultaram-se especialistas e demais serviços da administração pública regional com competência no litoral da ilha. Esta fase é a etapa crítica do estudo, sempre que necessário integra-se nova informação no SIG. É com base na informação dos especialistas e de acordo com os Factores e Restrições considerados que optou-se por seleccionar determinada área ou excluir outras. Por fim, após esta consulta, produziu-se uma proposta de espacialização em função das incompatibilidades administrativas e dos usos existentes (só por si suficientes para interditar a actividade) e a possibilidade de encontrar áreas marinhas adequadas para o estabelecimento de novas unidades de aquacultura, em mar aberto.

2.3 Factores

Neste estudo, os Factores referem-se ao conjunto de variáveis que condicionam a determinação de áreas aptas para a aquacultura marinha. De modo a simplificar e a clarificar este processo, dividiu-se os Factores em Logísticos, Oceanográficos e Ambientais (Tabela I) representando-os posteriormente no

Sistema de Informação Geográfico. Os dois Factores Logísticos considerados, proximidade a portos de acostagem e a existência de equipamentos em terra são dois factores importantes neste processo de selecção de áreas óptimas para a aquacultura marinha. Quer a distância ou a presença/ausência destes factores têm implicação nos custos de produção e mesmo na viabilização de uma unidade de exploração. Os Factores Oceanográficos e Ambientais referem-se às condições naturais e intrínsecas das zonas em estudo. São de extrema importância, e a sua ponderação deve ser analisada de forma integrada.

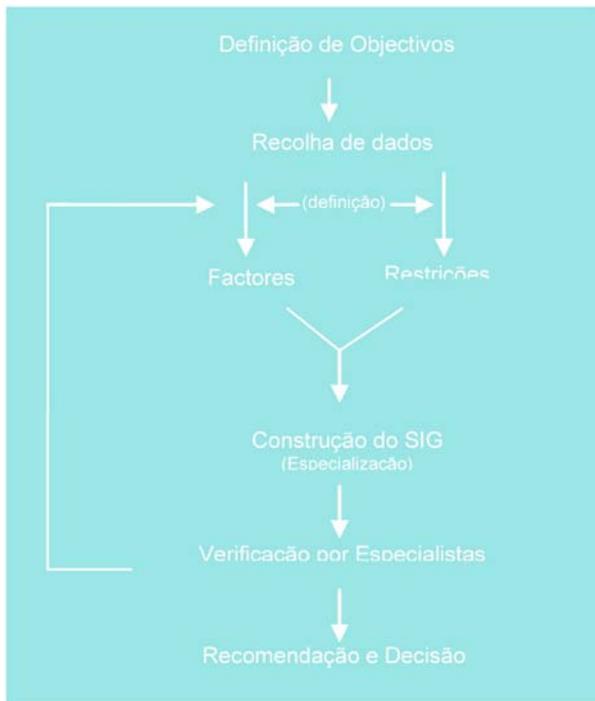


Figura 2 - Processo de decisão de análise espacial (adaptado de Pérez, Telfer & Ross (2002)).

Figure 2 - Spatial decision analysis process (adapted from Pérez, Telfer & Ross (2002)).

2.4 Restrições

Consideraram-se Restrições as variáveis que de certo modo colocam em causa a presença e/ou viabilidade de uma unidade de produção nas áreas adjacente aos dois tipos de restrições considerados, Administrativas e Outros Usos. As Restrições Administrativas referem-se a determinadas áreas, ou razões de segurança ou conservação da natureza, mas

Tabela I – Factores Logísticos, Oceanográficos e Ambientais considerados no estudo. A identificação dos Factores foi realizada ao longo de todo o processo. *Table I – Logistics, oceanographic and environmental factors considered in the study. The identification of factors was performed throughout the process.*

| FACTORES | | |
|---|--|---|
| Logísticos | Oceanográficos | Ambientais |
| <ul style="list-style-type: none"> • Proximidade a portos de acostagem • Equipamentos em terra (frigorífico, acessibilidades, combustíveis, etc.) | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura da água do mar • Salinidade • Estabilidade • Condição trófica • Correntes marítimas • Produção primária • Declives • Substrato • Turbidez • Período da onda • Amplitude da onda • Direcção da onda • Exposição • Influência da maré <ul style="list-style-type: none"> • pH • Batimetria • Sólidos em suspensão | <ul style="list-style-type: none"> • Foz das ribeiras • Vento |

que se encontram interditas à actividade de aquacultura. As Restrições de Outros Usos, embora condicionantes, por razões de interesse paisagístico, proximidade a actividades com alto risco de poluição e contaminação, etc., a instalação de pisciculturas nas áreas adjacentes, se aplicando distâncias mínimas de seguranças e de transição (*buffers*) é possível definir áreas aptas para a instalação de jaulas marinhas nas proximidades (Tabela II).

2.5 Zonas de transição (*Buffers*)

Para além de representar espacialmente os limites dos Factores e Restrições que condicionam a instalação de jaulas marinhas flutuantes torna-se necessário definir *buffers* ou zonas de transição para um conjunto de actividades e locais com usos e ocupações, determinando-se distâncias mínimas entre

o fim do limite determinado e a partir de que distância é possível estabelecer unidades de explorações. (Tabela III).

Tabela II – Restrições Administrativas e Outros Usos. Obteve-se esta informação a partir dos organismos estatais.

Table II - *Administrative restrictions and Other Uses.* We obtained this information from public administration.

| RESTRIÇÕES | |
|---|--|
| Administrativas | Outros usos |
| <ul style="list-style-type: none"> • Servidão aeroportuária • Limites dos portos e marinas • Áreas Marinhas Protegidas • Cabos submarinos de telecomunicações | <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de recreio • ETAR's e emissários submarinos • Áreas com potencial de contaminação <ul style="list-style-type: none"> • Interesse paisagístico <ul style="list-style-type: none"> • Praias • Rota de embarcações • Áreas de extração de inertes marinhos <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de pesca • Densidade hoteleira |

Tabela III – Usos e Ocupações e respectivos buffers de acordo com a legislação vigente e atendendo aos pareceres dos especialistas.

Table III - *Uses and Occupations and their buffers* in accordance with current legislation and experts's opinions.

| Usos e Ocupações | Buffer (m) |
|--|------------|
| Praias | 500 |
| Emissários Submarinos | 200 |
| Portos Comerciais e pesca | 400 |
| Varadouros / Ancoradouros | 200 |
| Marinas/Portos de Recreio | 300 |
| Áreas Marinhas Protegidas | 500 |
| Armazenamento de Combustíveis | 1000 |
| Foz das ribeiras (forte caudal e risco escoamentos superficiais) | 1000 |
| Servidão aeronáutica | 8000 |
| Cabos submarinos | 200 |
| Rota marítimas | 200 |
| Distância para Áreas de Extração Inertes marinhos | 500 |

2.6 Critérios de Selecção

Após a representação espacial e exclusão de áreas interditas, aplicou-se um conjunto de parâmetros que estabelecem valores standardizados para as áreas potenciais. Deste modo, optou-se por sustentar a selecção das áreas a partir de critérios científicos amplamente aceites, simplificando e clarificando este processo. Recorreu-se aos critérios definidos por Katacic & Dadic (2000) (Tabela IV).

Para além destes parâmetros, considerou-se a distância ao porto mais próximo, classificando-se de Bom se inferior a 2km, de Médio se 2-5km e de Mau de superior a 5km.

3. RESULTADOS & DISCUSSÃO

A utilidade de um SIG depende da qualidade da informação e da actualização permanente dos dados, só deste modo é possível obter resultados consistentes e próximos da realidade (Pérez *et al.*, 2005). A partir do conjunto de variáveis, zonas de transição (*buffers*) e critérios de selecção definidas no estudo obtivemos como resultado final mapas da costa sul da ilha da Madeira onde era possível determinar, por exclusão das áreas condicionadas, as áreas disponíveis e adequadas para o estabelecimento de jaulas marinhas. De acordo com o especialista em instalação de jaulas de aquacultura Peter Richardson (*in* comunicação pessoal), o actual estudo permitiu seleccionar as áreas mais aptas em termos de profundidade, qualidade da água, oceanografia, correntes marítimas e proximidade aos portos logísticos.

Conforme se verifica na Figura 3, a faixa dos 20-80m de batimetria na costa Sul encontra-se extremamente condicionada por inúmeros usos e ocupações. Com a excepção da faixa litoral entre o Caniçal e Ponta de São Lourenço, onde se inclui a área já estabelecida da Baía d'Abra, o lado Este da ilha da Madeira (eixo Funchal – Machico) encontra-se interdito ao desenvolvimento da aquacultura marinha devido a servidão administrativa do Aeroporto Internacional da Madeira (ainda por definir) mas que de acordo com a legislação nacional, a servidão aeronáutica pode ir até os 8km de raio (Figura 3c). No lado Oeste da ilha, caracterizado por arribas muito altas e alcantiladas (Prada, 2000), por haver menos ocupação humana e por apresentar uma

Tabela IV – Critérios de Selecção considerados neste estudo (adaptado de Katacic & Dadic (2000)).

Table IV – Selection criteria considered in this study (adapted from Katacic & Dadic (2000)).

| Parâmetros | Bom | Médio | Mau |
|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------|
| Exposição | Parcialmente exposto | Protegido | Exposto |
| Amplitude da onda (m) | 1 a 3 | <1 | >3 |
| Batimétrica (m) | >30 | 15-30 | <15 |
| Velocidade da Corrente (ms ⁻¹) | 0.2-1.0 | 1.0-1.5 | >2.0 |
| Contaminação | Baixo | Médio | Elevado |
| Temperatura Máx. (°C) | 22-24 | 24-27 | >27 |
| Temperatura Min.(°C) | 12 | 10 | <8 |
| Salinidade média (‰) | 25-35 | 15-25 | <15 |
| Salinidade (flutuação) | <5 | 5 a 10 | >10 |
| Oxigénio dissolvido (% saturação) | >100 | 70 a 100 | <70 |
| Declive (%) | =30 | 30 a 45 | >45 |
| Substrato | Rocha, areia ou cascalho | Areia ou mistura com rocha | Lama |
| Condição trófica | Oligotrófico | Mesotrófico | Eutrófico |
| Fouling | Baixo | Moderado | Elevado |
| Predação | Baixo | Moderado | Elevado |
| Efeito da maré | Baixo | Moderado | Elevado |
| Coliformes fecais (MPN/100ml) | =14 | 14-88 | >88 |
| Turbidez (m) | >3 | 1 a 3 | <1 |

faixa batimétrica mais larga entre 20-80m, o principal inconveniente ao estabelecimento de pisciculturas nesta área são as zonas de extracção de inertes marinhos. O método de extracção destes materiais – sucção – está limitado aos 20-30m de profundidade. A actual legislação regional proíbe a extracção abaixo da cota dos 20m e à distância abaixo dos 200m a partir da linha de costa. Importa evitar conflitos com esta actividade, isto porque existe elevado risco de

poluição, designadamente na ressuspensão de materiais na coluna de água na área adjacente durante a extracção como na possibilidade dos navios colidirem com as estruturas das aquaculturas.

A Figura 4 mostra a localização das cinco áreas aptas determinadas neste estudo. A distância mínima entre o eixo Jardim do Mar-Paul do Mar e Ponta da Galé é de 2100 metros. Entre as restantes áreas seleccionadas a distância mínima é de 5000 metros.

A zona Oeste da ilha está mais exposta a correntes marítimas, principalmente no Inverno, embora a zona Este esteja mais exposta a ventos ao longo do ano (Caldeira *et al.*, 2002).

A Figura 5 identifica com maior precisão as 5 áreas determinadas. À excepção da área da Baía d'Abra, no extremo Este, as restantes quatro áreas situam-se no lado Oeste da ilha da Madeira. Verifica-se que a área para a aquacultura de maior dimensão é a do eixo Jardim do Mar-Paul do Mar. No total, a área total determinada enquanto apta no Sul da ilha da Madeira para a faixa batimétrica dos 20-80m é de 12.3km². Considerando que a área total desta faixa na costa sul é de aproximadamente 67.4km², as áreas seleccionadas representam 18.2%. Pérez *et al.* (2005) num estudo de análise de multicritério, apresenta para 228km² disponíveis na ilha de Tenerife e para a faixa batimétrica até aos 50m, identificou 37km² de áreas óptimas ou seja 16.2% da área total. Pérez *et al.* (2005) apresenta no seu trabalho diferenças de metodologia em relação ao presente estudo, designadamente na integração de maior número de variáveis (por ex. impacto visual), faixa batimétrica e na aplicação de uma análise multicritério que classificou em oito categorias as áreas costeiras, de óptima a interdita, adequadas para a aquacultura marinha, onde consideraram como óptimas apenas as três primeiras adequadas para o desenvolvimento da aquacultura. A dimensão e características oceanográficas (temperatura média anual e correntes marítimas superiores) da área Jardim do Mar- Paul do Mar, é segundo Peter Richardson (*in* comunicação pessoal) uma zona adequada para a engorda de espécies como o atum ou a corvina, que exigem volumes de água maiores e desenvolvem-se em densidades menores. Nas restantes áreas seleccionadas, é possível desenvolver a monocultura ou policultura de espécies como a dourada, pargo ou sargo, espécies que permitem a cultura intensiva.

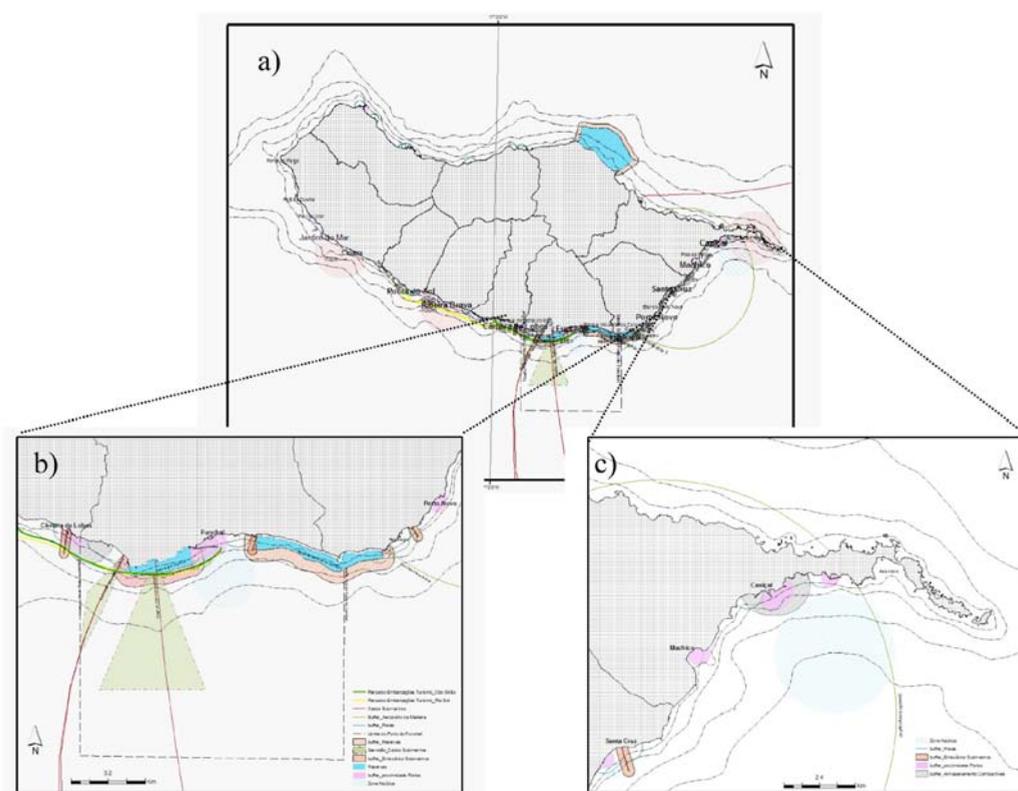


Figura 3 – a) Exemplo de representação espacial da ilha da Madeira para os Factores, Restrições e Buffers considerados; b) Pormenor do eixo Câmara de Lobos – Porto Novo; c) Pormenor do eixo Santa Cruz – Ponta de São Lourenço

Figure 3 - a) Example of spatial representation of Madeira island for factors, restrictions and buffers considered b) Detail of the axis Câmara de Lobos - Porto Novo c) Detail of the axis Santa Cruz - São Lourenço

CONCLUSÃO

No presente estudo de planeamento e ordenamento do território marinho de um território insular, muito condicionado e limitado no espaço, tornou-se fundamental submetê-lo à apreciação de especialistas e restantes responsáveis públicos na gestão e licenciamento do espaço costeiro. Só desta forma é possível validar e confirmar as opções tomadas nesta proposta de selecção de áreas para a aquacultura marinha. A chegada de um novo sector ao espaço costeiro deve estar de acordo com as orientações da gestão integrada das zonas costeiras, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável, sustentada no princípio da não conflitualidade com os restantes utilizadores. Como tal, não é suficiente determinar o número máximo de áreas disponíveis

para a aquacultura, importa seleccionar as áreas mais aptas integradas num plano holístico. Este estudo demonstrou existirem na costa Sul da Ilha da Madeira áreas adequadas, passando pela expansão e maximização das três áreas já estabelecidas e na determinação de duas novas áreas, que no seu conjunto asseguram os interesses da região na promoção equilibrada deste sector alimentar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração das Direcções Regionais do Ordenamento do Território, do Saneamento Básico e de Geografia e Cadastro. Agradecem ainda aos Serviços de Informática da Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais e à Administração dos Portos da Madeira.

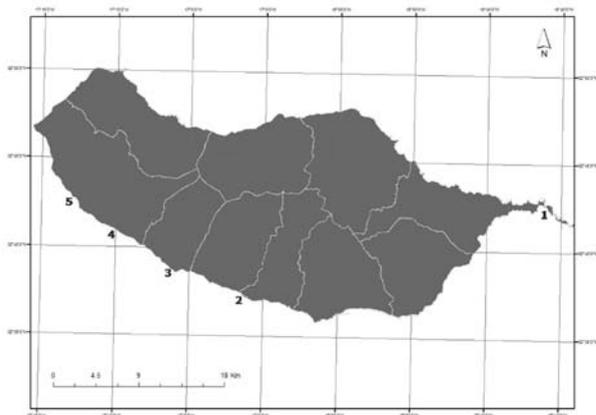


Figura 4 – Localização das áreas aptas para a aquacultura marinha na costa sul da ilha da Madeira. 1) Baía d'Abra; 2) eixo Cabo Girão – Ribeira Brava; 3) Anjos; 4) Ponta da Galé e 5) eixo Jardim do Mar – Paul do Mar.

Figure 4 - Location of areas for marine aquaculture in the south coast of Madeira. 1) Baía d'Abra; 2) axis Cabo Girão-Ribeira-Brava; 3) Anjos; 4) Ponta da Galé and 5) axis Jardim do Mar - Paul do Mar.

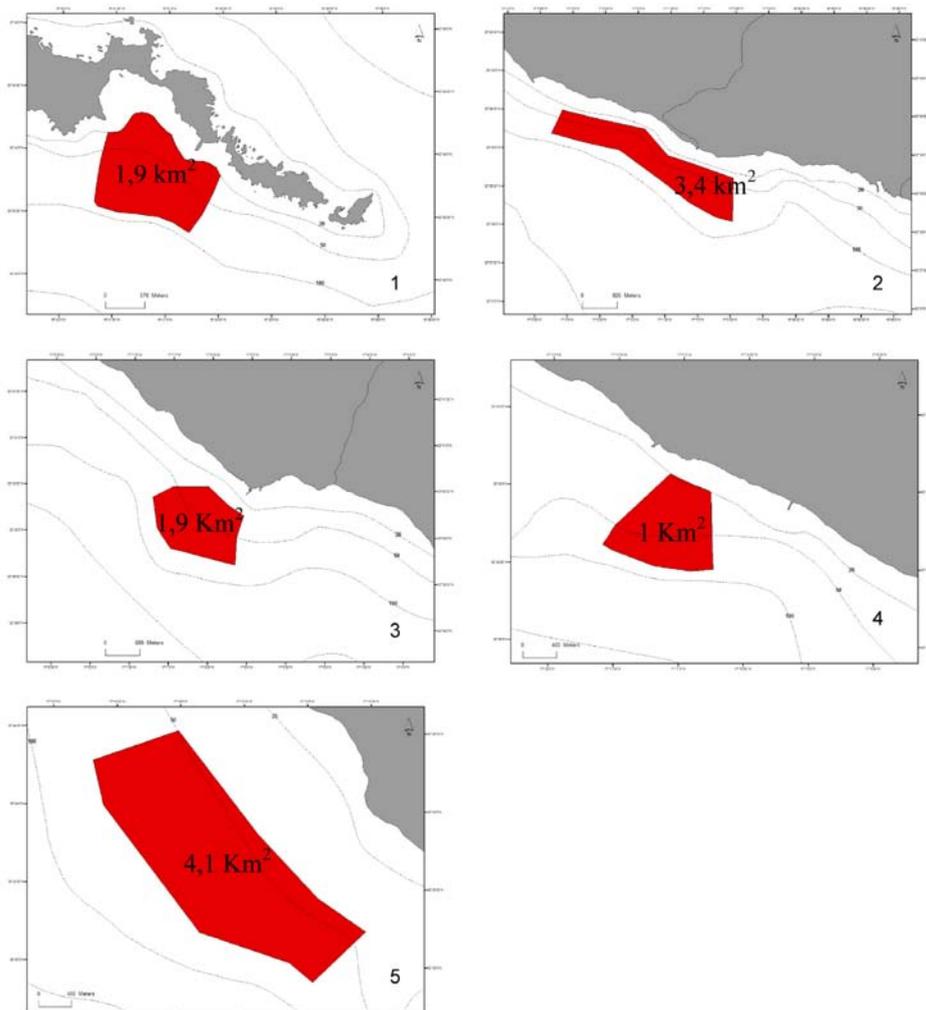


Figura 5 – Áreas selecionadas (km²) no estudo para a costa sul da ilha da Madeira. 1) Baía d'Abra; 2) eixo Cabo Girão- Ribeira Brava; 3) Anjos; 4) Ponta da Galé e 5) eixo Jardim do Mar – Paul do Mar.

Figure 5 – Selected areas (km²) in the study for the south coast of Madeira. 1) Baía d'Abra; 2) axis Cabo Girão - Ribeira Brava; 3) Anjos; 4) Ponta da Galé e 5) axis Jardim do Mar – Paul do Mar.

BIBLIOGRAFIA

- Abreu, D. (2004) - *Povoamentos malacológicos em substrato móvel na costa sul da Ilha da Madeira*. Dissertação para a obtenção de grau de Doutor em Biologia apresentado na Universidade da Madeira, 254p., Funchal, Portugal. (Não publicado).
- Caldeira, R.; Groom, S.; Miller, P.; Pilgrim, D. & Nezlin N.P. (2002) - Sea-surface signatures of the island mass effect phenomena around Madeira Island, Northeast Atlantic. *Remote Sensing of Environment* 80(2):336-360. [http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00316-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00316-9)
- Comissão Europeia (2007) - *Uma Política Marítima Integrada para a União Europeia*. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, 16p., Bruxelas. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0575:FIN:PT:PDF>
- Presidência do Conselho de Ministros (2008) - *Despacho n.º 32277/2008 (de 18 de Dezembro de 2008) - Determina a Elaboração do Plano de Ordenamento do Espaço Marítimo e os seus objectivos*. Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios dos Negócios Estrangeiros, Da Defesa Nacional, da Administração Interna, do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, da Economia e da Inovação, da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Da Educação, da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior e da Cultura. Diário da República Portuguesa, 2ª Série N.º 244, pp. 50546-50547. Disponível em http://www.emam.com.pt/images/stories/legislacao/OrdenamentoTerritorialTereMar/Despacho%20n.%20BA%2032277%2020081218_POEM.pdf
- Direcção Regional de Estatística (2008) - *Estatísticas do Turismo Ano de 2007, Resultados definitivos (Junho de 2008)*. 133pp. Região Autónoma da Madeira, Direcção regional de Estatística, Funchal, Portugal. Disponível em [http://www.madeiraislands.travel/pls/madeira/docs/F1702687738/Turismo Definitivos 2007-DRE.pdf](http://www.madeiraislands.travel/pls/madeira/docs/F1702687738/Turismo%20Definitivos%202007-DRE.pdf)
- Domínguez, M. & Martín, V. (2005) - Impacto ambiental de jaulas flotantes: estado actual de conocimientos y conclusiones prácticas. *Boletín - Instituto Español de Oceanografía*, 21(1-4):75-81. Disponível em http://www.ieo.es/publicaciones/boletin/pdfs/bol21/bol21_07-molina.pdf
- ESTRATUR/ACIF (2008) - *Low cost carriers: high success, high impact? Cenários prospectivos de desenvolvimento turístico da RAM*. 162p., Price Waterhouse Coopers.
- Fletcher, K.M. & Neyrey, E. (2003) - Marine aquaculture zoning: A sustainable approach in the growth of offshore aquaculture. In: C.J. Bridger & B.A. Costa-Pierce, eds., *Open Ocean Aquaculture: From Research to Commercial Reality*, pp.15-22, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. ISBN: 9781888807134
- GESAMP - Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (2001) - *Planning and management for sustainable coastal aquaculture development*. Reports and Studies GESAMP n.º 68, 107pp., FAO, Roma, Itália. ISBN: 9251046344. Disponível em <http://www.fao.org/docrep/005/y1818e/y1818e00.htm>
- GESAMP - Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (2008) - *Assessment and communication of environmental risks in coastal aquaculture*. Reports and Studies GESAMP n.º 76: 198 pp., FAO, Roma, Itália. ISBN 9789251059470, Disponível em http://www.gesamp.org/data/gesamp/files/media/Publications/Reports_and_studies_76/gallery_1041/object_1041_large.pdf
- Instituto Hidrográfico (2001) - *Levantamento geofísico para caracterização de depósitos sedimentares na costa sul da Ilha da Madeira*. REL.TF.GM.01/02, Lisboa, Portugal. (Não publicado).
- Instituto Hidrográfico (2003) - *Dinâmica Sedimentar da costa sul da ilha da Madeira*. REL.TF.GM.02/03, Lisboa, Portugal. (Não publicado).
- Katavic, I. & Dadic V. (2000) - Environmental Consideration of Mariculture: A Case from Croatia. *Periodicum biologum*, 102 (2000), Supplement 1 (23-30). Zagreb, Croácia.
- Longdill, P.C., Healy T.R. & Black K.P. (2008) - An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean & Coastal Management*, 51(8-9):612-624. doi:10.1016/j.ocecoaman.2008.06.010

- Pérez O.M., Telfer T. C. & Ross L. G. (2005) - Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquaculture Research*, 36(10):946-961. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01282.x>
- Prada, S. (2000) - *Geologia e Recursos Hídricos subterrâneos da Ilha da Madeira*. Dissertação para a obtenção de grau de Doutor em Geologia apresentado na Universidade da Madeira, 351p, Funchal, Portugal. (Não publicado)
- Rosenthal, H. (2002) - Aquaculture, the environment and its interaction with other aquaculture resource users. In: G. Burnell, P. Gouletquer & S. Stead (eds), *Aquaculture and Its Role in Integrated Coastal Zone Management Summary Document*. VLIZ Flanders Marine Institute / European Aquaculture Society, p.23-26, Oostende, Bélgica. Disponível em <http://www.vliz.be/imisdocs/publications/127195.pdf>
- Sziemer, Peter (2000) - *Madeira's Natural History in a Nutshell*. 288p., Edições Francisco Ribeiro & Filhos, Funchal, Portugal. ISBN: 9729177317.



Mapeamento Geomorfológico e Morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul *

Geomorphological Mapping and Morphodynamic of Rocas atoll, South Atlantic

Pereira, N.S. @,¹, Manso, V.A.V. ², Silva, A.M.C. ³, Silva, M.B. ⁴

RESUMO

O complexo recifal de Rocas representa o único atol do Atlântico Sul, o qual está estabelecido sobre um *Guyot* que pertence a cadeia de montes vulcânicos originada na Zona de fratura de Fernando de Noronha. As intrínsecas relações geobiológicas bem como os parâmetros físicos e químicos contribuem na construção dos ambientes recifais e influenciam na geomorfologia dessa edificações. Levantamentos de campo com utilização de GPS e utilização de antigos mapeamentos permitiram a elaboração de um mapa atualizado do Atol das Rocas, bem como discorrer sobre um prévio estudo da morfodinâmica da Ilha do Farol através de levantamentos topográficos e estudos hidrodinâmicos. Com dimensões de 3,35 x 2,49 km e perímetro estimado de 11 km, Rocas é considerado como um dos menores atóis do mundo, a área no interior do anel recifal é de aproximadamente 6,56 km². No seu complexo recifal podem ser constatadas as seguintes feições: *frente recifal; crista algálica; platô recifal; depósito sedimentar; piscinas naturais; laguna e Ilhas arenosas*. O levantamento histórico dos mapeamentos realizados em Rocas mostraram que a Ilha do Farol cresceu aproximadamente 47.000 m², fato que pode estar relacionado com a intensa produção de partículas biogênicas no complexo recifal e com o aumento da hidrodinâmica local. A partir de estudos morfodinâmicos, a Ilha do Farol pode ser dividida em três setores: a porção Oeste representou o setor de maior energia, com elevada declividade e sedimentos de fração areia grossa; o setor Norte

@ - Autor correspondente: natansp_bio@hotmail.com

1 - Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Geociências, Avenida Acadêmica Hélio Ramos s nº cep 50.740-530 Recife, Pernambuco, Brasil

2 - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha - LGGM, Avenida Acadêmica Hélio Ramos s nº cep 50.740-530 Recife, Pernambuco, Brasil. vazmanso@uol.com.br

3 - Universidade do Estado da Bahia. UNEB, Campus VIII. Depto. de Educação. amcunha@uneb.br, Rua da Gangorra nº503, General Dutra - Paulo Afonso - BA

4 - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO. Av. Alexandrino De Alencar, 1399 Tirol cep 59.015-350 Natal, RN, Brasil. rebioatoldasrocas@yahoo.com.br

foi caracterizado por sofrer grande influência da corrente litorânea (0,3 m/s); e o setor Leste foi caracterizado por sua baixa declividade e frações de areia média, evidenciando baixa energia. Perfis realizados, no período estudado, evidenciaram uma pequena perda de sedimento, porém não o suficiente para ser considerado uma erosão, sendo as praias consideradas estáveis. Para uma melhor compreensão da morfodinâmica da Ilha do Farol se faz necessário um estudo mais aprofundado, com acompanhamento mensal, a fim de prover um modelo de dinâmica sedimentar no Atol das Rocas.

ABSTRACT

The reef complex of Rocas represents the only atoll of the South Atlantic. This atoll is situated on a Guyot that belongs to the chain of volcanic mountains originated in the fracture zone of Fernando de Noronha. The intrinsic geobiology relationships as well as the physical and chemical conditions contribute on the building of reef environment influencing its geomorphology. The present work was carried out by using of GPS and previous mapping that allowed to come up with an updated map of Rocas atoll, in addition an introductory study of the morphodynamic of Ilha do Farol through topographical and hydrodynamic studies. With small dimensions (3,35 x 2,49 km), an internal area of 6,56 km² and perimeter of 11 km, Rocas can be considered one of the smallest atoll of the world. In its reef complex can be, clearly, distinguished the following features: reef front; algal ridge; reef flat; sediment deposit; natural pools; lagoon and sandy cays. The historic survey of the mapping formerly done in Rocas atoll pointed out that the Ilha do Farol had a growth of nearly 47.000 m², which can be related to the high level of carbonate particle production in the reef complex and the increase of the local hydrodynamics. Based on morphodynamic studies, The Ilha do Farol could be divided in three sectors: the West part represented the highest energy sector, with steep slope and coarse sand; a porção; the North sector was characterized by the strong influence of the longshore drift (velocity of 0,3 m/s); the East sector figured a low energy environment with low slope and medium sand. Profiles carried out in June depicted a slight diminished on the volume of sediment from the beach profiles, although, the amount was not significant to consider as an erosion and then, the beaches were considered as stable. For a thorough understanding on the morphodynamic of Ilha do Farol, it is necessary a deeper study, with monthly monitoring, in order to provide a model for the sedimentary dynamic of Rocas atoll.

1. INTRODUÇÃO

A complexa correlação entre os processos físicos, químicos e biológicos fazem dos ambientes recifais especialmente interessante (Tucker & Wright, 1990). Esses complexos estão entre os mais evidentes cenários da interface dos processos biológicos e geológicos. O resultado dessa interação corresponde a estruturas carbonáticas formadas por diversos organismos como corais, briozoários, vermes do grupo serpulídeos e as algas calcárias.

Os recifes atuais desenvolvem-se em águas rasas com profundidades inferiores a 50 m, límpidas, de temperatura média não inferior a 20°C e salinidade entre 27‰ e 40‰ (Laporte, 1974; Blanc, 1982).

Atualmente os ambientes recifais são classificados com base principalmente na sua morfologia, tamanho e sua relação com a proximidade da costa (Tucker & Wright, 1990).

Wilson (1974) tem classificado os ambientes recifais nas seguintes categorias: a) Franjas: são recifes próximos da linha de costa; b) *Faro*: são recifes em forma circular próximos da costa; c) *Patch*: são recifes tabulares isolados típicos de plataformas; d) *Barreiras*: são recifes afastados

da costa, separados por uma laguna extensa; e) *Knol* (termo não mais utilizado): são recifes isolados situados em águas profundas (> 50 m), comuns em taludes e sopés continentais; f) *Atol*: São recifes em forma de anel que apresentam uma laguna central rasa. Atóis geralmente crescem no topo de montes submarinos; g) *Tabular*: compreende aos recifes achatados situados em montes vulcânicos cujo o topo está próximo a superfície do mar, porém, não apresentam uma laguna central como ocorrem em atóis.

Foi durante a viagem a bordo do *H.M.S. Beagle* no século XIX que Charles Darwin concebeu a primeira teoria sobre o desenvolvimento de ilhas recifais, mais conhecidas com Atóis. Em seu diário de viagem, Darwin (1842) menciona as possíveis causas da formação de um atol a partir de observações dos recifes da Ilha de Moorea (Polinésia Francesa). Darwin (1842) propôs que os organismos construtores de recifes que habitavam a costa de ilhas vulcânicas construíam um arcabouço em torno dessas ilhas. Ao mesmo tempo em que esse montes submarinos sofreriam uma subsidência gradual, seja por um aumento do nível do mar ou por subsidência tectônica, ocorreria a construção de um edifício

carbonático, proveniente das atividades de organismos como corais e algas, até o momento em que todo o embasamento cristalino se direcionaria para baixo do nível do mar, ficando um arcabouço recifal em forma circular com uma laguna central, denominado de atol. (Darwin, 1842).

A teoria de Darwin foi confirmada em 1951 com a constatação de rochas vulcânicas encontradas a profundidades de 1267m e 1405m no Atol Enewetak (Ladd *et al.* 1970).

O Atol das Rocas foi descoberto pelo navegador português Gonçalo Coelho em 1503 e consiste em um edifício carbonático situado num monte submarino que integra a Cadeia de Fernando de Noronha (Soares-Gomes *et al.*, 2001, Gherardi & Bosence, 2001).

Os aspectos geomorfológicos do Atol das Rocas foram estudados previamente por Andrade (1959), Ottman (1963) e Kikuchi (1994). A classificação de Rocas como um atol verdadeiro divergia entre esses autores, fato que se explica pelo difícil consenso entre as características geomorfológicas e diagenéticas que classificavam os ambientes recifais (Soares et al. 2009). Com o trabalho de Stoddart (1969) foi possível discernir

as principais características de um atol, que são: a forma de anel do recife; a presença de uma laguna; Ilhas desenvolvidas a sotavento e o desenvolvimento do edifício recifal sobre um embasamento vulcânico (Soares et al. 2009).

O presente trabalho tem por objetivo abordar as principais características geomorfológicas do Atol das Rocas, elaborando um mapa ilustrativo que traz uma nova concepção desse importante sítio geológico bem como um estudo preliminar da morfodinâmica da Ilha do Farol a fim de prover um breve conhecimento da dinâmica sedimentar em Rocas.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O atol das Rocas está situado na porção oeste do Atlântico Sul, entre as coordenadas UTM, zona 25M, com latitudes 9571500N – 9574500N e longitudes 408500E – 412500E, a 266 km da cidade de Natal-RN. Rocas cresce sobre um topo aplainado de um monte submarino o qual está inserido na margem continental brasileira, especificamente no sopé continental (Palma, 1984) (Fig. 1).

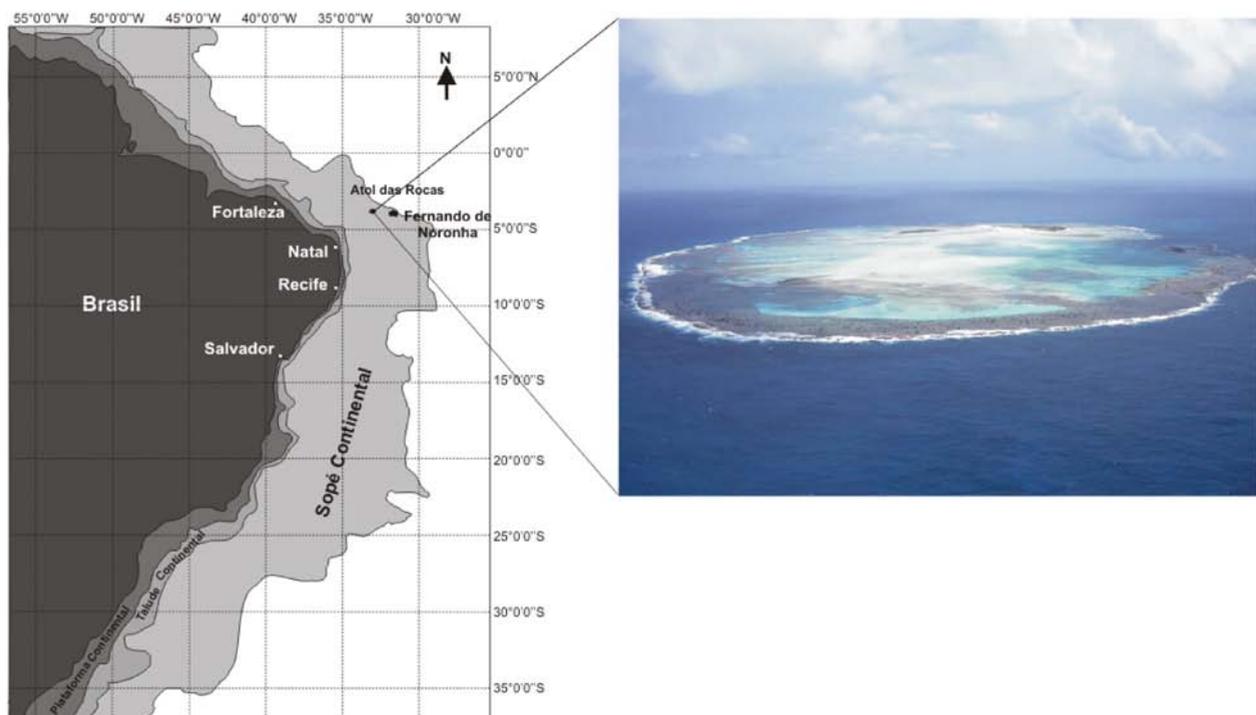


Figura 1 – Localização do Atol das Rocas.

Figure 1 – Location of Rocas atoll.

O atol das Rocas é banhado pela corrente Sul Equatorial, com direção constante para W (Ekau & Knoppers, 1996; Goes, 2006). Possui uma velocidade média de 30 cm s^{-1} , segundo Richardson & Walsh (1986) que determinaram a velocidade da Corrente Sul Equatorial no paralelo de 4° (a qual passa por Rocas).

A temperatura da água do mar possui média de 27°C , podendo chegar a 42°C nas piscinas, com salinidade na superfície variando entre 36° e 37° . O regime de mesomares é semidiurno, com altura máxima de 3,8 m (Gherardi & Bosence 1999). A salinidade da superfície da água varia de 36 a 37‰ e a temperatura da superfície do mar varia de 26°C em Setembro a 28.3°C em Abril (Hoflich, 1984; Servain et al., 1987).

Ventos predominantes de SE têm frequência de 50% e de E 35% durante o verão. Durante o inverno, ocorre uma intensificação nos ventos provenientes de SE, que têm frequência de 70%, com 25% para E. A velocidade máxima é de 11 ms^{-1} (Hoflich, 1984).

As ondas que ocorrem no atol se concentram na porção SE (Barlavento), embora que a refração de ondas no embasamento do atol, pode gerar grande arrebenhações de ondas na porção W e SW (Sotavento) de Rocas (Gherardi & Bosence, 2001). A altura máxima das ondas que atingem Fernando de Noronha (110 Km de Rocas) variam de 1.1 m, de Fevereiro a Abril, a 1.6 m, de Julho a Setembro (Hoflich, 1984). Para Hogben & Lumb (1967), 80% das ondas observadas na região de Rocas provêm de E e 15% de NE.

2.1 Geologia da Área

Rocas está situado sobre um monte vulcânico que integra a cadeia de montanhas submarinas de Fernando de Noronha, a qual se localiza nas Zona fraturada de Fernando de Noronha. Essa cadeia é composta de um segmento de montes submarinos com direção Leste-Oeste (Gorini & Bryan, 1976) que tem origem no sopé continental indo até a costa do Ceará (Palma, 1984).

Alguns desses montes sofrem erosão, principalmente por abrasão marinha, originando *Guyots*, que são montes aplainados que formam extensas plataformas submersas. A batimetria do perfil A'-A' (Fig. 2, b) ilustra a morfologia do monte

submarino no qual o Atol das Rocas está situado, evidenciando que o atol cresce na porção W de um *Guyot* que tem seu topo próximo da superfície do mar, o qual cresce a partir de profundidades próximas à 4000 m.

Amostras desse *Guyot* nunca foram obtidas, sendo sua natureza geológica ainda desconhecida. Por associação podemos correlacionar a natureza do embasamento cristalino do Rocas a outros montes submarinos que pertencem a Zona de fraturamento de Fernando de Noronha.

O arquipélago de Fernando de Noronha representa a única porção da cadeia em que são conhecidas as características do embasamento cristalino. Almeida (1955) realizou um levantamento geológico completo do arquipélago, reportando a existência de três Formações, a Formação Remédios (rochas piroclásticas, atravessada por numerosos diques e outros corpos intrusivos de diversas naturezas), a formação Quixaba (rochas provenientes da erosão da Formação Remédios que posteriormente foram recobertas por derrames de lavas ankaratríticas) e a Formação São José (derrames de nefelina basanita).

As idades determinadas para as rochas vulcânicas de Fernando de Noronha variaram de 1,7 m.a. até cerca de 12,3 m.a. É pressuposto que o embasamento cristalino de Rocas seja de natureza similar às rochas vulcânicas encontradas em Fernando de Noronha e de idade superior devido a sua maior distância em relação a cordilheira mesoceânica.

Com o decorrer do tempo, esse *Guyot*, foi colonizada por recifes de corais, algas calcáreas, moluscos e crustáceos cujas carapaças, acrescidas pela deposição de sedimentos, resultaram na formação de um anel elipsóide (Soares-Gomes et al., 2001, Gherardi & Bosence, 2001), que posteriormente elevou-se, em relação ao nível do mar, formando um atol com uma laguna rasa e duas ilhas arenosas em seu interior.

O edifício carbonático de Rocas possui um estrato com cerca de 12 m de espessura e de idade holocênica com velocidade sísmica de $0,33 \text{ m x ms}^{-1}$, composto predominantemente por algas coralinas incrustantes, além de incrustações de gastrópodes vermetídeos e do foraminífero *Homotrema rubrum*, e pelos corais *Siderastrea stellata*, *Favia gravida* e *Montastrea cavernosa*.

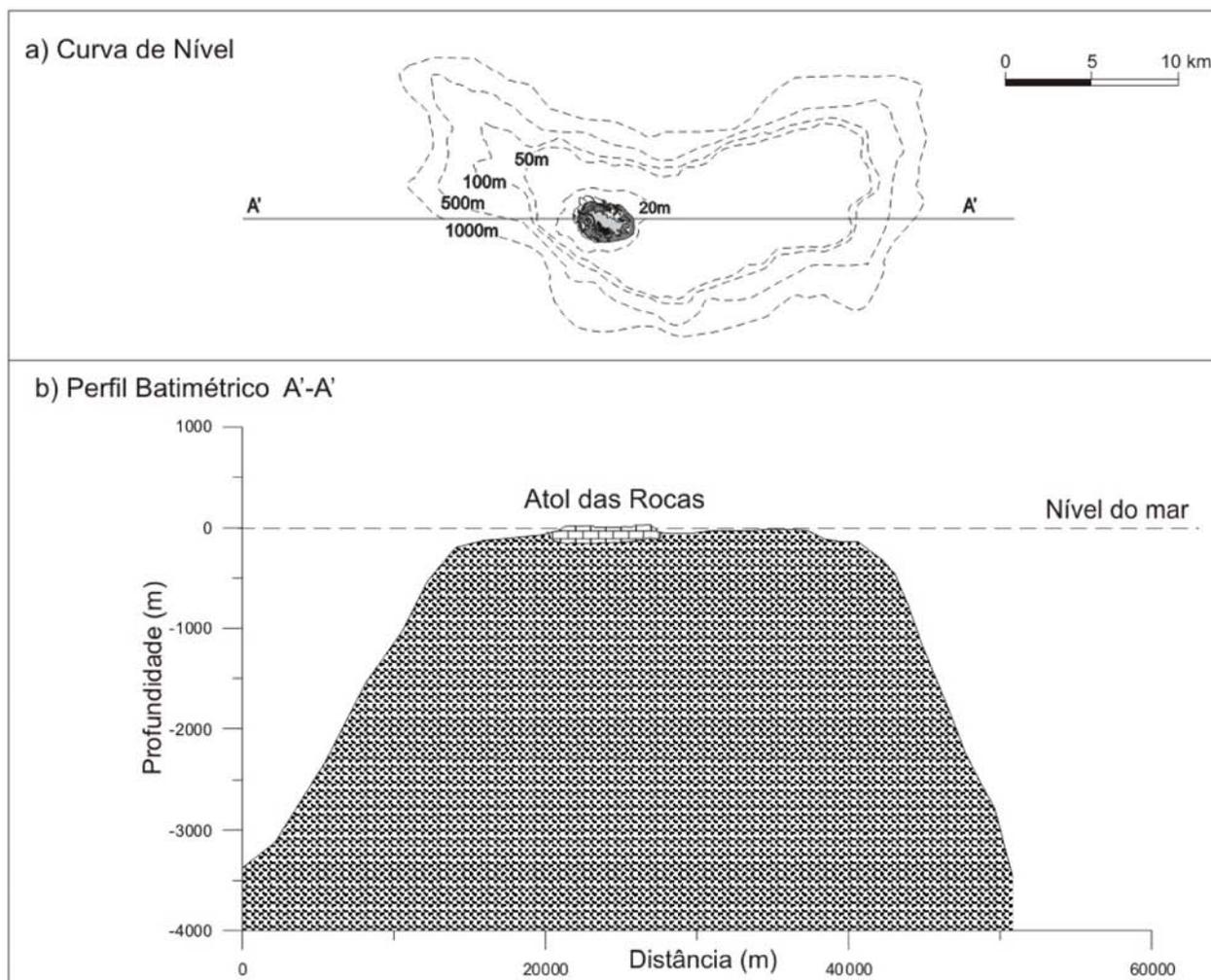


Figura 2 – Ilustração esquemática das curvas de nível (a) e perfil batimétrico (b) do Guyot que suporta o Atol das Rocas.
Figure 2 - Schematic illustration of the contour (a) and bathymetric profile (b) of the Guyot that supports Rocas atoll.

Ele cresce sobre um segundo estrato, formado por rochas com velocidade sísmica de $2,46 \text{ m} \times \text{ms}^{-1}$, similar àquelas observadas em carbonatos recifais do Pleistoceno. Sotoposto a esse estrato ocorrem rochas com velocidade sísmica superior a $4,5 \text{ m} \times \text{ms}^{-1}$, ordem de grandeza correspondente às das velocidades nos basaltos (Kikuchi, 1999).

As idades radiométricas de esqueletos de corais do estrato holocênico indicam que o atol se implantou há cerca de 6000 anos AP, crescendo a uma taxa média de $2,3 \text{ mm/ano}$. O seu substrato é, provavelmente, um carbonato pleistocênico cárstico com espessura de 25 a 35 m, que deve ter iniciado seu crescimento durante o Terciário, sobre um embasamento vulcânico (Kikuchi, 1999).

2.2 Estrutura Recifal

A estrutura carbonática do atol das Rocas foi descrita por Gherardi & Bosence (1999). Segundo os autores Rocas é formado por uma associação de organismos incrustantes. Os autores identificaram os seguintes componentes na formação recifal: algas coralíneas vermelhas, gastrópodes vermetídeos, *Homotrema rubrum*; foraminíferos acervulina, moluscos, corais, tubos de polychaetas, perfurações de esponjas e polychaetas e sedimento cimentado.

O principal construtor do recife de Rocas é a alga vermelha *porolithon cf. Pachydermum* que associada com mais quatro gêneros de algas coralíneas: *lythophyllum sp.*; *popolithon sp.*; *lithoporella sp.* e *sporolithon sp.* compõem

a estrutura recifal primária, representando uma abundância relativa de até 70% na formação (Gherardi & Bosence, 2001).

O trabalho de Gherardi & Bosence (2001) ainda sugere um grupo construtor de estrutura recifal secundário em Rocas, o qual foi representado por cinco diferentes classes de organismos: gastrópodes vermetídeos (principalmente do gênero *dendropoma sp.*); *H. rubrum* (foraminífero incrustante); acervulina (foraminífero incrustante); tubos de polychaetas e fragmentos de pequenos corais não identificados. Dentre a estrutura recifal secundária, destacam-se os gastrópodes vermetídeos com uma abundância relativa variando de 0.8% a 20.3%.

3. METODOLOGIA

Os dados apresentados são provenientes de amostras obtidas em duas campanhas de campo realizadas na Reserva Biológica do Atol das Rocas em Janeiro e junho de 2009.

Mapeamento

Um mapeamento foi efetuado através de *Global Positioning System* (GPS) sendo seus dados posteriormente processados no software TrackMaker versão # 13.6.

Para detalhamento do mapa foram utilizadas imagens de satélite obtidas no software *Google Earth* disponível *on-line* com a finalidade de ilustrar o Atol e suas principais feições morfológicas. Os mapeamentos realizados por Kikuchi & Leão (1997) e Andrade (1959) também foram utilizados no auxílio da preparação do mapa. Para a ilustração gráfica foi utilizado o Software CorelDRAW 12.

Sedimentologia

Com o intuito de realizar um estudo sedimentológico, cerca de 300g de sedimentos foram obtidas de diferentes regiões do Atol.

O estudo granulométrico compreendeu a análise mecânica dos sedimentos segundo a escala de Wentworth em intervalos inteiros de phi. Uma sub-amostra de 200g foi colocada em Becker e levada à estufa com temperatura de 60° C por 48 horas, para remoção de toda umidade (Suguio, 2003).

Após secagem, 100g de sedimento foram pesados em balança de precisão, passando posteriormente por dois procedimentos: o primeiro consiste no

peneirador úmido, no qual a amostra foi lavada em água corrente e peneirada em malhas de 2,00 mm e 0,062 mm, separando as frações cascalho, areia e retirando a fração lama (silte e argila). O cascalho e a areia retido nas peneiras foram pesados e com a diferença dos valores pode-se inferir o valor da fração silte e argila. A fração areia foi direcionado para o peneiramento mecânico sendo utilizado um “*ro-tap*”, por 10 minutos, onde foram separadas as frações inteiras de phi: 1,0 mm, 0,50 mm, 0,250 mm, 0,125 mm, 0,062 mm, correspondendo respectivamente a areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina.

Os resultados obtidos na análise granulométrica foram processados com o *software Sysgran 3.0*, no qual foram inferidos os parâmetros estatísticos utilizados por Folk & Ward (1957) sendo considerados os valores de diâmetro médio e grau de seleção.

Perfil Praia

Os perfis foram traçados segundo a metodologia descrita em Garcia & Piedade (1987) e utilizada por Ferreira (1999), onde as diferenças de nível entre os pontos do terreno eram medidas através de leituras em visadas horizontais com um nível topográfico e uma régua de alumínio. Posteriormente esses perfis foram processados no *software Grapher*.

Foram determinados 3 Referenciais de Nível (RN) na ilha do Farol para realização dos perfis, nas porções Oeste, Norte e Leste da ilha. Os perfis foram realizados no dia 21/06/09 e repetidos no dia 26/06/09. Em cada perfil foram coletadas duas amostras de sedimentos, uma na pós-praia (*Backshore*) e outra na antepraia (*Foreshore*), para posterior análise sedimentológica.

Para o cálculo dos volumes remanejados entre os diferentes levantamentos, foram realizadas simulações utilizando o *software Sufer 6.01 – Surface Mapping System*, com os resultados expresso em metro cúbico por metro linear (m³/m).

Deriva Litorânea

Com o intuito de conhecer o padrão hidrodinâmico que influencia a Ilha do Farol, foram coletadas informações sobre a velocidade e direção da deriva litorânea, durante a preamar, na região onde foram realizados os perfis de praia.

Para tal, um derivador adaptado (objeto de plástico

cilíndrico) foi lançado na água, a uma distância de 5 metros da linha da maré, e medido o tempo em que o derivador percorreu 10 m paralelos a linha da costa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Geomorfologia do Atol

Morfometria

Rocas representa um sítio geológico de natureza carbonática. O recife tem um formato elipsóide com uma laguna permanente rasa na porção nordeste do recife. Com o mapeamento efetuado em Rocas pode-se aferir as dimensões do complexo recifal. Seu eixo maior possui 3,35 km e o menor 2,49 km, totalizando uma área de aproximadamente 6,56 km² com um perímetro estimado de 11 km (Fig. 3), constatando que o atol das Rocas está entre os menores atóis do mundo. As dimensões de Rocas são consideradas ínfimas quando comparada a de outros atóis, como o Atol Kwajalein, nas Ilhas Marshall, o maior atol do mundo, com dimensões de 120 x 32 km e o Atol Rangiroa, no arquipélago de Tuamotu, na Polinésia Francesa que possui extensões de 72 x 36 km (Guilcher, 1988).

Kikuchi (1994), realizou um levantamento geomorfológico do Atol das Rocas e identificou três compartimentos: frente recifal; platô recifal e laguna, os quais foram divididos em feições específicas.

O mapa aqui proposto elucidava o complexo recifal de Rocas de acordo com suas diferentes características morfológicas. Foram descritos as seguintes feições: frente recifal; crista algálica; platô recifal; depósito de sedimentos bioclásticos; piscinas naturais; laguna e Ilhas arenosas e também a ocorrência de beachrocks (Fig. 3).

Frente Recifal

Corresponde a estrutura recifal submersa que se desenvolve a sotavento (leeward) do atol, que vai desde o canal da região Norte, denominado Barretão, até a reentrância recifal na porção sul do atol, denominado Salão dos Tubarões. As regiões mais extensas se concentram na porção Norte e Noroeste, diminuindo gradativamente em direção a Barlavento, onde não se torna mais perceptível através de imagens de Satélite.

Descrita primeiramente por Kikuchi (1994), o autor descreve a frente recifal como uma extensão recifal que se estende desde a borda do anel recifal

até o fundo adjacente, a profundidades superiores a 18 m. É notavelmente mais extensa na porção W e NW do Atol, podendo atingir até 600 m de extensão recife afora e declividade aproximada de 1°15'. O autor também menciona que nas porções SE e NE (barlamar) a frente recifal é extremamente limitada, e constitui uma parede com elevada declividade que vai da borda do anel recifal até profundidades de 10 m, onde ocorre um depósito de talus até 15 m de profundidade onde se inicia um terraço horizontal colonizado por algas, esponjas e corais.

Através de mergulho autônomo, foi constatado um grande densidade de algas na frente recifal, as quais parecem ser o organismo que mais contribui para a construção dessa feição morfológica, apesar de amostras da mesma não terem sido obtidas.

Uma feição típica de frentes recifais em outros atóis é a presença de um sistema de crescimento denominado *Spur and Groove* que ocorre mais comumente à barlavento dos atóis (Guilcher, 1988). Entretanto, Kikuchi & Leão (1997) descreveram essa característica, ainda que pouco desenvolvida, à sotavento de Rocas.

O sistema de *Spur and Groove* é denominado por Munk & Sargent (1948) como uma adaptação da frente recifal para a arrebentação das ondas, no qual os espigões (*Spurs*) dispersam a energia das ondas e permitem que organismos cresçam utilizando oxigênio e nutrientes trazidos pelo movimento constante da água.

Crista Algálica

A crista algálica envolve grande parte do contorno do atol e ainda aparece na porção interna do recife, ao lado E da Ilha do Cemitério, e cria uma interface com o depósito sedimentar na região central do atol.

Kikuchi & Leão (1997) descrevem a crista recifal como uma estrutura situada na borda recifal que varia de 20 a 30 metros de largura com altura média de 0,5 m a qual contorna o Atol, desaparecendo apenas no arco a sotavento do anel recifal a NE da Ilha do Farol.

A crista algálica, que delimita a margem do atol, constitui a região de mais alta energia do complexo recifal, pois é onde a energia das ondas é dissipada. Guilcher (1988), afirma que algas do gênero *Porolithon* formam uma crista de 5 a 15 m de largura no Atol Bikini e afirma que essa crista recifal sofre constante arrebentação e lavagem das ondas, e que esses fatores são decisivos para que o gênero sobreviva.

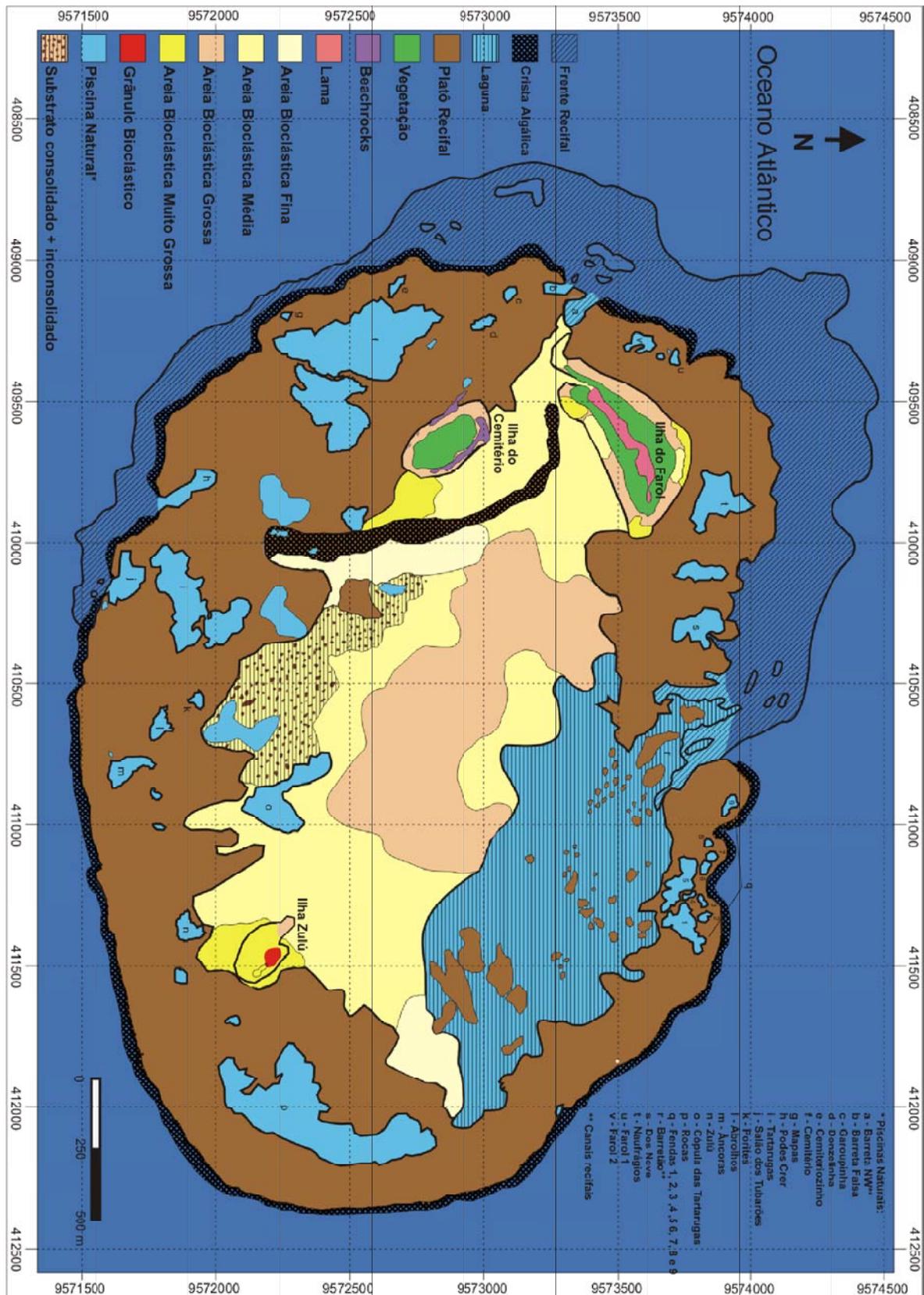


Figura 3 - Mapa geológico do Complexo Recifal do Atol das Rocas – Atlântico Sul.
 Figure 3 – Geological map of the reef complex of Rocas atoll – South Atlantic.

Platô Recifal

No mapeamento aqui elaborado, o platô recifal aparece como a feição morfológica mais extensa do complexo recifal, uma área de aproximadamente 3,73 km². Essa porção representa a parte consolidada que fica na interface com o depósito sedimentar e a crista algálica. Apresenta maiores larguras nas porções SE e SW, sendo mais delgado na porção NE. Durante a baixamar, são formadas diversas piscinas naturais, as quais se apresentam em maior quantidades na porção SW. Na porção NW do platô, também podem ser constatada a presença das ilhas do Farol e do Cemitério.

Kikuchi & Leão (1997), descrevem o platô recifal (*reef proper*) como uma estrutura que varia de 100 até 800 metros de extensão que é interrompido por dois canais na porção sotavento (*leeward*), os quais dividem o platô em duas partes, *leeward arch* e *windward arch*.

Essa feição, tanto em recifes de barreiras, franjas e em atóis, pode variar de algumas centenas de metros até diversos quilômetros, um exemplo de um extenso platô recifal é apresentado por Faure (1974) e Montaggioni (1974) no recife de franja das Ilhas Rodriguez no Oceano Índico, que chega a atingir 2000 m de largura em diversos lugares.

Guilcher (1988), afirma que, como uma regra, o platô consiste principalmente de um pavimento cimentado por algas calcárias e incorporado de vários elementos detriticos derivados da comunidade recifal. A composição da estrutura do platô de Rocas apresentado por Gherardi e Bosence (2001) coincide com os principais componentes descritos por Guilcher (1988) tais como: fragmentos de corais, algas calcárias e foraminíferos.

Depósito de Sedimentos Bioclásticos

As análises de sedimentos coletadas no depósito arenoso central evidenciaram um sedimento 100% biogênico com 97,6% de fração arenosa (variando de areia fina a muito grossa) e 2,4% de fração grânulo.

Os principais componentes bióticos desse sedimento descritos por Pereira et al. (2008) foram: algas calcárias, tubos de polychaetas, foraminíferos, gastrópodes, fragmentos de conchas de bivalves, fragmentos de crustáceos, esponjas, corais, espículas de esponjas e espinhos de equinodermos. Kikuchi & Leão (1997) descreveram as partículas biogênicas de Rocas e constatou que mais de 50% das partículas são de fragmentos de algas coralíneas.

A fração de areia grossa foi a mais predominante,

evidenciando uma elevada hidrodinâmica atuante no Atol das Rocas. Uma pequena porção de fácies de lama pode ser observada numa baía que se forma na Ilha do Farol, denominada Baía da Lama. Essa baía sofre influência do ciclo da maré e representa, a primeira instância, a região de menor energia do complexo recifal. Essas condições podem explicar o fato de ser o único local do atol onde pode-se encontrar a fração lama, que devido à exposições cíclicas de águas com pouca hidrodinâmica, é possível que ocorra condições ideais para a precipitação de particulados finos.

Piscinas Naturais

Durante a baixamar, o atol exibe em seu platô recifal mais de 40 piscinas naturais de variados tamanhos. As mais extensas piscinas são: Rocas ($\pm 128.000 \text{ m}^2$); Cemitério ($\pm 116.000 \text{ m}^2$); Tartarugas ($\pm 43.000 \text{ m}^2$), e Cópula das Tartarugas ($\pm 33.000 \text{ m}^2$).

Laguna

Uma das principais características de uma formação do tipo atol é a presença de uma laguna confinada no interior do anel recifal, preferencialmente na parte central, essa laguna é ligada ao mar aberto por passagens que ocorrem na estrutura recifal. Em Rocas, entretanto, pode se constatar uma laguna permanente na porção interna à NE do Recife e não na porção central, que se conecta com o oceano através da passagem denominada Barretão. A laguna em si é relativamente rasa quando comparada a outros atóis, chegando a profundidade máxima de 8 m.

Ilhas Arenosas

Na porção NW de Rocas encontram-se duas Ilhas arenosas (*sand cay*) denominadas Ilha do Farol e Ilha do Cemitério. Uma terceira ilha, menos desenvolvida, pode ser encontrada na região SE do atol.

Ainda não bem definida, a ilha Zulú representa um corpo sedimentar com frações de areia muito grossa e grânulos, sem vegetação fixa, com eixos maior de 288 m e menor de 144 m, com área de aproximadamente 25.000 m². Durante a preamar somente uma pequena porção central permanece emersa. Nos mapas de Kikuchi & Leão (1997) e Andrade (1959), nenhum aspecto sobre esse corpo sedimentar localizado na região SE do Atol das Rocas é mencionado.

A ilha do Cemitério possui um litoral de 950 m de extensão com um eixo maior de 380 m e menor de 186

m. Sua área é de aproximada de 54.000 m². A vegetação é tipicamente herbácea, com espécies das famílias *Amaranthaceae*, *Aizoaceae*, *Portulacaceae*, *Gramíneae* e *Amaryllidaceae*.

Na Ilha do Cemitério é possível observar a ocorrência de *beachrocks* na porção N, NE e W da ilha. Essa rocha apresenta-se pouco cimentada e foi apontado por Andrade (1959); Gherardi & Bosence (2005), como indicador de um nível de mar mais elevado no passado.

Ilha do Farol, apresenta 674 m em seu eixo maior e 327 m no menor com 1.800 m de extensão litorânea e uma área de aproximadamente 156.000 m². É nessa ilha onde estão localizados todas as edificações construídas na reserva Biológica, que hoje representam duas bases

de apoio a pesquisa, um farol da Marinha Brasileira e as ruínas de um antigo farol e uma casa, construída em 1881. Apresenta uma vegetação semelhante à da ilha do Cemitério, porém, existem ainda uns poucos coqueiros introduzidos antes da criação da Reserva.

4.2 Morfodinâmica da Ilha do Farol

A partir do perímetro da ilha do Farol apresentados em mapeamentos anteriores por Andrade (1959) e Kikuchi & Leão (1997) é possível notar um progressivo crescimento desse corpo sedimentar (Fig. 4), estimando-se um acréscimo de área de aproximadamente 47.000 m².

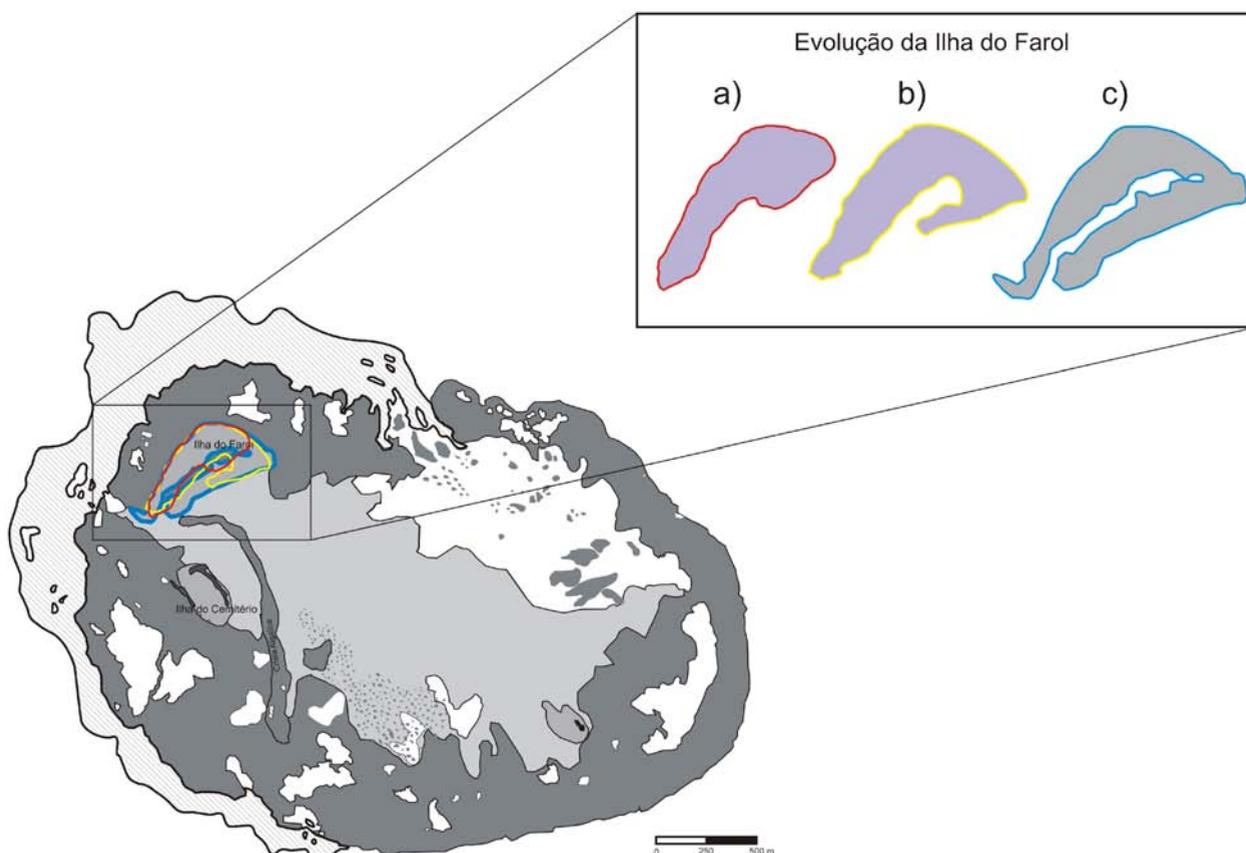


Figura 4 – Evolução da Ilha do Farol nos últimos 50 anos. a) perímetro da Ilha do Farol apresentado por Andrade (1959); b) Perímetro da ilha do Farol apresentado por Kikuchi & Leão (1997); c) Perímetro da Ilha obtido por Pereira (2009).

Figure 4 - Evolution of Ilha do Farol in the last 50 years. a) perimeter of Ilha do Farol presented by Andrade (1959) b) perimeter of Ilha do Farol presented by Kikuchi & Leão (1997) c) Perimeter of Ilha do Farol obtained by Pereira (2009).

O acúmulo de sedimento nessa região pode ser uma resposta à dinâmica local, que durante a preamar, sofre atuação da corrente Sul Equatorial, a qual tem deriva constante para a direção W.

O recife em si é uma fonte geradora de sedimentos carbonáticos, processo que tem início a partir da denudação da estrutura recifal devido a atuação dos processos físicos (ondas e correntes) e biológicos (Bioerosão e deposição de esqueletos e carapaças carbonáticas de organismos). Essas partículas geradas no complexo recifal são de baixa densidade e facilmente carregadas segundo o sentido do fluxo interno do atol.

O acréscimo sedimentar na Ilha do Farol nos últimos 50 anos pode estar relacionado ao aumento da hidrodinâmica local, ocasionado por fatores ainda desconhecidos, que conseqüentemente intensificaria o transporte sedimentar, sedimento esse proveniente da erosão de determinadas regiões do setor W, ou mesmo outros setores do Atol, incluindo a própria estrutura recifal.

Com uma extensão paraial de 1 800 m, a Ilha do Farol pode ser dividida em 3 setores (Fig. 5). O setor Oeste possui 651 m de extensão, o maior deles; o setor Norte com 428 m e o setor Leste com 566 m.

Setor Oeste

Os perfis mensurados em Junho de 2009 (Fig. 6) apresentaram uma extensão máxima do perfil de 29,5 m com ondas incidindo obliquamente a costa. A altura

máxima da praia relativa ao platô recifal foi de 3,2 m. Esse setor recebe influência direta de ondas oceânicas provenientes de W, embora que a maior demanda de ondas que atinge Rocas ocorra à barlavento E (windward), Gherardi & Bosence (2001) afirma que a refração das ondas pode gerar grandes arrebentações de ondas a sotavento (leeward). O ângulo de incidência das ondas atua de maneira significativa no modelamento do sistema praial, uma vez que as suas variações determinam o sentido da corrente de deriva litorânea e conseqüentemente o transporte sedimentar longitudinal (Muehe, 1995).

A velocidade de corrente da deriva litorânea mensurado no setor Oeste da Ilha do Farol foi de 0,068 m/s com direção SW (Fig. 5). A análise das amostras de sedimentos coletados na pós-praia e antepraia evidenciaram para ambos um sedimento de fração de areia grossa e moderadamente selecionado com diâmetro médio de 0,62 (pós-praia) e 0,64 (antepraia), que juntamente com a alta declividade expressa um ambiente de alta energia. Os resultados quantitativos obtidos neste perfil, para o período considerado, mostraram uma pequena perda de sedimento de 1,42 m³/m.

Setor Norte

O comprimento do perfil na região Norte teve uma extensão máxima 27,9 m, a menor dentre os perfis, a altura absoluta da praia nessa porção foi de

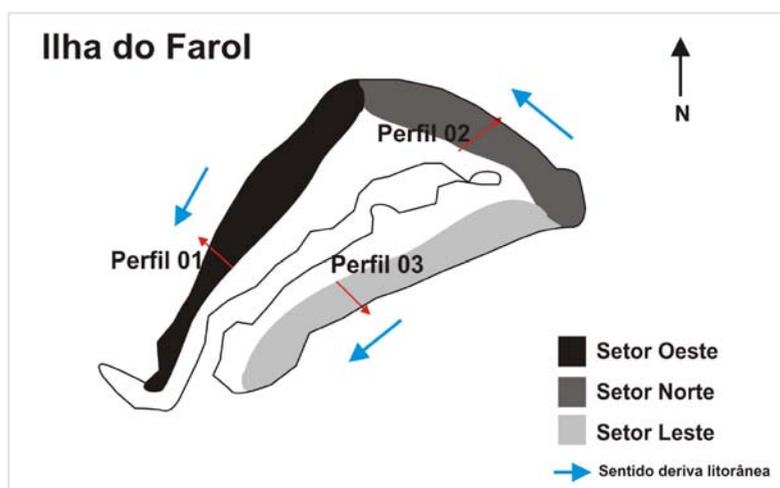


Figura 5 – Representação da divisão setorial da Ilha do Farol, Atol das Rocas.

Figure 5 – Representation of the sectoral division of Ilha do Farol, Atol das Rocas.

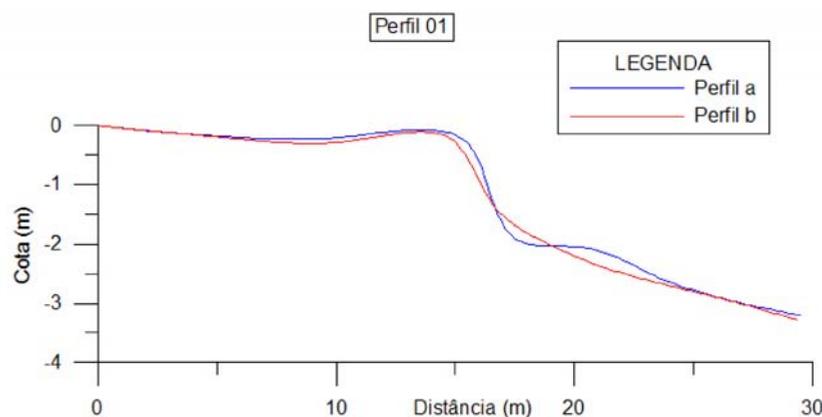


Figura 6 - Representação topográfica do perfil 01. (a) perfil do dia 21/06/09. (b) perfil do dia 26/06/09.

Figure 6 – Topographic representation of the profile 01. (a) profile from June, 21th of 2009. (b) profile from June, 26th of 2009.

2,7 m em relação ao platô (Fig. 7). Neste setor da Ilha existe uma menor atuação da ação das ondas com relação ao setor W e ocorre uma corrente que deriva na direção NW (Fig. 5) com velocidade de 0,3 m/s, a mais elevada da ilha.

Sua pós-praia apresenta um sedimento de fração areia média, moderadamente selecionada com diâmetro médio de 1,37. Na antepraia o sedimento foi classificado como areia muito grossa, moderadamente selecionado e diâmetro médio de -

0,29. Os resultados quantitativos obtidos neste perfil, para o período considerado, evidenciaram uma baixa perda de material sedimentar de 2,82 m³/m.

O perfil revela uma praia de baixa energia com pouca influência da arrebentação das ondas, ocorrendo apenas ação de pequenas ondulações provenientes do interior do atol que ocasiona um leve espriamento na face da praia, que juntamente com a ação das correntes de maré, são os principais agentes modeladores da configuração da praia desse setor.

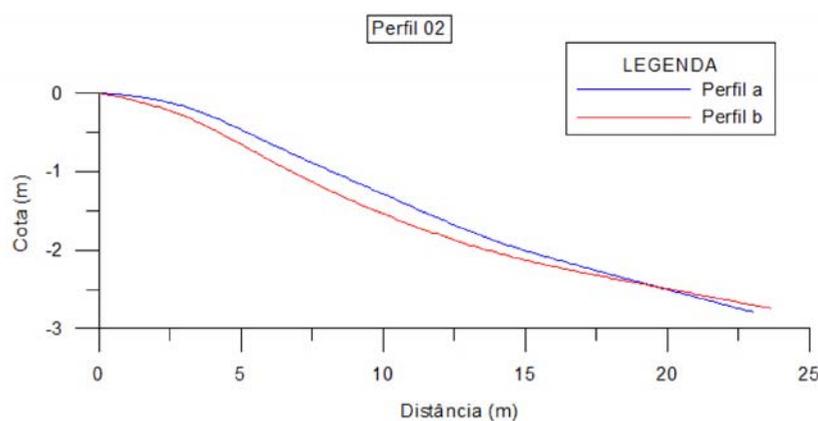


Figura 7 - Representação topográfica do perfil 02. (a) perfil do dia 21/06/09. (b) perfil do dia 26/06/09.

Figure 7 – Topographic representation of the profile 02. (a) profile from June, 21th of 2009. (b) profile from June, 26th of 2009.

Setor Leste

O comprimento máximo do perfil desse setor foi de 29,5 m e a altura máxima da praia em relação ao platô recifal foi de 1,9 m (Fig. 8). Esse setor é banhado pela laguna e sofre ação de pequenas ondulações proveniente de SE e E que incidem obliquamente a costa. A velocidade de corrente verificada foi de 0,076 m/s com deriva na direção SW.

Ambas amostras de sedimento da pós-praia e antepraia indicaram um sedimento de fração areia média e moderadamente selecionado, seus diâmetros médios foram, respectivamente, 1,06 e 1,03. Os resultados quantitativos obtidos neste perfil, para o período considerado, também evidenciaram uma perda pouco significativa de material sedimentar de

0,94 m³/m. A morfologia do perfil revela uma praia de baixa declividade, que juntamente com um sedimento de fração areia média em sua face praial pode sugerir um ambiente de baixa hidrodinâmica.

Com os dados revelados aqui pode-se constatar que todos os setores sofreram uma pequena perda de material, porém não o suficiente para considerarmos um processo de erosão, sendo aqui consideradas praias estáveis. Como tal prospecções não fazem parte do principal objetivo do trabalho, o qual teve como principal foco revelar a morfologia dos diversos setores do complexo recifal do Atol das Rocas, sugere-se um estudo mais aprofundado com acompanhamento sazonal, a fim de compreender melhor a morfodinâmica da Ilha do Farol.

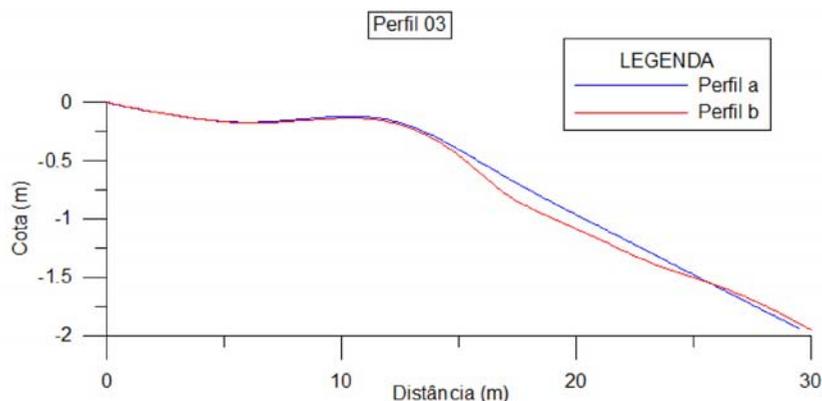


Figura 8 - Representação topográfica do perfil 03. (a) perfil do dia 21/06/09. (b) perfil do dia 26/06/09.

Figure 8 - Topographic representation of the profile 03. (a) profile from June, 21th of 2009. (b) profile from June, 26th of 2009.

CONCLUSÃO

A descrição geomorfológica e o mapeamento do Complexo recifal do Atol das Rocas evidenciaram as diversas formações do recife e sua complexa interação entre as variáveis biológicas, geológicas, físicas e químicas. A estrutura carbonática de Rocas, em seu arranjo morfológico, figura um dos menores atóis do mundo (3,35 x 2,49 km), sítio que cresce sobre um *Guyot* pertencente a zona de fratura de Fernando de Noronha. As feições aqui descritas ilustraram as estruturas como: frente recifal; crista algálica; platô recifal; depósito sedimentar; piscinas naturais; laguna

e Ilhas arenosas, estruturas inerentes a diversos complexos recifais do tipo atol que ocorrem no Pacífico, Índico e no Caribe. Levantamentos geomorfológico dos últimos 50 anos evidenciaram um crescimento da área da Ilha do Farol, fator que pode estar relacionado a constante produção de partículas biogênicas no complexo recifal e ao aumento da hidrodinâmica local. Estudos correlacionados a morfodinâmica evidenciaram uma pequena perda de sedimento nos perfis realizados ao longo da Ilha do Farol no período estudado, entretanto, o volume de sedimento perdido não foi

de grande relevância e podemos considerar a praia como estável. Os dados aqui apresentados não são suficientes para que se possa descrever o padrão da hidrodinâmica e dinâmica sedimentar que ocorre nessa Ilha. Contudo, sugere-se um estudo com um esforço amostral de dados mensal, a fim de uma compreensão mais detalhada do comportamento morfodinâmico da Ilha do Farol.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, Fernando Flavio Marques de (1955) - *Geologia e Petrologia do Arquipélago de Fernando de Noronha*. 181p., DNPM/DGM. Monografia XIII, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Andrade G.O. (1959) - O recife anular das Rocas (Um registro das recentes variações eustáticas no Atlântico Equatorial). *Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, 12:29-61.
- Blanc, Jean Joseph (1982) - *Sédimentation des marges continentales actuelles et anciennes*. Masson & Cie., 159p., Paris, França. ISBN: 9782225756580
- Darwin, Charles (1842) - *The structure and Distribution of Coral reefs*. Smith, Elder & Co., 256p., Cornhill, Reino Unido. Disponível em http://darwin-online.org.uk/pdf/1842_Coral_F271.pdf
- Ekau, W. & Knoppers, B.A. (eds.) (1996) - Sedimentation processes and productivity in the continental shelf waters off east and Northeast Brazil. *Cruise Report and first results of the Brazilian German project JOPS-II (Joint Oceanographic Projects)*, pp.139-147, Center for Tropical Marine Ecology, Bremen, Alemanha.
- Faure, G. (1974) - Morphology and bionomy of coral reefs discontinuities in Rodriguez Island (Mascarene Archipelago, Indian Ocean). In: Cameron, A.M., B.M. Cambell, A.B. Cribb, R.Endean, J.S. Jell, O.A. Jones, P. Mather and F.H. Talbot (eds.). *Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium*, 2:161-172, The Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Australia.
- Ferreira, E.R. (1999) - *Morfodinâmica praial e previsão de ondas em ambientes de baixa energia – Paraia de Fora, Baía Sul, Ilha de Santa Catarina*. 66p. Tese de Mestrado. UFRGS, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (não publicado).
- Folk R.L. & Ward W.C. (1957) - Brazos river bar: a study of significant of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1):3-26.
- Garcia, G.J. & Piedade, G.C.R. (1987) - *Topografia aplicada a Ciências Agrárias*. 5º ed., 255p., Nobel ed., São Paulo, SP, Brasil.
- Gherardi, D. F. M. & Bosence, D. W. J. (1999) - Modeling of the ecological succession of encrusting organisms in recent coralline-algal frameworks from Atol das Rocas, Brazil. *Palaeos*. 14(2):145-158.
- Gherardi, D. F. M. & Bosence, D. W. J. (2001) - Composition and community structure the coralline alga reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. *Coral Reefs*, 19: 205-219. (<http://dx.doi.org/10.1007/s003380000100>)
- Gherardi, D. F. M. & Bosence, D. W. J. (2005) - Late Holocene reef growth and relative sea level changes in Atol das Rocas, equatorial South Atlantic. *Coral Reefs*, 24: 264–272. (<http://dx.doi.org/10.1007/s00338-005-0475-5>)
- Góes, Camila Aguirre (2006) - *Análise da dispersão de larvas de lagostas no Atlântico Tropical a partir de correntes geostroficadas superficiais derivadas por satélites*. Dissertação de Mestrado, 93p., Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE-14197-TDI/1099, São José dos Campos, SP, Brasil. Disponível em <http://mtc-m17.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/07.10.14.12>
- Gorini M.A. & Bryan G.M. (1976) - The tectonic fabric of the equatorial Atlantic and adjoining continental margins: Gulf of Guinea to northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48 (Suplemento):101-119, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
- Guilcher, A. (1988) - *Coral reef geomorphology*. 242p., John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 0471917559.
- Hoflich, O. (1984) - Climate of the South Atlantic Ocean. In: Van Loon H (ed) *Climates of the oceans*. p. 1-192. Elsevier, Amsterdam.
- Hogben, N. & F. E. Lumb (1967) - *Ocean wave statistics; a statistical survey of wave characteristics estimated visually from Voluntary Observing Ships sailing along the shipping routes of the world*. 263p., Ministry of Technology, National Physical Laboratory, Londres, Reino Unido.
- Kikuchi, R.K.P. (1994) - *Geomorfologia, Estratigrafia e Sedimentologia do Atol das Rocas (Rebio-IBAMA/RN)*.

- Dissertação de Mestrado, 144 p., Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, Brasil. (não publicado).
- Kikuchi, R.K.P. (1999) - Atol das Rocas, Atlântico sul equatorial ocidental, Brasil. *In*: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. (eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. (Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio033/sitio033.htm>).
- Kikuchi R.K.P. & Leão, Z.M.A.N. (1997) - Rocas (Southwestern Equatorial Atlantic, Brazil): an atoll built primarily by coralline algae. *In*: H. Lessios and I. Macintyre (eds), *Proceedings Of The International Coral Reef Symposium*, 1:731-736, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama.
- Ladd, H., Tracey, J. & Gross, M. (1970) - *Deep drilling on Midway Atoll*. US Geological Survey Professional Paper 680-A, 22p.
- Laporte, Leo F. (org.) (1974) - Reefs in time and space; Selected examples from the recent and ancient. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special publication* n° 18, 256p., Tulsa, Ok, USA.
- Montaggioni, L. (1974) - Coral reefs and Quaternary shore-lines in the Mascarene Archipelago (Indian Ocean). *In*: Cameron, A.M., B.M. Cambell, A.B. Cribb, R. Endean, J.S. Jell, O.A. Jones, P. Mather and F.H. Talbot (eds). *Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium*, 2:579-593, The Great Barrier Reef Committee, Brisbane, Australia.
- Muehe, D. (1996) - Geomorfologia Costeira. *In*: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (Eds.), *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Bertrand Brasil, 343p., Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 8528605485
- Munk, W. H. & Sargent, M. C. (1948) - Adjustment of Bikini Atoll to ocean waves. *US Geol Survey Professional Paper* 260(C): 275-280.
- Ottman F. (1963) - "L'atol das Rocas" dans l'Atlantique sud tropical. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 2:101-107.
- Palma, J.J.C. (1984) - Fisiografia da área oceânica. *In*: Schobbenhaus, C. (Ed.). *Geologia do Brasil*, 501p. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, DF, Brasil.
- Pereira, N. S., Marins, Y. O., Silva, A. M. C., Oliveira, P. G. V. & Silva, M. B. (2008) - Influência do Ambiente Sedimentar na Distribuição dos Organismos Meiobentônicos do Atol das Rocas. *Estudos Geológicos* (UFPE) 18(2):67-80. (Disponível em <http://www.ufpe.br/estudosgeologicos/paginas/edicoes/2008182/2008182t06.pdf>)
- Richardson, P.L., & Walsh, D. (1986) - Mapping climatological seasonal variations of surface currents in the tropical Atlantic using ship drifts. *Journal of Geophysical Research*, 91: 10537-10550. (<http://dx.doi.org/10.1029/JC091iC09p10537>)
- Servain, J., Seva, M., Lukas, S. & Rougier, G. (1987) - Climatic atlas of the tropical Atlantic, wind stress and sea surface temperature: 1980-1984. *Ocean-Air Interaction*, 1: 109-182.
- Soares-Gomes, A., Villaça, R. C. & Pezzella, C. A. C. (2001) - Atol das Rocas ecossistema único no Atlântico Sul. *Ciência Hoje*, 29(172):32-39.
- Soares, M. de O., Lemos, V. B. & Kikuchi, R.K.P. (2009) - Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial: considerações sobre a classificação do recife biogênico. *Revista Brasileira de Geociências*. 39(2):238-243. (Disponível em <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/article/view/13342/10607>)
- Stoddart, D. R. (1969) - Ecology and morphology of recent coral reefs. *Biological Reviews*, 44(4):433-498.
- Suguo, K. (2003) - *Geologia Sedimentar*. 400p. Blucher Ed., São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8521203179.
- Tucker, Maurice E. & Wright, V. Paul (1990) - *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Science, 482p., Oxford, Reino Unido. ISBN: 0632014725
- Wilson, J. L. (1974) - Characteristics of carbonate platform margins. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 58(5):810-824.



Gestão ambiental de ecossistemas insulares: O caso da reserva biológica do atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial *

Environmental management of insular ecosystems: The case of atol das Rocas biological reserve, Equatorial South Atlantic

Marcelo de Oliveira Soares @¹, Carolina Cerqueira de Paiva¹, Thaís de Godoy²,
Maurizélia de Brito Silva³ & Carla Soraia Soares de Castro²

RESUMO

O manejo de unidades de conservação marinhas é de fundamental importância para a proteção dos ambientes recifais. Este trabalho analisa a Reserva Biológica (REBIO) do Atol das Rocas através do diagnóstico dos recursos, da avaliação dos principais impactos e da efetividade do manejo empregado. A Unidade de Conservação caracteriza-se por ser marinha, insular e estar situada a 267km do litoral brasileiro. O modelo cibernético de Odum foi utilizado para avaliação dos impactos e do desenvolvimento da geodiversidade e biodiversidade na reserva. Para análise da efetividade do manejo foi utilizado o método RAPPAM da WWF. Os impactos na área podem ser de caráter regional e/ou global: 1) atividades pesqueiras; 2) introdução de espécies exóticas e de lixo marinho; e 3) mudanças climáticas. O modelo utilizado demonstrou que os impactos encontrados constituem fatores de risco para a biodiversidade e geodiversidade. A efetividade de manejo foi considerada satisfatória, atingindo 85%. Os módulos Planejamento (100%) e Processos (99%) foram os que mais contribuíram para essa classificação. Assim, a REBIO do Atol das Rocas pode ser usada como exemplo para discussão do gerenciamento das unidades de conservação insulares do mundo.

Palavras-chave: unidades de conservação marinhas, recursos marinhos, ilhas oceânicas.

@ - Autor correspondente: Marcelo Oliveira <bio_marcelo@yahoo.com.br>

1 - Instituto de Ciências do Mar-LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição, 3207, CEP 60.165-081, Fortaleza, Brasil

2 - Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, R. Mangueira s/n,

CEP 58.297-000, Rio Tinto, Brasil.

3 - Reserva Biológica do Atol das Rocas, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBIO, Av. Alexandrino de Alencar, 1399 Tirol, CEP 59.015-350, Natal, Brasil

ABSTRACT

The management of marine protected areas is of fundamental importance to protection of reef environments. This work analyses Atol das Rocas Biological Reserve (REBIO) through the diagnosis of resources, assessment of main impacts and the effectiveness of the management used. The cybernetic model of Odum was used to evaluate the impacts and the development of geodiversity and biodiversity in the reserve. For analysis of the effectiveness of management was the used RAPPAM method by WWF. Impacts in the area can be regional and/or global: 1) fishing activities; 2) introduction of exotic species and marine debris; and 3) climate changes. A cybermodel showed these impacts are risky factors to biodiversity and geodiversity. The effectiveness of the management was considered satisfactory, it reached 85%. Planning (100%) and Process (99%) modules were the ones that most contributed to this classification. Therefore, Atol das Rocas REBIO can be used as an example to discussions about the management of insular protected areas in the world.

Keywords: marine protected areas, marine resources, oceanic islands.

1. INTRODUÇÃO

Os recifes de coral representam o ecossistema marinho de maior biodiversidade e produtividade (Adey, 2000; Wilkinson, 2002). Tais sistemas recifais são protegidos de forma precária, além de serem susceptíveis à degradação e expostos a impactos constantes em muitas áreas, apesar da geodiversidade e da biodiversidade que apresentam (Rinkevich, 2008). Pode-se destacar a importância dos ambientes recifais insulares e costeiros sob os aspectos: 1) físico, fornecendo proteção às ilhas da ação denudacional do mar; 2) biológico, devido à grande diversidade e quantidade de organismos associados em teia alimentar de grande complexidade; 3) geoquímico, devido à alta produtividade e influência no balanço biogeoquímico de carbono; 4) bioquímico, fornecendo matéria-prima para pesquisas na área farmacológica. Os recifes são verdadeiros criadouros de peixes, renovando estoques e favorecendo a reprodução de populações em regiões densamente exploradas (Denovaro & Frascetti, 2002).

Os atóis são recifes oceânicos que possuem um aspecto anular onde comumente se encontra uma laguna interna e ilhas formadas por depósitos arenosos inconsolidados do Holoceno (Darwin, 1842; Barry *et al.*, 2007). Além disso, diferem significativamente em relação ao número, tamanho, continuidade e morfologia das ilhas (Stoddart, 1965; Woodroffe, 2008). Na história geológica recente observam-se 425 atóis. A maioria encontra-se na região do Indo-Pacífico e 27 estão localizados no Oceano Atlântico, sobretudo no Mar do Caribe (Bryan, 1953).

A gestão de ambientes insulares, sobretudo os

atóis, é de difícil execução. A reduzida ou inexistente disponibilidade de água doce, susceptibilidade à erosão, presença de biota endêmica e a vulnerabilidade às mudanças climáticas são fatores complexos que devem ser considerados no gerenciamento dos recursos ambientais do ecossistema recifal (Barnett, 2001; Woodroffe, 2008). As recentes alterações ambientais desse ecossistema (branqueamento, acidificação, redução de produtividade, etc.) devido às mudanças climáticas globais têm sido documentadas constantemente no meio científico (e.g. Hughes *et al.*, 2003; Buddemeier *et al.*, 2004; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007).

O Brasil possui os únicos recifes coralíneos do Atlântico Sul. O trabalho mais abrangente sobre o assunto foi realizado nos anos 1960, mas enfrentou sérios problemas logísticos em muitas áreas. Grandes comunidades coralíneas foram registradas no Brasil desde o Parcel de Manuel Luís, no Maranhão (01°S) até os recifes de Abrolhos, na Bahia (18°S). No sul também foram observadas comunidades significativas, denominadas “Zona de Desaparecimento das Comunidades Coralíneas”, as quais se estendem até Cabo Frio, no Rio de Janeiro (Laborel, 1970; Leão *et al.*, 2003).

Os ambientes recifais foram considerados por muito tempo propriedade comum a todos e disponíveis para exploração de recursos infinitos (Armstrong, 2007). Nesse quadro encontrava-se o Atol das Rocas. Legalmente, a Reserva Biológica (REBIO) do Atol das Rocas foi constituída desde o decreto federal de 1979 (Presidência da República, 1979). Apesar disso, a região ainda carece de estudos que se proponham a analisar a gestão desse ecossistema recifal.

O presente estudo tem por objetivos: 1) apresentar descrição analítica da REBIO do Atol das Rocas; 2) identificar os impactos e analisar os fatores de risco; 3) elaborar um modelo cibernético da biodiversidade e geodiversidade tendo em vista a análise de fatores de risco para a gestão; 4) analisar a efetividade do manejo empregado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A descrição analítica da REBIO do Atol das Rocas foi elaborada através do diagnóstico dos recursos ambientais bem como do histórico da criação e da situação atual da Unidade. Essas informações foram obtidas a partir de trabalhos de campo, pesquisas bibliográficas de documentos científicos e técnicos e entrevistas com as pessoas e entidades envolvidas no processo de criação e gerenciamento. O acesso à gerência de unidades de conservação federais, pertencente ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) foi fundamental nesse processo.

Os impactos (pressão de pesca, introdução de espécies exóticas, lixo marinho, mudanças climáticas, erosão) e a análise dos fatores de risco foram avaliados durante trabalhos de campo dos autores nos últimos 19 anos e através de dados bibliográficos. Os métodos espontâneos (*Ad Hoc*) e de Listagem (*Checklist*) foram utilizados para esta avaliação. A partir dessas análises foi elaborado um modelo cibernético (Patten & Odum, 1991) da biodiversidade e geodiversidade da região, através do uso de fatores físicos, biológicos e de impactos antrópicos no sistema analisado.

A efetividade do manejo foi avaliada em três fases. Durante a primeira foi realizada pesquisa bibliográfica para analisar os dados históricos da REBIO. Na segunda fase foram aplicados questionários ao gestor responsável pela Unidade durante o período de implantação (no final de 1990 por Gilberto Sales) e ao gestor atual (Maurizélia de Brito Silva). O modelo de questionário foi adaptado do método para *Avaliação Rápida e Priorização do Manejo de Unidades de Conservação (RAPPAM)*, desenvolvido pelo *World Wide Fund For Nature (WWF)* (WWF & IBAMA, 2007). Tal método abrange as áreas Contexto e Efetividade de Gestão. A primeira compreende a análise dos módulos Vulnerabilidades, Importância Biológica e Importância Socioeconômica. A Efetividade de

Gestão é medida considerando os módulos Planejamento, Processos e Resultados. Cada módulo é subdividido em elementos de análise. Na terceira fase foi realizada a avaliação das respostas dos gestores por meio de atribuições de valores a elas. Para cada questão existiam quatro alternativas de respostas com pontuações distintas que variaram de uma situação precária de manejo para uma situação ótima. Os resultados obtidos foram apresentados em valores percentuais, considerando alto o valor acima de 60%, médio, de 40 a 60%, e baixo o valor inferior a 40%. Há dificuldades no que se trata da adaptação do método, pois o RAPPAM avalia todas as unidades, ser ter método específico para cada categoria.

A análise das questões se faz por meio de atribuições de valores as respostas dadas. Para cada questão há quatro alternativas de respostas - sim; não; predominantemente sim ou predominantemente não - com pontuações distintas variando de zero, que representa uma situação precária de manejo, a três, que corresponde a uma situação ótima. Cada módulo é representado pela soma de todos os elementos que o compõe. As pressões e ameaças são analisadas de acordo com os valores atribuídos a cada critério adotado. Ambas são avaliadas por meio de sua tendência e criticidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Descrição analítica da Reserva Biológica do Atol das Rocas

O Atol das Rocas está localizado no topo de uma cadeia de montanhas submarinas no Oceano Atlântico Sul, cuja base encontra-se a 4.000m de profundidade no leito oceânico, a 3°51'S e 33°49'W e distando 267km da cidade de Natal e 148km do Arquipélago de Fernando de Noronha, no nordeste brasileiro (Figura 1). O substrato do recife tem origem vulcânica e, acima, encontra-se a formação carbonática com uma estrutura ligeiramente elipsoidal, quase circular no eixo maior (leste-oeste), o qual apresenta 3,7km de comprimento. O eixo menor (norte-sul) tem cerca de 2,5km. A geomorfologia da área é caracterizada pela presença de frente recifal, platô recifal e laguna (Figura 2). O platô recifal é a única porção que fica acima do nível do mar durante as baixamares. Nele encontram-se um anel recifal e um depósito arenoso.

O primeiro é interrompido por piscinas de vários tamanhos e profundidades formadas durante as baixamares e por dois canais ou barretas. No depósito arenoso existe duas ilhas arenosas, Ilha do Farol e Ilha do Cemitério, as quais representam os únicos locais que ficam descobertos durante a preamar (Gherardi & Bosence, 1999; Kikuchi, 2002). A primeira era chamada pelos franceses e ingleses de ilha *Sand* (Andrade, 1959) porém recebeu o atual nome após construção do primeiro farol, em 1882 (Duarte, 1938). A Ilha do Cemitério (Figuras 2 e 3a), conhecida antigamente como ilha *Grass* (Andrade, 1959), recebeu o nome atual devido à presença de cadáveres de alguns faroleiros e familiares e, principalmente, de naufragos vindos de embarcações que sofreram intempéries após choques com o recife (Faria & Silva, 1937a). Essas embarcações provavelmente constituem um rico patrimônio arqueológico subaquático (Figura 3b) que deve ser incluído no planejamento da gestão ambiental, apesar de ainda pouco estudado.

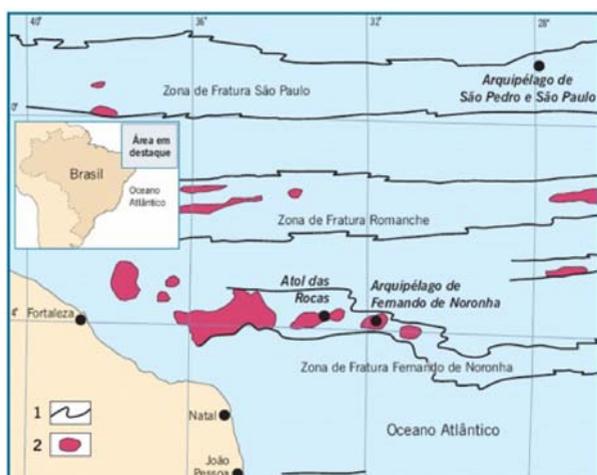


Figura 1. Região oceânica adjacente ao nordeste brasileiro: localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na Zona de Fratura São Paulo e do Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha na extremidade da Zona de Fratura Fernando de Noronha. 1. Limite de zonas de fratura; 2. Rochas magmáticas. Modificado de Almeida (2006).

Figure 1. Oceanic region adjacent to northeastern Brazil: location of the São Pedro and São Paulo Islands on São Paulo Fracture Zone and of Atol das Rocas and the Fernando de Noronha Islands at the end of Fernando de Noronha Fracture Zone. 1. End of fracture zones; 2. Magmatic rocks. Modified from Almeida (2006).

A Reserva Biológica (REBIO) do Atol das Rocas foi criada por iniciativa do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), por meio do Decreto-Lei nº 83.549 de 5 de junho de 1979 (Presidência da República, 1979), constituindo-se a primeira unidade de conservação marinha do Brasil e o primeiro sistema recifal insular a ser protegido no litoral sudoeste do Atlântico (Fischer *et al.*, 2007). Através do Decreto nº 92.755 (Presidência da República, 1986), de 5 de junho de 1986 foi declarada Área de Proteção Ambiental (APA) o Território Federal de Fernando de Noronha, a Reserva Biológica do Atol das Rocas e os Penedos, hoje Arquipélago, de São Pedro e São Paulo.

A feição geomorfológica que caracteriza e justifica a criação da REBIO e que também lhe denomina é a presença do Atol das Rocas, estrutura única no Atlântico Sul Ocidental e de relevante interesse ecológico (Figura 2). É um local-chave para a proteção da biodiversidade e, principalmente, de espécies com algum nível de ameaça de extinção, como as tartarugas marinhas. Além disso, abriga a maior concentração de aves marinhas tropicais do Oceano Atlântico Ocidental, inclusive espécies endêmicas (Fischer *et al.*, 2007).



Figura 2. Principais ecossistemas do Atol das Rocas: canais (CA); frente recifal (FR); depósito arenoso intermarés (DAI); laguna (LA); resíduos de recifes (RRS); Ilha do Farol (IAF); Ilha do Cemitério (IAC). Fonte: Soares *et al.*, 2009.

Figure 2. Main ecosystems of Atol das Rocas: channels (CA); reef front (FR); tidal sandy deposit (DAI); lagoon (LA); reef remains (RRS); Farol Cay (IAF); Cemitério Cay (IAC). Source: Soares *et al.*, 2009.

A REBIO engloba o Atol juntamente com as águas que o circundam até a isóbata de 1.000m, totalizando 360Km² (Kikuchi, 2002). Encontra-se em águas jurisdicionais brasileiras, dentro dos limites das 200 milhas náuticas, definidas como Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar assinada em 10 de dezembro de 1982, em Montego Bay, Jamaica.

A Reserva foi classificada como Unidade de Conservação de Proteção Integral conforme a determinação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) pela Lei nº 9.985 de 2000 e regularizado pelos Decretos nº 3.834 e nº 4.340 de 2001 e 2002, respectivamente. Segundo essa legislação, a REBIO é uma unidade de conservação onde é proibida a visitação pública, exceto para fins educacionais, podendo e devendo ser realizadas pesquisas científicas, desde que devidamente autorizadas pelo órgão responsável pela administração da Unidade.

Expedições à REBIO do Atol das Rocas só são permitidas após obtenção de licença do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão federal responsável pela gestão das unidades de conservação no país. Para isso deve-se enviar um projeto de pesquisa detalhado, informando o material que será estudado, os equipamentos que serão utilizados e o impacto que os recursos humanos e tecnológicos poderão causar (Fischer *et al.*, 2007). Esse sistema gerencial ambiental tem características excelentes, pois permite ao gestor planejamento prévio e fiscalização das possíveis atividades científicas impactantes que serão executadas.

A primeira ocupação do Atol ocorreu ainda no século XIX, quando foi instalada uma casa para os faroleiros (Figura 3c) (Andrade, 1959), considerada atualmente sítio arqueológico. Posteriormente, em 1993, foi implantada na Ilha do Farol uma estação científica que aloja pesquisadores durante o desenvolvimento de projetos de pesquisa. Desde então, o ICMBio têm se esforçado no aumento da pesquisa científica junto com instituições públicas e privadas. Em 2009 foi implantada na Reserva uma segunda estação científica para substituir a primeira, a fim de que os pesquisadores tenham mais segurança e condições para desenvolverem estudos (Figura 3d).

Apesar da estação científica não abrigar moradores permanentes ocorre constante fiscalização bem como atividades de gestão, pois as equipes são alternadas mensalmente.

As pesquisas científicas começaram a ser realizadas na área em 1880 pelo naturalista Jean de Léry, o qual descreveu brevemente o Atol à distância, quando retornava para a França (Léry, 1980). Somente em 1959 foi feita a primeira descrição mais aprofundada, apesar de ser baseada na coleta de dados de apenas um dia (Andrade, 1959). Até a década de 1990 a biota local foi estudada através de pesquisas sobre peixes (Faria & Silva, 1937b), organismos bentônicos (e.g. Oliveira Filho & Ugadim, 1974, 1976; Rios, 1979), aves, pelo Centro de Estudos de Migração de Aves (CEMAVE-IBAMA) (Antas & Azevedo Jr., 1990) e tartarugas, por equipes do *Projeto Tartarugas Marinhas (Projeto TAMAR-ICMBio)*. As equipes do TAMAR realizam desde 1990 o monitoramento da tartaruga-de-pente, *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766), e da tartaruga-cabeçuda *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) bem como das desovas da tartaruga-verde *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) na região, onde já foram registradas 500 ocorrências somente em uma temporada (dezembro a junho) (Marcovaldi & de Marcovaldi, 1999). A partir da instalação da primeira estação de pesquisa estudos mais duradouros puderam ser realizados na área (e.g. Echeverría *et al.*, 1996; Rosa & Moura, 1997; Kikuchi, 2002; Gherardi & Bosence, 2005; Soares *et al.*, 2009).

O SNUC estipula para cada unidade de conservação a presença de uma Zona de Amortecimento definida como “entorno de uma unidade de conservação onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”. A Zona de Amortecimento da REBIO do Atol das Rocas é delimitada por um retângulo (60 x 50 milhas náuticas) que abrange o monte submarino onde encontra-se o Atol e dois montes submarinos adjacentes, a leste da REBIO (Fischer *et al.*, 2007).

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) incluiu em 2001 a REBIO do Atol das Rocas juntamente com o Parque Nacional Marinho (PARNAMAR) de Fernando de Noronha na Lista do Patrimônio Mundial. Essa Organização baseou-se no fato de



Figura 3. A) Ilha do Cemitério com exposição de *beachrock* na faixa entremarés. B) Âncora de navio naufragado. C) Ruínas da casa dos faroleiros e do antigo farol à direita e o atual farol automático ao fundo. D) Estação científica e o atual farol automático. Fotos (A), (B): Jarian Dantas; (C): Risonaldo Dantas; (D): Maurizélia Silva.
Figure 3. A) Cemitério Cay with tidal beachrock exposed. B) Anchor of a shipwreck. C) Ruins of lighthousemen's house and ruins of the former lighthouse on the right and the current automatic lighthouse in the background. D) Scientific station and the current automatic lighthouse. Photos (A), (B): Jarian Dantas; (C): Risonaldo Dantas; (D): Maurizélia Silva.

ambas as Unidades representarem ecossistemas insulares oceânicos com águas altamente produtivas que fornecem alimentos para peixes, cetáceos e tartarugas marinhas que migram para a costa atlântica oriental da África (Fischer *et al.*, 2007).

Como a prática do turismo é proibida na Reserva, a única fonte de recursos financeiros direcionada ao manejo era proveniente do ICMBio. A escassez desses recursos fez com que gerência, em 2007, prospectasse parceiros (empresas e organizações governamentais e não-governamentais) para a criação de um fundo permanente de recursos financeiros, o qual é utilizado para financiar equipamentos e atividades de traslado continente-ilha, de fiscalização e de monitoramento. A criação desse fundo propiciou a inserção da REBIO

em programas como o Reef Check, da Reef Check Foundation, bem como a Campanha de Condução Consciente em Ambientes Recifais e o Programa Nacional de Monitoramento dos Recifes Brasileiros, ambos do Ministério do Meio Ambiente. Esse reconhecimento também facilitou a adesão de órgãos ambientais internacionais, como o Project AWARE Foundation, em financiar projetos de pesquisa científica na Unidade.

A fiscalização é praticada na REBIO, porém foi intensificada em 2008 quando foi realizada uma parceria da gerência com a Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca, atual Ministério da Pesca e Aqüicultura. A partir dessa parceria foi implantado em 2009 o Programa Nacional de Rastreamento de Embarcação Pesqueira por Satélite. Esse monitoramento

é feito por uma equipe técnica especializada no continente e outra na Reserva. Assim, se embarcações pesqueiras forem observadas na área ou na Zona de Amortecimento as equipes entram em contato com a Força Aérea Brasileira que, em conjunto com a Marinha do Brasil, tomam as medidas cabíveis. No caso, de embarcação estrangeira é aplicada a legislação pertinente a pesca ilegal em águas brasileiras e, no caso de embarcação nacional, ocorre autuação conforme a Lei 9.605/98, o decreto de criação da reserva e as normas marítimas da marinha do Brasil.

Atividades de educação ambiental também são desenvolvidas na área, incluindo palestras e exposições sobre a reserva e sua biodiversidade, aplicação de questionários investigativos e produção de desenhos, visando avaliar a percepção ambiental. O projeto denominado *Atol nas Escolas*, financiado pela Petrobras e resultado de uma parceria entre o IBAMA e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, já atendeu cerca de 3.000 alunos desde novembro de 2008. Outro projeto, voltado ao trabalho de conscientização e apoio ao pescador, está sendo analisado para fins de financiamento. Esse projeto será testado em algumas colônias pesqueiras entre Sagi e Touros, no Rio Grande do Norte, aproximadamente 250km de costa. Essa é a área estipulada para as atividades da Reserva dentro da *Rede de Encalhe de Mamíferos Aquáticos do Nordeste (REMANE)*.

Está sendo desenvolvida desde 2008 pelo *Programa Reef Check* a avaliação do impacto das mudanças climáticas. Atualmente está havendo o monitoramento da biota aquática e em breve serão instalados equipamentos oceanográficos e meteorológicos.

Está em fase de negociação entre a gerência da REBIO do Atol das Rocas, do PARNAMAR de Fernando de Noronha e da APA de Fernando de Noronha - Rocas - São Pedro e São Paulo a realização de um trabalho de gestão integrada e a implantação de uma base de fiscalização oceânica. O manejo integrado será benéfico quanto à estrutura de apoio e políticas ambientais para mitigar impactos compartilhados, como o lixo marinho. A base de fiscalização oceânica será implantada em Fernando de Noronha e dará apoio às três Unidades.

3.2 Impactos no sistema insular

Os impactos verificados na REBIO do Atol das Rocas são de caráter regional e/ou global. Isso pode ser compreendido pela redução dos impactos locais, devido à condição da Reserva de Unidade de Conservação de Proteção Integral. Além disso, como uma REBIO é destinada somente a fins educacionais, funciona como uma área de exclusão de atividades humanas geradoras de impactos negativos, como a pesca, turismo dentre outras. Esse instrumento é considerado o melhor contra a degradação ambiental por impactos locais (Mumby, 2006).

Apesar disso, impactos e riscos ambientais regionais e/ou globais foram identificados: 1) pressão da pesca na área da Reserva e na Zona de Amortecimento; 2) introdução de espécies exóticas (Figura 4a) e de lixo marinho (Figura 4b); e 3) mudanças climáticas. Perdas de sedimentos bioclásticos também foram observadas nas Ilhas do Farol (figura 4c) e do Cemitério.

A pesca é a principal ameaça regional à integridade da REBIO do Atol das Rocas. Apesar da Zona de Amortecimento abranger o monte submarino onde encontra-se o Atol, juntamente com dois montes submarinos adjacentes, a região sofre pressão pela pesca profissional. Esta é fortemente exercida por embarcações oriundas de vários Estados do Nordeste do Brasil. Os principais recursos pesqueiros explorados são lagostas, *Panulirus* spp., pargos, *Lutjanus purpureus* (Cuvier 1828), atuns e afins (Fischer et al., 2007).

A introdução de espécies exóticas e de lixo provenientes de navios e transportado por correntes marinhas também são impactos importantes (Carlton, 1996; McDermid & McMullen, 2004). Devido à proximidade com a Reserva, o Arquipélago de Fernando de Noronha também é um centro irradiador desse tipo de impacto, sobretudo relacionado ao turismo. O ouriço *Tripneustes ventricosus* (Lamarck, 1816) foi detectado no Atol das Rocas logo após ter sido observada a expansão de algumas populações em Fernando de Noronha (Machado, 2007), onde a espécie provavelmente foi introduzida por água de lastro de navios. O lixo gerado pelos moradores e visitantes do Arquipélago pode ser carregado pela Corrente Sul Equatorial para a REBIO, introduzindo espécies bem como levando peixes, aves, tartarugas e

mamíferos marinhos à morte por aprisionamento ou por ingestão de resíduos sólidos.

As mudanças climáticas podem causar o aumento da temperatura e do nível do mar e a acidificação de carbonato de cálcio, substância predominante no ecossistema recifal (e.g., Hughes *et al.*, 2003; Buddemeier *et al.*, 2004; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007). O aumento da temperatura causa, principalmente, o branqueamento (Padovani, comunicação pessoal) dos corais na área (Figura 4d) devido à morte dos organismos simbiontes fotossintetizantes (Cruz *et al.* 2009). Como as ilhas arenosas não são muito elevadas (Ilha do Farol, 3.6m e Ilha do Cemitério, 2.8m de altura máxima) (Gherardi & Bosence, 2005), pequenas oscilações eustáticas já são capazes de causar grandes alterações na geomorfologia dessas ilhas.

Perdas de sedimentos foram observadas nas Ilhas

do Farol e do Cemitério, sendo decorrentes da ação das marés, ondas e dos ventos. Uma perda de sedimentos foi observada, principalmente nos setores NW das ilhas arenosas. Esse aspecto ambiental é fundamental para o planejamento das atividades científicas na REBIO. Recentemente, a substituição da estação científica ocorreu devido, entre outros fatores, aos riscos ambientais decorrentes dos processos de perda de sedimentos na face NW da Ilha do Farol.

Pereira et al. (no prelo) realizaram perfis nas ilhas, onde evidenciaram uma pequena perda de sedimento, porém não o suficiente para ser considerado uma erosão, considerando as praias consideradas como estáveis. Apesar disso, reconhecem a necessidade de estudos mais aprofundados para elaborar um panorama da tendência futura da dinâmica sedimentar.



Figura 4. Impactos na REBIO do Atol das Rocas: Introdução do ouriço *Tripneustes ventricosus* (A); lixo marinho (B); perda de sedimentos na Ilha do Farol (C); branqueamento de corais (D). Fotos (A), (D): Ivo Gois; (B), (C): Carolina Paiva.

Figure 4. Impacts in Atol das Rocas REBIO: Introduction of urchin *Tripneustes ventricosus* (A); marine debris (B); erosion in Farol Cay (C); bleaching of corals (D). Photos (A), (D): Ivo Gois; (B), (C): Carolina Paiva.

Os impactos analisados constituem fatores de risco para a biodiversidade e geodiversidade como demonstrado no modelo cibernético (Figura 5) elaborado para o Atol. Segundo este, as mudanças na evolução da biodiversidade e geodiversidade são determinadas por interações internas ou autogênicas (geradas pela comunidade biológica marinha e terrestre) e/ou alogênica (forças externas no ambiente que afetam ou controlam as mudanças). Fatores de risco de grande magnitude controlam a evolução do sistema no futuro. Uma possível mudança na política de gestão da REBIO é um fator importante para o futuro, pois o provável aumento da pressão do setor turístico e pesqueiro pode, por fatores político-econômicos, alterar o panorama atual de gestão da Unidade.

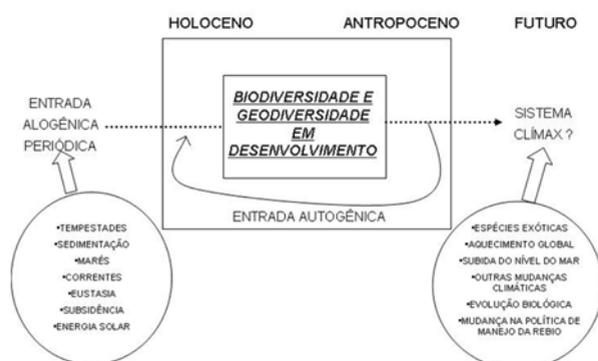


Figura 5. Desenvolvimento da biodiversidade e geodiversidade do Atol das Rocas baseado em um modelo cibernético.

Figure 5. Development of biodiversity and geodiversity of Atol das Rocas, based on a cybermodel.

3.3 Efetividade do manejo

Os dados do período de implantação e atual mostraram que dentro da área Contexto o módulo Vulnerabilidades apresentou redução de 75 para 45% devido ao monitoramento mais efetivo das atividades ilegais, à maior aplicabilidade das leis e à diminuição da pressão sobre o gestor da REBIO para permitir a exploração dos recursos. A Importância Biológica mostrou equilíbrio nos resultados, com destaque para o alto número de espécies ameaçadas e ao elevado nível de biodiversidade. A Importância Socioeconômica apresentou aumento devido à presença de espécies

vegetais de importância social e econômica (Ex. compostos bioativos) (Vilaça, comunicação pessoal) e ao elevado valor científico da área (Figura 6).

Dentro da área Efetividade de Gestão o módulo Planejamento apresentou aumento de 60% para 100% devido à situação socioambiental da Unidade ser compatível com a categoria e à presença de instrumentos de gestão participativa. No elemento Amparo Legal houve aumento provocado pela ampliação no quadro de recursos humanos e pela presença de recursos financeiros. Em Recursos Humanos o número passou de 28 para 67%. O ponto mais significativo desse resultado foi o aumento no quadro de funcionários, a motivação e o amparo para esses funcionários pelo ICMBio. A Infra-estrutura aumentou de 20 para 74% pois houve melhora em todos os aspectos considerados. O transporte, os equipamentos de campo e a infraestrutura para funcionários são adequados para realizar ações de manejo bem como a manutenção dos equipamentos é suficiente para garantir o uso em longo prazo. O elemento Recursos financeiros apresentou a maior disparidade de resultados, de 0 para 62%, mostrando que as parcerias com outras instituições de pesquisa foram fundamentais, havendo ainda necessidade de maior incentivo do ICMBio (Figura 7).

Ainda quanto à Efetividade de Gestão, no módulo Processos (99%) o elemento Processo de Tomada de Decisão subiu de 38 para 96% devido à organização interna mais nítida no ICMBio e na REBIO, à presença de um conselho consultivo atuante, à efetiva comunicação entre todos os níveis de funcionários e administração e à transparência no processo de tomada de decisão pelo gestor da Unidade. O elemento Planejamento da Gestão atingiu 100% na situação atual através dos resultados das pesquisas e monitoramentos que passaram a ser incluídos como prática rotineira. A Pesquisa e Avaliação de Monitoramento atingiu 100% pois as atividades são monitoradas e registradas de forma correta, as pesquisas são coerentes com as necessidades da REBIO, os funcionários têm acesso regular às pesquisas e às orientações científicas. Além disso, as necessidades críticas à pesquisa e ao monitoramento são identificadas e priorizadas (Figura 7). O módulo Resultados subiu de 47 para 84% devido à melhora na infra-estrutura, melhor avaliação, supervisão e monitoramento dos funcionários e ao melhor desenvolvimento dos recursos humanos (Figura 8).

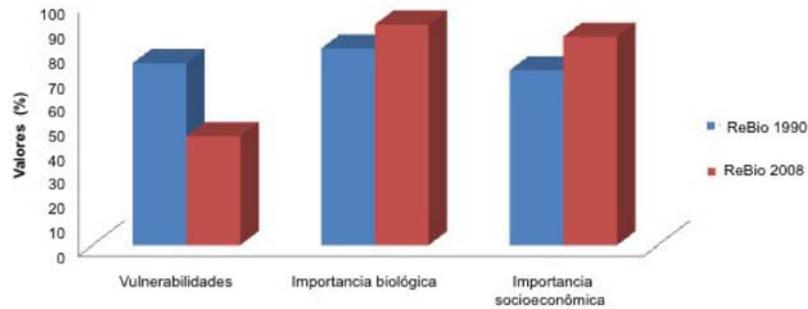


Figura 6. Análise da área Contexto durante a implantação da REBIO do Atol das Rocas (1990) e atualmente (2008).

Figure 6. Analysis of the area Context during the creation of Atol das Rocas REBIO (1990) and currently (2008).

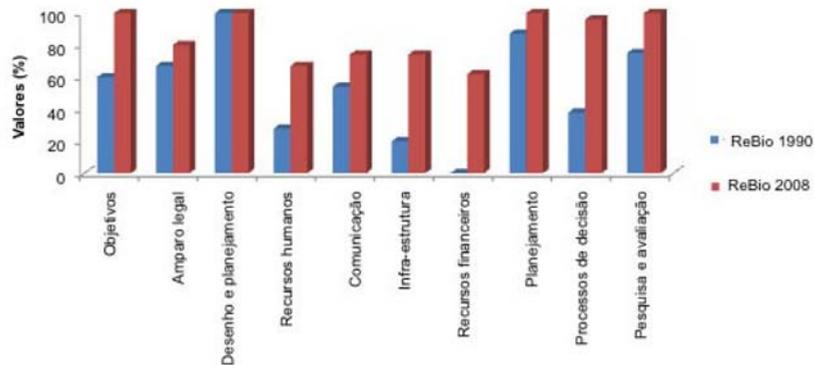


Figura 7. Análise da área Efetividade de Gestão durante a implantação da REBIO (1990) e atualmente (2008).

Figure 7. Analysis of the area Effectiveness of the Management during the creation of Atol das Rocas REBIO (1990) and currently (2008).

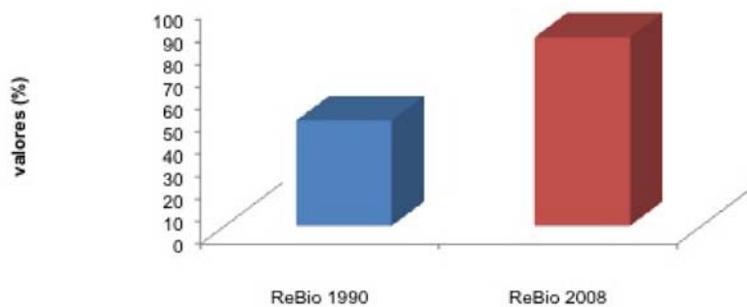


Figura 8. Análise do módulo Resultados durante a implantação da REBIO (1990) e atualmente (2008).

Figure 8. Analysis of the module Results during the creation of Atol das Rocas REBIO (1990) and currently (2008).

O impacto, com maior dificuldade para gerenciamento, descrito pelo primeiro gestor e pelo gestor atual foi a atividade pesqueira na área de entorno da reserva, mostrando que ainda existem dificuldades de fiscalização. Porém, os resultados demonstraram que, após 19 anos de atividades ininterruptas na estação científica, o grau de efetividade de implantação e de gestão da REBIO do Atol das Rocas é satisfatório, atingindo 85% do nível ótimo.

A gestão da Unidade apresenta vários pontos positivos como a existência de plano de manejo, termos de cooperação e/ou convênios firmados, estação científica atuante e financiamento externo. Todo esse processo foi construído gradualmente desde a implantação de forma participativa, considerando as limitações técnicas e legais da Unidade.

4. CONCLUSÕES

O Atol das Rocas é o único atol encontrado no Atlântico Sul Ocidental e constitui-se em um local-chave para a proteção da biodiversidade marinha, sendo uma unidade de proteção integral. Os impactos na Unidade são de caráter regional e Dou global: 1) pressão da pesca, a principal ameaça regional à integridade da REBIO, 2) introdução de espécies exóticas e lixo marinho, e 3) mudanças climáticas (ex. branqueamento). Esses impactos são fatores de risco para a biodiversidade e geodiversidade, como observado no modelo cibernético elaborado. Apesar dos impactos observados, a efetividade de manejo da Unidade foi considerada satisfatória.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Petrobras e à Fundação SOS Mata Atlântica, pelo financiamento dos trabalhos de campo, ao ICMBio, pela concessão da licença de pesquisa (nº 12228-1) e apoio nas atividades de campo, ao biólogo Carlos Augusto Oliveira Meirelles, pelo auxílio no campo e aos amigos Ivo Gois, Jarian Dantas e Risonaldo Dantas, pelo material fotográfico.

BIBLIOGRAFIA

Adey, Walter H. (2000) - Coral reef Ecosystems and Human Health: Biodiversity Counts! *Ecosystem health*, 6:227-236. ISSN: 1526-0992.

<http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-0992.2000.006004227.x>

Almeida, F.F.M. (2006) - Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. *Terrae Didactica*, 2(1):3-18, Campinas, SP, Brasil. ISSN 1980-4407. http://www.ige.unicamp.br/terraedidactica/volume_2/pdf-v2/t_didactica_2006_v02n01_p003-018_almeida.pdf

Andrade, G.O. (1959) - O recife anular das Rocas: Um registro das recentes variações eustáticas no Atlântico equatorial. *Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, 11: 29-61, São Paulo, SP, Brasil. ISSN 0102-8030.

Antas, P.T.Z. & Azevedo-Jr., S.M. (1990) - *Expedição ao Atol das Rocas - fevereiro/março de 1990*. Relatório das atividades com aves. Relatório para a direção da Reserva Biológica do Atol das Rocas. Natal, IBAMA/RN: 2. (Não Publicado)

Armstrong, C.W. (2007) - A note on the ecologic-economic modelling of marine reserves in fisheries. *Ecological Economics*, 62(2):242-250. ISSN: 0921-8009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.03.027>

Barnett, Jon (2001) - Adapting to Climate Change in Pacific Island Countries: The Problem of Uncertainty. *World Development*, 29(6): 977-993. ISSN: 0305-750X. [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00022-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00022-5)

Barry, S.J., Cowell, P.J. & Woodroffe, C.D. (2007) - A morphodynamic model of reef-island development on atolls. *Sedimentary Geology*, 197(1-2):47-63. ISSN: 0037-0738. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.08.006>

Presidência da República (1979) - Decreto-Lei nº 83.549 de 5 de junho de 1979. Cria a Reserva Biológica do Atol das Rocas e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, 5 Junho 1979, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-83549-5-junho-1979-432853-publicacao-1-pe.html>

Presidência da República (1986) - Decreto nº 92.755, de 5 de junho de 1986. Declara Área de Proteção Ambiental o Território Federal de Fernando de Noronha, o Atol das Rocas e os Penedos de São Pedro e São Paulo, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 06 Junho 1986, Seção 1, página 8218, Brasília, DF, Brasil. Disponível em:

- <http://www2.camara.gov.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-92755-5-junho-1986-443294-publicacao-1-pe.html>
- Presidência da República (2000) - Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 19 jul. 2000, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>
- Presidência da República (2001) - Decreto nº 3.834 de 5 de junho de 2001. Regulamenta o art. 55 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, e delega competência ao Ministro de Estado do Meio Ambiente para a prática do ato que menciona, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 6 de junho de 2001, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/decreto/2001/D3834.htm
- Presidência da República (2002) - Decreto nº 4.340 de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 22 de agosto de 2002, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/decreto/2002/D4340.htm
- Bryan Jr., E.H. (1953) - Check List of Atolls. *Atoll Research Bulletin*, 19:1-38. Smithsonian Institution, Washington, DC, U.S.A. ISSN: 0077-563. Disponível em <http://www.sil.si.edu/digitalcollections/atollresearchbulletin/issues/00019.pdf>
- Buddemeier, R.W.; Kleypas, J.A. & Aronson, R.B. (2004) - *Coral reefs & Global climate change: Potential Contributions of Climate Change to Stresses on Coral Reef Ecosystems*. 44p., Pew Center on Global Climate Change, Arlington, U.S.A. Disponível em http://www.pewclimate.org/docUploads/Coral_Reefs.pdf
- Carlton, James T. (1996) - Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology. *Biological Conservation*, 78(1-2):97-106. ISSN: 0006-3207, [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207\(96\)00020-1](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207(96)00020-1)
- Cruz, I.C.S., Kikuchi, R.K.P. & Leão, Z.M.A.N. (2009) - Caracterização dos recifes de corais da área de preservação ambiental da Baía de Todos os Santos para fins de manejo, Bahia, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9(3):3-23. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-150_Cruz.pdf
- Darwin C. (1842) - *The structure and Distribution of Coral reefs*. 214p., Smith, Elder and Co., London, UK. (Disponível em Google Books)
- Danovaro, R. & Fraschetti, S. (2002) - Meiofaunal vertical zonation on hard-bottoms: comparison with soft-bottom meiofauna. *Marine Ecology Progress Series*, 230: 159-169. ISSN: 0171-8630. <http://dx.doi.org/10.3354/meps230159>
- Duarte, P.J. (1938) - O Atoll das Rocas. *Arquivo do Instituto de Pesquisas Agronômicas*, 1:61-70, Recife, PE, Brasil.
- Echeverría, C.A.; Pires, D.O., Medeiros, M.S., Castro, C.B. (1996) - Cnidarians of the Atol das Rocas. In: Lessios, H.A. & Macintyre, Ian G., *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 1:443-446, Panama, Allen Press.
- Faria, A. & Silva, D. (1937a) - O Atol das Rocas: Excursão do navio faroleiro Vital de Oliveira. *Revista D.N.P.A.*, IV(4-5-6):1-40, Ministério da Agricultura, Recife, PE, Brasil.
- Faria, A. & Silva, D. (1937b) - A fauna ictiológica de Rocas. Observações sobre a maturidade dos órgãos genitais e frequência das principais espécies. *Revista D.N.P.A.*, IV(1-2-3):1-38, Ministério da Agricultura Recife, PE, Brasil.
- Fischer, C.F., Avelar, J.C.L., Brito, M., Grosman, A., Carvalho, D.A., Carneiro, C.L. & Arruda, M.B. (2007) - *Plano de manejo para a reserva biológica Atol das Rocas*. 235p., Ministério do Meio Ambiente/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, DF, Brasil.
- Gherardi, D.F.M. & Bosence, D.W.J. (1999) - Modeling of the ecological succession of encrusting organisms in Recent coralline-algal frameworks from Atol das Rocas, Brazil. *Palaios*, 14(2):145-158. ISSN: 883-135
- Gherardi D.F.M. & Bosence D.W.J. (2005) - Late Holocene Reef growth and relative sea-level changes in Atol das Rocas, equatorial South Atlantic. *Coral Reefs*, 24(2):264-272. ISSN: 0722-4028. <http://dx.doi.org/10.1007/s00338-005-0475-5>

- Hoegh-Guldberg, O.; Mumby, P.J.; Hooten, A.J.; Steneck, R.S.; Greenfield, P.; Gomez, E.; Harvell, C.D.; Sale, P.F.; Edwards, A.J.; Caldeira, K.; Knowlton, N.; Eakin, C.M.; Iglesias-Prieto, R.; Muthiga, N.; Bradbury, R.H.; Dubi, A. & Hatziolos, M.E. (2007) - Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. *Science*, 318:1737-1742. ISSN 0036-8075. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1152509>
- Hughes, T.P.; Baird, A.H.; Bellwood, D.R.; Card, M.; Connolly, S.R.; Folke, C.; Grosberg, R.; Hoegh-Guldberg, O.; Jackson, J.B.C.; Kleypas, J.; Lough, J.M.; Marshall, P.; Nystrom, M.; Palumbi, S.R.; Pandolfi, J.M.; Rosen, B. & Roughgarden, J. (2003) - Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science*, 301:929-933. ISSN 0036-8075. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1085046>
- Kikuchi, R.K.P. (2002) - Atol das Rocas, Litoral do Nordeste do Brasil (Único atol do Atlântico Sul Equatorial Ocidental). In: Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Queiroz, E.T., Winge, M. & Berbert-Born, M.L.C. (Eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, pp. 379-390, DNPM/CPRM, Brasília, DF, Brasil. Disponível em <http://vsites.unb.br/ig/sigep/sitio033/sitio033.pdf>
- Laborel, J. (1970) - *Les peuplements de Madréporaires des côtes tropicales du Brésil*. Annales University of Abidjan, série E, 2(3): 1-260.
- Leão, Z. M. A. N. (2003) - Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortés, Jorge (ed.), *Latin American Coral Reefs*, pp.9-52, Elsevier Science, Amsterdam, Holanda. ISBN-13: 978-044451388
- Léry, Jean de (1980) - *Viagem à terra do Brasil*. 303p., Ed. Itatiaia/EDUSP, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8531904072
- Machado, Arthur Antônio (2007) - *Descrição do ciclo gametogênico do ouriço-branco, Tripneustes ventricosus (Lamarck, 1816), no Arquipélago de Fernando de Noronha – PE, Brasil*. 35p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Disponível em <http://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/ArthurAM.pdf>
- Marcovaldi, M.A. & dei Marcovaldi, G.G. (1999) - Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. *Biological Conservation*, 91(1):35-41. ISSN: 0006-3207. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00043-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00043-9)
- McDermid, K.J. & McMullen, T.L. (2004) - Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago. *Marine Pollution Bulletin*, 48(7-8):790-794. ISSN: 0025-326X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.10.017>
- Mumby, P.J. (2006) - The Impact of Exploiting Grazers (Scaridae) on The Dynamics of Caribbean Coral Reefs. *Ecological Applications*, 16(2):747-769. ISSN: 1051-0761. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[0747:TIOEGS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[0747:TIOEGS]2.0.CO;2)
- Oliveira Filho, E.C. & Ugadim, Y. (1974) - New references of benthic marine algae to Brazilian flora. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 2:71-91, São Paulo, SP, Brasil. ISSN: 0073-2877.
- Oliveira Filho, E.C. & Ugadim, Y. (1976) - A survey of the marine algae of Atol das Rocas (Brazil). *Phycologia*, 15(1):41-44, Lawrence, USA. ISSN: 0031-8884.
- Patten, B.C. & Odum, E.P. (1981) - The Cybernetic Nature of Ecosystems. *The American Naturalist*, 118(6):886-895. ISSN: 0003-0147. <http://dx.doi.org/10.1086/283881>
- Pereira, N.S., Manso, V.A.V., Silva, A.M.C. & Silva, M.B. (2010) - Mapeamento Geomorfológico e Morfodinâmica do Atol das Rocas, Atlântico Sul. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, no prelo. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-209_Pereira.pdf
- Rinkevich, B. (2008) - Management of coral reefs: we have gone wrong when neglecting active reef restoration. *Marine Pollution Bulletin*, 56(11):1821-1824. ISSN: 0025-326X. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.08.014>
- Rios, E.C. (1979) - Novas ocorrências de moluscos para o Atol das Rocas. *V Encontro de Malacologistas Brasileiros*, pp.14, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Mossoró, RN, Brasil.
- Rosa, R.S. & Moura, R.L. (1997) - Visual assessment of reef fish community structure in Atol das Rocas Biological Reserve, off northeastern Brazil. In: Lessios, H.A. & Macintyre, Ian G., *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 1:983-989, Panama, Allen Press.

- Soares, M. O., Lemos, V.B. & Kikuchi, R.K.P. (2009) - Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial: considerações sobre a classificação do recife biogênico. *Revista Brasileira de Geociências*, 39:238-243. ISSN: 2177-4382. <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/rbg/article/view/13342/10607>
- Stoddart D.R. (1965) - The Shape of Atolls. *Marine Geology*, 3(5):369-383. ISSN: 0025-3227. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227\(65\)90025-3](http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227(65)90025-3)
- Wilkinson, C. (2002) - *The Status of the Coral Reefs of the World*. 378p., Australian Institute of Marine Science and the Global Coral Reef Monitoring Network, Townsville, Australia.
- Woodroffe, Colin D. (2008) - Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea-level rise. *Global and Planetary Change*, 62(1-2):77-96. ISSN: 0921-8181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.11.001>
- Onaga, Cristina Aragão & Drumond, Maria Auxiliadora (org.) (2007) - *Efetividade de gestão das unidades de conservação federais do Brasil - Implementação do método RAPPAM*. 96p., WWF-Brasil & IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, DF, Brasil. Disponível em http://assets.wwf.org.br/downloads/efetividade_de_gestao_das_unidades_de_conservacao_federais_do_brasil.pdf



Variações morfológicas no prisma praial da Ilha Comprida (Sudeste do Brasil) - Subsídios para uma Gestão Costeira Sustentável *

Morphologic changes on the beach of Ilha Comprida (southeast Brazilian coast) – subsidies to the coastal management

Mainara da Rocha Karniol Marquez ^{@,1}, Michel Michaelovitch de Mahiques ¹

RESUMO

A Ilha Comprida, localizada no litoral sul do Estado de São Paulo, costa sudeste brasileira, apresenta acelerado processo de urbanização, observado principalmente em seu trecho norte, em paralelo com ocupação incipiente em seu setor sul, o que indica a necessidade de estudos que contribuam, tanto para ampliar o conhecimento sobre a morfodinâmica da praia, quanto para oferecer subsídios a um planejamento de ocupação urbana.

Este estudo tem como objetivo geral a avaliação da variação sazonal da morfologia e do volume de sedimento em um segmento da porção sul da praia da Ilha Comprida, um dos espaços ainda pouco alterados pela urbanização na costa sudeste do Brasil. Como objetivo específico, busca informações, a partir dos dados obtidos, que possam contribuir para uma gestão integrada dessa porção da costa.

As análises, realizadas ao longo de quatro campanhas entre os anos de 2005 e 2006, basearam-se no estabelecimento das relações existentes entre as variações morfológicas e do volume de sedimento da praia com parâmetros de regime de ondas. Os limites máximos, submerso e emerso da praia, bem como o transporte preferencial dos sedimentos, foram definidos para servir de subsídios ao plano de gestão costeira.

Os resultados alcançados permitem reconhecer a ocorrência de variações no prisma praial, tanto em escala de tempo diária, como sazonal, com a morfologia de praia mais acrescida no verão e mais erodida no inverno, assim como descrito na literatura.

Constatou-se que as ondas de sul com Hs em até 1 m atuaram no processo de preenchimento de sedimentos da praia emersa, e que as ondas dessa mesma direção com Hs a partir de 1 m passaram a exercer papel erosivo no estoque de sedimentos. De forma inversa, as ondas de leste com Hs em até 1 m exerceram papel erosivo e a partir de 1 m, papel deposicional.

@ - Autor correspondente: maikarniol@yahoo.com

1 - Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica, Praia do Oceanográfico, 191, 05508-120 - São Paulo, SP - Brasil

* Submissão – 19 Fevereiro 2009; Avaliação – 27 Março 2009; Recepção da versão revista – 22 Junho 2009; Disponibilização on-line - 22 Outubro 2009

A variação temporal de curto período da morfologia e do volume de sedimento no segmento da praia monitorado ocorreu de maneira bastante evidente, chegando à variação de 50% do total do volume do segmento da praia entre as campanhas de maio e agosto de 2005 e entre as de novembro de 2005 e janeiro de 2006.

Os dados granulométricos permitiram aferir a existência de um transporte de sedimentos tanto longitudinal, como transversal à linha de costa, na área de estudo.

Propõe-se que futuras intervenções neste trecho da costa considerem os estoques de sedimento que compõem toda a praia da Ilha Comprida. Além dos bancos arenosos nos arredores da barra de Cananéia, que parecem servir como fonte de sedimentos para a dinâmica longitudinal, para a dinâmica transversal, deve ser considerada como praia desde a primeira linha do campo de dunas, na porção emersa, até a isóbata de -6 m, na porção submersa. Nesse sentido, quaisquer intervenções, que venham a ser realizadas, devem respeitar essa faixa transversal, que compreende área intermitente nos processos de equilíbrio dinâmico entre mar e terra, bem como a faixa longitudinal de fluxo de sedimentos provenientes dos bancos arenosos presentes na desembocadura de Cananéia.

ABSTRACT

Ilha Comprida (long island), located on the south coast of São Paulo, Brazilian southeast coast, presents an accelerated urbanization process. This process is observed mainly in its northern, in parallel with an incipient colonization in its southern and shows the necessity of studies that improve the knowledge about beach morphodynamic, and subsidize a coastal management.

The general objective of this study is evaluating the seasonal variation of the morphology and the sediment values in a segment of Ilha Comprida southern, one of the most intact places in Brazilian the southeast coast. The specific objective is to find data that could contribute to the coastal management.

The analysis was done four times during 2005 and 2006 and was based on the relationship between morphologies variations and sediment values with the wave climate. The maximum limits of the beach and the sediment preferential transport was defined to subsidize the coastal management plan.

The results show the variation of the beach at day-term and seasonal-term, in that the beach morphology increases in the summer and erodes in the winter, as described in the literature.

The results also showed that the waves from the south, with Hs as high as 1 m, brought about an increase in the sediments on the shore of the beach, and the waves with Hs of more than 1 m from the same direction brought about an erosion of the sediments. On the other hand, the waves from the east with Hs as high as 1 m created erosion and the waves with Hs of more than 1 m increased the amount of sediments on the shore of the beach.

The short-term variation of the morphology and the values of the sediments has evidently occurred. A

The granulometric data shows the existence of transport of both transversal and longitudinal sediments in the study area.

Future interventions in this part of the coast have to consider the stock of sediments that compose all of Ilha Comprida beach. Furthermore, sandy banks around Cananeia mouth, which seem to serve like sediment source of longitudinal dynamics, regarding the transversal dynamics, has to be considered the beach from the dunes first filed line, in the shore, until the isobata of -6 m, in the submerged portion.

In this sense, all human changes that can occur, must consider the transversal area, which comprehends the intermittent area in the dynamic equilibrium process between the sea and the land as well as the longitudinal area of sediment transport from the sandy banks around the Cananeia mouth.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um litoral com extensão de 8500 km, aproximadamente, e mais da metade de sua população se concentra em cidades situadas até 200 km do mar.

Muitas dessas cidades são litorâneas e têm suas economias baseadas no turismo, em geral pouco planejado, o que tem provocado o crescimento demográfico desordenado e o comprometimento da qualidade ambiental e estética desses sistemas

costeiros (Moraes, 1999).

Diversos são os de estudos em desenvolvimento por toda a costa do mundo sobre morfodinâmica de praia com caráter interdisciplinar, muitas destas pesquisas de longo período. Alguns estudos merecem destaque por terem servido de base teórico-metodológica para o presente trabalho: (Wright & Short (1984); Brunnsden & Moorre, (1997); Baptista *et. al.*, (2002) e Haxel & Holman (2004); Tabajara *et. al.* (2004).

No Brasil, ao contrário, têm-se desenvolvido pesquisas isoladas, com caráter interdisciplinar muito incipiente. Os estudos de morfodinâmica em praia têm sido realizados, com maior enfoque, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, destacando-se os trabalhos efetuados por Albino, 1999; Klein *et al.*, 2002 e Calliari *et al.*, 2003, dentre outros.

No estado de São Paulo, embora sejam poucos os estudos efetuados com enfoque em morfodinâmica de praia, cabe destacar os desenvolvidos por Cazzoli (1997), Martins, (2000), Barros & Tessler, (2003) e Martins, (2006), com enfoques que diferenciam na variabilidade temporal das formas praias.

Mesmo no litoral do Estado de São Paulo, inserido dentro da região mais desenvolvida do Brasil, existem ainda alguns trechos de costa que não apresentam intervenções humanas e nos quais os estudos em morfodinâmica de praias são escassos, sobretudo aqueles que possam orientar um melhor planejamento e gestão da costa.

Destaca-se, neste contexto, o setor correspondente à Ilha Comprida (Figura 1), que apresenta acelerado processo de urbanização, observado principalmente em seu trecho norte, em paralelo com ocupação incipiente em seu setor sul, o que indica a necessidade de estudos que contribuam, tanto para ampliar o conhecimento sobre a morfodinâmica da praia, quanto para oferecer subsídios a um planejamento de ocupação urbana.

Este estudo tem como objetivo geral a avaliação da variação sazonal da morfologia e do volume de sedimento em um segmento da porção sul da praia da Ilha Comprida, um dos espaços ainda pouco alterados pela urbanização na costa sudeste do Brasil. Como objetivo específico, busca informações, a partir dos dados obtidos, que possam contribuir para uma gestão integrada dessa porção da costa.

A Ilha Comprida está situada na porção sul do litoral paulista, apresenta 70 km de comprimento, largura que varia de 3 a 5 km e altitudes quase sempre inferiores a 5 m (Suguió & Martín 1978). A Ilha é essencialmente arenosa, com exceção de uma intrusão alcalina, denominada Morrete, localizada na porção sul da Ilha. É separada do continente por canais do complexo estuarino-lagunar, de Cananéia-Iguape, cujas larguras variam de 400 m a 1200 m.

A área de estudo compreende um segmento no sul da praia da Ilha Comprida (Figura 1) e o trecho de praia delimitado para o levantamento de dados está localizado a somente 8,5 km ao norte da Desembocadura Lagunar de Cananéia.

A desembocadura lagunar de Cananéia é caracterizada pela presença de grandes bancos arenosos em seu redor, os quais se modificam constantemente devido às complexas correntes existentes no local e pela predominância de uma corrente de deriva litorânea sentido SW-NE, descrita por diversos autores (Tessler, 1988; Souza, 1997; Nascimento Jr., 2006).

Essas características físicas da Ilha Comprida a tornam um setor extremamente sensível às variações antropogênicas e às oscilações relativas do nível do mar, previstas pelo IPCC.

2. METODOLOGIA

As análises realizadas basearam-se no estabelecimento das relações existentes entre as variações morfológicas e do volume de sedimento da praia com parâmetros de regime de ondas. Os limites máximos, submerso e emerso da praia, bem como o transporte preferencial dos sedimentos, foram definidos para servir de subsídios ao plano de gestão costeira.

A aquisição de dados, no segmento de praia delimitado para este estudo, foi realizada ao longo de quatro campanhas de campo: (1) outono – de 18 a 25 de maio de 2005, (2) inverno – 03 a 10 de agosto de 2005, (3) primavera – de 12 a 17 de novembro de 2005 e (4) verão – 24 a 30 de janeiro de 2006.

Para a definição das datas das campanhas foram consideradas os períodos de marés de sizígia – previsão consultada na tábua de marés do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (Brasil), - optando-se pela baixamar máxima, próxima ao meio do levantamento de cada campanha, visando à maior exposição da praia ao longo do monitoramento.

A área de estudo apresenta 300 metros de extensão, e largura que se estende da crista do primeiro berma (início da vegetação rasteira), no pós-praia, até a linha da água, na face da praia. Foram monitorados quatro perfis, eqüidistantes em 100 m com o objetivo de adensar a malha de amostragem para a elaboração de modelo digital de terreno, assim como para extrair os dados granulométricos em uma malha regular.

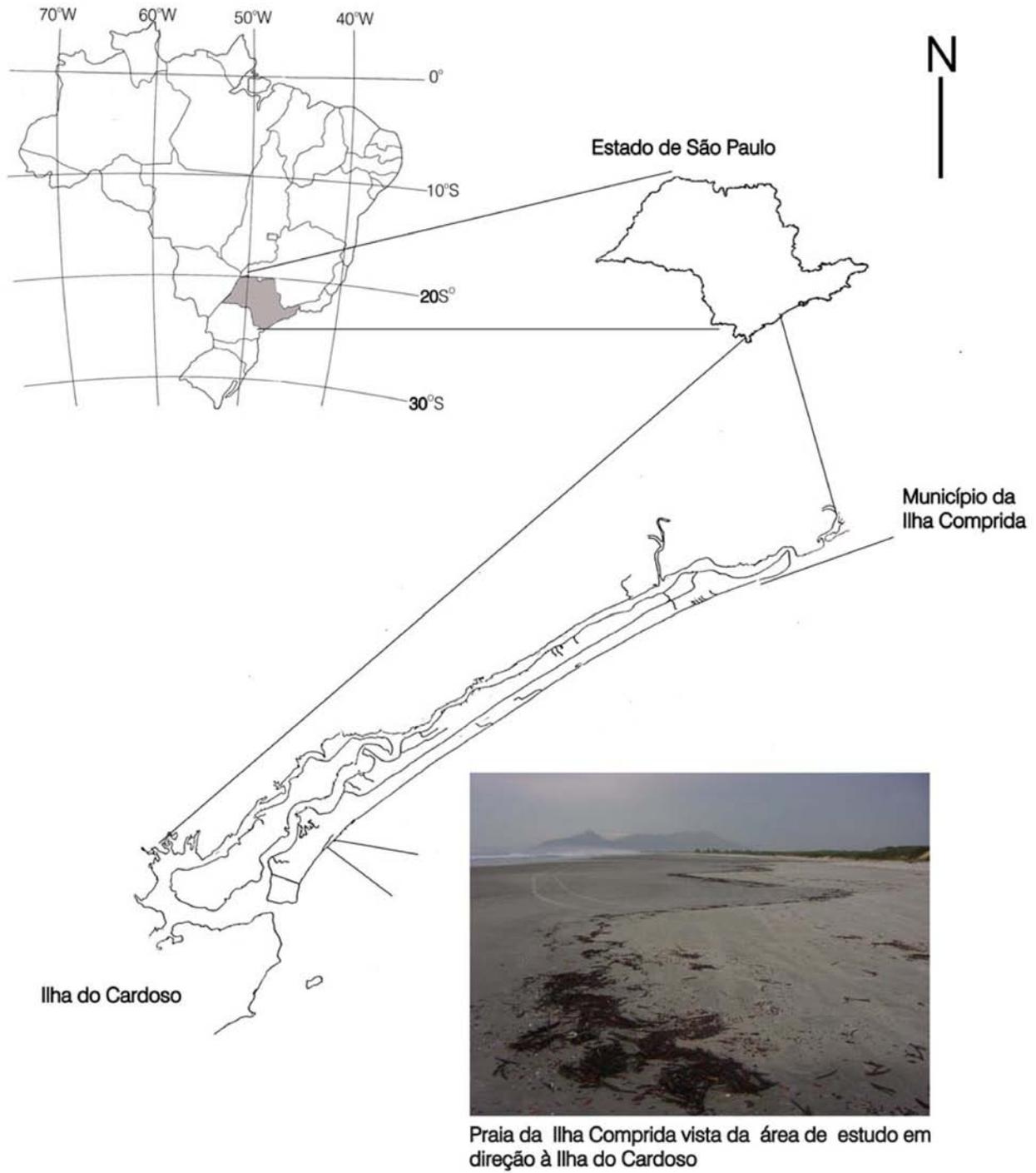


Figura 1: Localização da área de estudo
Figure 1: Location of the study

Dados topográficos

A coleta dos dados para o modelo digital de terreno da praia foi feita diariamente, ao longo das quatro campanhas, com a utilização de um coletor DGPS Trimble 4800, configurado conforme o elipsóide de referência WGS84.

O uso desse instrumento implicou na aquisição simultânea de dados na área mapeada com um ponto topográfico de referência. O mapeamento foi criado um ponto fixo na base sul de apoio à pesquisa do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, localizado a uma distância de cerca de 4 km da área monitorada na praia.

Em todas as campanhas foram coletados dados no modo ponto-a-ponto, por considerar que os maiores erros que podem ocorrer com essa forma de aquisição são da ordem de 2 cm na escala vertical, decaindo a precisão em torno de 1 cm a cada quilômetro de distância do ponto de referência (Nero, 2005).

Optou-se pela utilização exclusiva de dados coletados com DGPS em detrimento aos obtidos com outros métodos, por considerar que o DGPS permite levantamentos topográficos com um grau de densidade amostral que supera, em muito, os levantamentos baseados somente em perfis topográficos (Morton *et al.*, 1995).

Dados granulométricos

Considerando que a análise de dados granulométricos constitui um bom recurso para se identificar as variações da energia deposicional, foram coletados sedimentos em três pontos (A, B e C, para a porção superior, intermediária e inferior, respectivamente) para cada um dos quatro perfis (1, 2, 3 e 4, sentido SW-NE, respectivamente), no início e no final de cada campanha.

Dados para a porção submersa

Para a delimitação do perfil de fechamento de praia e caracterização batimétrica da porção submersa da praia, foram realizados, no início da campanha de inverno, perfis de ecossondagem e coleta de sedimentos de superfície de fundo. Para tanto, utilizou-se da ecossonda *Oceandata Bathy* 500 MF, com

transdutor de 50 kHz, na qual foi acoplado um sistema de classificação de fundo *Roxann Groundmaster*, para a verificação das diferenças texturais do sedimento ao longo dos perfis. O sedimento de superfície de fundo foi coletado com pegador de mandíbulas do tipo *Petersen*.

Dados de Onda e de Maré

Para a aquisição dos dados de direção, altura significativa (H_s), período médio (T_m) e período de pico (T_p) recorreu-se ao modelo *WaveWatch III* para o Atlântico Sul, dados estes extraídos para profundidades indefinidas (fornecidas gentilmente pelo Prof. Dr. Valdir Inocentini, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE).

Os dados de maré, que nortearam os horários dos levantamentos dos demais dados, foram obtidos da previsão de marés realizada pelo Instituto Oceanográfico, para a cidade de Cananéia, localizada a 4 km ao sul da área de estudo.

Tratamento dos dados

Os dados topográficos foram tratados com o próprio *software* do DGPS, *Trimble Geometric Office* versão 1.6, e as planilhas geradas neste programa foram transferidas para o *software Surfer* versão 8.0, no qual foram geradas figuras de superfícies topográficas entre os dias de monitoramento, por meio do método de interpolação por *krigagem*. Os cálculos de volume (m^3/m) foram realizados, também, no *software Surfer* versão 8.0.

Com o objetivo de facilitar a comparação das diferenças morfológicas e volumétricas entre os dias monitorados, optou-se pela análise de uma mesma área da praia para todos os dias de monitoramento. Esta área apresentou em torno de 250 m de comprimento x 70 m de largura, totalizando uma área de 33.336 m², e foi utilizada juntamente com a cota de -2,5 m, referida ao elipsóide (limite inferior do sistema) para os cálculos de volume de sedimento.

Todo o sedimento coletado, tanto de praia como de superfície de fundo, foi submetido à queima do carbonato biodetrítico, e a granulometria do sedimento determinada em analisador *Mahern Mastersizer* 2000. Os resultados foram tratados no *software Labs* e apresentados segundo classificação proposta por Folk & Ward (1957).

3. RESULTADOS

Os resultados alcançados permitem reconhecer a ocorrência de variações no prisma praias, tanto em escala de tempo diária, como sazonal. A relação entre as variações morfológicas e volumétricas, as características de altura, período e direção de onda permitiram resultados em escala diária, e a comparação entre os dados de cada campanha permitiram resultados em escala sazonal.

PORÇÃO EMERSA

Campanha de maio/2005

As maiores variações volumétricas da porção emersa da praia ocorreram na campanha de maio de 2005. Foi uma campanha marcada por maior acúmulo de sedimento na porção inferior do sistema, se comparada às campanhas subsequentes de agosto e novembro, quando se constatou superfícies muito similares com declividade uniforme e mais acentuadas.

No primeiro dia de monitoramento, o trecho estudado apresentava menor acúmulo de sedimentos na porção inferior SW e maior na NE (figura 2). A quantidade de sedimentos na porção inferior do sistema distribuiu-se de tal maneira que a praia apresentou, no final da campanha, cotas paralelas (figura 3).

Foi uma campanha marcada pela presença de ondas de leste com Hs inferior a 1m, Tm e Tp em 8 s e, de ondas de sul com Hs em 1,5 m, Tp acima dos 9 s e.

No início da campanha, a praia apresentava maior concentração de areia fina, com exceção de maior concentração de areia média na porção inferior NE (figura 4). No final, a granulometria da porção inferior se homogeneizou e a porção inferior SW passou a apresentar maior quantidade relativa de areia média (figura 4). Observa-se uma tendência de incremento de areia média no sentido SW-NE (figuras 4 e 5).

A campanha de maio/2005 foi marcada pela perda total de 4827 m³ de sedimento.

Campanha de agosto/2005

Na campanha de agosto de 2005, foi constatado quantidade consideravelmente menor de sedimento na porção emersa, se comparadas com as registradas na campanha de maio. A diferença no

volume de sedimentos, entre o último dia da campanha de maio e o primeiro dia da campanha de agosto, equivaleu à remoção de cerca de 8.000 m³, para o setor analisado.

Ao longo dessa campanha de inverno, verificou-se que as superfícies topográficas se apresentaram muito similares (figuras 6 e 7), variando principalmente do dia 05 para o dia 06/08, com erosão, e desse para o dia 09/08, com deposição. A campanha de agosto/2005 apresentou, ao final, um ganho de 1565 m³ de sedimento.

Os dias 03, 05 e 06 foram marcados por um regime de ondas e ventos muito semelhante, sem a presença de um sistema frontal. As ondas vinham do quadrante leste com Hs de até 1 m, Tm e em 7 s, com exceção do Tp de 8 s no dia 06/08.

A partir do dia 08, as condições oceanográficas começaram a mudar e já no dia 09 foram registradas ondas de sul com Hs em 1 m e, Tm e Tp em 7 s. No dia 10 de agosto de 2005, ondas com Hs em 4 m, Tm em 9 s e Tp em 10 s, associadas à penetração de um sistema frontal, associado a um anticiclone polar, impediram o levantamento topográfico, restando apenas dados sedimentológicos.

Devido a esse evento de alta energia, as mudanças sedimentares, observadas entre o primeiro e último dia de levantamento de dados da campanha de inverno, foram as mais significativas dentre todos os levantamentos (figuras 8 e 9). No dia 04/08, assim como observado nas campanhas anteriores, o sedimento apresentou-se composto, de forma geral, por maior concentração de areia fina, com maiores concentrações de areia média na porção inferior do trecho monitorado. Assim como na campanha anterior, pode ser observado o incremento na quantidade relativa de areia média sentido SW-NE (figura 8).

No dia 10/08, após a entrada de um sistema frontal, a areia da praia se homogeneizou por completo, apresentando em torno de 80% de areias finas e 20% de areias médias (figura 9).

Campanha de novembro/2005

No dia 12/11, campanha de primavera, a porção emersa da praia monitorada apresentou características muito similares às observadas no meio da campanha de inverno, o que pode ser verificado com a

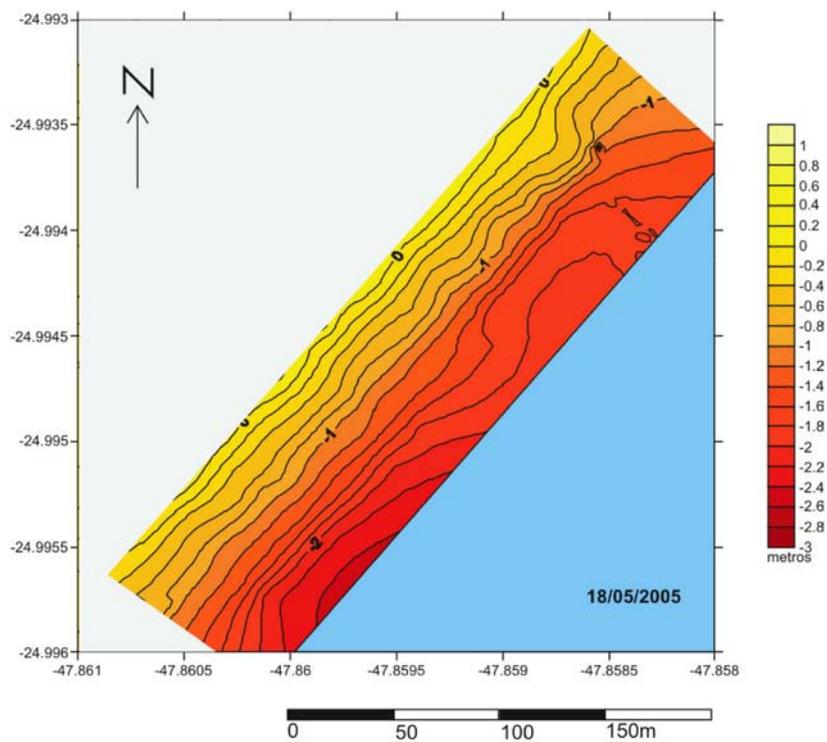


Figura 2: Topografia da Praia em 18/05/2005.

Figure 2: Topography of the beach on 18/05/2005.

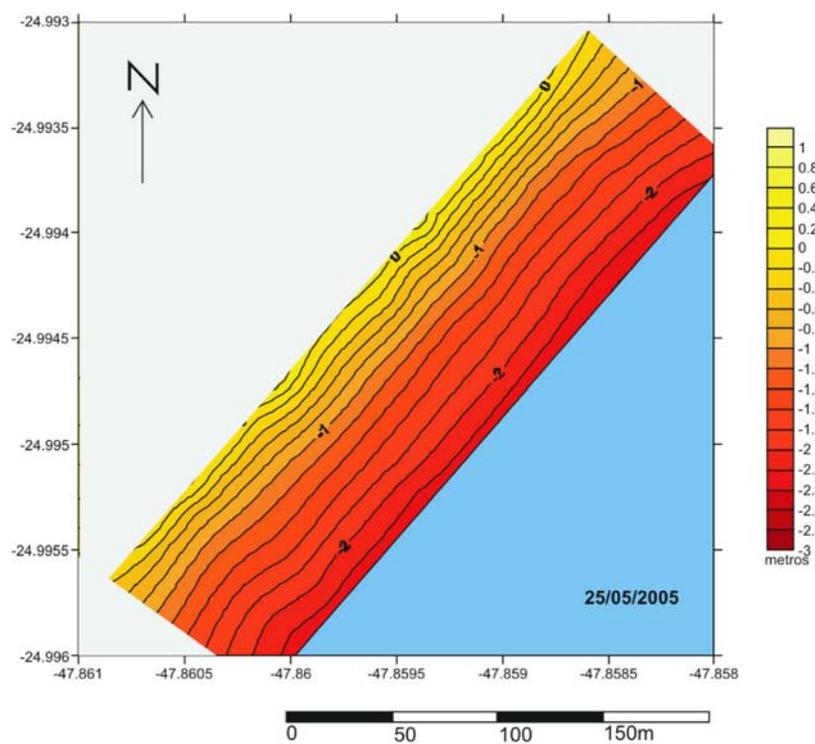


Figura 3: Topografia da Praia em 25/05/2005.

Figure 3: Topography of the beach on 25/05/2005.

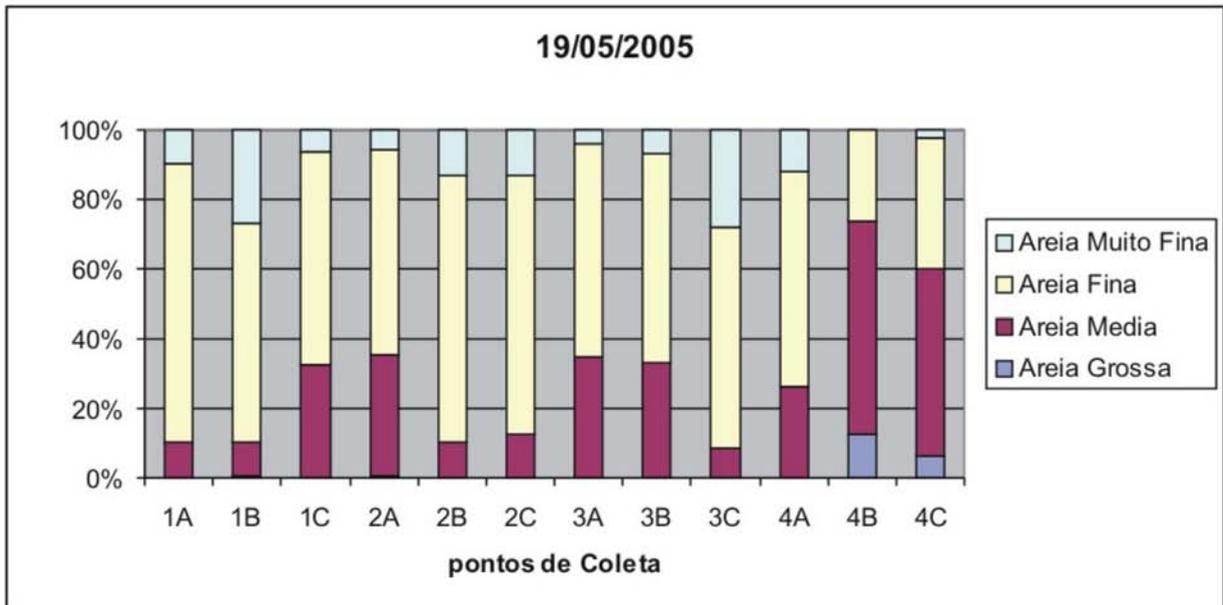


Figura 4: Granulometria da Praia em 18/05/2005.
 Figure 4: Grain size classes' distribution of the beach on 18/05/2005.

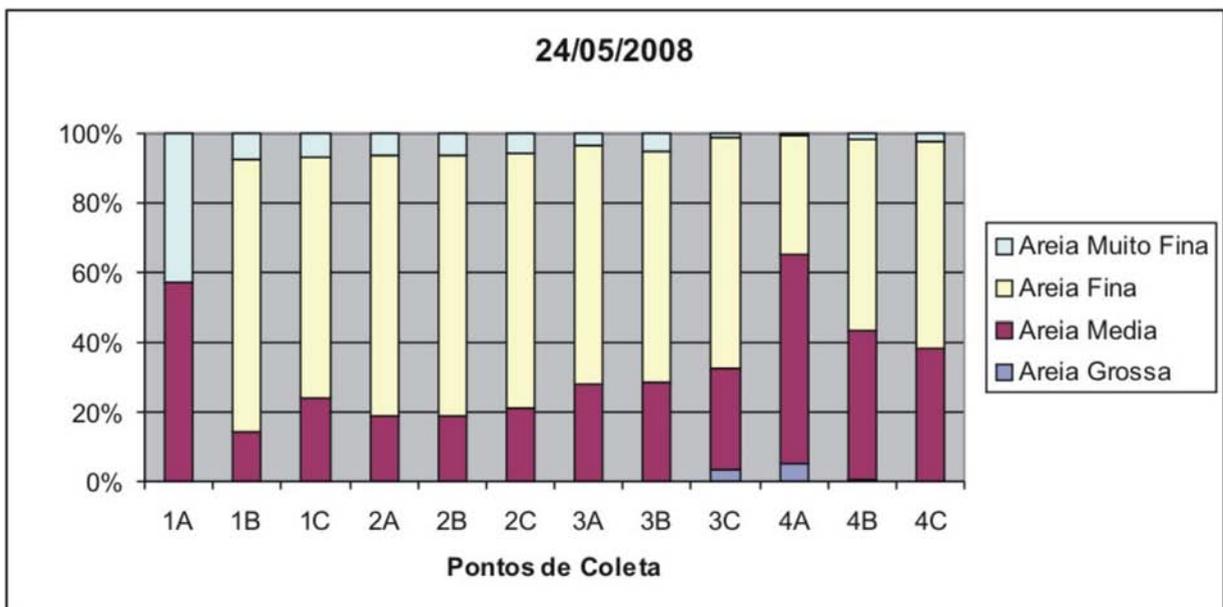


Figura 5: Granulometria da Praia em 24/05/2005.
 Figure 5: Grain size classes' distribution of the beach on 24/05/2005.

semelhança das superfícies topográficas e com a baixa variação volumétrica entre os dias monitorados para as duas campanhas (figuras 6, 7, 10 e 11). Na campanha de novembro/2005, a praia apresentou um ganho de 3526 m³ de sedimento.

As condições meteorológicas e de agitação marítima permaneceram muito similares no intervalo entre os dias 12 e 15 de novembro, com ondas do quadrante leste com Hs em 1,5 m e, Tm e Tp em 7 s. No dia 15, as ondas, ainda do quadrante leste, apresentavam-se com um pouco menos de energia, com Hs em 1 m e Tm e Tp em 7 s. No último dia do monitoramento, 17/11, as ondas passaram a vir do quadrante sul, com Hs em 1 m e Tm e Tp em 10 s.

Assim como nas campanhas anteriores, a praia apresentou uma tendência de incremento na quantidade de areia média da porção superior para a inferior, e no sentido SW-NE, tanto no início, como no final da campanha (figuras 12 e 13).

Campanha de janeiro/2006

Em janeiro de 2006, campanha de verão, além do aparecimento de cúspides bem visíveis, o sistema apresentou maior acúmulo de sedimentos na praia emersa como um todo, assim como na campanha de maio do ano anterior, mas com maior concentração de sedimentos na porção superior monitorada, junto às cúspides. Isto pode ser observado ao se comparar a topografia referente ao dia 29/01/2006 (figura 15) com as demais condições da campanha de maio de 2005 (figuras 2 e 3).

Na campanha de verão, a praia apresentou menor variação volumétrica relativa (com o ganho final de 25 m³) e poucas variações morfológicas (figuras 14 e 15), com o desenvolvimento de cúspides na porção superior monitorada (figura 15).

Os dias 24 e 25 foram marcados pela presença de ondas do quadrante leste com Hs em 1 m e, Tm e Tp entre 6 e 7 s. Entre os dias 26 e 27 a direção de onda passou a vir do quadrante sul, com Hs em 1 m e Tm e Tp entre 7 e 8 s. Nos dias 28 e 29 a energia das ondas aumentou, com Hs em 1,5 e Tm e Tp mais altos, variando entre 8 e 10 s. No dia 30, ainda do quadrante sul, a energia das ondas voltou a diminuir, com valores de Hs em 1m e, Tm e Tp em 7 s.

A distribuição granulométrica do sedimento da praia não variou muito, com valores em torno de 40 a

80% de areias finas e 20 a 40% de areias médias, com tendência de incremento de areia média em direção NE (figuras 16 e 17).

Com exceção do dia 10/08/2005, ficou evidente, não somente nesta campanha como em todas as outras, o incremento na porcentagem de areia média em direção a porção inferior da praia monitorada.

Ao final de todas as campanhas, após a comparação dos dados, pode-se verificar que as superfícies e o volume do trecho estudado se apresentaram mais próximos entre as campanhas de maio de 2005 e janeiro de 2006 – com valores de volume de sedimento da ordem de 25.000 m³, e entre agosto e novembro de 2005 – com valores da ordem de 16.000 m³ de sedimento (tabela 1).

PORÇÃO SUBMERSA

A partir do registro efetuado no início da campanha de agosto/2005 com perfis de eco-sondagem, ficou evidente uma tendência das diferenças texturais dos sedimentos que compõem a porção submersa do sistema. A granulometria dessa porção foi determinada com base nas informações obtidas com o perfilador de eco-sonda e nas amostras coletadas para os sedimentos de superfície de fundo.

A porção submersa mais próxima à praia está marcada, em sua maioria, por dois tipos texturais mais evidentes (cores claras), classificadas como areia fina a muito fina. A partir de profundidades entre -5,5 e -6 m, a textura do sedimento muda consideravelmente, apresentando, a partir desse ponto, praticamente a mesma tendência (cores escuras), de grãos variando entre silte grosso a silte médio. E a partir da profundidade de -6 m, predominam as argilas, com a presença de carbonato de cálcio em alguns pontos, com maiores concentrações na porção centro-norte (figura 18).

4. DISCUSSÃO

Os resultados alcançados permitiram algumas interpretações, tanto em escala de tempo diária, como sazonal. Foi observado que a morfologia da praia se apresentou mais acrescida no verão e mais erodida no inverno, assim como descrito na literatura (Wright & Short, 1984).

Constatou-se que as ondas de sul com Hs em até 1 m atuaram no processo de preenchimento de sedimentos da praia emersa, e que as ondas dessa

Tabela 1

| Dia / Day | volume diário / Daily volum (m3) | Volume acumulado / Accumulated volum (m3) | | | | Clima marítimo – Prof. Indefinidas / Wave climate – deep water | | | |
|--------------------|----------------------------------|---|----|---|----|--|----|----|-----|
| | | com relação à superfície anterior / with respect of the days before surface | % | com relação ao 1º dia / with respect of the first day | % | Hs | Tm | Tp | Dir |
| Maio/May05 | | | | | | | | | |
| 18 | 28420 | | | | | 1 | 8 | 8 | E |
| 21 | 24671 | -3748 | 13 | -3748 | 13 | 1 | 9 | 11 | E |
| 23 | 22217 | -2453 | 9 | -6201 | 21 | 2 | 9 | 11 | S |
| 25 | 23592 | 1374 | 6 | -4827 | 16 | 1,5 | 8 | 9 | SE |
| Ago./Aug.05 | | | | | | | | | |
| 5 | 16647 | | | | | 1 | 7 | 7 | E |
| 6 | 15420 | -1227 | 7 | -1227 | 7 | 1 | 7 | 7 | E |
| 9 | 18213 | 2793 | 18 | 1565 | 9 | 1 | 7 | 8 | S |
| Nov.05 | | | | | | | | | |
| 12 | 13151 | | | | | 1,5 | 7 | 7 | E |
| 13 | 15902 | 2750 | 20 | 2750 | 20 | 1,5 | 7 | 7 | E |
| 14 | 16998 | 1096 | 7 | 3846 | 29 | 1,5 | 6 | 7 | E |
| 15 | 16653 | -344 | 2 | 3502 | 26 | 1 | 6 | 7 | E |
| 17 | 16678 | 24 | 0 | 3526 | 26 | 1,5 | 10 | 11 | S |
| Jan.06 | | | | | | | | | |
| 24 | 25450 | | | | | 1 | 6 | 6 | E |
| 25 | 24934 | -515 | 2 | -515 | 2 | 1 | 7 | 7 | E |
| 26 | 25796 | 861 | 3 | 346 | 1 | 1 | 8 | 9 | S |
| 27 | 26004 | 208 | 1 | 554 | 2 | 1 | 7 | 8 | S |
| 28 | 24730 | -1274 | 5 | -720 | 3 | 1,5 | 8 | 8 | S |
| 29 | 24489 | -241 | 1 | -961 | 4 | 1,5 | 8 | 10 | S |
| 30 | 25475 | 986 | 4 | 25 | 0 | 1 | 7 | 7 | S |

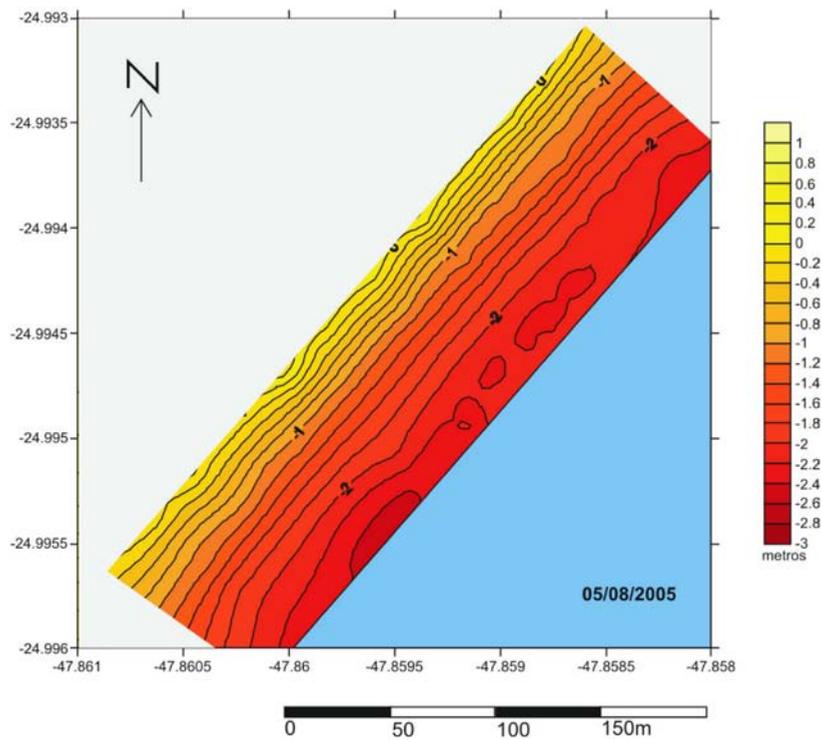


Figura 6: Topografia da Praia em 05/08/2005.
 Figure 6: Topography of the beach on 05/08/2005.

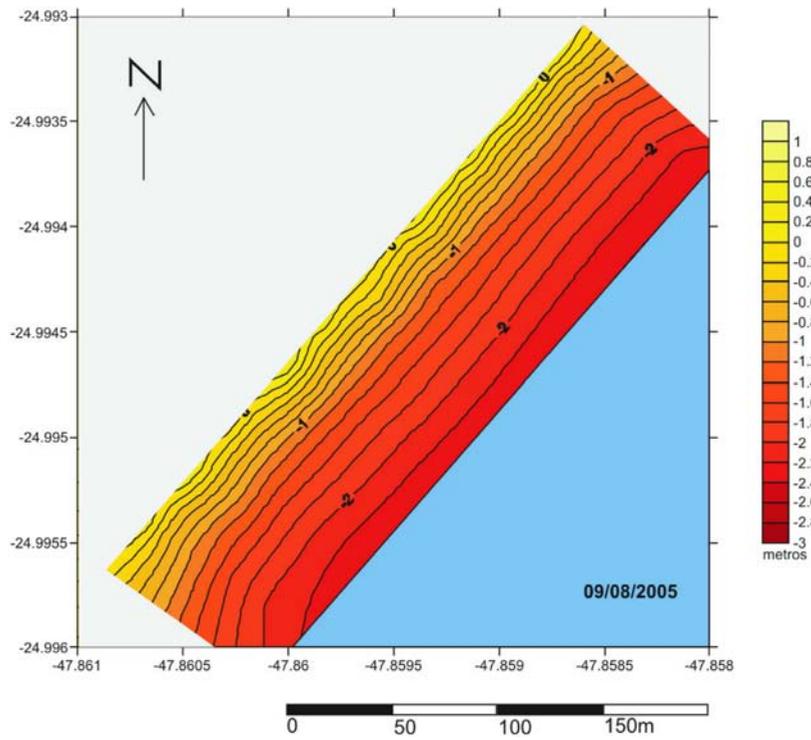


Figura 7: Topografia da Praia em 09/08/2005.
 Figure 7: Topography of the beach on 09/08/2005.

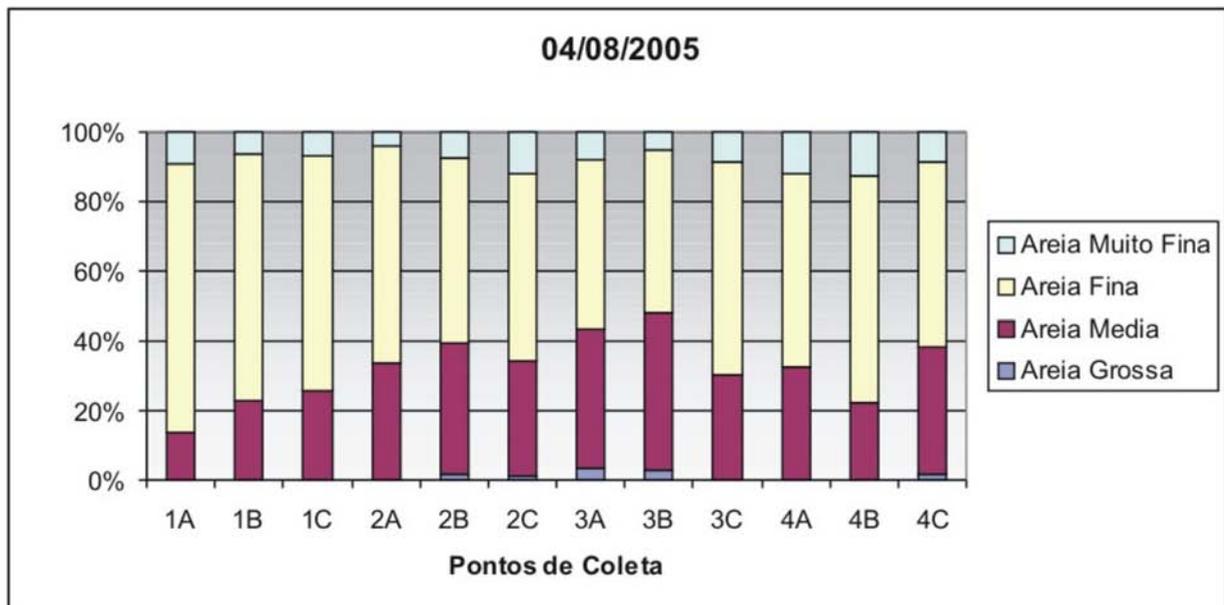


Figura 8: Granulometria da Praia em 04/08/2005.
 Figure 8: Grain size classes' distribution of the beach on 04/08/2005.

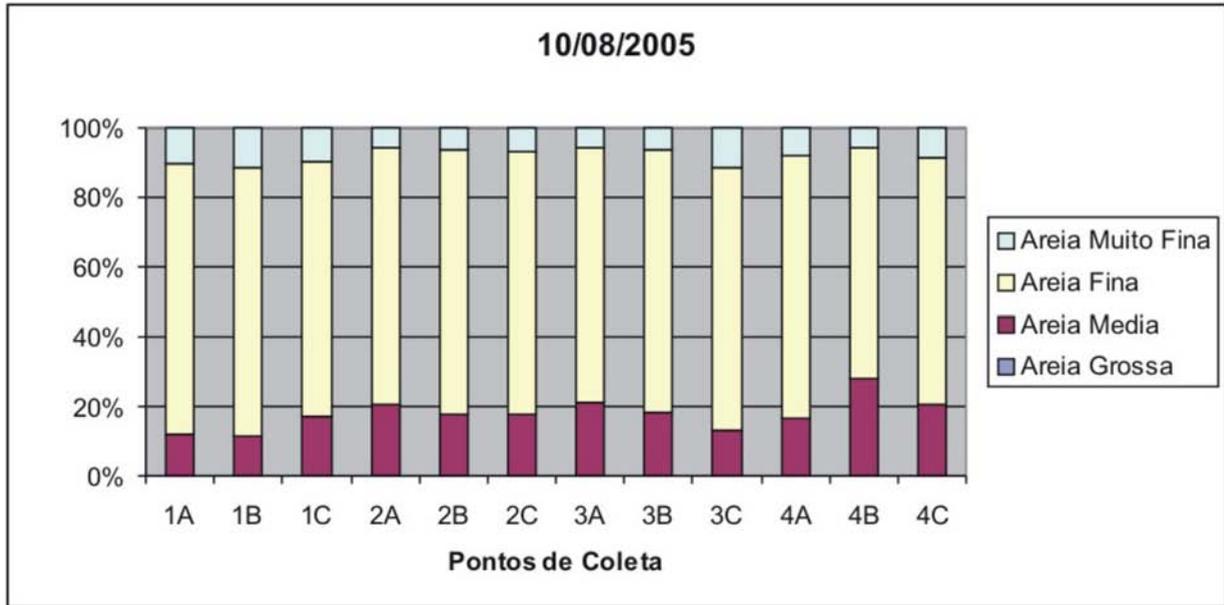


Figura 9: Granulometria da Praia em 10/08/2005.
 Figure 9: Grain size classes' distribution of the beach on 10/08/2005.

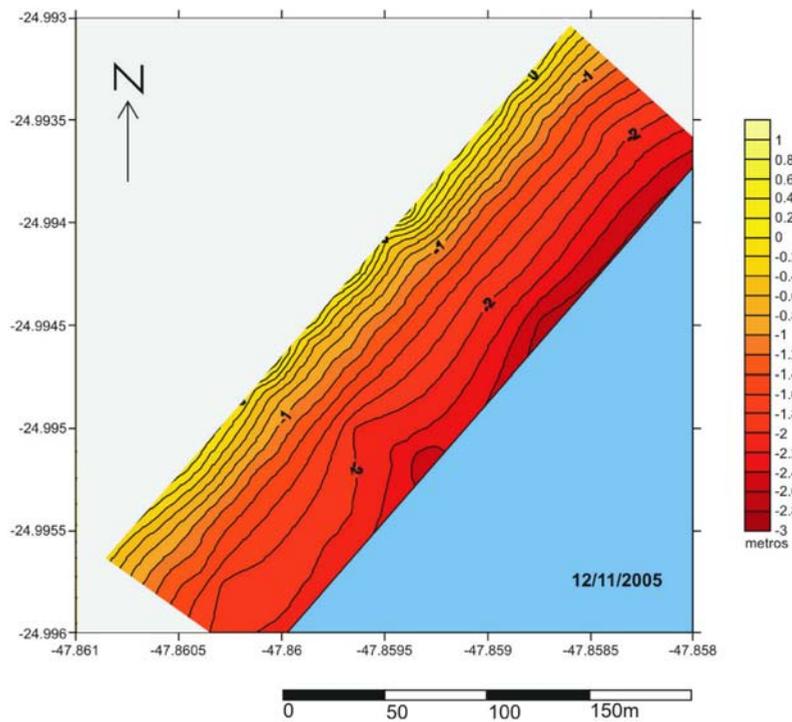


Figura 10: Topografia da Praia em 12/11/2005.
 Figure 10: Topography of the beach on 12/11/2005.

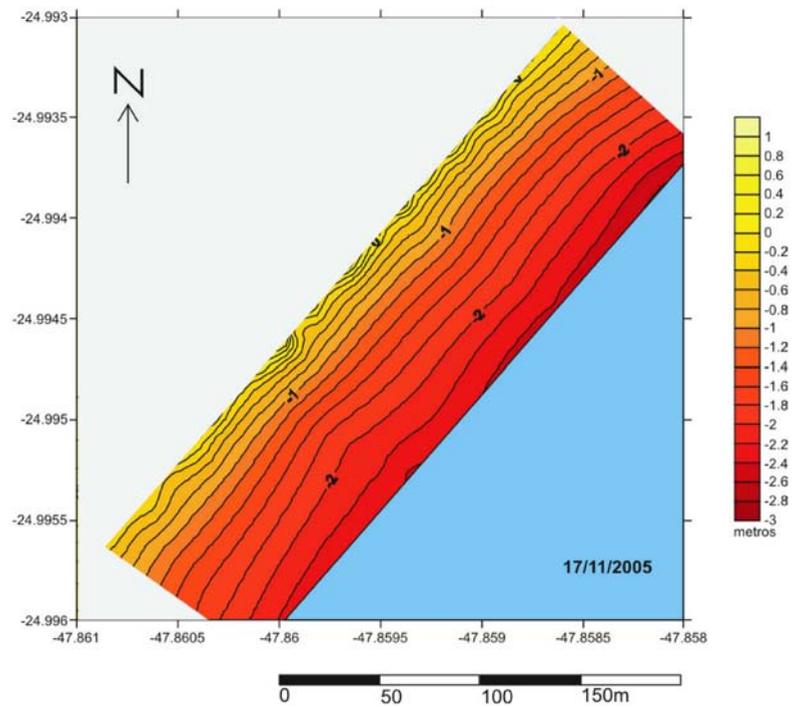


Figura 11: Topografia da Praia em 17/11/2005.
 Figure 11: Topography of the beach on 17/11/2005.

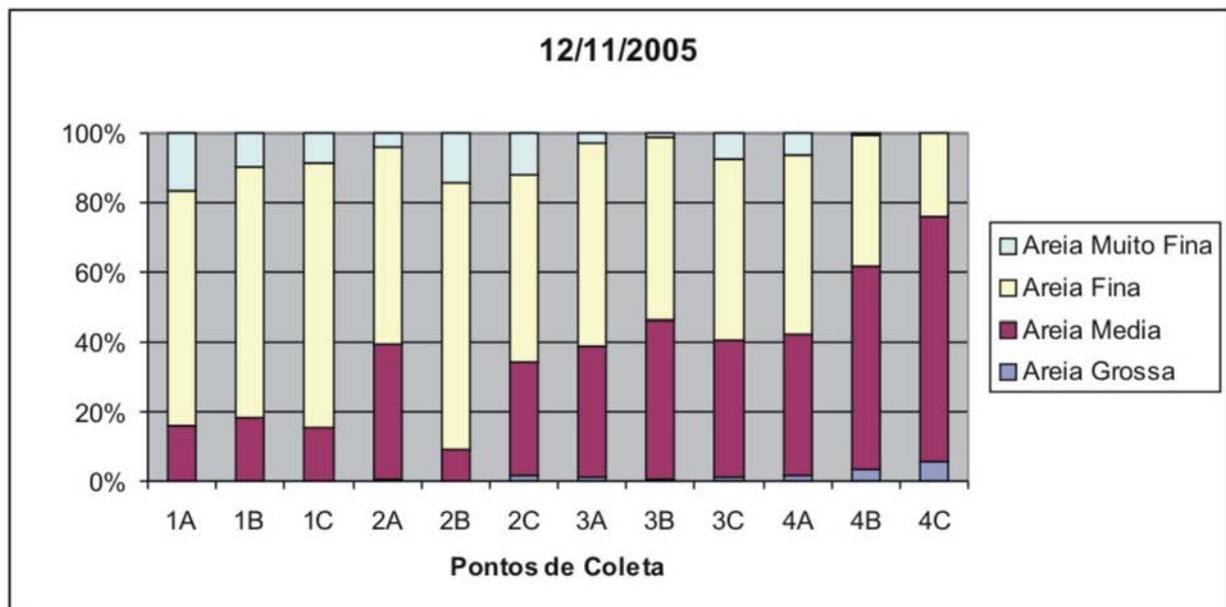


Figura 12: Granulometria da Praia em 12/11/2005.
 Figure 12: Grain size classes' distribution of the beach on 12/11/2005.

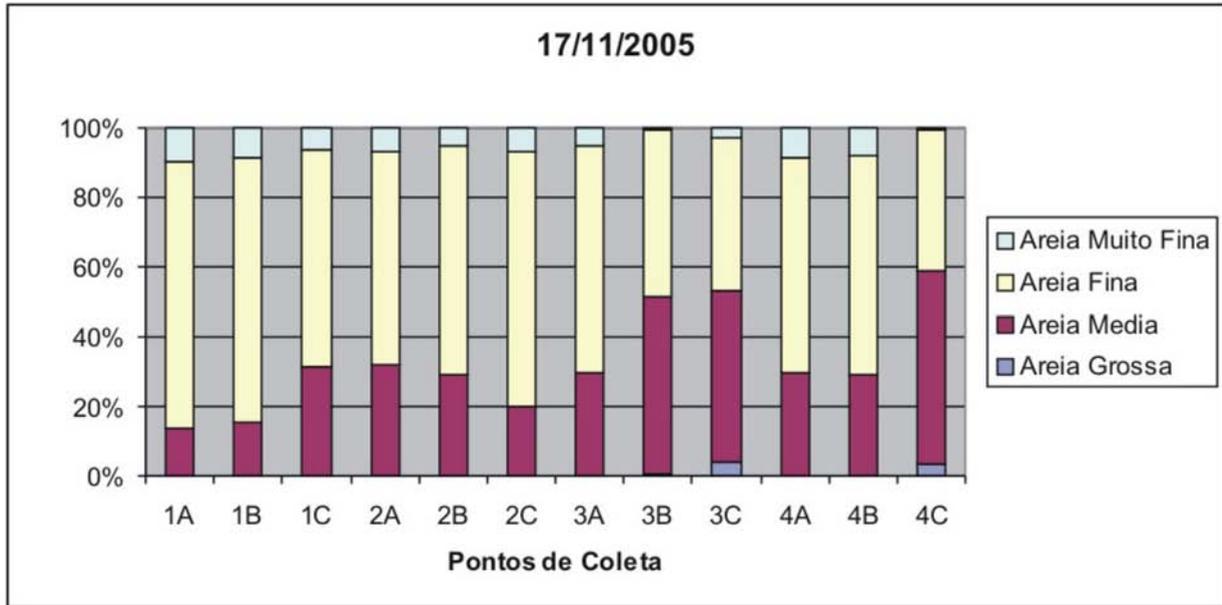


Figura 13: Granulometria da Praia em 17/11/2005.
Figure 13: Grain size classes' distribution of the beach on 17/11/2005.

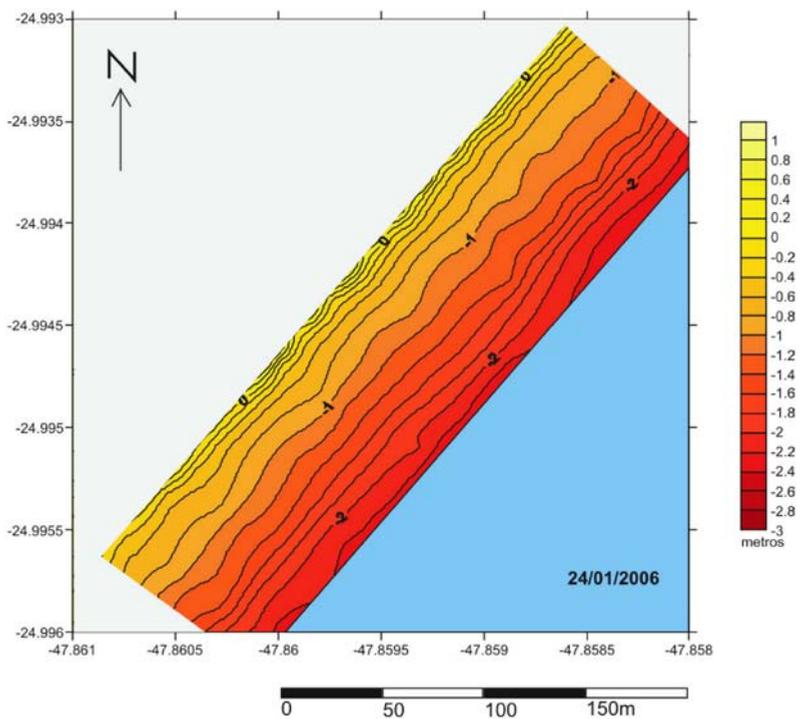


Figura 14: Topografia da Praia em 24/01/2005.
Figure 14: Topography of the beach on 24/01/2005.

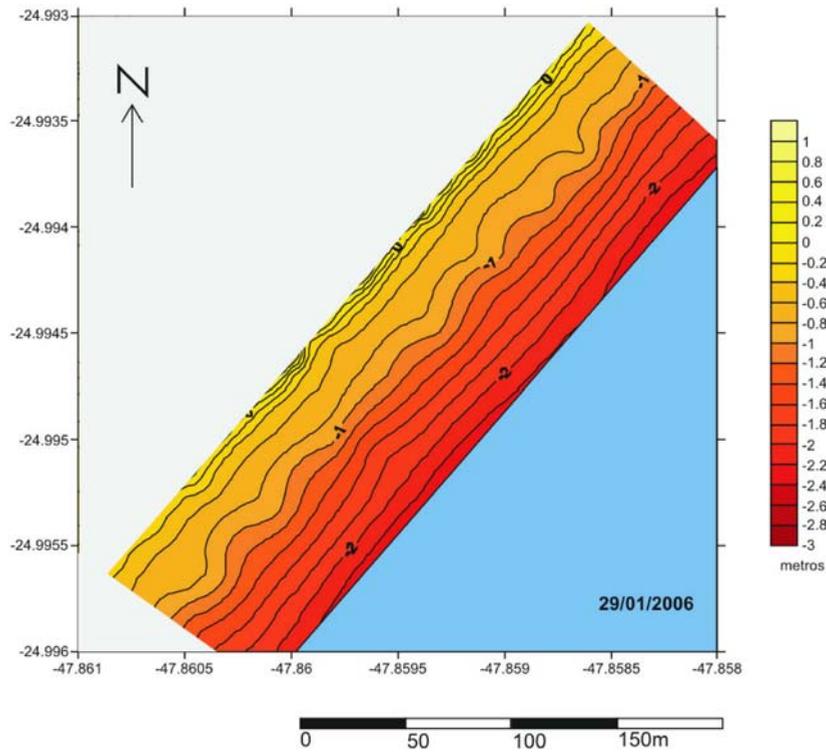


Figura 15: Topografia da Praia em 29/01/2005.
 Figure 15: Topography of the beach on 29/01/2005.

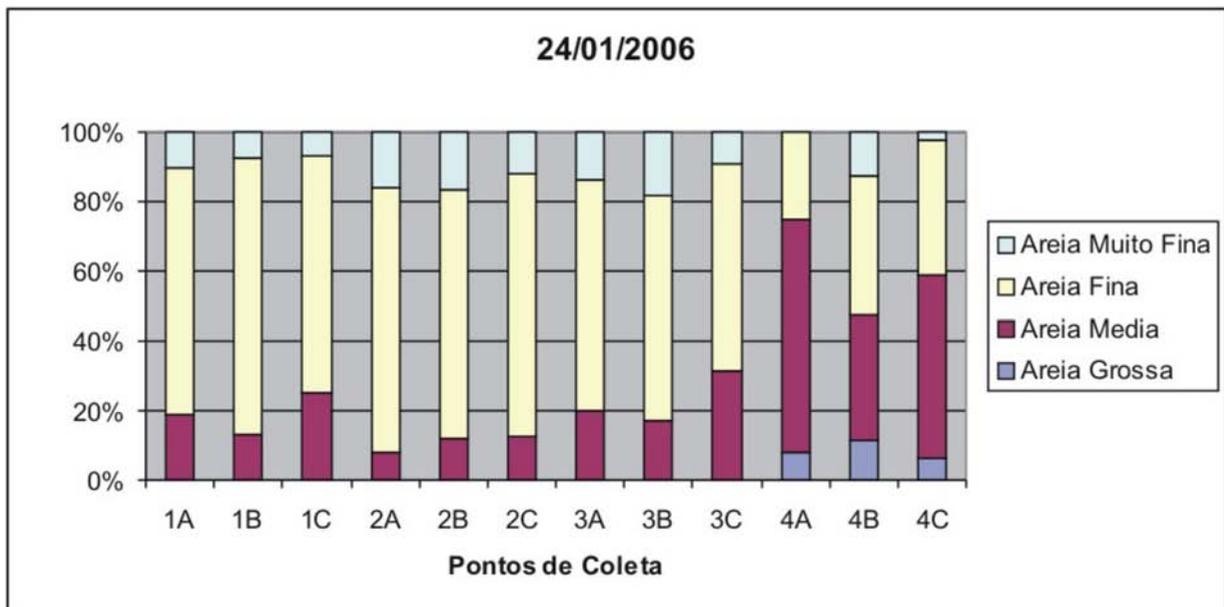


Figura 16: Granulometria da Praia em 24/01/2006.
 Figure 16: Grain size classes' distribution of the beach on 24/01/2006.

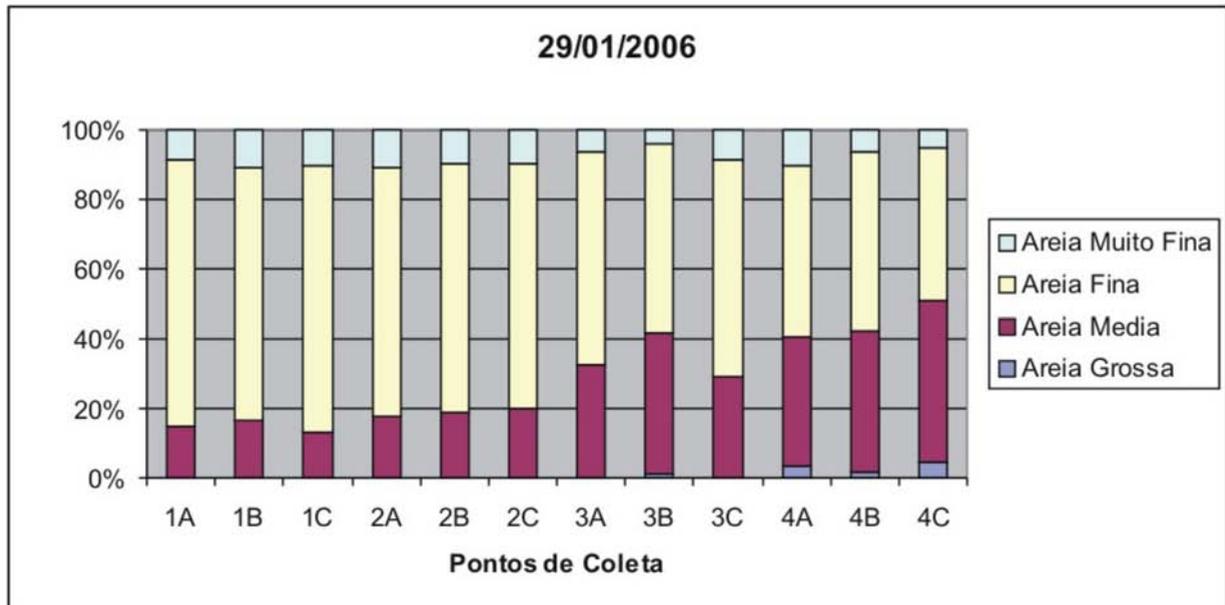


Figura 17: Granulometria da Praia em 29/01/2006.
 Figure 17: Grain size classes' distribution of the beach on 29/01/2006.

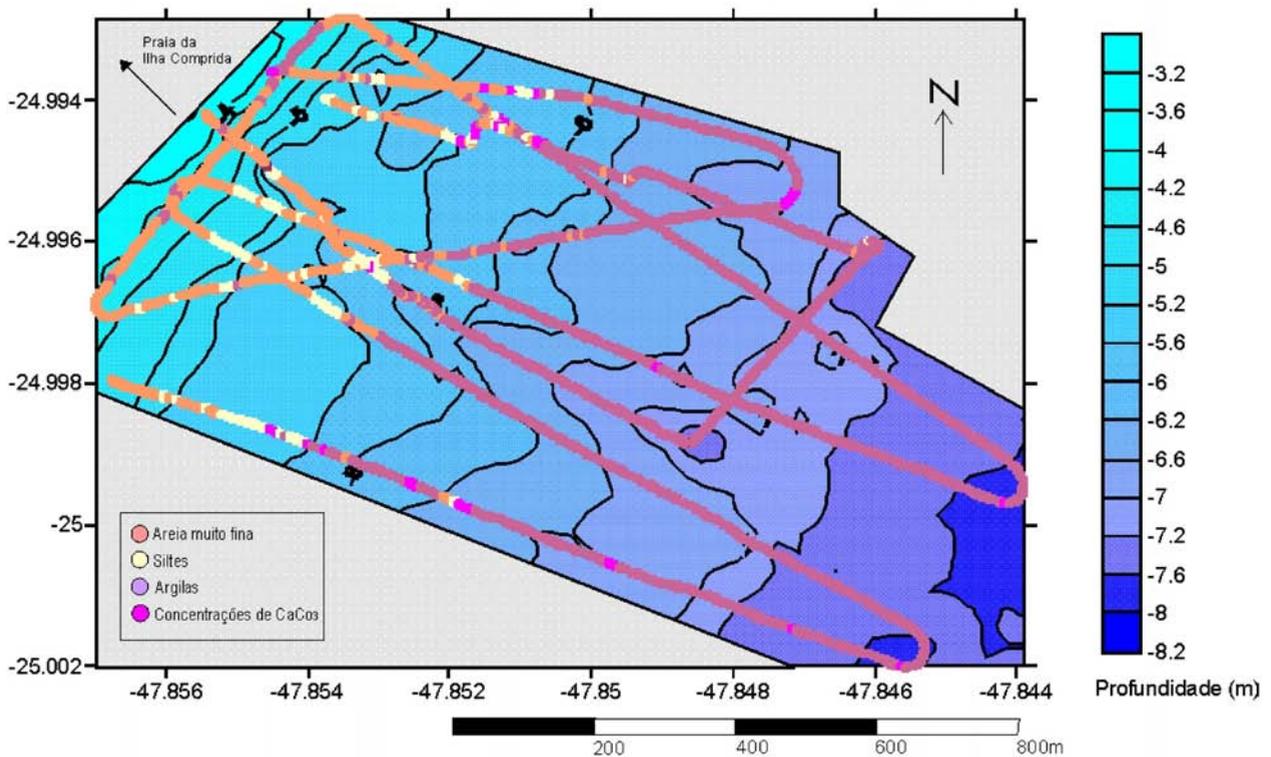


Figura 18: Caracterização de fundo, resultante de sistema Roxann, associado à batimetria, na porção submersa para o dia 03/08/2005, entre a face litorânea e costa afora adjacente à porção emersa da praia da Ilha Comprida.
 Figure 18: Bottom characterization, based on Roxann data, coupled with bathymetry, for the foreshore, surveyed on 03/08/2005 in front of the study area.

mesma direção com Hs a partir de 1 m passaram a exercer papel erosivo no estoque de sedimentos. De forma inversa, as ondas de leste com Hs em até 1 m exerceram papel erosivo e a partir de 1 m, papel deposicional.

Esta tendência de erosão e de preenchimento de sedimentos, descritas anteriormente, não corrobora com os resultados observados por diversos autores, dentre os quais Barros & Tessler (2003), Calliari *et. al.* (2003) e Pereira & Calliari (2005).

Para Barros & Tessler, as ondas de leste são responsáveis por processos deposicionais prevalentes e as ondas de sul por processos erosivos em praias do norte paulista. Para Calliari *et. al.* (2003), as ondas de sul/sudeste com Tm acima de 9 s são as principais causadoras do processo erosivo observado no Farol da Conceição, na costa do Rio Grande do Sul (Brasil). Pereira & Calliari (2005) também observaram acreção do perfil praias na Praia do Cassino, Rio Grande do Sul, quando presentes ondas de sudeste e leste, com Hs menor que 0,75 m e Tp entre 9 s e 10 s.

Os resultados alcançados na presente pesquisa complementam os resultados adquiridos pelos autores acima mencionados. Pois, embora as ondas de sul e de leste, com Hs inferiores a 1 m, tenham atuado sobre o balanço sedimentar diferentemente do descrito pela literatura, as ondas acima de 1 m, tanto de sul como de leste, foram responsáveis diretamente pelas mudanças volumétricas da porção emersa da praia, com erosão e deposição respectivamente.

Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar estas diferenças de resultados das variações morfológicas e volumétricas, quando presentes ondas de sul e de leste de diferentes alturas.

As ondas de sul com Hs maior que 1 m e Tm entre 8 s e 10 s – registradas nas campanhas de maio e novembro de 2005 e janeiro de 2006, apresentam alta energia e acabam erodindo diretamente a porção emersa da praia. A energia destas ondas não se dissipa exclusivamente sobre a porção submersa da praia e, somada à maré meteorológica, a energia da onda – por meio do espraiamento – acaba por atingir porções bastante superiores da praia e por atuar no processo erosivo do trecho monitorado.

As ondas de sul com Hs em até 1 m e Tm entre 7 s e 8 s, registradas nas campanhas de agosto de 2005 e janeiro de 2006, são capazes de remobilizar

sedimentos na porção submersa da praia, mas não têm energia suficiente para erodir a porção emersa. Quando estas ondas estão presentes, o espraiamento somado às variações de maré parece ser responsável pela deposição na porção emersa da praia, deste sedimento re-suspenso pela ação das ondas.

As ondas de leste com Hs maior de 1 m e Tm entre 6 s e 7 s só foram registradas na campanha de novembro de 2005. Ao longo deste monitoramento foi observada a destruição do banco presente na porção mais inferior do sistema, e o sedimento deste banco parece ter sido transferido para a porção emersa da praia.

As ondas de leste com Hs inferiores a 1 m e Tm entre 6 s e 8 s foram registradas nas quatro campanhas e, em todas essas, a praia respondeu com processo erosivo. Uma hipótese para explicar reside no fato de a fonte potencial de sedimentos para este setor da costa encontrar-se nos bancos submersos, existentes a sul do setor analisado. Neste sentido, a despeito das condições hidrodinâmicas favoráveis, não há estoque sedimentar, no prisma praias submerso, disponível para permitir a recomposição do perfil praias.

Este aspecto é particularmente crítico para a gestão costeira deste trecho da costa, na medida em que reflete a fragilidade do arco praias ao sul da Ilha Comprida, para modificações antrópicas que possam refletir em alterações no balanço sedimentar.

Os dados granulométricos permitiram aferir a existência de um transporte de sedimentos tanto longitudinal, como transversal à linha de costa. Com respeito ao transporte longitudinal, foi aferida a predominância da corrente de deriva litorânea rumo NE, assim como observado por Tessler, 1988; Souza, 1997 e Nascimento Jr., 2006.

O transporte transversal também foi registrado em estudos efetuados em praias que ficam aproximadamente 200 km ao norte, que apresentam características geomorfológicas similares à da Ilha Comprida: praia de Cibratel por Cazzoli (1997) e de Bertioga por Martins (2000), ambas localizadas no litoral sudeste do Brasil.

Quanto à área submersa adjacente, a porção mais externa da zona de arrebentação do sistema encontra-se entre as isóbatas de -3 e -5 m de profundidade (figura 18). As informações obtidas, por meio dos dados do *Roxann*, sonar de varredura lateral e da coleta

de sedimentos, levam a supor que a troca de sedimentos da praia com a plataforma interna parece ser interrompida próxima à isóbata de -6 m, onde se verifica a ocorrência de sedimentos lamosos.

O estudo morfológico e volumétrico de praia é uma excelente ferramenta na identificação de um equilíbrio dinâmico, ou na identificação, por um lado, de alterações decorrentes de intervenções costeiras, e por outro, de alterações decorrentes de mudanças climáticas globais.

A análise de um estudo de morfologia de praia de longo prazo, conjugado com estudos do clima de ondas, permite aferir tendências das alterações locais frente às mudanças climáticas globais. Estas mudanças climáticas globais, responsáveis pela alteração da dinâmica climática terrestre, acabam por interferir no fluxo médio de energia que chega a praia e acabam por modificar, conseqüentemente, a planta da praia.

Além das alterações causadas pela mudança no fluxo médio de energia, diversos são os tipos de intervenções que podem afetar a dinâmica costeira, ainda mais em um espaço de tempo muito menor, o que acarreta em mudanças no balanço sedimentar das praias e conseqüentemente, em seu equilíbrio dinâmico. Alguns dos diferentes tipos são: espigões, quebra-mares, muros marinhos, aterros sobre o pós-praia (para a construção de loteamentos, avenidas, etc.), emissários, alimentação de praias, barragens, mudanças na orientação de desembocaduras fluviais ou lagunares (Alfredini, 2005).

Considerando a predominância de uma corrente longitudinal, sentido SW-NE e a presença de grandes bancos arenosos nos arredores da desembocadura, ressalta-se a importância do presente estudo como subsídio a uma gestão costeira sustentável, uma vez que os resultados alcançados com este estudo permitem aferir que a praia da Ilha Comprida apresentou-se, pelo menos para o trecho e ano monitorado, em equilíbrio morfodinâmico, com diferenças volumétricas inexpressivas entre a primeira e a última campanha.

CONCLUSÕES

Este estudo apresenta uma contribuição para o conhecimento da dinâmica de sedimentos na praia da Ilha Comprida, bem como fornece subsídios para orientar uma gestão costeira mais adequada à região,

permitindo, assim, uma ampliação do conhecimento sobre a área investigada.

A variação temporal de curto período da morfologia e do volume de sedimento no segmento da praia monitorado ocorreu de maneira bastante evidente, chegando à variação de 50% do total do volume do segmento da praia entre as campanhas de maio e agosto de 2005 e entre as de novembro de 2005 e janeiro de 2006.

Os dados granulométricos permitiram aferir a existência de um transporte de sedimentos tanto longitudinal, como transversal à linha de costa, na área de estudo.

Propõe-se que futuras intervenções neste trecho da costa considerem os estoques de sedimento que compõem toda a praia da Ilha Comprida. Além dos bancos arenosos nos arredores da barra de Cananéia, que parecem servir como fonte de sedimentos para a dinâmica longitudinal, para a dinâmica transversal, deve ser considerada como praia desde a primeira linha do campo de dunas, na porção emersa, até a isóbata de -6 m, na porção submersa. Nesse sentido, quaisquer intervenções, que venham a ser realizadas, devem respeitar essa faixa transversal, que compreende área intermitente nos processos de equilíbrio dinâmico entre mar e terra, bem como a faixa longitudinal de fluxo de sedimentos provenientes dos bancos arenosos presentes na desembocadura de Cananéia.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio à pesquisa, ao Prof. Dr. Valdir Inocentini (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), pela cessão dos dados referentes ao modelo WaveWatch III, aos funcionários da Base de Pesquisas Dr. João de Paiva Carvalho (Cananéia) e aos técnicos do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Edílson Soares e a tripulação do B Pq Albacora, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

BIBLIOGRAFIA

Albino, J. (1999) - *Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga a Povoação, ES*. Dissertação de doutorado, 175p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil

- Alfredini P. (2005) - *Obras e gestão de portos e costas. A técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental*. 720p., Editora Edgard Blüch, São Paulo, SP, Brasil. (ISBN: 85-2120-356-X)
- Baptista, P; Bastos, L. C.; Bernardes, C. & Dias, A. (2002) - A GPS based system for monitoring sand movements – The Aveiro Coastline Case. *Littoral, The Changing Coast*. 347-351.
- Barros, M.O. de & Tessler, M.G. (2003) - Profile changes on Fazenda, Puruba and Itamambuca beaches, Ubatuba on the northern coast of São Paulo state, Brazil, as related to meteorological conditions. *Journal of Coastal Research*. 35:184-183.
- Brunsdon, D. & Moore, R. (1997) - Engineering geomorphology on the coast: lessons from west Dorset. *Geomorphology*. 31(1/4):391-409. ([http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00082-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00082-3)).
- Calliari, L., Boukareva, I., Pimenta, F & Speranski, N. (2003) - Classification of the southern Brazilian coast according to storm wave patterns and geomorphologic evidence of coastal erosion. *Journal of Coastal Research*. 35:339-342.
- Cazzoli, S.V. (1997) - *Dinâmica sedimentar atual das praias de Cibratel e Itanhém-Suarão, município de Itanhaém, Estado de São Paulo*. Dissertação de mestrado, 188p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil
- Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957) - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1): 3-26.
- Haxel, J. H. & Holman, R. A. (2004) - The sediment response of a dissipative beach to variations in wave climate. *Marine Geology*. 206(1/4):73-99. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2004.02.005>).
- Klein, A. H. de F.; Benedet filho, L. & Schumacher, D. H. (2002) - Short-term beach rotation processes in distinct headland bay beach systems. *Journal of Coastal Research*. 18: 442-458.
- Martins, C.C. (2006) - *Morfodinâmica de praia refletiva: estudo de caso na praia da Sununga, litoral norte do Estado de São Paulo*. Dissertação de doutorado, 209p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil
- Martins C.C. (2000) - *Variações morfológicas e sedimentares de curto período em perfis praias, praia da Bertioiga/SP*. Dissertação de mestrado, 161p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- Moraes, A. C. R. (1999) - *Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil*. Editora Hucitec, Edusp, 229p., São Paulo, SP, Brasil (ISBN: 8527104997)
- Morton, R. A.; Leach, M. P.; Paine, J. G & Cardoza, M. A. (1995) - Monitoring beach changes using GPS surveying techniques. 1995b. *Journal of Coast Research*. 9(3):702-720
- Nascimento Jr., D.R. (2006) - *Morfologia e sedimentologia ao longo do sistema praia-duna frontal de Ilha Comprida, SP*. Dissertação de Mestrado, 97p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- Nero, M. A. (2005) - *Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional*. Dissertação de Doutorado, 490p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil
- Pereira, p. s. & Calliari, L. J. (2005) - Variação morfodinâmica diária da praia do Cassino, RS, durante os verões de 2002/2003 no setor do terminal turístico. *Brazilian Journal of Aquatic Science Technology*. 9(1):7-11. (disponível em <http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/bjast/article/view/568/480>)
- Souza, C.R de G. (1997) - *As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo*. Dissertação de Doutorado, 2v., Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- Suguio, K. & Martin, L. (1978) - Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*. Special publication. 55p., Sociedade Brasileira de Geologia. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, SP, Brasil
- Tabajara, L. L., Martins, R. L & Almeida L. E. S. B. (2004) – Resposta e recomposição das praias e dunas após sequência de ciclones extratropicais. *Gravel*. 2:104-121, Porto Alegre, RS, Brasil. (disponível em http://www.ufrgs.br/ceco/gravel/2/CD/docs/Gravel_2_10.pdf)
- Tessler, M. G. (1988) – *Dinâmica sedimentar Quaternária no litoral sul paulista*. Dissertação de Doutorado, 277p., Universidade de São Paulo, SP, Brasil.
- Wright, L. D.; Short, A. D. (1984) - Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*. 56(1/4):93-118. ([http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227\(84\)90008-2](http://dx.doi.org/10.1016/0025-3227(84)90008-2)).



Estudo da contaminação por resíduos sólidos na ilha do Arvoredo, reserva biológica marinha do Arvoredo - SC, Brasil *

Study of the contamination of litter in island Arvoredo, marine biological reserve of the Arvoredo - SC, Brasil

Arthur Antônio Machado @,¹, Gilberto Fillmann ¹

RESUMO

A contaminação por resíduos sólidos no ambiente marinho é uma questão que deve ser tratada com cuidado, uma vez que a sua importância é crescente desde a substituição de materiais degradáveis por outros não degradáveis. A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (RBMA) enquadra-se na mais restritiva categoria das unidades de conservação integral. Apesar disso, a contaminação por resíduos sólidos tem sido evidente. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo quantificar e qualificar os resíduos sólidos encontrados na ilha do Arvoredo (27°17'S; 048°22'W), principal ilha da RBMA. Foram realizadas cinco coletas no período de fevereiro de 2004 a janeiro de 2005, utilizando dois métodos de amostragem: a) coletas junto ao fundo através de técnicas de busca e recuperação utilizando mergulho autônomo e, b) manualmente na costa adjacente (coletando a totalidade de resíduos sólidos, exceto madeira, nas áreas amostradas). A metodologia de fundo foi utilizada em 15 amostragens ao longo das 5 saídas no Saco do Farol e no Saco do Vidal (fora da RBMA) e se mostrou viável para transparências acima de 1m e profundidades até 15m. Já as amostragens na costa da ilha foram realizadas em duas áreas distintas, no Saco das Balas (dentro da RBMA), e nos Sacos do Farol e Vidal (fora dos limites da RBMA). Os resultados demonstraram que há uma elevada contaminação por resíduos sólidos na ilha do Arvoredo, tanto na costa quanto no fundo marinho. Os principais tipos de resíduos encontrados no fundo foram cabos, âncoras, pneus e linhas de pesca, enquanto que na costa foram isopores (que são utilizados como flutuadores de redes e em caixas térmicas para alimento e pescado) e garrafas e recipientes plásticos (utilizados para o transporte de bebidas e de óleo lubrificante e combustíveis). Os resíduos encontrados no presente estudo tiveram uma origem predominantemente marinha, oriunda provavelmente de embarcações de turismo e/ou pesqueiras que realizam suas atividades ao redor da Reserva.

Palavras-chave: Unidade de Conservação, mergulho autônomo, ilha costeira, resíduos sólidos.

@ - Autor correspondente: oceaam@yahoo.com.br

¹ - Universidade Federal do Rio Grande

ABSTRACT

Marine environment contamination by debris is an issue that must be treated carefully, since its importance grows due to the substitution of biodegradable for non-degradable materials. The Arvoredo Marine Biological Reserve (RBMA) is categorized as the most restrict conservation unit, according to Brazilian National Conservation Unit System (SNUC). Visitation in this kind of units is allowed for environmental education and scientific purpose only. Despite of that, the marine debris contamination is evident. Thus, this work identified and quantified all the debris found at Arvoredo Island (27°17'S; 048°22'W), the main island of RBMA. Samples were taken during 5 fieldworks (February 2004 (summer), May 2004 (autumn), July 2004 (winter), October 2004 (spring) and January 2005 (summer)) using two different sampling methods: a) bottom sampling by scuba diving using search and recovery technique and, b) manual sampling at the adjacent coastal shore (collected all debris in the sampling area except wood debris). The bottom sampling was used in 15 samples at Farol Bay and Vidal Bay (both outside from RBMA). The applied technique showed to be viable for waters with at least 1m of transparence and up to 15 meters. The coastal shore of the island was sampled in the Bala Bay (within the RBMA), and the Farol Bay and Vidal Bay (outside the boundaries of RBMA). Compared to others studies around the world, Arvoredo island showed high levels of contamination at sea bottom (an average of 14.4 items/1.000m²) and coastal shore (an average of 3.33 items/m). During the sampling period, the coastal shore located inside the RBMA was always more contaminated than the one located outside the conservation unit. Cable, anchor, tire and fishing line were the most common materials found at the bottom, while styrofoam (used in floating net artifacts and coolers for food and fish), bottles and other plastic recipients (used to carry juices, soft drinks, spirits, homemade chili, engine lubricating oil and fuel) were at coastal shore. Some of the recipients were even found full of lubricant oil and fuel. The residues found in this study had a predominantly marine origin, probably deriving from touristic boats and/or carrying out fishing activities around the conservation unit area. At least the presence of fishermen in the area is evident, since they use these kind of materials for daily on board activities.

Keywords: Conservation Unit, scuba diving, coastal island, marine debris.

1. INTRODUÇÃO

A contaminação por resíduos sólidos no ambiente marinho é uma questão que deve ser tratada com cuidado, uma vez que esta ameaça cresce desde o momento em que materiais degradáveis começaram a ser substituídos por outros não degradáveis no fabrico dos mais diferentes bens de consumo (Golik & Gertner, 1992). Dentre os ambientes que são afetados pelos resíduos sólidos destacam-se os oceanos abertos e as regiões costeiras. Diversos estudos nesses ambientes já foram realizados abordando diferentes aspectos do problema, como avaliação quali-quantitativa, efeito sobre a biota e fontes e destino dos contaminação (Merrell Jr., 1980; Vauk & Schrey, 1987; Laist, 1987; Pruter, 1987; IOC/FAO/UNEP, 1989; Richards & Dugan, 1989; Golik & Gertner, 1992; Sangodoyin, 1993; Bjordal *et al.*, 1994; Kubota, 1994; Benton & Spencer, 1995; Araújo & Costa, 2004; Wetzel *et al.*, 2004; White, 2004; Ivar do Sul & Costa, 2007; Spengler & Costa, 2008; Ivar do Sul *et al.* 2009; Tourinho *et al.*, 2010).

Os efeitos junto à biota são imediatos e preferencialmente mecânicos, como enredamento e afogamento, diminuição na capacidade de procurar alimento e/ou evitar a predação, bloqueio do trato

digestivo e ferimentos oriundos da associação de componentes abrasivos ou cortantes (Laist, 1987; Pruter, 1987; IOC/FAO/UNEP, 1989; Tourinho *et al.*, 2010). Os resíduos sólidos podem, ainda, causar efeitos aos seres humanos, como na indústria do turismo (depreciação estética) e no uso das águas para a navegação (Tomkin, 1989; Nollkaemper, 1994). Cortes por vidro e metais em usuários das praias e/ou ambientes costeiros, e o enredamento de mergulhadores em plásticos e redes, são citados como os principais efeitos diretos à saúde humana. Além disso, pescadores podem ter seus artefatos de pesca danificados pelos resíduos (UNESCO, 1994).

A maioria dos estudos de resíduos sólidos foi realizada em praias, e os estudos no fundo dos oceanos são poucos comuns (Bingel *et al.*, 1987; Galgani *et al.*, 1995; Galil *et al.*, 1995; Stefatos *et al.*, 1999; Galgani *et al.*, 2000), sendo ainda mais raros os que empregaram mergulho como técnica de amostragem dos resíduos sólidos. Spengler & Costa (2008) fizeram uma revisão de métodos utilizados para amostrar resíduos sólidos no fundo marinho e citam alguns estudos que utilizaram mergulho como ferramenta (Donohue *et al.*, 2001; Katsanevakis & Katsarou, 2004; Machado, 2006).

Dentre os estudos que empregaram o mergulho, Donohue *et al.* (2001) realizou suas pesquisas nas ilhas

do noroeste do Havaí utilizando tanto mergulho livre (sem equipamento autônomo), para procurar os resíduos sólidos, quanto mergulho autônomo, para coleta desses resíduos. No primeiro caso, uma avaliação preliminar da coluna de água foi feita em uma área de 1 a 2km por dois mergulhadores utilizando snorkel. Estes foram rebocados por uma pequena embarcação e utilizaram um balizamento com faixas paralelas para manter um padrão de procura visual. Durante as amostragens, os mergulhadores seguravam em um tipo de prancha, que possibilitava movimentos da superfície para o fundo e lateralmente (Plana Sub). As observações eram conduzidas somente quando os mergulhadores podiam observar facilmente o fundo marinho da superfície da água. A largura efetiva do perfil era determinada pela claridade da água.

Já Katsanevakis & Katsarou (2004) realizaram sua pesquisa na costa da Grécia. Os resíduos sólidos foram registrados por censo visual, durante mergulhos autônomos (SCUBA) em profundidades entre 0 e 25m. Durante cada mergulho foi realizado um perfil de 100 m² (50m x 2m) que, repetido 16 vezes, cobriu uma área de 1.600m² (16 x 50m x 2m) onde todos os resíduos sólidos (todos os tamanhos) foram registrados.

Estudos em ilhas também são poucos comuns, sendo que os despejos de embarcações foram identificados como a principal fonte dos resíduos nesses ambientes (Vauk & Schrey, 1987; IOC/FAO/UNEP, 1989; Richards & Dugan, 1989; Benton & Spencer, 1995; Otley & Ingham, 2003; Schärer, 2004; White, 2004). Em razão da susceptibilidade das ilhas costeiras ao crescente problema da contaminação por resíduos sólidos no Brasil e da total ausência de estudos pretéritos (até o início deste estudo em 2004 os estudos em ilhas eram inéditos) (Machado, 2006; Spengler & Costa, 2008), o presente trabalho teve como objetivo avaliar a contaminação por resíduos sólidos na ilha do Arvoredo (SC). Uma avaliação quali-quantitativa, espaço-temporal e da origem dos resíduos sólidos foi realizada tanto no costão rochoso, quanto no fundo marinho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Localizada no litoral central de Santa Catarina, ao norte da ilha de Santa Catarina, a RBMA (Reserva

Biológica Marinha do Arvoredo) abrange uma área de 17.600 hectares e é formada pelas ilhas do Arvoredo, Deserta, Galé e Calhau de São Pedro. A área estudada compreende somente a ilha do Arvoredo (27°17'S e 048°22'W) (Figura 1) que é circundada por costões rochosos (não há praias arenosas). A profundidade no entorno da ilha varia entre 3 e 40m, sendo o fundo constituído principalmente por rochas e areia. É protegida na sua face oeste, formando um atracadouro que permite o desembarque de membros da Marinha do Brasil (responsáveis pela manutenção do farol de sinalização) e pessoas autorizadas pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais). Em razão da face oeste da ilha do Arvoredo não fazer parte da RBMA (Figura 1), há uma constante presença de embarcações (de pesca e lazer) ancoradas nesta face da ilha.

De acordo com as características geomorfológicas e o regime de ventos, a ilha do Arvoredo pode ser dividida, basicamente, em quatro regiões: face leste, face oeste, ponta norte e ponta sul (Cunha & Guerra, 2001). A face leste é a mais exposta à ação de ondas e possui somente uma enseada (Saco das Balas). Sua porção submarina possui uma declividade abrupta, atingindo rapidamente a isóbata dos 30m. A face oeste, contrariamente, possui uma declividade mais suave, mantendo sua profundidade entre 12 e 18m. Além disso, por ser voltada para o continente, ela é mais protegida da ação de ondas (Cunha & Guerra, 2001). A ponta norte e a ponta sul diferem quanto ao quadrante de ventos aos quais estão expostas. Segundo os autores referidos, na ilha do Arvoredo predominam ventos de nordeste que são substituídos por ventos do quadrante sudoeste, associados à penetração de frentes frias.

As amostras foram obtidas durante cinco coletas realizadas entre os anos de 2004 e 2005: fevereiro 2004 (verão), maio 2004 (outono), julho 2004 (inverno), outubro 2004 (primavera) e janeiro 2005 (verão). As amostragens foram realizadas de duas maneiras: 1) junto ao fundo, através de mergulho autônomo (Saco do Farol e Saco do Vidal); 2) manualmente no costão rochoso adjacente (Saco das Balas, Saco do Farol e Saco do Vidal) (Figura 1). Estes dois métodos foram empregados visando obter uma avaliação geral dos resíduos sólidos de uma mesma área. São técnicas

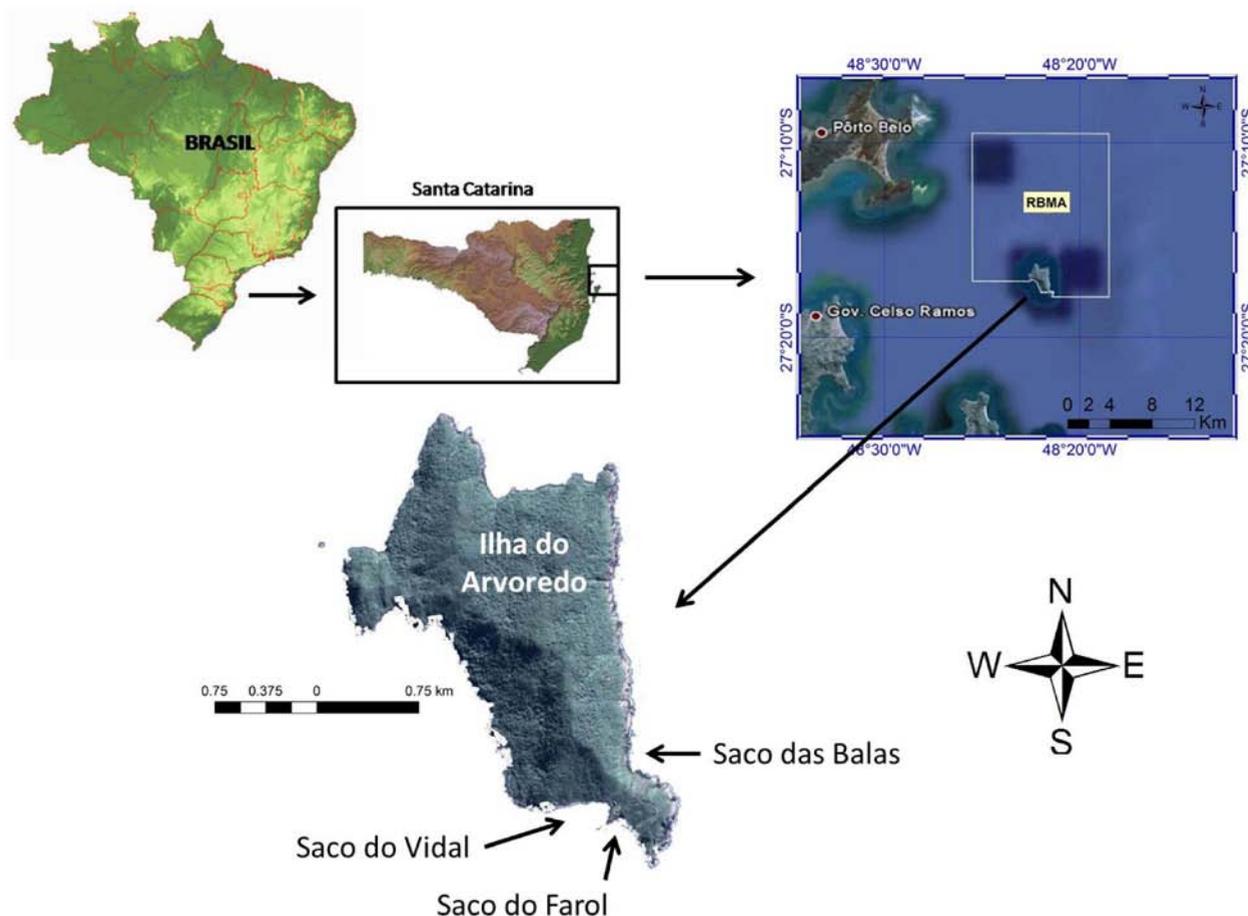


Figura 1 - Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (RBMA).

Figure 1 - Arvoredo Marine Biological Reserve (RBMA).

complementares, pois ao amostrar no fundo estão sendo avaliados os resíduos que possuem baixa fluabilidade e, por isso, nem sempre chegam ao costão rochoso. Inversamente, somente os resíduos com alguma fluabilidade são avaliados pelo método da amostragem no costão.

As amostragens de fundo foram realizadas exclusivamente na área fora da RBMA, em razão da dificuldade da realização de coletas de fundo na face exposta da ilha. O Saco do Farol e o Saco do Vidal foram escolhidos porque são locais onde há uma constante presença de embarcações, ficam próximos a base da reserva e numa região protegida, facilitando assim as amostragens e dando segurança aos mergulhadores. A região do Saco do Farol e do Saco do Vidal foi subdividida em 11 áreas quadradas com marcação visual

até a profundidade de 15m (alinhando os pontos de acordo com referenciais visuais), tendo essas áreas entorno de 350m² cada.

A metodologia de fundo consistiu numa busca circular, onde os resíduos sólidos foram coletados através de técnicas de busca e recuperação durante mergulho autônomo na qual o mergulhador utiliza uma carretilha presa a um cabo que fica perpendicular ao fundo, com uma poita numa extremidade e uma bóia na outra. O mergulhador libera 1m de cabo da carretilha a cada 360° dados ao redor da poita, até completar nove metros de raio (Figura 2). Sendo assim, as buscas circulares totalizam uma área amostral de 254,5m². Todos os resíduos sólidos encontrados, independente do tamanho, foram coletados e armazenados em sacos de tela, sendo posteriormente analisados na própria ilha do Arvoredo.

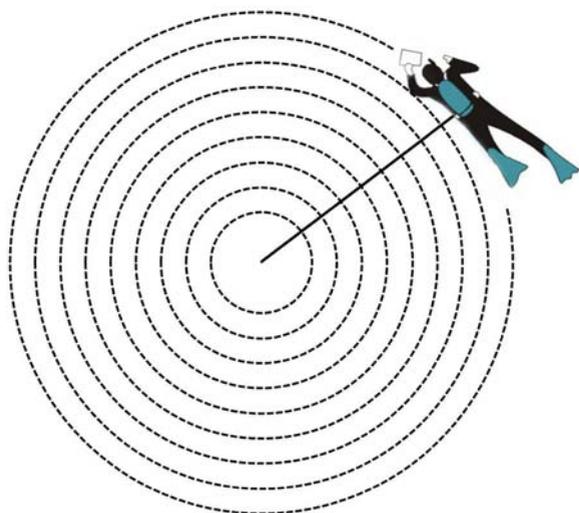


Figura 2- Metodologia de busca circular sugerida no presente trabalho.

Figure 2 - Circular search methodology suggested in this paper.

Este método de amostragem de fundo foi escolhido em razão das condições ambientais da ilha do Arvoredo e segurança dos mergulhadores, pois a ilha do Arvoredo tem águas claras e calmas no verão, e escuras e agitadas no inverno. Apesar da área amostrada no presente estudo ser menor do que as utilizadas por Donohue *et al.* (2001) e Katsanevakis & Katsarou (2004), a amostragem de fundo utilizada no presente estudo possibilita a amostragem em áreas com baixa visibilidade, e realiza a coleta dos resíduos sólidos, o que não ocorre no trabalho de Katsanevakis & Katsarou (2004). Caso necessário, a área amostrada pode ser aumentada com um número maior de mergulhos no local de estudo.

Os resíduos de fundo encontrados foram computados item a item, por haver poucos tipos de materiais. Resíduos que estavam aderidos ao fundo por incrustações não foram retirados, porque a sua retirada implicaria em danos ao ambiente. A cada saída foram realizados mergulhos em três áreas sorteadas aleatoriamente no Saco do Farol e no Saco do Vidal (fora da RBMA), totalizando 763,5m² de área amostrada. Um total de 15 mergulhos foi realizado nessas enseadas ao longo das cinco saídas. Os resultados foram expressos em número de itens por 1.000m² de área amostrada. Para verificar se houve

diferença no número médio de resíduos sólidos coletados no fundo ao longo das saídas foi utilizada análise de Variância (ANOVA) de um fator (*One-way ANOVA*) com intervalo de confiança de 95% ($< 0,05$). A normalidade dos dados foi testada através do teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade das variâncias dos mesmos através do teste de Levene.

As amostragens do costão rochoso foram realizadas através da coleta manual dos resíduos sólidos percorrendo todo o comprimento da linha de costa da área a ser amostrada. O comprimento da linha de costa foi definido pelo tipo de costão rochoso em relação à deposição de resíduos sólidos, isto é, os resíduos se depositam preferencialmente nas enseadas com um declive mais suave e com rochas mais retrabalhadas pelas ondas e, em menor proporção, em paredões íngremes com rochas maiores.

As amostragens ocorreram em duas áreas distintas: dentro (Saco das Balas - 79m de extensão) e fora dos limites da RBMA (Saco do Farol e Saco do Vidal - 198,5m de extensão), sendo estes dois últimos sacos considerados a mesma área amostral, por ser um a continuação do outro (Figura 1). Estas áreas foram escolhidas por se localizarem e representarem áreas tanto fora quanto dentro da RBMA, estarem localizados nas duas principais faces da ilha e por sua localização próxima à base da Reserva, facilitando o trabalho de coleta e transporte dos resíduos sólidos coletados. A largura dos perfis amostrados foi de aproximadamente 10m para as duas áreas em todas as saídas, abrangendo desde a linha da água até a vegetação.

A totalidade dos resíduos sólidos, nas áreas amostradas no costão, foi coletada, sendo processada quali-quantitativamente e separados os itens conforme a categoria a que pertenciam: plásticos, isopor, material de pesca, borracha, espuma e diversos (papel, vidros, metais, tecidos, pneus, *tetra pak*, pilhas, bola de futebol e vassoura). Apesar de se apresentarem em grande número na RBMA, não foram computados itens pertencentes à categoria madeira devido à dificuldade na retirada desse material do costão, o que poderia causar uma superestimação na quantificação, já que o mesmo item poderia ser contado mais de uma vez. Todos os resíduos sólidos amostrados foram desembarcados na cidade de Florianópolis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho foram analisados de forma a facilitar a visualização dos padrões sazonais e de origem dos resíduos sólidos que contaminam o fundo e a costa das enseadas da ilha do Arvoredo (RBMA).

3.1 Resíduos sólidos no fundo

Os resíduos sólidos coletados nas amostragens de fundo não foram separados por categorias (plásticos, espuma, material de pesca, borracha, isopor), mas computados por itens específicos, como linhas, cabos, filmes plásticos, poitas, chumbos de pesca e pneus, por serem poucos e por terem, a maioria, a mesma origem, ou seja, descartes de embarcações (pesqueiras e de lazer). Os principais resíduos encontrados no Saco do Farol e no Saco do Vidal (fora da RBMA) foram linhas, cabos, filmes plásticos, poitas, chumbos de pesca e pneus, perfazendo uma média geral ao longo das cinco coletas sazonais de 14,4 itens/1.000m². As linhas de pesca (51,8%) e os cabos (24,1%) foram os resíduos sólidos com maior número de itens no fundo marinho. As poitas (7,5%) sempre estavam presas a um cabo, o qual estava cortado na extremidade próxima à superfície da água. Esta evidência indica que a poita ficou presa ao fundo rochoso, sendo abandonada no local pelas embarcações.

A totalidade dos pneus encontrados no fundo marinho (3,7%) tinha furos nas laterais, indicando que também tem sua origem nas embarcações que vêm à ilha, seja para atividades comerciais ou turísticas. Neste caso específico, os pneus foram utilizados como defensas para as embarcações.

As saídas no verão e outono de 2004 foram as que apresentaram o maior número médio de resíduos com 17 itens/1.000m² e 19,6 itens/1.000m², respectivamente (Figura 3). Entretanto, a análise de Variância (ANOVA) (gl= 4; p=0,3749) demonstrou que não ocorreu diferença significativa na contaminação de fundo ao longo das cinco saídas. Apesar disso, o maior número de embarcações de pesca que se dirigem para a ilha do Arvoredo entre os meses de novembro a abril (UNIVALI/CITMar, 2004) poderia acarretar numa maior contaminação.

O nível de contaminação encontrado na ilha do Arvoredo (14,4 itens/1.000m²) é comparável ao da região costeira do golfo *Saronicos* na Grécia (14,9 itens/1.000m²), uma área muito populosa e altamente industrializada, considerada altamente contaminada por resíduos sólidos (Katsanevakis & Katsarou, 2004) (Tabela 1). A comparação com estudos realizados em regiões oceânicas é limitado, uma vez que estes ambientes estão normalmente distantes das fontes continentais de contaminação. Porém, é interessante mostrar que, tanto

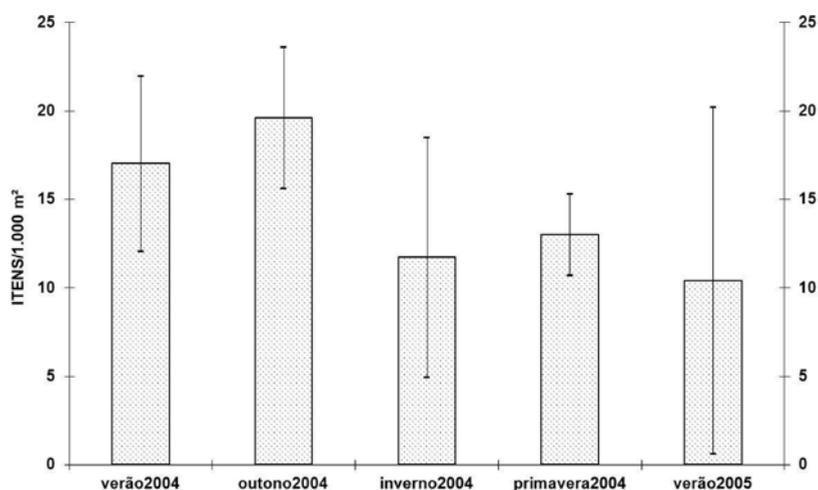


Figura 3 – Médias e desvios padrão (n = 3) de resíduos sólidos amostrados no fundo do Saco do Farol e do Saco do Vidal (fora da RBMA).

Figure 3 - Mean and standard deviation (n = 3) marine debris sampled in the bottom of the Farol Bay / Vidal Bay (outside the RBMA)

em ambientes costeiros quanto em ambientes oceânicos, há uma forte presença de resíduos sólidos no fundo marinho, demonstrando uma contaminação ampla dos oceanos por resíduos sólidos.

3.2 Resíduos sólidos na costa

Os resíduos sólidos amostrados no costão rochoso da ilha do Arvoredo foram separados nas seguintes categorias: plásticos, espuma, material de pesca, borracha, isopor. Os materiais com abundância menor que 1% do total de resíduos sólidos amostrados (papel, vidros, metais, tecidos, pneus, *tetra pak*, pilhas, bola de futebol) foram classificados como diversos.

Os resíduos sólidos das categorias isopor e plásticos predominaram nas coletas, perfazendo mais de 90% dos resíduos sólidos amostrados. Considerando as duas áreas de amostragem, os isopores chegaram a 48% dos resíduos coletados fora da RBMA e 54,7% dentro da RBMA, enquanto que os plásticos chegaram a 38,7% fora da RBMA e 37,8% dentro da RBMA. Essas duas categorias são compostas por materiais com grande fluutuabilidade, sendo facilmente transportadas pela ação de correntes e vento.

Os isopores são bastante utilizados em embarcações pesqueiras e de lazer, como flutuadores de redes, bóias e recipientes (caixas térmicas) para manter refrigerados o pescado e os mantimentos. Por serem frágeis, leves e com grande fluutuabilidade, são facilmente perdidos no mar pelas embarcações. As correntes fazem com que os isopores derivem até encontrar um local em que fiquem presos. Com base nestes fatos, podemos supor que a principal origem dos isopores são embarcações pesqueiras e de turismo ou recreação, já que o material encontrado na ilha do Arvoredo se compunha principalmente de fragmentos de isopores e algumas bóias (Figura 4C).

Os plásticos foram sempre mais abundantes na área amostrada dentro da RBMA do que na área amostrada fora da RBMA, chegando a um máximo de 588,6 itens/100m de linha de costa no outono de 2004 (Tabela 2). A categoria plásticos é composta por garrafas pet (Figura 4B), tampas, copos, filmes plásticos, potes e fragmentos plásticos, sendo as garrafas pet predominantes nas duas áreas amostradas (Figura 5).



Figura 4 – A: Rede de Pesca, B: Garrafas Pet e C: Isopores
Figure 4 - A: Fishing Net, B: Pet Bottles and C: Styrofoam

Tabela 1 – Comparação dos resultados de abundância de resíduos sólidos bentônicos na área de estudo e de outras regiões do mundo.

Table 1 - Comparison of the abundance of marine benthic debris in the study area and other regions of the world.

| LOCAL | METODOLOGIA | PROFUNDIDADE | AMBIENTE | MÉDIA ITENS/1.000m ² |
|--|---|------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Leste do Mediterrâneo | Arrasto | 194 – 4.614m | Oceânico | 2,4 |
| Golfo de <i>Echinadbes</i> | Arrasto | 247 - 360m | Oceânico | 0,089 |
| Golfo de <i>Patras</i> | Arrasto | 80 - 120m | Oceânico | 0,24 |
| Golfo de <i>Lion</i> | Arrasto e Submergível Tripulado | plataforma continental | Oceânico | 0,14 |
| Mar Adriático | Arrasto e Submergível Tripulado | plataforma continental | Oceânico | 0,38 |
| Golfo de <i>Lion</i> | Arrasto e Submergível Tripulado | Alto-Mar até 700m | Oceânico | 0,14 |
| Noroeste do Mediterrâneo | Arrasto e Submergível Tripulado | plataforma continental | Oceânico | 1,94 |
| Atois <i>Pearl</i> e <i>Hermes</i> (Havaí) | Plana Sub (<i>Snorkel</i>) | 10m | Costeiro | 0,06 |
| Ilha <i>Lisianski</i> (Havaí) | Plana Sub (<i>Snorkel</i>) | 10m | Costeiro | 0,03 |
| Grécia | Censo Visual (mergulho autônomo) | até 25m | Costeiro | 14,9 |
| Arvoredo | Censo Visual (mergulho autônomo) | 3- 15m | Costeiro | 14,4 |

Tabela 2 – Número de itens (itens/100m) e porcentagem de cada categoria de resíduos sólidos de acordo com a estação do ano e local amostrado na costa.

Table 2 - Numeric values (items/100m) and percentage of each category of marine debris according to season and location sampled on the coast.

| | CATEGORIAS | DENTRO DA RBMA | | FORA DA RBMA | | TOTAL |
|-----------------|-------------------|----------------|-------|----------------|-------|-------------------|
| | | nº itens/100m | % | nº itens/100m | % | % total amostrado |
| OUTONO 2004 | Isopor | 503,8 | 43,35 | 129,5 | 62,89 | |
| | Plásticos | 588,6 | 50,65 | 58,4 | 28,36 | |
| | Espuma | 30,4 | 2,62 | 5,5 | 2,67 | |
| | Material de Pesca | 11,4 | 0,98 | 2,5 | 1,21 | |
| | Borracha | 19 | 1,63 | 4,5 | 2,19 | |
| | Diversos | 9 | 0,77 | 5,5 | 2,67 | |
| | TOTAL | 1.162,20 | 100 | 205,9 | 100 | |
| | %do Total | 52,88% | | 45,59% | | 51,64% |
| INVERNO 2004 | Isopor | 149,4 | 64,12 | 17,6 | 33,02 | |
| | Plásticos | 60,8 | 26,09 | 21,7 | 40,71 | |
| | Espuma | 7,6 | 3,26 | 4,5 | 8,44 | |
| | Material de Pesca | 6,3 | 2,7 | 5,5 | 10,32 | |
| | Borracha | 5,1 | 2,19 | 0,5 | 0,94 | |
| | Diversos | 3,8 | 1,63 | 3,5 | 6,57 | |
| | TOTAL | 233 | 100 | 53,3 | 100 | |
| | %do Total | 10,60% | | 11,80% | | 10,81% |
| PRIMAVERA 2004 | Isopor | 124,1 | 65,8 | 11,1 | 19,68 | |
| | Plásticos | 50,6 | 26,83 | 34,3 | 60,82 | |
| | Espuma | 7,6 | 4,03 | 2,5 | 4,43 | |
| | Material de Pesca | 2,5 | 1,33 | 3,5 | 6,21 | |
| | Borracha | 1,3 | 0,69 | 1,5 | 2,66 | |
| | Diversos | 2,5 | 1,33 | 3,5 | 6,21 | |
| | TOTAL | 188,6 | 100 | 56,4 | 100 | |
| | %do Total | 8,58% | | 12,49% | | 9,25% |
| VERÃO 2005 | Isopor | 424 | 69,06 | 58,4 | 42,94 | |
| | Plásticos | 131,7 | 21,45 | 60,5 | 44,49 | |
| | Espuma | 15,2 | 2,48 | 3 | 2,21 | |
| | Material de Pesca | 26,6 | 4,33 | 5 | 3,68 | |
| | Borracha | 6,3 | 1,03 | 7,1 | 5,22 | |
| | Diversos | 10,2 | 1,66 | 2 | 1,47 | |
| | TOTAL | 614 | 100 | 136 | 100 | |
| | %do Total | 27,94% | | 30,12% | | 28,31% |
| TOTAL DAS EXPEI | Isopor | 1.201,30 | 54,66 | 216,6 | 47,96 | |
| | Plásticos | 831,7 | 37,84 | 174,9 | 38,73 | |
| | Espuma | 60,8 | 2,77 | 15,5 | 3,43 | |
| | Material de Pesca | 46,8 | 2,13 | 16,5 | 3,65 | |
| | Borracha | 31,7 | 1,44 | 13,6 | 3,01 | |
| | Diversos | 25,5 | 1,16 | 14,5 | 3,21 | |
| | TOTAL | 2.197,80 | 100 | 451,6 | 100 | |
| | %do Total | 100,00% | | 100,00% | | 100,00% |

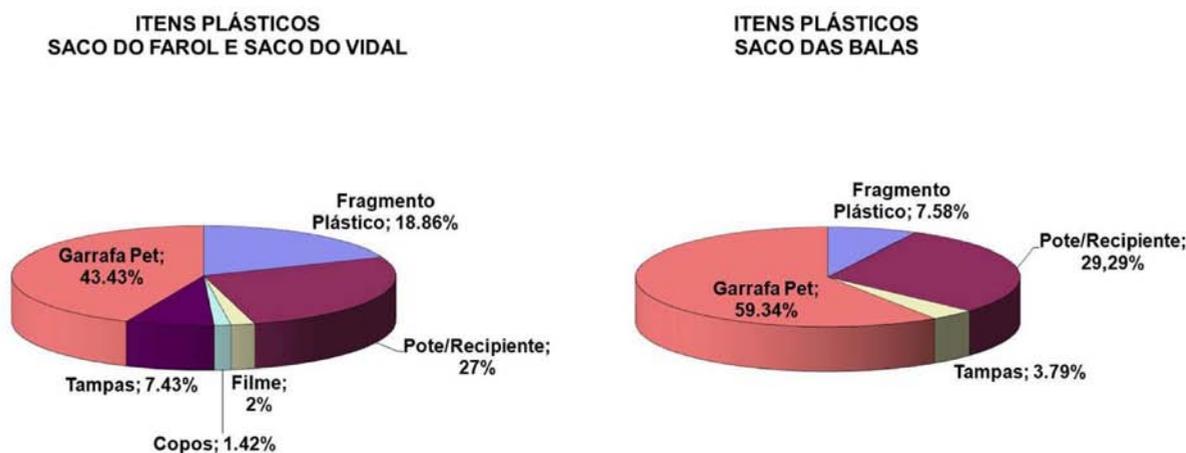


Figura 5 - Porcentagens dos itens da categoria plásticos fora e dentro da RBMA

Figure 5 - Percentage of items of category plastic inside and outside the RBMA

A origem destes resíduos pode ser tanto de embarcações que operam próximas a RBMA, de atividades terrígenas (ex.: resíduos oriundos das cidades costeiras), como também de aportes oceânicos, uma vez que foram coletadas garrafas de origem estrangeiras, assim como garrafas pet com incrustações, mostrando que estas permaneceram um certo tempo no mar. Dentro de algumas garrafas pet foram encontrados diferentes produtos, tais como cachaça, pimenta caseira, diesel e gasolina, indicando o seu uso por pescadores, principalmente, que utilizam estas garrafas como recipientes nas atividades diárias a bordo das embarcações. Entre os potes/recipientes foram encontrados galões com óleo lubrificante e combustíveis, que tem sua possível origem nas embarcações de pesca e turismo ou recreação, onde são utilizados na manutenção dos motores.

A categoria espuma, composta por espuma de colete salva-vida, bóias espaguete e pedaço de forro de barco, representou 2,8% e 3,4% dos resíduos sólidos encontrados dentro e fora da RBMA, respectivamente, sendo as espumas de colete salva-vida a mais abundante.

O material de pesca ficou com 3,7% da composição de resíduos sólidos encontrados fora dos limites da reserva, e 2,1% dentro da RBMA. Esta categoria é bastante importante pelos danos potenciais que pode causar após sua perda no ambiente. O movimento de utensílios de pesca em fundos marinhos rasos destrói a fauna e a flora bentônica e captura organismos da macrofauna, como peixes, golfinhos e tartarugas (Donohue, 2001). Os principais itens desta categoria são

cabos, linhas e redes de pesca (Figura 4A), sendo que os cabos representam mais de 70% dos itens de pesca encontrados dentro e fora da RBMA. Em relação à origem destes materiais, podem-se citar embarcações pesqueiras, que realizam suas atividades ao redor da reserva.

A categoria borracha representou 1,4% e 3,0% dos resíduos sólidos encontrados dentro e fora da RBMA, respectivamente. Os principais itens desta categoria foram chinelos, fragmentos de borracha (pedaços de chinelos e câmeras de pneu) e solados de calçados. Chinelos foi o item mais encontrado, chegando a 71,8% e 70,56% dentro e fora da RBMA, respectivamente.

A categoria Diversos teve uma distribuição semelhante às demais categorias nas 4 saídas, com os maiores valores dentro da RBMA nas saídas do outono de 2004 (9 itens/100m) e verão de 2005 (10,2 itens/100m) (Tabela 2). Os metais (57% do total) foram os materiais mais abundantes da categoria Diversos, seguido pelos vidros (23%). Os principais tipos de metais amostrados foram latas, fragmentos e alguns latões acima de 5 litros, enquanto que predominaram os fragmentos e algumas lâmpadas na categoria vidros.

Apesar das diferenças morfofodinâmicas das duas áreas amostradas, a distribuição das categorias de resíduos sólidos amostrados dentro e fora da RBMA é semelhante, indicando fontes comuns desses resíduos. Apesar desta semelhança, uma grande diferença foi observada no número de itens entre as duas áreas, onde o número de itens coletados dentro da RBMA foi sempre

muito superior. Os valores chegaram a 1.162 itens/100m dentro da RBMA e 206 itens/100m fora da RBMA no outono de 2004, e 614 itens/100m dentro da RBMA e 136 itens/100m fora da RBMA no verão de 2005. Estes foram os dois períodos com o maior número de itens amostrados, representando quase 80% de todo o resíduo encontrado durante o monitoramento (51,64% no outono de 2004 e 28,31% no verão de 2005) (Tabela 2).

Esse padrão de distribuição dos resíduos sólidos pode ser explicado pela temporada de “verão” de Santa Catarina, que vai da segunda quinzena de novembro até a Páscoa, assim como pela maior atividade pesqueira neste período (UNIVALI/CTTMar, 2003; 2004). No período de verão também aumenta o número de pessoas no litoral catarinense, com isso, também aumenta a participação da fonte continental de resíduos na costa, que são os resíduos sólidos com maior fluatibilidade como plástico. Neste mesmo período os isopores (que são utilizados como flutuadores de redes e para manter refrigerados mantimentos e o pescado) e garrafas e recipientes plásticos (utilizados para o transporte de bebidas e de óleo lubrificante para motores a diesel) foram predominantes. Com o grande número de

embarcações na costa de Santa Catarina no período de verão e outono, e a falta de controle e fiscalização das autoridades em relação aos resíduos sólidos lançados por embarcações de turismo e pesca, é provável que ocorra também um aumento na quantidade de resíduos sólidos lançados ao mar. Tanto os dados do costão rochoso, quanto os dados de fundo demonstraram uma maior quantidade de resíduos sólidos nestes meses de veraneio, os quais teriam nas embarcações grande parte da sua origem (Tabela 2, Figura 3).

Os resultados na costa da ilha do Arvoredo foram comparados com trabalhos realizados em outras ilhas, que também identificaram a fonte marinha (embarcações e por correntes) como principal origem dos resíduos sólidos (Tabela 3). A distância da costa de algumas ilhas estudadas dificulta o aporte continental de resíduos. Uma comparação por categoria demonstra que, apesar da categoria isopor ter sido a mais abundante na ilha do Arvoredo (53,5%), se encontra em terceiro lugar em estudos realizados na Sicília (6%), Chipre (5,7%) e não aparece entre as principais categorias nos demais estudos (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação entre resultados de abundância de resíduos sólidos na costa da RBMA e de outras regiões do mundo com estudos realizados em ilhas.

Table 3 - Comparison of results of the abundance of marine debris in the coastline of the RBMA and other regions of the world with studies conducted in the islands.

| LOCAL | POPULAÇÃO | TIPO de COSTA | MÉDIA (Itens/m) | ABUNDÂNCIA | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | | | 1 ^a | 2 ^a | 3 ^a |
| SICÍLIA | GRANDE | praia | 102 | pl 49,3% | mad 29,4% | iso 6% |
| CHIPRE | GRANDE | praia | 10,4 | pl 65,5% | out 20,8% | iso 5,7% |
| OENO ATOLL | Não é habitada | recife de coral | 1,76 | pl 56% | vd 17% | bóia 8% |
| BANTHULA AUSTRALLA | PEQUENA | praia | 0,25 | pl 83,6% | pp 8,9% | mt 2,5% |
| SALT LAKE AUSTRALLA | PEQUENA | praia | 0,62 | pl 84,4% | bo 9,1% | vd 4,5% |
| SOUTH POINT AUSTRALLA | PEQUENA | praia | 0,15 | pl 71,6% | vd 18,5% | bo 7,4% |
| ILHA MONA PORTO RICO | Não é habitada | praia e recife de coral | - | mp 48% | out 17% | vd 14% |
| FALKLANDS | Não é habitada | praia | 0,12 | pl 74% | tc 12% | vd 11% |
| FORA DA RBMA | Não é habitada | costão | 1,15 | iso 47,96% | pl 38,73% | mp 3,65% |
| DENTRO DA RBMA | Não é habitada | costão | 5,51 | iso 54,66% | pl 37,84% | esp 2,77% |
| ILHA DO ARVOREDO | Não é habitada | costão | 3,33 | iso 53,52% | pl 37,99% | esp 2,88% |

Legenda: pl (plástico), iso (isopor), out (outros), mad (madeira), pp (papel), mp (material de pesca), vd (vidro), mt (metal), bo (borracha) bóia (bóia), tc (tecido) e esp (espuma)

A categoria plástico, que foi a segunda categoria mais abundante na ilha do Arvoredo (38%), foi a mais abundante em ilhas costeiras da Sicília (49,3%), Chipre (69,5%) e Austrália (*Elcho Banthula* - 83,6% e *Salt Lake* - 84,4%). Porém, há estudos em que o plástico não é a categoria mais abundante, como nas ilhas *Mona* em Porto Rico (13%), sendo a quarta categoria mais abundante. A categoria material de pesca representou 2,4% do total de resíduos sólidos amostrado na ilha do Arvoredo. Já nas ilhas *Mona* em Porto Rico que, apesar de não serem habitadas, são freqüentadas por pescadores, o material de pesca foi o resíduo sólido mais amostrado (48%).

No estudo realizado por White (2004) na Austrália, a contaminação no ambiente foi predominantemente por artigos sintéticos, como plásticos e borrachas, de origem marinha (49% trazidos por correntes da Ásia) e que apesar de apresentar os menores valores médios gerais de resíduos sólidos quando comparada com outros estudos, já é uma área considerada seriamente contaminada. O status de altamente contaminada também pode ser dado a ilha do Arvoredo, que apresentou valores de resíduos sólidos superiores a outras ilhas, a exceção da Sicília (102 itens/m) que apresentou valores extremos (Tabela 3).

4. CONCLUSÃO

O fundo marinho e a costa na área estudada da ilha do Arvoredo apresentam constante contaminação por resíduos sólidos, com níveis considerados elevados ao longo do ano (máximos de 19,6 itens/1.000m² no fundo e 11,6 itens/m na costa) quando comparados com outras regiões do mundo.

Nas amostragens de fundo, os itens mais abundantes foram linhas, cabos e poitas. O isopor e o plástico representam o maior problema dentre os contaminantes coletados na costa, em função da grande quantidade e freqüência encontrada na ilha do Arvoredo e, principalmente, por ambos terem um alto tempo de residência no ambiente.

Os resíduos sólidos encontrados na costa e no fundo marinho da ilha do Arvoredo têm duas fontes de origem distintas: a) continental, a partir das cidades costeiras próximas à ilha do Arvoredo e b) marinha, oriunda das embarcações (pesqueiras, turismo e lazer), sendo esta última a principal com base nos resíduos encontrados na ilha.

BIBLIOGRAFIA

- Araújo, M.C.B.; Costa, M.F. (2004) - Quali-quantitative analysis of the solid wastes at *Tamandaré bay, Pernambuco, Brazil*. *Tropical Oceanography* (ISSN-1679-3013), 32(2):159-170. (disponível em http://www.artigocientifico.com.br/uploads/artc_1151246934_35.pdf)
- Benton, T.G.; Spencer, T. (1995) - From castaways to throwaways: marine litter in the Pitcairn islands. *Biological Journal of the Linnean Society*, 56: 415-422. (<http://dx.doi.org/10.1006/bijl.1995.0077>).
- Bingel, F.; Avsar, D.; Unsal, M. (1987) - A note on plastic materials in trawl catches in the northeastern Mediterranean, *Meeresforsch* (ISSN-0341-6836), 31:227-233.
- Bjørndal, K.A.; Bolten, A.B.; Lagueux, C. (1994) - Ingestion of marine debris by juvenile sea turtle in coastal Florida habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 28(3):154-158. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(94\)90391-3](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(94)90391-3).
- Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (2001) - *Geomorfologia do Brasil*. 2ª Edição, 321p., Editora Bertrand, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (ISBN: 8528606708).
- Donohue, M.J.; Boland, R.C.; Sramek, C.M.; Antonelis, G.A. (2001) - Derelict Fishing Gear in the Northwestern Hawaiian Islands: Diving Surveys and Debris Removal in 1999 Confirm Threat to Coral Reef Ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 42: 1301-1312. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00139-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00139-4).
- Galgani, F.; Jaunet, S.; Campillo, A.; Guenegen, X.; Hits, E. (1995) - Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the North-Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 30: 713-717. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(95\)00055-R](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(95)00055-R).
- Galgani, F.; Leaute, J.P.; Moguedet, P.; Souplet, A.; Verin, Y.; Carpentier, A.; Goragner, H.; Latrouite, D.; Andral, B.; Cadiou, Y.; Mahe, J.C.; Poulard, J.C.; Nerisson, P. (2000) - Litter on the sea floor along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*. 40:516-527. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00234-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00234-9).
- Galil, B.S.; Golik, A.; Turkay, M. (1995) - Litter at the bottom of the sea: A Sea bed survey in the Eastern Mediterranean, *Marine Pollution Bulletin*. 30: 22-24. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(94\)00103-G](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(94)00103-G)

- Golik, A. & Gertner, Y. (1992) - Litter on Israeli coastline. *Marine Environmental Research*, 33:1-15. [http://dx.doi.org/10.1016/0141-1136\(92\)90002-4](http://dx.doi.org/10.1016/0141-1136(92)90002-4).
- IOC/FAO/UNEP (1989) - *Report of the IOC/FAO/UNEP review meeting on the persistent synthetic materials pilot survey*. 46p., Haifa, Israel,
- Ivar do Sul, J.A.; Costa, M. C. (2007) - Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin*, 54(8):1087-1104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.05.004>.
- Ivar do Sul, J.A.; Spengler, A.; Costa, M. F. (2009) - Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 58(8):1236-1238. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.05.004>.
- Katsanevakis, S.; Katsarou, A. (2004) - Influences on the distribution of marine debris on the seafloor of shallow coastal areas in Greece (Eastern Mediterranean). *Water, Air, and Soil Pollution*, 159:325-337. <http://dx.doi.org/10.1023/B:WATE.0000049183.17150.df>.
- Kubota, M. (1994) - A mechanism for accumulation of floating marine debris north of Hawaii. *Journal of Physical Oceanography* (ISSN: 0022-3670), 24(5):1059-1064.
- Laist, D.W. (1987) - Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6B):319-326. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80019-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80019-X).
- Machado, A.A. (2006) - *Estudo da contaminação por resíduos sólidos na ilha do Arvoredo: Principal ilha da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (RBM4), SC*. Monografia de graduação, 43p., Fundação Universidade Federal do Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em http://artigocientifico.tebas.kinghost.net/uploads/artc_1151080913_23.pdf
- Merrell Jr., T.R. (1980) - Accumulation of plastic litter on beaches of Amchitka Island, Alaska. *Marine Environmental Research*, 3(3):171-184. [http://dx.doi.org/10.1016/0141-1136\(80\)90025-2](http://dx.doi.org/10.1016/0141-1136(80)90025-2).
- Nollkaemper, A. (1994) - Land-based discharges of marine debris: from local to global regulation. *Marine Pollution Bulletin*, 28(11):649-652. [http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X\(94\)90299-2](http://dx.doi.org/10.1016/0025-326X(94)90299-2).
- Otley, H. & Ingham, R. (2003) - Marine debris surveys at Volunteer Beach, Falkland Islands, during the summer of 2001/02, *Marine Pollution Bulletin*, 46(12):1534-1539. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00314-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00314-X).
- Pruter, A.T. (1987) - Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6B):305-310. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80016-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80016-4).
- Richards, D. & Dugan, J. (1989) - *Marine debris survey annual report Channel Islands National Park*. 16p., Ventura, California. (Unpublished Report).
- Sangodoyin, A.Y. (1993) - Domestic waste disposal in southwest Nigeria. *Environmental Management and Health*, 4(3):20-23. <http://dx.doi.org/10.1108/09566169310043061>.
- Schärer, Michelle T. (2004) - *Mona Channel Marine Debris Removal (Puerto Rico)*. Final Report to Amigos de Amoná, Inc. 37pp. (disponível em <http://www.aoml.noaa.gov/general/lib/CREWS/Cleo/PuertoRico/prpdfs/sharer-mona.pdf>) -
- Spengler, A. & Costa, M. F. (2008) - Methods applied in studies of benthic marine debris, *Marine Pollution Bulletin*, 56(2):226-230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.040>.
- Stefatos, A.; Charalampakis, M.; Papatheodorou, G.; Ferentinos, G. (1999) - Marine debris on the seafloor of the Mediterranean Sea: Examples from Two enclosed gulfs in Western Greece, *Marine Pollution Bulletin*. 36:389-393. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00141-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00141-6).
- Tomkin, J. (1989) - 'Plastic pollution: turning the tide', *Australian Fisheries*, January, 16-17.
- Tourinho, P. S.; Ivar do Sul, J. A.; Fillmann, G. (2010) - Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil?, *Marine Pollution Bulletin*, 60(3):396-401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.10.013>.
- UNESCO (1994) - *Marine Debris: Solid waste management action plan for the Wider Caribbean*. IOC – Intergovernmental Oceanographic Commission, Technical Series 41. 20p., UNESCO. (disponível em http://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/Technical/098531eo.pdf) -

- UNIVALI/CTTMar. (2004) - *Boletim Estatístico da Pesca Industrial de Santa Catarina - Ano 2002*. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, 93p., Itajaí, SC, Brasil. (disponível em http://siaiacad04.univali.br/download/pdf/boletim_2002.pdf)
- UNIVALI/CTTMar. (2004) - *Boletim Estatístico da Pesca Industrial de Santa Catarina - Ano 2003*. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, 80p., Itajaí, SC, Brasil. (disponível em http://siaiacad04.univali.br/download/pdf/boletim_2003.pdf)
- Vauk, G.J.M.; Schrey, E. (1987) - Litter pollution from ships in the German Bight. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6B):316-319. [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80018-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80018-8).
- Wetzel, L.B.; Fillmann, G.; Niencheski, L.F.H. (2004) - Litter contamination processes and management perspectives on the southern Brazilian. *International Journal of Environment and Pollution*, 21(2):153-165. <http://dx.doi.org/10.1504/IJEP.2004.004182>.
- White, D. (2004) - *Marine debris in northern territory waters 2003*, WWF Report, 34p., ISBN: 1875941665). (disponível em http://www.wwf.org.au/publications/marine_debris_2003.pdf)