REVISTA DE
GESTÃO COSTEIRA
INTEGRADA

Journal of Integrated Coastal Zone Management

VOL. 13(2): Junho June 2013

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

Education, Capacity Building and Public Awareness for including Ecosystem Services in Coastal Management

Educação, Capacitação e Sensibilização Ambientais na inclusão dos Serviços Ecossistémicos na Gestão Costeira

ISSN: 1646-8872

Editor / Editors
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos / UNIVALI / CIMA / LABOMAR

Secretariado da APRH
Ana Carneiro, Ana Estêvão, André Cardoso, Conceição Martins

Formatação e paginação / Layout
André Cardoso

Design da capa / Cover design
Flatland Design

ISSN 1646-8872

Esta revista está disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci_13-2.pdf

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

Revista de Gestão Costeira Integrada

Journal of Integrated Coastal Zone Management

Volume 13, Número 2 / Volume 13, Issue 2
Junho 2013 / June 2013

http://www.aprh.pt/rgci

Education, Capacity Building and Public Awareness for including Ecosystem Services in Coastal Management

Educação, Capacitação e Sensibilização Ambiental na Inclusão dos Serviços Ecossistémicos na Gestão Costeira

Editorial Board / Corpo Editorial

Ulisses Miranda Azeiteiro
Assistant Editor
(ulisses@uab.pt)

J. Alveirinho Dias
Editor-in-Chief
(jdias@ualg.pt)

Mónica Ferreira da Costa
Assistant Editor
(mfc@ufpe.br)

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

Alice Newton
Deputy Editor (CIMA)
(anewton@ualg.pt)

Lidriana Pinheiro
Deputy Editor (LABOMAR)
(lidriana.lgco@gmail.com)

Marcus Polette
Deputy Editor (UNIVALI)
(mpolette@univali.br)

Invited Editorial Board / Corpo Editorial Convidado

Walter Widmer
(walter.widmer@ifsc.edu.br)

Fátima Alves
(fatimaa@uab.pt)

Paulo Talhadas Santos
(ptsantos@fc.up.pt)

Pablo Meira
(pablo.meira@ci.uc.pt)

Fredrik Gröndahl
(fgro@kth.se)

Walter Leal Filho
(walter.leal@haw-hamburg.de)

Miguel Ângelo Pardal
(mpardal@ci.uc.pt)

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

Secretariado da RGCI / JICZM Secretariat

Ana Estêvão
(aestevao@aprh.pt)

André Cardoso
(acardoso@aprh.pt)

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2) (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2) (2013)

Índice / Index

Editorial		
Ulisses M Azeiteiro	131	
Articles / Artigos		
Patricia Ishisaki Salvarani Ana Carolina de Menezes Fernandes Fernando Manuel Raposo Morgado	137	Perceção ambiental de estudantes na conservação das tartarugas marinhas em Aveiro, Portugal *Environmental Perception of Students on the Conservation of Sea Turtles in Aveiro, Portugal*
Ana Margarida Ferreira Sónia Seixas Andreia Rijo Sara Faria Vânia Fialho	145	Impact of harvest by humans on mussel populations around Easter *Impacto da apanha humana nas populações de Mexilhão no período da Páscoa*
André Neves de Carvalho Ana Sofia Lino Vaz Tânia Isabel Boto Sérgio Paulo José Talhadas dos Santos	157	Sustainability of bait fishing harvesting in estuarine ecosystems – Case study in the Local Natural Reserve of Douro Estuary, Portugal *Sustentabilidade da apanha de isco para pesca nos ecossistemas estuarinos – Caso de estudo na Reserva Natural Local do Estuário do Douro, Portugal*
João P. G. L. Frias Joana C. Antunes Paula Sobral	169	Local marine litter survey - A case study in Alcobaça municipality, Portugal *Levantamento de lixo marinho local – Um caso de estudo no município de Alcobaça, Portugal*
Catia Antonia da Silva Felippe Andrade Rainha	181	Metodologia de Ensino de Educação Ambiental em Escola Situada na Área Costeira da Baía de Guanabara *A Teaching Methodology for Environmental Education at a School on the Shoreline of the Bay of Guanabara*
Clarissa Dantas Moretz-Sohn Thaysa Portela Carvalho Francisco Jailton Nogueira Silva Filho Francisco Gleidson da Costa Gastão Danielle Sequeira Garcez Marcelo de Oliveira Soares	193	Pescadores artesanais e a implementação de áreas marinhas protegidas: Estudo de caso no nordeste do Brasil *Artisanal fishermen and implementation of marine protected areas: A case study of northeastern Brazil*
Daniel Augusta Zacarias	205	Avaliação da capacidade de carga turística para gestão de praias em Moçambique: o caso da Praia do Tofo *Tourism carrying capacity assessment for beach management in Mozambique: the case of Praia do Tofo*

Fernando Basquiroto de Souza Carlyle Torres Bezerra de Menezes	215	Avaliação de metodologias para valoração de recursos naturais e danos ambientais em ecossistemas costeiros: Estudo de Caso de uma área do Banhado da Palhocinha, Garopaba, Santa catarina, Brasil *Assessing Methodologies for Valuating Natural Resources and Environmental Damages in Coastal Ecosystems: A Case Study in an Area of Palhocinha Marsh, Garopaba, Santa Catarina State, Brazil*
Sónia Costa Ulisses M. Azeiteiro Miguel A. Pardal	229	The contribution of scientific research for integrated coastal management: The Mondego estuary as study case *O contributo da investigação científica para a gestão costeira integrada: O estuário do Mondego como caso de estudo*
Sónia Costa Miguel Ângelo Pardal Ulisses Miranda Azeiteiro	243	The use of an Estuarine System (Mondego estuary, Portugal) as Didactic Tool to incorporate Education for Sustainable Development into School Curricula *O uso de um sistema estuarino (Estuário do Mondego) como ferramenta didáctica na incorporção da Educação para o Desenvolvimento Sustentável nos curricula escolares*

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):131-135 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):131-135 (2013)

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-423_Ulisses.pdf | DOI:10.5894/rgci423

Editorial

Education, Capacity Building and Public Awareness for including Ecosystem Services in Coastal Management

Educação, Capacitação e Sensibilização Ambiental na Inclusão dos Serviços Ecossistémicos na Gestão Costeira

The integrative approach of this Volume is in the interface of the Educational, Capacity Building and Public Awareness for Ecosystem Services inclusion in Coastal Conservation and Management. Given the complexity of the issues involved, the aim of this volume is to provide a set of analyzes highlighting different viewpoints and thereby providing insight in different geographical contexts. The concepts analysed in each paper are complex and their integration is highly complex among different social actors. Thus, this thematic issue hopes to contribute to the improvement of the collective construction of theory and practice relating to the integration of these two concepts in coastal zones. A total of 10 peer-reviewed papers from Brazil (3), Portugal (6) and Mozambique (1), cover different subjects related to the above themes.

This thematic issue represents a concrete contribution towards a more sound knowledge on Education, Capacity Building and Public Awareness for including Ecosystem Services in Coastal Management, hence fulfilling a perceived research gap. It will be useful as a tool for a set of actors, from coastal communities, to researchers as well as various coastal areas management and decision making institutions. In addition, local stakeholders and ENGO's (environmental non-governmental organizations) and environmental associations will benefit from this document, which will help them to make better informed science-based decisions regarding their future sustainability strategies and, inter alia, contribute to the empowerment of these coastal communities.

The first paper, entitled "Environmental Perception of students on the Conservation of Sea Turtles in Aveiro, Portugal", by Patricia Ishisaki Salvarani, Ana Carolina de

A abordagem integrativa deste volume encontra-se na charneira da Educação, Capacitação e Sensibilização Ambientais na inclusão dos Serviços de Ecossistema na Conservação e Gestão das Zonas Costeiras. Dada a complexidade da problemática em análise, o objetivo deste volume é o de proporcionar um conjunto de análises que, colocando em evidencia o tema central do numero especial, o fazem de ângulos diversos, proporcionando desta forma uma visão diversificada que enaltece essas diferentes dimensões em contextos geográficos diversos. Os conceitos problematizados são complexos e a sua integração suscita entendimentos diversos entre os diferentes atores sociais. Dessa forma, espera-se com esse número temático contribuir para o aprimoramento da construção coletiva da teoria e práticas relativas à integração desses dois conceitos no âmbito costeiro. Um total de 10 artigos, todos revistos por pares, oriundos do Brasil (3), Portugal (6) e Moçambique (1), cobrem diferentes assuntos em torno da Educação para o Desenvolvimento Sustentável e Valorização de Serviços de Ecossistema nas Zonas Costeiras.

No primeiro artigo, intitulado "Percepção Ambiental de estudantes na Conservação das Tartarugas Marinhas em Aveiro, Portugal", da autoria de Patricia Ishisaki Salvarani, Ana Carolina de Menezes Fernandes e Fernando Manuel Raposo Morgado são identificadas e caracterizada as percepções dos alunos de duas escolas em Aveiro (Portugal), quanto aos conceitos ambientais focando a Conservação das Tartarugas Marinhas. Com base no levantamento da percepção dos alunos, foi identificada a necessidade de sensibilizar os estudantes sobre as questões ambientais, principalmente na conservação de animais marinhos, pois a maioria não possui conhecimento da importância de sua preservação.

Menezes Fernandes and Fernando Manuel Raposo Morgado identifies and characterizes the perception of students from two schools in Aveiro (Portugal), about the environmental concepts focusing on the Conservation of Sea Turtles. Based on the survey of the perceptions of students it was identified the need to sensitize students on environmental issues, especially in the conservation of marine animals, as the majority has no knowledge of the importance of its preservation.

In the second paper "Impact of harvest by humans on mussel populations around Easter" the authors Ana Margarida Ferreira, Sónia Seixas, Andreia Rijo, Sara Faria and Vânia Fialho state that awareness campaigns are effective measures in the immediate protection of marine resources, when supported by reinforcement in surveillance from fisheries protection authorities. Since prohibiting recreational fishing will not be enough for such improvements to persist, awareness efforts should be continued.

The third paper, by André Neves de Carvalho, Ana Sofia Lino Vaz, Tânia Isabel Boto Sérgio and Paulo José Talhadas dos Santos "Sustainability of bait fishing harvesting in estuarine ecosystems – Case study in the Local Natural Reserve of Douro Estuary, Portugal", discuss the narrow relationship between marine resources and local populations that always existed in fishing communities of coastal areas. In the Portuguese estuaries bait fishing is a common practice in which local populations collect intertidal species such as seaworms, shrimps, crabs or clams. In this work the authors suggest some possible solutions for the sustainability of this activity, minimizing the disturbance to birds that may feed in the reserve, such as: a) delimitation of a marginal area within the reserve, smaller than the current one, and b) the oversight and control of licenses and educational procedures. Moreover, authors state that these measures would have a positive impact in the integrated management of the reserve. It will enable an activity with positive economic consequences in an underprivileged population and will contribute to lower the impact of human presence on the avifauna and on the structure of the sediments.

The fourth paper from João P. G. L. Frias, Joana C. Antunes e Paula Sobral, entitled "Local marine litter survey - A case study in Alcobaça municipality, Portugal" describes a beach clean-up campaign in close collaboration with a local municipality and with local teachers and students participation. Studies such as these are important, not only to gather information about stranded marine litter (in this case on the Portuguese coast), as a contribution to the goals of the Marine Strategy Framework Directive (MSFD), but also to promote environmental awareness in society from young ages, on the issues of marine litter.

The fifth paper, entitled "A Teaching Methodology for Environmental Education at a School on the Shoreline of the Bay of Guanabara" by Catia Antonia da Silva and Felippe Andrade Rainha contributes to the debate on how important it is to make sense of the environmental education which is delivered in coastal areas by examining the activities conducted at a public school in the city of São Gonçalo, in the Rio de Janeiro Metropolitan Region. One of the results of the pedagogic activities was that they brought about an interaction between such types of

No segundo artigo, "Impacto da apanha humana nas populações de Mexilhão no período da Páscoa", Ana Margarida Ferreira, Sónia Seixas, Andreia Rijo, Sara Faria e Vânia Fialho afirmam que campanhas de sensibilização para informação do público em geral, acompanhadas por um reforço na fiscalização das actividades piscatórias, são efectivas na protecção imediata dos recursos marinhos. Nestes casos a simples proibição da atividade piscatória não é suficiente e são necessários esforços contínuos de sensibilização para a manutenção dos resultados alcançados.

André Neves de Carvalho, Ana Sofia Lino Vaz, Tânia Isabel Boto Sérgio e Paulo José Talhadas dos Santos, em "Sustentabilidade da apanha de isco para pesca nos ecossistemas estuarinos – Caso de estudo na Reserva Natural Local do Estuário do Douro, Portugal" analisam a estreita ligação que sempre existiu entre as comunidades piscatórias das zonas costeiras, os recursos marinhos e as populações locais. Nos estuários portugueses é comum a presença de mariscadores na apanha de algumas espécies intertidais como as minhocas, os camarões, os caranguejos ou as ameijoas sugerindo algumas possíveis soluções para a sustentabilidade da actividade, juntamente com menor perturbação para as aves que se alimentam na reserva tais como: delimitação de uma área marginal dentro da reserva, menor que a actual, onde a apanhar é permitida, bem como a fiscalização no controle das licenças e acções de educação ambiental. Segundo os autores estas medidas teriam um impacto positivo na gestão integrada da reserva, permitindo simultaneamente uma actividade com reflexos económicos positivos numa população desfavorecida contribuindo também para diminuir o impacte da presença humana na avifauna e sobre a estrutura dos sedimentos.

O quarto artigo é de autoria de João P. G. L. Frias, Joana C. Antunes e Paula Sobral, e intitula-se "Levantamento de lixo marinho local – Um caso de estudo no município de Alcobaça, Portugal" descreve uma campanha de limpeza de praia com a colaboração de uma Câmara Municipal e escolas do município, com o intuito de recolher informação acerca dos detritos plásticos marinhos nesta região. Estudos como este são importantes não apenas pela recolha de informação do estado de costa que reflecte a realidade da região em estudo, mas também pela possibilidade de fomentar uma consciencialização ambiental na sociedade desde as camadas mais jovens, ao mesmo tempo que contribuem para a Directiva Quadro Estratégia Marinha (DQEM).

O quinto artigo, intitulado "Metodologia de Ensino de Educação Ambiental em Escola Situada na Área Costeira da Baía de Guanabara" por Catia Antonia da Silva e Felippe Andrade Rainha visa contribuir para o debate acerca do papel da educação ambiental ministrada em ambientes costeiros, e para tanto analisa as atividades pedagógicas realizadas numa escola pública do município de São Gonçalo, Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Um dos resultados do trabalho pedagógico foi que este promoveu a interação entre os saberes dos alunos, os da ciência e os dos pescadores artesanais, concorrendo para revelar problemas, atores e soluções. Outro resultado consistiu em os exercícios de educação socioambiental reforçarem a autoestima dos alunos, notadamente dos muitos que, aparentados com pescadores, viram quanto o trabalho desses parentes seus releva não só

knowledge as pupils, science and fishers bear, and that this helped to reveal problems, agents and solutions. Another result was the fact that the exercises in socio-environmental education reinforced the self-steam of pupils, especially of the many who, being related to artisanal fishers, saw how important the work of those relatives of theirs is not only for the maintenance of families but also for local cultural identity. Lastly, the pedagogic work proved fruitful also in activities, proposed to pupils, of making research, interviews and texts about the space that they live in, all this causing them to produce representations in which they brought out and exercised their cultural identity and the social links that they have with their lived and conceived space: the city of São Gonçalo and the Bay of Guanabara

The sixth paper "Artisanal Fishermen and implementation of Marine Protected Areas: A case study of Northeastern Brazil", by Clarissa Dantas Moretz-Sohn, Thaysa Portela Carvalho, Francisco Jailton Nogueira Silva Filho, Francisco Gleidson da Costa Gastão, Danielle Sequeira Garcez and Marcelo de Oliveira Soares analyses the creation of an MPA from the perspective of the local fishermen, focusing on a participatory environmental diagnosis and possibilities for sustainable use of the area. The results showed that the population of this marine area depends directly on fishing activity, and that fishermen have a good perception of the ecosystem relations and resources in the region. In addition, all residents recognize the importance and need for the establishment of a Marine Protected Area, like community-based bottom-up MPA. An MPA would be a way to protect natural resources and encourage the adoption of conservation measures around the coast of Ceará. It is intended that the model of environmental perception and participatory diagnosis with traditional fishermen serve as an example for discussion of problems related to management of marine protected areas. Ultimately, this work highlights the conciliation between the exploitation of fishing resources and the conservation of the property / environmental services.

The seventh paper "Tourism carrying capacity assessment for beach management in Mozambique: the case of Praia do Tofo" by Daniel Augusta Zacarias presents the results of a tourism carrying capacity study by means of applying a combination of the Framework for Carrying Capacity Assessment as the guiding tool and several indicators for each category of carrying capacity (physical, real and effective carrying capacity). Coastal zones, namely sandy beaches, are important areas for recreational activities and are determinants of extensive tourist flows all over the World. As such, ensuring human and ecosystem well-being in beaches is an important matter, especially considering that local populations living or using the coast is increasing year after year. With a heavy presence of humans in coastal recreational settings, the complexity of these habitats is affected and the management of visitors needs to be carefully planned in order to achieve the objectives of conservation and resource management and to ensure that tourists reach a positive experience and meet their expectations about the destination. Considering the sensitivity of coastal recreational settings, the estimation of the appropriate number of people that can be supported at each individual beach is considered a primary task.

para o sustento de famílias, como ainda para a identidade cultural do lugar. Por fim, as atividades pedagógicas também frutificaram pelo trabalho, sugerido aos alunos, de pesquisar, entrevistar e escrever acerca do espaço onde vivem, movendo-os tudo isto a gerar representações em que traziam à tona e exercitavam a sua identidade cultural e os vínculos sociais que eles têm com o seu espaço vivido e concebido: a cidade de São Gonçalo e a Baía de Guanabara.

O sexto artigo, "Pescadores Artesanais e a implementação de Áreas Marinhas Protegidas: Estudo de caso no Nordeste do Brasil", de. Clarissa Dantas Moretz-Sohn; Thaysa Portela Carvalho, Francisco Jailton Nogueira Silva Filho, Francisco Gleidson da Costa Gastão; Danielle Sequeira Garcez e Marcelo de Oliveira Soares teve por objetivo analisar como a percepção ambiental de pescadores artesanais pode contribuir para análise e criação de uma área marinha protegida (AMP) no Nordeste do Brasil (Icapuí, Ceará), em uma região de reconhecido conflito entre os modos de pesca. Os resultados da pesquisa comprovaram que a população depende diretamente da atividade pesqueira, e que os pescadores possuem ampla percepção sobre as relações ecossistêmicas na região. Além disso, todos os moradores da área estudada reconheceram a importância e necessidade da implantação de uma Área Marinha Protegida visando, principalmente, o ordenamento pesqueiro. Essa necessidade não se aplica somente à área em questão e sim a uma abrangência de praias maior, cujos territórios marinhos se estendem além dos limites correspondentes em terra. Pretende-se que o diagnóstico participativo apresentado, baseado na percepção ambiental de pescadores artesanais residentes, sirva de base para discussão dos problemas relacionados ao gerenciamento das áreas marinhas protegidas, os quais devem compatibilizar a exploração dos recursos pesqueiros com a conservação dos bens/serviços ambientais.

No sétimo artigo, "Avaliação da capacidade de carga turística para gestão de praias em Moçambique: o caso da Praia do Tofo", de Daniel Augusta Zacarias, são apresentados os resultados da avaliação da capacidade de carga turística da Praia do Tofo (aplicada para dois cenários) através da aplicação do Modelo de Avaliação da Capacidade de Carga. Os recursos costeiros constituem componente principal para o desenvolvimento de atividades recreativas. Entretanto, com o incremento destas atividades, as praias se vão transformando em espaços de congestão humana que resulta na degradação dos ecossistemas locais e da capacidade de absorção dos impactos da comunidade circunvizinha, exigindo, deste modo, a introdução de práticas de gestão mais apropriadas e direcionadas à gestão dos recursos. Considerando que a gestão de visitantes em espaços costeiros deve ser rigorosamente planeada para se alcançarem os objetivos de conservação e gestão dos recursos e ao mesmo assegurar que os turistas alcançam uma experiência positiva e satisfazem as suas expectativas em relação ao destino turístico, a determinação do número apropriado de pessoas que cada praia pode suportar é considerada uma tarefa primordial.

No artigo "Avaliação de metodologias para valoração de recursos naturais e danos ambientais em ecossistemas costeiros: Estudo de Caso de uma área do Banhado da Palhocinha, Garopaba, Santa Catarina, Brasil", Fernando Basquiroto de Souza e Carlyle Torres Bezerra de Menezes

In the paper "Assessing Methodologies for Valuating Natural Resources and Environmental Damages in Coastal Ecosystems: A Case Study in an Area of Palhocinha Marsh, Garopaba, Santa Catarina State, Brazil", Fernando Basquiroto de Souza and Carlyle Torres Bezerra de Menezes address the thematic of environmental valuation as a technique used to measure the monetary value of a natural resource or an environmental damage (usually used for the purpose of environmental resource protection or in administrative or judicial lawsuits aiming a monetary compensation) and the various methodologies used. These methodologies, along with the assessment of environmental impacts, are important tools for public management of natural resources.

The ninth paper, entitled "The contribution of scientific research for integrated coastal management: The Mondego estuary as study case" by Sónia Costa, Ulisses M. Azeiteiro, and Miguel A. Pardal quantifies and summarizes the research performed in the Mondego estuary (Portugal) over the last decades. This estuary has been used for several studies and the existing database has been useful to test theoretical ecological hypotheses and to support some management decisions and ecosystem restoration schemes. The published research results cover several aspects of the system including the hydrology, the nutrient cycling, the communities' structure, diversity and dynamics. Moreover, research focused in existing environmental problems like eutrophication, extreme climatic events and contaminants, characterizing them and proposing solutions. The Mondego estuarine water quality status, was also intensely studied especially in order to implement the Water Framework Directive. The efforts intended to its preservations are justified by its high ecological value, presenting large diversity of habitats and biodiversity, and its socio-economic importance, providing goods and services to population. Although at an early stage in the projected trends of global warming, ecological responses to recent climate change are already clearly visible in this shallow water temperate estuarine system.

The tenth paper, entitled "The use of an Estuarine System (Mondego estuary, Portugal) as Didactic Tool to incorporate Education for Sustainable Development into School Curricula" by Sónia Costa, Miguel A. Pardal, and Ulisses M. Azeiteiro review and discuss the use of the Mondego estuary (Portugal) ecosystem as educational tool for science and environmental teachers/educators. In order to use the Mondego estuarine system under an educational framework, some examples of tools to address the pedagogical potentialities, like scientific tools on interpretive nature walks, analysis of scientific texts, and teachers training programs are presented.

This thematic issue represents a contribution towards a more sound knowledge on Education, Capacity Building and Public Awareness for including Ecosystem Services in Coastal Management. It will be useful as a tool for coastal communities, researchers as well as for different coastal areas management and decision making institutions, stakeholders and ENGOS (environmental non-governmental organizations) and environmental associations helping them to make better informed science-based decisions regarding their future Sustainability strategies and the Empowerment of these Coastal Communities.

utilizam a valoração ambiental como técnica utilizada para quantificar o valor monetário de um recurso natural ou de um dano ambiental (normalmente empregada com o intuito de preservar um recurso ambiental ou em processos administrativos e judiciais visando ações indemnizatórias) nas suas várias metodologias em uso. Tais metodologias agregadas a técnicas de avaliação de impactos ambientais são importantes para a gestão pública dos recursos naturais.

O nono artigo, intitulado "O contributo da investigação científica para a gestão costeira integrada: O estuário do Mondego como caso de estudo", por Sónia Costa, Ulisses M. Azeiteiro e Miguel A. Pardal resume a pesquisa realizada no estuário do Mondego (Portugal) ao longo das últimas décadas. Ao longo do tempo o estuário tem sido usado como um local para vários estudos e a base de dados existente tem sido útil para testar hipóteses ecológicas teóricas e para apoiar algumas decisões de gestão. Os esforços desenvolvidos para a sua preservação são justificados pelo seu elevado valor ecológico, pois apresenta grande diversidade de habitats e biodiversidade, e pela sua importância socioeconómica, facultando bens e serviços à população. Os resultados da investigação publicados abrangem vários aspectos do sistema, incluindo a hidrologia, o ciclo de nutrientes, a estrutura das comunidades, diversidade e dinâmica. Além disso, a pesquisa tem-se focado em problemas ambientais, como a eutrofização, os eventos climáticos extremos e os contaminantes, caracterizando-os e propondo soluções, bem como o estado de qualidade da água, especialmente na implementação da Directiva Quadro de Água. Apesar de estarmos apenas na fase inicial nas tendências projetadas do aquecimento global, as respostas ecológicas para mudanças climáticas recentes são já claramente visíveis neste sistema estuarino temperado.

No décimo artigo, intitulado "O uso de um sistema estuarino (Estuário do Mondego) como ferramenta didáctica na incorporção da Educação para o Desenvolvimento Sustentável nos curricula escolares", Sónia Costa, Miguel A. Pardal e Ulisses M. Azeiteiro revêem e discutem o potencial do ecossistema estuário do Mondego (Portugal) como ferramenta educacional para professores/educadores em ciências e para a sustentabilidade. De modo a usar o estuário do Mondego sob um formato educacional são apresentados alguns exemplos de ferramentas para desenvolver as suas potencialidades pedagógicas, tal como percursos interpretativos, análise de textos científicos e programas de formação de professores.

Este número temático pretende constituir-se como uma contribuição para um conhecimento mais sólido sobre as questões educativas, capacitação e sensibilização ambientais na inclusão dos serviços de ecossistema na conservação e gestão das zonas costeiras, preenchendo desta forma uma falha na pesquisa existente. Trata-se de um conjunto de artigos que nos fornecem instrumentos úteis para um conjunto de atores, desde as comunidades residentes na zona costeira, pesquisadores, bem como para diferentes instituições, decisores, atores sociais, ONGs ambientais (organizações não-governamentais) e associações ambientais, ajudando-os a tomar decisões informadas na produção científica, tendo em conta as suas futuras agendas e estratégias de sustentabilidade e de empoderamento das comunidades costeiras.

Além deste número temático, a *RGCI - Revista de Gestão Costeira Integrada*, continua a receber manuscritos

Beyond this thematic issue, *JICZM - Journal of Integrated Coastal Zone Management* continues to welcome manuscripts approaching this theme. Its importance all around the World, independent of climate, environment or culture is undoubted and we believe that academia needs to claim its role as a stakeholder in educational and environmental issues towards sustainability. Observation, reporting and science translation (together with *in situ* positive actions) are our crucial contribution in the establishment of social, economic and environmental justice for coastal people.

Finally, we would like to take the opportunity of acknowledging all those who have contributed towards this Thematic Volume of JICZM - Journal of Integrated Coastal Zone Management. We warmly thank all authors who submitted their manuscripts for consideration of inclusion in this thematic volume. The reviewing was a double-blind process. We thank the reviewers who have taken time to provide timely feedback to the authors, thereby helping the authors to improve their manuscripts.

abordando este tema. A sua importância em todo o mundo, independente do clima, ambiente ou cultura, é indubitável e acreditamos que a academia precisa reivindicar seu papel como um dos interessados em questões educativas e pesquisa na charneira das questões educativas e ambientais numa perspectiva de sustentabilidade. A observação, relato e tradução científica (juntamente com ações *in situ* positivas) são a nossa contribuição crucial para o estabelecimento da justiça social, económica e ambiental para as comunidades costeiras.

Finalmente, gostaríamos de aproveitar a oportunidade para prestar o nosso agradecimento a todos aqueles que contribuíram para este volume temático da RGCI - Revista de Gestão Costeira Integrada e agradecemos calorosamente a todos os autores que submeteram seus manuscritos para a consideração de inclusão neste volume. A revisão por pares foi um processo duplo-cego, para o qual agradecemos aos revisores todo o trabalho que permitiu a produção deste volume nos prazos estipulados, tendo contribuído igualmente para a melhoria dos manuscritos recebidos.

Invited Guest Editors

Walter Widmer
(walter.widmer@ifsc.edu.br)

Fátima Alves
(fatimaa@uab.pt)

Paulo Talhadas Santos
(ptsantos@fc.up.pt)

Pablo Meira
(pablo.meira@usc.es)

FredrikGröndahl
(fgro@kth.se)

Walter Leal Filho
(walter.leal@haw-hamburg.de)

Miguel Ângelo Pardal
(mpardal@ci.uc.pt)

Editorial Board

J. Alveirinho Dias
Executive Editor
(rgci.editor@gmail.com)

Ulisses M Azeiteiro
Associate Editor and Editor-in-Charge
(Ulisses.Azeiteiro@uab.pt)

Monica Costa
Associate Editor
(mfc@ufpe.br)

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):137-144 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):137-144 (2013)

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-334_Salvarani.pdf | DOI:10.5894/rgci334

Perceção ambiental de estudantes na conservação das tartarugas marinhas em Aveiro, Portugal *

Environmental Perception of Students on the Conservation of Sea Turtles in Aveiro, Portugal

Patricia Ishisaki Salvarani [@, 1], Ana Carolina de Menezes Fernandes [1], Fernando Manuel Raposo Morgado [1]

RESUMO

Devido à exploração dos recursos naturais pelo homem, espécies de animais e plantas sofrem a ameaça de extinção. O impacto humano sobre os habitats das tartarugas marinhas é reconhecido há décadas, estando todas as espécies catalogadas como "vulneráveis" ou "em perigo". Uma das formas de sensibilizar a sociedade sobre a importância destas espécies e os riscos ambientais é através de informações sobre essas questões, através da Educação Ambiental (EA), que surgiu na década de 60 e que na Conferência de Estocolmo foi apontada como uma das estratégias para a solução dos problemas ambientais e para a educação dos indivíduos. Em ambiente escolar, para que a educação seja efetiva, é necessário que o professor relacione os conteúdos aprendidos com o cotidiano dos alunos, para que os mesmos reflitam sobre as suas atitudes em relação aos problemas ambientais. Este trabalho tem por objetivo identificar e caraterizar, através da utilização de inquéritos, a percepção dos alunos de duas escolas em Aveiro, quanto aos conceitos ambientais, focando a conservação das tartarugas marinhas. Com base no levantamento da perceção dos alunos, foi possível identificar a necessidade de sensibilizá-los para as questões ambientais, principalmente para a conservação de animais marinhos, pois a maioria não possui conhecimentos quanto à importância da sua preservação.

Palavras-chave: Conservação; Tartarugas Marinhas; Perceção Ambiental; Inquéritos

ABSTRACT

Due to the exploitation of natural resources by man, animal and plant species face the threat of extinction. The human impact on habitats of sea turtles has been recognized for decades, and all species are listed as "vulnerable" or "endangered." One way to make society aware of its importance and environmental risks is through information on these issues through the Environmental Education (EE), which emerged in the 60s and was pointed by the Stockholm Conference as one of the strategies for solving environmental issues and improve the education of individuals. In the school environment, for education to be effective, it is necessary that the teacher relates the content learned from the daily lives of students so that they think with their attitudes to environmental issues. This work aims to identify and characterize by the use of surveys, the perception of students from two schools in Aveiro, about the environmental concepts focusing on the Conservation of Sea Turtles. Based on the survey of the perceptions of students, it was possible to identify the need to sensitize them on environmental issues, especially in the conservation of marine animals, as the majority has no knowledge of the importance of its preservation.

Keywords: *Conservation; Marine Turtles; Environmental Awareness; Surveys*

@ - Corresponding author: patysalvarani@hotmail.com
1 - Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago - 3810-193 Aveiro, Portugal

** Submission: May 22, 2012; Evaluation: June 21, 2012; Reception of revised manuscript: July 25, 2012; Accepted: October 3, 2012; Available on-line: October 9, 2012*

1. INTRODUÇÃO

O ambiente vem passando por um estado de depreciação ao longo dos anos e, a cada ano, devido à exploração dos recursos naturais pelos seres humanos, espécies de animais e plantas sofrem a ameaça de extinção (Nagagata, 2006). As causas dos declínios populacionais nos ambientes marinhos e terrestres estão associadas, na maioria das vezes, às atividades humanas. O impacto humano sobre o habitat das tartarugas marinhas é reconhecido há décadas (Lutcavage *et al.,*1997). Os impactos diretos são principalmente a destruição e exploração de habitats, embora a poluição, a introdução de espécies exóticas e a disseminação de doenças também tenham impactos significativos (Hero & Ridgwa, 2006).

As tartarugas marinhas estão entre os animais mais antigos do planeta, com a sua origem há mais de 150 milhões de anos. São migradoras, passando a vida toda no mar e subindo às praias somente para desovar. Nascem e vivem em áreas diferentes, por essa razão ainda há muitas lacunas no conhecimento científico sobre a sua ecologia (Epperly & Frazier, 2000).

O consumo humano de tartarugas marinhas e seus ovos é um hábito histórico de muitas comunidades litorâneas em todo o mundo (Crouse *et al.*, 1987). O aumento desta exploração deu início ao desequilíbrio das populações de tartarugas marinhas, que, desde então, se têm reduzido acentuadamente, principalmente nos últimos anos. Todas as espécies de tartarugas marinhas do mundo (*Caretta caretta, Chelonia mydas, Dermochelys coriacea, Eretmochelys imbricata, Lepidochelys olivacea, Natator depressus e Lepidochelys kempi*), com exceção de *Natator depressus*, estão catalogadas como "vulneráveis" ou "em perigo" na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2009).

Atualmente, as principais ameaças para a sobrevivência destes animais têm sido o aumento do uso das artes de pesca e as alterações do meio (Wetherall *et al.,*1993). A captura incidental por equipamentos de pesca afeta a sobrevivência dessas populações (Pupo *et al.,* 2006), atingindo diretamente a população de juvenis (Sales *et al.,* 2008).

A poluição é outro fator problemático, pois estes indivíduos confundem o lixo com o seu alimento e isso pode causar o bloqueio do seu tubo digestivo, conduzindo à desnutrição (Bondioli *et al.*, 2005). Os materiais mais frequentemente encontrados no trato digestivo de tartarugas marinhas são sacolas plásticas, cordas, linhas e até copos (Laist, 1987).

As tartarugas marinhas são também vistas como vulneráveis às alterações climáticas devido ao papel que a temperatura desempenha na determinação do sexo dos embriões. O aumento da temperatura na ordem de 2°C na areia pode causar a feminilização de toda uma população (Poloczanska *et al.,* 2009).

Devido a todos esses fatores a Biologia da Conservação foi desenvolvida como uma resposta à extinção de espécies que o mundo enfrenta atualmente (Rodrigues, 2002). A visão sobre o ambiente vem mudando e muita atenção tem sido dada a esse tema. Essa mudança ocorre por meio da Educação Ambiental (EA), pois a mesma lida com a realidade do dia a dia, adotando uma abordagem que considera o aspecto sociocultural, político, científico-tecnológico, ético e ecológico da questão ambiental, apresentando-se como um importante caminho para a construção de uma consciência global (Dias, 2000).

A EA passou a ter lugar de destaque no cenário internacional a partir da década de 70. A fim de se estabelecerem princípios, acordos e tratados, vários eventos foram realizados na perspectiva de se divulgarem os desafios decorrentes da tentativa de compatibilização entre crescimento económico e sustentabilidade ambiental (Pedrini, 1998). Para trabalhar com a EA é preciso que o educador contemple intensamente a integração entre ser humano e ambiente (Guimarães, 2005).

Neste contexto, a EA deve ser encarada como o principal instrumento para a conscientização da sociedade acerca dos problemas ambientais, como um processo de alteração de valores, mentalidades e atitudes (Morgado *et al.,* 2000). Segundo Morin (2005), a EA é um tema que deve ser obrigatoriamente abordado nas escolas por ser multidimensional. Para abordar a EA em sala de aula é necessário mostrar aos alunos a sua importância no contexto ambiental, é preciso que eles tenham consciência de que podem ser agentes transformadores, de que podem mudar a realidade ao seu redor, e de que essa realidade transformadora transbordará em várias outras realidades (Berna, 2004).

Para Herma *et al.* (1992), a curiosidade é o ponto de partida para a aprendizagem, sendo um grande estímulo para que a criança busque na natureza as bases para seu processo de desenvolvimento. Através do estudo da perceção ambiental dos indivíduos podemos avaliar e analisar a sensibilidade de cada um.

A pesquisa da perceção ambiental pode ser utilizada de forma a determinar as necessidades de uma população e propor melhorias com embasamento e entendimento dos problemas, alcançando mais eficiência na solução dos mesmos. A concretização destes objetivos depende, essencialmente, da forma como são desencadeadas as diferentes fases de trabalho em Educação Ambiental: a sensibilização, a informação, o envolvimento e a ação (Palma, 2005).

Com a degradação do ambiente e a necessidade de aumentar a Educação Ambiental escolar no sentido da conservação do ambiente e a preservação das tartarugas marinhas, foi realizado este projeto, com objetivo de mostrar a importância de se utilizar a perceção ambiental como um instrumento para a elaboração de projetos de Educação Ambiental, para ajudar na conservação de tartarugas marinhas. Estudos realizados por Reis *et al.* (1998) demonstraram que a falta de conhecimento leva a baixa valorização e baixa mobilização popular a respeito da conservarão da fauna local e é visto como sendo a principal causa de um grande número de mortes de animais e capturas ilegais no país.

2. METODOLOGIA

2.1. Instrumento de Investigação

Um inquérito é um instrumento de investigação que visa recolher informações de um grupo representativo da população em estudo. Para tal, coloca-se uma série de questões que abrangem um tema de interesse para os investigadores. Segundo Parasuraman (1991), um inquérito é somente um

conjunto de questões, feito para gerar dados necessários para se atingirem os objetivos de um projeto.

Foram usados inquéritos para determinar a alfabetização ambiental de alunos do ensino médio na Flórida (Bogan & Kromrey, 1996), na diferença do conhecimento e a sensibilização ambiental nos EUA (Kollmuss & Agyeman, 2002), na atitude ambiental, conhecimento e consciência (Lavega, 2004), e na conservação do ambiente marinho na Nova Zelândia (Luck, 2003). Neste estudo será aplicado para avaliar a perceção ambiental de alunos de diferentes ciclos escolares.

Os inquéritos desenvolvidos tiveram como objetivo avaliar o conhecimento e a consciência ambiental dos alunos envolvidos nas atividades. As questões tinham um teor tanto científico como social, relacionando problemáticas ambientais, como a reciclagem e a qualidade das praias, como também de ordem um pouco mais científica, como os conhecimentos de diversos conceitos da biologia das tartarugas marinhas.

2.2. Caracterizações da Amostra

O estudo foi realizado em duas escolas privadas de Aveiro, com diferentes escolaridades, sendo uma frequentada por alunos do 1º ciclo EB e a outra por alunos do 3º ciclo, para se obter uma melhor avaliação do nível de conhecimento ambiental em diferentes idades. A amostra era composta por 80 crianças com idades compreendidas dos 6 aos 14 anos: 40 alunos fazem parte do grupo das atividades experimentais e os outros 40 compõem o grupo de controle. Foram aplicados dois inquéritos a cada grupo, um ao início das atividades e outro ao fim de uma palestra e de uma atividade de educação ambiental.

Para avaliar a perceção ambiental e o conhecimento sobre a conservação de tartarugas marinhas dos alunos, foram aplicados inquéritos com perguntas fechadas e abertas (Gil, 2006), por forma a caraterizar o conhecimento de cada aluno em relação ao ambiente, e seus conhecimentos sobre a Conservação de Tartarugas Marinhas, contendo perguntas referentes ao perfil e identificação do aluno, ao ambiente e sobre a biologia das tartarugas marinhas.

De entre os possíveis métodos de avaliação enunciados por Ghiglione & Matalon (1997) para efetuar a análise de uma situação, o inquérito foi o método escolhido para este estudo. A técnica selecionada é muito utilizada em Investigação Educacional, apresentando algumas vantagens como: adequar-se aos objetivos da investigação, quantificar múltiplos dados e permite que se proceda à análise de correlação (Quivy & Campenhout, 1998).

2.3. Estrutura do Questionário

Construir um questionário consiste basicamente em traduzir os objetivos da pesquisa em questões específicas. As respostas a essas questões irão proporcionar os dados requeridos para testar as hipóteses ou esclarecer o problema da pesquisa (Gil, 2007). O conjunto de questões deve ser muito bem organizado e conter uma forma lógica para quem a ele responde, evitando uma estrutura confusa e complexa, ou ainda questões demasiado longas (Muñoz, 2003), e deve ser utilizada uma linguagem adequada aos sujeitos, neste caso, a alunos do 1º e do 3º Ciclos do Ensino Secundário.

Foram utilizadas no inquérito inicial e final os seguintes tipos de perguntas: (i) perguntas de resposta aberta, possibilitando respostas livres por parte dos alunos; (ii) perguntas de resposta fechada, que permitiam a escolha de uma das várias alternativas; e (iii) perguntas de resposta múltipla, onde se permitia a escolha de uma ou de várias alternativas. O mesmo questionário foi respondido pelos alunos no início e no fim da atividade, de forma a determinar o impacto da palestra e a atividade ambiental, avaliando assim o conhecimento dos alunos em relação às questões ambientais e à preservação dos animais marinhos.

Inquéritos de controle também foram aplicados em alunos da mesma escola. Esses alunos não participaram da palestra e da atividade ambiental, para que fosse possível avaliar melhor o impacto da atividade proposta.

2.4. Atividade Ambiental

O ambiente escolar constitui um espaço extremamente privilegiado para o desenvolvimento da EA, possibilitando a realização de inúmeros estudos na área (Amaro *et al.*, 2005) como o que foi utilizado nesse trabalho: a apresentação de uma palestra e a realização de uma atividade prática, uma brincadeira com perguntas e respostas sobre o tema.

Tabela 1. Estrutura dos inquéritos Iniciais e Finais
Table 1. *Structure of Initial and Final surveys*

Questões	Inquérito Inicial	Inquérito Final
Identificação do aluno	identificação	identificação
Interesses pessoais	identificação do perfil do aluno	interesse em atividade ambientais
Meio ambiente	conhecimento inicial e opiniões	alteração do conhecimento e opiniões
Tartarugas Marinhas	conhecimento inicial e opiniões	alteração do conhecimento e opiniões

A palestra sobre a conservação de tartarugas marinhas apresentou informações das principais caraterísticas biológicas, classificação das espécies e aspetos comportamentais, tais como o ciclo de vida, a reprodução e a desova, ameaças às espécies, risco de extinção e a importância de sua conservação (Tabela 1). Segundo Mayer (1998), os problemas ambientais são causados por uma falta de "conhecimentos"; a solução reside, portanto, na "informação". Se conhecêssemos os problemas não nos comportaríamos de forma inadequada.

Após a palestra foi realizada uma atividade de educação ambiental, com perguntas e respostas relacionadas com a palestra, para avaliar o conhecimento adquirido durante aquela. Os alunos foram divididos em grupos e cada grupo recebeu fichas com perguntas relacionadas com as tartarugas marinhas (Figura 1). Em seguida, os alunos identificaram, através de fotos, as principais ameaças relacionadas com a extinção das espécies e esquematizaram o ciclo de vidas das mesmas (Figura 2). Em seguida foi aplicado o inquérito final e entregue um panfleto com as principais informações sobre a biologia e a conservação das tartarugas marinhas.



Figura 2. Estrutura da palestra
Figure 2. *Structure of the lecture*

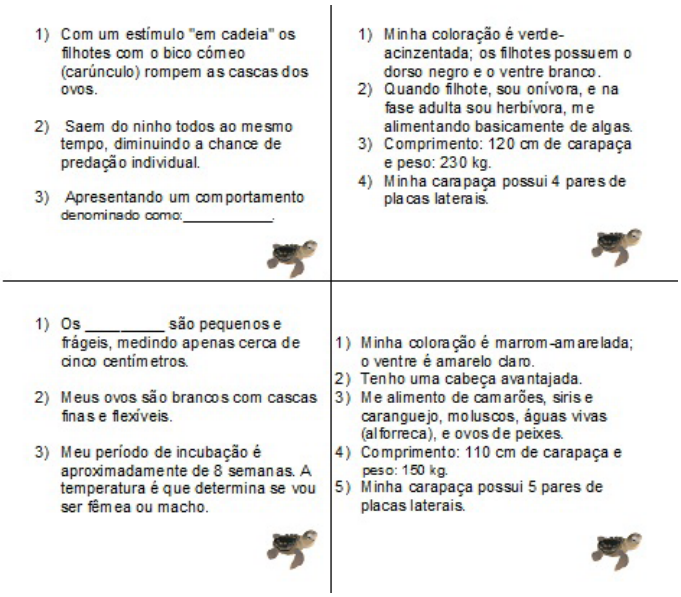


Figura 3. Fichas utilizadas na atividade ambiental
Figure 3. *Chips used in environmental activity*



Figura 4. Atividade Ambiental
Figure 4. *Environmental Activity*

3. RESULTADOS

Na análise do Inquérito Experimental (IE) e do Inquérito de Controle (IC) de alunos do 1º Ciclo, verificou-se, através do IE, que 55% dos estudantes eram do sexo feminino (n = 20), e 45% eram do sexo masculino. Já nos IC 65% dos estudantes eram do sexo feminino (n = 20), e 35% eram do sexo masculino. Nas questões de identificação geral e interesses pessoais dos alunos do IE e do IC, os alunos têm como preferência, na hora de lazer, atividades ligadas a telecomunicações (televisão, rádio, internet) e literatura (livros). Em relação à atividade que mais gostam de praticar, as respostas obtidas no IE e no IC foram iguais, tendo sido as mais escolhidas o futebol, a natação e a dança. Sobre a frequência com que o assunto ambiente é abordado na escola, no IE apenas 25% dos alunos disseram ter o assunto abordado frequentemente. Já no IC 90% dos alunos responderam ter o assunto sido abordado frequentemente nas aulas

Na análise do IE e do IC dos alunos do 3º Ciclo, 60% dos estudantes eram do sexo feminino (n = 20), e 40% eram do sexo masculino. Nos IC 55% dos estudantes eram do sexo feminino (n = 20), e 45% eram do sexo masculino. Nas questões de identificação geral do IE e IC do 3º ciclo, alunos preferem na hora do lazer atividades ligadas a telecomunicações (televisão, rádio, internet) e sair com os amigos. Em relação à atividade física que mais gostam de praticar, as respostas obtidas no IE e no IC, as mais escolhidas foram o futebol, a natação e a dança. Sobre a frequência que o assunto ambiente é abordado na escola verificou-se que, no IE 40% dos alunos responderam que o assunto é abordado frequentemente. Já no IC, 50% dos alunos responderam ter o assunto sido abordado frequentemente.

Nas questões ambientais, os alunos que responderam ao IE do 1º Ciclo apresentaram maior nível de conhecimento ambiental do que alunos do 3º Ciclo. Os alunos do 1º e 3º Ciclos tiveram o mesmo nível de conhecimento ambiental.

Em relação às perguntas ligadas ao tema da conservação de tartarugas marinhas, os alunos do 1º Ciclo, tanto do inquérito experimental como do de controle, (Figura 3) apresentaram maior conhecimento sobre o assunto do que os alunos do 3º Ciclo (Figura 4).

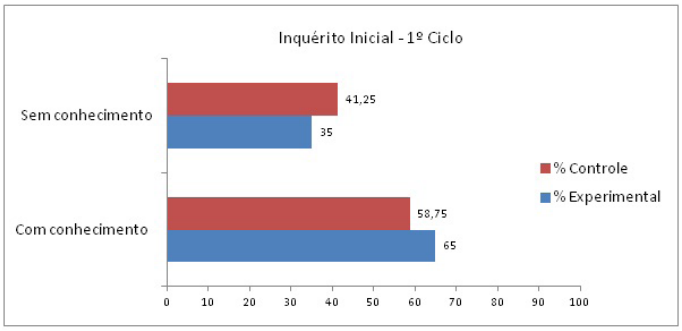


Figura 5. Questões relacionadas ao conhecimento sobre Tartarugas Marinhas - 1º Ciclo
Figure 5. *Questions related to knowledge about sea turtles - 1st Cycle*

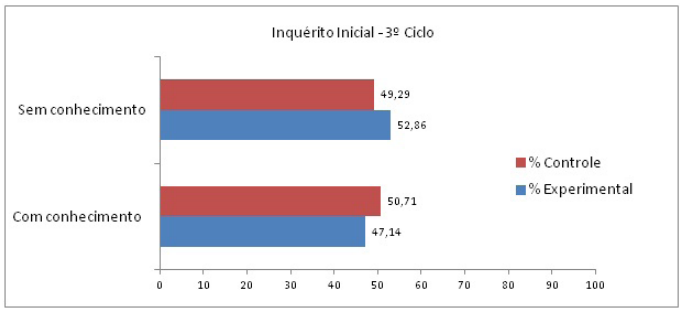


Figura 6. Questões relacionadas ao conhecimento sobre Tartarugas Marinhas - 3º Ciclo
Figure 6. *Questions related to knowledge about sea turtles - 3rd Cycle*

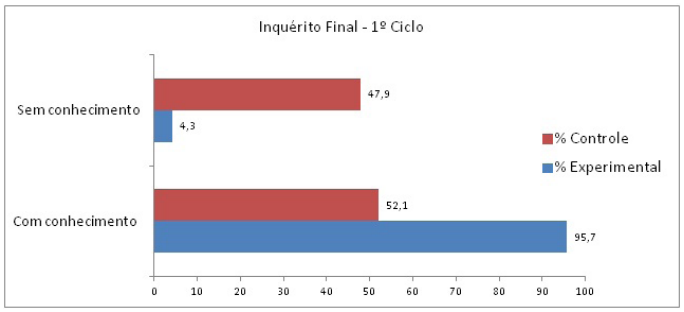


Figura 7. Questões relacionadas ao conhecimento sobre Tartarugas Marinhas - 1º Ciclo
Figure 7. *Questions related to knowledge about sea turtles - 1st Cycle*

No inquérito final do 1º Ciclo, após a palestra e a atividade de educação ambiental, o conhecimento dos alunos apresentou um aumento de 95,7% no IE, e no IC manteve-se em 52,1% (Figura 5). Entre o IE e o IC, em relação ao Inquérito Inicial, não foram encontradas diferenças significativas (p=0,416), mas já no Inquérito Final foram encontradas diferenças significativas (p=0,000).

No inquérito final do 3º Ciclo, após a palestra e a atividade ambiental o conhecimento dos alunos apresentou um aumento para 85% no IE, e no IC apenas 29,6% dos alunos apresentaram um conhecimento do assunto (Figura 6). Entre o IE e o IC, em relação ao Inquérito Inicial, não foram encontradas diferenças significativas (p=0,550), mas já no Inquérito Final foram encontradas diferenças significativas (p=0,000).

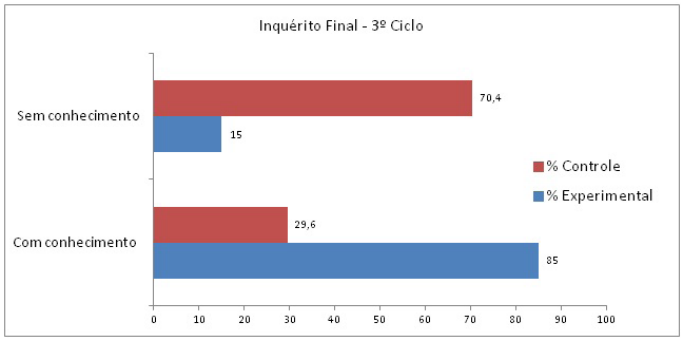


Figura 8. Questões relacionadas ao conhecimento sobre Tartarugas Marinhas - 3º Ciclo
Figure 8. *Questions related to knowledge about sea turtles - 3rd Cycle*

4. DISCUSSÃO

Diversas são as formas de se estudar a perceção ambiental: questionários, mapas mentais, representação fotográfica (Paiva & Villio, 2003). O presente estudo analisou o conhecimento dos alunos de diferentes ciclos escolares sobre questões relacionadas com o ambiente e com a conservação das tartarugas marinhas, levando-se em conta fatores em estudo que compararam opiniões de alunos entre diferentes idades, como no estudo realizado por Monteiro *et al.* (2007) e Torres & Oliveira (2008).

A metodologia utilizada seguiu o método usualmente aplicado em diagnósticos semelhantes, tal como o descrito por Özden (2008) e Baldin *et al.* (2004), onde se analisaram atitudes ambientais de alunos através de inquéritos. As temáticas abordadas neste trabalho visavam mostrar que a transmissão de informações suplementares e a realização de trabalhos práticos traduzem-se em melhorias na perceção ambiental dos alunos em relação a algumas questões ecológicas relevantes.

Os resultados obtidos com o inquérito aqui apresentado confirmam a necessidade de haver mais projetos para sensibilização de alunos nestes domínios, confirmando resultados de pesquisa descritos por Frazão *et al.* (2010), que utilizou o mesmo método de investigação para identificar a perceção de alunos e professores de uma escola municipal, envolvendo as ações educativas enfocando as tartarugas marinhas.

Recentemente, têm sido desenvolvidos diversos estudos envolvendo o diagnóstico da perceção de estudantes para questões ambientais relevantes e associados com a conservação da vida selvagem, como no estudo realizado por Oliveira *et al.* (2005), onde se diagnosticou, de uma forma global, o conhecimento de alunos dos 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico, residentes no litoral de Portugal Continental, sobre a fauna selvagem da região. Outro estudo, realizado por Lavega *et al.* (2004), avaliou o nível de consciência, conhecimento e atitude em programas de Educação Ambiental, através de análise de inquéritos.

No presente estudo, em relação ao inquérito inicial, os alunos dos dois níveis de escolaridade analisados mostraram-se preocupados com o ambiente, e em todos os ciclos o assunto "ambiente" é abordado com frequência. Não existem variações significativas dos resultados entre os alunos dos diferentes graus de escolaridade da amostra do grupo experimental e os do grupo de controle, o que confirma a análise de pesquisa de Oliveira *et al.* (2005) e contraria o estudo feito por Saraiva *et al.* (2008), em cujas escolas pesquisadas o assunto "ambiente" não era abordado em sala de aula frequentemente.

Os resultados do inquérito inicial mostram que, em relação ao nível de escolaridade, o conhecimento em causa não evolui nem regride quer com o nível de escolaridade, quer com as aprendizagens curriculares. Pelo contrário, manteve-se estável em torno de valores próximos, tal como

verificado nos projeto de pesquisa desenvolvidos em escolas por Costa *et al.* (2008), Sahin & Erkal (2010) e por Bogan & Kromrey (1996), com inquéritos que determinaram a educação ambiental dos alunos em diferentes ciclos escolares. A análise do inquérito inicial por idades não mostrou diferenças significativas indicando que a motivação dos alunos para a abordagem de assuntos relacionados com o ambiente é elevada.

No inquérito inicial, tanto os alunos do 1º como do 3º Ciclos apresentaram poucos conhecimentos gerais sobre tartarugas marinhas. Apesar disso, e em relação aos conhecimentos sobre a biologia das tartarugas marinhas, os alunos do 1º Ciclo revelaram um maior conhecimento sobre o assunto do que alunos do 3º Ciclo, tanto no inquérito incial como após a atividade ambiental

Após a realização da atividade prática, a análise dos inquéritos finais, em que se questionava sobre a biologia das tartarugas marinhas, os alunos mostraram uma grande percentagem de acertos em relação a todos os níveis de escolaridade: 95,7% dos alunos do 1º Ciclo do grupo experimental acertaram as respostas, e 85% dos alunos do 3º Ciclo do grupo experimental em relação ao mesmo item. Tal vem confirmar os resultados obtidos nas pesquisa de Graciolli *et al.* (2008) e der Frazão *et al.* (2010), que obtiveram resultados positivos após uma atividade ambiental.

Ao comparar os resultados do inquérito final com a análise efetuada no inquérito inicial, os alunos do 1º Ciclo apresentaram um conhecimento sobre as tartarugas marinhas maior que alunos do 3º Ciclo. Os alunos do inquérito de controle mantiveram o seu nível de conhecimento, não havendo nenhuma diferença significativa. A análise detalhada dos inquéritos inicial, experimental e do controlo mostrou a importância da realização de atividades experimentais e da divulgação de informação ecológica acerca dos organismos marinhos, como analisado na pesquisa de Costa (2004).

Durante o estudo foi possível observar a sensibilização dos alunos em relação à conservação de tartarugas marinhas, e que os mesmos estariam comprometidos a divulgar as informações discutidas na atividade proposta. Esse foi um dos objetivos deste trabalho: levar mais informações aos alunos para assim ampliarem o seu conhecimento e sua consciência ambiental e entenderem a importância de se preservarem todos os animais ameaçados de extinção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demostrou a necessidade de existirem nas escolas projetos que sensibilizem os alunos para questões relacionadas com a conservação do ambiente e, consequentemente, com as espécies em perigo de extinção, como as tartarugas marinhas. Foi percetível o interesse dos alunos em participar de palestras que abordem assuntos relacionados de alguma forma com a conservação das espécies e com a preservação da natureza, como, por exemplo, a reciclagem do lixo em suas casas.

É importante destacar a necessidade da Educação Ambiental nas escolas em todos os níveis de escolaridade, pois esses alunos serão os maiores semeadores de informações sobre a temática ambiental. É urgente a necessidade da mudança de pensamento das pessoas em relação à construção de um mundo mais justo, digno e ecologicamente equilibrado.

BIBLIOGRAFIA

Amaro, A.; Póvoa, A.; Macedo, L. (2005) - *A arte de fazer questionários*. 10p., Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, Portugal. *Não publicado*.

Baldin, N.; Medeiros, S.H.W.; Destefani, A.; Silva, A.P.; Trindade, E.P.; Nascimento, R.C. (2004) - Instrumento de pesquisa em educação ambiental comunitária – elaboração e testagem: uma experiência na comunidade Vila Nova em Joinville – SC. *Revista Saúde e Ambiente* (ISSN: 1518-756X), 5(2):52-68. Disponível em: http://periodicos.univille.br/index.php/RSA/article/view/63/99.

Berna, V. (2004) - *Como fazer educação ambiental*. 144p., 2º ed., Paulus, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8534918449.

Bogan, M.B.; Kromrey, J.D. (1996) - Measuring the Environmental Literacy of High School Students. Florida Journal of Educational Research (ISSN: 0428-7355), 36:61-72. Disponível em: http://www.coedu.usf.edu/fjer/1996/1996_Bogan.htm.

Bondioli, A.C.V.; Nagaoka, S.M.; Filho, E.L.A.M. (2005) - Ocorrência, distribuição e status de conservação das tartarugas marinhas presentes na região de Cananéia, SP. *II Jornada de Conservação e Pesquisa de Tartarugas marinhas no Atlântico Sul Ocidental*, Praia do Cassino, SP, Brasil. Disponível em: http://www.tortugasaso.org/ASO3.pdf.

Costa, G.O. (2004) - Educação Ambiental - Experiências dos Zoológicos Brasileiros. *Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental* (ISSN: 1517-1256), 13:140-150, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em: http://www.remea.furg.br/edicoes/vol13/art09.pdf.

Crouse, D.T.; Crowder, L.B.; Caswell, H. (1987) - A Stage-Based Population Model for Loggerhead Sea Turtles and Implications for Conservation. *Ecology*, 68(5):1412-1423. doi:10.2307/1939225.

Dias, G.F. (2000) - Educação ambiental: princípios e práticas. 552p., 6º ed., Editora Gaia, São Paulo, SP, Brasi. ISBN: 8585351098.

Epperly, S.; Frazier, J. (2000) - Resolutions of the Members of the 20th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. *Marine Turtle Newsletter* (ISSN: 0839-7708), 88:22-26. Disponível em: http://www.seaturtle.org/mtn/PDF/MTN88.pdf.

Ferreira, M.C.E.; Hanazaki, N.; Simões-Lopes, P.C. (2006) - Conflitos ambientais e a conservação do boto-cinza na visão da comunidade da Costeira da Armação, na APA de Anhatomirim, Sul do Brasil. *Natureza & Conservação* (ISSN: 1679-0073), 4(1):64-74.

Frazão, J.O.; Silva, J.M.; Castro, C.S.S. (2010) - Perceção Ambiental de alunos e professores na Preservação das Tartarugas Marinhas na Praia de Pipa – RN. *Revista Eletrônica Mestrado em Educação Ambiental* (ISSN: 1517-1256), 24:1517-1256, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em: http://www.remea.furg.br/edicoes/vol24/art10v24.pdf.

Gil, A.C. (2006) - *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 206p., Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8522451427.

Gil, A.C. (2007) - *Como elaborar projetos de pesquisa*. 175p., 4º ed., Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8522458235.

Ghglione, R.; Matalon, B. (1997) - *O Inquérito – Teoria e Prática*. 348p., 3º ed., Celta Editora, Oeiras, Portugal. ISBN: 9727741207.

Graciolli, S.R.P.; Zanon, A.M.; Souza, P.R. (2008) - "Jogo dos predadores": uma proposta lúdica para favorecer a aprendizagem em ensino de ciências e educação ambiental. *Revista eletrônica Mestrado em Educação Ambiental* (ISSN: 1517-1256), 20:202-216, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em: http://www.remea.furg.br/edicoes/vol20/art15v20.pdf.

Guimarães, M. (2005) - *Dimensão ambiental na educação*. 108p., 7º ed., Editora Papirus, Campinas, SP, Brasil. ISBN: 8530803329.

Hero, J.; Ridgwa, Y.T. (2006) - Declínio global de espécies. *In*: C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M.A.S. Alves, & M.V. Sluys (org.), *Biologia da conservação: essências*, pp. 53-90, Editora Rima, São Carlos, SP, Brasil. ISBN: 85-7656-089-5.

Herman, M.L.; Passineau, J.F.; Schimpf, A.L.; Treuer, P. (1992) - *Orientando a Criança para Amar a Terra*. 176p., Augustus Editora, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 8585497017.

IUCN (2009) - *IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Disponível em: http://www.iucnredlist.org/.

Jiménez Aleixandre, M.P.; López R.R.; Pereiro, C. (1995) - Integrando la educación ambiental en el currículum de ciencias. Alambique: *Didática de las ciencias experimentales* (ISSN:1133-9837), 6:9-17, Barcelona, Espanha. Disponível em: http://alambique.grao.com/revistas/alambique/006-la-educacion-ambiental/integrando-la-ea-en-el-curriculum-de-ciencias.

Kollmuss, A.; Agyeman, J. (2002) - Mind the Gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?. Environmental Education Research, 8(3):239-260. doi: 10.1080/13504620220145401.

Laist, D.W. (1987) - Overview of the Biological Effects of Losta and Discarded Plastic Debris in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6):319-326. doi: 10.1016/S0025-326X(87)80019-X.

Lavega, E.L. (2004) - *Awareness, Knowledge, and Attitude about Environmental Education: Responses from Environmental Specialists*. High School Instructors, Students, and Parents. Phd thesis, 92 p., University of Central Florida, Orlando, FL, USA. *Não Publicado*.

Luck, M. (2003) - Education on marine mammal tours as agent for conservation-but do tourists want to be educated?. *Ocean & Coastal Management*, 46(9-10):943-956. doi:10.1016/S0964-5691(03)00071-1.

Lutcavage, M.E.; Plotkin, P.; Witherington, B.; Lutz, P.L. (1997) - Human impacts on sea turtle survival. *In*: P.L. Lutz & J.A. Musick (eds.), *The Biology of Sea Turtles*, pp.387-409, CRC Press. Vancouver, WA, EUA. ISBN: 9780849384226.

Mayer, M. (1998) - Educación Ambiental: de la acción a la investigación. *Enseñanza de las Ciencias* (ISSN: 0212-4521), 16(2):217-231, Barcelona, Espanha. Disponível em: http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/view/21530/21364.

Monteiro, S.; Sousa, M.H.; Malhão, V.; Parente, M.; Medeiros, A.; Costa, A.C.; Cunha, R.T.C. (2007) - Actividade de Educação Ambiental realizadas pelo CCPA no decorrer da XIII Expedição Científica do Departamento de Biologia – Flores e Corvo. *Relatórios e Comunicações do Departamento de Biologia*, nº 35, pp.163-167, Ponta Delgada, São Miguel, Açores, Portugal. ISBN: 9789728612382. Disponível em : https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/724/1/Actividades%20de%20educa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental%20realizadas%20pelo%20CCPA%20no%20decorrer%20da%20XIII%20Expedi%C3%A7%C3%A3o%20Cient%C3%ADfica%20do%20Departamento%20de%20Biologia%20%E2%80%93%20Flores%20e%20Corvo%202007.pdf.

Morin, E. (2005) - *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 118p., 11º ed., Editora Cortez, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 852490741X.

Morgado, F.; Pinho, R.; Leão, F. (2000) - *Educação Ambiental, Para um ensino interdisciplinar e experimental da Educação Ambiental*. 102p., Plátano Edições Técnicas, Lisboa, Portugal. ISBN: 9727072747.

Muñoz, G.T. (2003) - *El cuestionario como instrumento de investigación / evaluación*. Tomás García Muñoz, Almendralejo, Espanha. 28p. Disponível em: http://personal.telefonica.terra.es/web/medellinbadajoz/sociologia/El_Cuestionario. pdf.

Nagagata, E. (2006) - A importância da Educação Ambiental como ferramenta adicional a programas de Conservação. *In*: Rocha, C.F.D.; Bergalho, H.G.; Van Sluys, M.; Alves, M.A.S. (org.), *Biologia da Conservação: essências*, pp.583-584, Editora Rima, São Carlos, SP, Brasil. ISBN: 8576560895.

Oliveira, L.A.A.; Milaré, T.; Silva, C.S., Marques, R.N.; Oliveira, O.M.M.F. (2005) - Educação Ambiental e Artística: uma parceria que deu certo. *Anais do IV Encontro Ibero-americano de coletivos escolares*, Lajeado, RS, Brasil.

Özden, M. (2008) - Environmental Awareness and Attitudes of Student Teachers: An Empirical Research. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 17(1):40-55. doi: 10.2167/irgee227.0.

Palma, I.R. (2005) - *Análise da perceção ambiental como instrumento ao planejamento da educação ambiental*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7708/000554402.pdf?sequence=1.

Parasuraman, A. (1991) - *Marketing research*. 898p., 2º ed., Addison Wesley Publishing Company, Miami, Estados Unidos da America. ISBN: 0201502828.

Pardal, L.; Correia, E. (1995) - *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. 192p., Areal Editores, Porto, Portugal. ISBN: 9789896472542.

Pedrini, A.G. (1998) - *Educação Ambiental: reflexões e práticas contemporâneas*. 294p., Editora Vozes, Petrópolis, RJ, Brasil. ISBN: 8532619460.

Poloczanska, E.S.; Limpus, C.J.; Hays, G.C. (2009) - Vulnerability of marine turtles to climate change.

Advances in Marine Biology , 56:151-211. ISBN: 978-0-12-374960-4. DOI: 10.1016/S0065-2881(09)56002-6.

Pupo, M.M.; Soto, J.M.R.; Hanazaki, N. (2006) - Captura incidental de tartarugas marinhas na pesca artesanal da Ilha de Santa Catarina, SC. *Biotemas* (ISSN: 0103 – 1643), 19(4):63-72, Florianópolis, SC, Brasil. Disponível em: http://www.biotemas.ufsc.br/volumes/pdf/volume194/p63a72.pdf.

Quivy, R.; Campenhoudt, L. (1998) - *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. 282p., Gradiva, Lisboa, Portugal. ISBN: 9726622751.

Reis, M.L. (1998) - Anos de registro de animais silvestres recebidos pelo JZB de particulares ou de apreensão: Implicações BA conservação da fauna do Distrito Federal. *Resumos do XXII Congresso Brasileiro de Zoologia*, 360 p, Recife, PE, Brasil.

Rodrigues, E. (2002) - Conservation Biology; a crisis science Semina. *Ciências Agrárias*, (ISSN: 1676-546X), 23(2):261-272 Londrina, PR, Brasil.. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2107.

Sahin, H.; Erkal, S. (2010) - The attitudes of middle school teachers toward the environment - *Social Behavior & Personality* (ISSN: 1179-6391), 38(8):1061-1071, Palmerston North, New Zealand. Disponível em: http://www.sbp-journal.com/index.php/sbp/issue/view/174.

Sales, G.; Giffoni, B.B.; Barata, P.C.R. (2008) - Incidental catch of sea turtles by the Brazilian pelagic longline fishery. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(4):853-864. doi: 10.1017/S0025315408000441.

Saraiva, V.M.; Nascimento, K.R.P.; Costa, R.K.M. (2008) - A prática pedagógica do ensino de educação ambiental nas escolas públicas de João Câmara – RN. *Holos*, (ISSN: 1807-1600), 24(2):81-93, Rio Grande do Norte, RN, Brasil. Disponível em: http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/187.

Torres, D.F.; Oliveira, E.S. (2008) - Perceção Ambiental: Instrumento para Educação Ambiental em Unidades de Conservação. *Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental* (ISSN: 1517-1256), 21:227-235, Rio Grande, RS, Brasil. Disponível em: http://www.remea.furg.br/edicoes/vol21/art15v21.pdf.

Villio, A.M.; Paiva, C.R. (2003) - P*erceção Ambiental de Alunos da 1º a 4º sério - Ensino Fundamental*. Trabalho de conclusão do curso de PósGraduação - Latu Sensu, Especialização em Educação Ambiental da Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, SP, Brasil. *Não Publicado*.

Wetherall, J.A.; Balazs, G.H.; Tokunaga, R.A.; Young, M.Y.Y. (1993) - Bycatches of marine turtles in North Pacific high-seas driftnet fisheries and impacts on the stocks. *International North Pacific Fisheries Commission Bulletin* (0074-7157), 53(3):519-538, Vancouver, Canadá. Disponível em: http://www.npafc.org/new/inpfc/INPFC%20Bulletin/Bull%20No.53/Bulletin53(II).pdf.

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):145-155 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):145-155 (2013)

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS | UNIVALI | GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA Journal of Integrated Coastal Zone Management | CIMA | LabOMAR

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-383_Ferreira.pdf | DOI:10.5894/rgci383

Impact of harvest by humans on mussel populations around Easter*

Impacto da apanha humana nas populações de Mexilhão no período da Páscoa

Ana Margarida Ferreira [1], Sónia Seixas [@, 2, 3], Andreia Rijo[1], Sara Faria [1], Vânia Fialho [1]

ABSTRACT

The current macroeconomic scenario has subjected Portuguese coastal areas to greater human pressure caused by the ever-increasing shellfish harvest. Every year on Holy Friday, hundreds of people make their way to coastal areas and frantically capture hundreds of bags worth of mussels in a short amount of time. It causes not just inevitable and profound changes to the intertidal zone, but also slows down its recovery. In 2010 Cascais Municipality (CM) was made aware of this problem and in 2011 and 2012 released a general awareness campaign entitled "In Easter who pays is the mussel". More than just providing a legal perspective, the goal was to test the impact of said campaign in Meixilhoeiro's mussel beds. Biological data sampling in "Mexilhoeiro" was conducted over a three-year period, from 2010 to 2012. In 2010 there was no awareness campaign but sampling was done after Holy Friday. In 2011 and 2012 it was done both after and before Holy Friday. The average length and coverage percentage of individuals in rocks were recorded. The subsequent graphical analysis indicated that the average coverage percentage of mussels had been decreasing over the years. However a positive sign was recorded in after the 2012 awareness campaign, when the average length of individuals showed an increase. This could mean a reduction in harvesting during Holy Friday. Results suggest that awareness campaigns are effective measures in the immediate protection of marine resources, when supported by reinforcement in surveillance from fisheries protection authorities. For such improvements to persist, so must those efforts. Beachgoers in the summertime can have a detrimental impact on mussel bed size. Prohibiting recreational fishing will not suffice.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, recreational harvest, Easter, Awareness campaign.

RESUMO

Actualmente, devido à conjuntura macro-económica, as zonas costeiras do país estão cada vez mais sujeitas à pressão antropogénica provocada pela apanha de organismos bivalves e marisco no geral. Desde 2010 que a Câmara Municipal de Cascais (CMC) tomou conhecimento da apanha desregrada destes recursos, principalmente no feriado de sexta-feira santa. Neste dia verifica-se a captura de vários quilos de mexilhão (Mytilus galloprovincialis) por centenas de pessoas, o que provoca invariavelmente profundas perturbações na zona Intertidal e torna a sua recuperação muito morosa. A CMC desenvolveu durante o ano de 2011 e 2012 a campanha de sensibilização "Na Páscoa quem paga é o Mexilhão!", que pretende alertar a população para esta problemática e informar acerca dos limites legais para a sua captura. O objectivo deste trabalho foi analisar o impacto da supracitada campanha de sensibilização nos bancos de mexilhão da zona do Mexilhoeiro (local preferencial de apanha). Realizaram-se amostragens no local durante três anos (2010 a 2012). Em 2010 não se realizou campanha de sensibilização e apenas foi realizada amostragem após a sexta-feira santa, no entanto realizaram-se amostragens em 2011 e 2012 antes e depois da sexta-feira santa.

@ - Corresponding author
1 - Empresa Municipal de Ambiente de Cascais. Complexo Multiserviços, Estrada de Manique nº1830 Alcoitão. 2645-138 Alcabideche. e-mail: Ferreira ana. ferreira@cascaisambiente.pt, Rijo andreia.rijo@cascaisambiente.pt, Faria sara.faria@cascaisambiente.pt, Fialho vania.fialho@cascaisambiente.pt
2 - Universidade Aberta. Rua Escola Politécnica, 147, Lisboa, Portugal. e-mail: sonia.seixas@uab.pt
3 - IMAR, CMA, University of Coimbra, Rua da Matemática, nº 49, 3004-517 Coimbra, Portugal.

** Submission: November 17, 2012; Evaluation: November23, 2012; Reception of revised manuscript: December 10, 2012; Accepted: December 22, 2012; Available on-line: May 16, 2013*

Além da percentagem de cobertura dos indivíduos sobre a rocha, foi medido o comprimento médio dos indivíduos. A análise gráfica subsequente indicou que a percentagem de cobertura de mexilhão tem vindo a diminuir ao longo dos anos. No entanto, um sinal positivo foi registado em 2012, verificando-se um aumento do comprimento médio dos indivíduos, o que poderá indicar uma diminuição da apanha aquando o dia de sexta-feira santa. Os resultados apresentados sugerem que campanhas de sensibilização para informação do público em geral, acompanhadas por um reforço na fiscalização das actividates piscatórias, são efectivas na protecção imediata dos recursos marinhos. Porém, é necessário um esforço contínuo para a manutenção dos resultados alcançados, uma vez que, a simples visitação massiva da zona no Verão pode ter impactos indesejados, que leva invariavelmente à diminuição da extenção dos bancos de mexilhão. Nestes casos a simples proibição da atividade piscatória não é suficiente.

Palavras-Chave: *Mytilus galloprovincialis, apanha lúdica, Páscoa, Campanha de sensibilização.*

1. INTRODUCTION

For many centuries mussels (*Mytilus galloprovincialis*) have been harvested along the Portuguese coast for human consumption, trade or use as bait. Nowadays, in the exposed rocky shores of central Portugal, Man plays a major predaceous role on the intertidal zone, harvesting mussels and goose barnacles (*Pollicipes pollicipes).*

The genus *Mytilus* is very common along European shorelines however the taxonomic status of the most abundant species (*Mytilus edulis* and *Mytilus galloprovincialis*) is very controversial. Modern biogeographic distribution of *M. edulis* and *M. galloprovincialis* appears related to water temperature. *M. galloprovincialis* is a warm-water form that occurs in the Mediterranean and extends northward to the coast of France and the United Kingdom (Lopez *et al.*, 2002), so it is assumed that the Portuguese species of mussels is *Mytilus galloprovincialis.*

Various studies focusing on mussel harvesting in rocky shores have concluded that this activity causes a decline in population abundance, as well as a reduction in average size of individuals in that population (Rius & Cabral, 2004; Rius *et al.*, 2006). The consequences of harvesting mussels can have direct effects on other communities as they may provide a substratum for other organisms, which results in indirect effects on other species (Rius *et al.*, 2006). On the other hand, recovery of intertidal communities from predatory effects can be very fast based on natural larvae recruitment or algae propagules that could have its origin in places with lighter human pressure (Hawkins *et al.*, 1999).

According to the Christian calendar Easter is celebrated on the first Sunday after the first full moon during spring equinox, making it a moveable holiday. Tidal cycles are also synced with the moon cycle, so the highest of the high tides and the lowest of the low tides correspond to those full moons. These occurrences make Easter a great time for seafood harvest. Two reasons other than good tides help account for the Holy Friday harvest frenzy: it is a national holiday and religious tradition prevents most people from eating meat on this day. When combined, these three factors create a family tradition in Cascais where every family member joins in the mussel harvest in the morning, to consume it on the same day. Also, Cascais has easy access areas for seafood catching and transporting.

Overharvesting may lead to major changes in population structure and functioning and can seriously deplete stocks of intertidal organisms (Rius *et al.*, 2006). A study conducted in Australia by Underwood & Kennely (1990) suggests that recreational fishermen and seashore visitors can be responsible for density reductions on herbivorous and carnivorous fish as well as crabs, ascidians, gastropods (used as bait) and other rock-dwelling animals, rendering the structure and dynamics of coastal communities unbalanced.

Thompson *et al.* (2002) globally believe the harvesting severity has been increasing ever since the 1960s and predicted a continuous increase until the present time. As for mussels in Cascais council, Rius & Cabral (2004) found a connection between less accessible places and individuals with longer shells and higher biomass, while places with easier access revealed the opposite, especially after the summer holidays. The same study suggests continuous mussel harvest in easily accessible places can cause mussel bed instability, as system equilibrium depends on the absence of regular human presence during wintertime.

Current macroeconomic conditions have subjected Portuguese coastal areas to greater human pressure, caused by the ever-increasing seashell harvest, as an alternative to fish during Holy Friday.

In 2010 Cascais Municipality (CM) was made aware of the unruly harvest of this marine resource on Holy Friday. Hundreds of people collecting bags of mussels in a short period of time (Figure 1) have caused profound changes in the intertidal zone, slowing down its recovery. Minimum harvest size (5 cm of shell length) and weight (2kg per person) was not being respected, and local authorities provided no surveillance whatsoever.

In 2011 and again in 2012 CM released the "In Easter who pays is the mussel" awareness campaign, also to inform people of capture limitations under the law (2 kg of mussel per person). This campaign was aimed at different targets: restaurants, professional fishermen, recreational fishermen and the population in general, with different timings.

For this study, possible negative impacts of concentrated harvest efforts on Holy Friday were investigated, both regarding coverage percentage and average length of individuals. We have also searched for positive effects of the awareness campaign on both factors.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study area

The area known has "Mexilhoeiro" (Figure 2) is located southwest of Cascais (38º 41'37.99" N / 09º26'08.08" W), exposed to southern waves and easily accessible. The name comes from the extensive mussel bed always said to exist in this location (mussel = mexilhão).



Figure 1. Map of Portugal with the Cascais council tagged (source: Google maps).
Figura 1. *Mapa de Portugal com o concelho de Cascais assinalado (fonte: Google maps).*



Figure 2. Photos by Miguel Lacerda, taken on Holy Friday 2010 (April 2) at Mexilhoeiro, Cascais.
Figura 2. *Fotos de Miguel Lacerda tiradas na Sexta-feira Santa de 2010 (2 de Abril) no Mexilhoeiro, Cascais.*

Because of imminent danger caused by erosion in 2012, warning signs were placed on site informing visitors the area was closed. These signs, however, are often ignored and people still access the shore through a set of steps formed by rocks.

Two areas can be identified in the rocky platforms of "Mexilhoeiro" (Figure 3): Area A, with less human pressure, and not as exposed to waves in the summer. *Ulva intestinalis* exists here in great abundance; and Area B has higher human pressure because it is exposed to waves and its rock surface has cracks filled with mussels and goose barnacles. This area is only without water during very low tides, so people believe seafood caught here is good for human consumption as long as water quality remains good.



Figure 3. Sampling area in "Mexilhoeiro" (Cascais) on a scale of 1:1000; the two rectangles represent the two areas compared. The yellow rectangle represents area A and the red rectangle represents area B in a very low tide.
Figura 3. *Área de amostragem no "Mexilhoeiro" (Cascais) numa escala de 1:1000; os dois retângulos representam as 2 áreas em comparação. O retângulo amarelo representa a área A e o retângulo vermelho representa a área B.*

2.2. Sampling Methodology

Sampling campaigns were conducted over a three-year period. In 2010 this was only possible after Easter while in following years (2011, 2012) sampling was conducted before and after the Easter period (Table 1), when adequate atmospheric conditions were found. In order to compare the density of mussel beds in both areas, mussel coverage percentage per square meter was recorded. Ten random 0.25 m^2 string grid quadrat replicates were made in area A and B (as in Rius & Cabral, 2004).

A calliper (0.1 mm precision) was used to record the average length of the larger axis of shells, to compare mussel shell length from both areas (A and B). Thirty random individual were selected from each area.

2.3. Statistics Methodology

A graphical exploratory analysis was conducted in order to compare the average coverage percentage of mussels per square meter in both areas and in different years. Several hypothesis tests followed. The same procedure was used to assess the average length of individuals.

Whenever statistical analysis was conducted for one variable (time or year) with two groups, the exploratory analysis was followed by a t-test or Mann-Whitney test (when data didn´t obey normality and homocedastic assumptions) (Zar, 2009).

When statistical analysis was conducted for one variable (time) with three groups (years), the graphical analysis was followed by a Kruskal-Wallis test since data didn´t obey normality and homocedastic assumptions (Zar, 2009). Because data dispersion recorded in each year is very high, a Mann-Whitney test was conducted to analyse the differences between those same years.

SPSS software (IBM SPSS Statistics V21) was used for the statistics methodology, with a 0.05 value of significance.

2.4. Awareness campaign

Communication campaign on the problem of intensive capture of mussels:

a. Restaurants
A letter was sent by the Municipality one month before Holy Friday addressed to major seafood restaurants in Cascais, informing about the dangers of buying non-registered, non-depurated seafood (required for category B mussels captured in this area).

b. General population
Media-promoted campaign a week before Holy Friday sharing some curiosities about mussels and the impact overharvesting has on the ecosystem. Furthermore, 1000 flyers were printed with information about this tradition, legal limitations and said negative impacts (Figure 4).

Table 1. Sampling days before and after the Campaign "In Easter who pays is the mussel".
Tabela 1. *Dias de amostragem antes e depois da Campanha "Na Páscoa quem paga é o Mexilhão".*

		Sampling date	Tide level	Holy Friday	Tide level	Sampling date	Tide level
	2010	-		02-04-2010	0.81	28-04-2010	0.63
1st year of Campaign	**2011**	18-04-2011	0.53	22-04-2011	1.12	20-05-2011	0.95
2nd year of Campaign	**2012**	20-03-2012	1.02	06-04-2012	0.60	09-04-2012	0.66



Figure 4. Campaign flyer "In Easter who pays is the mussel".
Figura 4. *Folheto da Campanha "Na Páscoa quem paga é o Mexilhão".*

Meixilhoeiro is one of the prime locations for this activity in Cascais. On Friday morning teams sporting t-shirts of the campaign handed out flyers and small 2kg bags for mussel harvesting. They also showed people mussels with the minimum allowed length.

2.5. Reinforced surveillance

The success of this initiative was also made possible thanks to efforts by Maritime and Municipal Police forces. In "Mexilhoeiro" were 2 municipal police officers, while agents from the Maritime Police patrolled the coast. Technical teams were equipped with scales to weigh bags collected, when in doubt.

This surveillance effort of 2012 started one month before Easter and continued until the end of the year in throughout Cascais on every low tide (<0.8 m).

Each awareness campaign conducted had the support of 22 people between Maritime and Municipal Police forces, Municipal Technicians and volunteers.

3. RESULTS

Families who traditionally harvest mussels on Holy Friday acknowledged the information conveyed in the 2012 campaign, namely by using bags handed out to exemplify the 2 kg weight limit per person.

Professional fishermen present were informed of the campaign and their licenses checked. The number of illegal groups of fishermen who systematically capture more than 2kg/person decreased in 2012. Only one apprehension was recorded during that year's campaign, having 11kg of goose barnacles been returned to the sea by the Maritime Police. The legal limit is 0.5 kg.

Another very positive aspect was the interest shown by TV stations, ensuring proper communication of legal limits for mussel and goose barnacle harvest, and informing people of how to help preserve coastal zones.

It is safe to say that at the end of the campaign human pressure in traditional harvest areas was not as intense. These general observations were confirmed by biological sampling and analyses conducted after Easter 2012.

3.1. Average mussel coverage percentage

In order to analyse the effectiveness of the Awareness Campaign in Mexilhoeiro, various hypothesis tests were conducted (Table 2) regarding the long-term (Year-to-year comparison) and short-term impact (comparisons within each year, before and after the campaign):

Graphical analysis of figure 5 indicates no short-term impact differences before and after Holy Friday (notwithstanding the area or year analysed). The following statistical analysis confirms the graphical analysis (Table 2).

Table 2. Summary of the statistical analysis performed on the short-term and long-term perspectives for mussel coverage percentage on a significance level of 0.05.
Tabela 2. *Sumário da análise estatística realizada numa perspetiva a curto e a longo prazo para a percentagem de cobertura a um nível de significância de 0,05.*

		Null Hypotheses	Test value	p-value	
Short-term impact	Area A	H_0: Before 2011 = After 2011	T= 0.732	0.473	Acceptance of H_0
		H_0: Before 2012 = After 2012	T= 0.495	0.629	Acceptance of H_0
	Area B	H_0: Before 2011 = After 2011	T= 0.878	0.391	Acceptance of H_0
		H_0: Before 2012 = After 2012	U= 45.500	0.760	Acceptance of H_0
Long-term impact	Between Years	H_0: before 2011 = before 2012	U= 77.500	0.001	**Rejection of H_0**
		H_0: after 2010 = after 2011 = after 2012	H=17.844	0.000	**Rejection of H_0**

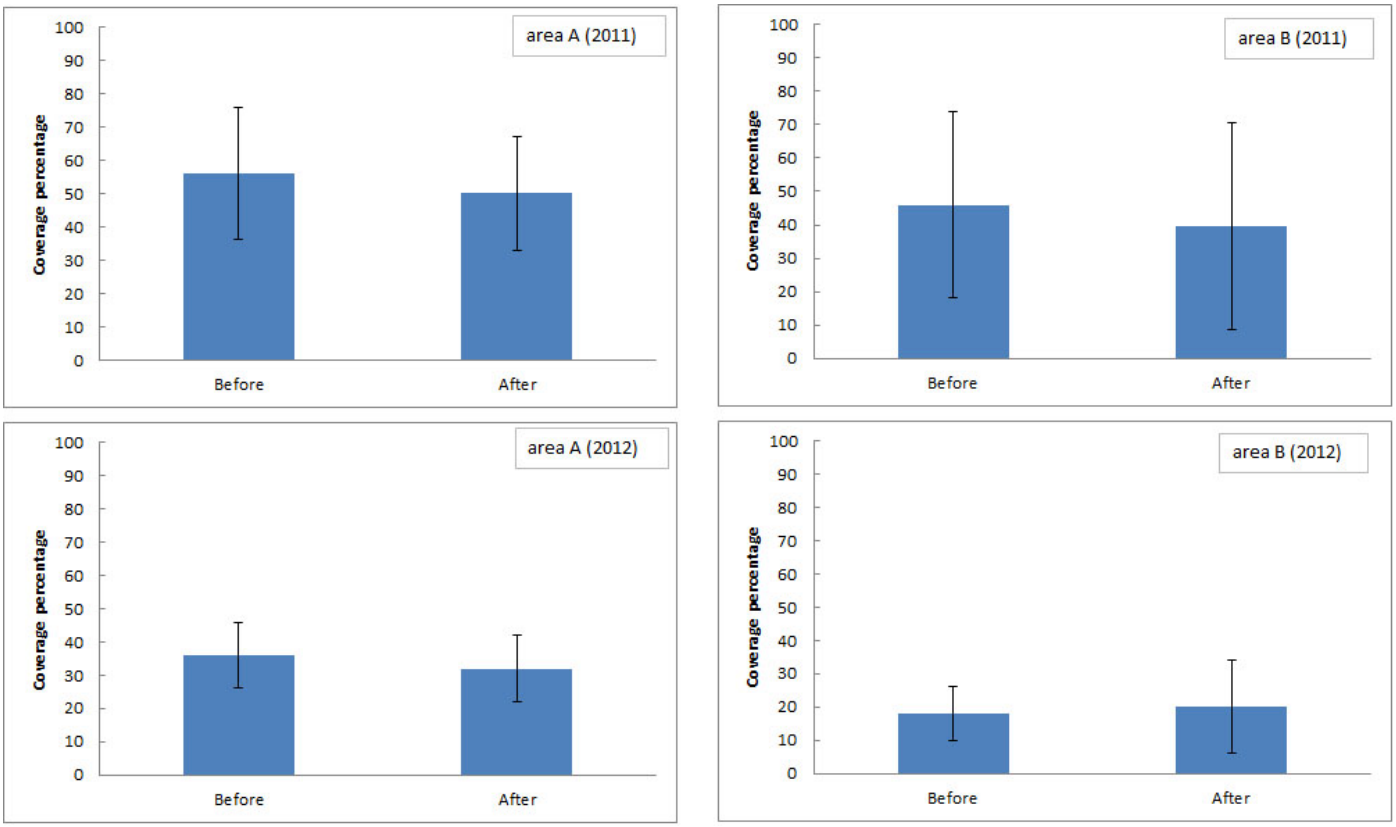


Figure 5. Graphical analysis of the average coverage percentage of mussels (before *vs* after) Holy Friday in areas A and B, both in 2011 and 2012. The confidence intervals represent the standard deviation.
Figura 5. *Análise gráfica da percentagem de cobertura média de mexilhão (antes vs depois) da Sexta-feira Santa nas áreas A e B e nos anos 2011 e 2012. Os intervalos de confiança representam o desvio padrão.*

Different results are obtained regarding long-term impact, as there is a significant decrease in average coverage percentages over the years before and after Holy Friday (Table 2 and Figure 6). This decrease is more evident in the year 2012, since this year shows significant differences with both 2010 and 2011 (Table 3).

Table 3. Results of the Mann-Whitney test for the comparison of mussel coverage percentage, between years and after the awareness Campaign.
Tabela 3. *Resultados do teste de Mann-Whitney para a comparação das percentagens de cobertura de mexilhão entre ano, após a campanha de sensibilização.*

	U	p
2010 vs 2011	130.000	0.060
2010 vs 2012	47.500	0.000
2011 vs 2012	111.000	0.017

3.2. Average mussle length

Six hypotheses were tested for the mussel length data in order to analyse the effectiveness of the campaign in Mexilhoeiro area (Table 4) for long-term (Year-to-year comparison) and short-term impacts (comparisons within each year, before and after the campaign):

The first tests determined the differences in length of individuals between areas A and B, before and after 2011 and 2012 campaigns.

Graphical analysis (Figure 7) of the average mussel length before and after Holy Friday 2011 indicates a decrease in the mean length of individuals in both areas. However, standard deviation in both graphs did not reveal any extreme differences in these values. The Mann-Whitney and t-test (Table 4) conducted after the graphical analysis indicated significant differences in the average length of individuals of area A Before *vs* After Holy Friday. The same result was obtained for area B.

Figure 8 represents the same analysis for the 2012 Campaign and indicates a decrease in the average length of individuals of area A after Holy Friday. Individuals from area B on the other hand, recorded a small increase in the average length; however, the standard deviation bars are far apart revealing greater data dispersion. The following hypothesis tests (Table 4) indicated significant differences in average length of individuals in area A Before *vs* After Holy Friday. As for area B, the Mann-Whitney test indicated no significant differences in average length of individuals Before *vs* After Holy Friday; however, the p-value is very close to the borderline and requires careful interpretation.

Regarding year-to-year differences (2011 *vs* 2012) before the Campaign, graphical analysis (Figure 9) did not reveal any differences in the average length of individuals, meaning that the initial conditions of the Awareness campaign were the same. Statistical tests (Table 4) confirmed this first analysis, as there were no significant differences in the mean shell length of individuals in "Mexilhoeiro".

After the Campaign, graphical analysis (Figure 9) showed a different result where in an increase in the average length of individuals from 2010 to 2012 seems to exist; on the other hand, standard deviation of 2010 and 2012 data is highly indicative of large data dispersion.

The Kruskal-Wallis test on data after the campaign did not detect any significant differences between the three years under analysis. However, the Mann-Whitney test detected differences between 2011 and 2012 (Table 5). These results suggest some positive long-term effects on the sampling area since the system seems to be reaching the mean length of individuals from 2010 (Mexilhoeiro).

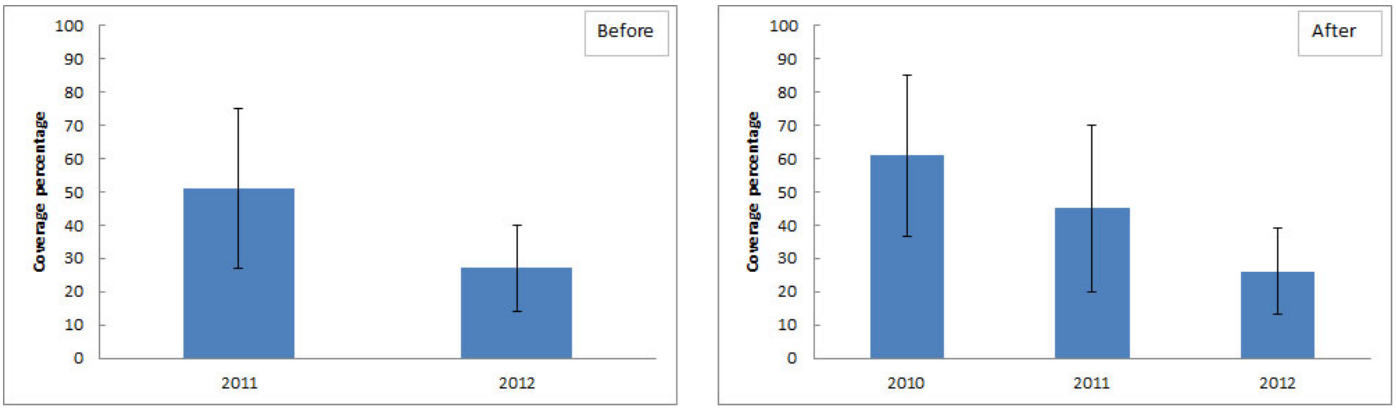


Figure 6. Graphical analysis of the average coverage percentage of mussels before Holy Friday (2011 *vs* 2012) and after this holiday (2010 *vs* 2011 *vs* 2012). The confidence intervals represent the standard deviation.
Figura 6. *Análise gráfica da percentagem de cobertura média de mexilhão antes da Sexta-feira Santa (2011 vs 2012) e depois deste mesmo feriado (2010 vs 2011 vs 2012).*

Table 4. Summary of the statistical analysis performed on the short-term and long-term perspectives on the average length of mussels on a significance level of 0.05.
Tabela 4. *Sumário da análise estatística realizada numa perspetiva de curto e longo prazo para o comprimento médio dos mexilhões a um nível de significância de 0,05.*

		Null Hypotheses	Test value	p-value	
Short-term impact	Area A	H_0: Before 2011 = After 2011	U= 277.500	0.011	**Rejection of H_0**
		H_0: Before 2012 = After 2012	t= -4.010	0.000	**Rejection of H_0**
	Area B	H_0: Before 2011 = After 2011	t= 2.479	0.020	**Rejection of H_0**
		H_0: Before 2012 = After 2012	U=316.000	0.048	Acceptance of H_0
Long-term impact	Between Years	H_0: before 2011 = before 2012	U=1612.000	0.325	Acceptance of H_0
		H_0: after 2010 = after 2011 = after 2012	H= 5.432	0.067	Acceptance of H_0

Table 5. Results of the Mann-Whitney test on the comparison of the average length of individuals, between years and after the awareness Campaign.
Tabela 5. *Resultados do teste de Mann-Whitney na comparação entre anos do comprimento médio dos indivíduos após a Campanha de Sensibilização.*

	U	p
2010 vs 2011	1468.500	0.082
2010 vs 2012	1675.500	0.515
2011 vs 2012	1388.500	0.031

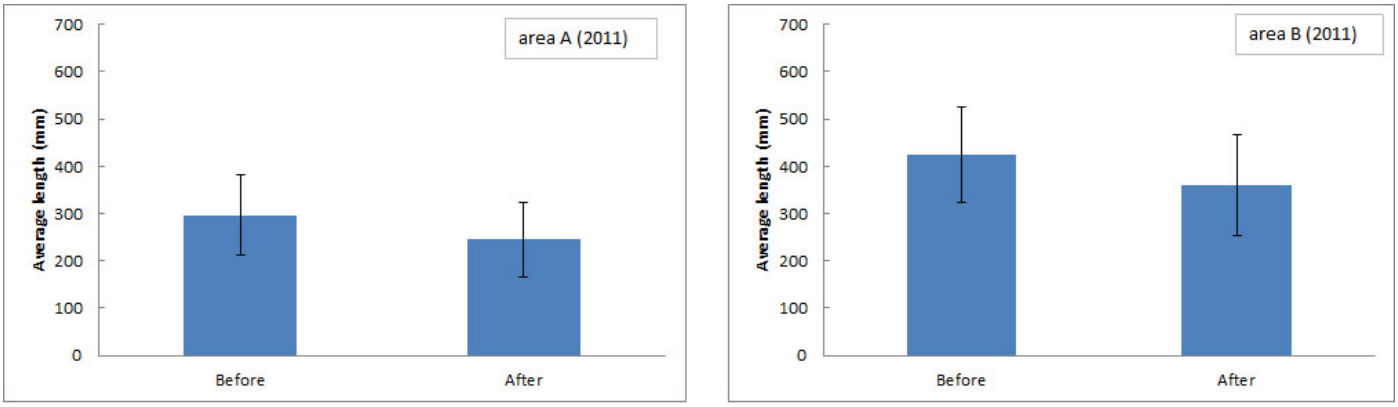


Figure 7. Graphical analysis of the mean length of individuals of area A and B (before *vs* after) in 2011. The confidence intervals represent the standard deviation.
Figura 7. *Análise gráfica do comprimento médio dos indivíduos da Área A e B (antes vs depois) em 2011. Os intervalos de confiança representam o desvio padrão.*

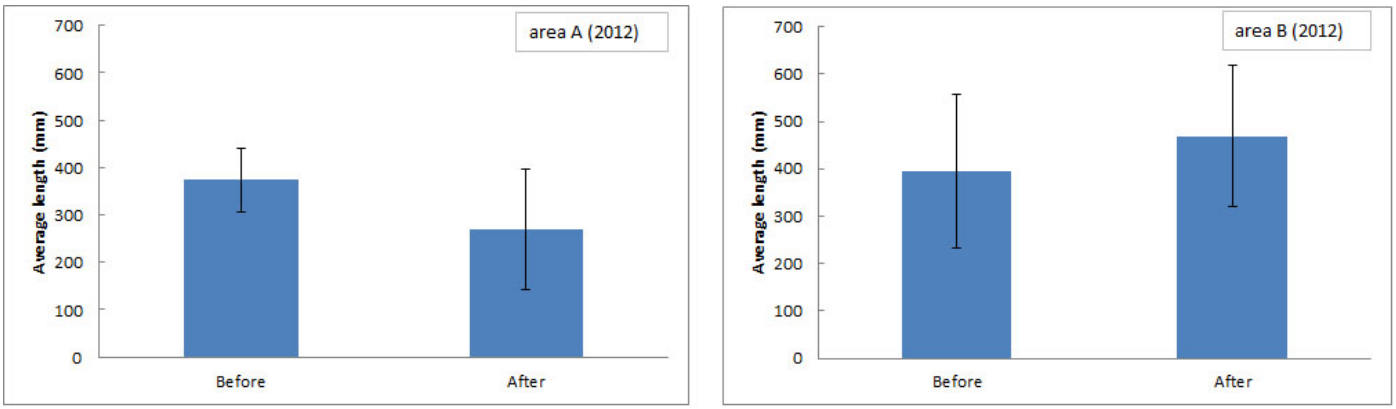


Figure 8. Graphical analysis of the mean length of individuals of area A and B (before *vs* after) in 2012. The confidence intervals represent the standard deviation.
Figura 8. *Análise gráfica do comprimento médio dos indivíduos das áreas A e B (antes vs depois) em 2012. Os intervalos de confiança representam o desvio padrão.*

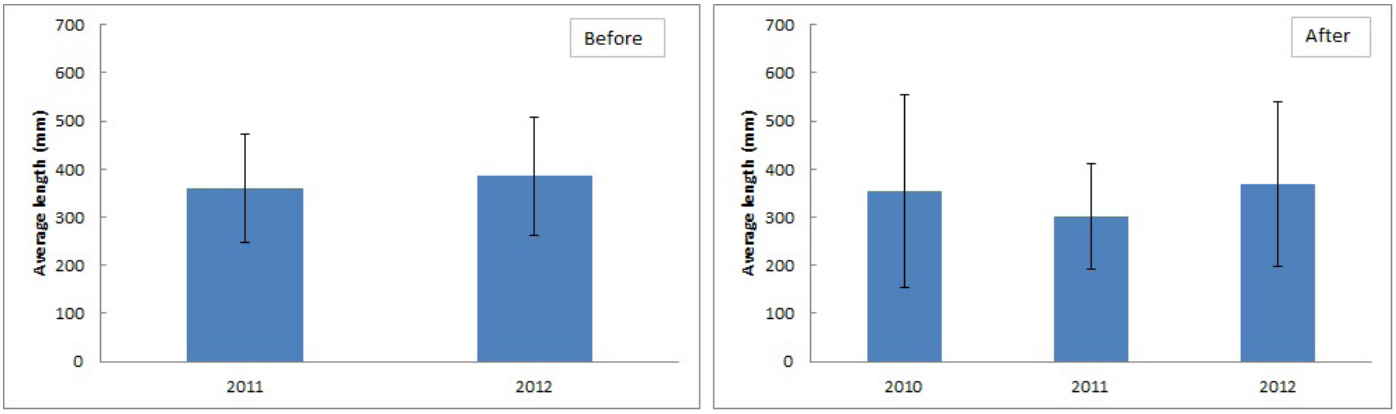


Figure 9. Graphical analysis of the mean length individuals before and after Easter from 2010 to 2012. The confidence intervals represent the standard deviation.
Figura 9. *Análise gráfica do comprimento médio dos indivíduos antes e depois da Páscoa desde 2010 até 2012. Os intervalos de confiança representam o desvio padrão.*

4. DISCUSSION

Records show a decrease in coverage percentage of mussels in "Mexilhoeiro", Cascais, since 2010. Such decline was registered in both areas of "Mexilhoeiro" with different levels of human pressure, after Easter. Results clearly express the pressure to which the rocky shore is exposed, as mussel beds cannot recover its abundance within its natural cycle. This pressure is enhanced by existing efforts to catch larger individuals - the main contributors to population spawning events - selecting areas where they exist. Harvest, however, is done in bulk, capturing both small and large individuals (Rius *et al.*, 2006). This fact occurs traditionally over a small window of time, mornings on Holy Friday, not allowing the system to readjust itself. Rius & Cabral equally referred this very same behaviour in 2004 regarding the limited amount of time available to catch larger individuals located lower on the shore, because of tidal periods. Fishermen catch mussels in bulk during low tide, and then pick the larger from the smaller individuals, discarding the latter. This behaviour right before springtime could lead to a structural community problem as larger individuals – more fecund - are harvested before their reproductive peak (Philippart *et al.*, 2012, Rius *et al.*, 2006). This means that along with the abrupt loss of biomass, individuals are collected without completing that year's reproduction cycle, reducing the number of mussel recruits every year, causing long-term effects. These observations are consistent with the study by Oliveira *et al.* (2011) in NW Portugal, which indicated a brief positive relationship between the intensity of human disturbance on rocky shores and the structure assemblage of mussel community. Patches suffering greater disturbance had difficulty in the re-establishment of *M. galloprovincialis* individuals. The same results were obtained by Rius *et al.*, (2006) in South Africa, where a negative correlation was established between the density of humans as collectors and the cover percentage/average shell width of several sampled sites. As human collectors increase in density, coverage percentage of different sampled sites decreases as well as average shell width of individuals'.

The trophic chain is also affected by this abrupt biomass decrease as predators have to double their efforts to find prey, and could migrate to other areas were food is more abundant (Real & Caraco, 1986).

Short-term effects of the Awareness campaign "In Easter who pays is the Mussel" show no difference in terms of average coverage percentage of individuals before *vs* after Holy Friday regardless of the year or area analysed (Figure 5 and Table 2). The Campaign seems to have no impact on this particular variable.

Long term-effects of the Campaign showed some statistical differences. There was a significant decrease in average coverage percentage of the mussel bed prior to the Campaign, between 2011 and 2012 (Figure 6 and Table 2). The same result was verified after the Campaign, and 2012 was the year of the most significant decrease in average coverage percentage (Figure 6 and Table 3). The awareness effort seems to have no effect on this variable in the long run. Further studies in this area are needed to confirm this analysis, as the current time period is very short.

The short-term effects of the Awareness campaign show different results in the average length of individuals, for areas A and B in both years. Area A shows no effect as there are no differences in the average length of individuals before and after Holy Friday, regardless of the year analysed (Table 4, Figure 8 and 9). Area B shows different results. In 2011 the tendency is the same as in area A, with no differences recorded before and after the Campaign (Figure 7); in 2012, however, there are significant differences in the average length of individuals after Holy Friday (Table 4). Analysing the standard deviation of 2012 data for area B (Figure 8) we can see there is some data dispersion adding to this fact, the p-value of the Mann-Whitney test is in the borderline ($p= 0.048$), so it is possible that these results are due to the size of the sampling effort and need to be further validated with the continuation of the study.

In summary, the short-term effects of the Awareness campaign are very diminutive and can't be associated to the Campaign itself, as there were no significant differences recorded for the two variables under analysis (Average length of individuals and Average coverage percentage) for 2011 (no matter the area). In addition, 2012 results showed the same trend.

Long-term results are encouraging and show a positive tendency towards a recovery in population. The initial condition of the Campaign remained the same both in 2011 and 2012, as there were no significant differences in the average length of individuals for both years before Holy Friday (Table 4 and Figure 9).

The results after the Campaign are different. Length data dispersion for 2010 and 2012 is very high (Figure 9) so the Kruskal-Wallis test did not reveal any differences in that three-year period. The comparison between years (Table 5), however, minimized the effect of data dispersion revealing a significant increase of average length of individuals from 2011 to 2012, showing a population recovery back to 2010 levels.

In summary, long-term effects of the Awareness campaign seem to have a positive trend on the average length of individuals. Further studies are however necessary to confirm this hypothesis, as mussel populations are subjected to various numbers of environmental variables that have a significant impact on the long and short-term effects. The average coverage percentage results are consistent with this analysis, as time is required for mussel beds to recover their extent, with new recruits resulting from the increase in spawning biomass (individuals with a higher average length).

Regardless of the necessary additional investigation, one fact could have made the difference between 2011 and 2012: reinforced surveillance by authorities in "Mexilhoeiro", preventing mussel harvest in critical low tide periods, as well as barring access to "Mexilhoeiro" to decrease pressure caused by visitors. This pressure is not to be ignored. Trampling causes some shells to be fractured and causes relaxation of the byssus matrix. This makes individuals get easily taken by the waves, increasing the vulnerability of young individuals to the margin effect of a mussel bed, as well vulnerability to predation (Smith *et al.*, 2008). In these cases, simply prohibiting harvest is not enough. Bertocci *et al.* (2012) obtained he same result in north of Portugal. The results of this study did not support a predictable direct effect of protection, as the total abundance and the abundance of larger individuals did not differ between the MPA (Marine Protected Areas - no fishing zone) and two other reference shores.

The fast recovery of mussel beds has been recorded in other studies. For example, in the Wadden Sea where natural or human pressure occurred (Dankers *et al.*, 2001) there are records of extraordinary recoveries because of a good reproduction year which caused an increase from 170 ha to 1280 ha in one year (Dankers *et al.,* 1999 in Dankers *et al.*, 2001). It is therefore expected that a rapid increase in the cover percentage of mussel beds occur should access to these rocky shores remain difficult. Larger individuals that weren't caught in the springtime can produce a bigger amount of recruits (Addessi, 1994) that will gradually increase the mussel bed. Once trampling from visitors is minimized, this mussel bed can rapidly increase its size through larva production by these individuals, who will presumably settle near Mexilhoeiro.

Only by increasing environmental awareness with the general public can change the behaviour of the population regarding this specific tradition on Holy Friday. This is truer when economic activities are involved and conservation measures of living resources clash with a major source of income for families. This is why it is necessary to double the efforts of the campaign every year, in order to educate the youngest generation and adults.

These initial results need to be confirmed with continuing sampling in the following years. A higher degree of information by the general population was noticed, because of the awareness campaigns. The "In Easter who pays is the Mussel" campaign, along with reinforced surveillance by the authorities will lead to a more effective protection of marine resources.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to acknowledge Miguel Lacerda for raising awareness about the problem and for participating in

the sampling surveys; Maritime and Municipal police for all their effort and cooperation with this campaign and Dr. Rui Teixeira for the English revision of the manuscript.

REFERENCES

Addessi, L. (1994) - Human disturbance and long-term changes on a rocky intertidal community. *Ecological Applications*, 4: 786-797. doi: 10.2307/1942008.

Bertocci, I.; Dominguez, R.; Freitas, C.; Sousa-Pinto, I. (2012) - Patterns of variation of intertidal species of commercial interest in the Parque Litoral Norte (north Portugal) MPA: Comparison with three reference shores. *Marine Environmental Research*, 77: 60-70. doi: 10.1016/j.marenvres.2012.02.003.

Dankers, N.; Brinkman, A.G.; Meijboom, A.; Dijkman, E. (2001) - Recovery of intertidal mussel beds in the waddensea: use of habitat maps in the management of the fishery. *Hydrobiologia*, 465:21-30. doi: 10.1023/A:1014592808410.

Hawkins, S.J.; Allen, J.R.; Bray, S. (1999) - Restoration of temperate marine and coastal ecosystems: nudging nature. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 9:23-46. doi: 10.1002/(SICI)1099-0755(199901/02).

Lopez, J.L.; Marina, A.; Vásquez, J.; Alvarez G. (2002) - A proteomic approach to the study of the marine mussels *Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis*. *Marine Biology*, 141(2): 217-223. doi: 10.1007/s00227-002-0827-4.

Oliveira, J.P.; Bertocci I.; Weber, G.M.; Sousa-Pinto, I. (2011) - Type and timing of disturbance modify trajectories of recovery of rockpool assemblages at Aguda (NW Portugal). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 399(2): 135-141. doi: 10.1016/j.jembe.2011.01.023.

Philippart, C.J.M.; Amaral, A.; Asmus, R.; van Bleijswijk, J.; Bremner, J.; Buchholz, F.; Cabanellas- Reboredo, M.; Catarino, D.; Cattrijsse, A.; Charles, F.; Comtet, T.; Cunha, A.; Deudero, S.; Duchêne, J.C.; Fraschetti, S.; Gentil, F.; Gittenberger, A.; Guizien, K.; Gonçalves, J.M.; Guarnieri, G.; Hendriks, I.; Hussel, B.; Pinheiro Vieira, R.; Reijnen, B.T.; Sampaio, I.; Serrao, E.; Sousa Pinto, I.; Thiebaut, E.; Viard, F.; Zuur, A.F. (2012) - Spatial synchronies in the seasonal occurrence of larvae of oysters (*Crassostrea gigas*) and mussels (*Mytilus edulis/galloprovincialis*) in European coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 108:52-63. doi: 10.1016/j.ecss.2012.05.014.

Real, L.; Caraco, T. (1986) - Risk and foraging in Stochastic environments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17:371-90. doi: 10.1146/annurev.es.17.110186.002103.

Rius, M.; Cabral, H. (2004) - Human harvesting of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, on the central coast of Portugal. *Scientia Marina*, 68(4):545-551. doi: 10.3989/scimar.2004.68n4545.

Rius M.; Kaehler S.; McQuaid C. (2006) - The relationship between human exploitation pressure and condition of mussel population along the south coast of South Africa. *South African Journal of Science* (ISSN 0038-2353), 102:130-136, South Africa. Disponível em: http://eprints.ru.ac.za/357/1/sajs_kaehler_relationship_betw_human_exploitation.pdf

Smith, J.R.; Fong, P.; Ambrose, R.F. (2008) - The impacts of human visitation on mussel bed communities along the California Coast: Are regulatory marine reserves effective in protecting these communities? *Environmental Management*, 41:599-612. doi: 10.1007/s00267-007-9066-2.

Thompson, R.C.; Crowe T.P.; Hawkins, S.J. (2002) - Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years. *Environmental Conservation*, 29(2):168-191. doi: 10.1017/S0376892902000115.

Underwood, A.J.; Kennelly, S.J. (1990) - Pilot studies for designs of surveys of human disturbance of intertidal habitats in New South Wales. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research,* 41 (1):165-173. doi:10.1071/MF9900165.

Zar, J. (2009) - Biostatistical analysis. 5th ed., 960p., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, U.S.A. ISBN: 9780131008465

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):157-168 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):157-168 (2013)

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-393_Carvalho.pdf | DOI:10.5894/rgci393

Sustainability of bait fishing harvesting in estuarine ecosystems – Case study in the Local Natural Reserve of Douro Estuary, Portugal *

Sustentabilidade da apanha de isco para pesca nos ecossistemas estuarinos – Caso de estudo na Reserva Natural Local do Estuário do Douro, Portugal

André Neves de Carvalho [@, 1, 2], Ana Sofia Lino Vaz [1], Tânia Isabel Boto Sérgio [1], Paulo José Talhadas dos Santos [1, 2]

ABSTRACT

A narrow relationship between marine resources and local populations always existed in fishing communities of coastal areas. In the Portuguese estuaries bait fishing is a common practice in which gatherers collect intertidal species such as seaworms, shrimps, crabs or clams. In recent Local Natural Reserve of Douro Estuary (RNLED) this activity is fairly entrenched due to the proximity of a great fishing zone, the Afurada, and the abundance of recreational fishermen operating in the area. This study aimed to quantify the impact of bait fishing gathering on the ecology of this estuary benthic community, in order to propose management measures for this activity, ensuring its sustainability, and to verify the influence this activity may have on the conservation of intertidal resources in a protected area. Between June 2010 and May 2011 monthly samples were collected in the intertidal zone, in order to quantify the density of populations of *Hediste diversicolor* and *Scrobicularia plana* at two locations in the estuary. During the same time period, weekly interviews were performed to bait fishing gatherers operating in RNLED area. In this area of Douro estuary, *H. diversicolor* (239.7ind/m^2) was the most abundant species compared to the clam *S. plana* (0.3ind/m^2). In the area of RNLED the species most collected by bait fishing gatherers was the polychaete *H. diversicolor*, and it is estimated that each year 9.9tons are captured, representing an annual mean catch per bait fishing gatherer of 0.3tons. However, the total annual biomass collected was substantially less than the productivity estimated for the entire intertidal area of RNLED (78.7 to 141.3tons). The number of bait fishing gatherers varied between 0 on December 2010 and 12 in July 2010, showing a decrease in activity in the RNLED, especially during the times when surveillance occurs. The area prospected by each gatherer was estimated to be 10m^2/day. Considering both tides and all the effort done by an average of 8 men/day, the prospected area was 80m^2/day, corresponding to 0.3% of the intertidal area. This effort was mainly concentrated in about 1/3 of the available intertidal area. Results indicated the sustainable management of bait fishing activity in the referred protected area is possible. However, other aspects must be taken into account, such as the possible conflict of this activity with biodiversity conservation in the reserve. Therefore, we suggest some possible solutions for the sustainability of this activity, along with less disturbance to birds that may feed in the reserve, such as: delimitation of a marginal area within the reserve, smaller than the current one, where the collection of organisms is allowed, as well as the oversight and control of licenses and educational procedures. Moreover, these measures would have a positive impact in the integrated management of the reserve, while enabling an activity with positive economic consequences in an underprivileged population. Also, they will contribute to lower the impact of human presence on the avifauna and on the structure of the sediments.

Keywords: Douro Estuary, Protected Area Sustainable, Estuary Management, *Hediste diversicolor*, Bait Fishing Harvesting

@ - Corresponding author
1 - Faculdade de Ciências Universidade do Porto, R. Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto. E-mail: Carvalho ancarvalho@gmail.com, Vaz sofia.linovaz@gmail.com, Sérgio tibs28@gmail.com, Santos ptsantos@fc.up.pt.
2 - CIIMAR – Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Rua dos Bragas 289, 4050-123 Porto

** Submission: 7 january 2013; Evaluation: 13 april 2013; Revised manuscript: 16 april 2013; Accepted: 19 april 2013; Available on-line: 6 june 2013*

RESUMO

Nas comunidades piscatórias das zonas costeiras sempre existiu uma estreita ligação entre os recursos marinhos e as populações locais. Nos estuários portugueses é comum a presença de mariscadores na apanha de algumas espécies intertidais como as minhocas, os camarões, os caranguejos ou as ameijoas. Na recente criada Reserva Natural Local do Estuário do Douro (RNLED) esta actividade está bastante enraizada pela proximidade de uma forte zona piscatória, a Afurada, e pela abundância de pescadores lúdicos que actuam na zona. Os objectivos deste estudo são quantificar o impacto que esta actividade tem na ecologia desta comunidade bentónica estuarina, propor medidas de gestão para assegurar a sua sustentabilidade, e verificar a influência que esta actividade poderá ter na conservação dos recursos intertidais numa área protegida. Entre Junho de 2010 e Maio de 2011 foram efectuadas amostragens mensais na zona intertidal para quantificação da densidade das populações de Hediste diversicolor e Scrobicularia plana em dois locais do estuário. Durante o mesmo período de tempo foram realizados inquéritos semanais aos apanhadores que efectuavam esta actividade na área da RNLED. Nesta zona do estuário do Douro, a espécie H. diversicolor é mais abundante (239.7ind/m^2) em relação à ameijoa S. plana (0.3ind/m^2). Na área da RNLED a espécie apanhada em maior abundância pelos mariscadores é o poliqueta H. diversicolor e estima-se que por ano sejam capturadas 9.9 toneladas, o que representa uma média anual de captura por mariscador de 0.3 toneladas. No entanto a biomassa anual total colectada é bastante inferior à produtividade anual estimada para a totalidade da área intertidal da RNLED (78.7 a 141.3 toneladas). O número de mariscadores por dia variou entre 0 em Dezembro 2010 e 12 em Julho 2010, tendo-se verificando uma diminuição da actividade dentro da RNLED, especialmente nas horas em que existe vigilância. A área revolvida por cada apanhador estima-se em 10m^2/dia. Considerando as duas marés por dia e todo o esforço feito por uma média de oito apanhadores/dia, a área prospectada foi de 80m^2/dia, correspondendo a 0,3% da área intertidal. Este esforço foi concentrado principalmente em aproximadamente 1/3 da área disponível intertidal. Os resultados indicam que é possível a gestão sustentável da apanha da minhoca na área protegida. No entanto, outros aspectos devem ser tidos em conta para que esta actividade não provoque conflitos com os objectivos de conservação da biodiversidade na reserva. Assim, sugerimos algumas possíveis soluções para a sustentabilidade da actividade, juntamente com menor perturbação para as aves que se alimentam na reserva tais como: delimitação de uma área marginal dentro da reserva, menor que a actual, onde a apanhar é permitida, bem como a fiscalização no controle das licenças e acções de educação ambiental. Por outro lado estas medidas teriam um impacto positivo na gestão integrada da reserva, permitindo simultaneamente uma actividade com reflexos económicos positivos numa população desfavorecida. Também vão contribuir para diminuir o impacte da presença humana na avifauna e sobre a estrutura dos sedimentos.

Palavras-chave: *Estuário do Douro, Área Protegida Sustentável, Gestão de Estuários, Hediste diversicolor, Colheita de Isco da Pesca*

1. INTRODUCTION

The collection of bait for recreational or professional fishing purposes is a widespread activity and has achieved commercial importance in many parts of the world (Olive, 1993; Cunha *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2006). Polychaetes are harvested from intertidal mud or sand flats for their value as saltwater fishing bait (Cunha *et al.*, 2005; Sypitkowski *et al.*, 2010). Several families of polychaetes are exploited, due to their high abundance and to being an efficient fishing bait, most notably: Arenicolidae, Glyceridae, Nereididae, Nephtyidae and Eunicidae (Fonseca & Costa, 2008). Bait gathering, along with clam digging, can degrade ecosystems' health and reduce biodiversity in estuaries around the world (Milius, 1999; Logan, 2005; Rossi *et al.*, 2007). Several studies reported bait gathering activities in Portugal, where both worm and clam harvesting is performed from north to south of the country's coast, contributing to local economies. *Diopatra neapolitana* is the target worm species in Ria Formosa, Sado estuary and Ria de Aveiro (Cunha *et al.*, 2005; Pires *et al.*, 2012). The clam *Scrobicularia plana* is the target species on Tagus estuary, although the worm *Hediste diversicolor* is also often collected (Moreira, 1999; Dias *et al.*, 2008).

Estuaries are important ecosystems for fish and birds. They provide nursery grounds for several commercial fish and crustacean species (McLusky, 1999; Meire *et al.*, 2005; Cabral *et al.*, 2007) and also resting and feeding areas for birds, especially for waders and shorebirds (Ambrose, 1986; Moreira, 1999). Benthic macroinvertebrates are the key prey in estuarine food webs supporting a wide range of predators, such as crabs, shrimps, fishes and birds (McLusky, 1999; Little, 2000; Rosa *et al.*, 2008). Harvesting activity of these benthic invertebrates may affect the prey availability of target and non-target species, causing direct and indirect impacts on predators (Milius, 1999; Shepherd & Boates, 1999). Birds and fish, along with other organisms that frequent these habitats, are forced to compete not only with bait harvesters but also with other shellfish (Fonseca & Costa, 2008). The disturbance and harvesting of these organisms result in decreased densities and shifts in the population size structure of the target species, resulting in changes in community composition (Logan, 2005; Smith & Murray, 2005; Sypitkowski *et al.*, 2010). Several studies report a density decrease in communities of mud shrimp *Corophium volutator,* due to the disturbance caused by commercial bait digging in intertidal mudflats, reducing the availability of this invertebrate for its main predator, semipalmated sandpipers (Milius, 1999; Shepherd & Boates, 1999). When mud is turned over by hand rake and trampling, habitat destruction and direct mortality occurs (Logan, 2005; Sypitkowski *et al.*, 2010). Infauna is exposed on the mud surface, thereby increasing the chance of either predation or desiccation (Ambrose 1986; Griffiths *et al.*, 2006; Rossi *et al.*, 2007). Morevoer, infauna biophysical structures, such as worm tubes, are often destroyed (Rossi *et al.*, 2007; Sypitkowski *et al.*, 2010).

Trampling is an inherent disturbance of bait gathering that can cause substantial changes in flora and fauna assemblages on intertidal habitats (Rossi *et al.*, 2007; Hardiman & Burgin, 2010). In addition to these disturbances, harvesting and digging can have significant impacts on the sediment composition and dynamics, affecting the physical, chemical,

and biological characteristics of the intertidal mudflats (Moreira, 1999; Shepherd & Boates, 1999; Logan, 2005; Dias *et al.*, 2008; Sypitkowski *et al.*, 2010). Consequently, these disturb non-target invertebrates and birds that prey upon them (Shepherd & Boates, 1999; Logan, 2005; Dias *et al.*, 2008; Sypitkowski *et al.*, 2010). Moreover, digging may release heavy metals from the sediment (Sypitkowski *et al.*, 2010).

Bait harvesting, as well as shellfisheries, represent a very important economic activity in many estuaries worldwide, but these activities may conflict with the conservation of these habitats of great natural value (Dias *et al.*, 2008). Even though the negative effects of bait harvesting are well known, this activity is often poorly managed, only accounting for the sustainable management of target species, thus neglecting non-target species (Kraan *et al.*, 2007; Fonseca & Costa, 2008). Consequently, a more comprehensive ecosystem approach is necessary (Kraan *et al.*, 2007). The analysis of the ecological structure of invertebrates should be a tool to support management measures and conservation of marine habitats (Shokri *et al.*, 2009).

According to Portuguese legislation (Portaria nº 1228/2010) bait gatherers can only operate with a personal license and are only allowed to work using hand gathering or with restricted gear. This legislation provides a list of species of mollusks and annelids allowed to be captured, but not all species have a minimum quantity capture rate. In addition, harvesting supervision, policies and concerns on sustainable control of intertidal resources do not act properly. This undefined exploitation contributes to a parallel economy and directly conflicts with a sustainable and controlled activity (Costa *et al.*, 2006). Some degree of protection in marine areas can help in biodiversity conservation and potentially be useful as a management tool of exploitation of marine resources, removing or reducing relevant negative anthropogenic impacts (Griffiths *et al.*, 2006; Hardiman & Burgin, 2010). Intertidal soft-sediment habitats can often support robust recreational and commercial harvests, however there is limited research on the effects of reserves in these habitats (Griffiths *et al.*, 2006).

The Local Natural Reserve of Douro Estuary (RNLED) is a new protected area located on the left margin of the estuary mouth. Founded in 2008 and occupying a total area of 54ha, this reserve is composed by several important biotopes including a marine sandy shore, sand dunes, small salt marsh and mud/sand area that is covered and uncovered by the tide. This estuarine intertidal area of mud/sand, covering about 27ha of the total reserve area, is one of the most important biotopes of the RNLED and is listed under the EU Habitats Directive (92/43/EEC) as an important habitat type to protect (habitat 1130). This location is used by many birds for shelter and feeding, particularly migratory wintering shorebirds, many with priority conservation status under the EU Birds Directive (79/409/EEC). Along the migration route, suitable habitat is restricted and large numbers of birds are forced to concentrate at a few key coastal areas, estuaries, salt marshes or marine wetlands, where food is abundant (Shepherd & Boates, 1999). For birds migrating from the north of Europe, RNLED is one of the main areas in Portugal that offers good conditions of shelter and feeding for wintering birds. Therefore, RNLED has a great importance for biodiversity conservation on a regional scale. However, this protected area, especially the intertidal mud/sand flats, is used for bait harvesting and for several other activities such as dog walking, recreational angling and aquatic sports like windsurf, which cause disturbance in most of the feeding area available. The aims of this study were to quantify the impact of bait fishing gathering on the abundance of *Hediste diversicolor* (Polychaeta) and *Scrobicularia plana* (Bivalvia) in the RNLED, and analyse the consequences of this activity on the ecology of the community, as well to propose management measures for this activity to ensure its sustainability.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study area

The Douro River originates in Spain on Sierra de Urbión and flows into the Atlantic Ocean in Portugal, between the cities of Porto and Vila Nova de Gaia. Its basin covers an area of approximately 98000km^2, corresponding to about 17% of the Iberian Peninsula. Douro forms a temperate mesotidal salt wedge estuary in its last 22km (Vieira & Bordalo, 2000; Azevedo *et al.*, 2008). The lower estuary extends 3km from the mouth and the tides are semi-diurnal with average tidal range of 2.8m at the mouth (Vieira & Bordalo, 2000). This estuary is classified as stratified when river flow is lower than 300m^{3}s^{-1} (Azevedo *et al.*, 2008). The Douro estuary plays an important role in the regional economy, being the mouth of the navigable channel for many commercial, fishing and tourism ships, which serve the population of northern Portugal. The creation of RNLED has raised the importance of the estuary for biodiversity conservation and regional sustainability. The study area has been limited to 27ha of total protected area, the same intertidal zone used for harvesting the bait fishing species.

2.2. Sampling and laboratory analysis

Twelve monthly samples were collected between June 2010 and May 2011 from two stations (Q1 and Q2) located on the intertidal area (Figure 1). Both sites are located in two areas frequently visited by bait fishing gatherers. In each sampling session, the relevant biota for bait was quantified in a total area of 1.53m^2 divided into two squares (Q1 and Q2) 100 m apart of each other. In each square, four 0.19m^2 replicates were sampled, allowing an adequate representation. The superficial sediment layer, 25cm in depth, was removed with a shovel and immediately passed on sieves of 2mm mesh. Biological samples collected were fixed in 4% formalin. The polychaetes collected were measured putting each one over a V-bended ruler (1mm) and divided in three classes of body lengths, 0 to 50mm, 51 to 80mm and over 81mm in order to identify the period of recruitment. In each square, approximately 1.5kg of superficial sediment was collected with a 10cm diameter corer for subsequent granulometric analysis.

In the laboratory, the biological samples were incubated at 70°C for 12 hours and then placed in a muffle, VulcanTM A-550, at 550°C for 4 hours, in order to determine the ash-free dry weight value (AFDW). The sediment collected for

granulometric analysis was dried in an oven at 60°C. The samples were sieved using the sequence of 2mm, 1mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.125mm, 0.063mm sieves for one cycle of 10 minutes with amplitude of 0.80mm, in an electrical battery of sieves, Retsch AS 200 Basic. The sediment present in each sieve was weighed on a semi-analytical scale AND GF-300 (d = 0.001g).

During the same time period, interviews were performed weekly to bait fishing gatherers operating in the RNLED area, only in daytime, in order to estimate the harvester activity. The interview (Appendix 1) consisted in 3 groups of questions related to the social integration of the harvester, to the harvesting methods and amounts and to the sustainability of this activity. Similar interviews were used in Ria de Aveiro (Cunha *et al.*, 2005; Freitas *et al.*, 2011).

2.3. Data analysis

Comparing the four replicates in each square we did not find significant differences. The results of replicates were then pooled for subsequent data analysis. To calculate the annual productivity of polychaetes, the methodology applied by Abrantes et al., (1999) in a study of the population dynamics in Ria de Aveiro was adopted. This methodology is based on the equation: ratio = P / B, where P is the productivity and B the annual mean biomass. In the present work the ratio value of (4.4 - 7.9) of Ria de Aveiro was used, since this is the known value in the north estuaries of Portugal nearest to Douro. The relationship between sediment grain size and density (ind./m^2) of polychaetes was established by the Pearson's correlation coefficient and comparisons between stations and months were conducted using analysis of Two-tailed *T* test assuming unequal variances (heteroscedastic) with *t* critical value (5 %). The *T* test was also used to compare the values of density and biomass among different body size classes of polychaetes.

3. RESULTS

3.1. Biological descriptor of bait fishing species

From all the possible species harvested for bait, only two species were found, the polychaeta of phylum Annelida, *Hediste diversicolor* and the bivalve of phylum Mollusca, *Scrobicularia plana*. For *H. diversicolor* there were no significant differences between density values (ind./m^2) found at sampling stations Q1 and Q2 (t=2.120; p=0.118, n=12) and between biomass values (g/m^2) (t=2.080; p=0.709, n=12). The records of *S. plana* were very limited and disperse over the sampling period, making it impossible to perform a valid statistical analysis. Only two individuals in September (2.690g), two in October (7.017g) and one in March (0.108g) were found. However, the abundance of empty shells of *S. Plana*, as well as from other bivalves like *Cerastoderma sp*., was indicative of the presence of clams in adjacent areas. Considering these results, all data was pooled to obtain global values for the studied area.

The species *H. diversicolor* was the most abundant, with an annual mean density of 239.7ind./m^2 and annual mean biomass of 66.244g/m^2. *S. plana* had an annual mean density and an annual mean biomass of 0.3ind./m^2 and 0.534g/m^2, respectively. Both species have commercial interest for local fishing communities. The density and biomass of *H. diversicolor* was higher in spring and summer and lower in autumn and winter (Figure 2). The highest value of density was recorded in May 2011 (494.4ind./m^2) and the lowest in January 2011 (48.3ind./m^2). The highest value of biomass was recorded in June 2010 (172.296g/m^2) and lowest in

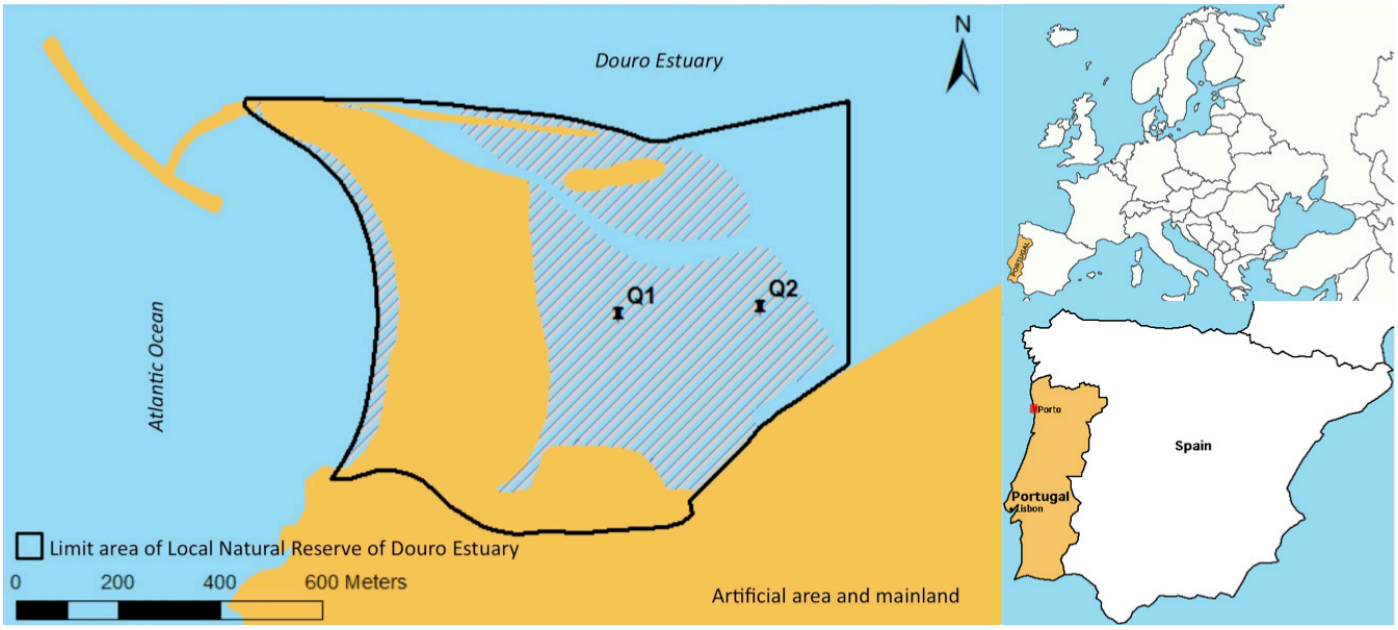


Figure 1. Location of samples squares (Q1 and Q2) in Local Natural Reserve of Douro Estuary (RNLED).
Figura 1. *Localização dos quadrados de amostragem (Q1 e Q2) na Reserva Natural Local do Estuário do Douro (RNLED).*

December 2010 (14.686g/m^2). The body lengths analyses of *H. diversicolor* showed that the length class of 0-50mm was the most present along the sampling period, with the higher values of density being recorded in August 2010 and May 2011 (Figure 3). The density values of individuals with body length of 51-80mm and >81mm were lower than those recorded for the length class of 0-50mm. There was an absence of individuals of the length class 51-80mm in November 2010 and >81mm in September 2010. Also, there were no significant differences in density values between the length classes of 51-80mm and >81mm (the values of T test are available in Table 1). However, density values between classes of lengths between 0-50mm and 51-80mm and 0-50mm and >81m) are significantly different. For biomass, the values were not significantly different among the different body length classes considered. The density of *H. diversicolor* was positively correlated with medium grain sediment of 0.25 mm (R=0.458; p=0.024) and 0.5mm (R=0.627; p=0.001), and negatively correlated with coarse grain sediment, 2mm (R=-0.500; p=0.013).

The conversion rate of fresh weight in ash-free dry weight determined in this work was 7.8%. Thus, the mean value of biomass per unit area of 66.244g/m^2 of fresh weight (FW) corresponds to the value of 5.166g/m^2 of ash-free dry weight (AFDW), this being the annual average monthly values, pooling both squares. The total biomass of *H. diversicolor* in the area considered productive, the intertidal area, which corresponds to about 27ha of RNLED, achieved a mean value of 17.9 tons (FW). In the intertidal area of RNLED, the *H. diversicolor* estimated annual productivity, according to methodology applied by Abrantes *et al*. (1999) ranges between 78.7 and 141.3 tons (FW).

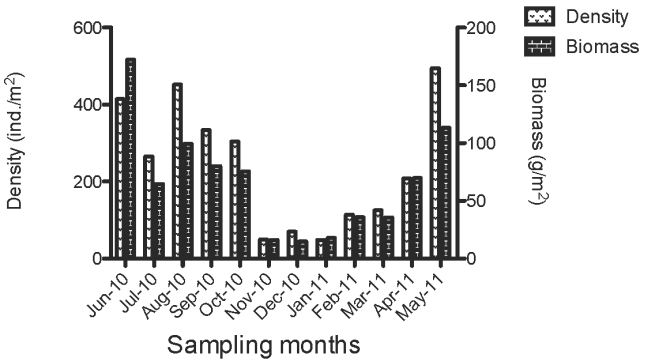


Figure 2. Density (ind./m^2) and biomass (g/m^2) of *Hediste diversicolor* per sampling months, considering all the sampled area.

Figura 2. *Densidade (ind./m^2) e biomassa (g/m^2) de Hediste diversicolor por meses de amostragem, considerando a totalidade da área amostrada.*

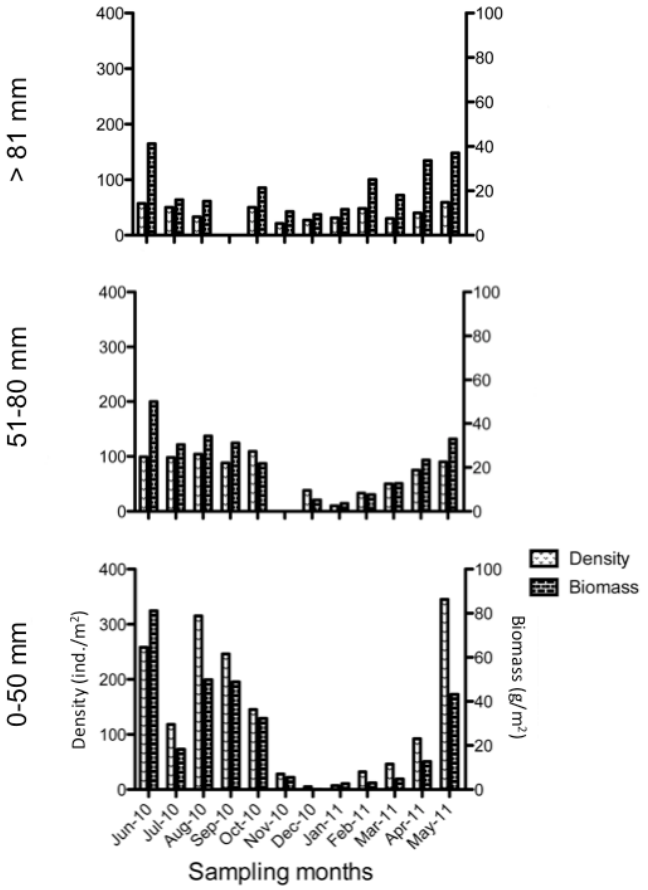


Figure 3. Density (ind./m^2) and biomass (g/m^2) of *Hediste diversicolor* per sampling months and by body length (0-50mm; 51-80mm and >81mm), considering all the sampled area.

Figura 3. *Densidade (ind./m^2) e biomassa (g/m^2) de Hediste diversicolor por meses de amostragem e por classe de comprimento (0-50mm; 51-80mm and >81mm), considerando a totalidade da área amostrada.*

3.2. Quantification of bait fishing gatherer activity

During the study 54 bait fishing gatherers were registered operating in the RNLED and 33 (61%) of these, responded to the inquiry performed. June and July 2010 were the months that registered the greater number of gatherers per visit, 8 and 12 respectively. This number decreased in the remaining months and a null value was recorded in December 2010. The gatherers that operated in the reserve area presented an age distribution of 51% of middle age (between 40 and 60 years old) and 39% of advanced age (>60 years old), only 9% were under 40 years old. Most of these individuals were residents from nearby towns of the RNLED, 63% of Vila Nova de Gaia and the remainder of Porto. Of the total gatherers interviewed, 40% were unemployed, 40% were pensioners and 20% were employed. The unemployed gatherers use this activity as their main economic income and sell bait fishing to recreational fishermen. Pensioners and employed ones use the bait they gather for their own recreational fishery. The target species exploited as bait fishing on Douro estuary is the worm *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776),

Table 1. T-test (two tailed) comparing annual density (ind./m²) and annual biomass (g /m²) of *Hediste diversicolor* by body length (0-50mm and 51-80mm; 51-81mm and >81mm and 0-50mm and >81mm), considering all the sampled area. The sign * denotes significative differences.

Tabela 1. *Teste t (bi-caudal) comparando a densidade anual (ind./m²) e a biomassa anual (g /m²) de Hediste diversicolor entre classes de comprimento (0-50mm e 51-80mm; 51-81mm e >81mm e 0-50mm e >81mm), considerando a totalidade da área amostrada. O sinal * indica diferenças significativas.*

	body length	n	freedom degrees	t value	p value
density (ind./m²)	0-50mm – 51-80mm	24:24	32	2.037	0.047 *
	51-80mm – >81mm	24:24	32	2.037	0.064
	0-50mm – >81mm	24:24	25	2.059	0.004 *
biomass (g/m²)	0-50mm – 51-80mm	24:24	44	2.015	0.599
	51-80mm – >81mm	24:24	39	2.023	0.844
	0-50mm – >81mm	24:24	34	2.032	0.445

all the interviewees harvested this species. The most widely instrument used in its capture was a hand rake with 40cm wide (94% of interviewees). Other instruments, although less used were the shovel (3%) or hoe (3%). Only 12% of the gatherers collected other species besides *H. diversicolor*, such as the green crab (*Carcinus maenas*), clam (*Scrobicularia plana*) or shrimps (*Crangon crangon* or *Palaemon serratus*), also used as fishing bait. Most of the harvesters (62%) use the reserve area between 4 to 7 times a week. The highest exploitation occurs during the summer months, in addition to 35% of harvesters that use the RNLED throughout the year, 41% perform this activity only in the summer season. Also, only 24% harvest sporadically. These data are consistent with the number of harvesters per visit directly observed during the fieldwork. The weighted mean of harvesting days by each harvester was 260 days/year, considering the several types of harvesters interviewed. The maximum time spent per day in the reserve ranged between 2 to 4 hours (89% of the answers). Only 11% remained up to a maximum of 1 hour. When accounting for the amount of *H. diversicolor* collected per day, 14% of gatherers indicated that they collected on average 250g, 52% collected 500g, 14% collected 2500g, 10% collected 3500g and 10% collected 5000g. Most gatherers (78%) have been performing this activity over many years and many of them started as a child to help their parents, this being an economic activity supporting many families in the surrounding villages of the RNLED. These gatherers said that in past years, the bait worm was more abundant in the reserve. Also, only 30% think that the harvesting should be controlled using a system of fish bait activity licensing. All the other gatherers have an unfavourable opinion, saying that the bait worm has always existed and was always plentiful for all gatherers and they think that the licensing system will not control the bait abundance.

Table 2. Mean annual density (ind./m²), mean annual biomass (g AFDW/m²) and productivity (g AFDW/m²) of *Hediste diversicolor* in relation to the geographical distribution.

Tabela 2. *Densidade anual média (ind./m²), biomassa anual média (g AFDW/m²) e productividade (g AFDW/m²) de Hediste diversicolor em relação à distribuição geográfica.*

Local	Mean annual density (N/m²)	Mean annual biomass (g/m²)	Range of mean annual productivity (g/m²)	Author
Douro estuary (Portugal)	48 – 494	1.1 – 13.4	22.7 – 40.8	**Present work**
Ria Formosa (Portugal)	---	3.7 – 9.7	19.2 – 31.7	Sprung (1993)
Ria de Aveiro (Portugal)	190 – 718	3.6 – 10.2	15.9 – 74.2	Abrantes (1999)
Gernika estuary (Spain)	173 – 3051	1.08 – 17.36	16.9	García-Arberas and Rallo (2002)
Loire estuary (France)	300 – 2600	4.6 – 9.6	5.1 – 34.4	Gillet and Torresani (2003)
Norsminde Fjord (Denmark)	1305	10.46	27.17	Kristensen (1984)

According to information obtained from interviews, there was an average of 15 harvesters per day. Each gripper collects an average of 1.190kg per day, i.e. a total of 17.857kg was extracted per day. The annual biomass gathered is 4642.8kg, taking into account the total number of harvesting days estimated (260 days). This data indicates that harvesting bait in the RNLED leads to a depletion in annual productivity between 3.3% and 5.9%.

Our observations in the field indicate that the area prospected by each gatherer was $10m^2$/day. Considering all the effort done by an average of 8 men/day, the area prospected was $80m^2$/day, corresponding to 0.3% of the intertidal area. This effort was mainly concentrated in about 1/3 of the available intertidal area. Each gripper collects an average of 0.662kg/day, i.e. a total of 5.300kg/day was extracted per day, considering a digging area of $10m^2$ per harvester/day and a mean biomass of *H. diversicolor* of 0,066kg (see 3.1). Annual biomass gathered is 1.378 tons, considering 260 days as a total number of days of harvesting. According to these data, there is depletion in annual productivity between 0.97% and 1.7%.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This study presents, for the first time, data of the state of the harvesting bait activity on the Douro estuary and its protected area, and the potential impacts on the ecosystem. Two possible bait digging target species were recorded in the RNLED, the worm *Hediste diversicolor* and the clam *Scrobiculaira plana*. *H. diversicolor* was the target species harvested by bait gatherers in the reserve area. *S. plana* was rarely collected to human consumption or bait fishing probably due to the low density recorded in the RNLED. However, shelffishing of *S. plana* is an intensive activity in the Tagus estuary (Dias *et al.*, 2008) and in Canal de Mira (Cunha *et al.*, 2005). The presence of contaminants, pesticides and heavy metals recorded in sediments from the Douro estuary *(Mucha et al., 2003; Carvalho et al.*, 2009b; Carvalho *et al.*, 2009a) may have effects on clam recruitment. In fact, the effects of TBT levels in the recruitment of juvenile clams were observed in Arcachon Bay, France (Ruiz *et al.*, 1997). Changes in the deposition of sediments in the area of the reserve occurred recently due to the requalification works of Douro's breakwater (from 2005 to 2009) and nearby dredging of the reserve made for the construction of a new leisure harbor (from 2011). These changes may be an explanation for the low density of clams and cockles, since changes in sediment composition influence the feeding performance of deposit feeding bivalves (Kraan *et al.*, 2007) and can also contribute to contaminants' resuspension. The intense activity of bait-worm harvesting in the RNLED is one more factor adding pressure on the population density of bivalvs and decreasing their abundance. In addition, worm harvesting could reduce the density of non-target species like clams, by direct mortality, shell damage and increased exposure to predators (Ambrose, 1986; Griffiths et al., 2006; Sypitkowski et al., 2010). In Ria de Aveiro, worm harvesting negatively affected the survival of *M. arenaria* by directly damaging shells and by exposing clams to increased risk of predation (Cunha *et al.*, 2005).

The values of abundance and biomass of *H. diversicolor* registered in the Douro estuary were highest in spring and summer and lowest in autumn and winter. This seasonal variation in the density was also observed in Canal de Mira (Abrantes *et al.*, 1999) and in Denmark (Kristensen, 1984). Density decrease in autumn and winter may be due to increased predation by migratory birds. *H. diversicolor* of small body sizes (0-50mm) were recorded throughout the year in RNLED, with a higher abundance in the spring and summer months. These data suggests a recruitment period throughout the year for *H. diversicolor* with these two peaks, however, further studies should be performed to confirm it. Along the Southwestern coast of Portugal the reproducing period was also reported throughout the year, although with important peaks in spring/summer, as shown in Sado estuary (Costa, 2003). In Ria de Aveiro, in the central west coast of Portugal, *H. diversicolor* also showed two important reproductive periods, in spring and early autumn (Abrantes *et al.*, 1999). In Bay of Biscay, North Iberian Peninsula, *H. diversicolor* had a continuous but not uniform recruitment period during the year, with two peaks, spring/summer and autumn/winter (García-Arberas & Rallo, 2002). In Norsminde Fjord, Denmark, size-frequency distributions of *H. diversicolor* suggested one age class during most of the year, with recruits appearing in two displaced groups, one in spring and another in summer (Kristensen, 1984). Mean annual density values of *H. diversicolor* in RNLED were lower than those observed in other Portuguese and European estuaries (Table 2). Mean annual biomass values were higher than those recorded in Portuguese estuaries (Sprung 1993; Abrantes et al., 1999) and lower than those registered in the Gernika estuary, Spain (García-Arberas & Rallo, 2002). The range of the estimated annual productivity for this species was higher than that registered in Ria Formosa but lower than those obtained in Ria de Aveiro (Sprung, 1993; Abrantes *et al.*, 1999). These differences were not only verified for the range interval, but also for the maximum values comparison. The range of annual productivity values was highest than that registered in Spain and lower than that recorded in France and Denmark (Kristensen, 1984; García-Arberas & Rallo, 2002; Gillet & Torresani, 2003).

According to the information of the interviews, *Hediste diversicolor* is the harvest target species on the RNLED and the most commonly fresh bait used by sport and professional fishers in the Douro estuary and in beaches around its mouth. *H. diversicolor* is a cosmopolitan intertidal Nereid in Europe (Ambrose, 1986). In Portugal, this species is gathered as live bait in Canal de Mira, Ria de Aveiro (Cunha *et al.*, 2005) and in the Tagus estuary (Rosa *et al.*, 2008). The hand rake used in RNLED is the commonly used tool on bait worm harvesting all around the world (Shepherd & Boates, 1999; Dias *et al.*, 2008; Sypitkowski *et al.*, 2010). Worm bait is gathered mainly by pensioners, who use it in their own angling, and unemployed gatherers, who sell bait boxes to anglers and professional fishers in a parallel commercial activity. Both classes of gatherers were observed by Cunha *et al.* (2005) in Canal de Mira. However, these authors reported a third class that was not found in the Douro, the full time professional bait diggers that distribute the gatherings to retailers, often to the Spanish market. The bait worm harvesting has an impact

on the economy of the neighbouring population of the RNLED. It is estimated that each gatherer per year harvests in average 300kg of *H. diversicolor*, valued at €3000. The total annual biomass of 99000kg collected has been evaluated in €990000. In Ria de Aveiro, Cunha *et al*. (2005) indicated for the most gathered species, *Diopatra neapolitana*, an annual harvest of 45 tons, valued at over €325000. The harvesting of *H. diversicolor* in the RNLED is held throughout the year, although more intensively in spring and summer, when the number of anglers is also higher. In Portugal the exploitation of polychaetes occurs throughout the year, being more intense in warm months (Cunha *et al*., 2005; Pires *et al*., 2012). Sypitkowski *et al*. (2009) reports a seasonal variation of worm digging in Maine, USA, exhibiting a peak in early spring and another smaller peak in summer. In Whitley Bay, UK, the harvest was also higher in summer (Retraubun *et al*., 1996). Even in visits where no individuals were recorded harvesting these living resources, marks of stirred mud/sand sediment, made by hand rake, were always observed. According to Sypitkowski *et al*. (2010), digging stripes can remain visible on the mud flats for several months but it is difficult to determine which strips represent new digging activity or features of old harvest efforts. The same was noticed here and these evidences indicate the presence of an undetermined number of bait operators on the reserve area in the tides preceding our observation. As such, the real number of gatherers each day could be of a higher value than our observations. The present study has taken into account harvesting bait on nocturnal tides, which had so much affluence of catchers as diurnal tides. This differs from the study of Cunha *et al*. (2005) in the Canal de Mira, where they concluded that the activity of harvesting at night was sufficiently negligible to be discounted from the sampling program. In the RNLED, the mud flats are exposed and accessible for approximately 4.5 hours at low tide. The gatherers remain mostly between 2 to 4 hours in the reserve. Despite being a temporary disturbance and variable depending on the amount of harvesters, it overlaps with the most favorable period for shorebirds feeding, causing an impact by shortening the feeding period. According to Cunha *et al*. (2005) in Canal de Mira, bait digging occurs over a period of 3.5 hours and, as also seen in the Douro, the bait diggers start the activity when the sediment is still flooded.

The difference between the data of the interviews and the data of our field observations in impact on annual productivity is a result of the methodology used, comparing the harvester's perception of the daily catch and the biomass evaluated in this work, as a function of the density and the area used by each gatherer, which could have been under-estimated. Moreover, the evaluation of the number of harvesters/day is different, as a result of the inquiries or the observed harvesters in the field. One additional source of differences could be the number of harvesting days declared in the interviews, as it seems overstatement. This could also lead to an overestimation of the annual harvest and the annual sold bait.

Even with the impact of the extraction of worm fresh bait, more intense in the summer, and with shorebirds predation, higher in the winter with the arrival of migratory birds, the estimated biomass of *H. diversicolor* in total area of reserve is much higher than the estimated biomass harvested. Likewise, a qualitative assessment of the total catch of each category indicated that occasional diggers have a negligible impact on the population in Canal de Mira (Cunha *et al*., 2005). Our results suggest that bait harvesting has a low impact on reduction of density of *H. diversicolor*, reflecting on a low impact on the food availability for shorebirds. Avifauna will be more disturbed by the presence of gatherers and not by food reducing. For some species, access to feeding resources result from induced mortality of target species for whom harvesting is higher. The induced mortality on small crustaceans such as *Corophium volutator* or *Cyathura carinata* by the use of the hand rake in sediment digging was not quantified in this study. However, studies in other estuaries indicated that the induced mortality may reduce the recruitment of these benthic species, and thus may derail the successful reproduction and consequently lead to a decrease in density (Shepherd & Boates 1999; Logan 2005). Studies in the Tagus estuary suggested that predation is a key factor on the population dynamics of *H. diversicolor* and that this polychaete can be a limited resource, having major ecological consequences for its predators (Rosa *et al*., 2008). *H. diversicolor* is a major link in food webs, as it is available at the sediment surface and is one of the most important prey items for waders and fish in European estuaries (Ambrose, 1986; Gillet & Torresani, 2003; Rosa *et al*., 2008). The increased density of bait collectors had much more negative impact on the habitat affected than in the percentage of worms removed, especially for species with greater flight distances like the Grey Heron (*Ardea cinerea*), Little Egret (*Egretta garzetta*) or Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*), wintering species of the RNLED. Dias *et al*. (2008) have also verified this type of disturbance by human presence on shorebirds with clams digging in the Tagus estuary. Besides its importance for feeding, it is acknowledged that *H. diversicolor* has an ecological importance in coastal ecosystems due their U or Y shaped burrow constructions. Sediment reworking by feeding and burrow construction influence particle transport, being important for sediment biogeochemistry and element cycling (Retraubun *et al*., 1996; Scaps, 2002). Oxygen is heterogeneously distributed in the lumen and wall of *H. diversicolor* burrow (Pischedda *et al*., 2012), increasing the verticalize oxic zones into the black sediment (Scaps, 2002; Contessa & Bird, 2004). Oxygen availability in burrow environments may affect growth and population sizes of associated organisms, like *Corophium volutator* (Retraubun *et al*., 1996; Scaps, 2002; Contessa & Bird, 2004).

Globally, protected areas in marine ecosystems are receiving increasing attention as management tools for protecting marine populations from human activities (Casu *et al*., 2006). A considerable part of the polychaetes harvested for bait fishing come from estuarine protected areas or nature reserves. Species conservation and maintenance of ecosystem functioning should be reconciled with the human interests and economic development. Mindful of the need and importance of maintaining this activity in a protected area, management proposals for the RNLED further presented will make bait fishing a more sustainable activity at an

environmental, social and economical level. All gatherers must have their personal license to catch bait worms and the supervision of this activity should be more efficient. Although the law prescribes the license, most harvesters who currently use the RNLED do not have it, mainly due to the insufficient supervision. The ineffectiveness of control of bait licenses was also reported in Ria de Aveiro by Cunha *et al*. (2005). The ill-defined exploration creates conflicts with the proper regulation of the activity and its development in a sustainable way (Fonseca & Costa, 2008). It would be necessary to define an area within the protected area where gatherers would be allowed to perform the activity of harvesting worm bait. By reducing the area available for harvesting, it should reduce the impact on shorebirds and waders by decreasing the sediment excavation, tramping, and also the disturbance caused by the presence of gatherers. This measure results in an improvement of the well-being for birds, as it increases the reserve area available for feeding and resting, and may enhance the occurrence of birds most susceptible to human presence. Thus, we can avoid changing of feeding behaviors by shorebirds and compensate by moving elsewhere or by feeding at a greater rate during periods of the day when less disturbances occur, as observed in the Exe estuary, UK (Goss-Custard & Verboven, 1993). In the RNLED, the area now proposed is limited to a track of 10m width between the street wall and the narrow channel, comprised between the small harbor and the upstream official limit of protected area. This area would be properly signaled with informational signboards of limit area for worm bait harvesting and the obligation of personal license. Furthermore, there are other adjacent areas, upstream of RNLED that may continue to be used in bait harvesting. Additionally, it is also suggested the holding of forums to improve civic education and environmental awareness of the local population, framing the importance of protected areas and sustainable harvesting of bait. The absence of environmental education in this field has also been reported in Mondego estuary (Cardoso *et al*., 2007). As a complementary measure for sustainable management of RNLED, the prohibition of digging of clam *Scrobicularia plana* would be necessary. Despite its reduced exploitation, its density is very low. This prohibition, together with area delimitation, will decrease the trampling and excavating sediment and may benefit the recovery of this species in the protected area, which is also important in the bird's diet. The integration of all these management measures could thus have positive effects, not only in birds, but also on the target and non-target species, with an expected increase in density and species richness of the benthic invertebrate community of the RNLED. The fact that the collection of *H. diversicolor* in Douro estuary is allowed is very positive, since it encourages the use of a native species as bait fishing, reducing the risk of use of non-native species. The use of imported species can lead to the introduction and establishment of non-indigenous species being a threat to coastal ecosystems and to the local economy (Costa, 2003; Costa *et al*., 2006; Pernet *et al*., 2008; Haska *et al*., 2012).

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM through the research contract "*Estudo e monitorização de vertebrados e invertebrados na Reserva Natural Local do Estuário do Douro*" (financed by QREN).

REFERENCES

Abrantes, A.; Pinto, F.; Moreira, M.H. (1999) - Ecology of the polychaete *Nereis diversicolor* in the Canal de Mira (Ria de Aveiro, Portugal): Population dynamics, production and oogenic cycle. *Acta Oecologica*, 20(4):267-283. doi: 10.1016/S1146-609X(99)00139-3

Ambrose, W.G., Jr. (1986) - Estimate of removal rate of *Nereis virens* (Polychaeta: Nereidae) from an intertidal mudflat by gulls (Larus spp.). *Marine Biology*, 90(2):243-247. doi: 10.1007/bf00569134

Azevedo, I.C.; Duarte, P.M.; Bordalo, A.A. (2008) - Understanding spatial and temporal dynamics of key environmental characteristics in a mesotidal Atlantic estuary (Douro, NW Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(3):620-633. doi: 10.1016/j.ecss.2007.07.034

Cabral, H.N.; Vasconcelos, R.; Vinagre, C.; França, S.; Fonseca, V.; Maia, A.; Reis-Santos, P.; Lopes, M.; Ruano, M.; Campos, J.; Freitas, V.; Santos, P.T.; Costa, M.J. (2007) - Relative importance of estuarine flatfish nurseries along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research*, 57(Spec. Issue 2-3):209-217. doi: 10.1016/j.seares.2006.08.007

Fonseca, L. Cancela da; Costa, P. Fidalgo e. (2008) - Poliquetas: sua obtenção, impactos e medidas de gestão. *14º Congresso da Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional - Ambiente e Conservação da Natureza*, Tomar, Portugal, pp 851. Available at http://www.apdr.pt/congresso/2008/pdf/E_tudo.pdf

Cardoso, G.P.; Bankovic, M.; Raffaelli, D.; Pardal, M.A. (2007) - Polychaete assemblages as indicators of habitat recovery in a temperate estuary under eutrophication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71(1-2):301-308. doi: 10.1016/j.ecss.2006.08.002

Carvalho, P.N.; Rodrigues, P.N.R.; Basto, M.C.P.; Vasconcelos, M.T.S.D. (2009a) - Butyltin levels in several Portuguese coastal areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159(1-4):183-190. doi: 10.1007/s10661-008-0621-y

Carvalho, P.N.; Rodrigues, P.N.R.; Basto, M.C.P.; Vasconcelos, M.T.S.D. (2009b) - Organochlorine pesticides levels in Portuguese coastal areas. *Chemosphere*, 75(5):595-600. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.01.060

Casu, D.; Ceccherelli, G.; Curini-Galletti, M.; Castelli, A. (2006) - Human exclusion from rocky shores in a mediterranean marine protected area (MPA): An opportunity to investigate the effects of trampling. *Marine Environmental Research*, 62(1):15-32. doi: 10.1016/j.marenvres.2006.02.004

Contessa, L.; Bird, F.L. (2004) - The impact of bait-pumping on populations of the ghost shrimp *Trypaea australiensis* Dana (Decapoda: Callianassidae) and the sediment environment. *Journal of Experimental Marine*

Biology and Ecology, 304(1):75-97. doi: 10.1016/j.jembe.2003.11.021

Costa, P. Fidalgo e (2003) - The oogenic cycle of *Nereis diversicolor* (O. F. Müller, 1776) (Annelida: Polychaeta) in shallow water environments in southwestern Portugal. *Boletín Instituto Español De Oceanografía* (ISSN: 0074-0195), 19(1-4):17-29. Available at http://www.ieo.es/publicaciones/boletin/pdfs/bol19/19%20(1-4)%20017-029.pdf

Costa, P. Fidalgo e; Gil, J.; Passos, A.M.; Pereira, P.; Melo, P.; Batista, F.; Cancela da Fonseca, L. (2006) - The market features of imported non-indigenous polychaetes in Portugal and consequent ecological concerns. *Scientia Marina* (ISSN: 0214-8358), 70(Suppl. 3):287-292. Available at http://digital.csic.es/bitstream/10261/2385/1/Polychaetes.pdf

Cunha, T.; Hall, A.; Queiroga, H. (2005) - Estimation of the *Diopatra neapolitana* annual harvest resulting from digging activity in Canal de Mira, Ria de Aveiro. *Fisheries Research*, 76(1):56-66. doi: 10.1016/j.fishres.2005.05.008

Dias, M.P.; Peste, F.; Granadeiro, J.P.; Palmeirim, J.M. (2008) - Does traditional shellfishing affect foraging by waders? The case of the Tagus estuary (Portugal). *Acta Oecologica*, 33(2):188-196. doi: 10.1016/j.actao.2007.10.005

Directiva 79/409/CEE do Conselho de 2 de Abril, relativa à conservação das aves selvagens. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias* nº L 103 de 25/04/1979. pp 0001 - 0018. Lisboa, Portugal. Available at http://www.drapal.min-agricultura.pt/valor_ambiental/REDE_NATURA/Legislação/Directiva_79_409-CEE_02-04-1979.pdf

Directiva 92/43/CEE do Conselho de 21 de Maio, relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias,* nº L 206 de 22/07/1992. pp 0007 - 0050. Lisboa, Portugal. Available at http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1992:206:0007:0050:PT:PDF

Freitas, F.; Cunha, T.; Hall, A.; Queiroga, H. (2011) - *Diopatra Neapolitana*, importância socio económica e sustentabilidade das capturas, na Ria de Aveiro. *Jornadas da Ria de Aveiro*. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, pp 58. Available at http://la.cesam.ua.pt/encontros_cientificos/2011/LivroResumosJornadasRiaAveiro2011.pdf

García-Arberas, L.; Rallo, A. (2002) - Life Cycle, Demography and Secondary Production of the Polychaete *Hediste diversicolor* in a Non-Polluted Estuary in the Bay of Biscay. *Marine Ecology*, 23(3):237-251. doi: 10.1046/j.1439-0485.2002.02766.x

Gillet, P.; Torresani, S. (2003) - Structure of the population and secondary production of *Hediste diversicolor* (O.F. Muller, 1776), (Polychaeta, Nereidae) in the Loire estuary, Atlantic Coast, France. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(3):621-628. doi: 10.1016/S0272-7714(02)00211-1

Goss-Custard, J.D.; Verboven, N. (1993) - Disturbance and feeding shorebirds on the Exe estuary. *Wader Study Group Bulletin*, 68(Spec. Issue):59-66. Available at http://obpa-nc.org/DOI-AdminRecord/0046399-0046406.pdf

Griffiths, J.; Dethier, M.N.; Newsom, A.; Byers, J.E.; Meyer, J.J.; Oyarzun, F.; Lenihan, H. (2006) - Invertebrate community responses to recreational clam digging. *Marine Biology*, 149(6):1489-1497. doi: 10.1007/s00227-006-0289-1

Hardiman, N.; Burgin, S. (2010) - Recreational impacts on the fauna of Australian coastal marine ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 91(11):2096-2108. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.06.012

Kraan, C.; Piersma, T.; Dekinga, A.; Koolhaas, A.; Van der Meer, J. (2007) - Dredging for edible cockles (*Cerastoderma edule*) on intertidal flats: short-term consequences of fisher patch-choice decisions for target and non-target benthic fauna. *ICES Journal of Marine Science*, 64(9):1735-1742. doi: 10.1093/icesjms/fsm153

Kristensen, E. (1984) - Life cycle, growth and production in estuarine populations of the polychaetes *Nereis virens* and *N. diversicolor*. *Ecography*, 7(3):249-250. doi: 10.1111/j.1600-0587.1984.tb01128.x

Little, C. (2000) - *The Biology of Soft Shores and Estuaries*. 252p., Oxford University Press, New York. ISBN:0198504268.

Logan, J.M. (2005) - Effects of Clam Digging on Benthic Macroinvertebrate Community Structure in a Maine Mudflat. *Northeastern Naturalist* (ISSN: 10926194), 12(3):315-324. Available at http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=18603244&lang=pt-br&site=ehost-live

McLusky, D.S. (1999) - Estuarine benthic ecology: A European perspective. *Austral Ecology*, 24(4):302-311. doi: 10.1046/j.1442-9993.1999.00983.x

Meire, P.; Ysebaert, T.; Van Damme, S.; Van Den Bergh, E.; Maris, T.; Struyf, E. (2005) - The Scheldt estuary: A description of a changing ecosystem. *Hydrobiologia*, 540(1-3):1-11. doi: 10.1007/s10750-005-0896-8

Milius, S. (1999) - Digging bait worms reduces birds' food. *Science News*, 155(16):246. doi: 10.2307/4011383

Moreira, F. (1999) - On the use by birds of intertidal areas of the Tagus estuary: implications for management. *Aquatic Ecology*, 33(3):301-309. doi: 10.1023/a:1009908722680

Mucha, A.P.; Vasconcelos, M.T.S.D.; Bordalo, A.A. (2003) - Macrobenthic community in the Douro estuary: Relations with trace metals and natural sediment characteristics. *Environmental Pollution*, 121(2):169-180. doi: 10.1016/S0269-7491(02)00229-4

Olive, P.J.W. (1993) - Management of the exploitation of the lugworm *Arenicola marina* and the ragworm *Nereis virens* (Polychaeta) in conervation areas. *Aquatic Conservation*, 3(1):1-24. doi: 10.1002/aqc.3270030102

Pires, A.; Gentil, F.; Quintino, V.; Rodrigues, A.M. (2012) - Reproductive biology of *Diopatra neapolitana* (Annelida, Onuphidae), an exploited natural resource in Ria de Aveiro (Northwestern Portugal). *Marine Ecology*, 33(1):56-65. doi: 10.1111/j.1439-0485.2011.00463.x

Pischedda, L.; Cuny, P.; Esteves, J.L.; Poggiale, J.-C.; Gilbert, F. (2012) - Spatial oxygen heterogeneity in a *Hediste diversicolor* irrigated burrow. *Hydrobiologia*, 680(1):109-124. doi: 10.1007/s10750-011-0907-x

Portaria nº 1228/2010 de 6 de Dezembro. *Diário da República*, 1ª série - Nº 235. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa, Portugal. Available at http://dre.pt/pdfgratis/2010/12/23500.pdf

Retraubun, A.S.W.; Dawson, M.; Evans, S.M. (1996) - Spatial and temporal factors affecting sediment turnover by the lugworm *Arenicola marina* (L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 201(1):23-35. doi: 10.1016/0022-0981(96)00016-0

Rosa, S.; Granadeiro, J.P.; Vinagre, C.; França, S.; Cabral, H.N.; Palmeirim, J.M. (2008) - Impact of predation on the polychaete *Hediste diversicolor* in estuarine intertidal flats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78(4):655-664. doi: 10.1016/j.ecss.2008.02.001

Rossi, F.; Forster, R.M.; Montserrat, F.; Ponti, M.; Terlizzi, A.; Ysebaert, T.; Middelburg, J.J. (2007) - Human trampling as short-term disturbance on intertidal mudflats: effects on macrofauna biodiversity and population dynamics of bivalves. *Marine Biology*, 151(6):2077-2090. doi: 10.1007/s00227-007-0641-0

Ruiz, J.M.; Szpunar, J.; Donard, O.F.X. (1997) - Butyltins in sediments and deposit-feeding bivalves *Scrobicularia plana* from Arcachon Bay, France. *Science of The Total Environment*, 198(3):225-231. doi: 10.1016/S0048-9697(97)05462-4

Scaps, P. (2002) - A review of the biology, ecology and potential use of the common ragworm *Hediste diversicolor* (O.F. Muller) (Annelida: Polychaeta). *Hydrobiologia*, 470(1-3):203-218. doi: 10.1023/a:1015681605656

Shepherd, P.C.F.; Boates, J.S. (1999) - Effects of a commercial baitworm harvest on semipalmated sandpipers and their prey in the Bay of Fundy Hemispheric Shorebird Reserve. *Conservation Biology*, 13(2):347-356. doi: 10.1046/j.1523-1739.1999.013002347.x

Shokri, M.; Gladstone, W.; Kepert, A. (2009) - Annelids, arthropods or molluscs are suitable as surrogate taxa for selecting conservation reserves in estuaries. *Biodiversity and Conservation*, 18(5):1117-1130. doi: 10.1007/s10531-008-9474-5

Smith, J.R.; Murray, S.N. (2005) - The effects of experimental bait collection and trampling on a *Mytilus californianus* mussel bed in southern California. *Marine Biology*, 147(3):699-706. doi: 10.1007/s00227-005-1619-4

Sprung, M. (1993) - Estimating macrobenthic secondary production from body weight and biomass: a field test in a non-boreal intertidal habitat. *Marine Ecology Progress Series* (ISSN:1616-1599), 100:103-109. Available at http://www.int-res.com/articles/meps/100/m100p103.pdf

Sypitkowski, E.; Bohlen, C.; Ambrose Jr, W.G. (2010) - Estimating the frequency and extent of bloodworm digging in Maine from aerial photography. *Fisheries Research*, 101(1-2):87-93. doi: 10.1016/j.fishres.2009.09.010

Vieira, M.E.C.; Bordalo, A.A. (2000) - The Douro estuary (Portugal): A mesotidal salt wedge. *Oceanologica Acta*, 23(5):585-594. doi: 10.1016/S0399-1784(00)01107-5

Appendix 1. Questions presented in the oral interview conducted to the bait fishing harvesters in the intertidal of Local Natural Reserve of Douro Estuary.
Anexo 1. *Questões presentes na entrevista oral realizada aos mariscadores de isco da pesca no intertidal da Reserva Natural Local do Estuário do Douro.*

Interviewer Data		
Name:		Date:
Low tide at:	Height (m):	
Weather conditions:		
Number of harvesters in RNLED:		
Time of Arrival:	Time of Departure:	
Notes:		

1. Socio-economic Data

1.1. Age:
1.2. Gender: Male ☐ Female ☐
1.3. Education Level:
1.4. Professional Activity:
1.5. The Municipality of residence:

2. Harvesting Activity
2.1. Today, what time did you started the harvesting?
2.2. What did you caught?

Species	Weight (~ g)	Number of individuals (~)	Harvesting Tool

2.3. Do you always harvest the same species? Yes ☐ No ☐ Other:
2.4. How many hours per day do you harvest?
2.5. How many days per week do you harvest in RNLED?
2.6. How many months per year do you harvest in RNLED?
2.7. What is the purpose of the harvest? Sale ☐ Own recreational fishing ☐ Other:
2.7. If the answer is selling, who is the buyer? Recreational fishermen ☐ Fishing shops ☐ Other:

3. Conservation Opinions
3.1. Do you already performed harvesting activity in last years? Yes ☐ No ☐
3.2. How many years?
3.3. What kind of species?
3.4. Did you caught more, less or equal than the present year? More ☐ Less ☐ Equal ☐
3.5. How are the abundance of bait fishing species? They are more, less or equal abundant in relation to the present? More ☐ Less ☐ Equal ☐
3.6. If there are differences in abundance, what are the reasons for these differences?
3.7. What measures do you think can be done so that we continue to perform the harvesting activity in the future?
3.8. Do you think that the harvesting activity should be controlled? Yes ☐ No ☐ Why?
3.9. Do you think that it is easier to harvest these bait fishing species in the present or in the last years? Why?

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):169-179 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):169-179 (2013)

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-395_Frias.pdf | DOI:10.5894/rgci395

Local marine litter survey - A case study in Alcobaça municipality, Portugal*

Levantamento de lixo marinho local – Um caso de estudo no município de Alcobaça, Portugal

João P. G. L. Frias [@, 1], Joana C. Antunes [1], Paula Sobral [1]

ABSTRACT

Beach clean-ups campaigns organized by Coastwatch, Geota, are a common annually practice in the Portuguese coastal area. Bearing in mind the goals and objectives of the Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EC) (MSFD), the Institute of Marine Research (IMAR FCT-UNL), in Faculty of Sciences and Technology of Universidade Nova de Lisboa participated for the first time in this project with the aim of collecting data about the state of coastal marine plastic pollution.

A close collaboration with Alcobaça municipality and with local teachers and students was set up, in order to gather information about marine plastic debris in this region. Three beaches were surveyed – Paredes de Vitória, Légua and Gralha – for number and mass (g) of plastic debris; and for concentrations of persistent organic pollutants (POP in ng g^{-1}) adsorbed to plastic pellets. Paredes de Vitória beach had highest number of items (5200) and mass (886 g). No concerning concentrations of POP were found for Alcobaça municipality beaches, when compared with other beaches in Portugal and worldwide. White, aged and coloured pellets showed higher values of tDDT when compared to the data from 2009 and 2012, confirming the high persistence of this pesticide in the environment. Studies such as these are important, not only to gather information about stranded marine litter on the Portuguese coast, as a contribution to the goals Marine Strategy Framework Directive (MSFD), but also to promote environmentall awareness in society from young ages, on the issues of marine litter.

Keywords: microplastics, PAH, PCB, DDT, POP, PBTC, marine debris, Portugal.

RESUMO

As campanhas de limpeza de praia organizadas pelo Coastwatch - Geota, são prática comum anual na zona costeira portuguesa. Tendo presentes os objectivos da Directiva Quadro Estratégia Marinha (2008/56/EC) (DQEM), o Instituto do Mar, pólo da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (IMAR FCT-UNL) participou pela primeira vez neste projecto com o intuito de recolher informação acerca do estado da poluição marinha costeira por plásticos. Uma colaboração através da Câmara Municipal de Alcobaça foi estabelecida com escolas do município, com o intuito de recolher informação acerca dos detritos plásticos marinhos nesta região. Foram investigadas três praias – Paredes de Vitória, Légua e Gralha quanto ao número e massa (g) de detritos; e quanto à concentração de poluentes orgânicos persistentes (POP em ng g^{-1}) adsorvidos às pastilhas de plástico (pellets). A praia de Paredes de Vitória foi aquela que apresentou um maior número de itens recolhidos (5200) e maior massa (886 g) das três praias amostradas. Não foram encontrados valores preocupantes de POP nas praias do município de Alcobaça, quando comparados com outras praias em Portugal e no mundo. Pellets brancos, envelhecidos e coloridos apresentam maiores valores de tDDT quando comparados com literatura de 2009 e 2012, confirmando a elevada persistência deste pesticida no ambiente. Estudos como este são importantes não apenas pela recolha de informação do estado de costa que reflecte a realidade do país, mas também pela possibilidade de fomentar uma consciencialização ambiental na sociedade desde as camadas mais jovens, ao mesmo tempo que contribuem para a Directiva Quadro Estratégia Marinha (DQEM).

Palavras-chave: *Microplásticos, PAH, PCB, DDT, POP, PBTC, detritos marinhos, Portugal.*

@ - Corresponding author: jpfrias@fct.unl.pt
1 - IMAR – Instituto do Mar, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2829–516 Caparica, Portugal.

** Submission: january 21, 2013; Evaluation: february 23, 2013; Reception of revised manuscript: march 8, 2013; Accepted: april 28, 2013; Available on-line: may 10, 2013.*

1. INTRODUCTION

Over the last few decades, several studies have documented numerous impacts associated with plastic marine debris in coastal and marine environments (Derraik, 2002; Thompson *et al.*, 2004; Ogata *et al.*, 2009; Moore *et al.*, 2001a, 2001b and 2008), resulting from excessive consumption of this type of materials (PlasticsEurope, 2012) and inappropriate disposal of plastic products used in daily life (Andrady, 2011). In order to raise awareness and take action towards a '*good environmental status*', in Europe, the Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EC) (MSFD) was created with specific goals to be achieved by 2020 (Galgani *et al.*, 2010). One of the descriptors of the MSFD is marine litter to which European countries are gathering data from beach and ocean surveys.

Floating plastic debris have been reported in the world's oceans since the early 1970's with the amount of debris showing a documented exponential increase into the early 1990's and in the 2000's (Law *et al.*, 2010). Currently there is an on-going debate on either plastic debris concentrations in the oceans are increasing or stabilizing (Corcoran *et al.,* 2009, Cole *et al.,* 2011).

The main impacts associated with plastic debris pollution in marine environments, are (1) the accumulation of debris on shore (Laist, 1987; Martins & Sobral 2011); (2) particle uptake and ingestion by marine organisms (Crimmins *et al.*, 2002; Browne *et al.*, 2008); (3) entanglement of marine animals such as fish, mammals, turtles and birds (Furness, 1983; Laist, 1997; Vlieststra & Parga, 2002, Franeker *et al.* 2011) and (4) the capacity to adsorb persistent bioaccumulative and toxic chemicals (PBTC), (Mato *et al.* 2001, Takada *et al.*, 2005; Teuten *et al.,* 2007; Ogata *et al.*, 2009; Frias *et al.,* 2010; Heskett *et al.,* 2012).

Recently, studies focused on microplastic particles and their potential effects on food webs (Gregory & Andrady, 2003; Bodin *et al.* 2007; Andrady, 2011), and the capacity for filter feeders to ingest plastic particles (Crimmins *et al.*, 2002; Browne *et al.*, 2008).

Plastics and microplastics (diameter < 5mm) (Barnes *et al.*, 2009), are widely dispersed in the open ocean due to their low density and ability to float, which enables them to travel great distances from their source, and accumulate in gyres due to ocean circulation (Pichel *et al.,* 2007). Photochemical degradation induces plastic fragmentation into smaller particles which will have the previously described effects on food webs (Barnes *et al.,* 2009). Denser varieties of plastics such as nylons or polyethylene terephthalate (PET) tend to sink in the water column and reach the coastal sediment (Andrady, 2011). On beaches, plastic fragments are derived either (1) from inland sources and are transported to coasts by water courses, wind, drainage systems, sewage overflows or human activity, or (2) directly from the oceans where low density floating varieties accumulate and are transported across great distances. According to the Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP) eighty per cent of marine debris result from inland sources (1) and twenty per cent result from oceans (2) (Bowmer & Kershaw, 2010). The high incidence of plastic marine debris reported worldwide (Moore *et al.*, 2001a, 2001b, 2002; Thiel *et al.*, 2003; Ivar do Sul *et al.*, 2007; Moore, 2008; Costa *et al.*, 2010; Frias *et al.,* 2010; Martins & Sobral, 2011), have been of extreme importance in marine (Derraik, 2002; Page & McKenzie, 2004; Arthur *et al.*, 2008) and in social sciences research (Thiel *et al.* 2003, Bravo *et al.,* 2009, Hinojosa & Thiel, 2009, Luís & Spinola, 2010).

The Portuguese coastal area is also extremely vulnerable to plastic accumulation on beaches not only from land sources (river discharges and population concentration along the coast), but also from the sea, as the country is an important route for commercial vessels and cruise ships (Martins & Sobral, 2011). Previous studies in Portugal (5 beaches) show average plastic debris densities ranging from 28.6 to 392.8 items m^{-2} (Martins & Sobral, 2011) and accumulation of POP in plastic pellets with PAHs concentrations of plastic pellets ranging from 0.2 to 319.2 ng g^{-1}, PCBs from 0.02 to 15.56 ng g^{-1} and DDTs from 0.16 to 4.05 ng g^{-1} (Frias *et al.*, 2010).

An on-going project untitled 'Microplastics and persistent pollutants – a double threat to marine life – POIZON' (PTDC/MAR/102677/2008) is being conducted, which the main goals are (a) monitoring microplastics in the Portuguese coast, (b) identifying the physical mechanisms of plastic degradation and (c) understanding the effects of plastic and contaminants in ocean food-chains caused by ingestion.

With this set of goals in mind, the aim of this study is to conduct identification and characterization of marine debris collected within the scope of Coastwatch –Geota project in beaches of Alcobaça municipality and at the same time raise awareness in youth as a way to change society in the forthcoming decades. Data is integrated into the POIZON project, which provides relevant information about plastic debris pollution in Portugal, according to the descriptor 10 of the MSFD – 'marine litter'.

2. METHODS AND MATERIALS

Marine debris samples were collected between January and February of 2012, in three beaches in Alcobaça municipality (Figure 1), Paredes de Vitória (PV) (39°42'10.2"N, 9°2'59.7"W); Légua (L) (39°39'1.11"N, 9°4'14.4"W) and Gralha (G) (39°31'34.63"N, 9°7'49.47"W), by the team from IMAR FCT-UNL and local high school students (ages ranging from 16 to 19 years old). Coastwatch- Geota has been conducting beach surveys of marine debris for 22 years in Portugal, and has several partnerships with non-governmental organizations (NGO), municipalities and schools, where volunteers participate, contribute and learn how to preserve coastal areas. Volunteer high school students from 5 classes (~20 students each) of Benedita's high school and teachers participated in an outreach and education awareness workshop and clean-up surveys, contributing to the data gathered in this work.

Beaches were chosen according to selection criteria such as accessibility, orientation of dominant north-western winds (northerly wind exposure) and proximity to industrial activities. All samples were collected during equinoctial spring tides in order to maximize the probability of debris accumulation. Quadrat areas were randomly set along 1km in the last high tide mark and top 2 cm of sand was



Figure 1. Sampled beaches in Portuguese coast: PV – Paredes de Vitória, L – Légua, G- Gralha.
Figura 1. *Praias amostradas na costa Portuguesa: PV – Paredes de Vitória, L – Légua, G- Gralha.*

scooped or sieved into paper bags in order to collect debris. Triplicates were collected in two scenarios: (A) 0.5 x 0.5 m areas (content not sieved and placed directly into paper bags) and (B) 2 x 2 m areas (sieved *in situ* for debris using a commercial 2.5 x 3.5 mm metal mesh size).

Samples were then transported to the laboratory where quadrats from A areas were introduced into a glass tank with a concentrated solution of sodium chloride (NaCl) (140 g L^{-1}), stirred vigorously and the floating plastic particles recovered. This procedure was repeated several times until no particles could be seen on the sediment. The water was then filtered with a GAST vacuum pump, onto Whatman® GF/C filters (~1 µm pore size and 47 mm diameter) to recover any plastic pieces of minor dimensions, not visually identified in the solution. Samples from B areas were separated by type of debris. All plastic pieces collected were classified, counted and weighted, according to an adaptation from the size classes adopted by Ogi & Fukumoto (2000) and OSPAR methodologies (corresponding to classes 11 and 12): class 1 (≤1 mm), class 2 (>1 mm and ≤2 mm), class 3 (>2 mm and ≤3 mm), class 4 (>3 mm and ≤4 mm), class 5 (>4 mm and ≤5 mm), class 6 (>5 mm and ≤6 mm), class 7 (>6 mm and ≤7 mm), class 8 (>7 mm and ≤8 mm), class 9 (>8 mm and ≤9 mm), class 10 (>9 mm and ≤10 mm), class 11 (>1 cm e ≤ 2,5 cm) and class 12 (>2,5 cm), and kept in covered glass Petri dishes until analysis of PAH, PCB and DDT. All materials used in the experiment, both *in situ* and in laboratory were either paper or glass, to avoid contaminations.

Regarding POP analysis, due to technical limitations such as weight needed to conduct the analysis (~ 2g of pellets per beach), a composite sample with all polymer types from the three beaches was made and POP concentrations in pellets was estimated for the region. Resin pellets were separated from the remaining marine debris and further categorized in four classes (white, aged, colored and black) according to a classification adapted from Endo et al., 2005, in which aged pellets correspond to discolored yellow-brown pellets which have spent some time in the oceans and white pellets are translucent white virgin pellets. Coloured pellets included pellets with pigments and the black pellets class was created due to its different composition, later identified as polyurethane (PU).

For PAH analysis, each pellet class were spiked with 1 ml surrogate standards (SUPELCO) containing acenapththene-d10 (0.408 µg ml^{-1}), phenanthrene-d10 (0.397 µg ml^{-1}), chrysene-d12 (0.397 µg ml^{-1}), perylene-d12 (0.433 µg ml^{-1}). The extraction was made in an accelerated solvent extractor Dionex® ASE 200 with a mixture of hexane:acetone (1:1, v:v) at 100ºC e 1500 psi for 5 minutes, followed by static extraction for 5 minutes. The extract was fractioned with a silica:alumina (1:1), glass column. The first fraction, corresponding to aliphatic hydrocarbons, was eluted with 20 ml of n-hexane and not analysed. The second fraction, containing the PAH compounds, were collected by eluting 30 ml of n-hexane/dichloromethaneromethane (9:1, v:v) and 40 ml n-hexane/dichloromethane (4:1, v:v). The solvent was evaporated by a rotator evaporator and concentrated to 0.5 ml under a gentle stream of N2 for prior analysis. The determination of PAHs was performed on a Thermo® DSQ Trace GC Ultra gas chromatography- mass spectrometry (GC-MS) system with a 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm film thickness with capilar column J&W, DB5mn (Argilent, USA) in selected ion monitoring mode (SIM), (Martins, 2012). Injection was performed by autosampler in the splitless mode, at 280 ºC and, interface line and ion source temperature maintained at 220 ºC. Helium was used as carrier gas at a flow of 1.0 ml.min-1. Initial oven temperature was 70ºC, then ramped to 140 ºC at 30 ºC min-1, followed by another ramp step to 270 ºC at a rate of 3 º C min-1, and held for 15 min. Relevant standards were run to check column performance, peak height and resolution, before analysis. Concentrations of these individual PAHS was done by the internal standard peaks area method, ion ratio (m/z) of a standard PAH solution NIST (SRM 2260a) and using two calibration curves with nine points each, for each compound ranging 0.1-0.7 ng g-1 (dry weight basis) (Martins et al., 2008). With each set of samples to be analysed, a solvent blank, a standard mixture and a procedural blank were run in sequence to check for

contamination, peak identification and quantification. Seventeen individual PAHs were analysed: acenaphthylene (ANY), acenaphthene (ANA), fluorene (F), phenantrene (P), anthracene (A) (three-ring compounds), fluoranthene (FL), pyrene (PY), benzo(a)anthracene (BA), chrysene (C) (four rings), benzo(b)fluoranthene (BBF), benzo(k)fluoranthene (BKF), benzon(a)pyrene (BAP), benzo(e)pyrene (BEP), dibenzo(ah)anthracene (DBA), perylene (Per) (five rings), indeno(1,2,3-cd)pyrene (IN) and benzo(g,h,i)perylene (BPE) (six rings). Concentrations of these individual PAHS was done by the internal standard peaks area method, ion ratio (m/z) of a standard PAH solution NIST (SRM 2260a) and using two calibration curves with nine points each, for each compound ranging 0.1-0.7 ng g^{-1} (dry weight basis). With each set of samples to be analysed, a solvent blank, a standard mixture and a procedural blank were run in sequence to check for contamination, peak identification and quantification.

For PCB determination, pellet organochlorines were Soxhlet extracted with hexane for seventeen hours. The extraction was fractioned with a Florisil glass column, and then eluted with *n*-hexane, followed by a clean-up with sulphuric acid (H_2SO_4). The extracts were then injected in a Hewlett Packard® chromatographer (ECD), model 6890 with capilar column J&W, DB5 (60m) and automatic sampler. Eighteen PCB congeners were analysed:

CB18 (2,2',5-trichlorobiphenyl),
CB26 (2,3',5-trichlorobiphenyl),
CB31 (2,4',5-trichlorobiphenyl),
CB44 (2,2',3,5'-tetrachlorobiphenyl),
CB49 (2,2',4,5'-tetrachlorobiphenyl),
CB52 (2,2',5,5'-tetrachlorobiphenyl),
CB101 (2,2',4,5,5'-pentachlorobiphenyl),
CB105 (2,3,3',4,4'-pentachlorobiphenyl),
CB118 (2,3',4,4',5-pentachlorobiphenyl),
CB128 (2,2',3,3',4,4'-hexachlorobiphenyl),
CB138 (2,2',3,4,4',5'-hexachlorobiphenyl),
CB149 (2,2',3,4',5',6-hexachlorobiphenyl),
CB151 (2,2',3,5,5',6-hexachlorobiphenyl),
CB153 (2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphenyl),
CB170 (2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorobiphenyl),
CB180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl),
CB187 (2,2',3,4',5,5',6-heptaclorobiphenyl) and
CB194 (2,2',3,3',4,4',5,5'-Octachlorobiphenyl).

Following the procedure for PCB analysis, a second extraction was made to determine the DDEs, DDDs and DDTs concentrations in samples, due to the fact that its results may be affected by PCB concentrations. Concentrations of different congeners were determined using a standard solution and the internal standard peaks area method with two calibration curves with seven points each. The detection limit for these compounds is 0.01 ng.g^{-1} (dry weight basis) (Ferreira & Vale, 2001). Same procedure was conducted for DDT concentrations.

3. RESULTS

In order for participants to feel part of the final goal of the beach clean-up campaign, awareness raising workshops and beach clean-ups surveys were conducted with approximately 115 people from 5 classes of Benedita's high school. Due to the previous workshop, methodologies were easily adopted on site, following safety precautions such as wearing gloves and reporting dead animals, while working in groups to collect marine debris. Feedback from students and teachers was positive, as the goals for collecting marine debris were clearly understood.

A total amount of 5297 plastic items (~ 906 g), was collected with an average density of 3126 m^2 (average weight of 452 g m^{-2}) from three beaches. Plastic abundance is higher for classes 3, 4 and 5 mm in diameter (Figure 2), representing 67% of total abundance, which is consistent with previous results (Martins & Sobral, 2011). Figure 3 shows the weight of the size classes and, as expected classes with higher size have higher mass, namely 1mm to 2.5 cm and > 2.5 cm.

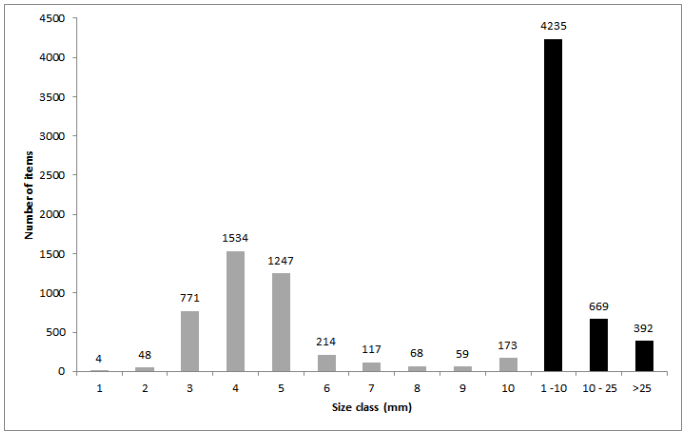


Figure 2. Total number of collected plastic debris by size class (mm).
Figura 2. *Número total de detritos plásticos recolhidos por classe de tamanho (mm).*

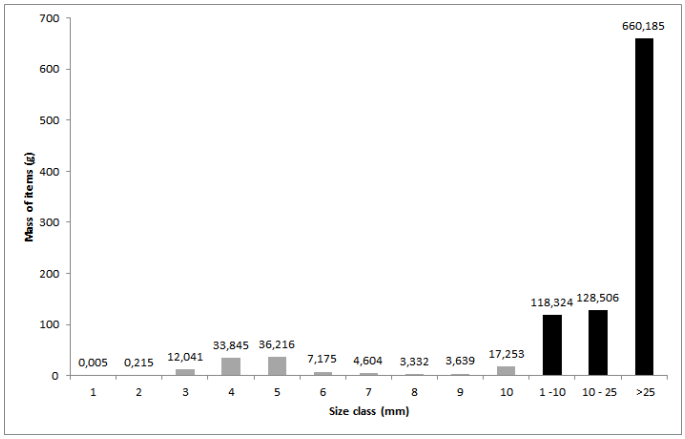


Figure 3. Total mass (g) of collected plastic debris by size class (mm).
Figura 3. *Massa (g) total de detritos plásticos recolhidos por classe de tamanho (mm).*

Microplastics (< 5 mm) represent 68% of all collected plastics. Results were divided by square areas and Table 1 represents data collected by type of material and beach for (A) 50 x 50 cm square areas and Table 2 represents data for (B) 2 x 2 m square areas. In PV beach, more plastic debris items were collected than in any other beach in this study. Tables 1 and 2 were used to estimate average number and mass (g) of items m^{-2} in the three beaches (Table 3). Results show relatively high values for PV with 3060 plastic items m^{-2}.

Table 1. 50 x 50 cm quadrats data by type of material and beach.
Tabela 1. *50 x 50 cm data by type of material and beach.*

50x50	Type of material/ beach	Paredes de Vitória beach	Légua beach	Gralha beach
Number of items	Pellets	2217	36	1
	Fragments	836	7	0
	Styrofoam	136	21	0
	Sponge	12	1	0
	Fibre	2	2	1
	TOTAL	**3203**	**67**	**2**
Mass (g)	Pellets	53.98	0.97	0.02
	Fragments	348.62	0.32	0.00
	Styrofoam	1.29	0.02	0.00
	Sponge	2.52	0.00	0.00
	Fibre	0.02	0.00	0.95
	TOTAL	**406.42**	**1.32**	**0.97**

Table 2. 2 x 2 m quadrats data by type of material and beach.
Tabela 2. *2 x 2 m data by type of material and beach.*

2x2	Type of material/ beach	Paredes de Vitória beach	Légua beach	Gralha beach
Number of items	Pellets	1213	0	2
	Fragments	713	0	9
	Styrofoam	58	0	9
	Sponge	4	0	1
	Fibre	8	0	7
	Textiles	1	0	0
	TOTAL	**1997**	**0**	**28**
Mass (g)	Pellets	30.17	0.00	0.05
	Fragments	397.35	0.00	11.87
	Styrofoam	0.28	0.00	0.91
	Sponge	0.09	0.00	0.14
	Fibre	39.55	0.00	4.62
	Textiles	12.30	0.00	0.00
	TOTAL	**479.73**	**0.00**	**17.60**

Table 3. Average number and mass (g) by beach (m2).
Tabela 3. *Número e massa (g) médios por praia (m2).*

Average number of items by m²	***Pellets***	***Fragments***	***Styrofoam***	***Sponge***	***Fibre***	***Textile***	***TOTAL***
Paredes de Vitória beach	2076.85	847.05	123.30	10.60	3.60	0.25	**3061.65**
Légua beach	28.80	5.60	16.80	0.80	1.60	0.00	**53.60**
Gralha beach	4.17	0.75	0.75	0.08	4.58	0.00	**10.33**
Average mass by m²	***Pellets***	***Fragments***	***Styrofoam***	***Sponge***	***Fibre***	***Textile***	***TOTAL***
Paredes de Vitória beach	50.72	378.23	1.10	2.03	9.90	3.08	**445.07**
Légua beach	0.79	0.45	0.01	0.00	0.60	0.00	**1.86**
Gralha beach	0.08	0.99	0.08	0.01	4.18	0.00	**5.33**

Regarding POP analysis, a composite sample with all polymer types was made to estimate adsorbed concentrations in pellets. The selection criteria for this is related to the minimum amount of pellets needed (~2 g) to conduct the analysis. Tables 4 and 5 present data of PAH, PCB and DDT concentrations, respectively.

Table 4. Polycyclic aromatic hydrocarbons data by colour (ng g-1).
Tabela 4. *Concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos por cor (ng g-1).*

			Alcobaça			
			white	**aged**	**colour**	**black**
Compounds with 3 aromatic rings	acenaphthylene	**ANY**	0.91	19	0.89	2.6
	acenaphthene	**ANA**	10	11	11	5.6
	fluorine	**F**	3.7	7.0	8.0	9.2
	phenantrene	**P**	18	32	38	35
	anthracene	**A**	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Compounds with 4 aromatic rings	fluoranthene	**FL**	11	14	51	38
	pyrene	**PY**	17	13	30	59
	benzo(a)anthracene	**BA**	<0.4	2.8	2.0	<0.4
	chrysene	**C**	9.8	18	8.8	19
Compounds with 5 aromatic rings	benzo(b)fluoranthene	**BBF**	<0.8	<0.8	2.2	7.6
	benzo(k)fluoranthene	**BKF**	<0.5	4.1	3.4	3.4
	benzo(e)pyrene	**BEP**	<0.4	223	84	60
	benzo(a)pyrene	**BaP**	<0.6	3.7	<0.6	4.8
	perylene	**Per**	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
	dibenzo(ah)anthracene	**DBA**	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Compounds with 6 aromatic rings	indeno(1.2.3-cd)pyrene	**IN**	<0.5	<0.5	4.3	19
	benzo(g–i)perylene	**BPE**	<0.7	<0.7	2.9	51
		tPAH	**70**	**348**	**246**	**315**

Table 5. Polychlorinated biphenyls and DDT data by colour (ng g-1).
Tabela 5. *Concentrações de bifenis policlorados e DDT por cor (ng g-1).*

	Alcobaça			
	white	**aged**	**colour**	**black**
CB018	0.05	<0.01	0.06	<0.01
CB26	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
CB31	0.30	0.17	0.56	0.28
CB44	<0.01	0.04	<0.01	<0.01
CB49	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
CB52	0.17	0.07	0.23	0.21
CB101	<0.01	0.11	<0.01	0.47
CB105	<0.01	0.46	<0.01	<0.01
CB118	<0.01	<0.01	0.13	<0.01
CB128	0.04	0.03	<0.01	<0.01
CB138	<0.01	1.42	<0.01	0.03
CB149	1.00	1.64	1.07	1.34
CB151	<0.01	0.33	0.21	0.48
CB153	1.10	0.92	1.40	1.80
CB170	0.10	<0.01	<0.01	0.21
CB180	<0.01	1.02	0.71	1.82
CB187	<0.01	1.69	0.66	<0.01
CB194	<0.01	<0.01	<0.01	1.72
tPCB	**2.8**	**7.9**	**5**	**8.3**
DDE	0.27	0.38	1.20	0.34
DDD	0.3	0.35	0.32	1.08
DDT	1.7	1.8	0.62	<0.01
tDDT	**2.3**	**2.5**	**2.1**	**1.4**

Figure 4 shows PAH adsorbed concentrations where white pellets (18 ng g^{-1}) had higher concentration of phenantrene (P) and aged (223 ng g^{-1}), coloured (84 ng g^{-1}) and black (60 ng g^{-1}) pellets presented higher concentrations of benzo(a) pyrene (BaP).

Figure 5 shows how that white and coloured pellets had higher concentrations for the PCB congener 153 (1.1 and 1.4 ng g^{-1}, respectively), black pellets for PCB 180 (1.82 ng g^{-1}) and aged pellets for PCB 187 (1.69 ng g^{-1}). Adsorbed concentrations of pesticides such as DDE, DDD and DDT are presented in figure 6. Coloured pellets had higher concentrations for DDE (1.2 ng g^{-1}), black pellets for DDD (1.08 ng g^{-1}), and white (1.7 ng g^{-1}) and aged pellets (1.8 ng g^{-1}) for DDT. Total PAH, PCB and DDT concentrations are shown in figure 7 and 8.

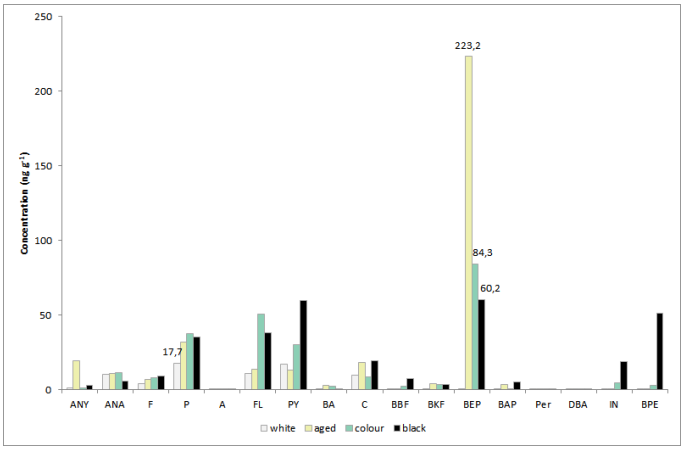


Figure 4. PAH concentrations (ng g-1) in each pellet category.
Figura 4. *Concentrações de PAH (ng g-1) em cada categoria de pellets.*

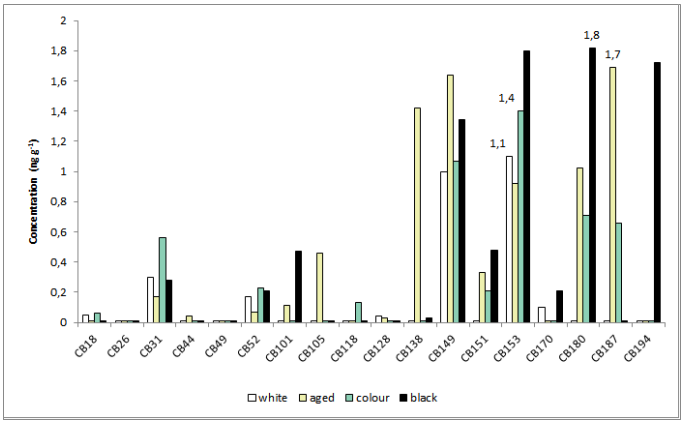


Figure 5. PCB congeners concentrations (ng g-1) in each pellet category.
Figura 5. *Concentrações de congénros de PCB (ng g-1) em cada categoria de pellets.*

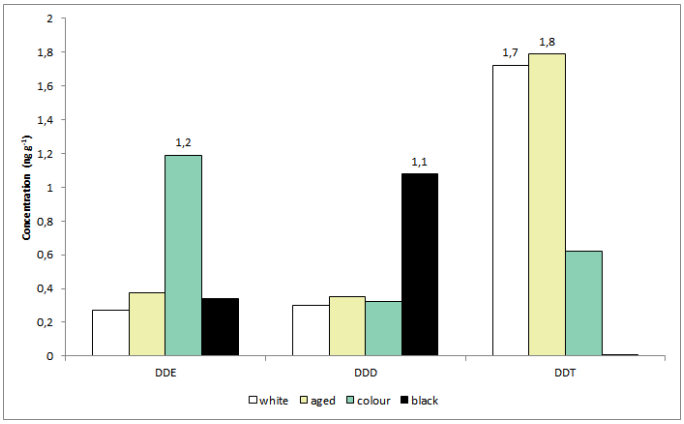


Figure 6. DDE, DDD and DDT concentrations (ng g-1) in each pellet category.
Figura 6. *Concentrações de DDE, DDD e DDT (ng g-1) em cada categoria de pellets.*

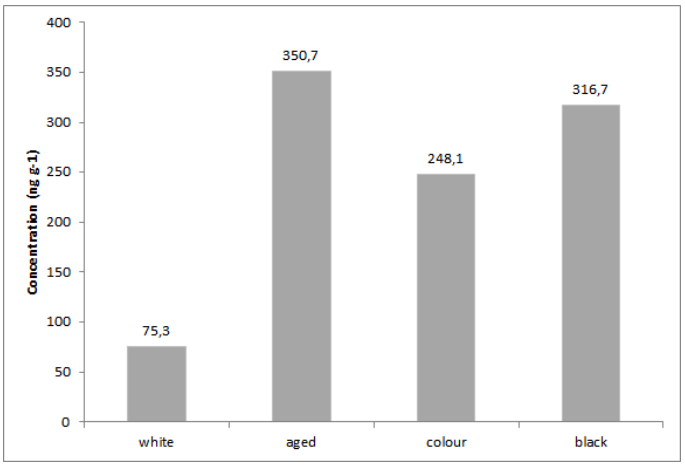


Figure 7. tPAH concentrations (ng g-1) in each pellet category.
Figura 7. *Concentrações de tPAH (ng g-1) em cada categoria de pellets.*

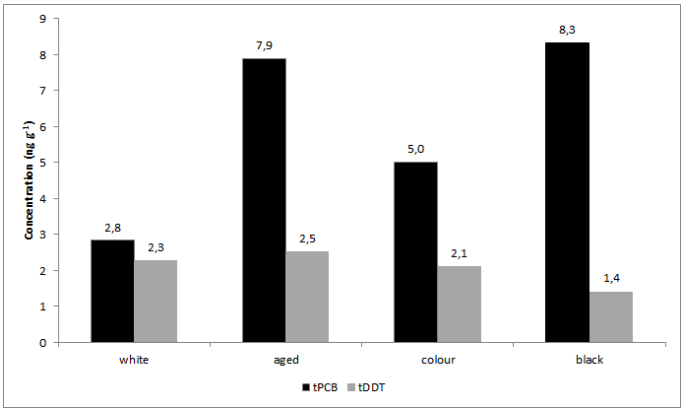


Figure 8. tPCB and tDDT concentrations (ng g-1) in each pellet category.
Figura 8. *Concentrações de tPCB e tDDT (ng g-1) em cada categoria de pellets.*

4. DISCUSSION

Stranded marine debris abundance is mainly correlated to physical factors – distance to sources, litter form, physiography and orientation of beach. Regarding abiotic factors, the most important are wind direction, surface currents and waves (Debrot *et al.*, 1999). Through the collaboration established for this work, it was possible to gather data from a coastal region where several plastic packaging production facilities are located.

Education, outreach and awareness of plastic marine debris on beaches were possible through interactive workshops and beach clean-ups with approximately 115 people. Data is valuable as it can be used to estimate realistic scenarios of accumulation of plastic debris and contaminant adsorptions in pellets.

For G beach, a protected area in Alcobaça municipality, there was an assumption that densities of plastic marine debris were not high, and these results were confirmed, as shown in Tables 1 and 2. The highest amount of plastic debris, both in number and in weight was found at PV beach. A river stream that flows directly to this beach, and drains from several plastic industries and localities may have contributed to increase the number of plastic marine debris collected.

It is important to have into consideration that data was collected during equinoctial high tides and that extreme events have high influence on the amount of marine debris collected on shore. Values for PV beach are not expected on a monthly basis, as the coastal area is a dynamic system and variability of stranded marine debris is high, therefore it is advisable to conduct a monitoring plan using the same methodology in order to assess seasonal fluctuations.

To compare our PBTC concentration results with results worldwide, total concentrations of each group of contaminants (tPAH, tPCB and tDDT) were used. Data on concentration levels adsorbed to pellets in the literature for tPCB and tDDT. Costa Nova beach in the north of Portugal registered 27 ng g^{-1} and 1.69 ng g^{-1} for tDDT (Ogata *et al.*, 2009). Results for state of Washington and state of California have values of tPCB ranging from 32 to 605 ng g^{-1} and ranging from 5.09 to 267 ng g^{-1} for tDDT. Concentration values for islands (Hawai'i, Canary and Barbados), had concentrations of tPCB ranging from 0.1 to 4.1 ng g^{-1} and ranging from 0.7 to 4.1 ng g^{-1} for tDDT (Heskett *et al.* 2012). All values for PCB concentrations were determined by the sum of 13 PCB congeners. Values for Cresmina beach and Fonte da Telha beach are also available (Frias *et al.*, 2011), with tPBC ranging from 6.9 to 36.3 ng g^{-1} (sum of 18 PCB congeners), tDDT ranging from 0.61 to 4.43 ng g^{-1} and tPAH ranging from 75 to 1350 ng g^{-1}.

By comparing results with literature, tDDT concentrations for this study are higher and tPCB are lower when compared to the result in Ogata *et al.* (2009) for Portugal. When compared to the Washington and California concentrations in pellets to our results, lower concentrations can be found in Alcobaça. In the case of California, that may be explained by the population and industrial activities in the coastal area. For the case of Washington, intense agriculture may be the reason for high concentrations of DDT. Compared to Heskett *et al.* (2012), results are in the same concentration range, which are not that high considering that pellets were obtained in remote islands like Hawai'i. When compared to Cresmina and Fonte da Telha beaches in Portugal, results approximately in the same concentration range, except for white pellets in Alcobaça with showed lower concentrations of tPCB and tPAH.

Higher concentrations of PBTC were found for phenantrene (P) and benzo(a)pyrene (BaP), which are potential carcinogenic agents. PCB congeners 153, 180 and 187 were the ones with higher concentrations, which also have ecotoxicologic effects in animals (Magnusso *et al.*, 2006) DDT is one of the strongest examples of persistence, because this pesticide was banned in Europe in the 1970's and in Portugal, in 1988 (Decreto-Lei n. 347/88 and Portaria n. 660/88), but traces are still found in the environment

(Takada *et al.,* 2005). The values found in our study pose no concern, but nonetheless awareness must be raised to the possibility of toxic effects that even small concentrations of PBTC adsorbed to plastics may have on marine species and the environment.

Sorption of different contaminants varies with polymer type (e. g. polyethylene, polypropylene) (Rochman *et al.,* 2013), and so it would be interesting to conduct PBTC analysis having into account polymer composition of the pellets, which was not considered in this study and limits further interpretation.

Collaboration with local schools in Alcobaça municipality was a valuable experience for the all stakeholders involved (the municipality, teachers, scientists, high school students), not only for the importance of data gathered but also for the direct science outreach and awareness raising on the presence of plastic marine debris on the beaches, persistence of pollutants, their effects on marine organisms and the need to reduce single-use plastic items in our daily activities. Engaging in local beach clean-up activities such as these is a way to inform citizens in a pedagogic and educative way of how to contribute to environmental management processes.

5. CONCLUDING REMARKS

In this study, PV was the most contaminated beach of all three beaches sampled, having both the highest number and mass of items m^{-2}. No concerning concentrations of PBTC were found for Alcobaça municipality beaches, when compared with other beaches in Portugal and worldwide. White, aged and coloured pellets showed higher values of tDDT when compared to the data from 2009 and 2012, confirming the high persistence of this pesticide in the environment.

Feedback from participants involved in the beach clean-up was positive and lessons were learned about how excessive daily consumption and disposal of plastic and other litter (plastic, paper, metal), may lead to waste management problems. Beach clean-up activities are one of the many possible solutions to tackle plastic marine debris in coastal waters and in the oceans and contribute to increase public participation in environmental management processes.

ACKNOWLEDGMENTS

We would kindly like to acknowledge Maria Guilhermina Galego, for providing us the possibility to work close collaboration with the Alcobaça municipality through Geota's Project – Coastwatch, and Sofia Quaresma, for her enthusiastic support and cooperation, and without whom this work would not have been possible. We would like to acknowledge as well the teachers and students of Benedita's high school, namely the students Alice Belo and Mara Rebelo for their help in Gralha beach litter collection. We would like also to thank Isabelina Santos, Cristina Micaelo and Ana Maria Ferreira from Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) for POP analysis in plastic pellets. Finally, we would like to acknowledge Fundação para a Ciência e Tecnologia for their financial support through the project 'Microplastics and persistent pollutants – a double threat to marine life (POIZON)' reference PTDC/MAR/102677/2008.

REFERENCES

Andrady, A.L. (2011) - Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8):1596-1605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Arthur, C.; Baker, J.; Bamford, H. (eds.) (2008) - *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Micro-plastic Marine Debris*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. Silver Spring, MD, U.S.A. Available in: http://marinedebris.noaa.gov/projects/pdfs/Microplastics.pdf

Barnes, D.K.A.; Galgani, F.; Thompson, R.C.; Barlaz, M.A. (2009) - Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of Royal Society London*, 364(1526):1985-1998. DOI: 10.1098/rstb.2008.0205

Bodin, N.; Abarnou, A.; Fraisse, D.; Defour, S.; Loizeay, V.; Le Guellec, A.M.; Philippon, X. (2007) - PCB, PCDD/F and PBDE levels and profiles in crustaceans from the coastal waters of Brittany and Normandy (France). *Marine Pollution Bulletin*, 54(6):657-688. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2007.01.018

Bravo, M.; Gallardo, M.A.; Luna-Jorquera, G.; Núñez, P.; Vásquez, N.; Thiel, M. (2009) - Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): Results from a national survey supported by volunteers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(11):1718-1726. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.06.017

Browne, M.A.; Dissanayake, A.; Galloway, T.; Thompson, R.C. (2008) - Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, Mytilus edulis (L.). *Environmental Science and Technology*, 42(13):5026-5031. DOI: 10.1021/es800249a

Cole, M.; Lindeque, P.; Halsband, C.; Galloway, T.S. (2011) - Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12):2588-2597. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Corcoran, P.L.; Biesinger, M.C.; Grifi, M. (2009) - Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1):80-84. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2008.08.022

Costa, M.F.; Ivar do Sul, J.A.; Silva, J.S.; Cavalcanti, S.; Araújo, M.C.; Spengler, Â.; Tourinho, P.S. (2010) - On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168:299–304. DOI: 10.1007/s10661-009-1113-4.

Crimmins, B.S.; Brown, P.D.; Kelso, D.P.; Foster, G.D. (2002) - Bioaccumulation of PCBs in Aquatic Biota from a Tidal Freshwater Marsh Ecosystem. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42(4):396-404. DOI: 10.1007/s00244-001-0047-9

Debrot, D.O.; Tiel, A.B.; Bradshaw, J.E. (1999) - Beach debris in Curaçao. *Marine Pollution Bulletin*, 38(9):795–801. DOI: 10.1016/S0025-326X(99)00043-0.

Derraik, J.G.B. (2002) - The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9):842–852. DOI: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5.

Furness, B.L. (1983) - Plastic particles in three procellariiform seabirds from the Benguela Current, South Africa. *Marine*

Pollution Bulletin, 14(8):307–308. DOI: 10.1016/0025-326X(83)90541-6

Franeker, J.A.; Blaize, C.; Danielsen, J.; Fairclough, K.; Gollan, J.; Guse, N.; Hansen, P.; Heubeck, M.; Jensen, J.; Guillou, G.L.; Olsen, B.; Olsen, K.; Pedersen, J.; Stienen, E.W.M.; Turner, D.M. (2011) - Monitoring plastic ingestion by the northern fulmar Fulmarus glacialis in the North Sea. *Environmental Pollution*, 159(10):2609-2615. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.06.008

Frias, J.P.G.L.; Sobral, P.; Ferreira, A.M. (2010) - Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11):1988-1992. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.07.030

Frias, J.P.G.L.; Martins, J.; Sobral, P. (2011) - Research in plastic marine debris in mainland Portugal. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 11(1):145-148. DOI: 10.5894/rgci267

Bowmer, T.; Kershaw, P.J. (eds.) (2010) - *Proceedings of the GESAMP International Workshop on plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans*. Pre-publication copy. 68p., GESAMP Reports & Studies No. 82, IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/ WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), Londo, U.K. Available in http://www.gesamp.org/data/gesamp/files/media/Publications/Reports_and_studies_82/gallery_1510/object_1670_large.pdf

Gregory, M.R.; Andrady, A.L. (2003) - Plastics in the Marine Environment. *In*: A. L. Andrady (ed.), *Plastics and the Environment*, pp.389-402, Wiley Interscience, New York, NY, U.S.A. ISBN: 0471095206.

Galgani, F.; Fleet, D.; Van Franeker, J.; Katsanevakis, S.; Maes, T.; Moaut, J.; Oosterbaan, I.; Poitou, I.; Hanke, G.; Thompson, R.; Amato, E.; Birkun, A.; Janssen, C. (2010) - *Marine Strategy framework Directive Task Group 10 Report Marine litter*, 48p., Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. ISBN 978-92-79-15653-3. Available at http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/13625/1/tg10final.pdf

Heskett, M.; Takada, H.; Yamashita, R.; Yuyama, M.; Ito, M.; Geok, Y.B.; Ogata, Y.; Kwan, C.; Heckhausen, A.; Taylor, H.; Powell, T.; Morishige, C.; Young, D.; Patterson, H.; Robertson, B.; Bailey, E.; Mermoz, J. (2012) - Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: Toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch. *Marine Pollution Bulletin*, 64(2):445–448. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.11.004

Hijonosa, I.A.; Thiel, M. (2009) - Floating marine debris in fjords, gulfs and channels of southern Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 59(3):341-350. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2008.10.020

Ivar do Sul, J.A.; Costa, M.F. (2007) - Marine debris review for Latin America and the wider Caribbean region: from the 1970s until now, and where do we go from here? *Marine Pollution Bulletin*, 54(8):1087–1104. DOI: 10.1016/j. marpolbul.2007.05.004

Laist, D.W. (1987) - Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6-sup.B):319–326. DOI: 10.1016/S0025-326X(87)80019-X

Laist, D.W. (1997) - Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In: J.M. Coe & D.B. Rogers (eds.), *Marine Debris. Sources, Impacts, Solutions*, pp.99-140, Springer-Verlag, New York, NY, U.S.A.

Law, K.L.; Moret-Ferguson, S.; Maximenko, N.A.; Proskurowski, G.; Peacock, E.E.; Hafner, J.; and Reddy, C.M. (2010) - Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*, 329(5996):1185-1188. DOI: 10.1126/science.1192321

Luís, I.P.; Spínola, H. (2010) - The influence of a voluntary fee in the consumption of plastic bags on supermarkets from Madeira Island (Portugal). *Journal of Environmental Planning and Management*, 53(7):883-889. DOI: 10.1080/09640568.2010.490054

Magnusson, K.; Ekelund, R.; Grabic, R.; Bergqvist, 2006. Bioaccumulation of PCB congeners in marine benthic infauna. *Marine Environmental Research*, 61(4):379- 395. DOI: 10.1016/j.marenvres.2005.11.004

Martins, J.; Sobral, P. (2011) - Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? *Marine Pollution Bulletin*, 62(12):2649–265. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.028

Martins, M.; Ferreira, A.M.; Vale, C. (2008) - The influence of *Sarcocornia fruticosa* on retention of PAHs in salt marsh sediments (Sado estuary, Portugal). Chemosphere, 71(8):1599–1606. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.10.054

Martins, M.; Costa, P. M.; Raimundo, J.; Vale, C., Ferreira, A.M.; Costa, M. H. (2012) - Impact of remobilized contaminantsin *Mytilus edulis* during dredging operations in a harbour area: Bioaccumulation and biomarker responses. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 85:96–103. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2012.08.008.

Mato, Y.; Isobe, T.; Takada, H.; Ohtake, C.; Kaminuma, T. (2001) - Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science and Technology*, 35(2):318-324. DOI: 10.1021/es0010498

Moore, S.L.; Gregorio, D.; Carreon, M.; Weisberg, S.B. (2001a) - Composition and distribution of beach debris in orange county, California. *Marine Pollution Bulletin*, 42(3),241–245. DOI: 10.1016/S0025-326X(00)00148-X

Moore, C.J.; Moore, S.L.; Leecaster, M.K.; Weisberg, S. B. (2001b) - A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12):1297-1300. DOI: 10.1016/S0025-326X(01)00114-X

Moore, C.J.; Moore, S.L.; Weisberg, S.B.; Lattin, G.W.; Zellers, A.F. (2002) - A comparison of neustonic plastic and zooplankton abundance in Southern California's coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 44(10):1035–1038. DOI: 10.1016/S0025-326X(02)00150-9

Moore, C.J. (2008) - Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2):131-139. DOI: 10.1016/j.envres.2008.07.025

Ogata, Y.; Takada, H.; Mizukawa, K.; Hirai, H.; Iwasa, S.; Endo, S.; Mato, Y.; Saha, M.; Okuda, K.; Nakashima, A.; Murakami, M.; Zurcher, N.; Booyatumanondo, R.; Zakaria, M.P.; Dung, L.Q.; Gordon, M.; Miguez, C.; Suzuki, S.; Moore, C.; Karapanagioti, H.K.; Weets, S.; McClurg, T.; Smith, W.; Valkenburg, M.V.; Lang, J. S.; Lang, R.C.; Laursen, D.; Danner, B.; Stewardson N.; Thompson, R.C. (2009) - International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POP) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Marine Pollution Bulletin*, 58(10):1437-1446. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.06.014

Page, B.; McKenzie, J. (2004) - Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after Government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*, 49(1-2):33–42. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2004.01.006

Plastics Europe (2012) - *Plastics – the Facts 2012- An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2011*. 35p., PlasticsEurope, Brussels, Belgium. Available in http://www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2012.aspx?Page=DOCUMENT&FolID=2

Pichel, W.G.; Churnside,J.; Veenstra, T.; Foley, D.; Friedman, K.; Brainard, R..; Nicoll, J.; Zheng, Q.; Clemente-Colón, P. (2007) - Marine debris collects within the North Pacific subtropical convergence zone. *Marine Pollution Bulletin*, 54(10):1207–121. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2007.04.010

Rochman, C.M.; Hoh, E.; Hentschel, B.T.; Kaye, S. (2013) - Long-term field measurement of Sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: implications for plastic marine debris. *Environmental Science and Technology*, 47(3):1646-1654. DOI: 10.1021/es303700s.

Takada, H.; Mato, Y.; Endo, S.; Yamashita, R.; Zakaria, M.P. (2005) - Pellet Watch: Global Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) using Beached Plastic Resin Pellets. In: C. Moore & S. David (eds.), *The Plastic Debris Rivers to Sea Conference: Focusing on the Land-Based Sources of Marine Debris*, Redondo Beach, CA, U.S.A.

Teuten, E.L.; Rowland, S.J.; Galloway, T.S.; Thompson, R.C. (2007) - Potential for Plastics to Transport Hydrophobic Contaminants. *Environmental Science and Technology*, 41(22):7759-7764. DOI: 10.1021/es07173

Thiel, M.; Hinojosa, I.; Vásquez, N.; Macaya, E. (2003) - Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). *Marine Pollution Bulletin*,46(2):224-231. DOI: 10.1016/S0025-326X(02)00365-X

Thompson, R.C.; Olsen, Y.; Mitchell, R.P.; Davis, A.; Rowland, S.J.; John, A.W.G.; McGonigle, D.; Russell, A.E. (2004) - Lost at Sea: where is all the plastic? *Science*, 304(5672):838. DOI: 10.1126/science.1094559

Vlieststra, L.S.; Parga, J.A. (2002) - Long-term changes in the type, but not amount, of ingested plastic particles in short-tailed shearwaters in the southeastern Bering Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9):945-955. DOI: 10.1016/S0025-326X(02)00130-3

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):181-192 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):181-192 (2013)

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-399_Silva.pdf | DOI:10.5894/rgci399

Metodologia de Ensino de Educação Ambiental em Escola Situada na Área Costeira da Baía de Guanabara *

A Teaching Methodology for Environmental Education at a School on the Shoreline of the Bay of Guanabara

Catia Antonia da Silva [@, 1], Felippe Andrade Rainha [2]

RESUMO

Este artigo visa contribuir para o debate acerca do papel da educação ambiental ministrada em ambientes costeiros, e para tanto analisa as atividades pedagógicas realizadas numa escola pública do município de São Gonçalo, Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Apresenta-se a metodologia que se aplicou ao ensino de educação socioambiental no projeto Cartografia da Ação e a Juventude em São Gonçalo, projeto esse que, metodologicamente atrelado à cartografia da ação, pôs dois campos científicos (a Geografia e a Sociologia) a interagirem com o fazer pedagógico (beneficiado pelos avanços a que o encaminharam as notáveis contribuições de Paulo Freire). É necessário problematizar a educação ambiental, inserindo este debate na análise dos aspectos sociais das questões de que ela trata, ou seja, na análise das formas de exclusão social presentes nas relações entre a sociedade e a natureza. Cumpre também que se discutam os causadores da poluição, e se envidem esforços para construir percepções e sensibilidades não somente quanto à educação das novas gerações, mas ainda quanto às formas que a poluição assume e aos efeitos territoriais que exerce sobre o cotidiano dos moradores, especialmente nas áreas metropolitanas com acirrada competição pelo uso do solo. Buscou-se, com esta metodologia de ensino, aplicada à escola básica, alterar hábitos, construir percepções e estimular o trabalho coletivo. Um dos resultados do trabalho pedagógico foi que este promoveu a interação entre os saberes dos alunos, os da ciência e os dos pescadores artesanais, concorrendo para revelar problemas, atores e soluções. Outro resultado consistiu em os exercícios de educação socioambiental reforçarem a autoestima dos alunos, notadamente dos muitos que, aparentados com pescadores, viram quanto o trabalho desses parentes seus releva não só para o sustento de famílias, como ainda para a identidade cultural do lugar. Por fim, as atividades pedagógicas também frutificaram pelo trabalho, sugerido aos alunos, de pesquisar, entrevistar e escrever acerca do espaço onde vivem, movendo-os tudo isto a gerar representações em que traziam à tona e exercitavam a sua identidade cultural e os vínculos sociais que eles têm com o seu espaço vivido e concebido: a cidade de São Gonçalo e a Baía de Guanabara.

Palavras chave: Educação; Cartografia da Ação; Modernização; Poluição; Pesca Artesanal.

@ - Corresponding author
1 - Universidade do Estado do Rio Janeiro - Faculdade de Formação de Professores, Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Programa de Pós-Graduação em História Social. Núcleo de Pesquisa Urbano, Território e Mudanças Contemporâneas. Rua Dr. Francisco Portela, 1470 – Patronato, CEP 24435-005, São Gonçalo, Rio de Janeiro, Brasil. e-mail: catia.antonia@gmail.com
2 - Universidade do Estado do Rio Janeiro - Faculdade de Formação de Professores, Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Núcleo de Pesquisa Urbano, Território e Mudanças Contemporâneas. Rua Dr. Francisco Portela, 1470 – Patronato, CEP 24435-005, São Gonçalo, Rio de Janeiro, Brasil. e-mail: felippe.rainha@gmail.com

** Submission: 5 March 2013; Evaluation: 13 April 2013; Reception of revised manuscript: 31 May 2013; Accepted: 17 June 2013; Available on-line: 20 June 2013*

ABSTRACT

With the aim of contributing to the debate on how important it is to make sense of the environmental education which is delivered in coastal areas, this article examines the activities conducted at a public school in the city of São Gonçalo, in the Rio de Janeiro Metropolitan Region. The methodology for teaching social-environmental education is presented such as applied by a research project entitled 'Action Cartography and São Gonçalo Youth', which, methodologically related to action cartography, puts two scientific disciplines (Geography and Sociology) in interaction with pedagogical practice (as favoured by the advancements that Paulo Freire's notable contributions have led to). Environmental education needs to be problematised by bringing this debate into the analysis of social aspects of the issues which the discipline approaches, that is, into the analysis of the forms of social exclusion in the relationships between society and nature. There is also a need to discuss the causers of pollution, as well as endeavouring to help to build perceptions and sensitivities as to how new generations should be educated, the different forms that pollution assumes and the territorial consequences that it has on the everyday lives of residents, especially in metropolitan areas undergoing high land-use pressures. The teaching methodology which was applied to primary school sought to change habits, build perceptions, and encourage collective work. One of the results of the pedagogic activities was that they brought about an interaction between such types of knowledge as pupils, science and fishers bear, and that this helped to reveal problems, agents and solutions. Another result was the fact that the exercises in socio-environmental education reinforced the self-steam of pupils, especially of the many who, being related to artisanal fishers, saw how important the work of those relatives of theirs is not only for the maintenance of families but also for local cultural identity. Lastly, the pedagogic work proved fruitful also in activities, proposed to pupils, of making researches, interviews and texts about the space that they live in, all this causing them to produce representations in which they brought out and exercised their cultural identity and the social links that they have with their lived and conceived space: the city of São Gonçalo and the Bay of Guanabara.

Keywords: *Education; Action Cartography; Modernization; Pollution; Artisanal Fisheries.*

1. INTRODUÇÃO

A categoria analítica a orientar o presente artigo é a educação socioambiental, a cujo respeito nele se reflexiona com base nas experiências dum trabalho de extensão universitária que, em São Gonçalo, o Núcleo de Pesquisa Urbano, Território e Mudanças Contemporâneas (NUTEMC), sediado na Faculdade de Formação de Professores (FFP) da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), efetuou numa escola de ensino básico da rede pública, a Escola Estadual Carlos Maia.

Essa extensão universitária beneficiou-se imenso da parceria que o NUTEMC firmara com outra instituição de ensino e pesquisa, o Laboratório da Conjuntura Social: Tecnologia e Território (LASTRO), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Conjugadas, a extensão e a parceria não apenas ensejaram um rico debate teórico-metodológico sobre a educação ambiental, senão também, e é o mais importante, contribuíram a suscitar nos alunos da escola básica o pensamento crítico acerca do mundo que os rodeia. Ver-se-á abaixo como se deu este processo de construção do conhecimento.

Divide-se o artigo em três seções. A primeira dá sucintamente o debate teórico sobre a categoria educação ambiental, e esclarece os motivos por que o NUTEMC escolheu nortear por ela a programação das atividades educacionais e a análise dos resultados da pesquisa. A segunda seção discorre as metodologias por que se pautaram as ações na escola. A seção final apresenta alguns dos resultados que a pesquisa obteve.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. O moldar das ideias: início de uma discussão teórico-metodológica

A programação das atividades que se realizariam na Escola Estadual Carlos Maia baseou-se em duas escolhas metodológicas: uma, discutir a importância de submeter o conceito de educação ambiental a um exame crítico; a outra, tentar compreender, por uma análise escalar e de totalidade, a visão de mundo dos alunos, que são crianças imersas numa realidade costeira e de periferia urbano-metropolitana.

Duas razões tornam sumamente relevante elucidar de que modo se constrói o conceito de educação ambiental: o fato de a educação ser caminho para a consciência e para a liberdade (Freire, 1979) e o debate crítico sobre o modelo de desenvolvimento e de industrialização que no Brasil se afirmou no correr do século XX (Porto-Gonçalves, 2006). Objetivou a pesquisa descobrir como a escola influi sobre a visão de mundo dos alunos, de que forma lhes modela a percepção do contexto socioambiental em que vivem.

A Escola Estadual Carlos Maia situa-se no município fluminense de São Gonçalo, no Bairro do Porto Velho, tendo vizinhança com uma comunidade pesqueira que se conhece localmente pelo nome de *Comunidade da Esso*, e que é lugar tanto de morada como de embarque e desembarque de grande número de pescadores artesanais (Figura 1). À semelhança do município do Rio de Janeiro, São Gonçalo abriga um dos maiores contingentes de pescadores artesanais da região metropolitana.

A escola e os seus alunos pertencem a uma realidade urbano-costeira com ambiente muito degradado, no qual não só se acumulam resíduos sólidos e químicos despejados pelas águas do mar, assaz poluídas no correspondente trecho da Baía de Guanabara, mas ainda se acumulam outros tantos resíduos cuja abundância, como a daqueles, resulta de longo descaso do poder público no atinente à população que esses problemas ambientais atingem com maior intensidade: falta saneamento básico, serviço regular de recolhimento de lixo, pavimentação de vias públicas e, entre mais coisas, a despoluição da baía.

Não tardaram os professores da Carlos Maia em colaborar com o projeto do NUTEMC de extensão universitária, intitulado Educação Socioambiental na Escola, com o qual também se uniu desde o começo o projeto, do LASTRO, Cartografia da Ação e a Juventude em São Gonçalo, executado

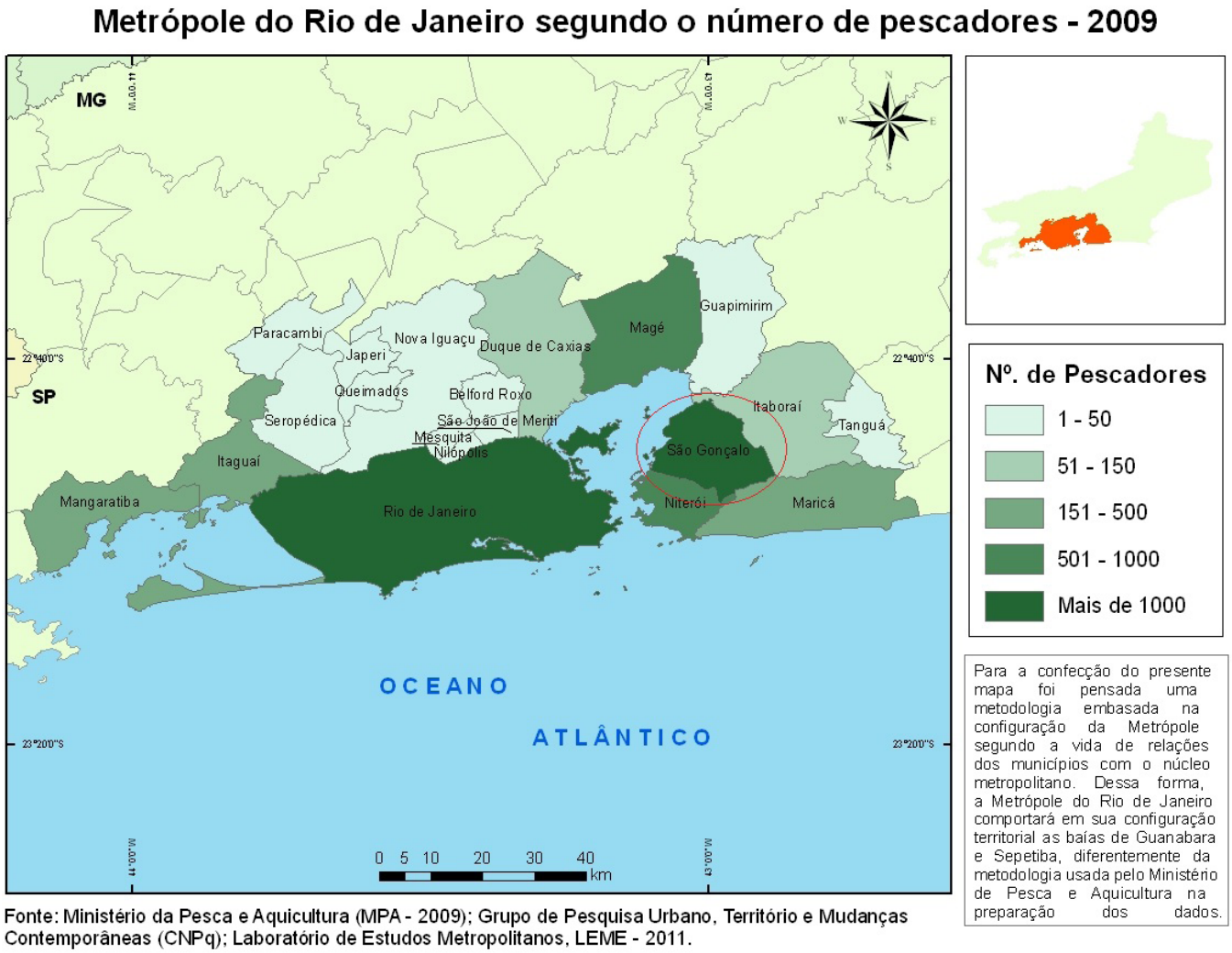


Figura 1. Comunidade da Esso: importante ponto em São Gonçalo para o embarque e desembarque de pescadores artesanais.
Figure 1. *Esso Community: an important spot in São Gonçalo for artisanal fishers' embarking and disembarking.*

sob a orientação da socióloga Ana Clara Torres Ribeiro e em parceria com o NUTEMC, onde o coordenavam a geógrafa Catia Antonia da Silva e outros professores da FFP.

O município de São Gonçalo, em cujo periférico Bairro do Porto Velho se situa a escola e residem quase todos os alunos que nela estudam, faz parte da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Figura 2) e, segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conta perto de 1 milhão de habitantes (Tabela 1) e um produto interno bruto (PIB) pouco superior a 10 bilhões de reais. São Gonçalo tem de comum com milhares de outros municípios brasileiros esta contradição capitalista: a coexistência entre o desenvolvimento industrial, pequeno ou grande, e uma infraestrutura urbana insatisfatória, cujas instalações públicas e serviços básicos geralmente são, quando existem e onde existem, de aguda precariedade.

Ao examinarem-se as questões socioambientais da localidade tratadas na escola, tomaram-se por referência sobretudo os problemas que os pescadores artesanais vivem nesse contexto de degradação do ambiente e reestruturação econômica do espaço, reconhecendo-se que o socioespacial e o ambiental são inseparáveis entre si, e que o modelo econômico industrial e modernizador amplia a destruição do ambiente e acelera a segregação social no espaço geográfico.

Além de possuir uma indústria naval consolidada, a economia do município toma parte na reestruturação produtiva da indústria fluminense, próximo que está ele ao Complexo de indústria naval e do Terminal Aquaviário da Petrobras (local de grande presença de navios e de dutos de gás e petróleo), cujas atividades econômicas influem deleteriamente na vida dos pescadores artesanais: elas tanto lhes avançam sobre antigas e valiosas áreas de pesca, havendo-os até hoje privado de muitas, quanto pela poluição lhes degradam já direta já indiretamente as áreas que sobram para eles, ou para onde os vai impelindo essa desigual porfia (Figuras 3, 4 e 5). Este o convívio entre os pescadores artesanais e os empreendimentos do grande capital na região; estas as consequências que o mesmo capital vai surtindo no ambiente.



Figura 2. Região Metropolitana do Rio de Janeiro com o número total de pescadores e com a localização, em destaque, do município de São Gonçalo.
Figure 2. *Rio de Janeiro Metropolitan Region featuring the total of artisanal fishers and, specially, the location of the city of São Gonçalo.*

Tabela 1. Populações totais do município de São Gonçalo, da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e do Estado do Rio de Janeiro em 2010.
Table 1. *Total populations in the city of São Gonçalo, the Rio de Janeiro Metropolitan Region and the state of Rio de Janeiro in 2010.*

ÁREA	POPULAÇÃO TOTAL DA ÁREA
São Gonçalo	999.901
Região Metropolitana do Rio de Janeiro	11.875.063
Estado do Rio de Janeiro	15.989.929

Fonte: Censo Demográfico do IBGE, 2011.
Source: *IBGE Demographic Census, 2011.*



Figura 3. Sequência de estaleiros na orla do município de São Gonçalo: a indústria naval ocupando praias e manguezais perto da Rodovia BR-101.
Figure 3. *Row of shipyards along São Gonçalo's shoreline: the shipbuilding industry occupying shores and mangrove swamps near the BR-101 highway.*



Figura 4. Terminal Aquaviário da Ilha Redonda, em São Gonçalo. Fazem-se presentes no território do município as atividades da indústria petroquímica.
Figure 4. *Ilha Redonda Waterway Terminal in São Gonçalo. Petrochemical industry activities have a noticeable presence in the city's territory.*

Assim entra em cena a educação ambiental, para elucidar os nexos entre a ação humana e o meio, e infundir quanto às questões ambientais uma consciência social mais profunda, que ajude a minorar, a longo prazo, os efeitos danosos surtidos no espaço pela modernização. Compreender a ação humana é, neste sentido, desvendar os agentes produtores de tal modelo modernizante com que se tem acerbado a já forte segregação socioespacial das periferias, onde às dificuldades socioeconômicas decorrentes dos salários baixos se aliam os males que vêm com a poluição, com a precariedade dos serviços de saúde, e com a falta de instalações públicas adequadas e de equipamentos culturais.

Isto posto, não tem cabida idealizar abstrata e romanticamente a educação ambiental, mas sim concebê-la própria a desvendar ao educando os elos da cadeia de poder nas questões ambientais e a dinâmica da relação entre a sociedade, o Estado, a economia e o meio. Impende compreender os modelos de modernização e de industrialização que impuseram como paradigma o uso dos recursos naturais, qual se estes fossem inesgotáveis e talhados sobretudo para um modelo de produção de mercadorias em larga escala animado pela construção social de necessidades, ou seja, o modelo de produção duma sociedade de consumo de massa (Porto-Gonçalves, 2006).

Na escola muitos exercícios guiaram-se pelo conceito de Tavares (2011: 50) de *educação cidadã*: "*[...] ao relacionar infância, alfabetização e cidade, visando à complexificação do que seja alfabetização na contemporaneidade, estamos defendendo que a cidade é como um livro de espaços, onde os diferentes textos, imagens, mensagens, corpos, fluxos se hibridizam, configurando uma poderosa mídia, cujos significados atravessam o sujeito citadino, exigindo outras formas de percepção, leitura, alfabetização.*"

Adverte Tavares (2011) em que, para entender a educação popular, é necessário construir o conhecimento baseando-se no modo de ver dos alunos, nas suas trajetórias de vida, nas suas percepções da realidade, nas suas visões de mundo e nas suas vozes; é preciso interagir com o lugar vivido e com a cidade desigual.

Em 2010, no início da execução do projeto na Escola Estadual Carlos Maia, realizou-se entre os alunos um censo com o fim de saber quantos tinham ligação com a pesca. Das 226 crianças matriculadas, 112 responderam ao questionário, e apurou-se que: cerca de 35% delas eram parentes de algum pescador (pai, tio, avó, entre outros), 40% haviam-se já servido de um barco como transporte ou para pescarem, e 25% conheciam bem a linguagem e os petrechos específicos da pesca (entre estes os tipos de embarcação, de rede, de traineira, etc.). Assim, trabalhou-se a construção do conceito de educação socioambiental com as turmas do 4º e 5º anos do ensino básico, no que se tomaram por referência as discussões da equipe executora do projeto. Também muito relevou a participação dos pescadores artesanais, a palestrarem com os alunos, num intercâmbio de perguntas e respostas que promoveu a interação dos saberes (científicos, populares e vividos) e facultou compreender mais a fundo os



Figura 5. Comunidade do Gradim: outro importante ponto de embarque e desembarque de pescadores artesanais no município de São Gonçalo.
Figure 5*. Gradim community: another important spot in São Gonçalo for artisanal fishers' embarking and disembarking.*

problemas da modernização industrial e as consequências da poluição para a vida dos pescadores.

Em tal diálogo entre os saberes, discerniram-se dois fatores que influem para a degradação da Baía de Guanabara: um, a incúria do Estado, a qual deixa grassar os problemas de que se inçam a precariedade do saneamento básico e a míngua de fiscalização das atividades potencialmente poluidoras; o outro fator, o grande capital, cujos empreendimentos na região, de ordinário voltados para a indústria petrolífera, envolvem atividades que de maneira direta concorrem para degradar ainda mais o ambiente. Além disso, apresentaram-se as formas como se organizam, como reivindicam, protestam e lutam socialmente os habitantes e pescadores que vivem todos os dias os problemas citados.

O trabalho pedagógico utilizou o conceito de *cartografia da ação*, formulado por Ribeiro *et al*. (2001). Fundou-se metodologicamente nesse conceito o exercício de as crianças fazerem mapas, nos quais elas reconheciam as ações, representando por símbolos os pontos em que se localizavam os pescadores, os problemas ambientais, as áreas de protestos, o poder público e as barqueatas. Mormente em certas atividades práticas, o uso da cartografia da ação facultou uma aprendizagem mais autônoma, assim como livre de discursos preestabelecidos e dos existentes nos textos didáticos (Silva, 2011).

Segundo Ribeiro *et al.* (2001), a cartografia da ação social é aquela que pode compreender e representar o movimento da sociedade, das lutas e dos novos desejos, das ações e desejos das bases populares. É a cartografia da ação que representa também o cotidiano da vida coletiva: "*A cartografia aqui sugerida é a da denúncia e também aquela que orienta a ação social, desvendando contextos e antecipando atos (Almeida, 1994). Significa, portanto, tanto a contextualização veloz da ação hegemônica, cada vez mais estrategicamente localista, quanto a valorização imaginativa dos lugares vividos, onde a vida escorre ou ganha força reflexiva e transformadora. Como carta, o mapa não aparece como instrumento isolado ou como bela ilustração de textos, exacerbando critérios estéticos, mas sim como ferramenta analítica e como sustento da memória dos outros. Neste sentido, propõe-se uma cartografia incompleta que se faz, fazendo. Uma cartografia praticada, que não seja apenas dos usos do espaço, mas também utilizável, de forma que ocorra a sincronia espaço-temporal, o que apoiaria, inclusive, o trabalho interdisciplinar.*" (Ribeiro *et al.*, 2001, p.43)

Portanto, a cartografia da ação é a não oficial, que se ocupa com as trajetórias das bases populares, com os itinerários de lutas e de protestos, com as rotas de trabalho no cotidiano, com as manifestações da cultura, com as normas ocultas não estatais da sociedade. Pode-se com esta orientação desvendar um novo mundo, desvelar o invisível, deparar beleza no anônimo e potencial no inconsiderado, surpreender riquezas naquilo e naqueles que são reputados como pobres de tudo. Esta concepção afina-se com a de Santos (1996) sobre os homens lentos, com a de Freire (1979) acerca do compromisso humano, o compromisso de reflexão e de consciência em face das contradições e anelos que fragmentam o espaço e lhe infundem a segregação.

À luz deste humanismo concreto, a cartografia da ação social pode ser considerada uma categoria a um tempo analítica e metodológica, já que permite experimentar a construção de novos mapeamentos e símbolos, originários do contexto de um espaço vivido e concebido, portadores de novas formas de representação e de novos projetos, de novos sentidos de ação de sujeitos a quem se julga por comuns, banais. Cumpre manter o espírito aberto para ver as novas possibilidades de redesenhar o mundo, de cada um reescrever a sua própria história, de reescrever-se a história das bases populares (Santos, 1996; Santos *et al.*, 2000).

Neste mundo impregnado de segregação, observa-se que os mais afligidos pelos grandes danos ambientais são as classes populares. Por isso revela-se demasiado simples o conceito de educação ambiental. E isto, em primeiro lugar porque, em grande parte, quem inflige ao meio sérios danos com resíduos tóxicos (líquidos, sólidos, orgânicos, inorgânicos, etc.) não é o homem ou a mulher que vivem na pobreza, mas o vigente modelo de industrialização, o modelo de desenvolvimento que se serve da natureza vendo-a como recurso. Não basta só dizer aos alunos que *"não joguem o copinho de plástico no Imboassu [rio de São Gonçalo], porque vai para a Baía de Guanabara"*, pois limitar-se a essa recomendação significa reproduzir um discurso superficial, falto de teor crítico. A ideia do exercício pedagógico realizado é esclarecer aos alunos que o copinho plástico descartável pertence a um modelo hegemônico de industrialização, modelo esse que pouco se importa com o paradeiro final do copinho, por muito que se saiba que este levará cerca de 100 anos para decompor-se na Baía de Guanabara. Deve-se mostrar aos alunos o fato de os principais agentes poluidores da baía (que são o Estado e o grande capital) impingirem aos consumidores, que totalizam milhões na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a responsabilidade pelo destino final dessa mercadoria, agora chamada lixo.

O conceito da categoria analítica *educação socioambiental* utilizado nas atividades pedagógicas, os pesquisadores construíram-no baseando-se principalmente nos trabalhos de campo que realizaram junto aos pescadores artesanais da Baía de Guanabara, esta território de múltiplos agentes a operarem em múltiplas escalas (do mundo, do país e do município) e a gerarem conflitos sem conta. Esses trabalhos de campo deram a conhecer que os pescadores usavam como vias de passagem diversos rios que, no decurso do processo de urbanização, se haviam transformado em esgotos (por exemplo, o Rio Imboassu, em São Gonçalo, e o Canal de Magé, no município de Magé). Também se descobriu que, a par da Comunidade da Esso, havia outros pontos gonçalenses de embarque e desembarque da pesca artesanal: o Gradim, a Praia das Pedrinhas, Itaoca e a Praia da Luz.

Depois de entrevistarem pescadores artesanais, passaram os alunos e os professores a compreender-lhes as dificuldades, persuadindo-se do muito que descabe cultivar uma visão romântica da educação ambiental e crer seja suficiente *"plantar uma árvore"*. Para esses pescadores, a natureza é a sua morada, o seu trabalho e a sua vida. A poluição vinda com o grande capital e as restrições impostas pelas leis marítimas e ambientais fazem-lhes conduzir as suas pequenas embarcações para áreas cada vez mais distantes daquelas onde originalmente pescavam, para além da Ponte Rio-Niterói os impulsam, em direção à desembocadura da Baía de Guanabara, premidos pela necessidade de obter pescados melhores e em maior número que os que essas circunstâncias

mais e mais desfavoráveis deixam restar-lhes. Mas todo esse esforço dos pescadores artesanais para compensarem as suas perdas os penaliza vivamente, expondo-os por muito mais horas aos rigores do sol, à extenuação do trabalho e às ameaças naturais que lhes rondam a vida na atividade em mar alto.

A educação ambiental é, pois, uma categoria analítica que permite compreender o espaço, tanto o rural como o urbano, onde a destruição do ambiente implica a destruição das camadas sociais menos favorecidas. Por isso não se pode analisar a questão ambiental isoladamente, sob pena de tornar essa categoria ideologizante ao invés de esclarecedora nestes espaços-tempos de globalização e de sociedade de consumo.

A seguir, discorre-se a metodologia empregada na atividade que se levou a efeito na escola.

2.2. A prática metodológica e resultados preliminares

As atividades na Escola Estadual Carlos Maia ocorreram nos anos letivos de 2010 e 2011, englobando quatro turmas do primeiro ciclo do ensino fundamental: duas da terceira série (quarto ano) e duas da quarta série (quinto ano), constituídas de crianças de nove a doze anos de idade. Realizaram-se dezesseis oficinas, seis no primeiro e dez no segundo ano do projeto. O objetivo metodológico do ensino era integrar os saberes científicos dos pesquisadores universitários, os saberes empíricos dos pescadores artesanais, os saberes transmitidos por notícias jornalísticas e os que as crianças obtinham pela sua experiência com a cidade e com a baía.

As notícias jornalísticas provieram de recortes dos jornais de maior circulação no município, e versavam sobre casos de poluição comuns ocorridos nele e na Baía de Guanabara, destacando-se os relativos a: enchentes; derramamento de óleo; acúmulo de resíduos sólidos; falta de saneamento básico; e reivindicações e lutas dos pescadores artesanais diante dos processos de modernização que reduzem as áreas de pesca.

Com base nos recortes de jornal e nos problemas referidos pelos alunos, criou-se um glossário, que traz conceitos fundamentais e um quadro elucidativo dos problemas, dos sujeitos da ação social, das formas de reivindicação e da busca de soluções. Assim também, organizou-se um banco de dados com este material e com aquilo que se apurou no levantamento de dados nacionais e internacionais sobre a poluição de ambientes costeiros, as consequências dessa poluição e os conflitos sociais decorrentes dela. É necessário que se analise a questão ambiental, correlacionando-se as diversas escalas em que se dá ela: a da globalização, a nacional, a metropolitana e a do lugar (a escala do espaço vivido e concebido: a cidade, o bairro, a relação entre o mar e a terra).

Além disso, uma vez que os alunos manifestaram o desejo de entrevistar os pescadores artesanais que vivem no município de São Gonçalo e pescam na Baía de Guanabara, o grupo de pesquisa orientou-os na preparação de uma série de perguntas que elas fariam a um desses pescadores. Eis o questionário:

Lista das perguntas ao pescador artesanal, preparada pelos alunos no âmbito da aula na Escola Estadual Carlos Maia em São Gonçalo/RJ:

1. *Há quanto tempo você pesca? Aprendeu com quem?*
2. *Você gosta deste trabalho? Por quê?*
3. *Você mora perto da Baía de Guanabara?*
4. *O que você acha da pesca na Baía de Guanabara?*
5. *Como foi o derramamento de óleo?*
6. *Por que os navios despejam muito óleo?*
7. *Há quanto tempo você pesca na Baía de Guanabara?*
8. *Por que os peixes estão morrendo na Baía de Guanabara?*
9. *Quais são os problemas de poluição na Baia de Guanabara?*

No dia da entrevista, a qual se efetuou em sala de aula, as crianças prepararam o material e fizeram as perguntas. Tomou-se a providência, metodologicamente recomendável, de registrar tudo, usando-se gravadores, câmeras fotográficas e filmadoras, para produzir destarte um material que, após ser devidamente organizado, ficaria à disposição de todos os envolvidos no trabalho (alunos, professores e pesquisadores), para que ulteriormente o pudessem analisar e depois divulgá-lo.

A entrevista e a exposição dos dados serviram de base para encontros posteriores, em que, por exemplo, se elaborou um quadro de problemas ambientais segundo os percebiam os alunos, e criaram-se mapas coletivos (mapas que eles elaboraram trabalhando em conjunto e com a atenção voltada para temas-problema). A referência foi o novo quadro temático (Tabela 2), em que se reuniram as problemáticas aventadas durante a execução do projeto, tais como as consequências da poluição da Baía de Guanabara e o papel das barqueatas na luta em defesa do ambiente.

Concebeu-se esta atividade como preparação para a última, com o que se objetivou ajudar os alunos a perceber as formas que a ação social pode assumir e as maneiras como os agentes se servem do território. Ao mesmo tempo, tencionou-se estimular a consciência crítica e propositora dos alunos, elemento central para a formação de um pensamento gestor apto a perceber as condições do presente e a necessidade de mudanças futuras, e assim os alunos formularam possíveis ações que contribuiriam a prevenir a degradação ambiental da Baía de Guanabara. Concluído o trabalho da oficina, perguntou-se-lhes: *"Agora que vocês sabem que têm o poder de reivindicar o que quiserem, o que fariam para mudar a atual situação da Baía de Guanabara? Citem pelo menos três ações que você fariam."* Dessa reflexão resultou a Tabela 2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui, expõem-se brevemente os resultados que as atividades produziram.

Quanto às entrevistas, perceberam os alunos, os professores e os pesquisadores a relevância da oralidade do pescador, o qual, trabalhador das águas, conhece de perto aquilo que os moradores urbanos, estranhos a elas, não veem. Nas águas da Baía de Guanabara, os pescadores observam grande quantidade de lixo flutuante e lixo imerso, o que robora conclusões a que anteriormente chegou a análise de Ferreira *et al.* (2011). Os pescadores também relataram, por um lado, que essa alta quantidade de lixo lhes destrói as redes de pesca e, por outro lado, que desde o derramamento petrolífero ocorrido no ano 2000 há no fundo da baía um enorme

acúmulo de óleo. Eles igualmente comentaram a abundância de navios de grande porte que circulam pela baía: navios indo ou vindo do Porto do Rio de Janeiro, ou dos terminais aquaviários da Ilha Redonda e da Ilha Comprida.

Contaram como receberam, por tradição de família, a cultura da pesca, um saber que em geral se transmite oralmente de pais a filhos, e referiram as suas memórias sobre os espaços em que hoje convivem com sérios problemas ambientais: eram espaços pouco ocupados, onde rareavam embarcações e inexistiam aterros. Os pescadores falaram sobre o seu percurso cotidiano de casa para o trabalho e do trabalho para casa, e expuseram o seu saber empírico acerca do tempo e do clima, revelando-se grandes conhecedores dos ventos, do mar e de outros domínios da natureza. Os alunos entusiasmaram-se, sentiram-se sujeitos dos debates e aprenderam muito com o que disserem os pescadores.

Essas entrevistas deram elementos para o exercício, nas oficinas seguintes, de reconhecer os principais problemas e de cogitar soluções (Tabela 2).

No concernente à prática da cartografia da ação social, o objetivo maior foi o exercício pedagógico da confecção coletiva do mapa: cada turma, depois de elaborar a Tabela 2, eleger o tema do mapa e criar a legenda, passou para a etapa de produzir o mapa. Também se atribuiu aos alunos a função de organizar esta etapa do trabalho. Aos mapas produzidos chamou-se de *mapas das ações*.

Na etapa de elaborá-los, incumbiu-se a um aluno a tarefa de escrever a legenda e demais elementos, a outros alunos a de criar os símbolos da legenda escolhidos pela turma, e a outros ainda a organização da atividade de descobrir os pontos onde colar as figurinhas (símbolos da legenda).

Quanto ao debate sobre a questão ambiental e ao exercício de representar espacialmente os fenômenos sociais e do ambiente, cabe observar que, mais do que para entender

Tabela 2. Propostas dos alunos usadas na elaboração dos "mapas das ações".
Table 2*. Pupils' suggestions used to prepare the 'maps of actions'.*

PROPOSTA DOS ALUNOS	Nº DE ALUNOS QUE AVENTARAM A PROPOSTA
Denunciar aos órgãos competentes (Ministério Público, Defensoria Pública e outras instituições do Poder Judiciário) os responsáveis pelas ações poluidoras.	6
Limpar a Baía de Guanabara.	10
Protestar contra a poluição juntamente com os pescadores artesanais.	10
Realizar campanha local, pedindo aos moradores que não vazem lixo nos logradouros públicos.	2
Divulgar na localidade o *slogan* 'Não Poluir a Baía de Guanabara'.	17
Zelar pela natureza (evitando causar poluição, plantando árvores, etc.).	8
Evitar o desmatamento e as queimadas.	5
Realizar campanha local, pedindo aos moradores que não vazem lixo na Baía de Guanabara.	3
Não verter lixo no chão da escola nem do bairro.	10
Queixar-se à prefeitura, ou fazer protestos contra ela, denunciando a falta frequente de coleta de lixo.	3
Conscientizar a toda a população da necessidade de limpar a Baía de Guanabara.	1
Evitar o derramamento de óleo nas águas da Baía de Guanabara.	5
Participar de protestos contra a poluição da Baía de Guanabara.	6
Acabar com a atividade petrolífera na Baía de Guanabara.	3
Melhorar a infraestrutura urbana, principalmente a rede de esgotos.	5
Demandar em juízo a Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras).	4
Acabar com o *lixão* (vazadouro de lixo a céu aberto) de São Gonçalo.	1
Entrevistar os moradores para saber o que pensam da poluição na Baía de Guanabara.	1

a gênese dos problemas ambientais da Baía de Guanabara e representá-los num mapa, o trabalho foi importante para se construiu com os alunos, coletivamente, uma consciência ambiental alicerçada na ação, uma ação cuja ideia de *movimento* dos sujeitos no espaço e de atribuições e intuitos desses sujeitos (no caso a prefeitura, as empresas e os pescadores) é indispensável para que se desvendem as relações de produção e de poder que regem o território, se rompa com o cotidiano (tantas vezes alienado) e se concretize a mudança. Os alunos consideraram que, para se resolverem os problemas do município, cumpre que se executem, com prioridade, estas ações: prover o recolhimento regular do lixo nas vias públicas e na baía, demandar em juízo as empresas poluidoras, apoiar ativamente os protestos em defesa da Baía de Guanabara, e os próprios alunos absterem-se de deitar lixo às vias públicas. O papel da educação socioambiental é contribuir para a consciência crítica do indivíduo e seu grupo, neste caso a conscientização dos alunos acerca, por exemplo, das condições de vida precárias dos pescadores relacionadas com a poluição crescente da Baía de Guanabara e com a resultante míngua do pescado.

Noutra oficina, intitulada *Natureza e Pesca Artesanal: uma parceria de sucesso*, foram notáveis as reivindicações que os alunos sugeriram dirigir à prefeitura de São Gonçalo, no tocante aos problemas urbano-ambientais do município, evidenciados em fotografia e manchetes de jornais. Os alunos sensibilizaram-se bastante com certa fotografia que se exibiu no decorrer da oficina, e mostrava uma ave toda coberta com o negror do óleo vazado de um oleoduto que estende sob as águas da Baía de Guanabara. Mas todos os materiais apresentados nesta oficina contribuíram por estimular a reflexão dos problemas causados pelos diversos tipos de poluição que assolam o território da baía, assim como dos agentes responsáveis seja pela causa, seja pela fiscalização do problema.

A última oficina realizou-se no dia 14 de outubro de 2011, no auditório da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ/FFP), quando 125 crianças participaram, com seus professores e familiares, numa atividade especial, que foi a exposição de todo o que durante a execução do projeto os alunos haviam produzido. Este evento contou igualmente com a participação de pescadores artesanais, pesquisadores da UERJ e estudantes de diversos cursos de graduação da FFP.

Grandes protagonistas desde o início do projeto, os alunos entraram no campus erguendo alto uma faixa em que pediam a atenção de todos para os problemas vivenciados cotidianamente na Baía de Guanabara. E os mesmos alunos, depois de apresentarem os seus *mapas das ações*, encenaram uma breve representação teatral em que denunciavam os problemas da baía (Figura 6).

Tudo isto foi um exercício dialógico que deu vida e sentido à educação ambiental, mostrando o nexo entre o homem e a natureza, entre a desigualdade social e as aflições causadas pela destruição do ambiente, a qual é sobre as classes pobres que as mais das vezes lança o amargor dos seus efeitos. E não são apenas os desastres ambientais, é mais ainda a experiência diária, o cotidiano vivido sob a opressão do mau cheiro, da



Figura 6. Atividade final: os alunos envolvidos no projeto protestam durante o evento na UERJ/FFP.
Figure 6*. Final activity: pupils involved in the project protest during the event at the UERJ/FFP. 'SAY "NO" TO THE POLLUTION OF THE BAY OF GUANABARA!'.*

contaminação química e bacteriana, da baixa autoestima a que a diuturnidade destas circunstâncias penosas costuma arrastar o espírito, enquanto ajuda, com os largos traços da precariedade, a desenhar as fronteiras reais e imaginárias que delimitam os espaços subjetivos do território.

A participação das crianças não só lhes estimulou a expressão verbal e a capacidade de exprimirem as suas angústias, mas também ensejou que elas se exercitassem como sujeitos pensadores, capazes de formular as suas questões e de exprimir a sua perplexidade. As crianças romperam barreiras simbólicas, transpuseram fronteiras sociais, entre estas a representada pelo fato de nunca antes haverem entrado no campus São Gonçalo, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Os pais, tomados de emoção, fotografavam a faculdade e, pondo-a no plano de fundo, fotografavam-se a si mesmos.

A educação socioambiental tem de ser humanista, precisa formar novas gerações de pensadores e gestores críticos, novas gerações de pessoas que lutem pela dignidade humana, pela proteção da natureza e pela possibilidade de conceber um desenvolvimento que não gere a infrene destruição das faunas e floras, não exproprie os territórios e não instaure a crise na sociedade (crise de valores, de ética, das instituições sociais, do sentido de estar no mundo).

4. CONCLUSÕES

Para avaliar devidamente o papel que há de ter a educação ambiental, cumpre persuadir-se da indissociabilidade entre o homem e o meio. Ao destruir-se a natureza em nome do desenvolvimento, destroem-se também os grupos sociais pobres, como o dos pescadores artesanais; destrói-se a cultura e identidade desses grupos; destrói-se-lhes o sentido de estar no mundo.

Embora concorram para a produção de alimentos e geração de empregos nas inúmeras cidades em que residem e atuam, os pescadores artesanais são trabalhadores invisíveis para essas mesmas cidades, que os ignoram solenemente, como os ignoram os meios de comunicação, onde eles muito raro têm voz. Daí serem de fundamental importância o trabalho de campo nas localidades pesqueiras e as entrevistas com pescadores. A metodologia da educação socioambiental relaciona saberes locais e científicos com as informações que os meios de comunicação difundem quanto às ações do Estado e das empresas. O objetivo é compreender os processos e as suas consequências socioespaciais, bem como analisar os desígnios e os discursos dos vários agentes.

Refletir acerca da gestão costeira, julgando-a como instrumento para intervir sobre a realidade, deve-se entender que é uma forma de ação social, uma ação em que o trabalho pedagógico com as novas gerações se apresenta como uma das etapas necessárias. Valorizar os saberes locais e os dos pescadores contribui para a visibilidade social de pontos da Baía de Guanabara dos quais a população e até mesmo as pesquisas não tomavam conhecimento.

Com este artigo pretende-se oferecer aos professores de outras escolas um método pedagógico em que eles se possam basear, a adaptarem-no, é claro, ao contexto e história delas. O método salienta a importância de determinados procedimentos em que o projeto exercitou os alunos:

1) Relacionar as questões sociais com as do ambiente, aclarando os aspectos políticos de ambos os grupos de questões e os projetos em favor dos quais se porfia no território.
2) Examinar criticamente os contextos sociais, econômicos e culturais em que os projetos de modernização e de desenvolvimento geram cada vez maior segregação socioespacial.
3) Mediante exercícios de redação e de desenho, atividades lúdicas e de confecção de mapas, e até palestras, como as dos pescadores artesanais, perceber como a escola se insere no contexto do bairro e da cidade, percepção que é fundamental para formar sujeitos de direitos (sujeitos capazes de agir em busca de cidadania).
4) Mapear as suas próprias trajetórias, localizando no mapa os pontos de poluição, as ações do poder público e os direitos e deveres dos cidadãos.
5) Conhecer as leis ambientais, os direitos sociais, as funções do poder público, os movimentos sociais e as lideranças e reivindicações desses movimentos.
6) Realizar atividades lúdicas (desenhos, pinturas, peças de teatro), representando no espaço cênico as questões sociais e ambientais.
7) Correlacionar várias disciplinas e conteúdos programáticos (a Geografia, a Sociologia, a História, a Biologia, a Arte), trabalhando os temas vividos e propostos pelas turmas em consonância com o projeto coletivo elaborado pelos professores ou pela escola durante o ano letivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ferreira, J. de A.; Silva, C.A. da; Resende, A.T. (2011) – Projeto Baía Limpa: Monitoração de Ambientes Marinhos Degredados por Resíduos Sólidos na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada,* 11(1):103-113. DOI: 10.5894/rgci202

Freire, P. (1979) – *Educação e mudança*. 78p., Editora Paz e Terra, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 857753170-8.

IBGE (2011) - *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. s/.p., Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 978-8524041877. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf

Porto-Gonçalves. C.W. (2006) – *A globalização da natureza e a natureza da globalização*. 461p., Editora Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 852000683-3.

Ribeiro, A.C.T.; Barreto, A.R.S.; Lourenço, A.; Costa, L.M. de C.; Amaral, L.C.P. do (2001) – Por uma cartografia da ação: pequeno ensaio de método. *Cadernos IPPUR* (ISSN: 0103-1988), ano XV(2) / Ano XVI(1): 33-52, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em https://docs.google.com/file/d/0By1DYFPclamKTWtaR0ZKdmNTQ0E/edit

Santos, M.; Bernardes, A.; Zerbini, A.; Gomes, C.; Bicudo, E.; Almeida E.; Contel, F. B.; Grimm, F.; Nobre, G.; Antongiovanni L.; Pinheiro, M.B.; Xavier, M.; Silveira, M. L.; Montenegro, M.; Rocha, M.F. da; Arroyo, M.; Borin, P.; Ramos, S.; Belo, V. de L. (2000) – O papel ativo da Geografia: um manifesto. 18p. *XII Encontro Nacional de Geógrafos*, Florianópolis, SC, Brasil.

Santos, M. (1996) – *A natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. 308p., Editora HUCITEC, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 853140713-3.

Silva, C.A. (org.). (2011) – *Educação Socioambiental na escola: algumas experiências do cotidiano à luz da metodologia de ensino da Cartografia da Ação Social*. 80p., Editora Consequência, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 97885644330 21.

Tavares, M.T.G. (2011) – Os pequenos e a cidade: a cidade de São Gonçalo como livro de espaços. *In*: C.A. da Silva, A.C.T. Ribeiro & A. Campos (org.), *Cartografia da Ação e movimentos da sociedade: desafios de método e experiências urbanas*, pp. 83-97, Editora Lamparina, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788598271897.

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):193-204 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):193-204 (2013)

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-382_Moretz-Sohn.pdf | DOI:10.5894/rgci382

Pescadores artesanais e a implementação de áreas marinhas protegidas: Estudo de caso no nordeste do Brasil *

Artisanal fishermen and implementation of marine protected areas: A case study of northeastern Brazil

Clarissa Dantas Moretz-Sohn [1], Thaysa Portela Carvalho [1], Francisco Jailton Nogueira Silva Filho [1], Francisco Gleidson da Costa Gastão [1], Danielle Sequeira Garcez [1], Marcelo de Oliveira Soares [1,@]

RESUMO

Na última década, a criação de áreas marinhas protegidas nas zonas costeiras aumentou consideravelmente. No entanto, é comum em diversos países a inexistência ou pouca eficácia no processo de planejamento participativo na criação destas unidades de conservação, o que pode ocasionar diversos conflitos sócio-ambientais, sobretudo com as comunidades tradicionais. Este estudo tem por objetivo analisar como a percepção ambiental de pescadores artesanais pode contribuir para análise e criação de uma área marinha protegida (AMP) no Nordeste do Brasil (Icapuí, Ceará), em uma região de reconhecido conflito entre os modos de pesca. Esta região é conhecida principalmente pela pesca da lagosta (*Panulirus* spp.), recurso que apresentou significativo declínio nos últimos 50 anos devido à capturas ilegais. A criação de uma AMP foi analisada sob a ótica dos pescadores artesanais, enfocando um diagnóstico ambiental participativo e as possibilidades de uso sustentável da área. Para atingir o objetivo proposto, o perfil sócio-econômico e os principais recursos pesqueiros foram analisados segundo questionários semi-estruturados aplicados, e entrevistas. Foram também analisadas a percepção ambiental referente à área marinha protegida proposta e a categoria de uso mais adequada, segundo os partícipes. Os resultados da pesquisa comprovaram que a população depende diretamente da atividade pesqueira, e que os pescadores possuem ampla percepção sobre as relações ecossistêmicas na região. Além disso, todos os moradores da área estudada reconheceram a importância e necessidade da implantação de uma Área Marinha Protegida visando, principalmente, o ordenamento pesqueiro. Essa necessidade não se aplica somente à área em questão e sim a uma abrangência de praias maior, cujos territórios marinhos se estendem além dos limites correspondentes em terra. Pretende-se que o diagnóstico participativo apresentado, baseado na percepção ambiental de pescadores artesanais residentes, sirva de base para discussão dos problemas relacionados ao gerenciamento das áreas marinhas protegidas, os quais devem compatibilizar a exploração dos recursos pesqueiros com a conservação dos bens/serviços ambientais.

Palavras-Chave: Gestão Ambiental, Pesca Artesanal, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Over the past decade, the establishment of Marine Protected Areas (MPAs) in coastal zones has increased considerably. However, it is common in many countries the absence or ineffectiveness of the process of participatory planning in the creation of these protected areas, which can cause several socio-environmental conflicts, especially with traditional communities. This paper aims to examine the use of environmental perception for analysis and creation of an MPA in northeastern Brazil (Icapuí, Ceará), a region recognized by the conflict between modes of its coastal fisheries. This region is known mainly for its lobster (Panulirus spp.) fishery, which has had a significant decline in the last 50 years due to illegal and

@ - Autor para correspondência: marcelosoares@ufc.br
1 - Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Universidade Federal do Ceará, CEP 60165-081, Fortaleza, CE, Brasil.

** Submission: November 8, 2012; Evaluation: December 17, 2012; Reception of revised manuscript: May 31, 2013; Accepted: June 13, 2013; Available on-line: June 17, 2013*

excessive fishing. It is relevant to mention that the lobster, more than a fishing resource of high economic value, is a symbol of artisanal fisheries of the region. The creation of an MPA was analyzed from the perspective of the local fishermen, focusing on a participatory environmental diagnosis and possibilities for sustainable use of the area. To achieve this purpose, the socio-economic profile and the main fishing resources were analyzed using semi-structured questionnaires and interviews. We also analyzed the environmental perception regarding the proposed marine protected area and the most appropriate category of use, according to participants. The results showed that the population of this marine area depends directly on fishing activity, and that fishermen have a good perception of the ecosystem relations and resources in the region. In addition, all residents recognize the importance and need for the establishment of a Marine Protected Area, like community-based bottom-up MPA. An MPA would be a way to protect natural resources and encourage the adoption of conservation measures around the coast of Ceará. It is intended that the model of environmental perception and participatory diagnosis with traditional fishermen serve as an example for discussion of problems related to management of marine protected areas, which must reconcile the exploitation of fishing resources and the conservation of the property / environmental services.

Keywords: *Environmental Management, Artisanal Fishery, Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

A pesca artesanal agrega quase 90% do total de pescadores no mundo, representando um contingente de aproximadamente 40 milhões de pessoas empregadas diretamente neste setor. Assim, é clara a importância econômica, sócio-ambiental e cultural que esta modalidade de atividade pesqueira ostenta (Begossi, 2004; Batista *et al*. 2011).

Esforços voltados para o desenvolvimento sustentável dos oceanos e dos ambientes costeiros resultaram na criação de áreas marinhas protegidas (AMPs) como um dos principais instrumentos do planejamento ambiental visando a conservação dos recursos ambientais, inclusive dos recursos pesqueiros em áreas de pesca artesanal (Gerhardinger *et al*., 2009; Ângulo-Valdes & Hatcher, 2010; Suuronen *et al*., 2010; Ban *et al*., 2011). Reconhecida esta importância, nas últimas décadas, os ambientes costeiros e oceânicos, por meio de inúmeros dispositivos legais, passaram a ser protegidos em relação a seus serviços ecológicos e valores culturais (Agardy, 1994; Kelleher, 1999; Kenchington, 2010; Ransom & Mangi, 2010). Um tipo de instrumento técnico e legal importantíssimo é a criação de AMP.

A AMP abrange diferentes tipos de proteção dependendo de seus objetivos conservacionistas, econômicos e sociais, e engloba desde áreas pequenas destinadas a proteger determinadas espécies em perigo de extinção, um hábitat, ou grandes áreas com variados ecossistemas (Jamieson & Levings, 2001; Game *et al*., 2009; Read *et al*., 2011). São objetivos da AMP garantir processos energéticos vitais como a manutenção de teias alimentares, protegendo tanto a biodiversidade quanto a produtividade, e auxiliar na manutenção dos estoques pesqueiros, através da proteção às áreas de berçários e da exportação de recursos (peixes, crustáceos, moluscos) das zonas de extração restrita para o entorno (Kelleher, 1999). Estas AMPs podem ter (no caso brasileiro): 1) uma proteção integral, onde, por exemplo, tornam-se áreas de exclusão de pesca; ou 2) é permitido o uso sustentável, onde pode-se realizar pesca, porém com controle mais restrito de uso (por exemplo, somente a pesca artesanal).

Contudo, a implementação de AMPs tem causado conflitos entre os pescadores artesanais e outros atores sociais, e isto muitas vezes está atrelado ao fato de a AMP ter sido criada sem consulta à comunidade e sem a contextualização socioeconômica, cultural e ambiental da comunidade no plano gestor (Gerhardinger *et al*., 2009; Voyer *et al*., 2012). Através do levantamento do contexto socioeconômico e político da comunidade podemos analisar variáveis sociais que influenciarão o comportamento dos usuários do recurso e assim, organizar uma estratégia adequada de manejo. Além destes estudos, a percepção ambiental advinda da comunidade de pescadores pode ser uma variável importante no planejamento das novas unidades de conservação (Oliveira, 2002; Begossi, 2004; Cinner, 2007; Kenchington, 2010). A reduzida atenção ao contexto sócio-ambiental leva comumente a um fracasso com baixa efetividade do manejo em áreas marinhas protegidas (Cinner, 2007). Por outro lado, a identificação dos usuários, o conhecimento local e a inserção deles no plano gestor são essenciais para garantir a eficiência do manejo (Heck *et al.,* 2012).

Além disso, agregando o conhecimento etnoecológico dos pescadores (CEP) (Berkes, 1993; Areizaga *et al*., 2012) ao conceito de gestão baseada nos ecossistemas, onde os limites de proteção em sentido geográfico baseiam-se na medida dos movimentos de organismos e processos fisicamente ligados (Agardy, 2000; Scholz *et al*. 2004), gera-se uma sinergia entre o CEP e o conhecimento científico (Glaser *et al*., 2010). Assim, os planos gestores podem ser melhor desenvolvidos visando o manejo do ecossistema e não apenas um recurso individual.

A presença de populações tradicionais, suas atividades econômicas, seus conhecimentos da natureza são importantes para o planejamento das áreas marinhas protegidas. As diretrizes e as políticas para as unidades de conservação carecem de um debate com estas populações, como a inclusão dos praticantes de pesca artesanal, que são partícipes na vida local. Voyer *et al*. (2012) afirmam que devido às dificuldades associadas ao planejamento e ao manejo das áreas marinhas protegidas, normalmente espaços com conflitos de uso, é necessário reavaliar o modo como as considerações econômicas e sociais são incorporadas nas atividades de planejamento, abordando que a consulta e análise da percepção das comunidades, antes da existência da AMP, é um caminho importante.

Apesar desta relevância e das Convenções Internacionais (Conferência da Diversidade Biológica e da IUCN – *International Union of Conservation Nature*) (Bogaert *et al*., 2009) abordarem a importância destes estudos, existem ainda poucas pesquisas no Brasil, conforme observado

por Gerhardinger *et al.* (2009), enfocando como os pescadores artesanais podem auxiliar no processo de criação de áreas marinhas protegidas em ambientes costeiros tropicais, sobretudo em países em desenvolvimento de língua portuguesa. Assim, esta pesquisa visa analisar: 1) o contexto sócio-econômico e os recursos pesqueiros em uma comunidade de pescadores artesanais no Nordeste do Brasil (Praia de Picos, Icapuí, Ceará); 2) avaliar como a percepção ambiental e os conhecimentos etnoecológicos podem ser usados como ferramentas no planejamento da criação de uma AMP, enfocando a categoria desta unidade, o zoneamento ambiental e o grau de envolvimento e aceitação dos pescadores artesanais quanto à criação da mesma. Pressupõe-se que o planejamento participativo (desde o início), sobretudo com os pescadores, seja imprescíndivel para obter efetividade na criação e na gestão das AMPs.

Este levantamento é uma etapa inicial para idealização de estratégias de incentivo a diferentes níveis organizacionais das comunidades (familiar, comunitário ou de grupos de interesses comuns), para ações que promovam o uso sustentável dos recursos pesqueiros em unidades de conservação. A área de estudo também possui interesse na análise em questão por apresentar forte conflito na pesca da lagosta; ocorrem métodos de pesca artesanais conflitantes com métodos reconhecidos como não-sustentáveis e ilegais em muitos países, como o uso de mergulhos com compressores para a prática de captura não seletiva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O município de Icapuí está localizado no Nordeste do Brasil, distando 206 km de Fortaleza (Capital do Estado do Ceará) (Figura 1) por via rodoviária, possuindo 64 km de praia, cerca de 16.000 habitantes e 429,3 km^2 de área total. Dentre as principais atividades econômicas no município tem-se a pesca (principalmente de lagosta), extrativismo do coco, coleta de algas e mariscos, agricultura de subsistência, artesanato, beneficiamento da castanha de caju, beneficiamento de pescado e carcinicultura (Nascimento, 2006).

A praia de Picos (04° 39' 46" S / 37° 26' 25" O) é uma enseada que apresenta extensão média de 2,5 km. Possui planície litorânea com declive suave para o mar, um largo estirâncio, presença de arenitos de praia (*beachrocks*) e é limitada, no supra litoral, por falésias do grupo Barreiras (Alves, 2007).

A região de Icapuí possui atributos de biodiversidade e serviços ambientais que levaram o Ministério do Meio Ambiente a considerá-la como de importância biológica Extremamente Alta, com prioridade de ação também Extremamente Alta (Ministério do Meio Ambiente, 2007), onde se recomenda a criação de uma AMP.

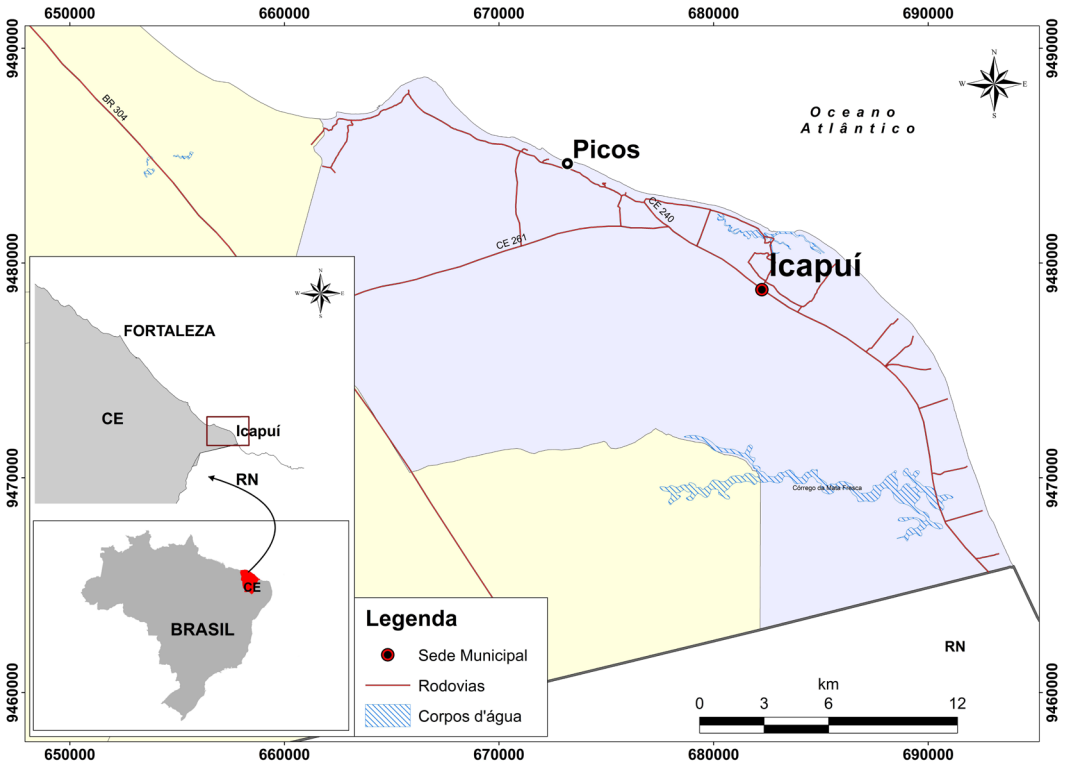


Figura 1. Localização da área de estudo (Praia de Picos, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil).
Figure 1. *Location of the study site (Picos Beach, Ceará State, Northeast of Brazil).*

2.2. Metodologia de amostragem

Para este estudo, questionários semi-estruturados foram elaborados (Anexo 1) para realização de entrevistas com moradores na comunidade de Picos, Icapuí-CE, no período de maio e junho de 2012. A comunidade de Picos é relativamente pequena, possui 36 casas, e dessas, 10 são casas de veraneio ou sem habitação. As 26 casas de moradores totalizam aproximadamente 100 pessoas, sendo 50 adultos. A contagem foi realizada pelos pesquisadores no período das entrevistas. Foram visitadas 20 casas (80% do total de residentes) e entrevistados 30 moradores (60% do total da comunidade), sendo 15 homens e 15 mulheres. O questionário foi realizado oralmente e as respostas foram registradas de forma escrita. Antes das entrevistas explicou-se o motivo da pesquisa e todos os moradores concordaram em participar e permitiram a divulgação das respostas. Buscou-se caracterizar sócio-economicamente a comunidade, listar os componentes da fauna local existentes e descrever os recursos ambientais utilizados pelos moradores. Ainda, foi investigado o interesse da população em criar uma AMP na região.

A identificação das espécies de peixe e a relação com os nomes populares utilizados em Icapuí foi registrada por Salles (2011), baseada em literatura especializada (Menezes; Figueiredo, 1985; Cervigón, 1996; Gadig *et al*., 2000).

Foi realizada uma oficina com quatro pescadores nativos para elaboração de um mapa ambiental da área de estudo, identificando características sedimentológicas da praia, locais de ocorrência de algas e fanerógamas marinhas, recifes areníticos e fontes de água doce. Essa oficina foi desenvolvida na residência de um dos pescadores, no topo da falésia, onde havia vista para toda a área de estudo. Os pescadores foram selecionados pelo tempo de pesca (acima de 50 anos) e apurado conhecimento da área segundo indicações de moradores e de membros da Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos – Aquasis, que realiza pesquisas na região há cerca de 15 anos com o apoio de colaboradores locais. Os pescadores fizeram o desenho da zona costeira com uma corda e foram inserindo no esquema rochas, plantas e outros utensílios do local para delimitar proporcionalmente as feições e características ambientais da região. A partir da maquete, elaborou-se um mapa desenhado à mão com o auxílio dos pescadores e, posteriormente, foi elaborado um mapa digital baseado na percepção ambiental destes. Realizaram-se também mergulhos livres na área de estudo para observar a biodiversidade local e averiguar a compatibilidade das informações passadas pela comunidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Pescadores artesanais: caracterização sócio-econômica e principais recursos biológicos e pesqueiros

A idade média entre os entrevistados foi de 32 anos (± 17 anos), sendo a mínima 20 e a máxima 84. Dentre os entrevistados, vinte eram moradores nativos (66,6%) e dez não nativos. O tempo de moradia médio na região foi de 26 anos (± 20 anos), sendo o mínimo 5 meses e o máximo 66 anos.

Com relação ao perfil socioeconômico, a profissão mais citada foi pescador (43,3%), seguida de dona de casa e agricultor. Dentre os homens, 87% são pescadores e dentre as mulheres, 74% são donas de casa. Constatou-se, portanto, que a comunidade é essencialmente pesqueira; e a agricultura, principalmente de subsistência, é uma atividade paralela importante na comunidade. Outras profissões citadas em minoria foram: artesão, pedreiro, vigilante e estudante.

O principal recurso pesqueiro procurado pelos pescadores é a lagosta (*Panulirus argus* e *Panulirus laevicauda*). Dentre os crustáceos, eles também pescam camarões dos gêneros *Xiphopenaeus, Farfantepenaeus e Litopenaeus* e coletam diversos tipos de siris e caranguejos (Infraordem *Brachyura*). Na região, são comumente capturadas ao longo do ano diversas espécies de peixes (Figuras 2 e 3), como: agulha-preta (*Hemiramphus brasiliensis*), bagre (*Cathorops spixii*), boca-mole (*Larimus breviceps*), biquara (*Haemulon plumieri*), canguito (*Orthopristis ruber*), carapeba (*Diapterus* sp.), camurim (*Centropomus sp.*), camurupim (*Megalops atlanticus*), coró amarelo (*Conodon nobilis*), cururuca (*Micropogonias furnieri*), dentão (*Lutjanus jocu*), galo (*Selene* sp.), galo do alto (*Alectis ciliaris*), garajuba (*Caranx* sp.), judeu (*Menticirrhus americanus*), mariquita (*Holocentrus adscensionis*), pescada (*Cynoscion* sp.), pirambu (*Anisotremus surinamensis*), serra (*Scomberomorus brasiliensis*) e tibiro (*Oligoplistes saliens*), dentre outros. Estas espécies também foram comentadas por Almeida (2010), Marinho (2010) e Salles (2011).

Os dados obtidos por este estudo estão de acordo com a literatura, a qual observa que a pesca artesanal na região contempla tanto as capturas com fins de subsistência, associado à obtenção de recursos alimentares para o sustento das próprias famílias, como as capturas com o objetivo essencialmente comercial. As unidades familiares ou grupo de vizinhança, sem a prática do assalariamento, são maioria como módulo de pesca. As embarcações são geralmente de pequeno porte, de propulsão natural (vela, remo ou vara) ou motorizadas, sendo utilizados métodos diversos de captura, de natureza artesanal e comumente confeccionados pelos próprios pescadores, que resultam em capturas multiespecíficas (Almeida, 2010; Marinho, 2010; Salles, 2011; Barroso, 2012).

Segundo as respostas obtidas nas entrevistas, observou-se que alguns dos peixes são capturados ainda em estado juvenil na região dos recifes areníticos (Figura 4). Crustáceos e moluscos também são encontrados em fase inicial de vida nas capturas para consumo, ressaltando a importância da região como berçário para diversas espécies (Almeida, 2010; Marinho, 2010; Barroso, 2012).

Ainda segundo os moradores, a praia é local de ocorrência de peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*), tartaruga verde (*Chelonia mydas*), tartaruga de pente (*Eretmochelys imbricata*) e o peixe mero (*Epinephelus itajara*), espécies classificadas em alguma categoria de ameaça de extinção na Lista Vermelha da IUCN - *International Union for Conservation of Nature*, e incluídas na Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção, do Ministério do Meio Ambiente.

De acordo com a IUCN, o peixe boi é uma espécie ameaçada de extinção, e segundo Alvez (2007), utiliza a praia de picos pra se alimentar e reproduzir.



Figura 2. a) Moradores locais beneficiando o pescado para consumo da família; b) Formas de preparo e consumo dos pescados.
Figure 2. *a) Local residents benefiting fish for family consumption; b) Methods of preparation and consumption of fishing resources; foods are cooked in wood-fired oven and are quite consumed roasted, besides cooked.*

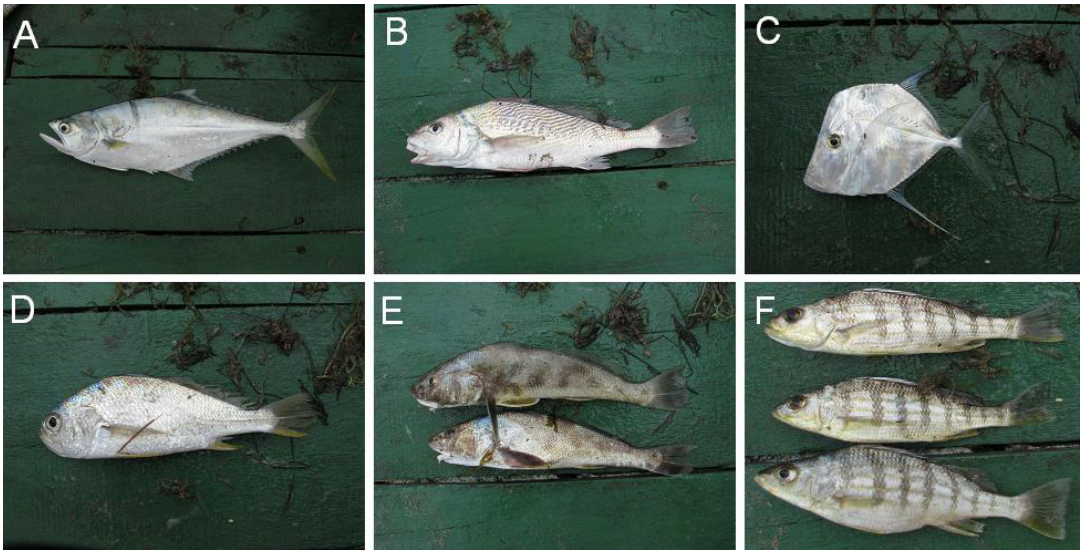


Figura 3. Peixes capturados por rede de rengalho na Praia de Picos: a) Tibiro: *Oligoplistes saliens;* b) Cururuca: *Micropogonias furnieri;* c) Galo: *Selene* sp.; d) Boca mole: *Gênero breviceps;* e) Judeu: *Menticirrhus americanus;* f) Coró amarelo: *Conodon nobilis.*
Figure 3. *Fish caught by rengalho net in Picos Beach. a) Tibiro: Oligoplistes saliens b) Cururuca: Micropogonias furnieri c) Galo: Selene sp. d) Boca mole: breviceps e) Judeu: Menticirrhus americanus f) Coró amarelo: Conodon nobilis.*

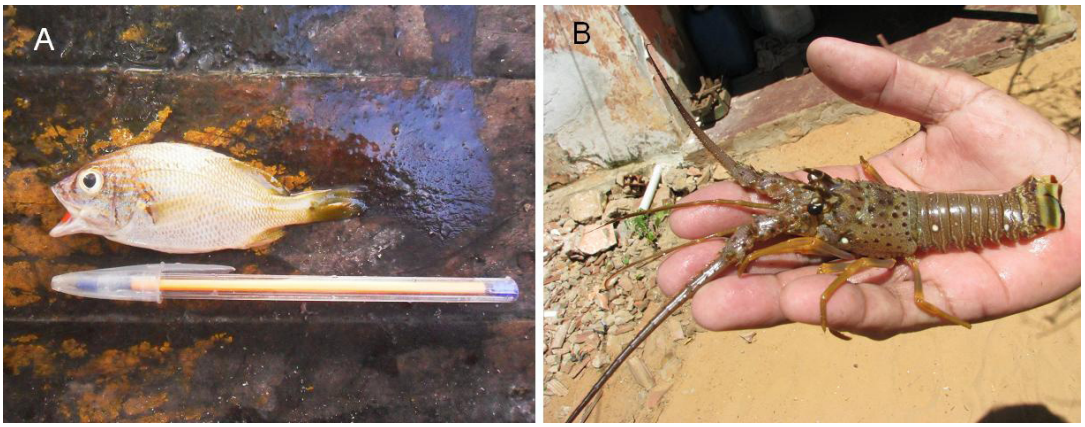


Figura 4. a) Biquara (*Haemulon plumieri*) juvenil capturada com linha e anzol nos recifes areníticos da área de estudo; b) Lagosta (*Panulirus* spp.*)* juvenil capturada em marambaia.
Figure 4. *a) Juvenile Biquara (Haemulon plumieri) caught by hook and line in the sandstone reefs in the study area; b) Lobster (Panulirus* spp.*) juvenile captured in Marambaia.*

3.2. Percepção ambiental e recursos

Observa-se que os pescadores possuem conhecimento apurado sobre as características ambientais da região, tanto em relação à localização, associação entre recursos e substratos, quanto à disponibilidade e sazonalidade dos recursos (Figura 5). Os dados da percepção ambiental dos pescadores quanto a aspectos da ecologia de peixes e quanto a processos morfodinâmicos foram condizentes com a literatura científica disponível para a área (Fonteles-Filho *et al.*, 1988; Ivo & Pereira, 1996; Alves, 2007; Aquasis, 2011; Salles, 2011). Este fato também foi notado por diversos autores (Berkes, 1993; Agardy, 2000; Gerhardinger *et al.*, 2009; Glaser *et al.*, 2010; Areizaga *et al.* 2012), que reforçam a efetividade das ações de manejo quando a população local é envolvida nos processos de gestão.

Ao longo da plataforma continental da região existem variados substratos e ecossistemas submersos que desempenham papéis fundamentais na manutenção da biodiversidade e da produtividade das águas costeiras, como bancos submersos de algas e fanerógamas, substratos de algas calcáreas, fundos de lama biodetrítica e afloramentos rochosos que emergem na maré baixa, desde a plataforma interna, passando pela zona de estirâncio ao sopé das falésias (Alves, 2007). A vegetação de tabuleiro localizada no topo e encostas das falésias é responsável pela diminuição dos efeitos da erosão. No caso da área de estudo, predominam as fácies carbonáticas e de areias quartzosas. A geologia, clima e drenagem dos rios propiciam um substrato composto por algas calcárias e demais sedimentos biodetríticos (Morais & Freire, 2003), conforme também apontado pelos resultados da percepção ambiental. Os bancos de algas apresentam associações entre diversas espécies de algas, principalmente algas vermelhas (Rhodophyta). Em relação às fanerógamas marinhas, são encontradas na região espécies do gênero *Halodule*, conhecida como capim-agulha. Estes ambientes também foram demonstrados no mapa dos ambientes costeiros delineado pelos pescadores artesanais, e do gênero *Halophila,* as quais foram visualizadas em mergulhos na área. Os dados geológicos de Alves (2007) e Almeida (2010) para a região corroboram o mapa (referente aos tipos de fácies sedimentares), elaborado pelos pescadores.

Os bancos de algas e os recifes são intensamente explorados em todo o mundo devido à riqueza biológica e a proximidade da costa. Contudo, a preservação desses ecossistemas é fundamental para a reposição do estoque de juvenis de lagostas. Nas áreas de berçário, os puerulus de lagosta *P. argus* fixam-se, preferencialmente, em habitat de estrutura complexa, tal como a alga vermelha (Eggleston *et al.*, 1992; Cruz *et al.*, 2011; Barroso, 2012).

A formação geológica Barreiras se apresenta exposta em falésias na zona costeira da praia da área de estudo sendo responsável pelo acúmulo de água, que verte em afloramentos submersos. Segundo os pescadores, esses afloramentos, chamados "olheiros" ou "olhos d`água", mudam de posição ao longo dos anos devido a dinâmica sedimentar, mas geralmente estão próximos aos arenitos de praia, feição formada na face de praia por cimentação por carbonato de cálcio (Guerra & Cunha, 1998). A disponibilidade de água doce próximo à costa e a abundância de algas marinhas e capim agulha favorecem ao ciclo de vida de muitas espécies de importância econômica e ecológica, como camarões dos gêneros *Xiphopenaeus, Farfantepenaeus* e *Litopenaeus;* lagostas do gênero *Panulirus* e o peixe-boi marinho, *Trichechus manatus*. Este tópico foi abordado com ênfase pelos pescadores no mapa supracitado, observando a importância da conservação deste ambiente.

Muitos países carecem de informação científica sobre ecologia de peixes e o conhecimento dos pescadores vem a ser uma fonte importante para melhorar o conhecimento sobre ecologia, migração, reprodução, hábitos alimentares e mudanças na abundância de um conjunto diversificado de recursos pesqueiros (Silvano & Begossi, 2012). Estas abordagens junto ao conhecimento popular são importantes para obter um manejo das espécies e da pesca como um todo, considerando a abordagem ecossistêmica (Batista *et al.*, 2011). De fato, as experiências destes pescadores artesanais que habitam a localidade de Picos ou proximidades há

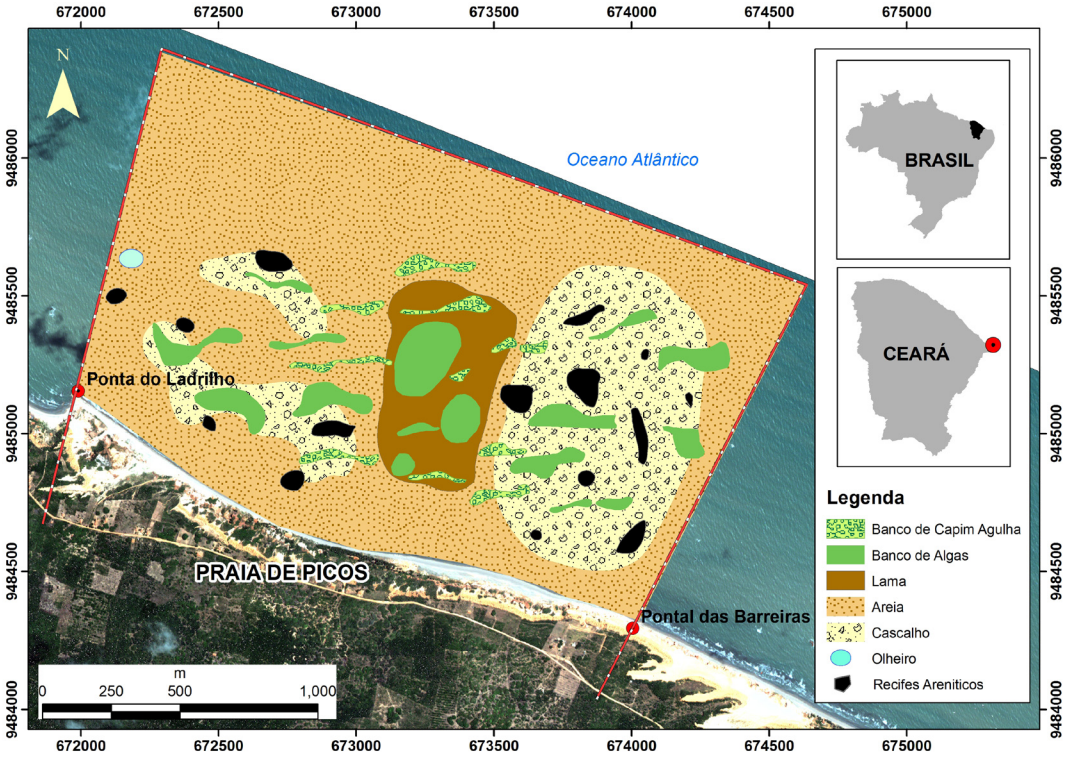


Figura 5. Mapa da praia de Picos, desenvolvido em oficina com pescadores nativos, indicando os recifes areníticos, olheiro, bancos lamosos e locais de bancos de capim agulha e algas.
Figure 5. *Map of Picos beach indicating reefs, scout, muddy banks and local banks needle grass and algae. The map was developed from a workshop with native fishermen.*

pelo menos cinco gerações, devem ser consideradas para medidas de gestão pesqueira e/ou ecossistêmica na região, principalmente por ser a criação de uma AMP uma demanda local.

Além da participação na gestão, é importante que a comunidade seja envolvida nas etapas de zoneamento e categorização da área, e isso deve estar atrelado ao levantamento das características socioambientais através do conhecimento dos usuários dos recursos, evitando mecanismos de gestão *top-down* (Glaser *et al.*, 2010).

Nos últimos anos, estudos científicos sobre a pesca artesanal têm utilizado como fonte de informação os próprios pescadores locais, devido às suas ricas experiências acumuladas, como exemplificado pelo estudo de Batista *et al.* (2011) para uma área marinha protegida em Portugal. Esses indivíduos possuem uma amplitude de saberes e crenças transmitidas culturalmente através de gerações sobre a relação da biosfera (incluindo os humanos) com as variáveis ambientais e oceanográficas (Berkes, 1993; Suuronen *et al.*, 2010).

Os saberes dos entrevistados na área de estudo englobam diversos campos como a sistemática das espécies aquáticas, o comportamento da ictiofauna, taxonomia, padrões reprodutivos, processos de migração das espécies e as teias tróficas. Observa-se assim, como os dados inventariados nesta pesquisa, que são comuns na literatura os relatos de compreensão profunda sobre as características físicas e geológico-atmosféricas (nuvens, ventos, mudança de tempo), as artes de navegação e, sobretudo, da dinâmica dos recursos pesqueiros. Batista *et al.* (2011) observaram a importância do conhecimento local para entendimento do funcionamento do ambiente, redução de conflitos e tomada de decisão mais participativa. Rios *et al.* (2007) abordaram que conjugar o conhecimento científico ao conhecimento tradicional dos pescadores artesanais pode ser uma valiosa ferramenta no manejo da atividade pesqueira de pequena escala, uma vez que a realidade pesqueira pode ser melhor retratada. Scholz *et al.* (2004) demonstraram que o conhecimento local dos pescadores, dentro de uma abordagem geoespacial, é imprescíndivel para o planejamento das áreas marinhas protegidas, que visam desenvolver sustentavelmente a pesca e adotar mecanismos participativos para a tomada de decisão.

3.3. Desenvolvimento sustentável da região e proposição de áreas marinhas protegidas

Em relação à percepção das mudanças socioeconômicas ocorridas na comunidade, cerca de 45% dos entrevistados considera que a qualidade de vida das famílias melhorou ao longo dos anos, e cerca de 45% considera que piorou. Os 10% restantes consideram que não houve mudanças significativas. Contudo, os valores se alteram se considerarmos em separado a opinião de nativos e não nativos. A maioria dos nativos acha que a qualidade de vida melhorou, atribuindo esta melhora à disponibilidade de água canalizada e energia, transporte e

auxílios do governo. Já a piora é atribuída, principalmente, aos problemas associados à pesca. Essa diferença entre as percepções pode estar relacionada ao fato de que os nativos possuem uma perspectiva mais antiga da vida da comunidade, analisando as mudanças desde o tempo de seus pais e avós.

Quase todos os entrevistados (97%) afirmaram gostar de morar em Picos devido à tranquilidade, disponibilidade de alimento, beleza cênica, natureza, convivência com os outros moradores e reuniões religiosas. Porém, também foram citados diversos pontos negativos: problemas associados à pesca, como escassez da lagosta, prática da pesca de compressor, falta de fiscalização, utilização de pesca com estruturas inadequadas fundeadas como atratores (marambaias), que diminuem a qualidade do pescado e são motivo de conflitos com pescadores de outras comunidades; falta de emprego, descaso da prefeitura em relação à saúde; falta de oferta de cursos para os jovens; poucos meios de transporte; difícil acesso à praia; pouco turismo; e falta de algumas áreas preservadas, como as falésias da região (Tabela 1).

As marambaias são recifes artificiais, atualmente feitos com tambores cilíndricos de ferro, pneus, eletrodomésticos e outros objectos que servem para agregação de lagostas, facilitando a captura através do mergulho com compressor. O excessivo número de marambaias particulares está limitando o acesso às áreas de pesca e, de certa forma, "loteando" o espaço marítimo da plataforma continental, pois o pescador que investiu para construí-las considera que tem direitos exclusivos sobre os recursos pesqueiros nela existentes (Salles, 2011). Além de ilegal pela legislação brasileira, a pesca com compressor é feita de maneira perigosa, onde os mergulhadores respiram através uma mangueira conectada a um bujão de gás de cozinha munido de oxigênio e acoplado ao motor da embarcação. Os pescadores muitas vezes não possuem conhecimento das técnicas e medidas de segurança no mergulho, muitos sofrem doenças descompressivas e vários já morreram, segundo relatos locais. Os pescadores artesanais alegam que a pesca com compressor é o motivo da diminuição da produção pesqueira artesanal e devido a conflitos entre os mergulhadores e os pescadores artesanais, a comunidade de Icapuí encontra-se na chamada guerra da lagosta desde a década de 80, a qual já gerou inúmeras mortes (Marinho, 2010).

Nos últimos anos, a pesca irregular e indiscriminada de várias espécies de importância econômica, incluindo a lagosta, vem proporcionando a diminuição dos estoques e da efetividade das capturas pela pesca artesanal. Como conseqüência, temos a diminuição da renda de comunidades pesqueiras que, por sua vez, estimula a sobrepesca e a captura de indivíduos imaturos (Nascimento, 2006).

Pesquisas revelam que o esforço de pesca empregado na captura da lagosta no Brasil se encontra, desde 1972, em níveis superiores ao considerado ótimo para a captura máxima sustentável (Fonteles-Filho *et al.,* 1988; Silva & Rocha, 1999; Barroso, 2012). A produção lagosteira na região analisada (Icapuí, NE Brasil) acompanha a tendência de produção da região costeira do estado do Ceará, caracterizada por um período de oscilação (2001-2006), com uma queda acentuada na produção em 2006. Neste período, a região de estudo (município) produziu em média, 284 toneladas de lagosta por ano. O declínio dos estoques pesqueiros de lagosta está intimamente correlacionado com o excesso de esforço de pesca, tanto de natureza legal quanto ilegal, e com as atividades de pesca ilegal, onde são comercializados indivíduos imaturos (Ivo & Pereira, 1996; Marinho 2010; Salles, 2011; Barroso, 2012). A comunidade analisada faz parte do grupo de comunidades que ainda sustentam a pesca artesanal (feita através de embarcações a velas, redes e armadilhas – manzuás) no litoral brasileiro e a cada ano apresenta menor produção pesqueira (Salles, 2011). A região encontra-se em situação emergencial para a gestão pesqueira. Como medidas de manejo, outras atividades econômicas podem ser incentivadas, de acordo ao interesse dos envolvidos, visando a geração de renda complementar e a diminuição dos conflitos neste setor, como o cultivo de algas e peixes, extração de outros recursos e a agricultura. Cerca de 83% dos moradores de Picos utilizam a agricultura como fonte paralela de renda e subsistência, plantando espécies como feijão, milho e frutas tropicais como melancia, caju e coco. Praticam principalmente agricultura de subsistência e dependem de águas pluviais para manutenção das culturas, pois nos roçados não possuem poço, cisterna ou água encanada. Os pescadores artesanais não raro pertencem a comunidades que possuem histórico de auto-suficiência para muitas de suas necessidades, tais como alimentos e remédios, assim como observado em outras regiões do Brasil (Hanazaki *et al*., 2000).

De acordo com a pesquisa realizada, observa-se o aceite de implantação de AMP e gestão dos recursos visando ao manejo sustentável da pesca, objetivando-se recuperar os estoques pesqueiros e assegurar a sustentabilidade das capturas no futuro. Além disso, todos os entrevistados afirmaram ter interesse na implantação de uma área marinha protegida na região (como uma reserva extrativista marinha) e que estariam dispostos a colaborar com a gestão da mesma (auxiliando em mais estudos de caracterização, etapas de zoneamento, a elaboração do plano gestor e comprometendo-se em cumprir

Tabela 1. Quadro geral sobre os pontos positivos e negativos, mais citados nas entrevistas, da comunidade pesqueira.
Table 1. *Positive and negative aspects most cited in interviews with the fishing community.*

Pontos positivos	**Pontos negativos**
• Tranquilidade	• Problemas associados à pesca
• Biodiversidade	• Falta de emprego
• Beleza cênica	• Má infraestrutura
• Disponibilidade de recursos	• Descaso da prefeitura

as normas definidas para conservação da área), corroborando o modelo de área marinha protegida baseada em uma gestão comunitária (*bottom-up*).

Voyer *et al*. (2012), ao descreverem a participação pública em três casos de áreas marinhas protegidas na Austrália, mostraram que nos casos de sucesso na implementação e gestão de AMPs houve alto nível de engajamento e compromisso da comunidade para com o poder público. Trenouth *et al.* (2012), em estudo sobre áreas marinhas protegidas também realizado naquele país, abordaram que as comunidades e sua percepção podem ser extremamente úteis para avaliar os riscos ambientais e a efetividade do manejo.

Gerhardinger *et al*. (2009), em estudo com nove áreas marinhas protegidas no Brasil demonstraram que apesar da importância do conhecimento ecológico tradicional, a abordagem utilizada é essencialmente científica e não dialógica com os saberes populares dos pescadores artesanais. Bogaert *et al*. (2009) ao relatarem o histórico de criação das áreas marinhas protegidas na Bélgica encontrou abordagem semelhante no início do século XX, com pouca participação pública.

A percepção dos pescadores pode ser usada para o planejamento de AMPs, inclusive devido informações sobre a migração dos recursos pesqueiros (Suuronen *et al*., 2010). Uma abordagem semelhante à usada no presente estudo foi citada por Read *et al*. (2011), acerca da importância do conhecimento local na construção de zoneamentos ambientais para AMPs. Areizaga *et al*. (2012) comentando sobre a eficiência da gestão costeira integrada, utilizou de abordagem sistêmica baseada no conhecimento popular, para a classificação de sistemas ambientais no litoral da Espanha.

Propõe-se, na região analisada, incluindo a região dos ambientes recifais, as falésias e a vila de moradores, a criação de uma AMP de Uso Sustentável que tem como objetivo manter os ecossistemas naturais e regular o uso admissível da área, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação, como uma reserva extrativista ou uma Área de Relevante Interesse Ecológico. A área em questão faz parte de uma região mais abrangente na qual já foram propostas anteriormente criações de AMPs.

Marinho (2010) em pesquisa na região do litoral leste do Ceará observou que uma solução da crise pesqueira seria um modelo de co-gestão do ordenamento pesqueiro, por meio da criação de uma AMP com 2.200 km², a qual beneficiaria 13 comunidades pesqueiras pertencentes aos municípios de Aracati e Icapuí, num total aproximado de 1930 pescadores, incluindo os da área analisada neste estudo. Entretanto, naquela abordagem os pescadores ainda não haviam sido consultados em relação à criação de uma AMP e nem foram envolvidos em etapas de implementação. Voyer *et al.* (2012) argumentaram que a consideração dos diversos pontos de vista, incluindo os grupos minoritários como os pescadores artesanais, é essencial para garantir uma abordagem equitativa e socialmente justa para a criação e gerenciamento de áreas marinhas protegidas.

Ângulo-Valdes & Hatcher (2010) analisaram uma nova classificação das AMPs, onde se observa que a abordagem proposta para esta área no Nordeste Brasileiro traz benefícios para a comunidade (diretos e indiretos) e para os ecossistemas, dentro do conceito holístico das AMPs. Ban *et al.* (2011) em estudo sobre as AMPs com ambientes recifais, afirmam que o primeiro paradigma a ser alcançado para a efetividade destas áreas é o envolvimento e conhecimento da comunidade. Areizaga *et al*. (2012) abordaram que o envolvimento das comunidades, através de uma participação efetiva, é um dos principais objetivos das agendas governamentais com transparência, honestidade e com altos níveis de desempenho em termos de gestão costeira integrada.

Suuronen *et al.* (2010) demonstraram que, na ausência de dados consistentes sobre os recursos e o tipo adequado de AMP segundo o planejamento participativo, há grande probabilidade de ineficiência no estabelecimentos destas áreas marinhas na conservação de estoques pesqueiros. Scholz *et al*. (2004) abordaram que normalmente os pescadores são contrários a AMPs, nas quais se restrinja o acesso total aos recursos pesqueiros (em prol do turismo ou da preservação dos recursos). Entretanto, no caso de AMPs que visem desenvolver de modo sustentável práticas de pesca tradicional, muitas vezes, de grande importância sócio-econômica e na manutenção da cultura, ocorre aceitação por parte da comunidade pesqueira.

Recomenda-se que a unidade de conservação a ser criada, baseie-se num modelo participativo e que seja incluído no Plano de Manejo, além de ações conservacionistas, ações comunitárias de ecoturismo e de agricultura familiar planejada, visando a valorização ambiental, diversificação da atividade econômica e geração de renda local, sempre em parceria com as comunidades e de acordo aos interesses comuns da maioria dos agentes locais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão eficiente das áreas marinhas protegidas, em geral, necessita de uma gestão participativa desde a sua criação. No contexto das áreas costeiras, os pescadores artesanais podem dar uma grande contribuição para o gerenciamento destes ambientes, incluindo a implementação de unidades de conservação, através do compartilhamento das suas experiências sobre a estrutura e o funcionamento dos ambientes marinhos; além disto, o modelo de gestão comunitária deve incluir universidades, organizações não-governamentais, poder público e movimentos sociais. A percepção ambiental dos pescadores aplicados ao zoneamento ambiental e ao entendimento do funcionamento dos serviços ambientais em áreas protegidas pode ser uma grande contribuição na busca da gestão integrada da zona costeira.

AGRADECIMENTOS

Aos moradores da praia de Picos (Icapuí-Ceará) pela colaboração com a pesquisa, à Universidade Federal do Ceará pelo incentivo e à Organização Não Governamental (ONG) Associação de Pesquisa e Preservação de Ecossistemas Aquáticos (Aquasis) pela disponibilização de bibliografia e dados sobre a área em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agardy, M.T. (1994) - Advances in Marine Conservation: The Role of Marine Protected Areas. *Trends in Ecology & Evolution*, 9(7):267-270. DOI:10.1016/0169-5347(94)90297-6

Agardy, M.T. (2000) - Information Needs For Marine Protected Areas: Scientific and Societal. *Bulletin Of Marine Science* (ISSN: 0007-4977), 66(3):875-888. Disponível em http://coral.geog.uvic.ca/cisdemo/sites/default/files/Agardy_information%20needs%20MPAs.pdf

Almeida, L.G. (2010) – *Caracterização das áreas de pesca de lagosta na praia da Redonda, Icapuí – CE*. 93p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/1925/1/2010_dis_lgdealmeida.pdf 10.1016/0169-5347(94)90297-6

Alves, M.D.O. (2007) - *Peixe- Boi Marinho, Trichechus manatus manatus: Ecologia e Conhecimento Tradicional no Ceará e Rio Grande do Norte, Brasil*. 118 p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PB, Brasil. *Não publicado.*

Areizaga, J.; Sanò, M.; Medina, R.; Juanes, J. (2012) - Improving public engagement in ICZM: A practical approach. *Journal of Environmental Management*, 109:123-135. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.05.006

Ban, N.C.; Adams, V.M.; Almany, G.R.; Ban, S.; Cinner, J.E.; McCook, L.J.; Mills, M.; Pressey, R.L.; White, A. (2011) - Designing, implementing and managing marine protected areas: Emerging trends and opportunities for coral reef nations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 408(1-2):21–31. DOI: 10.1016/j.jembe.2011.07.023

Barroso, J.C. (2012) – *Avaliação da pesca da lagosta vermelha (Panulirus argus) e da lagosta verde (Panulirus laevicauda) na plataforma continental do Brasil*. 109p., Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. *Não publicado*.

Batista, M.I.; Baeta, F.; Costa, M.J.; Cabral, H.N. (2011) - MPA as management tools for small-scale fisheries: The case study of Arrábida Marine Protected Area (Portugal). *Ocean & Coastal Management*, 54(2):137-147. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2010.10.032

Begossi, A. (2004) - *Ecologia de pescadores da Mata Atlântica e Amazônica*. 332p., Hucitec Editora, São Paulo, SP, Brasil. ISBN:8527106248.

Berkes, F. (1993) - Traditional knowledge in perspective. *In*: Julian T. Inglis (org.), *Traditional knowledge: concepts and cases*, pp.1-10, International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Ontario, Canada. ISBN: 0-88936-683-7. Disponível em http://books.google.com.br/books?id=J2CNS64AFvsC&lpg=PA1&ots=KzilFkqkMr&dq=Berkes%2C%20F.%20(1993)%20-%20Traditional%20knowledge%20in%20perspective&lr=lang_en&hl=pt-BR&pg=PP1#v=onepage&q&f=false

Bogaert, D.; Cliquet, A.; Maes, F. (2009) - Designation of marine protected areas in Belgium: A legal and ecological success?. *Marine Policy*, 33(6):878–886. DOI: 10.1016/j.marpol.2009.04.020

Cervigón, F.M. (1996) - *Los peces marinos de Venezuela*. 254p., Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. ISBN: 980-6028-17-1

Cinner, J.E.D. (2007) - Designing marine reserves to reflect local socioeconomic conditions: lessons from long-enduring customary management systems. *Coral Reefs*, 26(4):1035–1045. DOI: 10.1007/s00338-007-0213-2

Cruz, R.; Conceição, R.N. de L.; Marinho, R.; Barroso, J.C.; Holanda, J.S.; Félix, C.S.; Martins, M.E.O.; Santos, F.S.; Araújo Silva, K.C.; Furtado-Neto, M.A.A.; Pereira da Costa, F.A.; Garcez, D.S.; Torres, M.T. (2011) - *Metodologias de amostragem para avaliação das populações de lagosta: plataforma continental do Brasil*. 142p., UFC / LABOMAR / NAVE, UH, CIM, Fortaleza, CE, Brasil. ISBN: 978857563872

Eggleston, D.B.; Lupclus, R.N.; Miller, D.L. (1992) - Artificial shelters and survival of juvenile Caribbean spiny lobster Panulirus argus: Spatial, habitat, and lobster size effects. *Fishery Bulletin* (ISSN: 0090-0656), 90(4):691-702. Disponível em http://fishbull.noaa.gov/904/eggleston.pdf

Fonteles-Filho, A.A; Ximenes, M.O.C.; Monteiro, P.H.M. (1988) - Sinopse de informações sobre as lagostas Panulirus argus (Latreille) e P. laevicauda (Latreille) (Crustacea: Palinuridae), no Nordeste do Brasil. *Arquivo Ciências do Mar* (ISSN 0374-5686), 27:1-19, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.labomar.ufc.br/images/stories/arquivos/ArqCienMar/V27_1988/acm_1988_27_1_01.pdf

Gadig, O.B.F.; Bezerra, M.A. Feitosa, R.D.; Furtado-Neto, M.A.A. (2000) - Ictiofauna marinha do Ceará, Brasil: I. Elasmobranchii. *Arquivos de Ciências do Mar* (ISSN 0374-5686), 33:127-132, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.labomar.ufc.br/images/stories/arquivos/ArqCienMar/V33_2000/acm_2000_33_17.pdf

Game, E.T.; Bode, M.; McDonald-Madden, E.; Grantham, H.S.; Possingham, H.P. (2009) - Dynamic marine protected areas can improve the resilience of coral reef systems. *Ecology Letters*, 12(12):1336–1346. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2009.01384.x

Gerhardinger, L.C.; Godoy, E.A.S.; Jones, P.J.S. (2009) - Local ecological knowledge and the management of marine protected areas in Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 52(3-4):154–165. DOI :10.1016/j.ocecoaman.2008.12.007

Glaser, M.; Baitoningsih, W.; C.A. Ferse, S. C. A.; Neil, M.; Deswandi, R. (2010) - Whose sustainability? Top–down participation and emergent rules in marine protected area management in Indonesia. *Marine Policy*, 34(6):1215–1225. DOI: 10.1016/j.marpol.2010.04.006

Hanazaki, N.; Tamashiro, J.Y.; Leitão-Filho, H.F.; Begossi, A. (2000) - Diversity of plant uses in two Caiçara communities from Atlantic Forest coast, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 9(5):597-615. DOI: 10.1023/A:1008920301824

Heck, N.; Dearden, P.; McDonald, A. (2012) - Insights into marine conservation efforts in temperate regions: Marine protected areas on Canada's West Coast. *Ocean & Coastal Management*, 57:10-20. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2011.11.008.

Ivo, C. T. C., Pereira, J. A. (1996) - Sinopse das principais observações sobre as lagostas Panulirus argus (Latreille) e Panulirus laevicauda (Latreille) capturadas em águas costeiras do Brasil, entre os estados do Amapá e do Espírito Santo. *Boletim Técnico Científico CEPENE* (ISSN: 0104-6411), 4(1):7-94, Tamandaré, PE, Brasil. Disponível em http://www4.icmbio.gov.br/cepene/index.php?id_menu=51&arquivo=modulos/boletim/res.php&id_arq=26

Jamieson, G.S.; Levings, C.O. (2001) - Marine protected areas in Canada: implications for both conservation and fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1):138–156. DOI: 10.1139/f00-233.

Kelleher, G. (1999) - *Guidelines for Marine Protected Areas*. 107p., IUCN - International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Cambridge, U.K. ISBN: 2-8317-0505-3. Disponível em http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/PAG-003.pdf.

Kenchington, R. (2010) - Strategic roles of marine protected areas in ecosystem scale conservation. *Bulletin of Marine Science* (ISSN 0007-4977), 86(2):303–313, University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami, FL, U.S.A. Disponível em http://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2010/00000086/00000002/art00011

Marinho, R.A. (2010) – *Co-gestão como ferramenta de ordenamento para a pesca de pequena escala do litoral leste do Ceará – Brasil*. 225p., Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/handle/123456789/1418?mode=full

Menezes, N. A; Figueiredo, J. L. (1985) - *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: V Teleostei*. 154p., Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9000000470026.

Morais, J.O.; Freire, G.S. (2003) - Plataforma Continental-As Unidades Geoambientais. Diagnóstico Geoambiental. In: Campos, A. Alves (org.), *A Zona Costeira do Ceará: Diagnóstico para a gestão Integrada*, pp. 40-41, Aquasis, Fortaleza, CE, Brasil. ISBN: 85-89491-01-3.

Nascimento, R.C. (2006) - Impactos Sócio-Ambientais de Marambaias para a pesca de Lagosta: O Caso de Ponta Grossa, Icapuí-CE. *Revista Mercator* (ISSN 1984-2201), 5(9):133, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273620669021

Oliveira, L. (2002) - A percepção da qualidade ambiental. *Caderno de Geografia* (ISSN: 0103-8427), 12(18):29-42, Minas Gerais, BH, Brasil.

Ransom, K.P.; Mangi, S.C. (2010) - Valuing Recreational Benefits of Coral Reefs: The Case of Mombasa Marine National Park and Reserve, Kenya. *Environmental Management*, 45(1):145–154. DOI: 10.1007/s00267-009-9402-9

Read, A.D.; West, R.J.; Haste, M.; Jordan, A. (2011) - Optimizing voluntary compliance in marine protected areas: A comparison of recreational fisher and enforcement officer perspectives using multi-criteria analysis. *Journal of Environmental Managemen*t, 92(10):2558-2567. DOI: 10.1016/j.jenvman.2011.05.022

Rios, L.V.; Salas,S.; Bello-Pineda, J.; Peniche, I.A. (2007) - Distribution patterns of spiny lobster (*Panulirus argus*) at Alacranes reef, Yucatan: spatial analysis and inference of preferencial habitat. *Fisheries Research*, 87(1):35–45. DOI: 10.1016/j.fishres.2007.06.021

Salles, R. (2011) - *Avaliação econômica e ambiental dos sistemas de pesca utilizados nos municípios de Aracati e Icapuí, subsídios para a gestão*. 144p.,Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/1420/1/2011-tese-rsalles.pdf

Scholz, A.; Bonzon, K.; Fujita, R.; Benjamin, N.; Woodling, N.; Black, P.; Steinback, C. (2004) - Participatory socioeconomic analysis: drawing on fishermen's knowledge for marine protected area planning in California. *Marine Policy*, 28(4):335–349. DOI: 10.1016/j.marpol.2003.09.003

Silva, S.M.M.C.; Rocha, C.A. (1999) - Embarcações, aparelhos e métodos de pesca utilizados nas pescarias de lagosta no Estado do Ceará. *Arquivo de Ciências do Mar* (ISSN 0374-5686), 32:7-27, Fortaleza, CE, Brasil. Disponível em http://www.labomar.ufc.br/images/stories/arquivos/ArqCienMar/V32_1999/acm_1999_32_01.pdf

Silvano, R.A.M.; Begossi, A. (2012) - Fishermen's local ecological knowledge on Southeastern Brazilian coastal fishes: contributions to research, conservation, and management. *Neotropical Ichthyology*, 10(1):133-147. DOI: 10.1590/S1679-62252012000100013.

Suuronen, P.; Jounela, P.; Tschernij, V. (2010) - Fishermen responses on marine protected areas in the Baltic cod fishery. *Marine Policy*, 34:237–243. DOI: 10.1016/j.marpol.2009.07.001

Trenouth, A.L.; Harte, C.; Heer, C.P.; Dewan, K.; Grage, A.; Primo, C.; Campbell, M.L. (2012) - Public perception of marine and coastal protected areas in Tasmania, Australia: Importance, management and hazards. *Ocean & Coastal Management*, 67:19-29. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2012.04.007

Voyer, M.; Gladstone, W.; Goodall, H. (2012) - Methods of social assessment in Marine Protected Area planning: Is public participation enough?. *Marine Policy*, 36(2):432–439. DOI: 10.1016/j.marpol.2011.08.002

Anexo 1

QUESTIONÁRIO SÓCIO-AMBIENTAL

1. Perfil Geral

Idade _____ Sexo ( ) M ( ) F
Origem ( ) Nativo ( ) Não Nativo
Mora há quanto tempo em Picos? _____
Quantas pessoas moram na mesma casa? _____

2. Perfil Sócio-Econômico e Ambiental

Com o que você trabalha? Com que frequência? Apenas em Picos?
Como você utiliza a praia de Picos?
O que vocês pescam? Quais outros animais vocês observam na praia de Picos?
Que plantas vocês cultivam? Para que?
Quais animais vocês criam para comer?
Você gosta de morar em Picos? O que tem de bom em Picos?
Picos mudou ao longo dos anos? ( ) Sim ( ) Não; ( ) Melhorou ( ) Piorou
Quais os problemas daqui?
O que você acha do turismo? ( ) Bom ( ) Ruim ( ) Tanto faz

3. Perfil Gestor

Você gostaria que a praia de Picos fosse uma área ambiental protegida?
Você estaria disposto a colaborar com a gestão (cuidar) da UC ? De que forma?

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):205-214 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):205-214 (2013)

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-345_Zacarias.pdf | DOI:10.5894/rgci345

Avaliação da capacidade de carga turística para gestão de praias em Moçambique: o caso da Praia do Tofo *

Tourism carrying capacity assessment for beach management in Mozambique: the case of Praia do Tofo

Daniel Augusta Zacarias [1]

RESUMO

Os recursos costeiros constituem componente principal para o desenvolvimento de atividades recreativas. Entretanto, com o incremento destas atividades, as praias se vão transformando em espaços de congestão humana que resulta na degradação dos ecossistemas locais e da capacidade de absorção dos impactos da comunidade circunvizinha, exigindo, deste modo, a introdução de práticas de gestão mais apropriadas e direcionadas à gestão dos recursos. Considerando que a gestão de visitantes em espaços costeiros deve ser rigorosamente planeada para se alcançarem os objetivos de conservação e gestão dos recursos e ao mesmo assegurar que os turistas alcançam uma experiência positiva e satisfazem as suas expectativas em relação ao destino turístico, a determinação do número apropriado de pessoas que cada praia pode suportar é considerada uma tarefa primordial. Neste sentido, este artigo apresenta os resultados de avaliação da capacidade de carga turística da Praia do Tofo (aplicada para dois cenários) através da aplicação do Modelo de Avaliação da Capacidade de Carga idealizado por Cifuentes (1992), fundamentado em trabalho de campo, contagem de turistas e questionários, os resultados sugerindo que a praia do Tofo tem capacidade para acolher entre 896 e 447 turistas por dia sem deturpar as condições naturais e ecológicas prevalecentes.

Palavras-chave: turismo, capacidade de carga, gestão de praias, Praia do Tofo

ABSTRACT

Coastal zones are important areas for recreational activities and are determinants of extensive tourist flows all over the World. Unfortunately these flows are a source of negative impacts in recreational settings resulting in beach overcrowding, beach erosion and degradation of coastal ecosystems. As such, beaches are being transformed into places of human congestion that results in degradation of local ecosystems and reduction of the capacity of the surrounding communities to absorb the impacts of tourism, thus requiring the introduction of more appropriate management practices directed to resources management. As coastal ecosystems have considerable impact on well-being, their sustainable management is also important. As such, ensuring human and ecosystem well-being in beaches is an important matter, especially considering that the amount of people living or using the coast is increasing year after year. With a heavy presence of humans in coastal recreational settings, the complexity of these habitats is affected and the management of visitors needs to be carefully planned in order to achieve the objectives of conservation and resource management and to ensure that tourists reach a positive experience and meet their expectations about the destination. Considering the sensitivity of coastal recreational settings, determining the appropriate number of people which can be supported at each individual beach is considered a primary task. This paper is an attempt to respond to this issue by presenting the results of a tourism carrying capacity study developed at Praia do

1 - Escola Superior de Hotelaria e Turismo de Inhambane. E-mail: Zacarias danieldream15@yahoo.com.br

** Submission: July 27, 2012; Evaluation: August 31, 2012; Reception of revised manuscript: May 22, 2013; Accepted: June 25, 2013; Available on-line: June 28, 2013*

Tofo (southern Mozambique) by means of applying a combination of the Framework for Carrying Capacity Assessment as the guiding tool and several indicators for each category of carrying capacity (physical, real and effective carrying capacity). The field work was conducted at Praia do Tofo Beach in southern Mozambique from August 08th to September 15th 2010, involving measurement of the available area for leisure, tourists counts, direct interviews to tourists and evaluation of the infrastructural quality that support recreational activities. Based on two scenarios of beach utilization for tourists/ recreationists (5m² and 10m² per user), results indicate that the physical carrying capacity (considering as indicators the amount of land in m² available for leisure, beach utilization and the rotation factor) limits the number of tourists/ recreationists to 57298 and 28649 visits/day (scenario 1 and 2 respectively) and the real carrying capacity (based on the real carrying capacity and correction factors – rainy and windy days, period of the year without sunshine and visual water quality) restrained beach utilization to 1,414 and 706 tourists/recreationists per day. Considering these parameters and the indicators of the management capacity (beach sanitation, parking facilities, beach accessibility, lifesaving facilities and the presence of domestic animals at the beach), the effective carrying capacity indicates that this beach can support a range of 896 and 447 tourists/recreationists a day (scenario 1 and 2 respectively) without distorting the prevailing natural and ecological conditions.

***Keywords**: tourism, carrying capacity, beach management, Tofo beach*

1. INTRODUÇÃO

As áreas costeiras constituem ambientes preciosos para o estabelecimento de assentamentos humanos e atividades de desenvolvimento, principalmente o turismo. Tal como sugerido pelo Relatório Mundial de Recursos 2000-2001, as margens continentais são regiões de elevada produtividade biológica e boa acessibilidade, tendo sido centros de atividades humanas por milénios (UNDP *et al.*, 2000). Como resultado, cerca de 40% da população mundial reside nos primeiros 100 km da linha costeira (apenas 22% da terra firme planetária), e as projeções assumem um crescimento para cerca de 75% em 2025 (Finkl & Kruempfel, 2005). Este cenário, associado às projeções de crescimento do turismo, coloca as áreas costeiras em perigo de degradação em ritmo cada vez maior, principalmente como resultado da associação dos impactos gerados pelas comunidades autóctones e dos turistas, resultando, por conseguinte, na deterioração das condições atuais e completa alteração da capacidade de carga destas áreas.

Como referem Burke *et al.*, (2000), globalmente cerca de três biliões de pessoas vive na faixa costeira, aumentando em certas épocas do ano (especialmente no verão), com alguns países e regiões duplicando a sua população devido ao turismo. De forma ilustrativa, a costa mediterrânea acolhe cerca de 298 milhões de turistas internacionais e 400 mil turistas domésticos todos os anos (Weigert, 2012; Drakos & Kutan, 2008, Perry, 2000); o estado da Flórida (nos Estados Unidos) recebe cerca de 85 milhões de turistas (Houston, 2002, Dimanche & Lepetic, 1999); o Brasil recebe 40 milhões de turistas e na faixa costeira duplica a sua população no verão (Becker, 2001), as Caraíbas recebem cerca de 10 milhões de turistas (Hinrichsen, 1999) e a cidade do Cabo recebe cerca de 49% dos fluxos turísticos que se dirigem para a África do Sul (Ballance *et al.*, 2000). Com este potencial demonstrado pelas áreas costeiras, o principal desafio é a busca de soluções para integração dos fluxos turísticos e salvaguarda dos ecossistemas e valores culturais existentes nesta faixa, especialmente nos países com elevado potencial de atração turística, como é o caso de Moçambique.

Considerando que a beleza e a qualidade ambiental dos destinos turísticos são os principais fatores de atração dos segmentos costeiros (Manning, 1998), a implementação de estratégias apropriadas para gestão das atividades turísticas em praias constitui a base para gestão sustentável dos recursos e integração das aspirações comunitárias. Para o caso de Moçambique, a avaliação da capacidade de carga turística de praias se afigura primordial, especialmente considerando a visão e interesse de "fazer do turismo de praia e mar uma das fontes para a contribuição na economia nacional numa base de práticas mundialmente aceites e ambientalmente sustentáveis" (MICOA, 2007:25). Considerando este pressuposto e a necessidade de gestão sustentável de ecossistemas comuns, este artigo pretendea presentar os resultados da avaliação da capacidade de carga turística da praia do Tofo como contributo para gestão sustentável do ambiente costeiro.

2. BREVE DISCUSSÃO DO CONCEITO DE PRAIA E CAPACIDADE DE CARGA

2.1. A praia como destino turístico

A abordagem científica define praias como "zonas de material não consolidado que se estendem desde a linha de maré baixa até ao local onde se dá a alteração brusca dos materiais ou das formas fisiográficas ou até à linha de vegetação permanente" (Shore Protection Manual, 1984 *apud* Zacarias *et al.*, 2011:1075). Estas áreas constituem importante fonte de receitas para muitos países devido ao crescimento absoluto do turismo que direciona as pessoas para a faixa costeira para usufruir da natureza, escapar à congestão urbana e para relaxar (Vaz *et al.*, 2009, Williams & Micallef, 2009).

Como referem Silva *et al.*, (2012), "em todo o mundo as praias com as suas diversas possibilidades de usos recreacionais, além do seu valor cénico e ecológico, constituem uma das principais motivações para vultuosos investimentos". Integradas no conceito de turismo de sol e praia, as praias apresenta elevada sazonalidade de ocupação, "explicada fundamentalmente pelas características próprias do produto que se comercializa" (Sanchez & Garcia, 2003), o que implica que o nível de utilização se concentra nos períodos que podem satisfazer as expetativas de desfrute das mesmas, como os meses mais quentes, com menos vento e sem chuva (Morgan *et al.*, 1993, Jędrzejczak, 2004, Hamilton, 2007; Mansfeld *et al.*, 2007).

Embora seja uma fonte de renda, a gestão do turismo de praia ainda não tem destaque na literatura económica (Hall,

1997), tendo alguma expressão na literatura ecológica. Com o aumento dos fluxos de visitantes, a pressão sobre as condições físicas, socioeconómicas e culturais também aumentam, exigindo, deste modo, a integração das necessidades de todos os *stakeholders* no processo de planeamento sustentável, que segundo Papageorgiou & Brotherton (1999) resulta na avaliação da capacidade de carga, um conceito fundamental para provisão de alternativas para gestão da interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

2.2. Avaliação da capacidade de carga e gestão costeira

Em sequência ao anteriormente descrito, "*o planeamento turístico deve ser direcionado de uma maneira ambientalmente sustentável, assegurando que a sociedade garanta sua sobrevivência sem exceder a capacidade do ambiente, pois é deste que provêm os recursos e o contexto para a economia e o desenvolvimento social*" (Oliveira, 2010:62). Neste sentido, a capacidade de carga assume um papel fundamental para gestão ambiental, especialmente em áreas sensíveis como é o caso de praias. Embora o debate atual imponha reservas em relação à validade deste conceito (McCool & Lime, 2001; Mcleod, 1997), diversas são as opiniões de académicos e investigadores que defendem a necessidade de sua determinação (Butler, 1996, Brown *et al*., 1997; De Ruyck *et al*., 1997, Pereira da Silva, 2002).

Definida como "*o número máximo de pessoas que pode visitar, em simultâneo, determinado destino turístico sem destruir as condições físicas, ecológicas, económicas e socioculturais e sem causar redução inaceitável da satisfação dos visitantes*" (OMT, 1981), a avaliação da capacidade de carga é utilizada para avaliar o impacto do turismo no espaço e no ambiente, sendo um mecanismo para estabelecimento de padrões de sustentabilidade do turismo (Lim, 1998; Jovicic & Dragin, 2008). A sua determinação requer informação relacionada com os recursos e a infraestrutura disponível, sendo extremamente influenciada pela sazonalidade, período do dia, qualidade dos recursos explorados, equipamentos existentes e a satisfação dos utilizadores (Clark, 1996; Ceballos-Lascurain, 1998).

Embora a capacidade de carga revele o número ótimo de visitantes que determinado destino pode acolher, esta deve ser considerada como o ponto em que a infraestrutura/superestrutura e as condições naturais se tornam insuficientes para satisfazer as necessidades da população residente e dos turistas, originando assim impactos negativos (Coccossis & Parpairis, 1999; Batta, 2000; Coccossis, 2004; Kallis & Coccossis, 2004).

O crescente interesse em relação à capacidade de carga é derivado do crescimento exponencial do turismo em combinação com o crescente aumento da consciência ambiental (MacLeod & Cooper, 1992), sendo particularmente importante para a gestão de áreas costeiras que enfrentam mudanças bruscas como resultado da pressão demográfica (Kay & Alder, 1999). Entretanto, a validade do conceito de capacidade de carga turística tem sido questionada, devido à elevada subjetividade associada à definição do número ótimo de utilizadores (MacLeod & Cooper, 1992; Crofts & Mather, 2001), um argumento que se enquadra no pressuposto de que a determinação da mudança aceitável constitui "um julgamento social baseado em aspetos científicos, mas desenvolvido considerando a envolvente política e ética (McCool & Lime, 2001).

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

3.1. Caracterização da área de estudo

A Praia do Tofo (Figura 1) constitui um segmento costeiro enquadrado na faixa costeira a oeste da cidade de Inhambane e integrada na área prioritária para investimentos turísticos (APIT) que se estende do distrito de Zavala ao distrito de Massinga (MITUR, 2003). É uma praia com características rurais, natural e dominada por ondas com uma amplitude média de maré inferior a 3 metros (Hoguane, 2007), protegida por maciços recifes de coral existentes a alguns metros *onshore*. Esta praia foi descoberta durante o regime colonial durante os anos 60, tendo as primeiras habitações de veraneio sido implantadas na década de 70. A tendência de ocupação do espaço na Praia do Tofo foi interrompida entre 1986 e 1992 devido à instabilidade política, tendo o processo reiniciado em 1994 através do investimento estrangeiro (maioritariamente sul-africano) que implantou hotéis, *lodges*, bares e escolas de mergulho na região.

A Praia do Tofo é uma praia semi-encaixada (Oliveira, 2006), uma vez que se encontra abrigada por um promontório apresentando uma forma assimétrica, sendo constituída por uma zona de sombra próxima do promontório, protegida da ação direta das ondas e fortemente curvada, e a outra extremidade relativamente retilínea. Segundo Francisco (2008) este espaço caracteriza-se por ser uma praia oceânica maioritariamente arenoa e com dunas, apresentando algumas rochas, vegetação pioneira (rasteira), vegetação antropogénica e arbórea e habitações de material convencional e de alvenaria (Figura 1).

3.2. Metodologia de avaliação da capacidade de carga

A capacidade de carga turística foi determinada com base na adaptação e aplicação do modelo de avaliação da capacidade de carga em áreas protegidas desenvolvido por Cifuentes (1992). Este modelo busca estabelecer o limite aceitável de visitas que determinado destino turístico pode suportar com base nas condições físicas, biológicas e ecológicas da área, considerando três níveis principais: a capacidade de carga física, a capacidade de carga real e a capacidade de carga efetiva (Cifuentes *et al*., 1996; 1999). Para a sua aplicação é importante considerar os fluxos turísticos, o tamanho do destino, o espaço ótimo disponível para cada turista se movimentar livremente e o intervalo de tempo gasto em média por cada turista no destino. Considerando as variáveis acima apresentadas, a capacidade de carga da área de estudo foi determinada seguindo três etapas principais (Figura 2):
Com base neste modelo, a capacidade de carga física (CCf) é definida como o número máximo de visitantes que se podem acomodar em determinada área, em determinado tempo específico, sendo calculada com base na aplicação da Equação 1:

$$CCf = \frac{A}{A_u} \times F_r \quad (1)$$

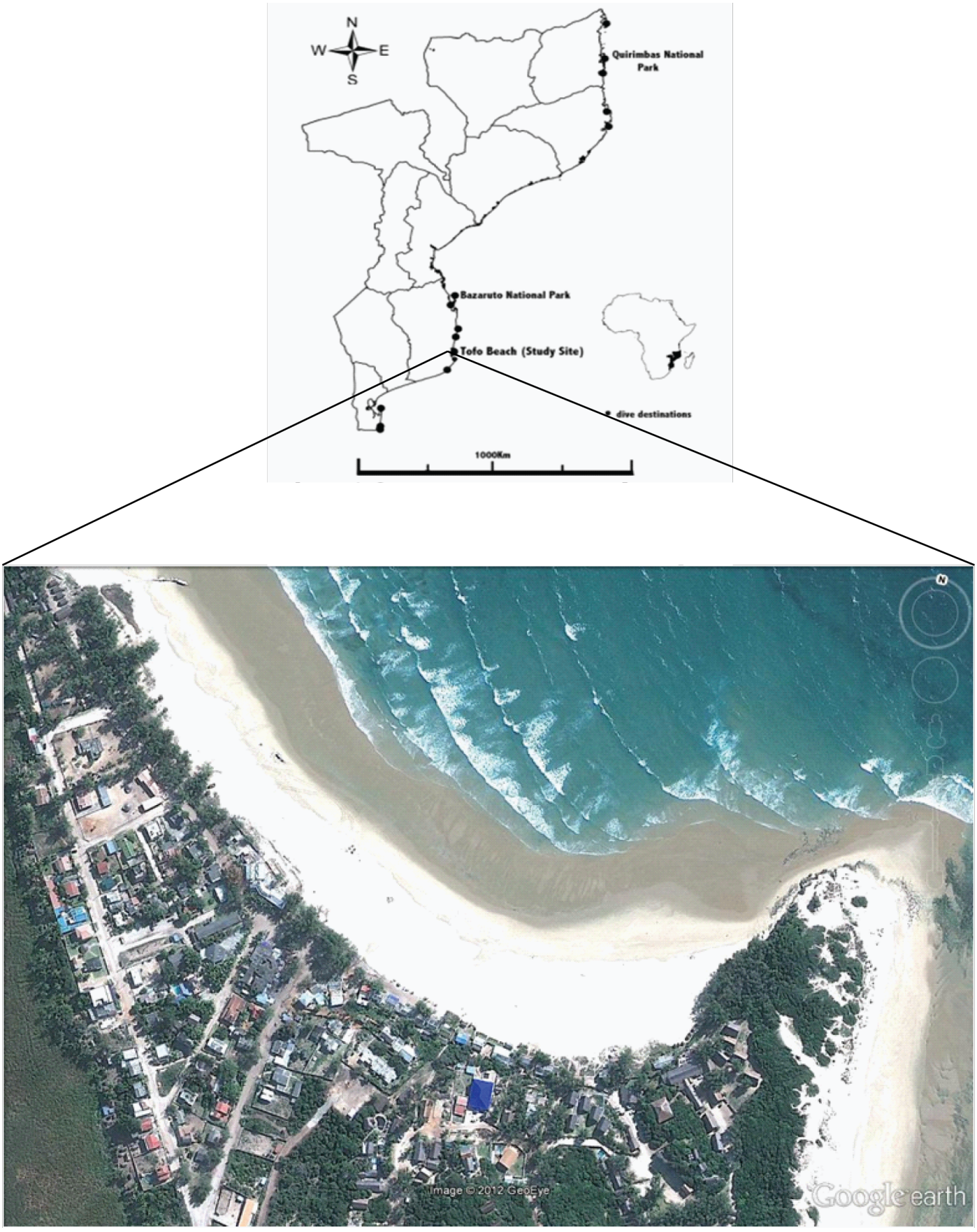


Figura 1. Localização espacial da área de estudo (imagem Google Earth)
Figure 1. *Geographic location of the study area (Google Earth image)*

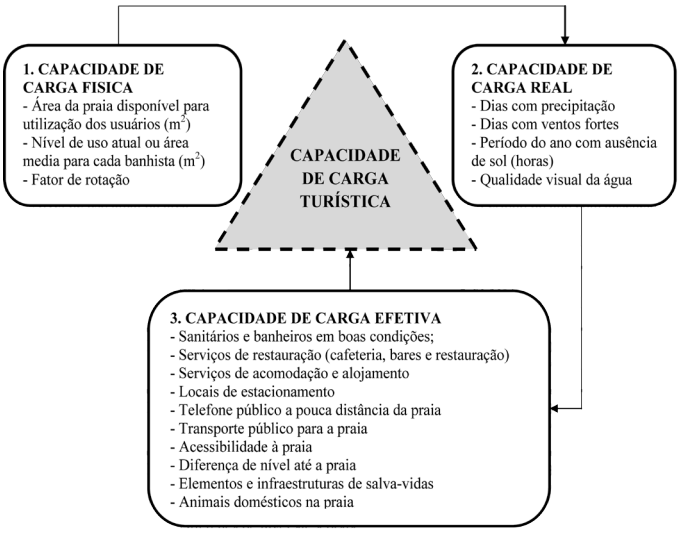


Figura 2. Etapas e variáveis de capacidade de carga adotadas neste estudo (Adaptado de Cifuentes, 1992)
Figure 2. *Steps and carrying capacity variables adopted in this study (Adapted from Cifuentes, 1992)*

Onde:

CCf = capacidade de carga física

A = tamanho da área de estudo

A_u = área disponível para cada utilizador

F_r = fator de rotação ou período médio de tempo de permanência de cada visitante na praia. Dados os constrangimentos impostos pela brevidade de execução do trabalho de campo, este valor não foi determinado, tendo sido adaptado de Silva et al. (2008) e De Ruyck et al. (1997), cujos estudos foram desenvolvidos em ambientes similares.

Uma vez determinada a CCF, foi necessário determinar a capacidade de carga real (CCr), ou seja o número máximo permissível de pessoas num determinado espaço após a incorporação de factores de correção (variáveis físicas, ambientais, ecológicas, sociais e de maneio) derivados das características intrínsecas do destino. Este procedimento deriva do facto a visita a determinada praia ser restringida por factores como a qualidade de água, insolação, acessibilidade, velocidade do vento, precipitação, dentre outros. Assim, a capacidade de carga foi calculada com base na Equação 2:

$$CCr = CCf \times (fc1 \times fc2 \times fc3 \times ... fcn) \quad (2)$$

Onde:

CCr = capacidade de carga real

CCf = capacidade de carga física

fc = fatores de correção ou fatores restritivos da capacidade de carga ou visita a determinado espaço, determinados pela Equação 3:

$$Fc_x = \frac{Ml_x}{Mt_x} \quad (3)$$

Onde:

Fc_x = fator de correção da variável x

Ml_x = magnitude limitante da variável x

Mt_x = magnitude total da variável x

Foram considerados fatores de correção da capacidade de carga neste estudo a precipitação, dias com ventos fortes, insolação (ausência) e qualidade visual da água. Após a determinação da CCr, calculou-se a capacidade de carga efectiva, ou seja, o número máximo de visitantes que o destino pode suportar considerando a CCR e a capacidade de gestão (Cg), ou seja, "a média das condições que a administração da área necessita ou dispõe para poder cumprir na íntegra as suas funções e objectivos" (Amador *et al.*, 1996:19). Para calcular a CCe foi aplicada a Equação 4:

$$CCe = CCr \times Cg \quad (4)$$

Onde:

CCe = capacidade de carga efectiva

CCr = capacidade de carga real

Cg = capacidade de gestão, determinada a partir da avaliação da infraestrutura de apoio à gestão de praias (acesso, estacionamento, contentores de lixo, chuveiros e banheiros). Neste estudo, o processo de avaliação da capacidade de gestão fundamentou-se na análise dos indicadores apresentados no Tabela 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medições de campo indicam que a Praia do Tofo ocupa, em maré baixa, uma área aproximada de 94496m², tendo fluxos turísticos concentrados na época quente (Setembro a Fevereiro) e na semana de Páscoa, embora seja possível encontrar turistas ao longo de todo o ano em resultado das temperaturas amenas do canal de Moçambique (temperaturas médias da água iguais ou superiores a 25ºC). Os resultados de contagem de turistas indicaram uma tendência de ocupação dos espaços localizados na retaguarda e no núcleo central da praia, facto que pode ser motivado pela existência de árvores de sombra que protegem os veraneantes do sol e pela prática de algumas atividades típicas destes ambientes como banhos de sol, passeio na areia e desportos de areia.

Com base na dimensão da área de estudo (94496m²) e num factor de rotação igual a 3 (de Ruyck *et al.*, 1997; Silva *et al.* 2008), a capacidade de carga física da Praia do Tofo (determinada para dois cenários de utilização: 5m² e 10m² por utilizador) resultou numa variação entre 57298 pessoas/ dia e 28649 pessoas/ dia. Embora exorbitantes, estes números são demasiado teóricos e indicam, apenas, o número cumulativo de pessoas que pode ocupar a praia num dia considerando a divisão da mesma em polígonos de

Tabela 1. Indicadores de qualidade de gestão aplicados na avaliação da capacidade de carga efetiva na Praia do Tofo (adaptado)
Table 1. *Indicators of the management capacity applied to assess the effective carrying capacity at Praia do Tofo (adapted)*

Indicadores	Grau de atratividade		
	Baixo (1)	**Médio (2)**	**Alto (3)**
Sanitários e banheiros em boas condições	Ausentes	Poucos	Adequados
Serviços de restauração (cafeteria, bares e restauração)	Ausentes	Poucos	Adequados
Serviços de acomodação e alojamento	Ausentes	Poucos	Adequados
Locais de estacionamento	Ausentes	Poucos	Adequados
Telefone público a pouca distância da praia	Ausentes	Poucos	Adequados
Transporte público para a praia	Ausente	Restrito	Adequado
Acessibilidade à praia	Inadequado	Adequado (não pavimentado	Adequado (pavimentado)
Diferença de nível até a praia	Desnível com escadas ou rampa inadequada	Desnível com escada ou rampa adequadas	Sem desnível
Elementos e infraestruturas de salva-vidas	Ausentes	Poucos	Quantidade adequada
Animais domésticos na praia	Frequentes	Pouco frequentes	Ausentes

Fonte: Adaptado e melhorado de Silva et al. (2012)
Source: *Adapted and improved from Silva et al. (2012)*

5m^2 e 10m^2 para os cenários 1 e 2, respectivamente. Como referem Aranguren *et al*. (2008), os valores da capacidade de carga física não podem ser tomados como indicadores para a planificação e gestão de praias, uma vez que a simples existência de espaço não constitui fator fundamental para o desenvolvimento do turismo, devendo ser equacionados outros aspectos que condicionam ou limitam o exercício das actividades de veraneio como os parâmetros ecológicos e naturais. Deste modo, a incorporação dos fatores de correção se afigura importante uma vez que expressam as várias condicionantes ao desenvolvimento das atividades dos veraneantes, ou seja, são factores que revelam as condições para a prática da actividade turística.

Dados retirados de Reddy (1986) e Westerink (1996), indicam que Moçambique possui cerca de 120 dias de precipitação ao ano, 90 dias de ventos moderados a fortes e 4380 horas de insolação adequada para turismo, enquanto observações visuais indicam que a área de estudo enfrenta uma semana por ano em que a qualidade de água é reduzida devido ao fenómeno do *upwelling*. Com estes dados, os fatores de correção foram determinados segundo a Tabela 2:

Com base nestes indicadores, a capacidade de carga real da área de estudo resultou em 1414 pessoas/ dia (cenário 1) e 706 pessoas/ dia (cenário 2), o que revela que embora uma certa quantidade de turistas possa ser fisicamente contida na praia, o seu grau de interação com fenómenos ou atributos

Tabela 2. Fatores de correção da capacidade de carga real e sua importância na Praia do Tofo.
Table 2. *???*

Fatores de restrição	Magnitude limitante (Mlx)	Magnitude total (Mtx)	Fator de correção Cf = 1- (Mlx/ Mtx)
Precipitação	120 dias/ ano	365 dias	0.6712
Ventos fortes	90 dias/ ano	365 dias	0.75
Qualidade de água	7 dias/ ano	365 dias	0.098
Ausência de insolação	4380 horas/ ano	8760 horas	0.5

Fonte: Elaborada pelo autor com base na aplicação da Equação 3

naturais determina a redução da qualidade do destino, ou seja, à medida que o número de turistas aumenta, aumenta também a sensação de congestão, a capacidade de recuperação da praia reduz e a qualidade ambiental gradualmente decresce (Aranguren *et al.*, 2008).

Considerando que a Praia do Tofo se enquadra numa área prioritária para investimentos turísticos e é uma praia aberta para turismo de massas, é de se esperar que esteja provida de equipamentos que apoiem o desenvolvimento das atividades turísticas e possam aumentar o grau de satisfação dos visitantes. Entretanto, a avaliação dos indicadores apresentados na Tabela 1, acima, revela uma situação diferente da esperada, na medida em que alguns indicadores não estão disponíveis ou não são adequados ao desenvolvimento sadio de atividades turísticas.

Os resultados da Tabela 3 revelam que a capacidade de gestão na Praia do Tofo é de 63.3%. Integrada esta capacidade à capacidade de carga real, a capacidade de carga efetiva da Praia do Tofo (após aplicação da Equação 4) resultou num número máximo permissível de 896 e 447 turistas por dia (cenário 1 e 2, respetivamente), como ilustra a Tabela 4.

Anteriormente foi definido que determinar o número permissível de visitantes em determinado destino turístico não constitui o ponto final para a sua gestão. Obviamente, os impactos negativos advindos de determinada atividade não dependem em grande medida do número de pessoas que a realizam, mas da forma como estas atividades são realizadas. Neste sentido o impacto causado por 447 pessoas pode em determinadas circunstâncias ser superior ao impacto causado por 896 outros utilizadores. Para o caso de praias, a simples caminhada em dunas de apenas 20 pessoas pode ser mais devastador do que o efeito causado por cerca de 10 vezes mais banhistas.

Esta característica fez com que durante muito tempo a capacidade de carga fosse um conceito estagnado e desacreditado, principalmente pela descrença das suas reais capacidades e pelas dificuldades de assimilação do "número mágico" como estratégia de gestão dos impactos causados pela visitação de determinado destino. Para reverter este cenário, vários outros mecanismos de gestão foram desenvolvidos, como forma de avaliar a dimensão do impacto causado pelos números propostos pela capacidade de carga, tais como a gestão do impacto dos visitantes, os limites de mudança aceitável, a experiência dos visitantes e proteção dos recursos, dentro outros.

CONCLUSÃO

Neste artigo se apresenta uma primeira tentativa para determinação da capacidade de carga da Praia do Tofo e consequente garantir a sustentabilidade deste importante destino turístico costeiro. A aplicação do intervalo entre 447 e 896 turistas (intervalo ótimo de turistas que pode visitar a praia diariamente, baseado em cenários de utilização de 10m^2/utilizador e 5m^2/utilizador) deve se acautelada na medida em

Tabela 3: Descrição dos valores atribuídos aos indicadores de capacidade de gestão na Praia do Tofo e respetivos graus de atratividade
Table 3*: Description of the values attributed to each indicator of the management capacity at Praia do Tofo and associated levels of attractiveness*

Indicador	Valor atribuído	Valor ótimo	Percentagem válida	Descrição	Grau de atratividade
Sanitários e banheiros em boas condições	1	3	33.3	Ausentes	Baixo
Serviços de restauração (cafeteria, bares e restauração)	3	3	100.0	Quantidade adequada	Alta
Serviços de acomodação e alojamento	3	3	100.0	Quantidade adequada	Alta
Locais de estacionamento	1	3	33.3	Ausentes	Baixo
Telefone público a pouca distância da praia	2	3	66.7	Poucos	Médio
Transporte público para a praia	3	3	100.0	Disponibilidade adequada	Alto
Acessibilidade à praia	2	3	66.7	Adequado (não pavimentado)	Médio
Diferença de nível até a praia	2	3	66.7	Desnível com escada ou rampa adequada	Médio
Elementos e infraestruturas de salva-vidas	1	3	33.3	Ausentes	Baixo
Animais domésticos na praia	1	3	33.3	Frequentes	Baixo
Σ e μ*	**19**	**30**	**63.3**		

* O somatório (Σ) é aplicado às variáveis "valor atribuído" e "valor ótimo", enquanto a média (μ) é aplicada à percentagem válida

Tabela 4. Quadro resumo da capacidade de carga turística da Praia do Tofo
Table 4. *A summary of the tourist carrying capacity at Praia do Tofo*

Dimensão da capacidade	Cenário 1 (5m²/ utilizador)	Cenário 2 (10m²/ utilizador)
Capacidade de carga física	57298 Visitas/ dia	28649 Visitas/ dia
Capacidade de carga real	1414 Utilizadores/ dia	706 Utilizadores/ dia
Capacidade de carga efetiva	896 Utilizadores/ dia	447 Utilizadores/ dia

que dimensão do impacto gerado por este número de turistas ainda não foi cabalmente determinada e a simples imposição deste intervalo pode acarretar danos irreversíveis. Deste modo, recomenda-se a adoção de outros mecanismos de gestão do impacto, que associados ao intervalo determinado neste artigo permitirão o estabelecimento de intervenções estratégicas mais eficientes para gestão da Praia do Tofo.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte da dissertação de mestrado do autor, apresentada à Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia. O autor agradece ao Programa Erasmus Mundus pela concessão da bolsa de estudos para frequência do programa de formação em Gestão de Água e Zonas Costeiras (*Erasmus Mundus Water and Coastal Management*). O autor agradece, sobremaneira, as sugestões e opiniões transmitidas por dois revisores anónimos, que ajudaram a melhorar a qualidade do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amador, E.; Cayot, L.; Cifuentes, M.; Cruz, E.; Cruz, F. (1996) - *Determinación de la capacidad de carga turística en los sitios de visita del Parque Nacional de Galápagos, Equador*. 34p., Instituto Equatoriano Florestal e de Áreas Naturais e Vida Selvagem, Parque Nacional Reserva Mariña de Galápagos, Puerto Ayora, Islas Galápagos, Ecuador. Disponível em http://www.unida.org.ar/Bibliografia/documentos/Desarrollo_Sustentable/GST/modulo5/Capac%20Carga%20Turist%20Gal%C3%A1pagos.pdf

Arangunen, J.; Moncada, J.A.; Naveda, J.; Rivas, D.; Lugo, C. (2008) - Evaluación de la capacidad de carga turística en la playa Conomita, Municipio Guanta, Estado Anzoátegui. *Revista de Investigación* (ISSN: 1010-2914) 32(64): 31-61, Caracas, Venezuela. Disponível em http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1010-29142008000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Ballance, A.; Ryan, P.G.; Turpie, J.K. (2000) - How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the Cape Peninsula, South Africa. *South African Journal of Science* (ISSN: 0038-2353) 96(5): 210 – 213.

Batta, R.N. (2000) - *Tourism and the environment: a quest for sustainability with special reference to developing countries, and policy analysis on Himachal Pradesh*. 248p., Indus Publishing, New Delhi, India. ISBN 81-7387-110-8

Becker, B.K. (2001) - Políticas e planejamento do turismo no Brazil. *Caderno Virtual de Turismo* (ISSN: 1677-6976), 1(1): 1-7, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em http://www.ivt.coppe.ufrj.br/caderno/index.php?journal=caderno&page=article&op=view&path%5B%5D=2&path%5B%5D=1

Brown, K.; Turner, R.K.; Hameed, H.; Bateman, I.A.N. (1997) - Environmental carrying capacity and tourism development in the Maldives and Nepal. *Environmental Conservation*, 24(4): 316-325. doi: 10.1017/S0376892997000428

Burke, L.; Kura, Y.; Kassem, K.; Revenga, C.; Spalding, M.; McAllister, D. (2001) - *Pilot analysis of global ecosystems: coastal ecosystems*. 77p., World Resources Institute, Washington, D.C., U.S.A. ISBN: 1-56973-458-5. Disponível em http://pdf.wri.org/page_coastal.pdf

Butler, R.W. (1996) - The concept of carrying capacity for tourist destinations: dead or merely buried? *Progress in Tourism and Hospitality Research*, 2(3-4): 283-293. doi: 10.1002/pth.6070020309

Ceballos-Lascuráin, H. (1996) - *Tourism, ecotourism, and protected areas: The state of nature-based tourism around the world and guidelines for its development*. 301 p., IV World Congress on National Parks and Protected Areas; Cambridge, UK. ISBN 2-8317-0124-4.

Cifuentes, M.A. (1992) - *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas*. 28p., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. ISBN: 9977-57-129-5. Disponível em http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/23/23388/articulocifuentes.pdf

Clark, J.R. (1996) - *Coastal zone management handbook*. 720p., CRC Press / Leweis Publishers, Boca Raton, Flórida, USA. ISBN: 978-1566700924.

Coccossis, H. (2004) - Sustainable tourism and tourism carrying capacity: a new context. *In:* H. Coccossis e A. Mexa (eds.), *The Challenges of Tourism Carrying Capacity Assessment: Theory and Practice*, pp. 3-14; Ashgate Publishing, Surrey, U.K. ISBN: 0-7546-3569-4.

Coccossis, H. and Parpairis, A. (1999) - Tourism and the environment: some observations on the concept of carrying capacity, pp. 91-106. *In*: H. Briassoulis; J. van der Straaten (eds.), *Tourism and the Environment: Regional, Economic, Cultural, and Policy Issues*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. ISBN 0-7923-6136-9.

Crofts, R., Mather, A. (2001) - *Beaches of Wester Ross*. 145p., Countryside Commission for Scotland, Department of Geography, University of Aberdeen, Edinburgh, Scottish. Disponível em http://www.snh.org.uk/pdfs/publications/commissioned_reports/beachesWesterRoss.pdf

De Ruyck, M.C.; Soares, A.G.; McLachlan, A. (1997) - Social carrying capacity as a management tool for sandy beaches. *Journal of Coastal Research*, 13(3): 822-830. http://www.jstor.org/pss/4298675

Drakos, K.; Kutan, A.M. (2003) - Regional effects of terrorism on tourism in three Mediterranean countries. *Journal of Conflict Resolution*, 47(5): 621-641. doi: 10.1177/0022002703258198

Finkl, C.W.; Kruempel, C. (2005) - Threats, obstacles and barriers to coastal environmental conservation: societal perceptions and managerial positionalities that defeat sustainable development. *In*: Gomes, F.V.; Pinto, F.T.; Neves, L.; Sena, A.; Ferreira, O. (eds.), *Proceedings of the First International Conference on Coastal Conservation and Management in the Atlantic and Mediterranean*, pp. 11-12. Algarve, Portugal. ISBN: 972-8558-09-0

Francisco, F.G.A. (2008) - *Estudo da erosão costeira na praia do Tofo*. 68p., Trabalho de Licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique. *Não publicado*

Hall, D. (1997) - The tourism debate and environmental scientists. *Environmental Scientist* (ISSN: 0966 8411), 6(5): 1-2.

Hamilton, J.M. (2007) – Climate and the destination choice of German tourists. *In*: B. Amelung; K. Blazejczyk; A. Matzarakis (eds); *Climate change and tourism assessment and copying strategies*, pp.55-68, Maastrich, The Netherlands. ISBN: 978-00-023716-4. Disponível em http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/Book_Nato.pdf

Hinrichsen, D. (1998) - *Coastal waters of the World: trends, threats and strategies*. 298p., Island Press, Washington DC, USA. ISBN: 1-55963-383-2

Hoguane, A.M. (2007) - Perfil diagnóstico da zona costeira de Moçambique. *Revista de Gestão Costeira Integrada* (ISSN: 1646-8872), 7(1): 69-82, Lisboa, Portugal. Disponível em http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci7_8_Hoguane.pdf

Houston, J. R. (2002) - The economic value of beaches: a 2002 update. Shore and Beach (ISSN: 0037- 4237), 70(1)9-12, American Shore & Beach Preservation Association, San Francisco, CA, U.S.A. Disponível em http://www.wcu.edu/WebFiles/PDFs/Economic_Value_of_Beaches_2002.pdf

Jędrzejczak, M.F. (2004) - The modern tourist's perception of the beach: is the sandy beach a place of conflict between tourism and biodiversity? *In*: G. Schernewski; N. Löser (eds.), *Managing the Baltic Sea*, pp.109-119; Coastline Reports 2; ISSN 0928-2734. Disponível em http://www.vliz.be/imisdocs/publications/64145.pdf

Jovicic, D.; Dragin, A. (2008) - The assessment of carrying capacity: a crucial tool for managing tourism effects in tourist destinations. TURIZAM (ISSN: 1821-1127), 12: 4-11, Novi Sad, Serbia. Disponível em http://www.dgt.uns.ac.rs/turizam/arhiva/vol1_1.pdf

Kallis, G.; Coccossis, H. (2004) - Theoretical reflections on limits, efficiency and sustainability: implications for tourism carrying capacity. *In:* H. Coccossis e A. Mexa (eds.), *The Challenges of Tourism Carrying Capacity Assessment: Theory and Practice*, pp.15-36; Ashgate Publishing, Surrey, U.K. ISBN: 0-7546-3569-4.

Kanji, F. (2006) - *A global perspective on the challenges of coastal tourism*. 18p., Coastal Development Centre, Bangkok, Thailand. Disponível em http://cdc.fish.ku.ac.th/workonweb/Global_coastal_tourism.pdf

Lim, L.C. (1998) - *Carrying capacity assessment of Pulau Payar Marine Park, Malaysia*. WWF Bay of Bengal Programme for Fisheries Management, Relatório BOBP/REP/79, 139p., Madras, India. Disponível em http://www.fao.org/docrep/X5626E/X5626E00.htm

Lindberg, K.; McCool, S.F. (1998) - A critique of environmental carrying capacity as a means of managing the effects of tourism development. *Environmental Conservation*, 25(4): 291–292. doi:10.1017/S0376892998000368

Manning, R. (1998) - "To provide for the enjoyment": recreation management in the National Parks. *George Wright Forum*, 15: 6-20. Disponível em http://www.uvm.edu/parkstudieslaboratory/publications/2_Provide_4_Enjoyment.pdf

Mansfeld, Y.; Freundlich, A.; Kutiel, H. (2007) - The relationship between weather conditions and tourists' perception of comfort: the case of the winter sun resort of Eilat. *In*: B. Amelung; K. Blazejczyk; A. Matzarakis (eds). *Climate change and tourism assessment and copying strategies*, pp.116-138, Maastrich, The Netherlands. ISBN: 978-00-023716-4. Disponível em http://www.urbanclimate.net/matzarakis/papers/Book_Nato.pdf

McCool, S.F.; Lime, D.W. (2001) - Tourism carrying capacity: tempting fantasy or useful reality? *Journal of Sustainable Tourism*, 9(5): 372-388. doi:10.1080/09669580108667409

McLeod, S.R. (1997) - Is the concept of carrying capacity useful in variable environments? *Oikos*, (ISSN 0030-1299) 79: 529-542. Disponível em http://www.jstor.org/discover/10.2307/3546897?uid=3738680&uid=2&uid=4&sid=21102451335747

MICOA (2007) - *Estratégia ambiental para o desenvolvimento sustentável de Moçambique*. *Aprovada na IXª sessão do Conselho de Ministros*. 65p., Ministério para a Coordenação da Ação Ambiental (MICOA), Maputo, Moçambique. Disponível em http://www.legisambiente.gov.mz/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=137

Morgan, R.; Jones, T.C.; Williams, A.T. (1993) - Opinions and perceptions of England and Wales Heritage Coast beach users: some management implications from the Glamorgan Heritage Coast. *Journal of Coastal Research*, (ISSN 0749-0258) SI 36:1083-1093. Disponível em http://www.jstor.org/discover/10.2307/4298165?uid=3738680&uid=2&uid=4&sid=21102451335747

Oliveira, F.S.B.F. (2006) - *Modelação empírica da forma plana de praias: dois casos de estudo*. 11p., 8º Congresso da Água, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa, Portugal. Disponível em http://www.aprh.pt/congressoagua2006/COMUNICACOES/106.PDF

Oliveira, F.V. (2010) - Capacidade de carga em cidades históricas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, (ISSN: 1982-6125) 4(1):61-75, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www.revistas.univerciencia.org/turismo/index.php/rbtur/article/viewFile/319/310

Papageorgiou, K.; Brotherton, I. (1999) - A management planning framework based on ecological, perceptual and economic carrying capacity: the case study of Vikos-Aoos National Park, Greece. *Journal of Environmental Management*, 56: 271–284. doi: 10.1006/jema.1999.0285

Pereira da Silva, C. (2002) - Beach carrying capacity assessment: how important is it? *Journal of Coastal Research*, (ISSN 0749-0258) SI 36: 190-197. Disponível em http://www.science.ulst.ac.uk/ics2002/carlos%20da%20silva.pdf

Perry, A. (2000) - *Impacts of climate change on tourism in the Mediterranean: adaptive responses*. 11p., Fondazioni Eni Enrico Mattei, Swansea, Wales. Disponível em http://www.feem.it/userfiles/attach/Publication/NDL2000/NDL2000-035.pdf

Reddy, S.J. (1984) - *General climate of Mozambique.* 43p., Instituto Nacional de Investigação Agronómica, Série Terra e Água, Maputo, Moçambique. Disponível em http://library.wur.nl/isric/fulltext/ISRIC_7169.pdf

Sanchez, A.G.; Garcia, F.J.A. (2003) – El turismo cultural y el de sol y playa: sustitutivos o complementarios? *Cuadernos de Turismo* (ISSN: 1139-7861) 11: 97-102, Universidad de Murcia, Murcia, Spain. Disponível em http://revistas.um.es/turismo/article/view/19581/18921

Saveriades, A. (2000) - Establishing the social carrying capacity for tourist resorts of the east coast of the Republic of Cyprus. *Tourism Management*, 21(2): 147-156. doi: 10.1016/S0261-5177(99)00044-8

Silva, I.R.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dias, J.A.; Souza Filho, J.R. (2012) - Qualidade recreacional e capacidade de carga das praias do litoral norte do estado da Bahia, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada,* 12(2): 131-146. doi: 10.5894/rgci297

Silva, J.S.; Leal, M.W.V.; Araújo, M.C.B.; Barbosa, S.C.T.; Costa, M.F. (2008) - Spatial and temporal patterns of use of Boa Viagem Beach, northeast Brazil. *Journal of Coastal Research,* 24(1A): 79-86. doi: 10.2112/05-0527.1

UNDP; UNEP; World Bank; WRI (2000) - *A guide to World Resources 2000-2001: people and ecosystems, the fraying web of life*. 276p., Elsevier Science, Washington DC, USA. ISBN: 0-08-0437818

Vaz, B.; Williams, A.T.; Silva, C.P.; Phillips, M. (2009) – The importance of user's perception for beach management. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0258) SI 56: 1164-1168

Weigert, M. (2012) - *The challenges of tourism in the Mediterranean Region*. 5p., Institut de prospective économique du monde méditerranéen. Paris, França. Disponível em http://www.ipemed.coop/adminIpemed/media/fich_article/1352394536_M.%20WEIGERT_The%20Challenges%20of%20Tourism%20in%20the%20Mediterranean%20Region.pdf

Westerink, R.M. (1986) – *Evaluation of monthly precipitation data of Mozambique.* 24p., Instituto Nacional de Investigação Agronómica, Série Terra e Água, Maputo, Moçambique. Disponível em http://library.wur.nl/isric/fulltext/ISRIC_22741.pdf

Williams, A.T.; Micallef, A. (2009) – *Beach management: principles and practice*. 480p., EarthScan, London, UK. ISBN: 978-1-84407-435-8

Zacarias, D.A.; Williams, A.T.; Newton, A. (2011) - Recreation carrying capacity estimations to support beach management at Praia de Faro, Portugal. *Journal of Applied Geography*, 31: 1075-1081. doi: 10.1016/j.apgeog.2011.01.020

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):215-227 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):215-227 (2013)

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-341_Souza.pdf | DOI:10.5894/rgci341

Avaliação de metodologias para valoração de recursos naturais e danos ambientais em ecossistemas costeiros: Estudo de Caso de uma área do Banhado da Palhocinha, Garopaba, Santa catarina, Brasil *

Assessing Methodologies for Valuating Natural Resources and Environmental Damages in Coastal Ecosystems: A Case Study in an Area of Palhocinha Marsh, Garopaba, Santa Catarina State, Brazil

Fernando Basquiroto de Souza [@, 1], Carlyle Torres Bezerra de Menezes [2]

RESUMO

A valoração ambiental é uma técnica utilizada para mensurar o valor monetário de um recurso natural ou de um dano ambiental, normalmente empregada com o intuito de preservar um recurso ambiental ou em processos administrativos e judiciais visando ações indenizatórias. Várias são as metodologias utilizadas, sendo que a Metodologia do Fator Ambiental, do DEPRN e do Cardoso, são objeto deste trabalho, por terem maior afinidade com o ramo da engenharia e serem propensas a valorar o dano ambiental em questão, o aterramento de um banhado por um empreendimento imobiliário no município de Garopaba, Santa Catarina. A estimativa de custos para a recuperação do passivo ambiental foi realizada considerando a remoção do aterro, sua disposição final, a adubação e plantio de mudas em uma área de 10 hectares, resultando no valor de US$ 1.101.057,02. Por meio das metodologias de valoração do Fator Ambiental, do DEPRN e do Cardoso, obteve-se, respectivamente, os valores US$ 2.202.114,04; US$ 17.616.912,36 e US$ 33.031.694,00. Entre as metodologias aplicadas, todas não fornecem um valor diário, sendo que a do Fator Ambiental demonstrou ser a mais simples, não abordando especificamente os danos ambientais; a do Cardoso, em relação ao dano, somente considera a duração do mesmo, não levando em conta a frequência ou extensão; e a do DEPRN, mostrou ser a mais detalhada, não deixando margens para ambiguidade. Tais metodologias agregadas a técnicas de avaliação de impactos ambientais são importantes para a gestão pública dos recursos naturais.

Palavras Chaves: Ecossistemas Costeiros, Valoração Ambiental, Metodologia do DEPRN, Metodologia do Fator Ambiental, Metodologia do Cardoso.

@ - Corresponding author
1 - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Rua Quintino Rizzieri, nº 525, CEP: 88804-210. Criciúma, Santa Catarina, Brasil. e-mail: fbs@unesc.net
2 - Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) – Avenida Universitária, nº 1105 – Caixa Postal 3167 - CEP: 88806-000. Criciúma, Santa Catarina, Brasil. e-mail: cbm@unesc.net

** Submission: June 21, 2012; Evaluation: July 18, 2012; Reception of revised manuscript: October 05, 2012; Accepted: November 12, 2012; Available on-line: November 30, 2012*

ABSTRACT

Environmental valuation is a technique used to measure the monetary value of a natural resource or an environmental damage, usually used for the purpose of environmental resource protection or in administrative or judicial lawsuits aiming a monetary compensation. Various methodologies are used, but Environment Factor, Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN - State Department of Natural Resources Protection) and Cardoso Methodologies are the objects of this work, as they have more affinity with the engineering field and are likely to valuate the environmental damage in question, the fill of a marsh by a real estate enterprise in the town of Garopaba, Santa Catarina State in Brazil. The cost estimation for the recovery of environmental liability was carried out considering fill removal, its final disposal, manuring and planting seedlings in 10 hectares, resulting in the value of US$1,101,057.02. According to valuation methodologies such as Environment Factor, DEPRN and Cardoso, it was obtained, respectively, the values of US$2,202,114.04, US$17,616,912.36, and US$33,031,694.00. Among the applied methodologies, the Environment Factor demonstrated to be the simplest, not specifically approaching environmental damages; Cardoso, in relation to the damage, only considers its duration, not taking into account its frequency or extent; and DEPRN showed to be the most suitable. These methodologies, along with the assessment of environmental impacts, are important tools for public management of natural resources.

Keywords: *Coastal ecosystems, Environmental valuation, DEPRN methodology, Environmental factor methodology, Cardoso methodology.*

1. INTRODUCTION

In economics, value may be defined as the price that individuals are willing to pay in order to obtain a service or good, thus environmental valuation aims to measure natural resources and environmental damage values, present or not on the markets (Lipton, 1995). The task of environmental goods valuation consists in assessing if the population welfare will get better or worse as changes occur in the quality of the natural resources and services (Motta, 1997). This may be a polemic issue, but it is important that these relatively new studies share their results and experiences in order to converge to a consensus (Merico, 1996; Vo *et al*., 2012).

Environmental valuation works with services and goods that the environment provides to humans, such as food supply, flood risk reduction, decomposition of waste, prevention of diseases, building materials, medicines and many others. It is important to stress that there is an increasing difficulty in valuing intangible goods (which are not actually present in the market) and it relies on the available information, knowledge of the ecosystem and assumptions made. It is used as a tool for creation and improvement of macroeconomic indicators, improvement of fines, and assessment of projects and policies (Matos *et al*., 2010; Merico, 1996; CAVSARTE-NRC, 2004). Environmental valuation is also used in those situations where the goal is to preserve an environmental resource or to obtain indemnification in lawsuits.

Environmental services and goods are often overlooked in the process of policy decision-making, creating conflicts between different policies, for example, between environmental and land occupation use policies. Due to these conditions, their values must be estimated in order to support the decision-making process (CAVSARTE-NRC, 2004; Vo *et al*., 2012).

In order to protect the coastal zone, which in Brazil is considered as national patrimony by the Constituição Federal (Brazilian Constitution), article 222 paragraph 4, coastal management must be accomplished, ensuring conservation of natural resources and population welfare.

A lot of studies carried out in the last two decades recognize the relationship between environmental functions and human welfare (Vo *et al*., 2012) and many organizations acknowledge that in marine and coastal ecosystems it is important to make of the valuation process an important tool for coastal zone management (Remoundou *et al*., 2009).

According to Upadhyay et al. (2002), 34% of coastal ecosystems in the world are under potential threat of degradation; and less than half of mangrove forests remain non-degraded in tropical and subtropical countries; and in the United States it is estimated that from the time of the European settlement to 1950 more than a half of the wetlands were converted for other uses (CAVSARTE-NRC, 2004).

In the south of Santa Catarina (SC) State, Brazil, a great number of environmental impacts have affected aquatic and coastal ecosystems, such as ponds, mangroves, water springs**,** dunes, marshes, and green areas. In this context, the monetary valuation is claimed for the survey of costs for any compensation. But what is the right method to be used to valuate these ecosystems? How much must be paid for those who had their rights violated and benefits limited? Are the methodologies applied nowadays capable of valuating these environmental damages?

Others studies valuated coastal ecosystems, as Luisetti *et al*. (2011) that estimated the value of a salt marsh in United Kingdom (UK), under different scenarios, reaching values of 6,347 £ / year (for 81.3 hectares and a scenario where economic growth is combined with environmental protection) and 8,348 £ / year (for 2,404.1 hectares and a scenario where environmental protection has priority over economic growth). Also Alongi (2002) valued a mangrove and estimated the mean monetary value in US$ 9,990 / ha.year; and Tong *et al*. (2007) estimated the potential value of degraded permanent river wetland in China in 55,332 yuan / ha.year. In addition Alier (2007) presented an overview of mangrove occupation conflict with shrimp aquaculture, providing an excerpt of a Greenpeace Report which estimated the mangrove ecosystem value in the order of US$13,000 / ha.year; and Ramalho and Pimenta (2010) valued with DEPRN (State Department of Natural Resources Protection) method damage caused by the illegal extraction of orchids in Natal (Rio Grande do Norte State, Brazil), their valuation reached BRL$ 9,555,200.00. Grasso and Novelli

(1999) valued, through different methods, the services and goods of a mangrove in São Paulo, Brazil, reaching a value of US$ 4,751 /ha.year.

Also Vo *et al*. (2012) presented studies valuing mangrove ecosystems under different approaches; Remoundou *et al*. (2009) showed some studies that estimated the values of some environmental resources in the Mediterranean Sea and Black Sea. Maltchik (2003) and Soares and Dominguez (2012) pointed out some limitations of studies on wetlands in Brazil due to the lack of terms to classify these ecosystems.

2. CASE STUDY

The town of Garopaba lies in the coastal zone of Santa Catarina State in Brazil, it is defined, according to the Law no. 7.661 of May 16th, 1988, as a region where there is interaction between air, soil and the sea, including the natural resources and involving a land area and maritime strip. The definition of what is considered a coastal area is conflicting as Marroni & Asmus (2005) have demonstrated when pointed out that the number of cities / countries in the coastal area provided by different official bodies are different one from the other.

The present work was accomplished having as boundary of the case study an area of Palhocinha Marsh, in Garopaba, Santa Catarina State (SC), Brazil, where 10 hectares of wetlands were filled for future use in the real estate market. It is important to say that a lawsuit was filed in the District of Garopaba, where they granted an injunction warning that the environmental damage could be irreversible, resulting in losses to the collectivity.

Using the environmental valuation methodologies, which has the purpose to measure the monetary value of a natural resource, it is intended, as an illustrative exercise, to compare and assess the validity of these methodologies in lawsuits and decision-making processes. This is accomplished by estimating the value of the damage caused by the fill in the 10 hectares of wetlands that is, based on Brazilian law (Law no. 12.651/2012), an Area of Permanent Preservation (APP) once the government declared it as an area of social interest, that is, when it has functions such as prevention of landslides and erosion, protection of flora and fauna and of species under threat of extinction, wetlands protection, among other services. The same law also considers native forests and other vegetation as national assets and has as one of its principles the creation and mobilization of economic incentives to promote sustainable development and protection of natural resources.

This area also lies on the boundary between two conservation units (Law no. 9.985/2000), Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (State Park of Tabuleiro Mountain Range) and Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (Southern Right Whale (Eubalaena australis) Environmental Protection Area).

The aim of this study is to evaluate the application of valuation methodologies of environmental resources and damages, widespread in Brazilian literature, with emphasis on coastal ecosystems, using and comparing the Environmental Factor, Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN - State Department of Natural Resources Protection) and Cardoso methodologies. These methodologies were chosen due to their affinity with the environmental engineering field and will more likely valuate the damage done to the wetland area chosen for this study.

This study takes into consideration: i) the principle of polluter payer, which determines that the one who degrades the environment, besides the obligation to restore the damage done, must pay for the losses caused to the environment and the collectivity; ii) the principle of precaution, which ensures against potential risks that cannot be predicted as a result of the current state of scientific knowledge; and, iii) the fragility of coastal ecosystems as well as its classification as a Brazilian natural heritage, along with the necessity to improve the application of pecuniary sanctions and penalties on account of environmental damages.

3. MATERIALS AND METHODS

Three different methods were applied to value the damage to a wetland situated in Garopaba (SC, Brazil). Also, a local expedition occurred in order to collect data to evaluate the damage. Detailed information about the methods and the local expedition is provided hereafter.

3.1. Environmental Factor Methodology (EFM)

Elma Romanó, creator of the method, is an agricultural engineer, has a master's degree in soil science and has published a paper (Neto, 2005) on monetary valuation of the environment.

According to Neto (2005), the EFM begins by calculating the price to restore the degraded environment, and then the resulting value is used in the equation 1:

$$AV = \sum x + FA \quad (1)$$

where AV is the Environmental Damage Valuation; $\sum x$ is the sum of the costs to restore the environment (calculated in the former steps of the method) and FA, which is the Environment Factor, is the same value as $\sum x$, that is, the environmental damage is the restoration costs doubled.

3.2. DEPRN methodology

Developed by Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN – State Department of Natural Resources Protection), the method works with two tables, the first one (Table 1) shows a division of the environment in its medium, such as air, water, soil and subsoil, flora, fauna and landscape, and for each medium, it has various harms which weighs the damage with indexes (the complete list of indexes can be found in Almeida *et al*. (2000) or Neto (2005)). The sum of the indexes is compared to the second table (Table 2) that provides a multiplication factor for each medium, then these multiplication factors are added together in order to be used in Equation 2:

$$\text{Environment Value} = (\sum \text{Multiplication Factors}) \times \text{Restoration Costs} \quad (2)$$

Table 1. Division of the environmental medium and their harms.
Tabela 1. *Divisão do meio ambiente e seus agravos.*

Environmental Aspect	**Atmosphere**		**Water**		**Soil and Subsoil**	
Kind of harms	Impact caused by emission of gases, particles, biological agents, energy.	Impact on Atmospheric Dynamics (x 1,5).	Impact caused by chemical, physical and/ or biological compounds and energy.	Impact on Hydrodynamics (x 1,5).	Impact caused by chemical, physical and/or biological compounds and energy	Impact on Soil and/ or Subsoil Dynamics (x 1,5).
Description and qualification of harms	Toxicity of Emissions	Death or damage to animal species	Toxicity of Emissions	Death or damage to animal species	Toxicity of Emissions	Death or damage to animal species
	Close to Urban Centers	Death or damage to plant species	Groundwater (aquifer) impairment	Death or damage to plant species	Impairment of the aquifer	Death and Damage to plant species
	Protected Areas	Air quality change	Protected Areas	Classification Change of the Water Body	Protected Areas	Change of the land use capacity
	Groundwater (aquifer) impairment	Prediction of Equilibrium Recovery	Damage to soil and/or subsoil	Change of water's flow/ volume	Aggradation of water bodies	Damage to terrain relief
	Death or Damage to plant species		Death or damage to plant species	Prediction of Equilibrium Recovery	Death or damage to plant species	Prediction of Equilibrium Recovery
	Death or damage to animal species		Death or damage to animal species		Death or damage to animal species	
	Damage to heritage or natural monuments		Damage to heritage or natural monuments		Damage to heritage or natural monuments	
					Commercialization purpose	

Environmental Aspect	**Flora**		**Fauna**		**Landscape**	
Kind of harms	Damage to individuals.	Impact on the Community Dynamics (x 1,5)	Damage to individuals	Impact on the Community Dynamics (x 1,5).	Damage to the landscape	Damage to heritage, cultural, historical heritage, touristic monuments (x 1,5).
Description and qualification of harms	Protected Areas	Death or damage to fauna	Protected Areas	Relative Importance	Protected Areas	Close to Urban Centers
	Endangered Species	Relative importance	Endangered Species	Death or damage to plant species	Close to urban centers	Damage Reversion
	Endemic Species	Change in the ecological niches	Endemic Species	Change in the ecological niches	Damage Reversion	Groundwater (aquifer) Impairment
	Favoring erosion	Prediction of Equilibrium Recovery	Females	Prediction of Equilibrium Recovery	Groundwater (aquifer) Impairment	Impairment of the soil / subsoil
	Damage to heritage or natural monument		Commercializa-tion purpose		Impairment of the soil / subsoil	Death or damage to plant species
	Commercialization Purpose				Death or damage to plant species	Death or damage to animal species
					Death or damage to animal species	
					Damage to heritage or natural monument	

Source: Adapted from Almeida *et al.* (2000); Neto, (2005).

Table 2. Indexes to the qualification of harms.
Tabela 2. *Indices para qualificação dos agravos.*

Environmental Domain	Maximum values of numerical indexes corresponding harm classification (maximum values allowed).				
Air	6,0	12,0	18,0	24,0	30,0
Water	7,0	14,4	21,6	28,8	36,0
Soil-Subsoil	7,5	15,0	22,5	30,0	37,5
Fauna	6,4	12,8	19,2	25,6	32,0
Flora	6,6	13,2	19,8	26,4	33,0
Landscape	8,0	16,0	24,0	32,0	40,0
Multiplication Factor	1,6	3,2	6,4	12,8	25,6

Source: Almeida *et al*. (2000).

Table 3. Survey of intangible environmental damages.
Tabela 3. *Levantamento de danos ambientais intangiveis.*

			Environmental Impact				
Environment		in	0	1	2	3	4
Physical	Air	i1					
	Water	i2					
	Soil / Sediment	i3					
Biotic	Bacterias e cyanobacterias	i4					
	Protozoa	i5					
	Mushrooms	i6					
	Invertebrates	i7					
	Vertebrates	i8					
	Higher plants	i9					
	Intermediate plants	i10					
	Lower plants	i11					
Anthropic	Social	i12					
	Landscape	i13					
	Economic Losses	i14					
	Welfare	i15					
Sum of the environmental impacts							

Source: Adapted from Cardoso (2003).

3.3. Cardoso Methodology

Arthur Renato Albeche Cardoso is a sanitary chemist, toxicology expert and environmental adviser of the Ministério Público do Rio Grande do Sul (Public Ministry of Rio Grande do Sul State). He has written a book on environmental damage and their monetary valuation where he presents a methodology to valuate these damages. This method is here called Cardoso Methodology. For further information see Cardoso (2003).

Cardoso method begins with two variables, the first one is called Q that represents tangible values, such as costs to restore the degraded area, values that were not spend to prevent the damage, environmental license taxes, and others. The second is called I that represents intangible values, such as death of microorganisms, biodiversity, and others.

For these intangible values, Cardoso (2003) provides a table, showed here as table 3, in which for each environmental medium a number between 0 and 4 is given. The medium with 0 values has not suffered an impact, with 1 values has

suffered a short-term impact, with 2 values has suffered a medium-term impact, 3 values has suffered a long-term impact, and with 4 values the medium has suffered an extremely long-term impact ranging from a month to years. For impact values between 1 and 3 the length of time is counted in days.

After surveying the values, they are used in the following equation (3):

$$VERD = \sum Q \times \sum I \quad (3)$$

in which, VERD is the monetary value of the environmental damage, ∑Q is the sum of the tangible values and ∑ I the sum of intangible values provided by table 3.

3.4. Local Expedition

These methods were applied in the fill of Palhocinha Marsh, Garopaba, SC, Brazil, which created a tension between society and the real estate enterprise, resulting in the lawsuit. The geographic coordinates for the fill are 28º 03' 0.28" S – 48º 37' 59.42" O (Figure 1, in which the circle is a partial area of the marsh, and the dot inside it is the place where the fill occurred).



Figure 1. Location of the area of the case study in Garopaba, (SC, Brazil).
Figura 1. *Localização da área de estudo na cidade de Garopaba, (SC, Brasil).*
Source: Adapted from i3geo, Mapa Interativo de Santa Catarina and Google Maps.

A local expedition was made to examine the environmental damage and to know the local environment. In this expedition, we have noticed some streams that feed the marsh and that also feed a tourist pond, Encantada Pond, and we have also noticed some areas of the marsh that were previously occupied by houses and shops. Moreover, the marsh is part of the lowlands of the local watershed basin.

After visiting the place, a budget estimation was elaborated to restore the degraded environment, the base price was September's values of Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI - National System of Construction Costs Survey and Indexes). The result was used with the methodologies previously mentioned, all of them use the same value for the variable that represents the costs to restore the environment.

With these values in hand, they were put together in the equations, provided by the authors earlier cited, and the results were compared and the evaluation was made.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The cost to restore the degraded environment was elaborated with the considerations presented on table 4, besides the values of the inputs. All values were converted into American dollars at the end of the calculations, considering the average value of dollar of the last months (late 2011 and early 2012), in other words, one U.S. dollar is equal to 1.8 (one real and eighty centavos) Brazilian reais.

Table 4. Summary of inputs used for calculating the costs of restoration.
Tabela 4. *Resumo dos custos para o calculo dos custos de restauração.*

SINAPI's code	*Input*	*Value (BRL$)*	*Unit*
00001139	Dump Truck (8 m³/ 16 Ton)	45.42	Hour
00010800	Hydraulic Excavator (2 m³)	163.00	Hour
00007626	Bulldozer	81.00	Hour
00000365	Shrub Seedlings	3.68	Unit
00007253	Vegetable Soil	5.60	Cubic meter
00000159	Cattle Manure	81.00	Cubic meter

The estimation considered only the values of local restoration services, not considering the costs involved to elaborate the restoration project, neither the professionals who will coordinate it.

For the removal of the fill dumped in the marsh it will be necessary, to transport it, the work of a dump truck, and to load that truck, a hydraulic excavator will be needed, and to loosen the densely-compacted material of the fill, a bulldozer.

For the restoration of the native vegetation it will be necessary to use shrub seedlings, vegetable soil and cattle manure, the last two will be used to improve and to ensure the growing of the seedlings by providing them nutrients.

Considering the removal of 01 meter deep of the fill in the 10 hectares occupied, it will result in 100,000 cubic meters of fill to be removed and disposed in another place. In this case for budget estimations and disregarding the impacts in the disposal area, the place from where it was initially removed, which is 4.4 kilometers away from the area to be restored, resulting in 8.8 kilometers to be traveled in following route: Rodovia (Highway) SC 434, Rua (Street) Vinte e Três , Rua (Street) GRP 250 and Rua (Street) GRP 471.

To calculate the number of trips it was divided the volume of fill to be removed by the capacity of the dump truck, in other words, 100,000 m³ / 8 m³ = 12,500 trips.

The total distance to be traveled by the dump truck to remove all the fill is given by the multiplication of the distance of the round trip times the number of trips, 8.8 km x 12,500 travels = 110,000 kilometers.

Considering that the average speed of the dump truck is 40 km/h, the total travel time is found by dividing the total distance of the travel by the average speed, 110,000 km / 40 km/h = 2,750 hours, but, using 2 dump trucks, this values is reduced to half, 2,750 / 2 = 1,375 hours.

In order to calculate the time the hydraulic excavator will take to fill the dump truck, we have the capacity of the dump truck divided by the capacity of the excavator's bucket, 8 m³ / 2 m³ = 4 buckets. Considering 5 minutes to fill up the truck, we multiply the number of trips by the time to fill up the truck, 12,500 trips x 5 minutes = 625,000 minutes = 1,042 hours. Using 2 hydraulic excavators, this value is divided by 2, so 1,042 / 2 = 521 hours.

The time spent to remove the fill is the result of the sum of the values previously presented, 1,375 hours + 521 hours = 1,896 hours.

The final price of the dump truck is given by the multiplication of its value (BRL$45.42) and 2, as there will be 2 trucks, and the time spent to remove all the fill, 1,896 hours x 45.42 Brazilian reais x 2 = 172,232.64 Brazilian reais.

The final price of the hydraulic excavator is given by the multiplication of its value (BRL$ 163.00) and 2 because of the use of 2 excavators, and the time spent to remove all the fill, 1,896 hours x 163.00 Brazilian reais x 2 = 618,092 Brazilian reais.

The total price of the bulldozer is given by the multiplication of its value by the number of hours worked, considering that it will work during all the removal of the fill, 1,896 hours x 81.00 Brazilian reais = 153,578.00 Brazilian reais.

For the restoration of the local vegetation, considering a distance of 2 meters between the seedlings, we will have the following calculations (√100.000 m² / 2) x (√100.000 m² / 2) in order to get the results, which is 25,000 seedlings to restore the 10 hectares degraded. The depth of the new organic layer of the soil will be 15 centimeters, in which 5 centimeters are cattle manure and 10 centimeters are vegetable

soil. Multiplying the depth of these inputs the result is the quantity to be used, 0.1 meters x 100,000 m² = 10,000 m³ of vegetable soil; 0.05 meters x 100,000 m³ = 5,000 m³ of cattle manure.

The final price of the shrub seedlings is the multiplication of the number of seedlings used by its price, 25,000 seedlings x 3.68 Brazilian reais = 92,000.00 Brazilian reais. The final price of the vegetable soil and cattle manure are given by the multiplication of their prices by the volume used to restore the area, respectively, 10,000 m³ x 51.60 Brazilian reais = 516,000 Brazilian reais and 5,000 m³ x 86.00 Brazilian reais = 430,000.00 Brazilian reais.

The sum of all prices results in the value to restore the degraded environment, in this case the marsh that suffered a fill, the sum is 172,232.64 + 618,092 + 153,578 + 92,000 + 516,000 + 430,000 = 1,981,902.64 Brazilian reais, converted into American dollars, we have US$ 1,101,057.02 (One million, one hundred and one thousand, fifty-seven dollars and two cents).

4.1. Cardoso Methodology

After the local expedition it was possible to establish the relationship of the environmental impacts to the marsh fill, listing them in table 5 provided by Cardoso (2003).

Among the impacts that reached the maximum values, we have: a) Water, as the fill changed the local water system because of the soil impermeability and because it prevents the water from flowing and then feeding other bodies of water; b) Soil/Sediment, because the soil that suffered the fill was changed (alteration of its chemical, physical and biological composition) and consequently there is the transport of sediments to downstream bodies of water and the loss of nutrients and biodiversity; c) and Landscape, as it has been changed and the return to the original state is slow and expensive.

Among the impacts which scored a median value, we have: a) Invertebrates and Vertebrates whose ecological niches have been changed; b) Higher, intermediate and lower plants that were suppressed to give place to the new enterprise, completely modifying the ecosystem; c) Social and Welfare, because the disposal of fill resulted in particles suspended in the air causing discomfort to the neighbors of the enterprise, besides the intense traffic of heavy vehicles that generated discomfort caused by their noise.

Among the impacts that scored lower points, we have air, due to the presence of particulate materials, but the restoration of the original conditions of the atmosphere will occur with the end of real estate enterprise works.

Table 5. Environmental Impacts expected on Palhocinha Marsh.
Tabela 5. *Impactos ambientais previstos no Banhado da Palhocinha.*

			Environmental Impact				
Environment		**in**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
Physical	Air	i1		X			
	Water	i2					X
	Soil/Sediments	i3					X
Biotic	Bacteria and cyanobacteria	i4	X				
	Protozoa	i5	X				
	Mushrooms	i6	X				
	Invertebrates	i7			X		
	Vertebrates	i8			X		
	Higher Plants	i9			X		
	Intermediate Plants	i10			X		
	Lower Plants	i11			X		
Anthropic	Social	i12				X	
	Landscape	i13					X
	Economic Loss	i14	X				
	Welfare	i15			X		
Sum of the environmental impacts		30					

Source: Adapted from Cardoso (2003).

The values that did not score are Bacteria and Cyanobacteria, Protozoa, mushrooms and economical loss. These aspects were not considered in that study due to the lack of information about them, nevertheless in future studies, they must be included.

The value of the environmental damage, calculated with Cardoso Method, is the result of the multiplication between the value to restore the environment and the sum of the environmental impacts of table 5, 1,981,902.64 Brazilian reais x 30 = 59,457,049.20 Brazilian reais, converting this value into American dollars, we have US$ 33,031,694.00 (Thirty-three million, thirty-one thousand, six hundred and ninety-four dollars).

4.2. DEPRN Methodology

Using the list of harms provided by Almeida *et al*. (2000), the items that are related to the damages observed during the local visit were selected; they appear in the third column in the tables 6, 7, 8, 9 and 10. After each item of harms a reason is given to explain why it was chosen.

In brief, the sum of each environmental aspect is: Atmosphere: 4; Water: 14.5; Soil/Sediment: 11.5; Flora: 5.5; and Landscape: 9. Comparing these values with the indexes shown in Table 03, we obtain the following numbers: 1.6 for Air (atmosphere), 6.4 for Water, 3.2 for Soil/Sediment, 1.6 for Flora, and 3.2 for Landscape.

Based on the sum of these indexes/factors (result of Table 03) multiplied by the value to restore the environment, we have the value of the environmental damage, BRL$(1.6 + 6.4 + 3.2 + 1.6 + 3.2) x 1,981,902.64 Brazilian reais = BRL$ 31,710,442.24 Brazilian reais, which converted into US dollars is US$ 17,616,912.36 (Seventeen million, six hundred and sixteen thousand, nine hundred and twelve dollars and thirty-six cents).

4.3. EFM

Considering that the environmental factor is equal to the value to restore the degraded environment, as Neto (2005) has explained, the value of the damage will be the sum of these two variables, in other words, 1,981,902.64 Brazilian reais + 1,981,902.64 Brazilian reais = 3,963,805.28 Brazilian reais. And by converting it into American dollars we have US$ 2,202,114.04 (Two million, two hundred and two thousand, one hundred and fourteen dollars and four cents).

4.4. Comparison of the Methodologies

By comparing the results of the methods it is verified a variation of values for the same damage. This happens because each methodology has a different process to establish a "multiplication factor", which represents the intangible values.

EFM results show the lowest values because this method works with only one addition, adding the cost of restoring the environment to its own value, so it does not consider the importance of the ecosystem, their services, goods and its complexity.

The methods of DEPRN and Cardoso work with multiplication, and Cardoso method resulted in the highest value because the sum of environmental impacts directly multiply the costs to restore the environment. On the other hand DEPRN method, after the sum of the environmental aspects, obtains a value and such value goes through a table which generates multiplication factors, in other words, the values are previously filtered to be multiplied by the restoration costs.

Table 6. Summary of atmospheric harms, reason for item selection, and sum of values.
Tabela 6. *Resumo dos agravos à atmosfera, motivação da seleção e somatória dos valores.*

Environmental Aspect: Atmosphere

Harm	Items	Selected Item
(01) Location concerning Environmental Protection Areas	i) Inside the area = 2 ii) Under influence = 1	ii) Under influence = 1
Reason: The area of the enterprise is located between two Conservation Units, Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (State Park of Tabuleiro Mountain Range) and Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (Southern Right Whale (Eubalaena australis) Environmental Protection Area), although it does not belong to them, the enterprise is located in its area of influence.		
(02) Change of air quality (x 1,5)	i) Emergency state = 3 ii) Alert state = 2 iii) Attention state or Bad = 1	iii) Attention state or Bad = 1
Reason: The disposal of fill throughout the enterprise resulted in the transport of particles of the material by the wind, although they were not toxic, such particles cause discomfort to neighbors of the enterprise.		
(03) Natural equilibrium forecast (x 1,5):	i) Short-term = 1 ii) Medium-term = 2 iii)Long-term = 3	i) Short-term = 1
Reason: Equilibrium forecast of natural conditions of air pollution is short-term, because as soon as the activities of the enterprise stop, the emissions will also cease.		
Sum of the chosen items: 4 points.		

Table 7. Summary of water harms, reason for item selection, and sum of values.
Tabela 7. *Resumo dos agravos à água, motivação da seleção e somatória dos valores.*

Environmental Aspect: Water

Harm	Items	Selected Item
(04) Emission Toxicity	i)Verified = 3 ii) Strong Indications = 2 iii) Presumed = 1	iii) Presumed = 1
Reason: The transport of particles, originated by the fill, change turbidity levels and accelerate aggradation processes in the bodies of water that receive them, and can even transport the organic charge of the sewage of future houses.		
(05) Damage to the Aquifer	i) Verified = 3 ii) Strong Indications = 2 iii) Presumed = 1	i) Verified =3
Reason: The fill in the area of the marsh for the construction of the enterprise resulted in the reduction of permeable areas, consequently, decreasing aquifer water supply.		
(06) Location concerning protected areas	i) Inside = 3 ii) In the same watershed upstream = 2 iii) In the same watershed downstream = 1	ii) In the same watershed upstream = 2
Reason: Although the enterprise is found in the same watershed downstream Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (State Park of Tabuleiro Mountain Range), we selected the upstream option, because in relation to Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca (Southern Right Whale (Eubalaena australis) Environmental Protection Area), this is its position.		
(07) Damage to historical, cultural, artistic, archaeological, touristic heritage and/or natural monuments caused by the damage in the water	i) Verified = 2 ii) Presumed = 1	ii) Presumed = 1
Reason: It is known that Palhocinha Marsh feeds Encantada Pond, which is a sightseeing tour of the region. There are indications that the fill can damage it through aggradation, because the materials of the fill can be transported by water and reach the sightseeing area.		
(08) Alteration on flow and volume of water (x 1,5)	i) Significant = 2 ii) Not Significant = 1	i) Significant = 2
Reason: The fill of a part of the marsh will change the flow and volume of water in it, because it will reduce the amount of spaces through which water can flow.		
(09) Forecast to restore balance of the natural condition (x 1,5)	i) Short-term = 1 ii)Medium-term = 2 iii) Long-term = 3	iii) Long-term = 3
Reason: The forecast to restore balance is long-term because after the activities of the enterprise cease the marsh will still be filled and will continue to transport particles and degrading bodies of water downstream.		
Sum of the chosen items: 14.5 points.		

Table 8. Summary of soil and sediment harms, reason for item selection, and sum of the values.
Tabela 8. *Resumo dos agravos ao solo e sedimentos, motivação da seleção e somatória dos valores.*

Environmental Aspect: Soil and Sediments

Harm	Items	Selected Item
(10) Aggradation of bodies of water	i) High Intensity = 3 ii) Medium Intensity = 2 iii) Low Intensity = 1	i) High Intensity = 3
Reason: When a body of water is filled, there will consequently be aggradation of the bodies of water downstream, because particles of materials that were thrown will be carried by water.		
(11) Death or injury to animal species due to damage to soil or subsoil (x 1.5)	i) Verified = 2 ii) Presumed = 1	ii) Presumed = 1
Reason: In order to perform the fill operation, soil conditions will be altered, thus changing ecological niches, and consequently resulting in fauna damage.		
(12) Aiming commercialization	i) Main or secondary activity = 1	i) Main or secondary activity = 1
Reason: Since the enterprise that has done the fill is a real estate enterprise, as soon as the work finishes, there will be the commercialization of the land.		
(13) Damage to terrain relief (x 1.5)	i) Verified = 3 ii) High risk = 2 iii) Low risk = 1	iii) Low Risk = 1
Reason: Since the area of the marsh is flat, there is a low risk of damage to terrain relief because there is no risk of landslides (and others), but there is the probability of future flooding.		
(14) Forecast to restore balance of the natural condition (x 1.5)	i) Short-term = 1 ii) Medium-term = 2 iii) Long-term = 3	iii) Long-term = 3
Reason: The forecast of balance is classified as long-term, because to return to the original condition of the soil, it would be necessary to remove the fill, and in natural conditions, this process would be very slow.		
Sum of the chosen items: 11.5 points.		

Table 9. Summary of flora harms, reason for item selection, and sum of the values.
Tabela 9. *Resumo dos agravos à flora, motivação da seleção e somatória dos valores.*

Environmental Aspect: Flora

Harm	Items	Selected Item
(15) Aiming commercialization	i) Main activity = 2 ii) Secondary activity = 1	ii) Secondary activity = 1
Reason: It is known that the reason for the removal of flora is the sale of lands, so the damage to plant species is classified as a secondary activity.		
(16) Balance forecast (x 1,5)	i) Long-term = 3 ii) Medium-term = 2 iii) Short-term = 1	i) Long-term = 3
Reason: For the vegetation to reach the successional stage as it once was, considering it is a slow process, the forecast for equilibrium will be long-term.		
Sum of the chosen items: 5.5 points.		

Table 10. Summary of landscape harms, reason for item selection, and sum of the values.
Tabela 10. *Resumo dos agravos ao relevo, motivação da seleção e somatória dos valores.*

Environmental Aspect: Landscape

Harm	Items	Selected Item
(17) Reversing environmental damage	i) High cost = 3 ii) Medium cost = 2 iii) Low cost = 1	i) High cost = 3
Reason: Considering the values already seen to restore the marsh, there is a high cost to restore this degraded environment.		
(18) Damage to the aquifer	i) Directly related = 2 ii) Not directly related = 1	i) Directly related = 2
Reason: The fill of the soil altered the characteristics of the already consolidated soil, reducing the aquifer recharge and, depending on the pollutant, degrading it.		
Damage to soil or subsoil	i) Directly related = 2 ii) Not directly related = 1	i) Directly related = 2
Reason: The fill of the soil altered the characteristics of the already consolidated soil, in other words, degrading it.		
Death or damage to plant species.	i) Directly related = 2 ii) Not directly related = 1	i) Directly related = 2
Reason: The vegetation was suppressed, altering the landscape.		
Sum of the chosen items: 9 points.		

5. CONCLUSIONS

The final values do not reflect, in its totality, the reality, because it is a simulation for academic purposes and we did not have access to the information of the lawsuit previously cited, which contains the reports of experts and government agencies. However, the methodologies of environmental valuation have validity and can be used as models for valuation processes in similar situations.

The environmental valuation demonstrated to be a favorable way to support lawsuits in order to contribute to assemble more suitable values to the environmental resources that aim to prevent damaging actions to the environment through a higher fine. This study also contributes to better choose valuation methodologies, because these methods will more likely valuate environmental damages.

Analyzing the methods used, we noticed that Cardoso method was the one that resulted in the highest values, because this methodology is not very detailed, assessing the environmental impact only in terms of duration, not dealing with other characteristics of the damage, such as frequency, magnitude, extent, among others.

DEPRN method showed to be the most recommended for raising the monetary value of the environment, the reason is that the methodology presents a detailed list of criteria for the qualification of harms, along with a table to obtain the multiplication factor. Among the three methods analyzed, this is the one that is closer to an ideal condition for assessing environmental damages to intangible goods. However, for the best use of this method, it is necessary to have access to a lot of information, sometimes not available, such as the occurrence of endemic species, the sphere of action of the fauna, historical and cultural heritage, and others.

Environmental Factor Methodology has shown to be the simplest one, but it reached the lowest value. This happened because the method just doubles the restoration costs. It does not consider the services provided by the environment, that is, non-use values (climate regulation, flood mitigation, etc) are not completely weighed (unless the appraiser includes them into the restoration costs), involving a monetary devaluation of the environmental damage. Such methodology is easy to use and it must be used when the professional does not have any information about the environment and about the bonds between humans and nature.

Also, the methodologies do not provide a monetary value for a period of time (for example, US$ / year), complicating the comparison with other studies of similar areas and making the assessment of these relatively new methods difficult.

Despite the efficiency of the methods, there are limitations to the valuation of intangible goods, considering that an ideal valuation condition would happen if a complete environmental service framework of the ecosystem is available, but in real conditions, where such information is not available and potential risks to the environment and human health exists, the principle of precaution principle must prevail.

REFERENCES

Alier, J.M. (2007) – *O Ecologismo dos Pobres.* 379p., Editora Contexto, São Paulo, Brasil. ISBN: 978-8572443586.

Almeida, J.R.; Panno, M.; Oliveira, S.G. (2000) - *Perícia Ambiental*. 286p., Thex, Rio de Janeiro, Brasil. ISBN: 978-8528606980.

Alongi, D.M. (2002) – Present State and Future of the World's Mangrove Forests. *Environmental Conservation* (ISSN: 0376-8929), 29(3):331-349. doi:10.1017/S0376892902000231

CAIXA (s/d) - *Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)*. CAIXA, Brasil. https://webp.caixa.gov.br/casa/sinapi/index.asp?menu=0.

Cardoso, A.R.A. (2003) - *A Degradação Ambiental e seus Valores Econômicos Associados*. 96p., Sergio Antonio Fabris Editor, Porto Alegre, RS, Brasil. ISBN: 8575252267.

Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina (s/d) - *Mapa Interativo de Santa Catarina*. Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina, SC, Brasil. Disponível em http://www.mapainterativo.ciasc.gov.br.

Committee on Assessing and Valuing the the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems (CAVSARTE); National Research Council (NRC). (2004) - *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making*. The National Academies Press, Washington DC, USA. ISBN: 978-0309093187.

Grasso, M.; Novelli, Y.S. (1999) - Economic Valuation of Mangrove Ecosystem. *In*: May, P.H. (ed.), *Natural resource valuation and policy in Brazil*, pp.113-136, Columbia University Press, New York, USA. ISBN: 978-0231108270.

Lipton, D. W.; Wellman, K.; Sheifer, I.C.; Weiher, R.F. (1995) - *Economic Valuation of Natural Resources: A Handbook for Coastal Resource Policymakers*. 131p., US Department of Commerce. Maryland, USA. Disponível em http://www.mdsg.umd.edu/Extension/valuation/handbook.htm

Luisetti, T.; Turner, R.K.; Bateman, I.J.; Morse-Jones, S.; Adams, C.; Fonseca, L. (2011) - Coastal and marine ecosystem services valuation for policy and management: Managed realignment case studies in England. *Ocean & Coastal Management*, 54(3):212-224. doi:10.1016/j.ocecoaman.2010.11.003

Maltchik, L. (2003) - Three new wetlands inventories in Brazil, *Interciencia* (ISSN: 0378-1844), 28(7):421-423, Caracas, Venezuela. Disponivel em http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000700011&lng=es&nrm=iso

Marroni, E.V.; Asmus, M.L. (2005) – *Gerenciamento Costeiro: Uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental*. 149p., Editora da União Sul-Americana de Estudos da Biodiversidade – USEB, Pelotas, Brasil. ISBN: 8589985067.

Massachusetts Institute of Technology (2002) – *Brazilian Constitution of 1988*. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA. Disponível em http://web.mit.edu/12.000/www/m2006/teams/willr3/const.htm

Matos, A.; Ribeiro, I.; Fernandes, A.; Cabo, P. (2010) - *Análise crítica dos métodos de valoração economica dos bens e recursos ambientais*. 14p., Universidade da Extremadura, Estremadura, Espanha. Disponível em http://hdl.handle.net/10198/2699

Merico, L. F. (1996) - *Introdução à economia ecológica.* 160p., Ed. da FURB, Blumenau, SC, Brasil. ISBN: 8571140537.

Ministério do Meio Ambiente (s/d) - *i3geo: Free Software to create interactive maps and geoprocessing*. Ministério do Meio Ambiente, Brasilia, Brasil. Disponível em http://mapas.mma.gov.br/i3geo/.

Motta, R.S. (1997) - *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. 242p. IPEA / MMA / PNUD / CNPq, Brasilia, Brasil. Disponível em http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/manual_20serroa_20motta.pdf

Neto, G K. (2005) - *Apostila de Perícia Ambiental*. 229p., Rui Juliano Perícias, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível em http://iemhub.org/resources/574

Presidência da República (s/d) - *Lei nº 12.651 of 25 may 2012*. Presidência da República, Brasilia, Brasil. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm

Presidência da República (s/d) - *Lei nº 7661 of 16 may 1988*. Presidência da República, Brasilia, Brasil. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm

Presidência da República (s/d) - *Lei nº 9.985 of 18 july 2000*. Presidência da República, Brasilia, Brasil. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm

Ramalho, A.M.Z.; Pimenta, H.C.D. (2010) – Valoração Econômica do Dano Ambiental Ocasionado pela Extração Ilegal da Orquídea Cattleya granulosa no Parque Natural Dom Novaldo Monte, Natal/RN, *Holos* (ISSN: 1807-1600), 26(1):62-82, Rio Grande do Norte, Brasil. Disponível em http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/333

Remoundou, K.; Koundouri, P.; Kontogianni, A.; Nunes, P.A.L.D.; Skourtos, M. (2009) – Valuation of Natural Marine Ecosystems: An Economic Perspective, *Environmental Science and Policy* (ISSN: 1462-9011), 12(7):1040-1051. doi:10.1016/j.envsci.2009.06.006

Soares, G.S.; Dominguez, J.M.L. (2012) - Zonas úmidas na planície costeira do rio Itapicuru, litoral norte do estado da Bahia, Brasil: classificação e controles ambientais. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 12(2):223-237. doi:10.5894/rgci324

Tong, C.; Feagin, R.A.; Lu, J.; Zhang, X.; Zhu, X.; Weng, W.; He, W. (2007) - Ecosystem service values and restoration in urban Sanyang wetland of Wenzhou, China. *Ecological Engineering,* 29(3):249-258. doi:10.1016/j.ecoleng.2006.03.002

Upadhyay, V.P.; Ranjan, R.; Singh, J.S. (2002) – Human-Mangrove Conflict: The Way Out. *Current Science* (ISSN: 0011-3891), 83(11):1328-1336. Disponível em http://www.iisc.ernet.in/currsci/dec102002/1328.pdf

Vo, Q.T.; Kuenzer, C.; Vo, Q.M.; Moder, F.; Oppelt, N. (2012) – Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological Indicators*, 23:431-446. doi:10.1016/j.ecolind.2012.04.022

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):229-241 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):229-241 (2013)

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-391_Costa.pdf | DOI:10.5894/rgci391

The contribution of scientific research for integrated coastal management: The Mondego estuary as study case *

O contributo da investigação científica para a gestão costeira integrada: O estuário do Mondego como caso de estudo

Sónia Costa [@, 1], Ulisses M. Azeiteiro [2], Miguel A. Pardal [3]

ABSTRACT

The present paper quantifies and summarizes the research performed in the Mondego estuary (Portugal) over the last decades. Online databases were used to quantitatively assess the international publications, the master dissertations and PhD theses focused in the research about that estuary, from 1989 to 2012. In general, there had been a notable growth trend in publication output. Estuarine, Coastal and Shelf Science was the most active journal publishing on Mondego estuary. Field studies were the predominant type of research and the population/community dynamics and functioning have been one of the main research topics. Towards the time, the estuary has been used as local for several studies and the existing database has been useful to test theoretical ecological hypotheses and to support some management decisions and ecosystem restoration schemes. The efforts intended to its preservations are justified by its high ecological value, presenting large diversity of habitats and biodiversity, and its socio-economic importance, providing goods and services to population. The published research results cover several aspects of the system including the hydrology, the nutrient cycling, the communities' structure, diversity and dynamics. Moreover, research focused in existing environmental problems like eutrophication, extreme climatic events and contaminants, characterizing them and proposing solutions. The Mondego estuarine water quality status, was also intensely studied especially in order to implement the Water Framework Directive. The Mondego estuary has suffered intense anthropogenic pressure and hydromorphological modifications over the last decades that induced a progressive decline in its ecological condition. In order to reverse the tendency of the ecosystem degradation a restoration project was implemented in 1997/98, followed by a more intensive intervention in 2006. Parallels, the estuary suffered the effects of climate changes that seems to masked the response of water quality and biological communities to mitigation measures. Although we are only at an early stage in the projected trends of global warming, ecological responses to recent climate change are already clearly visible in this shallow water temperate estuarine system.

Keywords: Mondego estuary, coastal management, research trends, science divulging and science management.

@ - Corresponding author
1 - Centro de Ecologia Funcional, Universidade de Coimbra. e-mail: soniacosta@ci.uc.pt
2 - Universidade Aberta. Departamento de Ciências e Tecnologia. Palácio Ceia. Rua da Escola Politécnica, 141 - 147. 1269-001 Lisboa, Portugal e Centro de Ecologia Funcional, Universidade de Coimbra. e-mail: ulisses@uab.pt
3 - Centro de Ecologia Funcional, Universidade de Coimbra. e-mail: mpardal@ci.uc.pt

** Submission: December 15th, 2012; Evaluation: February 08th, 2013; Reception of revised manuscript: March 12nd, 2013; Accepted: May 20th, 2013; Available on-line: May 22, 2013*

RESUMO

O presente artigo resume a pesquisa realizada no estuário do Mondego (Portugal) ao longo das últimas décadas. Foi feita uma pesquisa em bases de dados de pesquisa online para avaliar quantitativamente as publicações internacionais, as dissertações de mestrado e teses de doutoramento sobre o referido estuário, entre 1989 a 2012. Em geral, houve uma tendência de crescimento notável na produção de publicações. A revista científica Estuarine, Coastal and Shelf Science foi a mais ativa a publicar estudos sobre o estuário do Mondego. Os trabalhos de campo foram o tipo predominante de pesquisa e a dinâmica e funcionamento das populações/comunidades tem sido um dos principais tópicos da investigação. Ao longo do tempo o estuário tem sido usado como um local para vários estudos e a base de dados existente tem sido útil para testar hipóteses ecológicas teóricas e para apoiar algumas decisões de gestão. Os esforços desenvolvidos para a sua preservação são justificados pelo seu elevado valor ecológico, pois apresenta grande diversidade de habitats e biodiversidade, e pela sua importância sócio-económica, facultando bens e serviços à população. Os resultados da investigação publicados abrangem vários aspectos do sistema, incluindo a hidrologia, o ciclo de nutrientes, a estrutura das comunidades, diversidade e dinâmica. Além disso, a pesquisa tem-se focado em problemas ambientais, como a eutrofização, os eventos climáticos extremos e os contaminantes, caracterizando-os e propondo soluções, bem como o estado de qualidade da água, especialmente na implementação da Directiva Quadro de Água. O estuário do Mondego tem sofrido intensa pressão antrópica e modificações hidromorfológicas nas últimas décadas que induziram um declínio progressivo na sua condição ecológica. A fim de reverter a tendência da degradação do ecossistema um projeto de recuperação foi implementado em 1997/98, seguido de uma intervenção mais intensa em 2006. Paralelamente, o estuário sofreu o efeito de alterações climáticas que parecem ter mascarado a resposta do ecossistema em termos de qualidade da água e das comunidades biológicas às medidas de mitigação. Apesar de estarmos apenas na fase inicial nas tendências projetadas do aquecimento global, as respostas ecológicas para mudanças climáticas recentes são já claramente visíveis neste sistema estuarino temperado.

Palavras-Chave: *Estuário do Mondego, gestão costeira, tendência de investigação, divulgação científica, gestão de científica.*

1. INTRODUCTION

The coastal zones are attractive for human populations resulting in complex patterns of exploitation of natural resources. The biodiversity supported by coastal areas plays a fundamental role in sustaining a wide range of goods and services , "defined as indirect or direct benefits to human society arisen from the natural environment" (Beaumont *et al.*, 2006) essential for the maintenance of our social and economic wellbeing (Costanza *et al.*, 1997; de Groot *et al.*, 2010). Nevertheless, the intense uses of those zones have caused disturbances from diverse order that compromise and threat their integrity (Raffaelli *et al.*, 1996). Despite being the major part of the environmental impacts essentially local (as pollution and overfishing), its effects usually have regional and global consequences. Moreover, coastal areas are also target of global environmental disturbances (e.g. changes in temperature and in the precipitation regimes) (Sterr *et al.*, 2003; Morais, 2008; Ferreira *et al.,* 2008).

The complexity of interactions occurring in the littoral coast, its diverse use, socioeconomic relevance, and its high environmental value, justifies the attention given to the coastal action plans in the last years (Cicin-Sain & Belfiore, 2005; Rosa *et al.*, 2012; Almeida *et al.*, 2012; Oliveira & Nicolodi, 2012). Worldwide, those areas represent one of the biggest challenges for environment conservation. However, the sustainable use, development, and protection of the shoreline and the preservation/restoration of their resources are only possible through an integrated and coherent management (Cicin-Sain *et al.*, 1998; Cicin-Sain & Belfiore, 2005). Consequently, to effectively manage these areas is primordial to take decisions based on a robust scientific, technical and multidisciplinary background. So, it is very important the investment in research activities allowing a better understand of these valorous systems and develop methodologies and tools that will enhance our predictive and management abilities. The priority is the understanding of the evolution of coastal systems under the influence of different scenarios. As Morais *et al.* (2008) referred, it is also important the application of precautionary measures that stabilize the level of resilience of the ecosystems, i.e., its ability to sustain self-organization in face of new situations of stress or shock.

Portugal is not an exception in facing the challenge of manage coastal zones, especially because it is a country with an extensive shoreline compared to its geographic area. Its coastline presents a wide geomorphological diversity from sandy stretches, ponds, rocky shore, coastal lagoons, and estuaries where important ecological and biophysical phenomena occur. Historically, the Portuguese trajectory has always been associated with the sea and the main urban clusters are in the coastal strip (Ferrão, 2006).

In Portugal, there are several universities with research groups developing competitive research on the littoral zones, particularly focusing on estuaries. It is well known that these coastal areas are among the most productive and valuable ecosystems of the world, supporting fundamental ecological links with other environments (Beck *et al.*, 2001; McLusky & Elliott, 2004; Costanza *et al.*, 1997; Boyd & Banzhaf, 2007; Jørgensen, 2010; Barbier *et al.*, 2011; Martinho *et al.*, 2012). Estuarine systems have long been regarded as stressed areas due to the high degree of variability in their physicochemical characteristics and human pressure (Kennish, 2002). It is also widely recognized the essential role of estuaries for life in the oceans, especially coastal platforms, serving as refuge and nursery areas of many marine species and as residency of several others (Cabral *et al.*, 2007; Martinho *et al.*, 2007a; 2012). Estuaries present also resting, nesting and feeding areas to native and migratory avifauna (Múrias *et al.*, 2002; Lourenço *et al.*, 2008; Burton *et al.*, 2010).

The Mondego estuary (Fig. 1) represents one of the Portuguese coastal zones for where interesting investigation

has been developed. In this context, the main objectives of the present work were: a) to quantify and qualify the scientific international publications and academic dissertations about the Mondego river estuarine system; b) to present an overview of the research conducted about this ecosystem emphasizing its main goods, services, constraints, and remediation measures implemented during the last decades.

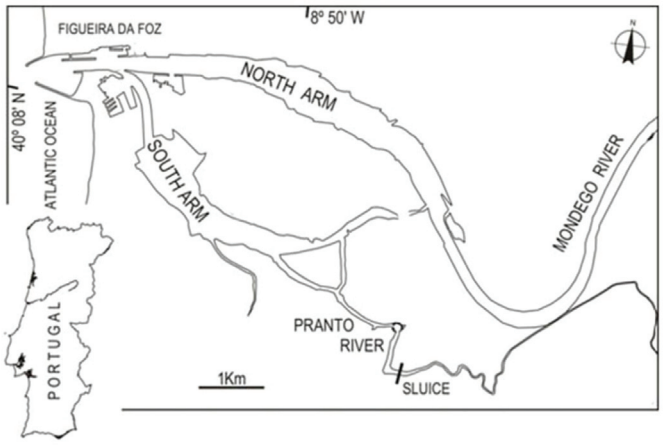


Figure 1. Location and morphology of Mondego estuary.
Figura 1. *Localização e morfologia do Estuário do Mondego.*

2. MATERIALS AND METHODS

The search for bibliometric assessment of scientific research trend reporting the Mondego estuary studies, published till December 2012, was performed through online databases and our own reprints collection. The online search for peer-reviewed journal articles was made on the multidisciplinary databases SciVerse Scopus from Elsevier and Web of Science from Thomson Reuters, using *Mondego estuary* as topic mentioned in the title, abstract or keywords. Additionally, a search in the RCAP - Repositório Científico Aberto de Portugal (Open scientific repository of Portugal) (http://www.rcaap.pt/) was performed with the same keyword to find master dissertations and PhD theses. All records were analysed individually to ascertain the number of documents that occurred in each databases. Additionally, our own reprints having the Mondego estuary as area of study were used to complement the information caught from the online database, namely the older publications and master dissertations and PhD theses. Mainly to the post-graduated works complementing with our knowledge was essential because a good part of the theses and dissertations were not available from the RCAP.

All the publications referring to Mondego estuary were grouped by year. Then, and despite the difficulty of publications classification, due to its transdisciplinary, they were quantified by type of research (descriptive/analytical, experimental or management studies). The descriptive/analytical studies category was subdivided according with the main subject of research (population/community dynamics and functioning; nutrients/eutrophication; climate changes; contaminants; multiple stressors), and with main species groups (benthos; plankton, fishes; birds). Additionally, the impact factor (IF) of the journals was determined for each article as reported in the year 2011 by the Journal Citation Reports.

In order to pursuit the second objective of the present work, we revise and discuss the research conducted on the Mondego Estuary. We support our discussion not only in the publications quantified through the online databases reported above, but also in our knowledge of the system and in some national publications, conference reports, and book chapters. These last publications were not quantified in the bibliometric analysis due to the lack of online databases covering all them.

3. RESULTS

There is a wide database about the Mondego estuary available in the literature reporting more than 2 decades of research. The recoveries found ranged from 1989 to 2012, and included 193 scientific publications in international journals, 62 master (MSc) dissertations and 32 doctoral (PhD) theses (Fig. 2). Ninety one of the referred academic works were presented to the University of Coimbra and only 3 to the University of Aveiro (both Portuguese universities). It is important to underline that several other publications focused in the Mondego estuary have been disclosed in national journals, books, conferences and in national and international meetings, but as referred before, those were not included in the quantification.

Table 1 listed the top 5 most active journals producing articles on Mondego estuary including its IF. Totally, the 193 articles were published in 44 journals. Among those, 47.7% contained only one article, 13.6% contained two, 13.6% contained three, and 25.0% contained more than 3. The journals with more publications of Mondego estuarine studies were the Estuarine, Coastal and Shelf Science and Ecological indicators. The first published 22.3% of the total articles while to the second corresponded 11.4%. Considering all the 193 journals publishing Mondego estuarine studies, the IF ranged between 0.421 and 3.746 with a median of 2.247 and a mean of 2.013.

The trend of international publication was not stable during the years but, generally, increased and reached a peaks in 2007 with 25 articles published, followed by a decreasing until 2010 and a new increase afterwards (Fig. 2). The highest number of MSc dissertations occurred in 2008 and 2010 (8 publications), while the PhD theses reached the maximum of 5 in 2005. The number of articles published by year was positively correlated with the number of MSc dissertations (Spearman Rank Order Correlation, $r=0.794$, $p<0.001$) and PhD theses ($r= 0.451$, $p<0.05$).

In general, the studies developed so far are diverse and can be divided in three main lines of research:

- studies of descriptive and analytical nature (composition, distribution, structure, and dynamics), characterizing the system or parts of it. Hereafter designated as descriptive/analytical studies;

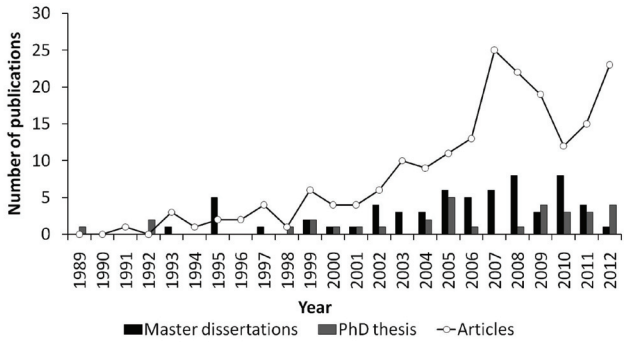


Figure 2. Number of scientific publications in international journals and academic dissertations/theses focused on Mondego estuary, from 1989 until 2012.
Figura 2. *Número de publicações científicas em revistas internacionais e dissertações/teses académicas sobre o estuário do Mondego, de 1989 a 2012.*

Table 1. The top 5 most active journals producing articles on Mondego estuary during the period of 1991–2012.IF-Impact factor.
Tabela 1. *Os 5 jornais mais activos na publicação de artigos sobre o estuário do Mondego durante o período de 1991 e 2012. IF- Fator de impacto.*

Journal	IF 2011	Nº articles
Estuarine, Coastal and Shelf Science	2.247	43
Ecological Indicators	2.695	22
Marine Pollution Bulletin	2.503	16
Hydrobiologia	1.784	15
Acta Oecologica	1.570	13

Table 2. Number of international publications about the Mondego estuary organized by main type of research and main subject.
Tabela 2. *Número de publicações internacionais sobre o estuário do Mondego organizadas por tipo de investigação e tema.*

Articles about the Mondego estuary	**193**
Field studies	**127**
• Population/community dynamics and functioning	67
-Benthos	31
-Fishes	19
-Plankton	11
-Birds	6
• Nutrients/Eutrophication	22
• Climate changes	12
-Benthos	3
-Fishes	3
-Plankton	6
• Contaminants	9
• Multiple stressors	6
• Others	11
Experimental Studies	**14**
• Field	5
• Laboratorial	9
Tools development studies	**52**
• Modelling	17
• Indices/indicators	35

- studies of experimental nature, in the field or under controlled laboratorial environment, reproducing the Mondego estuarine conditions, using one or several species at the same time. Hereafter designated as experimental studies;
- studies focusing on development of tools/methodologies for environmental monitoring, assessment, and management (ecological indicators, indices and models). Hereafter designated as tools development studies.

The studies of descriptive and analytical nature are the more abundant group, with 127 publications against 14 of the category experimental studies and 52 of development of methodologies for environmental monitoring, assessment, and management (Table 2).

To a better understanding of the research trend over time of the types of research and the main areas of field studies, Figure 3 was developed. It can be observed that the papers focusing in the population and community structure and functioning, present the higher number of scientific publications (Fig. 3B). This topic corresponded to the first register in international journals and continues to be developed. From 1996, the nutrients dynamics and the eutrophication problem start to appear in the international scientific literature about the Mondego estuary. In 2001 one scientific article about contaminants was published, but only four years later (2005) this theme was taken up again for international publication. The effects of extreme climatic events in the estuarine ecosystems (climate changes category) were focus of attention from 2007 to 2011 and multiple stressors (referring to the articles that performed a joint analysis of eutrophication and extreme climatic events) were published between 2005 and 2012. During the long years of international publications others works were published punctually reporting diverse subjects like biochemistry, histology and physiology of some estuarine species (11 articles). The majority of the papers are focused in the biological integrity of the macroinvertebrate communities and in the estuarine water quality.

In respect to the research work developed in order to obtain a post-graduated academic degree, the main areas of the dissertations and theses (Table 3) belonged to the Biology/Ecology category. The other areas included only small amount of studies. Three of the master dissertations had a pedagogical approach. It is important refer that in Portugal the master and doctoral programs evolved in the last years to the Bologna model. The masters programs (24 months) have a first stage with one curricular year and a second stage devoted to supervised research. The doctoral programs have 48 months with a first stage with one curricular year and a second stage (36 months) devoted to supervised research. Before the implementation of the Bologna reform the doctorate did not included a curricular year.

Table 3. Number of master (MSc) dissertations and doctoral (PhD) theses by scientific area.
Tabela 3. *Número de dissertações de mestrado e de teses de doutoramento por área científica.*

	MSc	PhD
Biology/Ecology	55	26
Civil engineering	1	1
Geosciences	1	
Geography	1	2
Analytical quality control	1	
Chemistry		2
Environmental technology	1	
Marine and Coastal Sciences	2	
Total	62	31

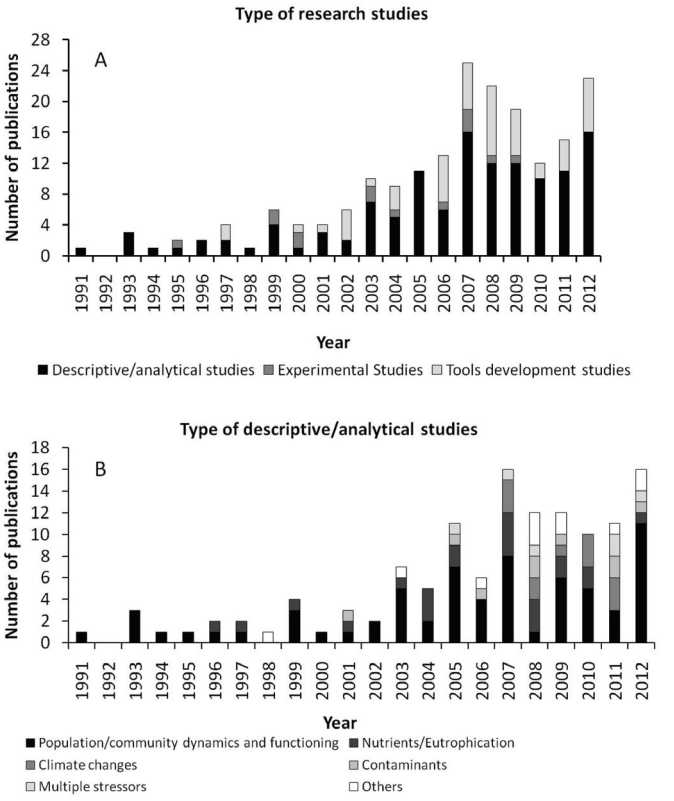


Figure 3. A) Number of international publications about the Mondego estuary by type of research study and by year. B) Number of descriptive and analytical studies published in international journals by main subject and by year.
Figura 3. *A) Número de publicações internacionais sobre o estuário do Mondego por tipo de investigação e por ano. B) Número de estudos descritivos e analíticos publicados em revistas internacionais por assunto e por ano.*

4. DISCUSSION

4.1. Overview of the research output

To the coastal zone management is implicit a good knowledge of all interactions happening among the ecosystems' elements and it has been the goal of researchers in the Mondego estuary. It is our conviction that this objective was, in part, already accomplished because a lot of results concerning several aspects of the systems were already published. The research has achieved a suitable level of detail since the early 1990s, and a large amount of information is available in the literature. The areas of research were diverse and included various biogeochemical aspects of the system. Many studies were descriptive providing baseline knowledge important to posterior works while some were experimental, allowing the control of variables enabling the establishment of cause-effect relationships, and others permitted the development of tools and methodologies mainly addressing environmental quality of the estuary.

The biology, dynamics, and production of key species including zooplankton, algae, seagrasses, crustaceans, gastropods, bivalves, fishes, and birds are well described for this Portuguese estuary, at spatial and temporal scales (as reviewed in the next sections). A good part of the publications are the result of student's research during their post-graduation, which reveals students' interest in studying estuarine/marine topics contributing to its sustainable management. In the acknowledge sections of the articles was frequently mentioned the post-graduated grants that supported the work, which reveals the investment in the formation of human resources to be able to deal with marine and coastal problems. The positive correlation between the number of articles and the MSc dissertations and PhD theses found, can be explained by the fact that the academic works recorded were based on articles published in scientific journals, as mentioned by them. The multidisciplinary and transdisciplinary nature of the articles is noteworthy as is the quality of the research attested by the publication in recognized indexed journals, as also proved by the impact factor of the top 5 journals more active in publishing studies reporting the Mondego estuary (Table 2).

Part of the research published so far is included in programs that monitor estuarine macrobenthic, zooplanktonic, and nektonic communities, as part of projects financed by national institutions like the Fundação para a Ciência e Tecnologia (Foundation for Science and Technology), Instituto Nacional da Água (National Water Institute), and Instituto Interdisciplinar de Investigação (Interdisciplinary Research Institute) (Table 4). The projects were mentioned frequently in the articles. The developed research so far has been developed at the interface of those ecosystem components relating, for instance, planktonic larvae and adults of either fish (Primo *et al*., 2012) or crustaceans (Viegas *et al*., 2011).

Table 4. Some of the projects developed on Mondego estuary with national financial support.
FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia (Foundation for Science and Technology); INAG - Instituto Nacional da Água (National Water Institute); III - Instituto Interdisciplinar de Investigação (Interdisciplinar Research Institute); JNICT - Junta Nacional para a Investigação Científica e Tecnológica (National Board for Scientific and Technological Research.); FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (European Fund for Regional Development).
Tabela 4. *Alguns dos projectos desenvolvidos no estuário do Mondego, com financiamento nacional. FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia; INAG - Instituto Nacional da Água; III - Instituto Interdisciplinar de Investigação. JNICT - Junta Nacional para a Investigação Científica e Tecnológica; FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.*

Title	Duration	Reference	Funding
Mondego estuary: Term evolution of the benthic communities and impact of excessive nutrients release	1993-1995	PBIC/C/MAR/1301/92	JNICT
Evaluation of ecosystem integrity saltmarsh (*Spartina maritima*) in the Mondego estuary, from the structure and function of the benthic reproductive processes	1996-2000	PRAXIS XXI/BD/9290/96	JNICT
Assessing key loss due to eutrophication in the Mondego and Mira estuaries	2001-2005.	POCTI/2000/BSE/36087	FCT
Characterization of the Mondego River estuary and establishment of management scenarios in terms of water quality and ecosystem integrity	2002-2004	---	INAG
DYNAMOD - Dynamic model of stress induced changes on biological communities	2002-2004	POCTI/MGS/37431/2001	FCT
The fishery resources within the European policy of sustainable development: an interdisciplinary approach to the case of sea bass (*Dicentrarchus labrax*)	2005-2007	III/AMB/4/2005	III
EFICAS - Effects of natural stress generated by freshwater discharges in the benthic invertebrate estuarine communities and its influence on the assessment of the benthic ecological status	2005-2008	POCI/MAR/61324/2004	FCT
RECONNECT - System dynamic response to an ample artificial RE-establishment of the upstream CONNECTion between the two arms of the Mondego estuary (Portugal): Implications for recovery, ecological quality status, and management	2008-2011	PTDC/MAR/64627/2006	FCT
An integrative study on the toxicopathic lesions in Portuguese estuarine fishes - Assessing injury impact and toxicogenomic implications in experimental models	2009-2011	PTDC/MAR/70436/2006	FCT
3M-RECITAL - Minho, Mondego and Mira observatories: Variations of the state long-term ecological pressures caused by natural and human. implications in the management and recovery	2010-2012	LTER/BIA-BEC/0019/2009	FCT FEDER
BIOCHANGED - Impact of biodiversity evenness changes in the ecosystem functioning of estuaries	2011-2013	PTDC/MAR/111901/2009	FCT
COMPARE-Impact of climate variability on zooplankton community structure and function in estuarine ecosystems	2012-2014	PTDC/MAR/121788/2010	FCT

Besides the first publication in an international journal (according to current models of scientific publishing) to be only found in 1991 (Marques & Nogueira, 1991), preliminary surveys in the Mondego estuary begun in 1985 in order to plan the first more concrete studies (Marques *et al,.* 1999). Up to date, the research never stopped and consists in multidisciplinary approaches aiming the estuarine ecosystem characterization under the different points of view (hydrological, sedimentological, biological and ecological). Between 1993 and 1997 the studies focused mainly in a particular area of the estuary – the south channel (Fig. 1), which was considered not enough to characterize the whole system and in 2003 an extensive monitoring program was initiated on a monthly base including 23 stations uniformly distributed inside the Mondego estuary and 2 stations located next to the main fresh water discharges (Mondego and Pranto Rivers) (INAG, 2007).

4.2. Characterisation of the Mondego estuary

The Mondego estuary (Fig. 1) is an intertidal estuary located in the western coast of Portugal (40º08'N, 8º50'W), in a warm temperate region, with a continental temperate climate. The estuary receives the flow of the river Mondego which source is located at Serra da Estrela and extends along 227 Km, draining a hydrological basin of approximately 6670 Km^2 (Marques *et al.*, 2002; Cunha & Dinis, 2002). Before the construction of several dams during the decade of 1970, the fluvial regimes were directly controlled by the seasonal precipitation in the catchment basin. Following the construction of two main dams in the Mondego river, the fluvial regime was smoothed, reducing slightly the freshwater discharge (Cunha & Dinis, 2002).

At the most upstream of the basin, the extractive industries play a key role for local communities. Downstream, other industries become predominant related with aquaculture, fisheries and paper production (Pinto *et al.*, 2009). In the margins of the terminal part of Mondego river were established several population clusters, being the more important the Figueira da Foz city in the estuarine mouth. The population established around the estuary is estimated in 63372 individuals (Pinto *et al.*, 2011).

The Mondego estuary extends for 26 km length and in its last 7.5 Km is divided into two arms/channels (south and north) in its terminal part, separated by the Murraceira Island (Cunha *et al.*, 1995). The arms present very different hydrological characteristics. The north arm is deeper (5-10m during high tide), receiving most of the marine tidal water and most of the fresh water from Mondego River constituting the main navigation channel supporting the Figueira da Foz harbour. The south arm is shallower (2-4m deep), almost silted up in the upstream areas and characterised by large areas of exposed intertidal flats during low tide. It receives freshwater from the Mondego and from the Pranto River. This last tributary has the discharge controlled by a gate located 3 km upstream of the mouth. The difference in depth between the two arms determines a faster propagation of the tide in the north arm causing higher daily salinity variations. According to Cunha & Dinis (2002), the propagation of the tide reaches 24 km upstream from the mouth.

4.3. Mondego estuarine ecosystem goods and services

The value of the Mondego estuarine resources, highlighted by the research undergone during the last years, was economically measured by Pinto *et al.* (2009, 2010, 2011). Many goods and services are provided by the system, mainly for the Figueira da Foz, because this city has been intimately connected to the Mondego estuary through the economic activities. Besides, some of the goods and services could be attributed a monetary value. Nevertheless, the majority of other key estuarine services do not lead to marketed outputs. These include many services arising from ecosystem processes and functions that benefit largely human beings, such as coastal protection, nutrient cycling, erosion control, water purification, and carbon sequestration (Barbier *et al.*, 2011). One important service provided by Mondego estuary is the food production, not only by providing fishes, crustaceans, and molluscs to local inhabitants, but through the maintenance of fisheries. The Mondego estuary provides coastal breeding and nursery habitat for important commercial species (Martinho *et al.,* 2007a). In this regard, Pinto *et al.* (2010) suggests that Mondego estuarine ecosystem makes a significant contribution to society in terms of fisheries (7,078,000-14,831,000€). For this reason, it is essential take management actions towards protecting the habitats in the Mondego estuary that contribute to supply adult populations.

The value of Mondego estuary also involves an important cultural component (e.g. aesthetic, educational, scientific, and artistic). For instance, the valuable natural heritage of this ecosystem can be an attraction for the development of sustainable tourism activities by complementary to beach tourism (Cunha & Dinis, 1997). In fact, the tourism/ recreation activities in the Figueira da Foz, which the impacts are mostly significant during the summer, have relevant social and economic importance representing 8,102,000-12,821,000 € (Pinto *et al.*, 2010). Over the years, a progressive increase in the number of tourists visiting the Mondego estuary and adjacent areas occurred and, consequently, the number of facilities provided for them (Dias *et al.*, 2008; Pinto *et al.*, 2010). Diverse infrastructures have been constructed increasing the supply of activities for tourists, not only in the city of Figueira da Foz, but also in the Mondego estuary, especially in the Murraceira Island. In this estuarine area, there was also a decrease in the activity of the primary sector, reflecting the abandonment of activities such as agriculture and commercial fishing combined with an important increase of provision of services, mainly in the forms of tourism and recreational activities (Pinto *et al.*, 2010). That alteration of activities practiced in and around the Mondego estuary must be seen with caution because the increasing of tourists in the Figueira da Foz results in the increasing human pressure into the Mondego estuary in many ways. For instance, along with beach activities, many summer tourists, besides local habitants, usually go to the intertidal areas of the estuary, to capture benthic invertebrates (Crespo *et al.*, 2010). This can originate a possible cause for the decline of some species like the common cockle *Cerastoderma edule,* which is used as food resource, or such as polychaetes that are captured to be used as bate in daily fisheries.

Aiming to implement a segment of tourism that uses

the natural and cultural heritage, some ecotourism projects have been developed in that area, like the ones aiming to contribute to the revitalization of saliniculture. The ecotourists could benefit from diverse opportunities like leisure, bird-watching, taste halophytes *in situ* and observe the traditional salt-extraction process in situ and within in an ecomuseum. Those activities claim to promote socioeconomic development preserving the ecological processes and the welfare of the populations involved. It is important to refer that the Mondego estuary contributes with 75% of visitors that are interested in ecotourism activities (Pinto *et al*., 2010).

The revitalization of saliniculture promoted by the ecotourism, from the ecological point of the view, could be regarded as a minor pressure compared to others because salt ponds are important and threatened feeding habitats especially for migratory and wintering waders in the Mondego estuary (Lopes *et al*., 2000; Múrias *et al*., 2002). The loss of feeding opportunities resulting from the abandonment of the salines in the Mondego estuary is significant. Múrias *et al.* (2002) refers that waders present in the estuary uses salines as feeding areas by 42% (over low-tide) to 71% (over high-tide) prefering active than inactive salines. The saliniculture was during long time one of the main economic activities of Figueira da Foz. In the Murraceira was developed for hundreds of years the production of salt necessary not only for drying fish business (especially cod) but also for other industry branches (Duarte, 2008). Nevertheless, diverse constrains led to a marked progressive decline and abandonment of that activity. From 1986, started a conversion of inactive salts-works from the Murraceira Island and margins of the south arm in semi-intensive fish farms of seabass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead seabream (*Sparus aurata*), representing actually an important economic activity in the region (Duarte, 2008; Pinto *et al*., 2010). From the above evidences, it is easily perceivable the classification of Mondego estuary as an Important Bird Area in 2002 (IBA; PT039) and as a RAMSAR site in 2005 (Ramsar nº. 1617). Either, the Mondego estuary is integrated in the Reserva Agrícola Nacional (National Agricultural Reserve) and Reserva Ecológica Nacional (National Ecological Reserve).

4.4. Impacts on the Mondego Estuary

Some of the publications found reported the processes involved and the consequences of the severe environmental constrains suffered by the system since the early 1990s due to different anthropogenic stresses (e.g. Marques *et al.,* 1993; Múrias *et al*., 1996; Martins *et al*., 1997, Pardal *et al*., 2000). The pressure in the southern channel is lower than in the northern channel but the first one is more vulnerable to environmental problems, due to its low depth, restricted circulation and higher residence time (INAG, 2007). Through the years, several construction and engineering projects have been completed especially in the northern arm like, intense dredging and sand mining aiming to the maintenance and enlargement facilitating ship access to the commercial harbour (Cunha & Dinis, 2002). Those interventions induced the interruption of the upstream communication between the two channels of the estuary from 1991 to 1997 due to sedimentation. Consequently, the river discharge was mainly through the northern channel and the water circulation in the southern arm became dependent on tides and on the small freshwater input from the Pranto River, artificially controlled by a sluice (Lillebø *et al*., 2004). The high water residence time, mainly in the south arm, coupled with increased nutrient discharge from the agriculture fields around the estuary led to eutrophication which resulted in algal blooms. As a consequence, profound modifications in the Mondego communities occurred. The result was the disappearance and replacement of *Zostera noltii* (considered a rich habitat in terms of biodiversity and productivity) by opportunistic macroalgae, mainly *Ulva spp*. in the inner most disturbed areas of the estuary (Cardoso *et al*., 2004). The eutrophication and the consequent estuarine degradation was the subject of diverse papers (e.g. Marques *et al*., 1993; Múrias *et al*., 1996; Martins *et al*., 1997; Lillebø *et al*., 1999; Cardoso *et al*., 2002, 2004; Dolbeth *et al*., 2003) reporting the effects of macroalgae blooms on various species living in the estuary, from seagrasses to waders. One of the main structural modifications was the decrease in species diversity along the eutrophication gradient over time (Cardoso *et al*., 2004), and an overall secondary production decrease (Dolbeth *et al*., 2003), with a marked impoverishment of the most disturbed inner area.

Additionally to the eutrophication, during the mitigation measures the system suffered the pressure of natural stressors like floods (1993, 2000/01, 2006), big droughts (2005), and heat waves (2003, 2005) (Dolbeth *et al*., 2011; Veríssimo *et al*., 2013a).

Beyond the eutrophication, chemical pollution has been also centre of major concern. In recent years some students have been developing their MSc and PhD projects about chemical contamination in the Mondego estuary. Both organic and inorganic pollutants have been addressed. Estrogens, mercury and polychlorinated biphenyls have been quantified in the water, sediments and biota. The current data shows that Mondego estuary could be considered a reference in respect to the mercury (Coelho *et al.* 2005, 2008), animal or pharmaceutical estrogens and alkylphenols (Ribeiro *et al*., 2009), polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls (Nunes *et al*., 2011), but not for other contaminants like phytoestrogens and bisphenols that were found in high levels in Mondego estuary waters (Ribeiro *et al.*, 2009). The projections suggest an increase of 8% annual growth of urban area and a population growth of 0.16% in the Mondego estuarine zone (Pinto *et al*., 2011). Consequently, the pollutants and nutrient input originated from the human activities will increase. For that reason, the Mondego estuary deserves continuous monitoring programs on chemical contamination. Additionally, recent studies (Baeta *et al.,* 2009a, b) using stable-isotopes analysis of the community of producers and consumers of the south arm, has shown that the sources of nitrogen are coming from human activities.

Not only anthropogenic drivers have been affecting the estuary but also natural ones like extreme climate events (Marques *et al*., 2007; Martinho *et al*., 2007b; Grilo *et al*., 2011) cited above and invasive species (Franco *et al*., 2012) have been acting upon the system. Concerning climate change effects in the Mondego estuary, some studies detected drought

induced changes for instance in zooplanktonic assemblages and fish communities (Martinho *et al.*, 2007b, Primo *et al.* 2009). Primo *et al.* (2009) observed that the drought period was associated with an increase in zooplankton abundance, a reduction in the seasonality and a higher abundance and prevalence of marine species throughout the year. Either, Martinho *et al.* (2007b) found a decline in the abundance of the fishes *Pomatoschistus microps* and *Pomatoschistus minutus*. Grilo *et al.* (2009) reported that floods and heat waves had a higher negative effect on macrobenthic assemblages than the droughts.

The water degradation resulting from increasing human-induced pressures is a crucial point of concern for the researchers on Mondego estuary and also for the policy makers. The researchers have been testing evaluation tools for quality status assessment, especially in the implementation of the Water Framework Directive, mainly through the analysis of macrobenthic communities (e.g. Cardoso *et al.*, 2007; Teixeira *et al.*, 2009; Veríssimo *et al.*, 2013a,b) but also through nutrients (Lillebø *et al.*, 2007) and fish communities (Martinho *et al.*, 2008). The results of the evaluation of the estuarine quality status differs not only of the moment of the evaluation and species included but also on the index used, evidencing the high level of mismatch between indices.

4.5. Mitigating measures and responses

To mitigate the consequences of the diverse impacts on the estuary and prevent further environmental degradation some restoration measures were implemented through the years. The first important measure was started in 1997/98 in the sequence of the estuarine eutrophication. A restoration project was employed in an attempt to improve the ecological status of the system and return it to its original condition. The remediation actions included: the physical protection of the seagrass patches from human disturbance; the change of the discharge location of Pranto River flows and the re-establishment of the connection between the two estuarine arms to improve the hydrodynamic conditions of the south arm and diversion of nutrient rich freshwater inflow (Cardoso *et al.*, 2005, 2008; Duarte *et al.*, 2008). However, the mitigation procedures allowed only a very limited water to flow from the northern into the southern channel at high tide spring tides (Lillebø *et al.*, 2005). The full re-establishment of the communication between both channels was implemented in May 2006. It is important to note that the management programs performed were based in the conclusions of the scientific research held by the Portuguese researchers. Monitoring programs started in 2003 and are going on so far. The data collected are supporting some forecasts of the management measures results (INAG, 2007).

The results from the monitoring program have been an important achieve during the last years, enabling the establishment of some conclusions about the system processes and behaviour. After the various restoration efforts implemented to avoid eutrophication, extensive research have been focused in monitoring its efficiency trying to assess the effectiveness of the recovery actions (e.g. Cardoso *et al.*, 2005, 2007, 2008; Lillebø *et al.*, 2005, 2007; Teixeira *et al.*, 2008; Dolbeth *et al.*, 2011, Falcão *et al.*, 2012; Grilo *et al.*, 2009, 2012; Veríssimo *et al.*, 2012, 2013a, b). The estuarine communities have been showing some signs of recovery (e.g. Cardoso *et al.*, 2008; Grilo *et al.*, 2009, 2012).

During the mitigation measures the system suffered the pressure of natural stressors (previously mentioned above). Those events could have reduced the performance of individuals following the first stressor (eutrophication) and may have contributed to a decline of resilience of the species assemblages to the following stressors (extreme event), thereby slowing or even reversed the recovery process (Cardoso *et al.*, 2008; Dolbeth *et al.*, 2011; Veríssimo *et al.*, 2012, 2013a). In fact, the response of water quality and biological communities to restoration efforts seemed to have been masked by the effects of climatic variability (Falcão *et al.*, 2012; Veríssimo *et al.*, 2012; 2013a).

For all the above mentioned reasons, the Mondego estuary is a challenge to modelling. Through the years, many ecological models have been developed for this estuary aiming to assess the effects of some important periods already mentioned before, e.g. the eutrophication process; the mitigation measures implemented; the centenary flood (winter 2000/01) (e.g. Martins *et al.*, 1997; Patrício *et al.*, 2004, 2006; Silva-Santos *et al.*, 2008; Baeta *et al.*, 2011). Either, a conceptual ecosystems model approach (Fig. 4) was constructed by Pinto *et al.*, (2011) based in the Drivers-Pressures-Status-Impacts-Responses methodology. As referred by the authors, the integral view of the system suggests that there are no linear relationships or direct cause-and-effect patterns among drivers, impacts, and system status, because the interactions among them are complex.

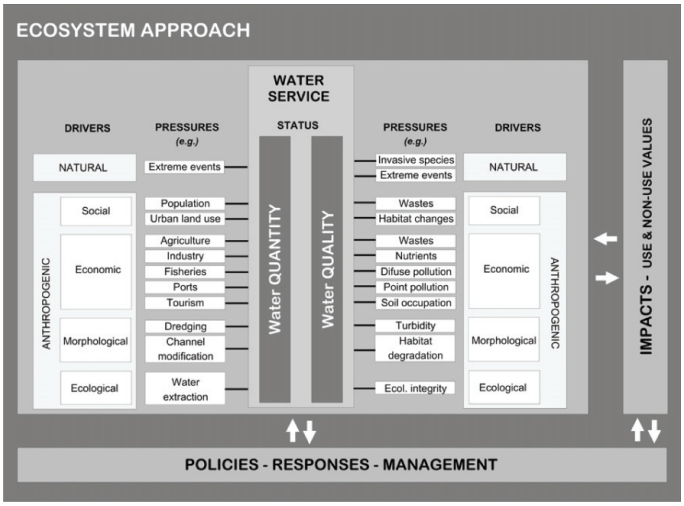


Figure 4. Conceptual model of Mondego estuarine ecosystem (from: Pinto *et al.*, 2011).

Figure 4. *Modelo conceptual do ecossistema estuário do Mondego (retirado de: Pinto et al., 2011).*

5. CONCLUSIONS

In this study, dealing with Mondego estuary research outputs, some significant points on the research trends were obtained throughout the period from 1989 to 2012. Mondego estuarine research continually grew in the last years. This estuary has long constituted a remarkable field of study, mainly academic. The available literature represents an essential source of information, indispensable for researchers, environmental managers, and decision police makers that will have to deal with this complex system. Considering the need to preserve the Mondego estuary habitats, biodiversity and resources, efforts must continue to better understand the ecosystem functioning, with the intention of carry on integrated management actions. The aim must to provide the means for harmonise human activities with the protection of ecosystem that are fundamental to a sustainable socioeconomic growth and development. In this way, it is essential an effective collaboration between all society members. Moreover, for the production of useful and interdisciplinary information on coastal zones to support the policy decisions, is critically needed to government structures to encourage, facilitate and provide financial support to the continuous investigation.

Finally, besides the Mondego estuary and the research performed so far to be very important for science and for support management decisions, we think that it could be also valuable for didactic purposes. From our point of view this estuary has potential for development of environmental educational projects, and future considerations about this topic will be interesting to follow. The role of research teams should include also the Education for the sustainability.

REFERENCES

Almeida, D. (2012) - Land use changes in Costa de Caparica and Albufeira (Portugal): an input to coastal management. *Journal of Integrated Coastal Zone Management,* 12(3): 263-275. doi:10.5894/rgci326.

Baeta, A.; Pinto, R.; Valiela, I.; Richard, P.; Niquil, N.; Marques, J.C. (2009a) - [delta]15N and [delta]13C in the Mondego estuary food web: Seasonal variation in producers and consumers. *Marine Environmental Research*, 67(3): 109-116. doi: 10.1016/j.marenvres.2008.11.005.

Baeta, A.; Valiela, I.; Rossi, F.; Pinto, R.; Richard, P.; Niquil, N.; Marques, J. (2009b) - Eutrophication and trophic structure in response to the presence of the eelgrass *Zostera noltii*. *Marine Biology*, 156(10): 2107-2120. doi:10.1007/s00227-009-1241-y.

Baeta, A.; Niquil, N.; Marques, J.C.; Patrício, J. (2011) - Modelling the effects of eutrophication, mitigation measures and an extreme flood event on estuarine benthic food webs. *Ecological Modelling*, 222(6): 1209-1221. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2010.12.010.

Barbier, E.B.; Sally, D.H.; Kennedy, C.; Kock, E.W.; Stier, A.C.; Silliman, B.R. (2011) - The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2): 169-193. Available at http://ssrn.com/abstract=1868308.

Beck, M.W.; Heck, K.L.; Able Jr, K.W.; Childers, D.L.; Eggleston, D.B. ; Gillanders, B.M.; Halpern, B.; Hays, C.G.; Hoshino, K.; Minello, T.; Orth, J.R. J.; Sheridan, P.F.; Weinstein, M.P. (2001) - The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience*, 51(8): 633–641. Available at http://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/bitstream/2440/12118/1/hdl_12118.pdf.

Beaumont, N.; Townsend, M.; Mangi, S.; Austen, M. (2006) - *Marine Biodiversity-An Economic Valuation: Building the Evidence Base for the Marine Bill*. Prepared for DEFRA. 64p, UK Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK. Available at http://earthmind.net/marine/docs/uk-marine-valuation.pdf.

Boyd, J.; Banzhaf, S. (2007) - What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2-3): 616-626. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.01.002

Burton, N.H.K.; Musgrove, A.J.; Rehfisch, M.M.; Clark, N.A. (2010) - Birds of the Severn Estuary and Bristol Channel: Their current status and key environmental issues. *Marine Pollution Bulletin*, 61(1-3): 115-123. doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.12.018.

Cabral, N.H., Vasconcelos, R.P., Vinagre, C., Franc¸a, S., Fonseca, V., Maia, A., Reis-Santos, P., Lopes, M., Ruano, M., Campos, J., Freitas, V., Santos, P., Costa, M.J. (2007) - Relative importance of estuarine flatfish nurseries along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research*, 57(2-3): 209-217. doi 10.1016/j.seares.2006.08.007.

Cardoso, P.G.; Lillebø, A.I.; Pardal, M.A.; Ferreira, S.M.; Marques, J.C. (2002) - The effect of different primary producers on *Hydrobia ulvae* population dynamics: a case study in a temperate intertidal estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* 277(2): 173-195. DOI: 10.1016/S0022-0981(02)00338-6.

Cardoso, P.G.; Pardal, M.A.; Lillebø, A.I.; Ferreira, S.M.; Raffaelli, D.; Marques, J.C. (2004) - Dynamic changes in seagrass assemblages under eutrophication and implications for recovery. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 302(2): 233-248. doi:10.1016/j.jembe.2003.10.014.

Cardoso, P.G.; Brandão, A.; Pardal, M.A.; Raffaelli, D.; Marques, J.C. (2005) - Resilience of *Hydrobia ulvae* populations to anthropogenic and natural disturbances. *Marine Ecology Progress Series*, 289: 191-199. Available at http://www.int-res.com/articles/meps2005/289/m289p191.pdf.

Cardoso, P.G.; Bankovic, M.; Raffaelli, D.; Pardal, M.A. (2007). Polychaete assemblages as indicators of habitat recovery in a temperate estuary under eutrophication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71(1-2): 301-308. doi: 10.1016/j.ecss.2006.08.002.

Cardoso, P.G.; Raffaelli, D., Lillebø, A.I.; Verdelhos, T.; Pardal, M.A. (2008) - The impact of extreme flooding events and anthropogenic stressors on the macrobenthic communities' dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(2): 553-565. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.10.024.

Cicin-Sain B.; Knecht, R.W. (1998) - *Integrated coastal and ocean management: concepts and practices*. 517p., Island Press, Washington, DC, U.S.A. ISBN: 1559636041

Cicin-Sain, B.; Belfiore, S. (2005) - Linking marine protected areas to integrated coastal and ocean management: A review of theory and practice. *Ocean & Coastal Management*, 48(11-12): 847-868. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2006.01.001

Coelho, J.P.; Pereira, M.E.; Duarte, A.; Pardal, M.A. (2005) - Macroalgae response to a mercury contamination gradient in a temperate coastal lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(3): 492-500. doi:10.1016/j.ecss.2005.06.020.

Coelho, J.P.; Reis, A.T.; Ventura, S.; Pereira, M.E.; Duarte, A.C.; Pardal, M.A. (2008) - Pattern and pathways for mercury lifespan bioaccumulation in *Carcinus maenas*. *Marine Pollution Bulletin*, 56(6): 1104-1110. doi:10.1016/j.marpolbul.2008.03.020.

Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K., Naeem, S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; van den Belt, M. (1997) - The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260. Available at http://www.esd.ornl.gov/benefits_conference/nature_paper.pdf.

Crespo, D.; Verdelhos, T.; Dolbeth, M.; Pardal, M.Â. (2010) - Effects of the over harvesting on an edible cockle (*Cerastoderma edule* Linaeus, 1758) population on the southern european estuary. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(12): 2801-2811.

Cunha, P.P.; Dinis, J.P.J.L. (1997) - Evolução da fisiografia e ocupação antrópica na área estuarina do Rio Mondego e região envolvente (Portugal centro-oeste), desde 1947. *Territorium*, 4: 99-124. Available at https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/15211/1/1997Cunha%20etalTerritorium.pdf.

Cunha, P. P.; Dinis, J. L.; Silva, A. F.; André, J. N. (1995) – Evolução estuarina condicionada por intervenções portuárias: modificações recentes no setor intermédio e distal do Estuário do Mondego, Memórias e Notícias, *Publicações do Museu do Laboratório de Mineralogia e Geologia da Universidade de Coimbra*, 120, 95-117. Available at https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/15213/1/1995Cunha_etal_MN120.pdf.

Cunha, P.P.; Dinis, J. (2002) - Sedimentary dynamics of the Mondego estuary. *In:* M.A. Pardal, J.C. Marques, M.A. Graça (eds.), *Aquatic Ecology of the Mondego River Basin: Global Importance of Local Experience.* pp. 43-62, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. ISBN: 972-8704-04-6. Available at https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/15168/1/2002SedimDynamME.pdf

de Groot, R.S; Alkemade, R.; Braat, L.; Hein, L.; Willemen, L. (2010) - Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7: 260–272. doi:10.1016/j.ecocom.2009.10.006.

Dias, P.; Nogueira, A.; Morgado, F. (2008) - Analysis of environmental and socioeconomic asymmetries among interior and litoral areas in a sustainable development perspective. *In:* U. M. Azeiteiro, F. Gonçalves, R. Pereira, M. J. Pereira, W. L. Filho, F. Morgado (eds.), *Science and Environmental Education*, pp. 375-392, Editora Peter Lang GmbH (Hamburg – Alemanha) ISBN 978-3-631-554067.

Dolbeth, M.; Pardal, M.A.; Lillebø, A.I.; Azeiteiro, U.; Marques, J.C. (2003) - Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Marine Biology*, 143(6): 1229-1238. doi 10.1007/s00227-003-1133-5.

Dolbeth, M.; Cardoso, P.G.; Grilo, T.F., Bordalo, M.D.; Raffaelli, D.; Pardal, M.A. (2011) - Long-term changes in the production by estuarine macrobenthos affected by multiple stressors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92(1): 10-18. doi:10.1016/j.ecss.2010.12.006.

Duarte, A.A.L.S.; Vieira, J.M.P.; Neto, J.M.; Pardal, M.A. (2008) - Monitorização da Hidrodinâmica e da Qualidade da Água no Estuário do Rio Mondego. *Engenharia Civil*, 33: 65-74. Available at http://www.civil.uminho.pt/revista/n33/Artigo06-Pag65-74.pdf.

Duarte, A.C.L. (2008) – A piscicultura no estuário do Mondego. Pregado: Uma espécie a cultivar. *IPIMAR divulgação*, 33: 1-4. Available at http://www.inrb.pt/fotos/editor2/folheto38.pdf

Falcão, J., Marques, S.C.; Pardal, M.A.; Marques, J.C.; Primo, A.L.; Azeiteiro, U.M. (2012) - Mesozooplankton structural responses in a shallow temperate estuary following restoration measures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 112: 23-30. doi:10.1016/j.ecss.2011.06.007.

Ferrão, J. (2006) - Planeamento e ordenamento costeiro em Portugal. *Europa: novas fronteiras*, 20: p.109-116. Available at http://ftp.infoeuropa.eurocid.pt/database/000038001-000039000/000038429.pdf

Ferreira, O; Dias, J.A; Taborda, R. (2008) - Implications of Sea-Level Rise for Continental Portugal. *Journal of Coastal Research*, 24 (2): 317-324. doi: 10.2112/07A-0006.1.

Franco, J.N.; Ceia, F.R.; Patrício, J.; Modesto, V.; Thompson, J.; Marques, J.C.; Neto, J.M. (2012) - Population dynamics of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in mesohaline and oligohaline habitats: Invasion success in a Southern Europe estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 112: 31-39. doi: 10.1016/j.ecss.2011.07.014.

Grilo, T.; Cardoso, P.; Dolbeth, M.; Pardal, M. (2009) - Long-term changes in amphipod population dynamics in a temperate estuary following ecosystem restoration. *Hydrobiologia*, 630(1): 91-104. doi: 10.1007/s10750-009-9782-0.

Grilo, T.F.; Cardoso, P.G.; Dolbeth, M.; Bordalo, M.D.; Pardal, M.A. (2011) - Effects of extreme climate events on the macrobenthic communities' structure and functioning of a temperate estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 62(2): 303-311. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.10.010.

INAG (2002) - *Water Quality in Portuguese Estuaries: Mondego, Tejo and Sado*. 122p. Available at http://www.maretec.mohid.com/portugueseestuaries/Reports/Portuguese_EUDirectives.pdf.

INAG (2007) - *Mondego estuary - Portugal*. Available at http://qsr2010.ospar.org/media/assessments/p00372_supplements/00102Rev2_PT_COMP2_Report_final.pdf

Jørgensen, S.E. (2010) - Ecosystem services, sustainability and thermodynamic indicators. *Ecological Complexity*, 7(3): 311-313. doi: 10.1016/j.ecocom.2009.12.003.

Kennish, M.J. (2002) - Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 29(1): 78-107. doi: 10.1017/S0376892902000061.

Lillebø, A.I.; Flindt, M.R.; Pardal, M.A.; Marques, J.C.; Abbott, D.P. (1999) - The effect of macrofauna, meiofauna and microfauna on the degradation of *Spartina maritima*

detritus from a salt marsh area. *Acta Oecologica*, 20(4): 249–258. doi: 10.1007/s10750-006-0535-z.

Lillebø, A.I.; Neto, J.M.; Flindt, M.R.; Marques, J.C.; Pardal, M.A. (2004) - Phosphorous dynamics in a temperate intertidal estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61(1): 101-109. doi: 10.1016/j.ecss.2004.04.007.

Lillebø, A.I., Neto, J.M., Martins, I., Verdelhos, T., Leston, S., Cardoso, P.G., Ferreira, S.M., Marques, J.C., Pardal, M.A. (2005) - Management of a shallow temperate estuary to control eutrophication: The effect of hydrodynamics on the system's nutrient loading. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(4): 697-707. doi: 10.1016/j.ecss.2005.07.009.

Lillebø, A.I., Coelho, J.P.; Flindt, M.R.; Jensen, H.S.; Marques, J.C.; Pedersen, C. B.; Pardal, M.A. (2007) - *Spartina maritima* influence on the dynamics of the phosphorus sedimentary cycle in a warm temperate estuary (Mondego estuary, Portugal). *Hydrobiologia*, 587(1):195–204. doi: 10.1007/s10750-007-0679-5.

Lopes, R.J., Pardal, M.A., Marques, J.C. (2000) - Impact of macroalgal blooms and wader predation on intertidal macroinvertebrates: experimental evidence from the Mondego estuary (Portugal). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* 249(2): 165-179.

Lourenço, P.M.; Silva, A.; Santos, C.D.; Miranda, A.C.; Granadeiro, J.P.; Palmeirim, J.M. (2008) - The energetic importance of night foraging for waders wintering in a temperate estuary. *Acta Oecologica*, 34(1): 122-129. doi 10.1016/j.actao.2008.04.005.

Marques, J. C.; Nogueira, A. (1991) - Life cycle, population dynamics, and production of *Echinogammarus marinus* (Leach) (Amphipoda) in the Mondego estuary (Portugal). *Oceanologica Acta*, 11: 213-223.

Marques, J.C; Maranhão, P.; Pardal, M.A. (1993) - Human Impact Assessment on the Subtidal Macrobenthic Community Structure in the Mondego Estuary (Western Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37(4): 403-419. doi: 10.1006/ecss.1993.1064.

Marques, J.C., Graça, M.A., Pardal, M.A. (2002) - Introducing the Mondego river basin. Cunha, P.P.; Dinis, J. (2002) - Sedimentary dynamics of the Mondego estuary. *In:* M.A. Pardal, J.C. Marques, M.A. Graça (eds.), *Aquatic Ecology of the Mondego River Basin: Global Importance of Local Experience,* pp. 43-62, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. ISBN: 972-8704-04-6.

Marques, J.C.S; Pardal, M.A; Lillebø, A. I. (1999) - Comunidades biológicas do estuário do Mondego: Quinze anos de estudos, *Cadernos de Ecologia*, *2*: 46-76. ISBN 972-592-109-7.

Marques, S.C., Azeiteiro, U.M., Martinho, F., Pardal, M.A. (2007) - Climate variability and planktonic communities: The effect of an extreme event (severe drought) in a southern European estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4): 725-734. doi:10.1016/j.ecss.2007.03.010.

Martinho, F.; Leitão, R.; Neto, J.M.; Cabral, H.; Marques, J.C.; Pardal, M.A. (2007a) - The use of nursery areas by juvenile fish in a temperate estuary, Portugal. *Hydrobiologia*, 587(1): 281-290. doi: 10.1007/s10750-007-0689-3

Martinho, F.; Leitão, R.; Viegas, I.; Dolbeth, M.; Neto, J.M.; Cabral, H.N.; Pardal, M.A. (2007b) - The influence of an extreme drought event in the fish community of a southern Europe temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75(4): 537-546. doi:10.1016/j.ecss.2007.05.040.

Martinho, F.; Viegas, I.; Dolbeth, M.; Leitão, R.; Cabral, H.N.; Pardal, M.A. (2008) - Assessing estuarine environmental quality using fish-based indices: Performance evaluation under climatic instability. *Marine Pollution Bulletin*, 56(11): 1834-1843. doi:10.1016/j.marpolbul.2008.07.020.

Martinho, F.; Cabral, H. N.; Azeiteiro, U.M.A.; Pardal, M.A. (2012) - Estuarine nurseries for marine fish - Connecting recruitment variability with sustainable fisheries management. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 23(4): 414 - 433. doi 10.1108/14777831211232236.

Martins, I; Marques, J.C.; Jørgensen, S.E.; Nielsen, S.N. (1997) - Modelling the effects of green macroalgae blooms on the population dynamics of *Cyathura carinata* (Crustacea: Isopoda) in an eutrophied estuary. *Ecological Modelling,* 15(1): 33–53. doi: 10.1016/S0304-3800(97)00098-7.

McLusky, D.S.; Elliott, M. (2004) - *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management*, 3th edition. 214 p, Oxford University Press, Oxford, UK. ISBN: 978-0198525080.

Morais, J.M.F. (1998) - *A mudança geral e a zona costeira.* 50 p. *Monografias, Comisariat of the Lisbon World Exposition*. Comissariado da Exposição Mundial de Lisboa de 1998, Lisboa, Portugal. ISBN: 972-8396-81-3.

Morais, J.M.F. (2008) - O antropoceno: os desafios da Mudança Global. *Revista Lusófona de Humanidades e Tecnologias*, 11: 15-25. Available at http://revistas.ulusofona.pt/index.php/rhumanidades/article/view/1375/1124.

Múrias, T.; Cabral, J.A.; Marques, J.C.; Goss-Custard, J.D. (1996) - Short-term effects of intertidal macroalgal blooms on the macrohabitat selection and feeding behaviour of wading birds in the Mondego Estuary (West Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 43(6): 677-688. doi: 10.1006/ecss.1996.0096.

Múrias, T.; Cabral, J.A.; Lopes, R.; Marques, J.C.; Goss-Custard, J. (2002) - Use of traditional salines by waders in the Mondego estuary (Portugal): A conservation perspective. *Ardeola*, (ISSN: 0570-7358), 49(2):223-240, Spanish Society of Ornithology, Madrid, Spain. Available at http://www.ardeola.org/files/502.pdf

Nunes, M.; Marchand, P.; Vernisseau, A.s.; Bizec, B.L.; Ramos, F.; Pardal, M.A. (2011) -PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in sediment and biota from the Mondego estuary (Portugal). *Chemosphere*, 83(10): 1345-1352. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.02.081.

Oliveira, M.R.L.; Nicolodi, J.L. (2012) - Coastal Management in Brazil and ten years of the Orla Project: An analysis from the government's standpoint. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 12(1):89-98. doi:10.5894/rgci308.

Pardal, M.A.; Marques, J.C.; Metelo, I.; Lillebø, A.I.; Flindt, M.R. (2000) - Impact of eutrophication on the life cycle, population dynamics and production of *Ampithoe*

valida (Amphipoda) along an estuarine spatial gradient (Mondego estuary, Portugal). *Marine Ecology Progress Series*, 195: 207-219. Available at http://www.int-res.com/articles/meps/196/m196p207.pdf.

Patrício, J.; Ulanowicz, R.; Pardal, M.A.; Marques, J.C. (2004) - Ascendency as an ecological indicator: a case study of estuarine pulse eutrophication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60(1): 23-35. doi: 10.1016/j.ecss.2003.11.017.

Patrício, J.; Marques, J.C. (2006) - Mass balanced models of the food web in three areas along a gradient of eutrophication symptoms in the south arm of the Mondego estuary (Portugal). *Ecological Modelling*, 197(1-2): 21-34. doi:10.1016/j.ecolmodel.2006.03.008.

Pinto, R.; Patrício, J.; Salas, F.; Neto, J.M.; Marques, J.C. (2009) - Bacia do Mondego. *In:* Henrique Miguel Pereira; Tiago Domingos, Luís Vicente; Vânia Proença (Eds), *Ecossistemas e Bem-Estar Humano: Resultados da Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*, pp. 513-557, Escolar Editora, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-972-592-274-3. Available at: http://ecossistemas.org/ficheiros/livro/Capitulo_15.pdf.

Pinto, R.; Patrício, J.; Neto, J.M.; Salas, F.; Marques, J.C. (2010) - Assessing estuarine quality under the ecosystem services scope: Ecological and socioeconomic aspects. *Ecological Complexity*, 7(3): 389-402. doi:10.1016/j.ecocom.2010.05.001.

Pinto, R.; de Jonge, V.N.; Neto, J.M.; Domingos, T.; Marques, J.C.; Patrício, J. (2011) - Towards a DPSIR driven integration of ecological value, water uses and ecosystem services for estuarine systems. *Ocean & Coastal Management,* 72:64-79. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2011.06.016.

Primo, A.L.; Azeiteiro, U.M.; Marques, S.C.; Martinho, F.; Baptista, J.; Pardal, M.A. (2012) - Colonization and nursery habitat use patterns of larval and juvenile flatfish species in a small temperate estuary. *Journal of Sea Research.* 76:126-134. doi: 10.1016/j.seares.2012.08.002.

Ribeiro, C.; Pardal, M.A.; Martinho, F.; Margalho, R.; Tiritan, M.E.; Rocha, E.; Rocha, M.J. (2009) - Distribution of endocrine disruptors in the Mondego River estuary, Portugal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149:183–193. (2009). doi: 10.1007/s10661-008-0192-y.

Rosa, T. L.; Barata, A.; Geadas Cabaço, J.; Teles, M. (2012). Intervenções de Dragagem na Barra de Aveiro (Portugal) e de Protecção da Zona Costeira a Sul. *Journal of Integrated Coastal Zone Management,* 12 (1). 57-75. doi:10.5894/rgci286.

Silva-Santos, P.; Pardal, M.A.; Lopes, R.J.; Múrias, T.; Cabral, J.A. (2008) - Testing the Stochastic Dynamic Methodology (StDM) as a management tool in a shallow temperate estuary of south Europe (Mondego, Portugal). *Ecological Modelling* 210(4): 377-402. doi:10.1016/j.ecolmodel.2007.09.005.

Sterr, H.; Klein, R. J. T.; Reese, S. (2003) - Climate change and coastal zones: an overview of the state-of-the-art on regional and local vulnerability assessment. *In:* C. Giupponi & M. Shechter (eds.), *Climate change in the Mediterranean: socio-economic perspectives of impacts, vulnerability and adaptation,* pp.245-278, Edward Elgar Pub, Cheltenham, U.K. ISBN: 978-1843761549.

Teixeira, H.; Salas, F.; Neto, J.M.; Patrício, J., Pinto, R.; Veríssimo, H.; García-Charton, J.A.; Marcos, C.; Pérez-Ruzafa, A.l.; Marques, J.C. (2008) - Ecological indices tracking distinct impacts along disturbance-recovery gradients in a temperate NE Atlantic Estuary - Guidance on reference values. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 80(1): 130-140. doi:10.1016/j.ecss.2008.07.017.

Teixeira, H.; Neto, J.M.; Patrício, J.; Veríssimo, H.; Pinto, R.; Salas, F.; Marques, J.C. (2009) - Quality assessment of benthic macroinvertebrates under the scope of WFD using BAT, the Benthic Assessment Tool. *Marine Pollution Bulletin*, 58(10): 1477-1486. doi:10.1016/j.marpolbul.2009.06.006.

Veríssimo, H.; Bremner, J.; Garcia, C.m., Patrício, J.; van der Linden, P.; Marques, J.C. (2012) - Assessment of the subtidal macrobenthic community functioning of a temperate estuary following environmental restoration. *Ecological Indicators,* 23: 312-322. doi: 10.1016/j.ecolind.2012.04.020.

Veríssimo, H.; Lane, M.; Patrício, J.; Gamito, S.; Marques, J.C. (2013) - Trends in water quality and subtidal benthic communities in a temperate estuary: Is the response to restoration efforts hidden by climate variability and the Estuarine Quality Paradox? *Ecological Indicators*, 24: 56-67. doi: 10.1016/j.ecolind.2012.05.028.

Veríssimo, H.; Neto, J.M.; Teixeira, H.; Franco, J.N.; Fath, B.D.; Marques, J.C.; Patrício, J. (2013) - Ability of benthic indicators to assess ecological quality in estuaries following management. *Ecological Indicators*, 19: 130-143. doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.014.

Viegas, I.; Marques, S.; Bessa, F.; Primo, A.; Martinho, F.; Azeiteiro, U.; Pardal, M.; (2011) - Life history strategy of a southern European population of brown shrimp (*Crangon crangon*, L.): evidence for latitudinal changes in growth phenology and population dynamics. *Marine Biology*, 159: 33-43. doi: 10.1007/s00227-011-1787-3.

Raffaelli, D.; Hawkins, S.J. (1996) - Coastal Zone Change. *In:* D. Raffaelli & S.J. Hawkins (eds.), *Intertidal Ecology*, pp.245-252, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. ISBN: 0-412-29950-X.

Revista da Gestão Costeira Integrada 13(2):243-251 (2013)
Journal of Integrated Coastal Zone Management 13(2):243-251 (2013)

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA
Journal of Integrated Coastal Zone Management

http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-417_Costa.pdf | DOI:10.5894/rgci417

The use of an Estuarine System (Mondego estuary, Portugal) as Didactic Tool to incorporate Education for Sustainable Development into School Curricula *

O uso de um sistema estuarino (Estuário do Mondego) como ferramenta didáctica na incorporção da Educação para o Desenvolvimento Sustentável nos curricula escolares

Sónia Costa [@, 1], Miguel Ângelo Pardal [1], Ulisses Miranda Azeiteiro [1, 2]

ABSTRACT

The present paper reviews and discusses the use of the Mondego estuary (Portugal) ecosystem as educational tool for science and environmental teachers/educators. The Mondego estuary is a coastal area of acknowledged high socioeconomic and environmental value (National Ecological Reserve, Important Bird Area and RAMSAR site) whose characteristics (e.g. two distinct subsystems with different physicochemical and ecological characteristics, strong environmental gradients, and anthropogenic pressures) have been used for educational purposes. However, besides the vast available scientific output focused in the Mondego estuary, few had the focal point in its pedagogical potentialities (were only published three MSc dissertations and two book chapters in books of Environmental Education incorporating teaching strategies to approach issues, behind different educational perspectives). The Mondego estuary is presented here as an ecosystem that can be used for educational purposes related to ecology, conservation biology, and sustainability in the coastal zone. In order to use the Mondego estuarine system under an educational framework, some examples of tools to address the pedagogical potentialities, like interpretative routes, analysis of scientific texts, and teachers training programs are presented.

Keywords: Mondego estuary, pedagogy and curriculum, environment, sustainability.

RESUMO

O presente trabalho revê e discute o potencial do ecossistema estuário do Mondego (Portugal) como ferramenta educacional para professores/educadores em ciências e para a sustentabilidade. Este estuário é uma área costeira de reconhecido valor socioeconómico e ambiental (Reserva Ecológica Nacional, Área Importante para as Aves e sítio Ramsar), cujas características (por exemplo, dois subsistemas distintos, com diferentes características físico-químicas e ecológicas, fortes gradientes ambientais e pressão antrópica) apresentam elevado potencial educativo. Contudo, apesar da vasta produção científica disponível focada no estuário do Mondego, poucos trabalhos tiveram o enfoque nas suas potencialidades pedagógicas (apenas foram publicadas três dissertações de mestrado e dois capítulos em livros de Educação Ambiental, incorporando estratégias de ensino para abordar questões relacionadas com este ecossistema estuarino, sob diferentes perspectivas educacionais). O estuário do Mondego é apresentado aqui como um ecossistema que pode ser usado com objetivos educacionais relacionados com a ecologia, biologia da conservação e sustentabilidade na zona costeira. De modo a usar o estuário do Mondego sob um formato educational são apresentados alguns exemplos de ferramentas para desenvolver as suas potencialidades pedagógicas, tal como percursos interpretativos, análise de textos científicos e programas de formação de professores.

Palavras-chave: *Estuário do Mondego, pedagogia e curriculum, ambiente, sutentabilidade.*

@ - Corresponding author
1 - CEF - Centro de Ecologia Funcional, Departamento de Ciências da Vida, Universidade de Coimbra, Apartado 3046, 3001-401 Coimbra, Portugal. e-mails: soniacosta@ci.uc.pt; mpardal@ci.uc.pt; ulisses@uab.pt
2 - Universidade Aberta. Departamento de Ciências e Tecnologia. Palácio Ceia. Rua da Escola Politécnica, 141 - 147. 1269-001 Lisboa, Portugal

** Submission: December 15th, 2012; Evaluation: February 08th, 2013; Reception of revised manuscript: May 14thX, 2013; Accepted: May 20th, 2013; Available on-line: 7 June 2013*

1. INTRODUCTION

The multiple stressors affecting the coastal zones together with their economic and social roles brings the attention of researchers, policy makers, and general public to this environmental sensitive areas. In this sense, its conservation constitutes one of the present subjects of concern and raised the need of its integrated management (Gomes, 2007).

From the wide geomorphological diversity of coastlines, estuaries are areas of key environmental relevance (Costanza *et al.*, 1997; Barbier *et al.*, 2011). It has been intensely demonstrated the role of estuaries for life in the oceans, especially coastal platforms, serving as local of breeding, spawning and growth of many marine species (Cabral *et al.*, 2007; Martinho *et al.*, 2007, 2012), migratory routes of avifauna (Lourenço *et al.*, 2008; Burton *et al.*, 2010) and habitat use for resident species (Baptista *et al.*, 2010; Nyitrai *et al.*, 2012). The estuaries were always areas of high human occupation. Consequently, the population growth around them has been accompanied by some degree of anthropogenic disturbance including resources depletion and pollution (Kennish *et al.*, 2002).

The Mondego estuary, located in the Atlantic coast of Portugal, is a pertinent example both of the range of pressures and impacts on coastal wetlands and of an area that has been focus of attention by researchers and policy makers. There is a vast multidisciplinary published science in the literature (Costa *et al.*, this volume), that should support reasoned management decisions/actions in the Mondego estuary.

It is recognized that biodiversity conservation and sustainable management requires sound scientific knowledge. Nevertheless, the translation of ecological/scientific knowledge into accurate and serviceable forms for policy makers, management, or educational purposes is often delayed (EVC, 2004). The knowledge resulting from research focused in the Mondego estuarine system that supported remediation measures to mitigate environmental problems (Costa *et al.*, this volume) is an example of such practices. The referred multidisciplinary of the Mondego scientific knowledge could be additionally used for educational aims, including Environmental Education (EE) and Education for Sustainable Development (ESD).

More emphasis is needed to be placed on the importance of natural resources, biodiversity conservation, and ecosystem services in the teaching of ESD. Assuming that perspective, the EE is becoming an integral part of the education of any country's youth. In Portugal, the educational guidelines also presume the inclusion of environmental and nature conservation aspects in school curricula and textbooks.

Because a sustainable coastal management must involve decision-making processes of strongly public participation that implies all stakeholders, especially the local population (MAOTDR, 2007), the citizen involvement is crucial. To achieve this intend it becomes urgent to develop awareness initiatives, information and promotion of skills for action (environmental literacy). Only environmentally literate citizens can take conscientious and informed opinions (EVC, 2004; Azeiteiro *et al.*, 2004; Almeida & Azeiteiro, 2011; Almeida *et al.*, 2012).

For educating environmentally literate citizens, one of the skills postulated by the Portuguese National Curriculum of Basic Education[1] (DEB, 2001a) to be achieved by the end of Basic Education is the construction of an ecological consciousness conducive to the recovery and preservation of natural and cultural heritage. In this sense, is important that students understand the relationship between science and daily life (Pato *et al.*, 2007; Almeida *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2012). This achievement is possible through the participation in practical activities based on problem solving and developing critical thinking and reasoning. Consequently, those students will become informed adults citizens that will be able to deal with the environmental problems faced by society. In all that process the teachers/educators role is crucial because they can increase the students' opportunities to gain knowledge, form positive attitudes about nature, and practice action skills (Chawla & Cushing, 2007).

In this line of reasoning, the purposes of the present study were: a) to review the existent literature with pedagogical application focused on Mondego estuary; c) to explore and discuss other potentialities of the Mondego estuary research as a didactic tool. It is our intent that the use of an ecosystem to develop activities of Science Education, EE and EDS could be an important way to achieve some of the aims of the sustainability.

2. MONDEGO ESTUARY

The Mondego estuary (Fig. 1) is located in the western of Portugal (40º08' N, 8º50' W). About 6.5 km from the mouth is divided into two arms (North and South) delimiting the Murraceira Island. The two arms represent distinct subsystems with very different characteristics. The North arm is deeper and more hydrodynamic. It corresponds to the navigation channel and supports the Figueira da Foz harbour. The South arm is shallower and covered by extensive intertidal mudflats.

The estuary has an important regional socio-economic value providing several goods and services for the population. It supports industrial activities, mercantile and fishing harbours, aquacultures, salt-works, and agricultural areas (Fig. 1). As result of those different uses, the Mondego estuarine system has undergone intense anthropogenic pressures and several hydromorphological transformations over the last decades (Marques *et al.*, 2007a). Those constrains induced progressive decline in the estuarine environmental quality (Marques *et al.*, 1997; Pardal *et al.*, 2000, 2004; Dolbeth *et al.*, 2003). The interventions comprised the margins' regularization in the harbour area and navigation channel's depth increase in the river mouth area; margins' regularization between arms separation point

1 - In Portugal the pre-higher education last for twelve years. The first nine years is known as the Basic Education and are divided into three stages of four, two and three years respectively. The stages are 1st, 2nd and 3rd Cycle, respectively. The Secondary Education consists of a three-year cycle after basic education. From 2012/13 the Secondary school was compulsory. Following the secondary school the students could ingress in the Higher School that actually follows the Bologna process with a first cycle of study (graduation), plus a second cycle conferring the master's degree.

and harbour areas, diminishing river width, and narrowing the communication between arms. The interruption of the communication between the two estuarine arms lead to a drastic reduction of water circulation through the South arm leading to water residence time increase in this area. As consequence, there was an increasing of turbidity and an excess of nutrients that resulted in the eutrophication of the South arm (Patrício *et al.*, 2006; Dolbeth *et al.*, 2007; Leston *et al.*, 2008). Those features resulted in the impoverishment of the ecosystem. It was registered a replacement of seagrass coverage by opportunistic macroalgae, increased degradation of water quality, a decline of species diversity and secondary production as well as decline in herbivores and an increase in detritivores (Pardal *et al.*, 2004; Cardoso *et al.*, 2005; 2007; 2008; Verdelhos *et al.*, 2005; Dolbeth *et al.*, 2008). In order to improve its ecological status the system has been target of restoration plans since the 1990s. In 1997/98 were implemented several mitigation measures (the physical protection of the seagrass area from human disturbance; the change of the discharge location of Pranto River flows; the enlarging of the connection between the two arms) (Cardoso *et al.*, 2005, 2008; Duarte *et al.*, 2008), followed by a more intense intervention undertaken in 2006 consisting in the total re-establishment of the upstream connection between the two arms (Falcão *et al.*, 2011; Veríssimo *et al.*, 2012). Those actions improved the hydrodynamic conditions in the South arm and diverted the nutrient loading. In addition to the anthropogenic pressures, the estuary has also been affected by the occurrence of natural extreme climatic events in the last years (Marques *et al.*, 2007b; Martinho *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2008; Grilo *et al.*, 2010; Dolbeth *et al.*, 2011). As result there were recorded changes in the species distribution, dynamics, and changes in its structure and composition (Marques *et al.*, 2007b; Baptista *et al.*, 2010; Grilo *et al.*, 2011; Nyitrai *et al.*, 2012).

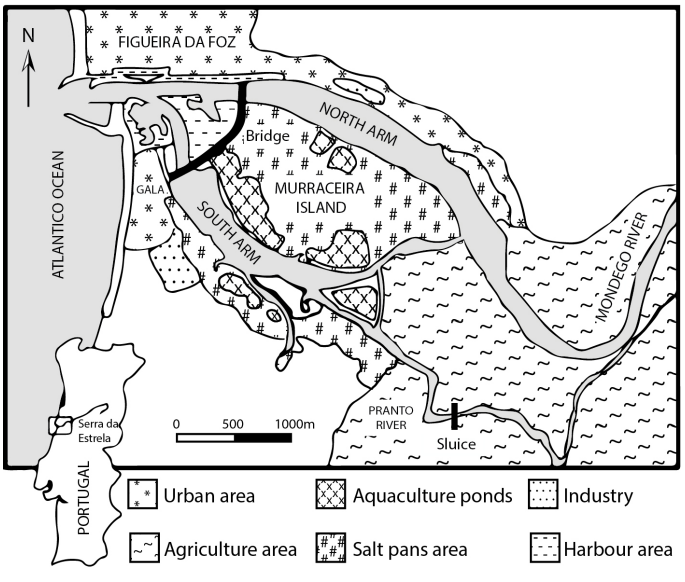


Figure 1. Mondego estuary (Portugal). Location of functional areas around the estuary (adapted from Ribeiro, 2005).
Figura 1. *Estuário do Mondego (Portugal). Localização das áreas funcionais adjacantes ao estuário (adaptado de Ribeiro, 2005).*

3. DIDACTIC POTENTIALITIES OF THE MONDEGO ESTUARY

The Mondego estuary is an area of high environmental value (National Ecological Reserve, Important Bird Area (PT039), and RAMSAR site nº. 1617) whose characteristics (e.g. two distinct subsystems with different physicochemical and ecological characteristics, strong environmental gradients, and anthropogenic pressures) present clear educational potentialities allowing recognizing the role of different factors in the ecosystem dynamics. This coastal zone is particularly suitable for the creation and implementation of didactic-pedagogical activities, not only for courses of High School but also for the teaching of Ecology in the Basic and Secondary School (integrated, for instance, in the curriculum of the discipline of Natural Sciences and Biology, but also for transdisciplinarity with the other disciplines). It is also appropriated under the EE, EDS, and Education for Citizenship, for the resident population in their surrounding and for students and science teachers/educators. In this context, to offer a range of educational activities to develop investigation and problem-solving skills, the discovery of ecological principles and forward environmental awareness based on Mondego estuarine ecosystem seems to be an important contribute to the development of informed, reasoned and active citizens.

3.1. Review on literature published concerning pedagogical approaches about the Mondego estuarine ecosystem

The research on the Mondego estuary has produced significant insights into complex ecological interactions happening in the system (Costa *et al.,* this volume). Nevertheless, besides the vast scientific production already published, few had the focal point in its pedagogical potentialities. Till the moment, to our knowledge, only 3 MSc dissertations (Carvalho, 2003; Costa, 2006; Luís, 2006) and 2 book chapter (Carvalho *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2008), had the center in a didactic approach of that system, behind different perspectives.

One of the studies (Carvalho, 2003) consisted in the elaboration of a set of activities to develop with students of 10th grade in the Biology classes. The author proposed an investigative route of experimental nature using the intertidal habitat as support. For planning the learning activities were determinants the heuristic resources constructed (Gowin`s V and conceptual maps), from which was systematized the experimental route using explanatory worksheets. The didactical process included several steps that students must to follow: to prepare an oral presentation about the estuary characterization after bibliographic research; to collect water and intertidal biota samples; to perform the water analysis; to preserve, identify and quantify the macrofauna; to calculate the specific richness (Margalef indices); to discuss about the results and to take conclusions.

A second didactic work was drawn by Luís (2006). The author implemented an investigative project with students of the 8th grade integrated in the discipline Natural Sciences and related to the syllabus topic Ecosystems. The first part consisted of field trips in the Figueira da Foz coastal

location, including the Mondego estuary. The students were supposed to analyse its main physical characteristics and the predominant macroinvertebrates on a rocky area of the estuary. The author, in the end of the activities, applied a questionnaire to the students allowing the identification of the main difficulties faced by them. They were the collection of material in the shores, and walk on the rocks.

The third project with pedagogical applicability was developed by Costa (2006) that proposed some activities to implement with students of 12th year (secondary school). The activities were directed to fishing resources, aquaculture and food quality, using a database on growth and nutritional composition of wild and farmed seabass (*Dicentrarchus labrax*), collected in the Mondego estuary and in a fish farm located in the Murraceira Island. Among other tasks, the students should analyse the results of wild Mondego and farmed seabass concerning growth and nutritional composition in order to calculate several parameters and to compare the results, and to take conclusions.

In the above works the teachers may find theoretical support to the teaching-learning process, auxiliary teaching materials (worksheets and experimental protocols), and methodological suggestions aiming to address the difficulties that teachers encounter in the fulfillment of innovative educational practices.

Other pedagogical approach developed in the Mondego estuary was integrated in the project of Education for Sustainability named "Biologia no Verão", created by "Ciência Viva" program from the National Agency for Scientific and Technological Culture of Portugal. Between 2001 and 2007, in the summer months, the participants registered in the program went to the estuary where they observed, collected and identified the species inhabiting there, from algae to birds. The activities aimed to make known the estuarine species and habitats in order to stimulate the interest for science and aware for habitats preservation.

3.2. General guidelines to develop the didactic potential of Mondego estuarine ecosystem

Besides the relevant activities already realized based on the Mondego estuarine ecosystem, we are convinced that many others could be idealized and developed with didactic-pedagogical purposes. A consistent scientific approach coupled with a didactic framework is the best way to engage the student's mind, increasing interest for science, and develop respect for the nature. In Education for Science, and in the Education for Sustainability the relevance of using situations and current issues, contextualize the learning, and articulate them with prior knowledge has been highlighted by several investigators (Wellington & Osborne, 2001; Wellington, 2002; Roth & Lee, 2004; Hofstein *et al.*, 2005; Rivet & Krajcik, 2008). So, we think that could be very interesting to transform the vast scientific outputs of the Mondego estuary in a set of pedagogical activities/tools/actions, directed to school groups and/or to the general public. The general idea that over the years the ecologists (and scientist in general) have created a huge knowledge base, but they do not always advertise its availability or know how to present it to nonscientists in a comprehendible form (EVC, 2004), should be reversed.

In educational terms, the case of the Mondego estuary can be approached from multiple points of view, according to the targeted audience. The extent and quality of data available about the system turns it appropriated to be converted into didactic resources. In the disciplines of Natural Sciences for the Basic Education and in the Biology of Secondary Education programs there are conceptual subjects that might be covered by various topics of an estuarine system (DEB, 2001a, b; DES, 2001, 2003, 2004). The educational materials eventually produced could include various topics of the Mondego estuary, because all have been object of scientific research (e.g. biodiversity, water quality, toxicology, environmental preservation, geology), and only a small part of it was presented in the pedagogical actions already developed. It is desirable that activities induce both students and teachers/educators greater perception of the estuarine environmental vulnerability to the anthropogenic activity, either directly, through contamination by pollutants or indirectly through climate change (i.e. global warming), but also highlight its primary and secondary productivity, variability of habitats, and particularities of some estuarine species. Either, the structure and dynamics of the estuarine ecosystem and the interdependence between the biotic community and the abiotic factors are topics very interesting to explore pedagogically. The activities could advance, for instance on the biodiversity in a wide-range or choose a case study habitat, among many other possibilities. In this respect, given the complexity of the Mondego estuary, numerous issues can be raised leading to the hypothesis formulation and subsequent research planning by students, such as: What is the influence of human activities on water quality of the estuary?; What is the effect of dredging on macrobenthic community of the North arm?; What are the effects of extreme events on the communities?; How to avoid the disappearance of *Zostera noltii* beds?.

Recreational/educational environmental interpretation activities using and valuing the historical and environmental heritage of the Mondego estuary could be achieved directly *in loco* and/or in the schools (classroom or laboratories). In the scope of that ecosystem, the implementation of field and laboratorial activities and/or classroom practical exercises provides opportunities for different types of learning outcomes. The outdoor activities, for example, are extremely important to promote meaningful science learning in students (Almeida *et al.*, 2012; Boaventura *et al.*, 2013). Several studies make reference to the importance of field trips for learning and for improve the behaviours and attitudes toward the environment (Lisowski & Disinger, 1991; Orion & Hofstein, 1991; 1994; Manzanal *et al.*, 1999; Abrahams & Millar, 2008; Lei *et al.*, 2010) . Fieldwork enables the learner to interpret the complex framework of ecological relationships, with the proviso that the elements should be chosen carefully so that the learner is not confused and overwhelmed by the variety of questions that the ecosystem raises (Manzanal *et al.*, 1999). All activities in the field should therefore be carefully prepared.

As mentioned above, the approach to follow pedagogical objectives concerning the Mondego estuary could be diverse. However, it is essential for its elaboration to keep in mind the guidelines recommended by the Portuguese educational

policy documents. In this context, the promotion of active learning, and the use of laboratorial and field work is particularly emphasized in the programs of Sciences. In fact, the Curriculum Guidelines for Physical and Natural Sciences of the 3rd cycle (DEB, 2001b), the Program of Biology and Geology of 10th and 11th grade (DES, 2001b), Biology of 12th grade (DES, 2004a) and Geology of 12th grade (DES, 2004b) highlight the need to potentiate activities of small inquiry and investigation, including, preferably, the use of these two tools (DES, 2001b). The objective is to support the clarification of previous conceptions of students, the formulation of hypothesis, the planning and eventual implementation of activities, the collection and analysis of data. It is aimed, primarily, to promote an integrated view of science, interrelating technology, society and environment to produce valid knowledge (DEB, 2001a, b; DES, 2001, 2003, 2004). The teaching resources should have the goal of promoting the development of skills, values, attitudes, and behaviours to expand the scientific knowledge of the students, i.e. to increase its scientific literacy. This objective is easier to achieve by linking the scientific knowledge with quotidian worries and stimulating the student's curiosity.

It should be added that the environmental issues are part of several programs areas/subjects of different levels of education in Portugal and, in addition, taking into account the transversal theme "environment", this can be treated in all curricular areas since school decides to develop the environmental dimension in their curriculum project (Gomes, 2001).

3.3. Examples of activities to use the Mondego estuary as didactic tool

The Mondego estuary can be addressed under the referred didactical guidelines through different ways developing and using diverse pedagogical tools. Thus, field trips, interpretive routes, worksheets, scientific texts analysis, educational games, multimedia presentations (some already developed in the MSc dissertations mentioned above), and workshops are resources that could be developed/constructed based in the available scientific reports of the estuary. The transformation of scientific knowledge into accessible information and easy to understand by students (or by population in general) is very useful in the teaching/learning science process, but also in the educational process for sustainability. However, teachers/educators need increased access to ecological knowledge in useful formats, as well as to the latest advances in ecology education theory and practice (EVC, 2004) in order to improve their teaching. Parallel to the ecology concepts, it is either extremely important highlight the EE and EDS which should be part of the teachers/educators functions.

A very interesting didactic tool used in EE is the interpretative route. According to Fernandes (1983), an interpretative route is a guided or self-guided tour arranged through urban or rural areas where there are facilities in order to study directly the interrelations of the environmental constituents leading to a better understand of the local. They must be specifically designed so that participants learn to become aware of the natural systems of the region (Oliveira, 2001). In this framework, Mondego estuary presents a prime location for conducting interpretative routes. Moreover, the municipality of Figueira da Foz has defined a pedestrian route in the estuary, designated "Salines Route" which could be explored by school groups. When the interpretative routes are organized to schools, auxiliary material should be elaborated, like scripts to students and teachers. The teacher script must be a detailed document about the location including a mapping of the local, detailed description of the route, particularities about the geological, biological, and cultural landscapes of places to visit, the elements fauna and flora of most frequent observation zone and, if possible illustrations (e.g. photograph or pictures with the most important aspects to highlight and to identify) (Santos & Guedes, 1999). For the Mondego estuary, it could be included a map like the one presented in the figure 1, a list of the species that use the Mondego estuary as residence, nursery or migration route, summary information about the aquacultures and saltworks. The student script should include the same information as the teacher one but more resumed. Furthermore, the interpretative routes must be followed by worksheets to be filled by the students during the field trip including, among others, a series of questions posed on the various stopping points. The interpretative route could be particularly useful to the schools located in the Figueira da Foz, but also for schools from other regions as part of a study visit, or for tourists. The interpretative routes developing could be part of a bigger project like the implementation of an environmental interpretation center with an educational project documented and disclosed, based on scientific research, with one team stable and professionalized, characteristics of the equipments for EE (Carvalho *et al.*, 2011) could be also a very interesting way to achieve the aim to use the Mondego estuary as a educational tool. Those kinds of environmental education centers have an important role in different points. They collaborate in the training of educational, technicians and policy makers professionals. Usually, they are stable references for the local community, for international organizations and institutions. Either, they have continuity in time allowing develop long term projects and they generate and streamline other programs, resources and materials (Serantes, 2008; Carvalho *et al.*, 2011).

Another way of use the Mondego estuary as educational resource is the analysis of published papers in classes, mainly with the older students. Faced with the new conceptions of education, and the desired environmental competencies and literacy leading to a generation of informed and critical citizens in society (Azeiteiro *et al.*, 2004; Almeida *et al.*, 2012), the science texts could constitute an important teaching resource (Rocha, 2012). This resource can be used as a complement to the traditional teaching materials that facilitates a close relationship between science and society (van Week *et al.*, 2007). So, it is important to prepare the students to analyse the science texts, particularly the ones published in the media. One goal of science communication is precisely to make scientific knowledge accessible to the public, creating a bridge between the world of science and society (Mora, 2003). The popularization of science and technology is needed for the cultural development. Beyond the publications on scientific journals, some research on Mondego was focus of publication in the media, and

those texts could be either used at class. The information transmitted by media is usually an efficient form of capture the attention to nature conservation problems (Rosalino & Rosalino, 2012).

With the new curricular proposals oriented towards Education for Sustainability, new demands are placed on teachers. However, these do not always demonstrate that they have the necessary training in this area (Nunes *et al.*, 2009). Parallels, the educational innovation depends directly on the training of teachers (Marques, 2004). To use the Mondego estuary as educational resource is fundamental to have trained and motivated teachers. It will be required its improved literacy about ecology and ecological sustainability. Both in formal or non-formal education, the level of knowledge and enthusiasm of teachers are key factors in encouraging students (Arima *et al.*, 2005). The teachers have the ability to awaken in the student a desire to have an active and vital role in maintaining and/or preserve environment as well as the interest for science. So, the potentiality of Mondego estuary as didactic tool passes inevitably through the continuous teacher training. The training should focus on the planning and development of activities with teachers connected to their needs (Pedrosa & Mateus, 2000; Marques, 2004). In this sense, it is essential to improve the knowledge of teachers over the Mondego estuary from several points of view, so they could be able to implement and develop strategies with their students. A training program for teachers of Natural Sciences/Biology, with the purpose of promotion of concepts and practices for the use of laboratory and field activities focused in the Mondego estuarine system and under the EE guidelines could be implemented.

As a last suggestion, and because the internet is nowadays a easy useful method to disclose information, we think that the large knowledge about the Mondego estuarine ecosystem enables the construction of a website to disclose it to the common visitor and provide educational materials/ resources for students and teacher use. It could include the characterization of the various species that inhabit the estuary, the goods and services provided by them, the threats that affect it, among other possibilities.

4. FINAL REMARKS

The Mondego estuary and the research performed so far have been very important for science and to support management decisions (Costa *et al.*, this volume), but it is also valuable for didactic purposes. This estuary, despite having been studied in a multidisciplinary perspective over the last three decades, mainly by researchers from the University of Coimbra was, until now, from our point of view, target of few pedagogical projects. In future, we think more work is needed to be developed on this context, because there is little educational material available on the Mondego estuary or the existing material is not well uncovered. In short, the role of research teams in the development of the Education for the Sustainability is very important, mainly through the development of pedagogical projects to implement among young students. In fact, it is needed not only to reinforce research, but perhaps more importantly, it is needed to communicate science much more effectively than has been made (EVC, 2004). Since social values are considered more important than environmental conservation, Portuguese conservation programs should be directed towards persuading students that environmental issues are also closely tied to human survival (Rosalino & Rosalino, 2012). The key for environmental preservation relies in the correct scientific information given to the population and in the training of teachers and students.

REFERENCES

Almeida, F.I.R.G.; Azeiteiro, U.M. (2011) - Literacia Ambiental no Ensino Secundário - O caso da Escola Secundária Dr Manuel Candelas Gonçalves. *Captar* (ISSN: 1647-323X), 3(2):45–68, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. http://captar.web.ua.pt/media/%5B4%5DAlmeida%20e%20Azeiteiro_CAPTar.pdf

Almeida, A.S.; Gonçalves, A.M.; Azeiteiro, U.M.; Gonçalves, F. (2012) - Effectiveness of outdoor practices on environmental sustainability, *In:* F., Gonçalves, R. Pereira, W. Leal-Filho & U.M. Azeiteiro (eds.), *Contributions to the UN Decade of Education for Sustainable Development*, pp.213-234, Peter Lang. ISBN: 978-3653016314.

Alves, F.; Araújo, M.J.; Azeiteiro, U. (2012) - Cidadania ambiental e participação: o diálogo e articulação entre distintos saberes-poderes. *Saúde em Debate* (ISSN: 0103-1104), 36:46-54, Revista do Centro Brasileiro de Estudos de Saúde (CEBES), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Available at http://www.cebes.org.br/media/File/Revista_Saúde_em_Debate%20-%20Rio+20.pdf

Arima, A.; Konaré, A.O.; Lindberg, C.; Rockefeller, S. (2005) - *United Nations Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014. International Implementation Scheme, Draft.* 52p., UNESCO, Paris, France. http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139937e.pdf

Azeiteiro, U.M. (2004) - Assessment of an Environmental Education Action about Water Resources Conservation. *In* W. Leal-Filho & M. Littledyke (eds), *International Perspectives in Environmental Education,* pp.209-222, Peter Lang. ISBN: 978-3631522967.

Baptista, J.; Martinho, F.; Dolbeth, M.; Viegas, I.; Cabral, H.; Pardal, M. (2010) - Effects of freshwater flow on the fish assemblage of the Mondego estuary (Portugal): comparison between drought and non-drought years. *Marine and Freshwater Research,* 61(4):490-501. DOI: 10.1071/MF09174.

Barbier, E.B.; Sally, D.H.; Kennedy, C.; Kock, E.W.; Stier, A.C.; Silliman, B.R. (2011) - The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs* (ISSN: 0012-9615), 81(2):169-193. Available at http://www.esajournals.org/doi/pdf/10.1890/10-1510.1.

Boaventura, D.; Faria, C.; Chagas, I.; Galvão, C. (2013) - Promoting Science Outdoor Activities for Elementary School Children: contributions from a research laboratory. *International Journal of Science Education,* 35(5):796-814. DOI: 10.1080/09500693.2011.583292.

Burton, N.H.K.; Musgrove, A.J.; Rehfisch, M.M.; Clark, N.A. (2010) - Birds of the Severn Estuary and Bristol Channel: Their current status and key environmental

issues. *Marine Pollution Bulletin*, 61(1-3):115-123. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.12.018.

Cabral, N.H., Vasconcelos, R.P., Vinagre, C., França, S., Fonseca, V., Maia, A., Reis-Santos, P., Lopes, M., Ruano, M., Campos, J., Freitas, V., Santos, P., Costa, M.J. (2007) - Relative importance of estuarine flatfish nurseries along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research*, 57(2-3):209-217. DOI: 10.1016/j.seares.2006.08.007.

Cardoso, P.G.; Brandão, A.; Pardal, M.A.; Raffaelli, D.; Marques, J.C. (2005) - Resilience of *Hydrobia ulvae* populations to anthropogenic and natural disturbances. *Marine Ecology Progress Series*, 289:191-199. Available at http://www.int-res.com/articles/meps2005/289/m289p191.pdf.

Cardoso, P.G.; Bankovic, M.; Raffaelli, D.; Pardal, M.A. (2007) - Polychaete assemblages as indicators of habitat recovery in a temperate estuary under eutrophication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71(1-2):301-308. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.08.002.

Cardoso, P.G.; Raffaelli, D., Lillebø, A.I.; Verdelhos, T.; Pardal, M.A. (2008) - The impact of extreme flooding events and anthropogenic stressors on the macrobenthic communities' dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(3):553-565. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.07.026.

Carvalho, L.M.V.F (2003) - *Estudo de um ecossistema estuarino: a diversidade ao longo de um gradiente de salinidade*. 191 p., Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra. *Not published*.

Carvalho, L.; Duarte, J.L.; Pardal, M.A. (2007) - O estuário do Rio Mondego: um contributo para a educação ambiental. *In:* Fernando Gonçalves, Ruth Pereira, Ulisses M. M. Azeiteiro & Mário J. V. Pereira (eds.), *Actividades práticas em ciências e educação ambiental.* pp.311-330, Instituto Piaget, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-9727718559.

Carvalho, A.M.C. (2011) - Equipamentos para a Educação Ambiental na zona costeira da Euroregião do Eixo Atlântico – Das práticas conservacionistas às sociocríticas. *Revista da Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management,* 11(4):433-450. DOI: 10.5894/rgci264.

Chawla, L.; Cushing, D.F. (2007) - Education for strategic environmental behavior. *Environmental Education Research*, 13(4):437-452. DOI: 10.1080/13504620701581539

Costa, S.; Azeiteiro, U.M.; Pardal, M. (2013) - The contribution of scientific research for integrated coastal management: The Mondego estuary as study case. *Revista da Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Management*, 13(2) [this issue]. DOI: 10.5894/rgci391

Costa, S., Gonçalves, A.M.M., Gonçalves, F., Azeiteiro, U.M., Pardal, M.A. (2012) - Developing activities on waste management - an approach to achieve a cleaner environment: *In:* F. Gonçalves, R. Pereira, W. Leal-Filho & U.M. Azeiteiro (eds.), *Contributions to the UN Decade of Education for Sustainable Development,* pp.311–328, Peter Lang. ISBN 978-3631613474.

Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K., Naeem, S.; O'Neill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; van den Belt, M. (1997) - The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630):253-260. Available at http://www.esd. ornl.gov/benefits_conference/nature_paper.pdf.

DEB (2001a) - *Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais.* 240p., Departamento da Educação Básica (DEB), Ministério da Educação, Lisboa, Portugal.

DEB (2001b) - *Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares para o 3o ciclo do Ensino Básico*. 42p., Departamento da Educação Básica (DEB), Ministério da Educação, Lisboa, Portugal.

DES (2001) - *Programa de Biologia e Geologia – 10o ano*. 97p., Departamento da Educação Básica (DEB), Ministério da Educação, Lisboa, Portugal.

DES (2003) - *Programa de Biologia e Geologia – 11o ano*. 48p., Departamento da Educação Básica (DEB), Ministério da Educação, Lisboa, Portugal.

DES (2004) - *Programa de Biologia - 12o ano*. 40p., Departamento da Educação Básica (DEB), Ministério da Educação, Lisboa, Portugal.

Dolbeth, M.; Pardal, M.A.; Lillebø, A.I.; Azeiteiro, U.; Marques, J.C. (2003) - Short- and long-term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Marine Biology*, 143(6):1229-1238. DOI: 10.1007/s00227-003-1133-5.

Dolbeth, M; Martinho, F.; Viegas, I.; Cabral, H.; Pardal, M.A (2008) - Estuarine production of resident and nursery fish species: Conditioning by drought events?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 78(1):51–60. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.11.021.

Duarte, A.A.L.S.; Vieira, J.M.P.; Neto, J.M.; Pardal, M.A. (2008) - Monitorização da Hidrodinâmica e da Qualidade da Água no Estuário do Rio Mondego. *Engenharia Civil* (ISSN: 0873-1152), 33:65-74, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Available at http://www.civil.uminho.pt/revista/n33/Artigo06-Pag65-74.pdf.

EVC - Ecological Visions Committee (2004) - *Ecological Science and Sustainability for a Crowded Planet*. [Report to the Governing Board of the Ecological Society of America]. 55p., Washington, DC, U.S.A. Available at http://www.esa.org/ecovisions/ppfiles/EcologicalVisionsReport.pdf

Falcão, J.; Marques, S.C.; Pardal, M.A.; Marques, J.C.; Primo, L.; Azeiteiro, U.M., (2011) - Mesozooplankton structural responses in a shallow temperate estuary following restoration measures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 112:23–30. DOI: 10.1016/j.ecss.2011.06.007

Fernandes, José A. (1983) - *Manual de Educação Ambiental*. 286p., Comissão Nacional do Ambiente, Lisboa, Portugal.

Gomes, M. (2001) - *Educação Ambiental: Guia anotado de recursos.* 63p., CCPES/DEB/DES/IIE/IPAMB, Instituto de Inovação Educacional, Lisboa, Portugal. ISBN: 972-7830552. Available at http://area.dgidc.min-edu.pt/inovbasic/biblioteca/cmac01/educ-ambiental-guia.pdf

Gomes, F.V. (2007) - A Gestão da Zona Costeira Portuguesa. *Revista da Gestão Costeira Integrada* (ISSN: 1646-8872), 7(2):83-95, Lisboa, Portugal. http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci7f2_1_velosogomes.pdf

Grilo, T.F.; Cardoso, P.G.; Dolbeth, M.; Bordalo, M.D.;

Pardal, M.A. (2011) - Effects of extreme climate events on the macrobenthic communities' structure and functioning of a temperate estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 62(2):303-311. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.10.010.

Kennish,M.J.(2002)-Environmentalthreatsandenvironmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 29(1):78-107. DOI: 10.1017/S0376892902000061.

Lei, S. A. (2010) - Field trips in college biology and ecology courses: revisiting benefits and drawbacks. *Journal of Instructional Psychology* (ISSN: 0094-1956), 37(1):42-48. Available at http://www.freepatentsonline.com/article/Journal-Instructional-Psychology/224405377.html.

Leston, S., Lillebø, A.I., Pardal, M.A. (2008) - The response of primary producer assemblages to mitigation measures to reduce eutrophication in a temperate estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science,* 77(4):688–696. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.11.002.

Lourenço, P.M.; Silva, A.; Santos, C.D.; Miranda, A.C.; Granadeiro, J.P.; Palmeirim, J.M. (2008) - The energetic importance of night foraging for waders wintering in a temperate estuary. *Acta Oecologica*, 34(1):122-129. DOI: 10.1016/j.actao.2008.04.005.

Luís, P.J.P. (2006) - *Macroinvertebrados de costas marinhas portuguesas: uma aplicação pedagógica*. 69p., Tese de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. *Not published*.

MAOTDR (2007) - *Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional*. 110p., Ministério do ambiente, Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR), Lisboa, Portugal. ISBN 978-9898097064. Available at http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/GIZC.pdf

Marques, J.C.; Pardal, M.A.; Nielsen, S.N.; Jorgensen, S.E. (1997) - Analysis of the properties of exergy and biodiversity along an estuarine gradient of eutrophication. *Ecological Modelling*, 102 (1997) 155-167. DOI: PII S0304-3800(97)00099-9 .

Marques, M. (2004) - *Formação contínua de professores de ciências – Um contributo para uma melhor planificação e desenvolvimento.* 128p., ASA Editores, Porto, Portugal. ISBN: 978-9724136066.

Marques, J.C.; Neto, J.M.; Patrício, J.; Pinto, R.; Teixeira, H.; Veríssimo, H. (2007a) - *Monitoring the Mondego estuary. Anthropogenic changes and their impact on ecological quality. Preliminary results from the first assessment of the effects of the re-opening the communication between north and south arms on the eutrophication state of the system*. Final Report, 87p., IMAR/INAG, Lisboa, Portugal.

Marques, S.C.; Azeiteiro, U.M.; Martinho, F.; Pardal, M.A. (2007b) - Climate variability and planktonic communities: The effect of an extreme event (severe drought) in a southern European estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3-4):725-734. DOI: 10.1016/j. ecss.2007.03.010.

Martinho, F.; Leitão, R.; Neto, J.M.; Cabral, H.; Marques, J.C.; Pardal, M.A. (2007) - The use of nursery areas by juvenile fish in a temperate estuary, Portugal. *Hydrobiologia*, 587: 281-290. DOI: 10.1007/s10750-007-0689-3

Martinho, F.; Cabral, H. N.; Azeiteiro, U.M.A.; Pardal, M.A. (2012) - Estuarine nurseries for marine fish - Connecting recruitment variability with sustainable fisheries management. *Management of Environmental Quality*, 23(4):414-433. DOI: 10.1108/14777831211232236.

Mora, A.M.S. (2003) - *A divulgação da ciência como literatura*. Editora UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 8589229025.

Nyitrai, D.; Martinho, F.; Dolbeth, M.; Baptista, J.; Pardal, M.A. (2012) -Trends in estuarine fish assemblages facing different environmental conditions: combining diversity with functional attributes. *Aquatic Ecology,* 46(2):201-214. DOI: 10.1007/s10452-012-9392-1.

Orion, N.; Hofstein, A. (1991) - The measurement of students' attitude towards scientific field trips. *Science Education,* 75(5):513–523. DOI: 10.1002/sce.3730750503.

Orion, N.; Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching,* 31(10):1097–1119. DOI: 10.1002/tea.3660311005.

Pardal, M.A.; Cardoso, P.G.; Sousa, J.P.; Marques, J.C.; Raffaelli, D. (2004) - Assessing environmental quality: a novel approach. *Marine Ecology Progress Series*, 267:1-8. Available at http://www.int-res.com/articles/meps2004/267/m267p001.pdf.

Pardal, M.A.; Marques, J.C.; Metelo, I.; Lillebø, A.I. Flindt, M.R. (2000) - Impact of eutrophication on the life cycle, population dynamics and production of Ampithoe valida (Amphipoda) along an estuarine spatial gradient (Mondego estuary, Portugal). *Marine Ecology Progress Series*, 196:207-219. Available at http://www.int-res.com/articles/meps/196/m196p207.pdf

Pato, A.R.; Azeiteiro, U.M.; Gonçalves, F. (2007) - Actividades prácticas na praia de São Martinho do Porto. *In:* F. Gonçalves, R. Pereira, U.M. Azeiteiro & M.J. Pereira (eds), *Actividades Práticas em Ciências e Educação Ambiental*, pp.257-281, Edições Piaget, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-9727718559.

Patrício, J.; Marques, J.C. (2006) - Mass balanced models of the food web in three areas along a gradient of eutrophication symptoms in the south arm of the Mondego estuary (Portugal). *Ecological Modelling,* 197(1-2):21–34. 10.1016/j.ecolmodel.2006.03.008.

Pedrosa, M.A.; Mateus, A. (2000) - Perspectivas Subjacentes ao Programa de Formação no Ensino Experimental das Ciências. *In:* L. Dourado, M. Freitas, A. Mateus, A. Veríssimo, M.A. Pedrosa & R. Ribeiro (eds.), *Ensino Experimental das Ciências – Concepção e Concretização das acções de Formação 1*, pp.37-48, Ministério da Educação , Lisboa, Portugal. ISBN: 972-8417446.

Ribeiro, J.L. (2005) - Factores ambientais e impactes antrópicos condicionantes das actividades tradicionais no estuário do Mondego. *I Seminário Internacional sobre o sal português,* pp.392-405, Instituto de História Moderna da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Available at http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/7991.pdf

Rivet, A.E; Krajcik, J. S. (2008) - Contextualizing Instruction: Leveraging Students' Prior Knowledge and Experiences to Foster Understanding of Middle School Science. *Journal of Research in Science Teaching,* 45(1):79–100. DOI: 10.1002/tea.20203.

Rocha, M.B. (2012) - O potencial didático dos textos de divulgação científica segundo professores de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* (ISSN: 1982-873X), 5(2):47-68, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil. Available at http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/rbect/article/view/1263/847

Rosalino, L.M.; Rosalino, C. (2012) - Nature conservation from a Junior High School perspective. *Journal for Nature Conservation,* 20(3):153–161. DOI: 10.1016/j.jnc.2012.01.001.

Roth, W.M.; Lee, S. (2004) - Science Education as/for Participation in the Community. *Science Education,* 88(2):263-291. DOI: 10.1002/sce.10113

Santos, P.; Guedes, L. (1999) - *Trilhas de Interpretação da Natureza*. 20p., Ed. FAPAS, Porto, Portugal. ISBN: 2200014249541.

Verdelhos, T.; Neto, J.M.; Marques, J.C.; Pardal, M.A. (2005) - The effect of eutrophication abatement on the bivalve *Scrobicularia plana. Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63(1–2):261–268. DOI: 10.1016/j.ecss.2004.11.019.

Serantes, A.P. (2008) - Os equipamentos para a Educaición Ambiental en Glici: Processos de diagnose e identificatión de criterios de calidade. *In:* P.Á. Meira & M.A. Torales (org.), *Investigación e Formación en Educaión Ambiental: Novos escenarios e enfoques para un tempo de câmbios*, pp.129-145, Centro de Extensión Universitária e Divulgación Ambiental de Galicia (CEIDA), La Coruña, Espanha. ISBN: 978-8461245192.

Veríssimo, H.; Bremner, J.; Garcia, C.m., Patrício, J.; van der Linden, P.; Marques, J.C. (2012) - Assessment of the subtidal macrobenthic community functioning of a temperate estuary following environmental restoration. *Ecological Indicators,* 23:312-322. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.04.020.

Wellington, J.; Osborne, J. (2001) - Discussion in School Science: learning science through talking. *In:* J. Osborne & J. Wellington (orgs.), *Language and Literacy in Science Education*, pp.82-102, Buckingham, Open University Press, Maidenhead, Berkshire, UK. ISBN: 0335205992

van Wyk, E.; Breen, C.M.; Sherwill, T.; Magadlel, D. (2007) - Challenges for the relationship between science and society: developing capacity for ecosystem governance in an emerging democracy. *Water Policy,* 9(2):99–111. DOI: 10.2166/wp.2007.138.