
• REVISTA DE
**GESTÃO COSTEIRA
INTEGRADA**

Journal of Integrated Coastal Zone Management

VOL. 14(1): **Março** **2014**
March

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

Editor / Editors

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos / UNIVALI / CIMA / LABOMAR

Secretariado da APRH

Ana Carneiro, Ana Estêvão, André Cardoso, Conceição Martins

Formatação e paginação / Layout

André Cardoso

Design da capa / Cover design

Flatland Design

ISSN 1646-8872

GESTÃO COSTEIRA INTEGRADA

Journal of Integrated Coastal Zone Management



Revista de Gestão Costeira Integrada

Journal of Integrated Coastal Zone Management

Volume 14, Número 1 / Volume 14, Issue 1
Março 2014 / March 2014

www.aprh.pt/rgci

Corpo Editorial / Editorial Board

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

Ulisses Miranda Azeiteiro
Assistant Editor
(ulisses@uab.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)

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

Revisão linguística (português do Brasil): Fabíola Farias (fabiolafv@gmail.com)

Secretariado da RGCI / JICZM Secretariat

Ana Estêvão
(aestevao@aprh.pt)

André Cardoso
(acardoso@aprh.pt)

Índice / Index

Articles / Artigos

Frederick Massmann Rainer Wehrhahn	3	Qualitative social vulnerability assessments to natural hazards: examples from coastal Thailand <i>Avaliação qualitativa da vulnerabilidade social a riscos naturais: exemplos da zona costeira da Tailândia</i>
Neres de Lourdes da Rosa Bitencourt Isa de Oliveira Rocha	15	Percepção das populações costeiras sobre os efeitos dos eventos adversos no extremo sul de Santa Catarina, Brasil <i>Perception of Coastal Populations on the Effects Adverse Events in the Extreme South of Santa Catarina - Brazil</i>
Galicia Stuardo-Ruiz Fernando Peña-Cortes Francisco Ther-Rios	27	The perception of public actors respecting the processes and imbalances in the management of the Maullin River Estuary, Los Lagos Region, Chile: a conceptual model for the political and technical decision making processes <i>Modelo Conceptual para a Gestão do Estuário do Rio Maullin (Região de Los Lagos, Chile): processos, desequilíbrios e percepções dos envolvidos</i>
Alécia Brígida Pires Fidalga Sónia Seixas Ulisses M Azeiteiro	41	Estudo das percepções da comunidade da Palmeira (Ilha do Sal, Cabo Verde) sobre a sustentabilidade das pescas <i>Palmeira community residents' perceptions (Ilha do Sal island, Cape Verde) on environmentally Sustainable Fishing</i>
Sônia Regina da Cal Seixas João Luiz de Moraes Hoeffel Michelle Renk Benedita Nazaré da Silva Fábio Bueno de Lima	51	Percepção de pescadores e maricultores sobre Mudanças Ambientais Globais, no Litoral Norte Paulista, São Paulo, Brasil <i>Perception of fishermen and shellfish producers on global environmental changes in the Northern Coast of São Paulo State, Brazil</i>
Claudio A. G. Egler Paulo P. Gusmão	65	Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da região metropolitana do Rio de Janeiro <i>Coastal management and climate change adaptation: the case of Rio de Janeiro Metropolitan Region, Brazil</i>
Ester Loitzenbauer Carlos André Bulhões Mendes	81	A Faixa Terrestre da Zona Costeira e os Recursos Hídricos na Região Hidrográfica do Atlântico Sul, Brasil <i>The terrestrial coastal zone and the water resources in the South Atlantic Hydrographical Region, Brazil</i>

Ana Rilo Paula Freire Ricardo Nogueira Mendes Rodrigo Ceia João Catalão Rui Taborda Ricardo Melo Maria Isabel Caçador Maria da Conceição Freitas André Bustorff Fortunato Elsa Alves	95	Metodologia para o traçado da Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais em ambientes de transição: aplicação ao estuário do Tejo (Portugal) <i>Methodological framework for the definition and demarcation of the highest astronomical tide line in estuaries: the case of Tagus Estuary (Portugal)</i>
Flavio de Almeida Alves-Júnior Marina de Sá Leitão Câmara de Araújo Petrônio Alves Coelho	109	Population biology of <i>Callichirus major</i> (Say, 1818) (Crustacea: Callianassidae) at Piedade Beach, Brazil <i>Biologia populacional de Callichirus major (Say, 1818) (Crustacea: Callianassidae) na Praia de Piedade, Brasil</i>
Zied Bouraoui Jihene Ghedira Flavia Capri Lassaad Chouba Hamadi Boussetta	119	Cytochemical responses of <i>Hediste diversicolor</i> (Nereidae, Polychaete) sampled from polluted sites along the Tunisian coast <i>Respostas Citoquímicas em Hediste diversicolor (Nereidae, Polychaeta) de locais poluídos na Zona Costeira Tunisina</i>
Sarita Camacho Delminda Moura Simon Connor Tomasz Boski Ana Gomes	129	Geochemical characteristics of sediments along the margins of an atlantic-mediterranean estuary (the Guadiana, Southeast Portugal): spatial and seasonal variations <i>Características geoquímicas das margens dum estuário Atlanto-Mediterrânico (o Guadiana, Sudeste de Portugal): variação espacial e sazonal</i>
Nánashaira Medeiros Marcelo Sperle Dias Artur Ayres Neto Dieter Muehe	149	Mapeamento acústico de areias submersas para recuperação de praias do Rio de Janeiro, Brasil <i>Acoustic mapping of submerged sands deposits for Rio de Janeiro beach nourishment, Brazil</i>

Short note / Nota curta

André Breves Luis Felipe Skinner	159	First record of the vermetid <i>Petalocochus varians</i> (d'Orbigny, 1841) on floating marine debris at Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil <i>Primeiro registro do vermetídeo Petalocochus varians (d'Orbigny, 1841) em lixo marinho flutuante na Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil</i>
-------------------------------------	-----	---

Qualitative social vulnerability assessments to natural hazards: examples from coastal Thailand *

Avaliação qualitativa da vulnerabilidade social a riscos naturais: exemplos da zona costeira da Tailândia

Frederick Massmann¹ & Rainer Wehrhahn^{@,1}

ABSTRACT

Information on the vulnerability to natural hazards on a local level may help decision makers, stakeholders, and others to make better decisions regarding an effective disaster management. Qualitative research methods can reveal such information. This paper reports on the application of focus groups and individual interviews for the assessment of local vulnerabilities in two case studies. The first case study deals with the impact and aftermath of the tsunami 2004 in Southern Thailand and the second one with urban flooding in Bangkok. Empirical research for both examples has been conducted from 2009 to 2012. The results show that a combination of different forms of qualitative interviews can reveal significant information for sustainable risk management. The specific characteristics of qualitative methods, e.g. openness and flexibility, allow for creating a holistic picture of local vulnerabilities. Furthermore, deeper knowledge of individual agency as well as of structural conditions can be generated. It could be shown that income diversification and social networks play a crucial role in reducing vulnerability to tsunami hazards whereas the lack of preparation on all levels in return increases vulnerability. Flood prone communities in Bangkok benefit from strong local organizations that represent their interests and that are active in flood risk management as well as from institutionalized savings and loans. A serious constraint for vulnerability reduction is unclear land tenure since it impedes individual and community efforts.

RESUMO

As informações sobre a vulnerabilidade a riscos naturais ao nível local podem constituir apoio importante para os tomadores de decisão e para as partes interessadas (stakeholders) no sentido em que viabilizam decisões mais eficazes no que se refere à gestão de desastres. Os métodos de pesquisa qualitativos podem fornecer essas informações. Este artigo aborda a vulnerabilidade local através de dois estudos de caso em que foram utilizadas entrevistas individuais e discussões de grupo (focus groups) como forma de avaliar a aludida vulnerabilidade. O primeiro estudo de caso incide nos impactes e consequências do tsunami de 2004 no sul da Tailândia. O segundo refere-se às enchentes urbanas em Bangkok. Em ambos os casos utilizaram-se métodos empíricos cujos trabalhos decorreram entre 2009 e 2012. Os resultados obtidos indicam que a combinação de diferentes formas de entrevistas qualitativas pode revelar informações importantes para a gestão de risco sustentável. As características específicas dos métodos qualitativos como, por exemplo, abertura e flexibilidade, permitem a construção de uma panorâmica holística das vulnerabilidades locais. Além disso, podem gerar-se conhecimentos mais aprofundados nas instituições consideradas individualmente, bem como nas próprias condições estruturais. Pode demonstrar-se que a diversificação de renda e as redes sociais desempenham um papel crucial na redução da vulnerabilidade aos riscos do tsunami e que a falta de preparação a todos os níveis, se traduz, pelo contrario, num aumento da vulnerabilidade. Por outro lado, as comunidades de Bangkok beneficiam de organizações locais fortes que representam os seus interesses e que são activas na gestão dos riscos de cheias e inundações, bem como da poupança institucionalizados e empréstimos. Um grave obstáculo para a redução da vulnerabilidade é o sistema menos claro da posse da terra, pois que tal impede que os esforços individuais e das comunidades sejam mais eficazes.

@ - Corresponding author: wehrhahn@geographie.uni-kiel.de

1 - Department of Geography, Christian-Albrechts-University Kiel, Germany

1. INTRODUCTION

In the scope of a continuous intensification of negative impacts from natural hazards on human societies, the assessment of vulnerability becomes increasingly important, especially since the scientific focus shifted from a technical hazard perspective to a more social centered one. The implementation of activities to reduce negative impacts or rather people's vulnerability is bound to an understanding of who is vulnerable and why. In 2005 the World Conference on Disaster Reduction called for improvements in measuring vulnerability to give decision makers a working basis as it plays a crucial role in disaster preparedness and risk management (Bogardi 2006). The main outcome of the conference was the Hyogo Framework for Action that aims at reducing future disaster losses. It stresses the importance of an integration of the local level to successfully achieve this aim (UNISDR 2007).

In the recent past Thailand was struck by two major natural hazards, the 2004 tsunami and the 2011 flood. Both events impacted coastal regions and river basins respectively and highlighted the vulnerability of local communities to external shocks. The 2004 Indian Ocean Tsunami hit the Andaman Coast of Thailand and resulted in 5395 casualties and seriously disturbed livelihoods through damage and destruction of houses, assets and natural resources. The most affected province was Phang-Nga where 4224 people lost their lives (Thanawood *et al.* 2006). Central Thailand is subject to periodical and severe flooding triggered by a combination of heavy precipitation and run-off, sea level rise, land subsidence and human activities in former wetland areas. In 2011 the worst flood event since several decades affected huge parts of central and northern Thailand and above all the capital city Bangkok. According to estimations of the World Bank 680 lives had been lost and the economic damages accounted for approximately USD 46.5 billion. The most affected households were farmers in rural areas and the urban poor (World Bank 2012).

Both events, the 2004 tsunami and the 2011 flood, showed that the quality of the impacts on households and individuals vary widely according to their general vulnerability levels. The recovery period as well as the implementation of adaptation strategies revealed discrepancies. Some households recovered much faster than others despite equal damages and they chose different measures to adapt to future hazards. These differences are determined by the vulnerability of the households which in turn is constituted by various interlinked factors. To identify and analyze those factors a vulnerability assessment on the local level has been carried out. As conceptual background, we used the holistic vulnerability framework for coupled human-environment systems developed by Turner *et al.* (2003). The first of our two case studies deals with vulnerabilities of households in two coastal communities in Phang-Nga struck by the 2004 tsunami. The second study analyzes vulnerabilities in two urban communities exposed to river flooding in combination with seaward tidal influences in the megacity of Bangkok.

Methodologically, we report on the use of qualitative methods, namely individual interviews and focus groups, to learn from local people about factors constituting their

vulnerability, how they coped with the disaster and what adaptation efforts they undertook. We argue that assessing the vulnerabilities of affected communities – analytically broken down to the household and individual levels – is essential to approach certain determining factors and thus reduce negative impacts of future events and to build resilience. Here the characteristics of a qualitative assessment can help to reveal power relations, hidden constraints and other important elements shaping the vulnerability.

2. VULNERABILITY AND ITS ASSESSMENT

Vulnerability is a currently very much debated term and concept respectively, amongst others in the context of climate change and natural hazards, resulting in various definitions and approaches to its operationalisation (e.g. Adger 2006, Gallopin 2006, Bohle & Glade 2007, Kuhlicke *et al.* 2011; for social vulnerability explicitly cf. Cutter *et al.* 2003). In this paper vulnerability is understood as the degree to which a community, a household or a person is “likely to experience harm due to exposure to a hazard, either an exogenous perturbation or an endogenous stress or stressor” (Turner *et al.* 2003). Using this adapted definition in combination with the associated vulnerability framework for coupled human-environment systems (Turner *et al.* 2003) gives consideration to the complexity of vulnerability and makes clear that it consists of multiple interacting social, economic and environmental factors operating on different spatial scales (Fig. 1). In many schools of thought it is agreed that the concept of vulnerability comprises three fundamental dimensions, namely exposure, susceptibility and resilience/adaptive capacity (Adger 2006, Birkmann 2006, Gallopin 2006). The operationalisation of the framework is no easy task. However, we assume that it can serve as a valuable starting point to approach the complexity of the flood situation in Bangkok and the tsunami aftermath at the Andaman Coast. We followed the recommendations of Turner *et al.* (2003) and focused on certain elements of the framework that can be arranged under the dimension susceptibility and particularly resilience. The element resilience comprises the ability of a system to cope with or adapt to stresses without fundamental changes. According to Birkmann (2011) the term coping describes the direct reaction of a society or community to the impacts of a hazard whereas adaptation takes place after the disaster and refers to medium- and long-term strategies.

Vulnerability is not only scale- and time-specific and socially, economically and environmentally contextual but also historical embedded (Wisner *et al.* 2004). Thus, conceptual research on vulnerability and particularly the assessment is very challenging and interdisciplinary approaches are needed (Hufschmidt 2011, Kuhlicke *et al.* 2011, Kienberger *et al.* 2012). Spatial vulnerability assessments mostly rely on quantitative data such as statistics (Fekete 2011) but the local “situativeness of vulnerability” can only be understood by using qualitative methods (Wisner 2004). Another important aspect of vulnerability connected to questions of complexity is its governance relevance (Medd & Marvin 2005). Pelling (2003) argues that a consideration of all relevant actors involved in disaster management is the

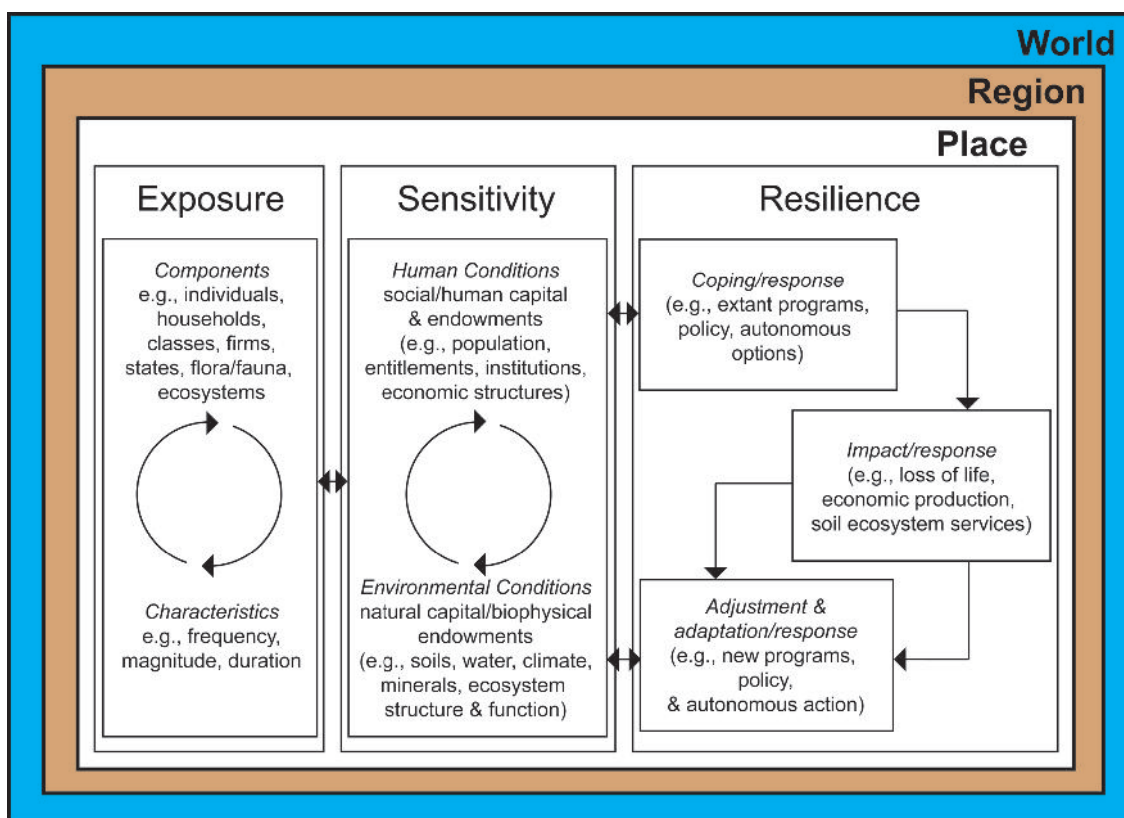


Figure 1. Conceptual vulnerability framework (based on Turner et al., 2003).

Figura 1. Contexto conceptual da vulnerabilidade (baseado em Turner et al., 2003).

key to make a first step towards reducing vulnerability to natural hazards. The adaptive capacity of a reference object is significantly determined by the institutional environment within which adaptation takes place, political influence and social networks (Smit & Wandel 2006). Lebel *et al.* (2010) and Webster & McElwee (2009) identified various actors and institutions that are of importance for Thailand's risk management and thus shaping local vulnerabilities.

There are many approaches to measuring vulnerability to natural hazards (Birkmann 2006, Fuchs *et al.* 2012). On a global to national scale quantitative assessments using indicators like the Disaster Risk Index (DRI) from the UNDP are very common (Cutter *et al.* 2003, Brooks *et al.* 2005). Approaches at the local level are quantitative as well as qualitative, depending on research questions and data availability. A study, which assesses the economic vulnerability of households to tsunami hazards was carried out by Willroth *et al.* (2011) who used a quantitative household survey in combination with a statistical model. Wisner (2006), in comparison, applied qualitative self-assessment tools to investigate the coping capacity of local people in drought-prone southern Zimbabwe. Bercht & Wehrhahn (2010) and Wehrhahn *et al.* (2008) focused on different individual components of the vulnerability of threatened urban inhabitants in Guangzhou, China. Their field studies were based upon a set of qualitative methods like in-depth and semi-structured interviews and photo-interpretation, which were partially linked with the results

of quantitative approaches used for ecological vulnerability assessment. Willroth *et al.* (2012) applied qualitative as well as quantitative methods to identify and analyze adaptation strategies in the context of the tsunami 2004 by applying the vulnerability framework by Turner *et al.* (2003). Another study that successfully used this framework was conducted by Kaplan *et al.* (2009).

Generally speaking, qualitative approaches in human geography evolved above all when humanism flourished in the 1970s and 1980s as a result or rather criticism on positivist thinking. Humanistic geographers shifted the focus to the human subject and how it experiences and constructs its world (Buttimer 1976, Tuan 1976). They emphasized the role of the researcher as an influencing interpreter of interpretations and paved the way for people-centered methods like participant observations, in-depth interviewing, focus groups, reading and interpreting of texts and images, etc. which are nowadays used in many sub disciplines (Rodaway 2011). Qualitative methods do not want to be representative but to reconstruct how people experience and make sense of their lives (Longhurst 2010). Thus, they try to take up the specific perspectives of the interviewees. In comparison to quantitative approaches in vulnerability research that usually result in lists of weighted indicators, these individual perspectives provide supplemental and deepened information about distinct perceptions and the handling of factors determining vulnerability.

3. METHODS AND CASE STUDIES

3.1. Individual interviews and focus groups

The identification and analysis of factors determining the vulnerability of households in the selected study areas is based on qualitative research methods – individual interviews with local people, expert interviews and focus groups. Interviews and focus groups in particular aim to probe an issue in depth, that is to discover why people act the way they do and to explore human relationships and what role the specific context plays (McDowell 2010). Within science dealing with vulnerability to natural hazards many underlying factors are very well known and discussed such as age, gender, income, occupation, education and many more (Cutter *et al.* 2003). An individual interview e.g. specified as narrative, in-depth, exploratory or loosely structured interview, is a conversation with the purpose of eliciting data from the interviewees for further systematical analysis by asking questions and listening to what they say. Usually, an interview guide with a prepared set of questions builds the basis of the discussion. If the talk gets side-tracked, it is not seen as a problem, but is encouraged because often relevant and sensitive topics arise (Silverman 2010). Focus groups also are guided conversations but taking place in a group setting. Normally a focus group consists of two to 12 interviewees plus the interviewer, who defines the area of interest and directs the talk accordingly (for other definitions see Secor 2009 or Longhurst 2010). An advantage of focus groups is the large number of people and their opinions which can be handled in comparatively little time. Focus group conversations decenter the researcher, leading to a more balanced research relationship. In contrast to individual interviews a focus group builds on the dynamic interaction between the group members and can therefore reveal different opinions. Conversely interviewees in individual interviews may reveal information what they would never do in a group setting. Correspondingly the combined application of both introduced methods in form of a triangulation can maximize the depth of information received and also validate the results of the single methods (Elwood 2009, Nightingale 2009).

In both case studies the individual interviews and focus groups were carried out by a skilled moderator using an interview guide. The thematic key aspects of the interview guides comprised the three dimensions of exposure, sensitivity and resilience with a focus on the latter two. Aspects of social networks were assigned to the dimension sensitivity whereas livelihood diversification or the improvement of houses (e.g. uplifting, fortification) rather belongs to resilience. The important factors were derived from the literature and within the open and iterative research process. The interview questions tried to cover these factors entirely and also to reveal interlinkages between them. An example is asking questions about the importance of family and friends during a flood event or about common activities in the community to collect information on social networks. All conversations were tape recorded and subsequently transcribed. All focus group participants and most of the interviewees of the individual interviews were local people living in the case study areas (At the Andaman Coast: e.g. small-scale fishermen or plantation workers; In Bangkok: geworkers or local

business operators). The remains were stakeholders like government officials and NGO representatives responsible for risk management. The focus groups were composed homogenous with respect to occupational affiliation or other attributes but diverse within the group in order to achieve holistic results. For recruiting interviewees the snowball principle (Valentine 2005) was used.

In our research, both methods generated a lot of data in form of texts, either interview transcripts or notes. This abundance of information confronts the researcher with the challenges of interpretation and representation. We used an iterative, grounded theory approach for coding (Strauss 1987, Strauss & Corbin 1990). The reading and rereading of the interview texts in combination with previous conceptual and theoretical knowledge allows for identifying recurrent and important topics respectively. On the one hand, we coded the existing text material according to our theoretical considerations, which build on Turner *et al.* (2003). On the other hand, we identified various superordinate and subordinate codes by repeatedly reading the texts. In an assignment process we created a complex coding structure for subsequent interpretation. For instance, the code “social networks” can be assigned to the dimension sensitivity and comprises information on different actors, forms of support, problems within community, etc.

3.2. Case studies

The two vulnerability assessments were carried out in two different case study areas in coastal Thailand (see Fig. 2). The first case study deals with the aftermath of the Indian Ocean tsunami of 2004 in rural coastal communities in Phang-Nga province and is based on 7 focus groups and 32 individual interviews. The second case study concentrates on flood-vulnerability in Greater Bangkok and comprises 4 focus groups and 36 individual interviews. The fieldwork for the tsunami-study took place in the period from August to October 2009 whereas the flood-vulnerability assessment was conducted from September 2011 until February 2012.

Phang-Nga province was severely affected by the tsunami, not only in terms of casualties and damage to property but also in terms of destruction of ecosystems and natural resources. The dominant land use is agriculture and fisheries which contribute 55 % to the gross provincial product (GPP). Tourism is growing but still in its initial phase with a contribution of 2 % of GPP (NESDB 2009). The two investigated coastal communities were Ban Nam Khem and the neighboring Khao Lak, which are situated approximately 100 km north of the booming tourism destination Phuket. Ban Nam Khem is a fishing village with rural surroundings, shaped by agricultural areas and aquacultures. It has its own fishing harbor with up- and downstream industries and more than half of all businesses in the village can be assigned to the fisheries sector (Massmann 2010). Prior to the Tsunami Ban Nam Khem had around 4,500 inhabitants. The other community, Khao Lak, is a fast growing tourism destination that focuses on high-class tourism and ecotourism. The development since the 1990s caused the decrease of (still existing) traditional activities such as small-scale fisheries and agriculture and influenced local population as well as local ecosystems.

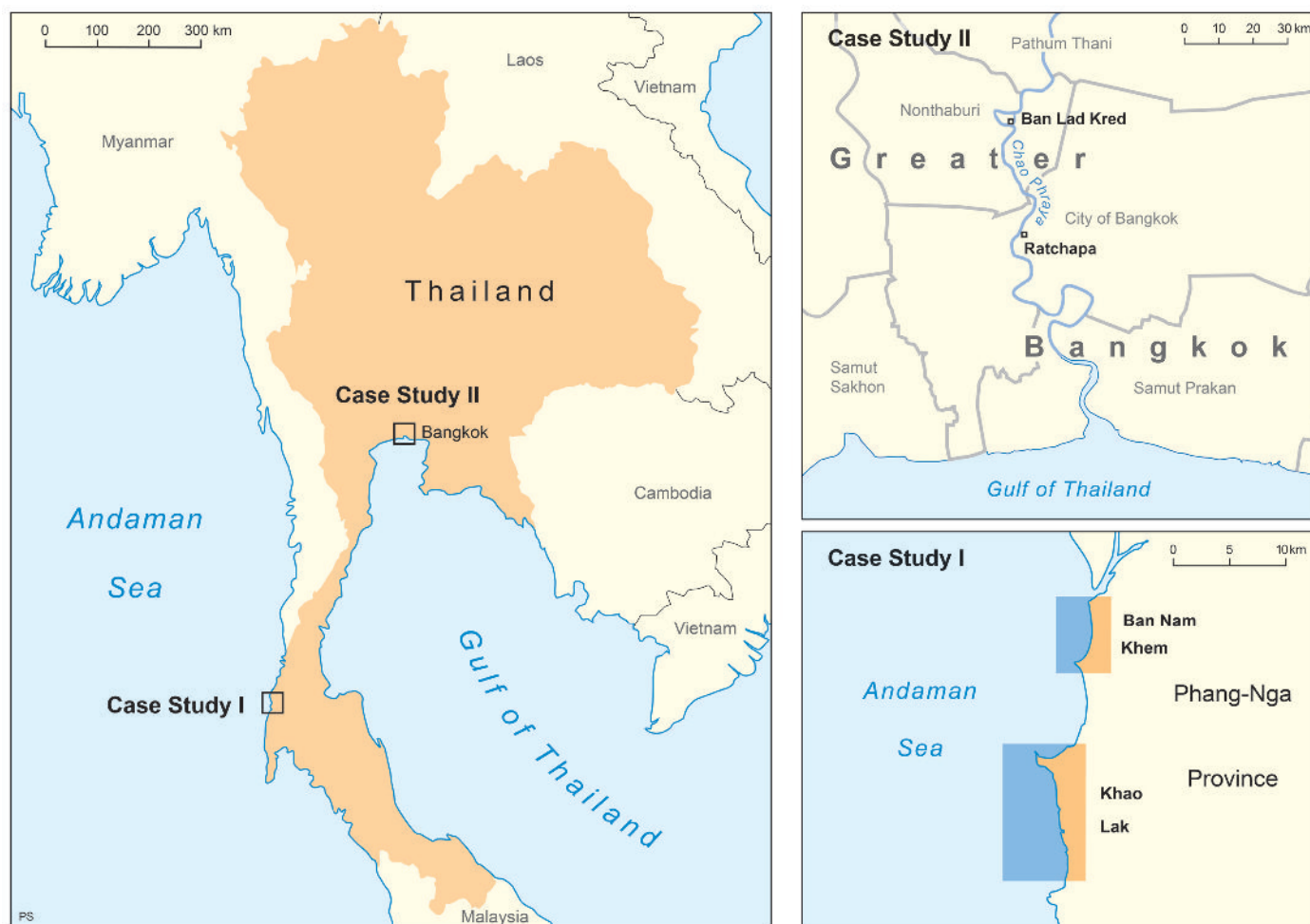


Figure 2. Location of case study áreas.

Figure 2. Localização dos estudos de caso.

Greater Bangkok, the second case study area, is prone to seasonal flooding caused by physical processes like heavy precipitation, land subsidence and sea level rise that are closely linked to human activities in low lying areas. Furthermore the region is characterized by social and economic inequalities and weak institutions on different spatial levels, which lead to various vulnerabilities (*cf.* Roberts & Kanaley 2006, World Bank 2009). The 2011 flood highlighted this particular situation and affected huge parts of the megacity, especially areas in the north and close to the Chao Phraya river. This study analyzes the vulnerabilities of households to flooding in Lad Kred Village on the stream island Kho Kred in the northern peri-urban part of Bangkok and in the inner-city slum Ratchapa-Tubtim-Ruamjai (hereafter referred to as Ratchapa). Ban Lad Kred is home to 1062 inhabitants making their living mainly in tourism-related businesses, the manufacturing of handicrafts, and agriculture. The island Koh Kred is surrounded by the Chao Phraya river and is subject to regular recurring flood events with associated impacts (Local Administration Koh Kred, pers. comm., Bangkok, 2012). Ratchapa is a slum settlement located at the river banks of the Chao Phraya consisting of mainly stilt houses. The community is situated outside the flood walls

and is not protected from changing water levels accordingly. The 825 inhabitants are affected from flooding especially when high water levels of the river meet with high seaward tides. Local people, to a large extent, are making their living with wage labor or fisheries (Local Administration Bangkok, pers. comm., Bangkok, 2012).

5. ASSESSING SOCIAL VULNERABILITY IN COASTAL THAILAND

Within their meta-analysis carried out to identify driving factors for social vulnerability to coastal hazards in Southeast Asia, Zou & Wei (2010) found out that the most important determinants are population growth (including migration) in exposed areas, poorly planned urbanization, transformations of ecosystems and human conditions and basic rights (e.g. poverty, restricted access to resources, inequalities). With this paper we aim to contribute to this extensive collection in terms of highlighting the importance of local level factors. In the following we present results for each case study separately. We argue that the vulnerability of households in both projects is highly contextual and historical embedded.

5.1. Case Study I: Vulnerability of coastal communities to the Indian Ocean tsunami of 2004

Based on qualitative interview data, an overview about factors constituting the tsunami vulnerability of households in Ban Nam Khem and Khao Lak was generated. The openness and the narrative character of individual interviews and focus groups allow for a comprehensive understanding of people's problems before, during, and after the tsunami event. In this manner the relevance of livelihood diversification and strong social networks for vulnerability reduction was emphasized. The diverse natural environment and the diverse income situation proved to be important determinants for a reduction of vulnerability. Ban Nam Khem and Khao Lak feature natural ecosystems like mangroves and coral reefs as well as human forms of land use like agriculture, fisheries, tourism, construction businesses, commerce and others. Despite the dominance of fisheries in Ban Nam Khem and tourism in Khao Lak we can refer to the areas as highly diversified (Fig. 3). Thus, a temporary or long-term loss of job due to the tsunami can be substituted quite easily (focus groups, pers. comm., Ban Nam Khem & Khao Lak, 2009). According to the "philosophy of Sufficiency Economy" promoted by Thailand's King Bhumibol Adulyadej the people should strive for a moderate, self-dependent life without greed and overexploitation of natural resources (cf. Chalapati 2008). Many interviewees mentioned the King's philosophy and stated that they diversified their income already before the tsunami in terms of working in a second job in another sector and, more often, in terms of doing subsistence activities such as backyard farming (focus groups, pers. comm., Ban Nam Khem, 2009). In vulnerability research diversification is seen as a key factor in reducing vulnerability and building resilience (Bohle 2001, Turner *et al.* 2003, Wisner *et al.* 2004). De Silva & Yamao (2007) showed for Sri Lanka that dependence on a single economic sector increases vulnerability to a tsunami and that diversified communities suffered less.

Social networks proved to have a strong influence on recovery in terms of support with money or goods from friends, family and neighbors. In case of mental problems due to loss of loved ones or injuries, existing networks also helped to cope by means of conversations and consolation. Interestingly the members of the social network, who were affected by the tsunami themselves, did not give any material support but mental backup instead. Very often social networks were used as a means to organize income substituting activities (focus groups, pers. comm., Ban Nam Khem & Khao Lak, 2009). There is consensus that social networks are important determinants of vulnerability (e.g. Wisner *et al.* 2004, Thomalla *et al.* 2006). In some cases the tsunami negatively impacted social networks by destroying entire villages or neighborhoods. During the rebuilding phase families often were accommodated in different shelters and after rebuilding, the new houses many times didn't comply with the former household size (Fig. 3). Hence, families and also former neighborhoods were separated which severely disturbed social cohesion (ind. interviews, pers. comm., Ban Nam Khem & Khao Lak, 2009). Particularly in the analysis of social networks, focus groups proved to be very useful as the interaction between the participants, the mentioning of names, and the way of talking about certain persons gives insight into the importance or unimportance of different parts of the network.

According to Berkes (2007) the Thai society had no social memory regarding tsunamis before 2004 except from some marginalized groups of indigenous fishing people. Accordingly most of the coastal dwellers didn't prepare themselves for a potential tsunami hazard at all. This was tragic because preparation is seen as a key factor in reducing negative impacts (Adger *et al.* 2005). In the aftermath of the tsunami preparation became a major concern on many levels. On the individual level people prepared folders with important documents, first aid kits, food and water, or flashlights to have it ready in case of an emergency. Furthermore people

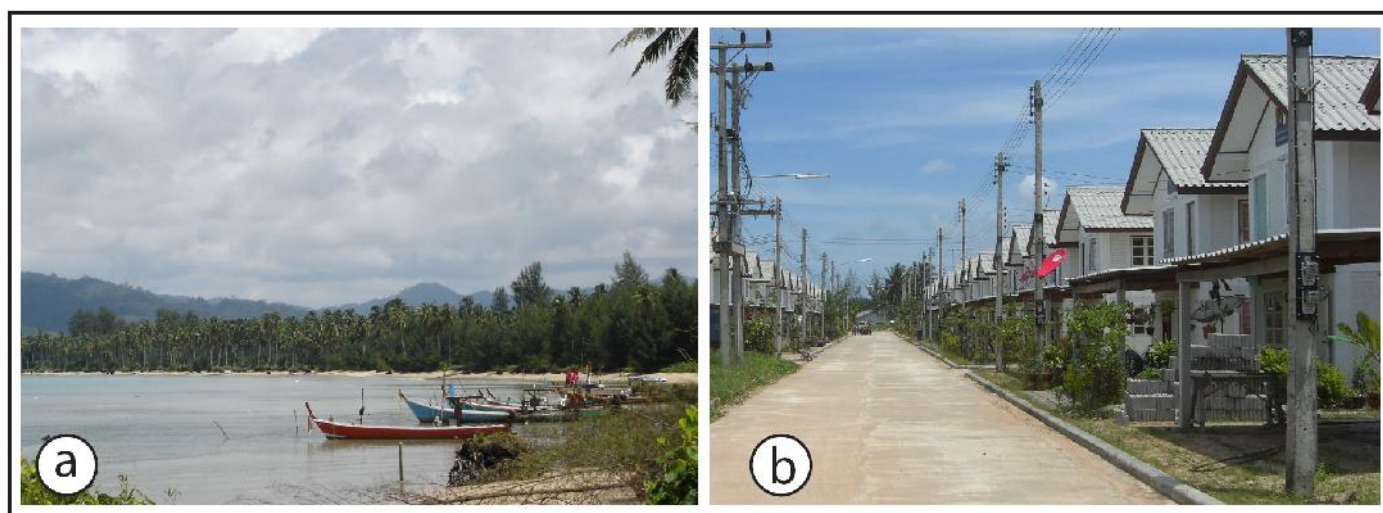


Figure 3. a) Small fishing boats and coconut plantation in Khao Lak. b) Newly built neighborhood in Ban Nam Khem after the tsunami.
Figura 3. a) Pequenos barcos de pesca e plantação de coco em Khao Lak. b) Nova comunidade em Ban Nam Khem, construída depois do tsunami.

engaged themselves in informing about escape routes and the location of the nearest tsunami shelter. Listening to the radio and watching the latest news in television became part of everyday life activities during the first years after the event. A major constraint in individual preparation is the fact that people's awareness ceases with the years (focus groups, ind. interviews, pers. comm., Ban Nam Khem & Khao Lak, 2009). This corroborates with findings from Berkes (2007) who states that the social memory of hazards with a 60-year frequency is not common or reliable.

The assessment of tsunami-vulnerability at the local level reveals that focus groups lead to different results than individual interviews. The topic of reconstruction in general and the planning of new houses in particular for instance was discussed very carefully within the focus groups because some participants were active stakeholders during the rebuilding-process and thus are, at least to some extent, responsible for inadequate housing (focus groups, pers. comm., Khao Lak, 2009). In individual interviews people who were unsatisfied with the newly built houses unambiguously stated that they blame those people for the problem of separating families and weakening neighborhood-structures (ind. interviews, pers. comm., Ban Nam Khem, 2009). Another example is the increasing land consumption of tourism in Khao Lak and the displacement of traditional activities accordingly. In focus groups composed of farmers or fishermen the group dynamic often led to an intensive discussion in which many important aspects, above all negative aspects, of the tourism development emerged which could be responded to in individual interviews later (focus groups, pers. comm., Ban Nam Khem & Khao Lak, 2009).

5.2. Case Study II: Vulnerability of flood-prone communities in Bangkok

To face recurrent flood events the inhabitants of Ban Lad Kred and Ratchapa developed various coping

and adaptation measures like uplifting houses, building temporary walkways, or saving money (focus groups, ind. interviews, pers. comm., Ratchapa & Ban Lad Kred, 2012). Coping and adaptation on a local level are integrated into multi-level institutional structures and governance processes (Lebel *et al.* 2010). Birkmann *et al.* (2010) call for a holistic acknowledgement of urban adaptation strategies and claim a new adaptive urban governance. We argue that governance on a local level has huge potential to influence vulnerability. Because of Thailand's administrative system (Wongpreedee & Mahakanjana 2011) the responsible government bodies differ in both case studies. In Ratchapa an officially elected community organization that works on a voluntary basis represents the inhabitants whereas Ban Lad Kred has its village committee financed by tax revenues. However, a local representation of interests is able to manage community affairs and thus to reduce vulnerability. Both actors, the community organization and the village committee, are actively engaged in strengthening community cohesion by celebrating common holidays and by organizing regular meetings on which community-issues are dealt with (focus groups, ind. interviews, pers. comm., Ratchapa & Ban Lad Kred, 2012). Before the theoretical background this support of social networks can be recognized as having a positive influence on the reduction of vulnerability. Another very important task of community organization and village committee is to implement coping and adaptation strategies on a community level like organizing mobile toilets during the flood, informing the locals how to behave, or installing an early warning system (Fig. 4). Therefore negotiation and cooperation with other actors is necessary (focus groups, ind. interviews, pers. comm., Ratchapa & Ban Lad Kred, 2012). In vulnerability research local governance forms are seen as important determinants for building resilience (Pelling 2003).

The majority of houses in Ratchapa are built on the land of the Marine Department without permission. This



Figure 4. a) Mobile toilet in Ban Lad Kred organized by the village committee. b) Distribution of relief items by the military and the community organization in Ratchapa.

Figura 4. a) Banheiro móvel em Ban Lad Kred, estabelecido pela associação do bairro. b) Distribuição de bens de ajuda por militares e pela associação de vizinhos do bairro de Ratchapa

unclear land tenure highly impedes a successful adaptation on various levels. The households are not about to invest in the uplifting of their buildings to withstand higher water levels because they are afraid to be chased away in the long run (focus groups, ind. interviews, pers. comm., Ratchapa, 2012). Also the work of the community organization is influenced by this situation. The negotiation for external help proves to be very difficult because governmental and non-governmental organizations are not allowed to carry out structural projects like uplifting or improving walkways or other infrastructure in the community (ind. interviews, pers. comm., Ratchapa, 2012). Unsecure land tenure not only is a practical constraint for the local people but also affects them psychologically. Many interviewees stated that they are constantly afraid to be pushed away (focus groups, pers. comm., Ratchapa, 2012). It is consensus that land tenure is an important variable on vulnerability (Reale & Handmer 2011).

The relevance of institutionalized savings and loans for community development and poverty reduction in Thailand was discussed intensively in various studies (e.g. Boonyabanha 2001, Boonperm *et al.* 2012). The mechanisms range from national programs like the "Village Fund" to local level savings groups without external support. We examined the influence of savings groups on the vulnerability of households to flooding and argue that it is a very effective tool for low income households as it compensates the lack of private savings. In both case studies self-organized savings groups exist. In Ban Lad Kred on the stream island savings groups have a general purpose and are used for everyday life expenses mostly. People also use the savings after a flood to replace damaged assets but they stress that they do not depend on it (focus groups, ind. interviews, pers. comm., Ban Lad Kred, 2012). In contrast the inhabitants of the slum settlement Ratchapa established a savings group only for flood-related damages. People use the money to purchase wood in order to repair damaged furniture, to replace destroyed electrical devices like refrigerators but also for long term investments like uplifting their houses (focus groups, pers. comm., Ratchapa, 2012). In low income settlements savings groups seem to have more potential to actually reduce vulnerability (cf. Cutter *et al.* 2003). In communities like Ban Lad Kred people generally have enough private savings to cope and adapt by themselves.

An issue that very often influenced the results of focus groups was the dominance of one or more participants. When the discussion centered on sensitive topics like land tenure, resettlement, or uneven distribution of external help, very often one or two eloquent respondents with a high socio-economic status and thus power, dominated the talk and intimidated the others. To sustain a balanced exchange of arguments, the interviewer had to intervene and encourage the quiet participants to contribute.

6. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This paper presented selected results from two case studies in coastal Thailand where qualitative vulnerability assessments were conducted. Based on the holistic vulnerability framework for complex human-environment systems developed by

Turner *et al.* (2003) and theoretical considerations regarding the relation between vulnerability and complexity various vulnerability-determining factors could be identified. We agree with Birkmann *et al.* (2011) that a shift away from only structural measures as flood-protection towards a more integrative approach, incorporating governance, preparation, and planning is crucial to building resilience.

The key results of our study show that the vulnerabilities of households in Ban Nam Khem and Khao Lak to tsunami hazards are significantly influenced by the strength of **social networks**, **diversified livelihoods**, and **individual preparation**. Households in Bangkok that face regular floods rely very much on strong **local organizations** representing their interests and on access to **financial capital** to repair and rebuild their houses and assets again and again. A strong constraint for a reduction of vulnerability is unclear **land tenure**. The results were generated with a set of qualitative methods, namely individual interviews, expert interviews, and focus group discussions. Due to the qualitative characteristics of the methods, elements that do not fit into the well-known set of vulnerability-determining factors but nevertheless play an important role in shaping the susceptibility and adaptive capacity of households, can be identified and analyzed accordingly. Thus, a comprehensive picture that includes the perspectives of the persons concerned can be achieved.

The combination of individual interviews in conjunction with focus groups proved to be very useful in terms of revelation of differing results. The execution was comparably practicable because both methods relied more or less on the same discussion guide, were tape recorded and analyzed the same way. Also the recruitment process was similar and was conducted simultaneously. The primary difference was the dynamic within the two methods which resulted in sometimes differing results and thus contributed to a more comprehensive conclusion. Whereas in-depth interviews are a good opportunity for individuals to share information that they would not do in a group setting, focus groups can highlight a topic from different perspectives due to the group dynamic and therefore more comprehensibly. This corroborates with a study from Kaplowitz (2001), who carried out research in which he used individual interviews together with focus groups to assess mangrove products and services on a local level. In addition, the comprehension of quantitative methods could be reasonable in these cases because a mixed-method approach could, for example, provide more information about socio-economic household structures (Miller *et al.* 2010). Nevertheless Kabisch *et al.* (2011) state that only qualitative approaches give consideration to the complexity of vulnerability.

Complexity is a key characteristic of vulnerability which expresses itself in the various vulnerability determining factors and interrelations between those factors (Turner *et al.* 2003, Fig. 1). Social networks not only had a direct influence on the vulnerability of households in Ban Nam Khem and Khao Lak by providing emergency relief and financial capital for the rebuilding phase. They also played an important role for diversified livelihoods since it were often friends and neighbors who provided job opportunities. In Bangkok a strong social cohesion builds the basis for the existence or rather strength of community organizations

and village committees to deal with flood problems. The other way round local governance has the potential to foster social networks by organizing common celebrations and other meetings. Another dimension of the complexity of vulnerability is its contextuality. To understand local governance processes, the power relations between local-level actors (e.g. leadership, exclusion, etc.), and conflicts within the governance system, it is important to consider the context (Pelling 2003, Wisner *et al.* 2004). We argue that tracing back the historical development in the communities can reveal a lot of valuable information. The northern part of the slum-community Ratchapa used to be a Chinese trading post whereas the southern part was inhabited by Vietnamese Catholics. Despite the fact that nowadays it is one community, there is still a hidden boundary representing the historical differences that separate people and influence social cohesion and effective governance-processes. Besides identifying and analyzing vulnerability-determining factors, it is of great importance to pay attention to the complexity in order to really understand the vulnerable situation of the households.

Already in 2006 Janssen & Ostrom (2006) called for a close link between governance and vulnerability and resilience by focusing on the governance-mechanisms that exert influence. In Ban Lad Kred and Ratchapa local governance was pointed out as an important factor for reducing vulnerability. A representation of local interests and a cooperation of local level actors can lead to improvements in community development and thus also tackle flood related problems. While there are a lot of constraints impeding the work of the community organization in the slum-settlement Ratchapa like financial limits, unclear land tenure, and hidden conflicts within the community, the village committee of Ban Lat Kred is facing less problems and can tackle flood related issues more effectively. Despite the many constraints in Ratchapa local-level organization plays an important role to better the flood situation.

An understanding of factors constituting social vulnerability is crucial to build future resilience as well as to develop successful adaptation strategies, which subsequently can be implemented on different levels. Based on the results of this paper a strong participation and integration of local-level actors is needed in negotiating recovery and development strategies and plans. Recommendations for supporting social networks on a community level should be compiled and implemented by those actors. It also became clear that focusing on the most vulnerable households and groups, i.e. the urban poor, is necessary to reduce social vulnerability. The assessment of vulnerability is a complex task for which the application of qualitative methods, namely individual interviews and focus groups, proved to be very useful.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research presented in this paper was carried out, in part, within the project "Tsunami Risks, Vulnerability and Resilience in the Phang-Nga and Phuket Provinces, Thailand" which was funded by the German Research Council (DFG). The data was collected in collaboration with Dr. Narumon Arunotai from Social Research Institute, Chulalongkorn University Bangkok.

REFERENCES

- Adger, W.N.; Hughes, T.P.; Folke, C.; Carpenter, S.R.; Rockström, J. (2005) – Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science*, 309(5737):1036-1039. DOI: 10.1126/science.1112122.
- Adger, W.N. (2006) – Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3):268-281. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006.
- Bercht, A.L.; Wehrhahn, R. (2010) – A psychological-geographical approach to vulnerability: The example of a Chinese urban development project in the perspective of the transactional stress model. *Environment and Planning A*, 42(7):1705-1722. DOI: 10.1068/a42510.
- Berkes, F. (2007) – Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. *Natural Hazards*, 41(2):283-295. DOI: 10.1007/s11069-006-9036-7.
- Birkmann, J. (2006) – Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: Birkmann, J. (eds.), *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies*, pp.9-54, United Nations University, Tokyo, Japan. ISBN: 978-9280811353.
- Birkmann, J. (2011) – First- and second-order adaptation to natural hazards and extreme events in the context of climate change. *Natural Hazards*, 58(2):811-840. DOI: 10.1007/s11069-011-9806-8.
- Birkmann, J.; Garschagen, M.; Kraas, F.; Quang, N. (2010) – Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change. *Sustainability Science*, 5(2):185-206. DOI: 10.1007/s11625-010-0111-3.
- Bogardi, J. (2006) – Introduction. In: Birkmann, J. (eds.), *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies*, pp.1-6, United Nations University, Tokyo, Japan. ISBN: 978-9280811353.
- Bohle, H.-G. (2001) – Vulnerability and criticality: perspective from social geography. IHPD Update, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, pp.1-7.
- Bohle, H.-G.; Glade, T. (2007) – Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften. In: C. Felgentreff & T. Glade (eds.), *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*, pp.99-119, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, Germany. ISBN: 978-3827415714.
- Boonperm, J.; Houghton, J.; Khandker, S. R.; Rukumnuaykit, P. (2012) – *Appraising the Thailand Village Fund*. World Bank Policy Research Working Paper 5998, 51p. DOI: 10.1596/1813-9450-5998
- Boonyabanha, S. (2001) – Savings and loans; drawing lessons from some experiences in Asia. *Environment & Urbanization*, 13(2):9-21. Available at <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd26/enurb/v13n2/9.pdf>
- Brooks, N.; Adger, W.N.; Kelly, P.M. (2005) – The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2):151-163. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006.
- Buttimer, A. (1976) – Grasping the dynamism of lifeworld. *Annals of the Association of American Geographers* (ISSN: 0004-5608), 66(2):277-292, Washington, DC, U.S.A.

- Chalapati, S. (2008) – Sufficiency Economy as a Response to the Problem of Poverty in Thailand. *Asian Social Science* (ISSN: 1911-2017), 4(7):3-6, Toronto, ON, Canada.
- Cutter, S.L.; Boruff, B.J.; Shirley, W.L. (2003) – Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2):242-261. DOI: 10.1111/1540-6237.8402002
- De Silva, D. A. M.; Yamao, M. (2007) – Effects of the tsunami on fisheries and coastal livelihood: a case study of tsunami-ravaged southern Sri Lanka. *Disasters*, 31(4):386-404. DOI: 10.1111/j.1467-7717.2007.01015.x.
- Elwood, S. (2009) – Mixed Methods: Thinking, Doing, and Asking in Multiple Ways. In: D. DeLyser (eds.), *The SAGE Handbook of qualitative geography*, pp.94-113, SAGE, London, U.K.. ISBN: 978-1412919913.
- Fekete, A. (2011) – Spatial disaster vulnerability and risk assessments: challenges in their quality and acceptance. *Natural Hazards*, 61(3):1161-1178. DOI: 10.1007/s11069-011-9973-7.
- Fuchs, S.; Birkmann, J.; Glade, T. (2012) – Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: current approaches and future challenges. *Natural Hazards*, 64(3):1969-1975. DOI: 10.1007/s11069-012-0352-9.
- Gallopín, G. (2006) – Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3):293-303. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004.
- Hufschmidt, G. (2011) – A comparative analysis of several vulnerability concepts. *Natural Hazards*, 58(2):621-643. DOI: 10.1007/s11069-011-9823-7.
- Janssen, M. A.; Ostrom, E. (2006) – Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the international human dimensions programme on global environmental change. *Global Environmental Change*, 16(3):237-239. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.04.003.
- Kabisch, S.; Kunath, A.; Schweizer-Ries, P.; Steinführer, A. (2011) – *Vulnerability, Risks, and Complexity. Impacts of Global Change on Human Habitats*. Hogreve, Göttingen, Germany. ISBN: 978-0889374355.
- Kaplowitz, M. D. (2001) – Assessing mangrove products and services at the local level: the use of focus groups and individual interviews. *Landscape and Urban Planning*, 56(1-2):53-60. DOI: 10.1016/S0169-2046(01)00170-0
- Kaplan, M.; Renaud, F.G.; Lüchters, G. (2009) – Vulnerability assessment and protective effects of coastal vegetation during the 2004 Tsunami in Sri Lanka. *Natural hazards and Earth System Sciences*, 9:1479-1494. DOI: 10.5194/nhess-9-1479-2009.
- Kienberger, S.; Blaschke, T.; Zaidi, R.Z. (2012) – A framework for spatio-temporal scales and concepts from different disciplines: the ‘vulnerability cube’. *Natural Hazards*, DOI: 10.1007/s11069-012-0513-x.
- Kuhlicke, C.; Scolobig, A.; Tapsell, S.; Steinführer, A.; De Marchi, B. (2011) – Contextualizing social vulnerability: findings from case studies across Europe. *Natural Hazards*, December 2012. DOI: 10.1007/s11069-011-9751-6.
- Lebel, L.; Manuta, J. B.; Garden, P. (2010) – Institutional traps and vulnerability to changes in climate and flood regimes in Thailand. *Regional Environmental Change*, 11(1):45-58. DOI: 10.1007/s10113-010-0118-4.
- Longhurst, R. (2010) – Semi-structured Interviews and Focus Groups. In: Clifford, N. J.; French, S.; Valentine, G. (eds.), *Key methods in geography*, pp.104-115, SAGE, London, Great Britain. ISBN: 978-1412935081.
- Massmann, F. (2010) – *Analyse der Vulnerabilität von Landwirtschaft und Fischerei an der Andamanküste Thailands im Kontext des Tsunami von 2004*. Christian-Albrechts Universität zu Kiel. *Unpublished thesis*.
- McDowell, L. (2010) – Interviewing: Fear and Liking in the Field. In: DeLyser, D. (eds.), *The SAGE Handbook of qualitative geography*, pp.156-171, SAGE, London, Great Britain. ISBN: 978-1412919913.
- Medd, W.; Marvin, S. (2005) – From the Politics of Urgency to the Governance of Preparedness: A Research Agenda on Urban Vulnerability. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 13(2):44-49. DOI: 10.1111/j.1468-5973.2005.00455.x
- NESDB (2009) – *Gross regional and provincial products*. p1, NESDB - National Economic and Social Development Board), Bangkok, Thailand.
- Nightingale, A. (2009) – Triangulation. In: Kitchin, R. & Thrift, N. (eds.), *International encyclopedia of human geography*, pp.489-492, Elsevier, Amsterdam, Holland. ISBN: 978-0080449111.
- Pelling, M. (2003) – *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience*. Earthscan, London, Great Britain. ISBN: 978-1853838309.
- Reale, A.; Handmer, J. (2011) – Land tenure, disasters, and vulnerability. *Disasters*, 35(1):160-182. DOI: 10.1111/j.1467-7717.2010.01198.x.
- Roberts, B.; Kanaley, T. (eds.) (2006) – *Urbanization and Sustainability: Case Studies of Good Practice*. Asian Development Bank. Mandaluyong City, Philippines.
- Rodaway, P. (2011) – Humanism and People-Centred Methods. In: Aitken, S. & Valentine, G. (eds.), *Approaches to Human Geography*, pp.263-272, SAGE, London, Great Britain. ISBN: 978-0761942627.
- Secor, A. J. (2009) – Focus Groups. In: Kitchin, R. & Thrift, N. (eds.), *International encyclopedia of human geography*, pp.200-201, Elsevier, Amsterdam, Holland. ISBN: 978-0080449111.
- Silverman, D. (2010) – *Doing qualitative research*. SAGE, London, Great Britain. ISBN: 978-848600331.
- Smit, B.; Wandel, J. (2006) – Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3):282–292. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008.
- Strauss, A. (1987) – *Qualitative Analysis for Social Scientists*. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain. ISBN: 978-0521338066.
- Strauss, A.; Corbin, J. (1990) – *Basic of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*. SAGE, Newbury Park, U.S.A. ISBN: 978-0803932517.
- Thanawood, C.; Yongchalermchai, C.; Densrisereekul, O. (2006) – Effects of the December 2004 Tsunami and Disaster Management in southern Thailand. *Science of Tsunami Hazards*, 24(3):206-217. <http://tsunamisociety.org/243thana.pdf>.
- Thomalla, F.; Downing, T.; Spanger-Siegfried, E.; Han, G.; Rockström, J. (2006) – Reducing hazard vulnerability: towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation. *Disasters*, 30(1):39-48.

- Available at <http://www.clacc.net/Documents/report/j.1467-9523.2006.00305.pdf>
- Tuan, Y.-F. (1976) – Humanistic geography. *Annals of the Association of American Geographers*, 66(1):266-276, Washington, DC, U.S.A..
- Turner, B.L.; Kasperson, R.E.; Matson, P.A.; McCarthy, J.J.; Corell, R.W.; Christensen, L.; Eckley, N.; Kasperson, J.X.; Luers, A.; Martello, M.L.; Polsky, C.; Pulsipher, A.; Schiller, A. (2003) – A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14):8074-8079. DOI: 10.1073/pnas.1231335100.
- UNISDR (2007) – *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*. 25p., UNISDR - The United Nations Office for Disaster Risk Reduction Available at http://www.unisdr.org/files/1037_hyogoframeworkforactionenglish.pdf
- Valentine, G. (2005) – Tell me about... using interviews as a research methodology. In: Flowerdew, R. & Martin, D. (eds.), *Methods in Human Geography: A Guide for Students Doing a Research Project*, pp.110–127, Pearson, Harlow, U.K. ISBN: 978-0582473218.
- Webster, D.; McElwee, P. (2009) – Urban Adaptation to Climate Change: Bangkok and Ho Chi Minh City as Test Beds. In: Worldbank (eds.), *Fifth urban research symposium, cities and climate change: Responding to an urgent agenda*, 17p., Marseille, France. Available at <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1256566800920/6505269-1268260567624/Webster.pdf>.
- Wehrhahn, R.; Bercht, A.L.; Krause, C. L.; Azzam, R.; Kluge, F.; Strohschön, R.; Wiethoff, K.; Baier, K. (2008) – Urban restructuring and social and water-related vulnerability in mega-cities – the example of the urban village of Xincún, Guangzhou (China). *Die Erde, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 139(3):227-249.
- Willroth, P.; Revilla Diez, J.; Arunotai, N. (2011) – Modelling the economic vulnerability of households in the Phang-Nga Province (Thailand) to natural disasters. *Natural Hazards*, 58(2):753-769. DOI: 10.1007/s11069-010-9635-1.
- Willroth, P.; Massmann, F.; Wehrhahn, R.; Revilla Diez, J. (2012) – Socio-economic vulnerability of coastal communities in southern Thailand: the development of adaptation strategies. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12:2647-2658. DOI: 10.5194/nhess-12-2647-2012.
- Wisner, B. (2004) – Assessment of capability and vulnerability. In: Bankoff, G.; Frerks, G.; Hilhorst, D. (eds.), *Mapping vulnerability: disasters, development and people*, pp.183-193, Earthscan, London. ISBN: 978-1853839641.
- Wisner, B. (2006) – Self-assessment of coping capacity: Participatory, proactive, and qualitative engagement of communities in their own risk management. In: Birkmann, J. (eds.), *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies*, pp.316-328, United Nations University, Tokyo, Japan. ISBN: 978-9280811353.
- Wisner, B.; Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I. (2004) – At Risk: Natural Hazards, people's vulnerability and disasters. 2nd edition. 471p., Routledge, New York. ISBN: 0415-252164.
- Wongpreedee, A.; Mahakanjana, C. (2011) – Decentralization and Local Governance in Thailand. In: Berman, E. M. (eds.), *Public Administration in Southeast Asia*, pp.53-78, CRC Press. ISBN: 978-1420064766.
- World Bank (2009) – *Climate Change Impact and Adaptation, Study for Bangkok Metropolitan Region. Final Report*. World Bank, Panya Consultants, Bangkok, Thailand. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/3115>.
- World Bank (2012) – Thai Flood 2011. *Rapid Assessment for Resilient Recovery and Reconstruction Planning*. World Bank, Bangkok, Thailand. https://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/publication/Thai_Flood_2011_2.pdf.
- Zou, L.-L.; Wei, Y.-M. (2010) – Driving factors for social vulnerability to coastal hazards in Southeast Asia: results from the meta-analysis. *Natural Hazards*, 54(3):901-929. DOI: 10.1007/s11069-010-9513-x.

Percepção das Populações Costeiras sobre os Efeitos dos Eventos Adversos no Extremo Sul de Santa Catarina – Brasil *

Perception of Coastal Populations on the Effects Adverse Events in the Extreme South of Santa Catarina – Brazil

Neres de Lourdes da Rosa Bitencourt ^{@, 1}, Isa de Oliveira Rocha ¹

RESUMO

Este trabalho aborda os eventos naturais extremos ocorrentes no litoral de Santa Catarina e tem como objetivo apresentar e analisar a percepção dos atores sociais por meio dos relatos orais de moradores de áreas atingidas por esses eventos, que ocorreram tanto no meio rural quanto no meio urbano. Investiga também como está organizada a administração municipal no sentido de alertar a população sobre a ocorrência desses eventos adversos. A pesquisa foi realizada nos municípios de Balneário Gaivota, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul e Sombrio. A metodologia adotada consistiu em entrevistas abertas com pessoas que vivem nesses locais e que foram atingidas por esses eventos e com a administração dos municípios da área de estudo. Inclui ainda levantamento bibliográfico e documental. Entre os resultados, destacam-se depoimentos sobre ventos fortes com chuva e granizo e enchentes com inundações que atingiram a área de estudo. Os maiores impactos foram observados na área rural, e as áreas mais atingidas foram as lavouras de banana, arroz e fumo. Houve também prejuízos com danos em residências e instalações agrícolas. Os resultados mostraram a necessidade de as administrações municipais estarem preparadas e desenvolverem ações diferenciadas para atuarem tanto no meio rural quanto no urbano.

Palavras-Chave: Litoral de Santa Catarina, Atores Sociais, Desastres Naturais.

ABSTRACT

This study addresses the extreme natural events occurring on the coast of Santa Catarina. These events affect rural and urban areas therefore the purpose of this research is to analyse the residents and social actors perception about the events. It also investigates how the municipal management is organized to warn the population of weather adversities. The target areas are the cities of Balneário Gaivota, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul and Sombrio. The method included unstructured interviews with residents and municipal administration of the cities affected by natural events. Besides, it incorporated bibliographic and documentary investigation. The main findings comprise people's statement about strong winds with rain and hail, floods and inundation in the study area. The hugest impacts were identified in the rural areas with losses of banana, rice and tobacco crops. Furthermore, several damages occurred in housing and agricultural buildings. The results showed the necessity of local government preventative schemes and the development of different action to rural and urban areas as they have distinct realities.

Keywords: Coast of Santa Catarina, Social Actors, Natural Disasters.

@ - Corresponding author

1 - Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental – MPPT, Av. Madre Benvenuta, 2007, Itacorubi, CEP: 88035-001, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: Bitencourt nb.gestaoambiental@gmail.com, Rocha isa@udesc.br.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem aumentado de forma significativa a frequência de ocorrência de desastres naturais em várias partes do planeta. Entre os fatores que podem estar contribuindo para explicar o aumento de registro de tais eventos, pode-se citar a expansão da ocupação humana em áreas de risco. Os impactos das adversidades atmosféricas podem ser intensificados quando há interferência das ações antrópicas nas condições naturais do meio ambiente. Constituem exemplos dessas alterações aquelas provocadas pelo desmatamento, pela agricultura e pecuária, e pelos assentamentos humanos, tanto nas encostas do relevo como nas margens dos cursos d'água e planícies litorâneas.

Em escala planetária, as inundações, vendavais, furacões, terremotos e *tsunamis* são alguns dos eventos naturais que trouxeram grandes prejuízos em diversas áreas, afetando um número cada vez mais crescente de pessoas. Tais eventos apresentam intensidades diferentes e geram efeitos distintos, resultando, na maioria das ocorrências, em mortes e destruição generalizada. Esses eventos naturais podem causar sérios impactos negativos, tais como inundações bruscas provocadas por chuvas torrenciais, efeitos destrutivos causados por vendavais, rajadas de vento de alta intensidade, precipitações de granizo, tornados e furacões, os quais têm causado enormes destruições em regiões litorâneas, devastando cidades inteiras, como têm ocorrido em diversas outras partes do mundo e frequentemente divulgados pelos meios de comunicação.

Desastre natural tem sido caracterizado como um fenômeno de origem natural que causa distúrbio, podendo resultar em uma situação de perigo. Nesse sentido, o perigo que resulta do evento natural é o potencial de desencadear um desastre, sendo considerado desastre natural quando há perdas humanas, econômicas e ambientais que vão além da capacidade das pessoas atingidas de enfrentarem este perigo, resultando em prejuízos diversos para as sociedades afetadas (UNDP, 2004). Os desastres naturais são eventos relacionados com a geodinâmica terrestre externa ou interna. Os de causa externa são os fenômenos atmosféricos, meteorológicos e/ou hidrológicos que ocorrem na atmosfera terrestre, como os de causa eólica, que são os vendavais, ciclones tropicais, furacões e tornados. Ocorrem devido a temperaturas extremas, que são as ondas de frio intenso, nevascas, granizos e ondas de calor; precipitações pluviais e inundações, enchentes e inundações litorâneas; e redução de precipitação de chuva, provocando estiagens. Os relacionados com geodinâmica terrestre interna são as forças atuantes nas camadas superficiais e profundas da litosfera, como os terremotos, abalos sísmicos, maremotos e *tsunamis*; as erupções vulcânicas; e o intemperismo, incluindo erosão e acomodação do solo, que são os deslizamentos, quedas e tombamentos de terras (Castro *et al.*, 2003).

Estudos relacionados aos desastres naturais apontam que, até a década de 1970, estes foram considerados sinônimos de eventos naturais, como os terremotos e as erupções vulcânicas. Até então, as pesquisas eram focadas nas resistências das estruturas físicas para suportarem esses tipos de desastres. A partir dos anos 1980, com a atuação de pesquisadores das ciências sociais e humanas, iniciou-se outra abordagem sobre o assunto, observando-se a capacidade das

pessoas de sofrerem o impacto e de se recuperarem de sua perda ou dano sofrido. Atualmente o foco das pesquisas relacionadas a eventos extremos têm sido também no desenvolvimento social e econômico (UNDP, 2004). O foco no desenvolvimento social e econômico, relacionados aos eventos extremos, desencadeou a ênfase na prevenção, a qual contribui de forma intensa para minimizar os impactos que podem ser causados pelos desastres naturais.

Através de medidas preventivas, é possível evitar danos decorrentes desses fenômenos ou, pelo menos, minimizá-los, com planejamento, pesquisas, estudos prévios e avaliação de riscos. A prevenção torna possível a redução dos prejuízos que os desastres naturais poderão vir a causar; todavia, para prevenir-se de um desastre, é preciso conhecer-lhe as causas e consequências para definir quais são as medidas mais apropriadas a serem adotadas quando ocorrerem. Nesse caso, a prevenção passa a ser feita através da compreensão dos fatores e processos que desencadeiam os fenômenos naturais. Da mesma forma, a prevenção pode dar condições para a resiliência da sociedade quanto a tais eventos (Marcelino, 2008).

Este estudo aborda a percepção dos atores sociais residentes na planície costeira do Extremo Sul de Santa Catarina (municípios de Balneário Gaivota, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul e Sombrio) onde ocorreram eventos adversos que causaram desastres tanto no meio rural quanto no meio urbano do litoral. Investiga também como está organizada a administração municipal no sentido de alertar a população sobre a ocorrência de possíveis eventos adversos.

Entre os eventos meteorológicos extremos recorrentes na área de estudo, destacam-se: tempestades de granizo, vendavais, furacões, ciclones tropicais, enchentes, alagamentos e inundações. Ao longo de décadas, esses eventos provocaram grandes estragos e prejuízos para a população residente nesses municípios costeiros. Em 2004, na região Sul de Santa Catarina, ocorreu, inclusive, um evento extremo denominado por especialistas de "furacão". Esse evento de grande intensidade gerou enormes danos materiais e, segundo moradores da região, provocou pânico e ficou marcado na memória coletiva (Herrmann, 2007).

De acordo com os depoimentos, entre os danos provocados nessa região pelos eventos adversos, destacam-se, no meio rural, a destruição das lavouras tradicionais de banana, arroz e fumo, além de instalações rurais, incluindo galpões e estufas para secagem das folhas de fumo.

Esta pesquisa apresenta, através de relatos e depoimentos orais de pessoas que viveram eventos extremos nos municípios citados, a percepção dessas pessoas sobre esses eventos.

2. DESASTRES NATURAIS EM SANTA CATARINA

No Brasil há alterações climáticas que são consideradas fenômenos naturais. São ocorrências, denominadas *El Niño* e *La Niña*, que provocam oscilações das temperaturas da superfície do mar. Esses acontecimentos provocam alterações no clima da terra e são consideradas normais, pois estudos concluíram que já existem há milhares de anos. No Brasil, tais acontecimentos provocam precipitações em algumas regiões e ausência de chuvas em outras (Marengo, 2006).

Quanto ao fato de as atividades humanas provocarem ou não alterações nos eventos climáticos, Marengo (2006: 137) escreve: “Projeções dos modelos climáticos permitem a geração de cenários de clima no futuro, mas ainda não distinguem ou separam os efeitos da variabilidade natural do clima da variabilidade induzida pelo homem”.

Ainda, de acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2012), as mudanças climáticas podem ser o resultado de alteração no clima, podendo ser devidas a processos internos naturais ou, ainda, por forças externas e até por alterações humanas.

No Brasil, há evidências de que não são somente os fenômenos naturais que causam as alterações ocorrentes em diversas regiões. As mudanças resultantes do uso e ocupação do solo com a substituição das florestas por culturas anuais, pastagens e agricultura também têm provocado mudanças nas vazões de importantes bacias hidrográficas, como é o caso da região Sul do Brasil (Marengo, 2006).

No estado de Santa Catarina, localizado na região Sul do Brasil, o relevo do litoral e a dinâmica atmosférica influenciam as variações climáticas locais, tornando essas áreas mais suscetíveis a desencadear desastres naturais. As adversidades atmosféricas que ocorrem com mais frequência no litoral de Santa Catarina são caracterizadas por vendavais, chuvas com granizos, tornados, marés de tempestades, inundações bruscas e graduais (Monteiro & Mendonça, 2007). Tais eventos naturais são assim caracterizados: (a) vendavais ou tempestades – perturbações que ocorrem de forma acentuada, alterando o estado normal da atmosfera. “Deslocamento violento de uma massa de ar, de uma área de alta pressão para outra de baixa pressão” (Castro *et al.*, 2003:18-21). São ventos fortes, cujas velocidades variam entre “88,0 a 102,0 km/h”, com chuvas e, às vezes, com granizo; b) ciclones extratropicais – ventos com velocidades entre “102,0 a 120,0 km/h”. Também são acompanhados com chuvas fortes e geralmente causam imensas ondas no mar; (c) vendavais extremamente intensos, furacões, ciclones tropicais – ventos tão fortes que atingem velocidades superiores a “120,0 km/h” (Castro *et al.*, 2003:18-21). Dessa forma, quando os ventos atingem uma velocidade muito além do normal, o evento que ocorre é um furacão. Este é caracterizado como “um sistema de baixa pressão (ciclone) intenso que geralmente se forma sobre os oceanos nas regiões tropicais” (Kobiyama *et al.*, 2006:72).

Os vendavais podem levar a violentas tempestades, sendo caracterizados também por desastre natural. Como podem vir acompanhados não só por chuvas intensas, mas também por queda de granizo, os vendavais acabam provocando inundações, alagamentos, destelhamentos e destruição de plantações, podendo também provocar mortes de pessoas (Herrmann, 2007).

Outra adversidade atmosférica ocorrente no litoral de Santa Catarina é o granizo, definido como precipitação em forma de esfera, que “[...] são os pedaços irregulares de gelo”. As tempestades de granizo, ou chuvas de pedra, também podem causar desastres. Ocorrem devido ao estado do tempo que, quando está muito quente e úmido, carrega para cima massas de ar saturadas de vapor que, ao se resfriarem em altitude, acabam gerando enormes nuvens de tempestade. A chuva gerada cai em forma de pedras de gelo. A chuva de

granizo pode destruir plantações inteiras e, nas áreas urbanas, danificar os telhados das habitações (Herrmann, 2007:105).

De acordo com Monteiro (2001: 77), em Santa Catarina “[...] tanto os episódios de muitas chuvas, como os de pequenas estiagens, podem ser intensificados em função da atuação dos fenômenos El-Niño e La-Niña, respectivamente”.

Em Santa Catarina, a agricultura é muito afetada pela ocorrência de granizo. Ocorrem também desastres relacionados com o aumento das precipitações pluviais, como inundações, enchentes e alagamentos, eventos que serão a seguir caracterizados (Herrmann, 2007).

Inundações são transbordamentos de água de rios, lagos e açudes. Ocorre o extravasamento quando a vazão é maior do que a capacidade de descarga do corpo d’água. As inundações podem ser graduais, bruscas e litorâneas. As graduais ocorrem quando a água se eleva de forma lenta e previsível, escoando gradualmente; as bruscas, quando há fortes chuvas, intensas e concentradas, provocando a elevação das águas de forma súbita. As bruscas atingem uma área de impacto bem menor do que as inundações graduais, pois, embora estas sejam mais lentas, geralmente abrangem maiores extensões. As inundações litorâneas, por sua vez, são geradas através da invasão do mar em áreas interiores, também chamadas de marés de tempestade (Castro *et al.*, 2003; Kobiyama *et al.*, 2006; Herrmann, 2007).

Enchentes, ou cheias, são definidas como a elevação do nível da água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão. Nesse caso, o nível d’água atinge a cota máxima do canal, porém, sem extravasar (Carvalho *et al.*, 2007). Quando não houver transbordamento, mesmo o rio ficando com nível d’água elevado, o que ocorre é uma enchente, e não uma inundação (Kobiyama *et al.*, 2006).

Alagamentos são águas acumuladas pelas fortes chuvas nas estradas e ruas de cidades que têm sistemas de drenagem deficientes. A redução da infiltração da água nos solos urbanos pode ser provocada por “[...] impermeabilização do solo, pavimentação de ruas e construção de calçadas”, entre outros (Castro *et al.*, 2003:51).

A ocorrência de enchentes e inundações está associada às chuvas intensas, embora existam razões que acentuam os efeitos adversos dos eventos atmosféricos. Em uma planície litorânea submetida a índices pluviométricos intensos, a tendência é desencadear inundação, mas muitas vezes a causa pode estar associada ao processo de expansão urbana em áreas ribeirinhas. A vegetação natural ao longo dos corpos de água tem sido substituída por edificações, não permitindo que a água pluvial seja infiltrada, gerando, assim, o acúmulo de água e o aumento do escoamento superficial. Os leitos dos rios nas áreas urbanizadas geralmente contêm entulhos, dificultando a vazão da água, o que propicia o transbordamento das margens. As ocupações do solo das áreas urbanas, contrariando a legislação ambiental, também contribuem para a ocorrência de inundações quando são instaladas nas planícies aluviais sujeitas a inundações (Herrmann, 2007).

As adversidades atmosféricas geralmente causam impactos negativos nos locais onde ocorrem. As principais consequências negativas são: residências danificadas ou totalmente destruídas; habitantes desabrigados, feridos e mortos; sistemas viários destruídos ou danificados. Em áreas

rurais, há destruição de lavouras e também de edificações. Em Santa Catarina, inúmeros desastres são causados pela ocorrência de granizo. Além disso, os municípios litorâneos desse estado sofrem prejuízos devido às marés de tempestades (Herrmann, 2007).

Em março de 2004, a população que vive no litoral sul de Santa Catarina foi surpreendida pelo furacão Catarina, que causou danos severos em diversos municípios do estado. O evento iniciou com ventos constantes, de aproximadamente 50 km/h, alcançando até 120 km/h, acompanhados de forte precipitação. O mar avançou mais de 70 metros na faixa litorânea, ultrapassando as dunas frontais, e atingiu casas situadas na orla. Os danos mais comuns estão relacionados às edificações, infraestruturas urbanas, agricultura, flora e fauna, além de afetar dezenas de milhares de pessoas. Na área rural, os maiores prejuízos ocorreram nas culturas de milho, arroz, banana e em hortifruticulturas comumente cultivadas na região atingida. De forma geral, as áreas mais intensamente afetadas pelo Catarina foram as residências de pessoas de baixa renda familiar, principalmente as casas de madeira. (Marcelino *et al.*, 2005:20).

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está constituída pelos municípios localizados no entorno da lagoa de Sombrio: Balneário Gaivota, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul e Sombrio, no Extremo Sul de Santa Catarina/Brasil (Figura 1). Essa área apresenta 720 km² de área e abriga 56.557 habitantes (IBGE, 2010).

Essa região é constituída por uma planície costeira, inserida no bioma de mata atlântica, localizado entre o Extremo Sul da Serra Geral e o Oceano Atlântico, com predominância de ecossistemas pertencentes às planícies quaternárias, formadas por depósitos arenosos. Na área predominam restingas, lagoas costeiras e banhados. Há também floretas quaternárias formando pequenos capões. A planície está em crescente expansão pelo uso e ocupação da terra por edificações e agricultura. São realizadas principalmente as lavouras de fumo, arroz e milho, além da silvicultura, com plantações de eucaliptos e pinus, e lavouras de banana são realizadas nos morros (Bitencourt *et al.*, 2011b; Bitencourt & Marimon, 2010).

4. METODOLOGIA

Foram realizadas entrevistas com atores sociais dos municípios da área de estudo: Balneário Gaivota, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul e Sombrio. As entrevistas ocorreram em duas etapas. Na primeira, foram entrevistadas famílias (98 entrevistados) que residem em áreas que já foram afetadas por desastres ambientais nos municípios. Para esta amostra foi aplicado um questionário com questões abertas. No momento da entrevista, todos os presentes na residência foram convidados a participar. Nas áreas rurais, a média de participantes entrevistados em uma residência foi de cinco pessoas, enquanto na área urbana a média foi de duas pessoas por família. Quando foram questionadas sobre eventos no passado, os idosos das famílias entrevistadas foram os mais participantes, relatando

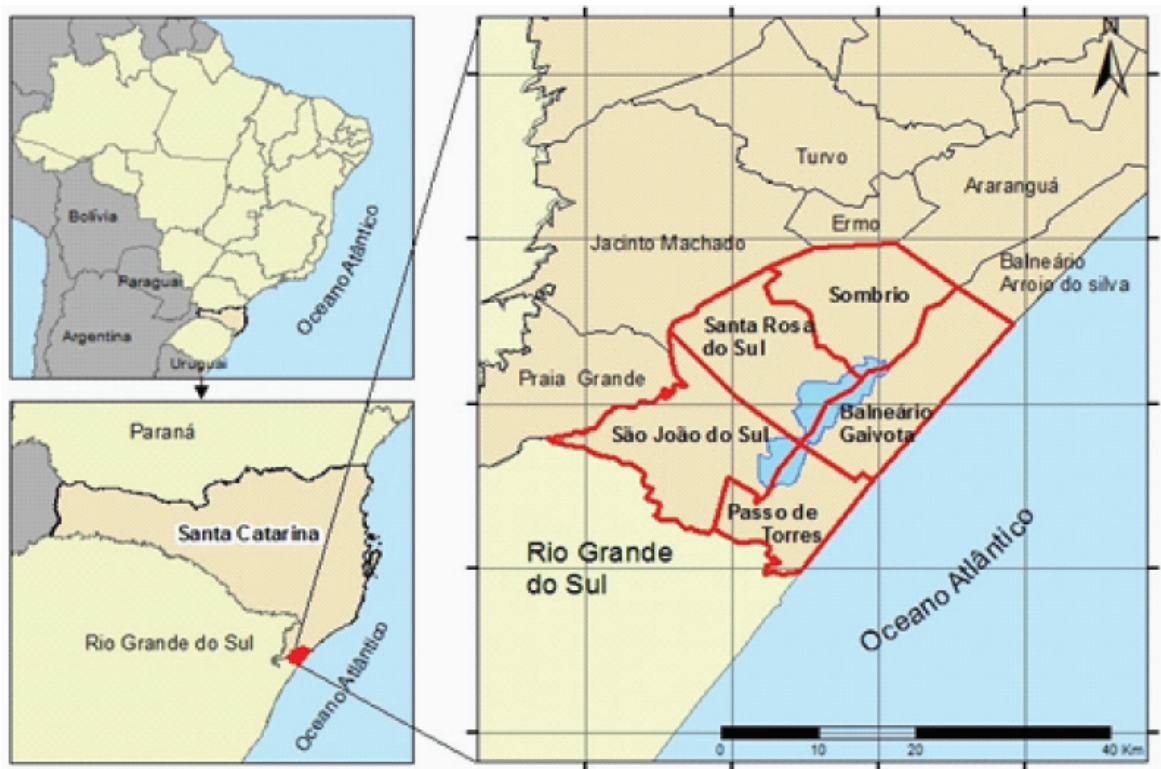


Figura 1. Área de Estudo

Figure 1. Study Area

Fonte: Bitencourt *et al.* (2011a)

amplamente suas histórias. Em relação às propriedades das áreas rurais, como apresentam tamanho de até 15 hectares, estas podem ser consideradas como pequenas propriedades familiares.

Na segunda etapa, após entrevistarmos as famílias que sofreram danos, vários responderam que não sabiam o que fazer na hora do evento (para onde correr, para quem pedir socorro, etc.). Também foram entrevistadas 12 pessoas responsáveis pela administração dos diversos municípios, visando conhecer os procedimentos adotados para atender a população em relação a esses eventos.

As entrevistas visaram compilar e organizar a informação acerca da percepção sobre o impacto dos eventos naturais nas comunidades locais e obter informação sobre as ações das administrações municipais relacionadas ao período anterior, durante e depois da ocorrência dos eventos adversos.

5. RESULTADOS

Nesta seção são expostos os resultados das entrevistas referentes à percepção dos atores sociais sobre os efeitos dos eventos adversos que causaram desastres naturais na região. As repostas referentes ao termo enchente, na verdade, relatavam as inundações ocorrentes na região. Nesta mesma seção, são apresentados os resultados das entrevistas realizadas na administração municipal.

5.1. Eventos extremos que causaram desastres naturais: percepção do tempo

Em relação aos eventos que são presenciados no município, os entrevistados citam os ventos fortes com chuva e granizo como sendo o evento mais desastroso e o que mais tem ocorrido na região. Além disso, citam também o mar revolto. Um entrevistado de Passo de Torres comentou: *“O que mais me vem na memória é o Catarina. Foi o que mais durou, teve um tempo maior de destruição aqui”*.

Os relatos mais citados apontam para perdas materiais: *“Perdi minha casa no Catarina”*; *“Perdi o telhado da casa”*; *“O vendaval derrubou todo o nosso bananal”*. Outro entrevistado citou que *o Catarina estragou os galpões e estufas; a safra não, porque não era época do fumo. “Em São João do Sul, um vendaval forte provocou danos na fiação de iluminação elétrica, o Catarina deixou o município uma semana sem energia para toda a população”*, conforme relatado por funcionários da Cooperativa de Eletricidade (CEPRAG) que atua no município.

Já no município de Sombrio, percorrido pelo rio da Lage, e em São João do Sul, cortado pelos rios do Sertão e Mampituba, as respostas salientam, além das tempestades de ventos com chuva e granizo, a ocorrência de inundações pelos transbordamentos dos rios.

Em relação a esses eventos, uma família entrevistada na área rural do município de São João do Sul respondeu: *“Sempre plantamos arroz na beira do rio e sempre sofremos com as enchentes, pois destroem toda a plantação”*. Outro entrevistado respondeu: *“Perco uma parte, quando não, toda a plantação de arroz por causa das enchentes”*.

Em Sombrio, uma família que reside nas proximidades do rio relatou ter perdido todos os móveis com a inundações que ocorreu.

Em relação ao tempo que vem ocorrendo os eventos, quase todos os entrevistados tinham alguma história para contar. Uma família de entrevistados em Sanga D’Areia comentou: *“Há mais ou menos uns 30 anos presenciamos um vendaval muito forte aqui, que derrubou até algumas estufas de fumo”*.

Em São João do Sul, uma família respondeu: *“As tempestades de vento com granizo sempre teve, mas nós nunca vimos tão forte quanto o Catarina aqui”*. Em relação às inundações, uma família que reside no bairro Glorinha, que faz margem com o Rio Mampituba, disse: *“Em 1974 teve uma enchente que causou a morte de muitas pessoas aqui e em Praia Grande. Em 1982 a enchente derrubou quase todas as estufas de fumo daqui da região e de Praia Grande. A enchente de 2007 também destruiu plantações e algumas casas aqui”*.

5.2. Frequência dos eventos ao longo do ano e principais danos

A maioria dos entrevistados citou que os vendavais ocorrem mais no começo do inverno e no início do verão, ou seja, quando há mudança de estação. Já em relação às inundações, disseram que não há uma época definida para ocorrerem. Os entrevistados de São João do Sul relataram que não há época específica para a ocorrência das inundações, pois é algo imprevisível, ocorre com bastante frequência.

Os eventos que têm causado mais danos na região, segundo a maioria das pessoas, são os vendavais com granizo. Em relação às inundações, uma entrevistada de Sombrio disse: *“A enchente vem devagarzinho, dá para vigiar e tirar as coisas do lugar, tirar os animais. O vento não dá, pois não avisa, vem e leva até as telhas da casa”*.

Em relação aos prejuízos ocorridos na área rural, a destruição das lavouras de arroz, banana e fumo foi a mais citada pelas famílias de agricultores entrevistados, como pode ser observada em alguns relatos: *“Tive muito prejuízo, a perda de safra de arroz. Com a enchente, tudo fica escuro, e a água, turva, e deixa somente um pântano. Toda a plantação fica perdida”*, comentou um entrevistado de São João do Sul. Na área rural desse município, os principais danos foram nas lavouras de arroz pelas inundações, que são recorrentes. Também na região os vendavais já destelharam muitas casas e galpões.

Em Sombrio, as inundações nas margens do Rio da Lage, no Bairro São José, já destruíram os móveis de duas das casas da rua Vereador Protásio Cunha. Uma entrevistada comentou: *“Quando ocorrem as enchentes, nós ficamos ilhados e temos que erguer tudo dentro de casa”*.

Em Santa Rosa do Sul, uma família do bairro Pontão afirmou que seu bananal foi destruído duas vezes pelo vento forte, antes do Catarina, além de este ter prejudicado bastante a plantação. O Catarina destruiu muitas lavouras na redondeza, enquanto na área urbana da cidade o que mais ocorreu foi o destelhamento das casas.

No mesmo município, no local chamado Barro Preto, o agricultor entrevistado comentou a respeito da lavoura de fumo: *“Já tive três vezes minha lavoura destruída por vento com granizo. O telhado da estufa de fumo já foi arrancado pelos ventos”*.

Em Passo de Torres, um grupo de pescadores entrevistados respondeu: *“A pesca tem muito prejuízo por causa dos ventos. Com o mar revolto, temos que ficar esperando e aí não podemos trazer o peixe”*.

Entre os principais prejuízos que foram relatados em Balneário Gaivota, um entrevistado respondeu: *“Na minha casa voou todo o telhado e a antena parabólica, mas teve um vizinho meu que ficou somente com o terreno sem a casa que estava em cima.”*

5.3. Reação das pessoas aos eventos e prevenção

A pergunta sobre qual é a reação quando enfrenta um evento e se conhece algum meio para se prevenir teve sempre como primeira resposta: sensação de medo, muito pânico e espanto.

O que causa mais insegurança e medo é o vento. *“O vento vem e leva tudo que tem pela frente”*, disse uma família moradora do centro da cidade de Balneário Gaivota. *“Me sinto impotente, em pânico, com muito medo das tormentas de vento”*. *“Depois daquela coisa muito feia que foi o Catarina, agora, quando vem uma tempestade de vento e chuva, dá muito medo em todos lá em casa”*, relataram outros dois entrevistados.

Ainda em relação ao evento Catarina, uma família de agricultores que trabalha na lavoura de fumo em São João do Sul disse: *“Quando veio o Catarina, tivemos uma noite muito atormentada, mas, nas plantações de fumo, o que mais causa prejuízo são as chuvas com granizo, que destroem as folhas do pé de fumo”*.

Em Passo de Torres, uma família de pescadores entrevistada respondeu: *“Quando veio o Catarina, tivemos muito medo, pois foi a pior coisa do mundo que aconteceu aqui. Foi apavoramento, a gente não sabia o que fazer”*.

Em Santa Rosa do Sul, um dos depoimentos de uma família entrevistada respondeu: *“Peço a Deus, pois não há o que fazer, e após a tragédia é muito trabalho depois para recomeçar tudo”*. Uma agricultora falou: *“Não tem o que fazer, tem que esperar a tormenta de vento passar e trabalhar depois para recuperar tudo”*. Um entrevistado residente no centro da cidade disse: *“O vendaval com chuva de pedra de gelo que deu, não sei se em 2009 ou 2010, mas foi bem depois do Catarina, nós aqui em casa ficamos acordados à noite, cobrimos os móveis com plásticos, pois arrancou as telhas, e choveu na casa toda. Ficamos todos em pé a noite toda, esperando amanhecer”*.

Já em relação às inundações, em São João do Sul, disse um agricultor: *“Quando começa a chover, fico com muito medo, então não durmo e fico vigiando o rio, tenho medo de perder as lavouras, a gente planta uma vez por ano, e, se tem enchente, tudo fica perdido. Agora, quanto é tempestade de vento, é pior ainda, dá muito medo, ele aparece do nada, não dá tempo de vigiar”*.

Mesmo nos locais em que ocorrem inundações, as pessoas dizem que têm mais medo do vento. Segundo um agricultor, em São João do Sul, *“os ventos são bem piores, porque vêm de surpresa, e o rio, a gente pode ficar vigiando quando ele vai subindo”*. Uma entrevistada que reside na área urbana comentou: *“Antes do Catarina eu tinha medo das enchentes, mas agora tenho medo dos ventos fortes”*.

Todos afirmam que não há o que se fazer, mesmo porque não existe informação meteorológica confiável localmente. Os relatos apontam que: *“Não há avisos em lugar nenhum”*; *“Cada um por si, Deus por todos”*; *“Os avisos vêm da meteorologia, pela televisão, nada específico do município”*.

Um entrevistado de Passo de Torres comentou: *“Aqui em casa a gente corre pra onde tem laje, que é no teto do banheiro”*.

Em São João do Sul, uma família de agricultores disse: *“Nas enchentes, tiramos os móveis de casa e os animais”*. Já em Sombrio, uma entrevistada que reside nas margens do rio falou: *“Fico olhando, e, se o rio vai subir, nós erguemos as coisas dentro de casa”*.

5.4. Tipos de assistência prestada e conhecimento sobre quem procurar

A pergunta sobre o oferecimento de algum tipo de ajuda, por parte do governo, do município ou de outro, quando ocorreu algum evento, e se sabem a quem pedir ajuda indicou o seguinte quadro.

Alguns dos entrevistados disseram que não receberam nada, mas outros disseram que já ganharam telhas. Em Santa Rosa do Sul, um plantador de fumo disse: *“O município não ajuda para a lavoura quando tem uma destruição pelos vendavais. Só se fizer seguro particular, mas é muito caro, e não existe seguro para o vento, só para as chuvas de pedras de gelo”*. Outra agricultora de São João do Sul relatou: *“Nunca recebi ajuda. Quando a gente perde a plantação, é cada um por si. As pessoas se viram por conta própria”*. Um entrevistado de Passo de Torres afirmou: *“Eu tive o meu fundo de garantia liberado e recebi doação de telhas para recobrir a casa toda”*. Por fim, em Sombrio, uma família que mora às margens do Rio da Lage disse: *“Ainda não tivemos ajuda. Aqui é só promessas”*.

Os moradores dizem não saber a quem pedir ajuda, após a ocorrência dos eventos. De acordo com uma família de agricultores: *“Para aqueles que têm as lavouras seguradas, têm a quem buscar apoio financeiro, porém são poucos, pois é muito caro fazer seguro das lavouras, além do incentivo das lavouras de fumo estar diminuindo muito”*.

Os entrevistados comentaram que algumas pessoas foram ajudadas por prefeituras, com aquisição de telhas para cobrir suas casas, destelhadas pelos vendavais.

A maioria respondeu que não sabe a quem pedir ajuda. Alguns citaram os Bombeiros.

5.5. Comunicação prévia sobre os eventos

A indagação sobre se há avisos, através de rádio, igreja, escola, etc., antes de ocorrer algum evento extremo, e se existem informações sobre como proceder com segurança nessas situações apresentou o que segue: *“Fomos pegos de surpresa pelos ventos fortes e chuvas com pedras grandes que quebrou o telhado de muitas casas”*. *“Não avisam quando tem alguma coisa assim, mas nós olhamos a previsão do tempo na TV”*, disseram os entrevistados. Tal situação mostra que não há informação para prevenir a população local sobre os eventos que podem ocorrer na região.

Em Passo de Torres, São João do Sul, Santa Rosa do Sul e Sombrio, os entrevistados disseram que foram avisados pelo rádio: *“Avisar é difícil por aqui, mas sobre o Catarina avisaram”*.

pelos rádio, mas ninguém acreditou no aviso”, disse uma família de agricultores.

Em Balneário Gaivota, um entrevistado falou: “Acho que depois do Catarina a defesa civil ficou mais alerta”.

Em Passo de Torres, o presidente da Colônia dos Pescadores expôs: “Pela guarda costeira, os barcos têm marômetro, chega no porto e a gente já sabe se vem tempestade. Agora tem a base da pesca que avisa os pescadores, e eles avisam os outros quanto tem um temporal, mas isso é mais quando o mar pode ficar revoltado, perigoso para os pescadores. O Catarina foi avisado pela TV e pelo rádio”.

As respostas foram unânimes de que não há informação nos municípios sobre como proceder com segurança em uma adversidade atmosférica.

5.6. Áreas do município mais afetadas pelos eventos

Em Santa Rosa do Sul, os eventos ocorrem em todo o território municipal, conforme os entrevistados. De acordo com o presidente do Conselho do Desenvolvimento da Agricultura Municipal, desde o evento Catarina, as chuvas com ventos fortes e granizo têm ocorrido com maior frequência. Ele relata que, com o evento Catarina e os outros que ocorreram depois, houve perda de aproximadamente 70% da produção de fumo e arroz, e a destruição de cerca de 400 galpões na região.

Em relação às inundações que acontecem em São João do Sul, de acordo com os entrevistados, os locais mais afetados, são os bairros Passo Negro, Timbopeba, Glorinha, Querência e Sanga Danta. Um depoimento de um morador de São João do Sul aponta: “De 2007 pra cá, tivemos mais de cinco enchentes aqui na Timbopeba”. Em Sombrio ocorrem inundações no Bairro Vila São José, mas apenas nas margens do rio.

5.7. Fatores que causam os desastres naturais

De acordo com os entrevistados, as causas da ocorrência dos desastres naturais foram as mudanças climáticas, sendo o aquecimento global o mais citado. Outros disseram que é por causa do desmatamento: “O homem que está mudando tudo, eu acho que é o desmatamento e excesso de veneno em tudo que é plantado”, argumentou um agricultor.

5.8. Administração municipal na Defesa Civil

Em relação à administração municipal, quando foi questionada sobre quem era o responsável pela Defesa Civil no município e quais eram as ações que estavam sendo desenvolvidas em cada município para informar a população sobre os eventos, a resposta foi que ainda estavam sendo formadas as respectivas equipes, os coordenadores para a Defesa Civil, bem como os locais onde iriam trabalhar.

Na administração dos municípios da região, após o evento Catarina houve a intenção de serem criadas as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil (COMDEC). Porém, nas prefeituras, as estruturas dessas coordenadorias contavam apenas com um único funcionário, que seria deslocado de outra secretaria para atuar também na Defesa Civil. Um exemplo é o município de São João do Sul: a pessoa que estava na coordenação da Defesa Civil era o secretário do Planejamento. Em Santa Rosa do Sul, o

coordenador da Defesa Civil era o secretário da Educação. Este último informou que em Capão da Canoa, município próximo, há uma estação meteorológica que se comunica com o município de Santa Rosa do Sul, alertando sobre os eventos; no entanto, o secretário da Educação informou que é muito complicado avisar a população que pode ocorrer um evento, pois pode causar pânico. Ele relatou que “Houve uma vez que a população foi avisada, através do rádio comunitário, de que ocorreria uma tempestade com ventos fortes, mas nada ocorreu e o povo mostrou revolta”.

Com as novas administrações das prefeituras, que iniciaram em 2013, estão sendo selecionadas as pessoas que irão trabalhar na Defesa Civil. No momento atual, ainda estão sendo treinadas as pessoas/equipes que assumirão as coordenadorias e outras funções.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os eventos que causaram desastres naturais mais recorrentes nos diversos municípios da região têm sido os ventos fortes acompanhados por chuva e granizo. Entre estes eventos, mereceu destaque o “furacão Catarina”. Os ventos com grande velocidade e o mar atingindo picos muito altos de onda provocaram ressaca em boa parte do litoral Sul catarinense. O “Catarina” constituiu um evento extremo com dimensão nunca antes vivenciada pela população (Hermann, 2007). Embora agricultores tenham relatado que antes do Catarina já havia acontecido um vendaval tão forte que derrubou plantações de bananas e estufas de fumo.

Em relação à época de ocorrência dos eventos, embora a maioria tenha citado que os vendavais ocorrem em mudança de estação, de acordo com uma análise dos eventos extremos, realizada no período de 1980 a 2003 por Marcelino *et al.* (2007), em Santa Catarina, houve anos em que foram registrados desastres naturais em todos os períodos sazonais.

Considerando o tempo que esses eventos vêm ocorrendo, já deveria existir mais informação para as pessoas que vivem em regiões afetadas. Conhecendo os eventos adversos, torna-se melhor lidar com os problemas relacionados (Marcelino, 2008). Muitas áreas do município de São João do Sul ficaram embaixo d’água com a inundação gradual que ocorreu no ano de 1974. Esse evento traumatizou diversos moradores da região devido aos prejuízos causados e ao medo que sentiram não apenas por esse evento, mas também por outros de menor proporção bastante recorrentes. Tal situação constituiu-se numa das grandes aflições dos que moram próximo ao Rio Mampituba, embora os que ali moram continuem trabalhando em suas plantações até nas margens do rio. Os ventos e as fortes chuvas sobre a região que está próxima à Serra Geral geram correnteza forte, o que facilita a ocorrência das inundações. As águas tornam-se violentas e com muito barro, atingindo as terras dos moradores, destruindo casas, levando animais, devastando as plantações, arrastando tudo por onde passam (Bauer, 2009).

De acordo com a percepção dos entrevistados, o principal dano causado pelos eventos extremos nas áreas urbanas é o destelhamento de casas, e, nas áreas rurais, os principais impactos estão relacionados às lavouras e as estruturas das construções rurais, principalmente as estufas e os galpões. Os prejuízos causados pelo furacão Catarina foram tão intensos

que, segundo informações da Defesa Civil do estado, quase 30 mil pessoas foram atingidas. Muitos ficaram desalojados, desabrigados, deslocados, além disso, pessoas ficaram feridas e até ocorreram mortes. No meio rural, houve diversos prejuízos nas construções – estufas, galpões, silos, engenhos e aviários – e nas plantações, principalmente de arroz, milho, banana, fumo e reflorestamento. Isso aponta para o desenvolvimento de estratégias diferenciadas também nesse sentido por parte da Defesa Civil e das administrações municipais. Embora as pessoas que residem em áreas rurais tenham uma relação diferenciada com o meio ambiente, pois têm um olhar diferente sobre o que ocorre com o clima, deveria haver meios eficazes de informar o que é possível fazer para que não percam toda a safra em uma adversidade. Uma estratégia poderia ser, por exemplo, instruir para não investir somente em uma cultura anual.

Em São João do Sul, já houve muitos prejuízos provocados pelas inundações, afetando principalmente as lavouras da população que vive na proximidade dos rios. De acordo com Bauer (2009), moradores relatam que o rio já foi motivo de temor e prejuízos. As terras que o margeiam possuem áreas mais férteis pelo fato de o rio depositar matéria orgânica quando há alagamentos, deixando o solo rico em nutrientes e propiciando o cultivo de lavouras com menor emprego de fertilizantes. Daí o motivo das perdas, pois as lavouras também estão situadas nas margens do rio. Conforme Herrmann (2007), as inundações causam grandes prejuízos materiais e emocionais, desabrigando moradores, devastando plantações, inclusive levando à morte de pessoas por afogamento. Em sua análise dos eventos extremos ocorridos durante o período 1980 ao início de 2004, a autora relatou que foram as inundações as responsáveis pelo maior número de desabrigados e mortos em Santa Catarina.

Embora, em todos os municípios deste estudo, o evento apontado como causador de grandes danos foram os vendavais, além destes, os que têm causado mais perdas para os agricultores são os associados a chuva e granizo.

Ángel (2007) salienta que deveria haver mais atenção voltada para as áreas vulneráveis à ocorrência de desastres naturais, e não somente para os eventos de grande magnitude. As análises de vulnerabilidade deveriam ir além das condições sociais, abordando os aspectos ambientais que existem em cada local. Entretanto, de acordo com Prieto (2007: 12), prevenir para que as pessoas não fiquem expostas a ameaças de origem natural não é tão simples, pois resultam em atividades dispendiosas e difíceis de serem realizadas, como por exemplo, quando é necessária a remoção de comunidades de uma área que oferece risco de inundação. Quando é possível planejar a cidade para que uma área que possa oferecer risco seja substituída por outra, a prevenção é viável e possível. No caso das plantações em margens de rios em São João do Sul, a prevenção seria viável e possível.

É importante observar que a estrutura da Defesa Civil, que está sendo montada nos municípios, deveria levar em conta as peculiaridades de cada local. Sobre essa questão, em curso realizado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) nas cooperativas da agricultura familiar no sul de Santa Catarina, município de Criciúma, o coordenador regional da Defesa Civil destacou, em março de 2013, a importância da capacitação

dos agricultores na prevenção aos desastres naturais.

Sobre a reação dos que foram afetados pelos desastres naturais, o resultado das entrevistas mostrou que, mesmo sendo eventos que ocorreram há muito tempo, as pessoas que tiveram algum tipo de sofrimento têm a lembrança muito viva da ocorrência e demonstram em suas falas muito medo de que voltem a acontecer. Em relação ao extravasamento dos rios que provocam as inundações em São João do Sul, conforme Bauer (2009), os moradores dessa localidade relatam situações traumáticas em relação à inundação ocorrida na região do Rio Mampituba. O medo pode estar associado não somente à ocorrência do evento, mas à falta de conhecimento sobre ele, por não existirem informações sobre o que deve ser feito para lidar com essa situação.

Embora seja muito importante a ajuda quando ocorre um desastre natural, mais importante ainda é a informação para prevenir os efeitos do evento. No momento atual, em que existem disponibilidades de informações por diversos meios de comunicação, é impossível conceber que ainda existem pessoas que carecem de informações nos municípios afetados pelos eventos adversos que geram desastres naturais. Avisos e informações são fundamentais para essas situações. Poderia existir informação para as populações sobre as áreas mais vulneráveis e o porque de serem vulneráveis, bem como sobre as alternativas que podem ser dadas para que tais áreas sejam evitadas. Se a administração municipal não dá suporte para avisar a população antes de acontecer um evento extremo, a própria população deveria ser instruída para procurar se informar sobre esses acontecimentos a fim de mobilizar-se a tempo.

É importante também que as pessoas sejam informadas acerca dos fatores que causam os desastres naturais, como desmatamento de encostas e de margens de rios e assoreamento de cursos de água. Kobiyama *et al.* (2006:38) destacam a importância da participação da sociedade na minimização dos impactos causados pelos eventos adversos. Para esses autores, a participação e a informação são fundamentais para a minimização das causas surgidas com os eventos extremos. Eles destacam a importância do Gerenciamento de Desastres Naturais incluindo duas metas: “(1) entender os mecanismos dos fenômenos naturais e (2) aumentar a resistência da sociedade contra esses fenômenos”.

Em relação aos fatores que causam os desastres naturais, os entrevistados percebem que há influência antrópica no meio. Isso pode mostrar que as pessoas estão refletindo e percebendo que são agentes modificadores, podendo ter certa influência nas alterações locais através de seus atos.

Acerca da ação da Defesa Civil nos municípios, conforme os entrevistados na administração de Balneário Gaivota, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul e Sombrio, com a mudança da administração, decorrente das eleições municipais em 2012, as coordenações para a Defesa Civil ainda estão em fase de estruturação em todas as cidades citadas. Ainda está sendo providenciada a estrutura física (salas) para as coordenações de cada município. Além disso, as pessoas que estavam na gestão anterior não são as mesmas que estão assumindo a coordenação da Defesa Civil nas novas administrações municipais.

Sobre esta questão, o coordenador regional da Defesa Civil da região Sul destacou que, nas prefeituras, muitos

dos que estão coordenando a Defesa Civil estão em cargos comissionados, ou seja, estão no cargo de coordenação enquanto o prefeito eleito estiver no cargo. Dessa forma, enquanto não existir um quadro permanente nas prefeituras para a Defesa Civil, a cada quatro anos (tempo de mandato de um prefeito) entram novas equipes não capacitadas para realizar a proteção civil. Relativo a essa questão, mesmo tendo acontecido diversos desastres naturais na região, ainda não há plano de ações ou planos de contingência nesses municípios. Conforme relatos dos entrevistados, é urgente que as pessoas saibam a quem comunicar quando ocorrerem eventos extremos, bem como saibam obter informações de como proceder com segurança em tais situações.

Com base na lei 12.608/2012, a Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) é o órgão responsável pelas atividades de proteção e defesa civil no âmbito municipal. Essa coordenadoria deve dispor de estruturas próprias para exercer a função que lhe compete. As competências municipais, definidas por essa legislação federal, são: coordenar as ações do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal e identificar e mapear as áreas de risco de desastres, não permitindo novas ocupações nessas áreas. A COMPDEC deve, ainda, informar à população sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos e sobre as ações emergenciais quando ocorrem desastres, além de outras ações importantes, no sentido de melhorar a situação daqueles que ocupam áreas sujeitas a eventos extremos. Ainda em relação à criação dessa coordenação, a Portaria n. 912-A, de 29 de maio de 2008, do Ministério da Integração Nacional, condiciona o recebimento de recursos financeiros mediante a comprovação da existência e funcionamento do Órgão Municipal de Proteção e Defesa Civil como uma forma de pressionar a administração municipal para estruturar-se frente a essas ocorrências. Além disso, é importante destacar que não somente em concordância com a lei citada, é necessário, e de extrema importância, que a Defesa Civil esteja em funcionamento em cada município, para amparar a população, ajudando-a no enfrentamento dos desastres naturais.

A gestão de risco de desastres naturais deve ser parte integrante do planejamento e implementação do desenvolvimento local, a qual, por sua vez, deve ser integrada em planos nacionais de desenvolvimento. Ainda, as experiências da população local no enfrentamento de um desastre natural são muito importantes, pois fornecem informações para os planos de gestão de riscos locais (IPCC, 2012).

A informação aliada a treinamentos, que aqui não ocorre, mas já é regular em outros países, é de grande importância para a minimização dos impactos de eventos extremos, pois pode dar condições para que haja prevenção de acidentes envolvendo vidas humanas e de animais. Para reduzir os desastres naturais, são fundamentais a capacitação das pessoas e a informação, via meios de comunicação de massa, sendo estes de extrema importância para o enfrentamento dos eventos extremos (Carvalho *et al.*, 2007).

No Brasil, têm aumentado as ações em prol da prevenção de desastres naturais, como a integração das políticas de governo com as políticas setoriais, no sentido de reforçar as

ações de proteção e defesa civil para melhorar a gestão de risco e de desastres no país, incluindo as políticas relacionadas ao “ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia” (Furtado *et al.*, 2012:31). Com isso, pode-se concluir que já existem alguns avanços legais, mas ainda há muito a ser feito a fim de que a população se sinta protegida e segura frente à ocorrência de eventos adversos.

Em Santa Catarina, embora existam as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil que estão localizadas em quatorze regiões do estado, como a da região Sul que está sediada em Criciúma, ainda urge a necessidade de estas levarem informações para as populações que são afetadas regularmente por eventos extremos, como mostra esta pesquisa.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos pelas entrevistas realizadas no litoral do Extremo Sul de Santa Catarina, têm ocorrido vários desastres naturais na região, causando prejuízos de diversas magnitudes.

As ocorrências de desastres naturais, principalmente de inundações, estão vivas na memória das pessoas desde épocas remotas. Embora esses eventos adversos estejam sendo registrados e divulgados com mais frequência na atualidade, o evento natural mais observado foi o excesso de chuvas, inclusive com granizo e ventos fortes, o que já era visto no passado. No meio rural, o dano mais relatado foi a destruição das lavouras, como hoje acontece.

Quanto aos efeitos dos eventos extremos, foi percebida uma diferença entre as percepções das pessoas que residem e trabalham no meio rural e as das que residem e trabalham no meio urbano. As que vivem em meio rural têm sua preocupação totalmente voltada para o seu meio de vida, seu sustento através do cultivo da lavoura, então qualquer destruição de parte de sua plantação vai afetar a parte financeira. Famílias do meio rural relataram que haviam perdido toda a safra de fumo devido a uma ocorrência de uma chuva com granizo. Foi visível que o destelhamento de casas não os afeta como qualquer alteração em suas lavouras. Já no meio urbano, as pessoas relataram a perda de parte de sua residência, principalmente o destelhamento das casas, mas têm seus trabalhos, sua renda mensal, que não é prejudicada, como acontece com as pessoas que sobrevivem da agricultura.

Ao falarem do medo que sentiam, tanto as pessoas do meio rural quanto as do meio urbano mostraram ter medo e sensação de estarem desprotegidas em situações de eventos extremos.

Em relação às estratégias de mobilização da sociedade frente aos eventos extremos, tanto no meio rural como no meio urbano, não se verifica diferença, pois não há nenhuma estratégia de prevenção por parte das famílias entrevistadas.

Ainda, em relação à adaptação aos eventos, percebe-se que as famílias que sofrem com as inundações estão acostumadas e demonstraram não sentirem tanto medo como sentem quando ocorrem os vendavais.

Os relatos de moradores de áreas atingidas por eventos extremos, no caso dos municípios citados, mostra que

a população desses locais não tem recebido dos órgãos responsáveis pela administração dos municípios informações sobre os eventos extremos que ocorreram ou possam vir a ocorrer na região. Provavelmente, se a previsão já existisse, danos maiores teriam sido evitados. Em relação a algum tipo de apoio por parte dos órgãos competentes, como o fornecimento de telhas ou de lonas para as residências destelhadas, esse tipo de ajuda ocorre tanto no meio rural quando no meio urbano.

Vale lembrar a importância do desenvolvimento de métodos mais participativos para a gestão e planejamento municipais, principalmente os que envolvem a prevenção de desastres naturais, que seriam tão importante para as populações que vivem em áreas sujeitas a eventos extremos.

A criação e o funcionamento da coordenação para a Proteção e Defesa Civil dos municípios, conforme determina a legislação, ainda está em estruturação. Embora existam mecanismos institucionalizados de proteção civil no estado, faltando apenas demandar responsabilidades efetivas aos municípios estudados.

Ainda merece destaque a questão de os responsáveis pela defesa civil de cada município estudado não serem funcionários permanentes, e sim pessoas de cargos temporários. Estas, embora recebam treinamentos para atuarem na defesa civil do município, por serem seus cargos temporários, não poderão permanecer neles quando houver novas eleições. Frente a essa questão, percebe-se a necessidade de criação de cargos permanentes e treinamento das pessoas que irão atuar na Defesa Civil desses municípios de forma mais efetiva.

Além disso, mesmo que já tenham ocorridos diversos eventos extremos no Extremo Sul de Santa Catarina, ainda não existe uma cultura de informação e prevenção desses eventos na região, nem por parte das pessoas que lá vivem nem por parte de órgãos de comunicação.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, às famílias entrevistadas e às administrações municipais da área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ángel, M.F.O. (2007) – Articulación de la Gestión Ambiental y la Gestión del Riesgo. In: *Tiempo para entregar el relevo: reducción del riesgo de desastres desde la perspectiva de la gestión ambiental, ordenamiento territorial, finanzas e inversión pública*. 276 p., San José, C. R.: 1ª ed. Grupo Internacional Recursos Del Sur, IRG. ISBN 978-9968-500-00-5

Bauer, V.S. (2009) – *Preservação de matas ciliares e educação ambiental: um estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Mampituba em São João do Sul, Santa Catarina*. Criciúma, SC. 185p., Dissertação de Mestrado, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, Brasil. *Não publicado*.

Bitencourt, N.L.R.; Centenaro, K.S.; Marimon, M.P.C. (2011a) – A percepção ambiental como instrumento de análise da qualidade ambiental: estudo de caso no

litoral sul de Santa Catarina, Brail. Costa Rica, *Revista Geográfica de América Central*, Número Especial EGAL, pp. 1-15. Disponível em: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2674>

Bitencourt, N.L.R.; Lalane H.C; Rocha, I.O. (2011b) – O processo de ocupação dos espaços costeiros do extremo sul de Santa Catarina, Brasil. Costa Rica, *Revista Geográfica de América Central*, Número Especial EGAL, pp. 1-15. Disponível em: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2531>

Bitencourt, N.L.R.; Marimon, M.P.C. (2010) – A Problemática do Uso e Ocupação da Zona Costeira do Sul de Santa Catarina, Brasil. *IV Congresso Brasileiro de Oceanografia* - CBO 2010, FURG, Rio Grande. AOCEANO 1: 674-677.

Castro, A.L.C.de; Calheiros, L.B.; Cunha, M.I.R.; Bringel, M.L.N.daC. (2003) – *Manual de Desastres Naturais*. 174p., Ministério da Integração Nacional, Brasília. Disponível em: http://www.esdec.defesacivil.rj.gov.br/documentos/publicacoes_da_secretaria_nacional/6_desastres_naturais_voll.pdf.

Carvalho, C.S.; Macedo, E.S.de; Ogura, A.T. (org.). (2007) – *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Ministério das Cidades, IPT, Brasília. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/>

Furtado, J.; Oliveira, M.de; Dantas, M.C.; Souza, P.P.; Panceri, R. (2012) – *Capacitação Básica em Defesa Civil*. 122p., Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres CAD/UFSC, Florianópolis, Santa Catarina. ISBN 978-85-64695-31-3 Disponível em: http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Livro_Defesa_Civil_Completo.pdf

Herrmann, M.L.P. (org.). (2007) – *Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina*. 146p., IOESC, Florianópolis.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) – *Cidades@*. Censo 2010. IBGE, Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>

IPCC (2012) - Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [EM ITÁLICO]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. ISBN 978-1-107-02506-6 Disponível em: http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf

Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres (EM ITÁLICO). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm

Kobiyama, M.; Mendonça, M.; Moreno, D.A.; Marcelino, I.P.V.de O.; Marcelino, E. V.; Gonçalves, E.F.; Brazetti, L.L.P.; Goerl, R.F.; Moller, G.S.F.; Rudorff, F. de M. (2006) – *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Organic Trading, Curitiba: Ed. Organic Trading, 124p. Disponível em: Disponível em: <http://www.organictrading.com.br>

- www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Livro%20(Prevencao%20de%20Desastres%20Naturais).pdf.
- Marengo, J.A. (2006) – *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasília: MMA, 212 p. ISBN 85-7738-038-6 Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/livro%20completo.pdf
- Marcelino, E.V.; Rudorff, F.M.; Marcelino, I.P.V.O.; Goerl, R.F.; Kobayama, M. (2005) - Impacto do Furacão Catarina sobre a região sul catarinense: monitoramento e avaliação pós-desastre. *Revista Geografia*, 30 (3): 559-582.
- Marcelino, I.P.V.de O.; Mollerli, G.S.F.; Goerl, R.F.; Marcelino, E.V.; Moreno, D. A.; Rudorff, F.M. (2007) – Adversidades Atmosféricas no Estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2003. In: Herrmann, Maria L. P. (org.), *Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina*, 146p., IOESC, Florianópolis, SC, Brasil.
- Marcelino, E.V. (2008) – *Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos*. 40p., INPE, Santa Maria, Brasil. Disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>
- Monteiro, M.A; Mendonça, M. (2007) – Dinâmica Atmosférica no Estado de Santa Catarina. In: Herrmann, Maria L. de P. (org.). *Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina*, IOESC, Florianópolis, Brasil.
- Monteiro, M.A. (2001) – Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. *GEOSUL*, Florianópolis: Editora da UFSC, 31(16): 69-78.
- Portaria n. 912-A, de 29 de maio de 2008. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/PORTARIAN912ACOMDEC.doc>
- Prieto, J.P.S. (2007) – El desafío de la Gestión de Riesgo como estrategia de intervención multisectorial y participativa al servicio del desarrollo. In: *Tiempo para entregar el relevo: reducción del riesgo de desastres desde la perspectiva de la gestión ambiental, ordenamiento territorial, finanzas e inversión pública*. San José, C. R.: 1ª ed. Grupo Internacional Recursos Del Sur, IRG. ISBN 978-9968-500-00-5. Disponível em: http://www.redulac.net/redulac/images/documentosypublicaciones/tiempo_para_entregar/CAPITULO%20I%20EL%20DESAFIO%20DE%20LA%20GESTION%20DE%20RIESGOS.pdf
- Severo, D. L. (1994) – *Estudo de casos de chuvas intensas no Estado de Santa Catarina*. São José dos Campos: INPE, 118p. INPE-5682-TDI/568. Disponível em: <http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-13@80/2005/08.26.17.51/doc/INPE-5682-TDI-568pdf.pdf>
- United Nations Development Programme (2004) – *A Global Report: Reducing Disaster Risk a Challenge for Development*. 146p., Printed by John S. Swift Co., New York, USA. ISBN 92-1-126160-0 Disponível em: http://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/asia_pacific/Reducing%20Disaster%20risk%20a%20Challenge%20for%20development.pdf

The Perception of Public Actors respecting the processes and imbalances in the Management of the Maullin River Estuary, Los Lagos Region, Chile: A Conceptual Model for the Political and Technical Decision Making Processes *

Modelo Conceptual para a Gestão do Estuário do Rio Maullin (Região de Los Lagos, Chile): processos, desequilíbrios e percepções dos envolvidos

Galicia Stuardo-Ruiz^{@,1}, Fernando Peña-Cortes², Francisco Ther-Rios³

ABSTRACT

The purpose of this research is to present a conceptual model for the integrated management of the Maullin River Estuary. The methodology used in this work was based on literary reviews of coastline management, sustainability, critical prospective methodology, and the system dynamics practical approach and field activities including interviews of key informants, professionals, and technicians from the Local Government using the Likert Scale Survey. The qualitative and quantitative variables taken from the study allowed the identification of critical variables and aided in the design of the frame of the analysis. The results showed five critical variables for the area: 1) competition for natural resources of commercial importance, 2) the need for environmental regulations at the local level 3) the need for education in sustainable development, 4) competition between local fishermen and indigenous communities for the use of coastal territory, and 5) the diversity of institutions and local agents with jurisdiction over the coastal territory. In addition, there are three recognizable systemic archetypes in the region which are an expression of the territorial dynamic and a projection of the desirable future of the territory. These systemic archetypes are "Shifting the Burden, Eroding Goals and "Success to the Successful". As a result of this work a conceptual model has been constructed whose main discovery is the need of generating an agreed participative process not only technically correct in the management area but with a political orientation based on the transversal axis of the local plan.

Keywords: integrated management; coastline sustainable development; estuaries; conceptual model; territorial management; dynamic systems; systemic archetypes.

RESUMO

Neste trabalho é proposto um modelo conceptual para a gestão integrada do Litoral do rio Maullín. A metodologia utilizada baseou-se na revisão da literatura especializada na temática da gestão costeira e sustentabilidade numa perspectiva crítica e dinâmica de sistemas, e actividades de campo com aplicação de entrevistas a informantes chave de entre os profissionais e técnicos do governo local (município), utilizando a Escala de Likert. Após o cruzamento de variáveis qualitativas e quantitativas foram definidas as variáveis críticas e estabeleceu-se o quadro de análise. Os resultados mostraram cinco variáveis territoriais críticas: 1) competição por recursos naturais de importância comercial; 2) necessidade de normas

@ - Corresponding author

1 - Master in Planning and Territorial Management Program - Catholic University of Temuco. E-mail: galiana23@gmail.com

2 - Territory Planning Laboratory, Core of Research on Environmental Studies - Catholic University of Temuco. E-mail: fpena@uct.cl

3 - ATLAS Program - Los Lagos University. E-mail: fther@ulagos.cl

ambientais municipais; 3) educação para a sustentabilidade; 4) competição pelo uso da terra entre os pescadores artesanais e as comunidades indígenas; e 5) a diversidade de instituições e representantes locais com jurisdição sobre o litoral. Foram identificados três arquétipos sistêmicos: "Shifting the Burden", "Eroding Goals" e "Success to the Successful", como expressão das dinâmicas territoriais e projeção dos cenários futuros desejáveis para o território. A partir deste trabalho foi possível gerar o modelo conceptual cuja principal conclusão é a necessidade de estruturar um processo concertado e participativo, não somente técnico e de gestão, mas técnico-político com base nos eixos transversais do planeamento local.

Palavras-chave: Gestão integrada, sustentabilidade do litoral, estuários, modelo conceptual, gestão territorial, dinâmicas de sistemas, arquétipos sistêmicos.

1. INTRODUCTION

Nowadays the coastal problems are closely linked to the repercussions of human activity. According to World Bank statistics (1996) 50% of the world's population lives within 150 km of the coast; moreover 12 of the 15 largest cities in the world are situated in coastal regions. Unfortunately, there are significant studies proving that coastline management programs, which have been implemented have had a small impact on these regions. A study by Olsen (2006) indicates that in Europe the coastal problems are related to waste disposal, urbanization processes, erosion, resource depletion, and contamination. In the same way, the Commission of the European Communities (2000) informed the European Parliament and the Council of the European Union about the integrated coastline management issues. The report identified the main problems affecting these coastal regions such as: coastal erosion produced by inadequate construction practices (including structures built for "coastal defense"), destruction of habitat, problems associated with inefficient territorial planning, biodiversity loss, deterioration of coastal spawning and the contamination of soil and water resources (Lopez, 2008; Jorquera *et al.*, 2012). These problems also have social and cultural repercussions such as unemployment, social instability, competition for resources, destruction of cultural heritage, dissolution of social networks caused by uncontrolled development, decreasing possibilities of social and economic development, and low rates of long term job opportunities. Furthermore, as resources become depleted the percentage of marginalization of the population and emigration increases. This is made worse by the lack of adequate infrastructure such as means of transportation and communication systems.

Another important aspect to consider is the lack of coordination between different sectors of the public administrative organizations which generates inefficient territorial management (Arriola *et al.*, 2006; Araya & Cerpa 2009).

The picture that has been described here shows the fragility of the coastline and how the decision process, planning process and regulations of the governmental institutions affect the territory and create tension between the actors involved.

In Chile, the situation is no different than that at the global level. One of the biggest problems affecting coastal areas is dumping and solid waste pollution caused by factories and the mining industry (Castro & Alvarado, 2009). In 1990 the coastline management practices in Chañaral Bay were forever changed when the court, through a mandatory resolution,

ordered the construction of a tailings dam at the El Salvador Mine which avoided 35.000 tons of industrial waste per day (OCDE & CEPAL, 2005). Likewise, the Superintendent of Sanitary Services informed that until the year 2000 only 21% of wastewater in the country was properly treated, the rest was discharged into rivers and the ocean. This situation improved in 2009 when 82% of the wastewater was properly treated before being discharged. On the other side, Castro & Alvarado (2009) identified problems such as biodiversity loss and benthic and pelagic resource depletion caused by fishing regulations established by the National Fishing Service.

The complex network of relationships that occurs in coastal areas have also been affected by the salmon and aquiculture industries which are responsible for contamination, biodiversity loss and species shortage. There are also other problems associated with the salmon and aquiculture industries such as changes in traditional fishing and local agriculture practices (Medina & Ramos, 2009).

In parallel fashion to the aforementioned European case, the coastline of central Chile has been affected by expanding urbanization. This results in dune ecosystem fragmentation, wetland disintegration and the disruption of biological corridors (Castro & Alvarado, 2009; Peña *et al.*, 2008).

Many actions, both public and private, have been proposed as a response to the global coastline issue. According to Andrade *et al.* (2008), shifts in the management of coastline in Europe towards sustainable development didn't start until the 70's and 80's. For example, the Norway coastal Plan of 1971 the Great Britain plan of 1972 and the coastal plan implemented in France in 1973. According to Olsen *et al.* (2006) and Jorquera *et al.* (2012) it is assumed that because of the problems associated with population growth and the consequences of economic growth, industrialization and urbanization, the design of an integrated coastline management is extremely complex and requires tremendous effort. This situation is particularly complicated in estuary coastlines due to contamination and untenable natural resource depletion (Olsen *et al.*, 2006).

In Chile, the Coastline Use National Policy created in 1995 (PNUBC in Spanish initials) was put into use when the country started free trade treaties. This showed the need for new regulations regarding coastline management. These regulations were also present in the Aquiculture and Fishing Law of 1992 which included Benthic Resources Management Areas (AMERB in Spanish initials). As a result, the migration of local fisherman was restricted, the sea areas were compartmentalized and cultivated, and intertidal areas were reserved for shellfish and sea plant collectors.

Since the creation of the PNUBC, the planning

and sustainable management of the coastline has been strengthened by visualizing these territories as commercial trading zones, touristic interest areas, housing projects, and the production and re-production of natural resources of high commercial interest.

Due to variations in proposals regarding both problems and solutions, the Coastal Technical Department, which is part of the Division of Planning and Regional Development, has been carrying out a procedure that implements a macro zoning of the coastal territory (2009). The purpose of this macro zoning is to determine the potential of the coastline through the promotion of a harmonic, balanced, and integrated development of the territory.

Along the same lines, the Environmental Policy for a Sustainable Development (Bolivarian University 1998) promotes the design of measurement standards for sustainability in order to contribute to the political and environmental decision making processes (Blanco *et al.*, 2001). The definition of these standards contributes to the design of accurate methodologies for the development of the coastal territory. Additionally, the creation of an environmental court and the extension of citizen participation are improvements from the Regional Strategy for Conservation and the Sustainable Use of Biodiversity Initiative in the Los Lagos Region (Environmental National Committee, 2002) and the Environmental Law N° 20.417 of the General Secretariat of the Presidential Ministry (2010).

The reference for all these regulations and processes is based on the Millennium Development Goals and Agenda 21 which were proposed in 1972 at the United Nations Conference on Environment and Development in Stockholm (Quiroga, 2001, 2009).

In this complex scenario the system dynamics model is presented as a relevant tool to project development in both the medium and long term. This model combines territorial elements from the public and private perspectives, the local community, cultural aspects, and environmental components (Martinez, 1989; Forrester, 2000). A dynamic system such as the one found along the coastline of the Maullin estuary needs the construction of a conceptual dynamic model that integrates sustainable management, conceptualization and modeling processes (Diaz, 2008). Senge (2005) used a set of tools of systemic thinking called systemic archetypes to mark the difference between subsystems whose purpose is to study the problem through profound reflection and analysis.

The systemic archetypes permit the formulation of system dynamics representing hypothesis, chains of cause and effect diagrams, and the mobility of the variables of the model in a causal diagram.

The purpose of a conceptual model is not to describe or explain situations; it is conceived as the possible representation of a thing or event. In general, this representation is incomplete, approximate and inaccurate, and is simpler than the event itself. But by viewing this model solely as a means to achieve our goal it gives us a better understanding of the problem. In this way the model traces a "map" of a social structure, where different futures, advance scenarios and variables can be visualized and planned into the system (Concari, 2001). The potential of systemic thinking lies in the incorporation of intangible behavioral elements such as attitudes and

beliefs and by understanding them holistically (Gomez & De Groot, 2009; De La Maza, 2009; Peña, 2008). For Gomez & De Groot (2009) the use of a dynamic simulation model can contribute to experimentation, hypothesis testing, and the measurement of effects which all support the making decision process. In the same way, Schaffernicht & Madariaga (2007) stated the importance of dynamic systems in clearly showing the turning points and weaknesses of public policies and providing opportunities to change them. To this extent, dynamic systems are useful to focus public and private investments and to define development foci for the territory. In particular, the immediate importance of this proposal is to identify the effect that humans are having on the imbalance of the territory. This proposal also shows the importance of looking at the problem not just from a technical or political standpoint, but a combination of the two (Barragan *et al.*, 2008; De la Maza, 2009).

In this context, the design of a conceptual model makes the main problems in the Maullin coastal territory evident and shows how it can be improved through integrated management. This idea is founded on the precariousness of the planning and management of Governmental policies and zoning laws of the area. Aspects such as rural area management are not considered in the planning process and the lack of integrated tools for management is ignored as well (Cordero 2011; Arenas, 2003; Andrade *et al.*, 2008).

The perspective of this study, both sustainable management of the coastline territory and the design of adequate planning tools require a model that builds the concept of future and the reflection about possible futures and not desirable outcomes in the territory (Gomez & De Groot, 2009; Medina & Ramos, 2006).

In particular, the ecosystem in the areas surrounding the city of Maullin is especially fragile and the problems affecting the species of the area are becoming increasingly serious (Gore, 2009). One of the main reasons this area is so important is that the characteristics of the estuary make it a strategic location for fish, mollusks, sea plants and other species to reproduce. For some of these species the estuary becomes an important nursery ground (Arriola *et al.*, 2006; Olsen *et al.*, 2006). According to Escobar (2002) and Toledo (2008) the commercial appeal of the area made it an ideal location for human groups to settle which consequently affected the economic and cultural development of the region. The Maullin coastline has also become a center of aquaculture activity and over 395 aquaculture permits have been given to local fishermen to cultivate *Gracilaria chilensis*.

Regarding social organizations, there are more than twenty fishing unions and guilds present in the Maullin estuary which demonstrates the important role the estuary plays in the region. The area comprised of the north river banks, Carelmapu, and the Quenuir and Amortajado Coves represents one of the largest concentrations of commercial fishing in the region. The estuary is also home to one of the largest crops of *Gracilaria chilensis* in the region with both local fishing organizations and private entities taking part in its cultivation.

An important element to consider in this investigation is the Maullin City Development Plan (2005). This plan was proposed in order to attract special interest tourism to the

area with particular emphasis on bird watching and river tourism activities. The Development Plan (2005) also states that its objectives are: to promote the Maullin Area as a touristic destination for regional, national and international tourists and to create and promote a touristic consciousness in the local community. In addition the plan establishes a set of regulations to improve the joint management of the coastline related to the extraction of natural resources from the estuary and the administration of local fisheries.

The city of Maullin also instituted the Pacific Ocean Coastline Productive Strategy which focuses on tourism, the agro forestry sector, and local fishery and territory management. The majority of this strategy revolves around the tourism sector and improving the city's touristic services while also placing an emphasis on improving the ports infrastructure to promote competition between local fisheries and maximizing profits involved with the value chain of their products. In this context, this strategy concentrates on economic growth as its development target.

Finally, another important component in the Maullin estuary scenario is the 2008 Lafkenche Law N° 20.249 which delegates the administration of certain marine areas for indigenous groups EMCPO. Under this law marine areas are distributed to indigenous communities for their administration under the customary use declaration. In this process indigenous communities must apply for the rights to the marine areas by presenting a management plan to the Sub secretary of Fishery. Currently there are eight indigenous communities applying to the EMCPO in Maullin.

In this fragmented picture of actions, interests, actors and pressures over the coastline territory it is possible to recognize the local territory in a context of its interrelationship networks (Ther, 2006). These networks are linked to their economic, productive and conservation activities (Escobar, 2002; Aramayo & Moraga, 2006; Olsen *et al.*, 2006; Toledo, 2008; Gore, 2009).

As a whole, the interrelation between the processes described above shows the managerial discord in the coastal territory which could generate different conflicts between its main actors. For instance, the conflicting regulations produced by Law N° 20.249 2008, which was created for indigenous communities, and the Fishing and Aquiculture Law N° 20.091 2005, which was created for local fishermen. Both laws benefit the whole community, but the local fishermen complain that these laws unfairly benefit indigenous communities by allowing them to apply for aquiculture concessions under both regulations.

On the other hand, the guidelines in PLADECO (2005) and the Special Interest Tourism Plan are oriented toward Tourism and Bird Watching which focus on conservation while the interests of local fishermen and indigenous communities revolve around economic and productive activities.

The previous analysis shows an evident discrepancy between the organizations and conservation agencies of the area and the PLADECO (2005) guidelines. On top of this, the Macro Zoning for the Maullin territory doesn't consider the indigenous component in its proposal. Likewise, the quantitative focus of the planning undermines the management structure because it fails to recognize the

comprehensive processes involved in the management of the territory.

For all these reasons, this study offers a conceptual model for a comprehensive understanding of the problem which can lay the foundation for an integrated management of the Maullin Estuary. It also contributes an adequate reflection of the local reality through identification of critical variables and an analysis of the decision making process of both public and private actors which play roles in the management of the coastline.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study area

Maullin has an estimated population of 15,580 inhabitants (CENSO, 2002). 55.74% live in rural areas (about 8,684 inhabitants) and 44.26% live in urban areas (6,896 inhabitants) according to PLADECO (2005) statistics. Maullin is part of the Llanquihue Province in the Los Lagos Region of Chile. The most populated areas in Maullin are the city of Maullin, Carelmapu, and Quenuir Cove. These three areas were designated as a cove by the Ministry of Defense (1998). Fishing, tourism, and aquiculture are the main contributors to the local economy. (Fishing and Aquiculture Concessions Office, 2011). The infrastructure available for local fishermen includes the Port of the Maullin Cove which has a pier, two ramps and the Cariquilda dock. Both the Lepihue and Quenuir coves have landing docks for fishing products and passengers. Meanwhile, the National Fishery Service (SERNAPESCA in Spanish initials) notes that the extraction of benthic resource through diving constitutes one of the predominant activities for the area. Additionally, the Toledo and Cariquilda Coves also serve as loading docks for ferries and boats carrying people from the north side of the Maullin river banks. Close by, the Lepihue and Quenuir Coves are dedicated almost exclusively to the extraction of Gracilaria sea plants, mussels shucking (*Mytilus chilensis*) and clam extraction. Numerous private operators participate in these activities with the number of participants reaching 395 in 2012 according to the Fishery records of the city hall.

The local fishery efforts are focused on sea bass fishing (*Eleginops maclovinus*), the extraction of "piures" (*Pyura chilensis*) and mussels (*Mytilus chilensis*) as well as "pelillo" farming (*Gracilaria chilensis*). This is due to the large amount of marine permits given by the government for the cultivation of this sea plant.

The social union organizations are divided into more than twenty fishing unions and guilds in the area. Currently the entire area which has been designated for aquiculture activities has been divided between local fishing organizations and private farm owners.

2.2. Perception of key actors

The field work was completed between August and December of 2011 to accurately observe and record the local dynamics of the area. The objective of the field work was to learn the dynamics of daily life and to inventory the main activities of the coastal territory (Arvide, 2001). Later, a semi structured survey (Montañas, 2009) was given to nine

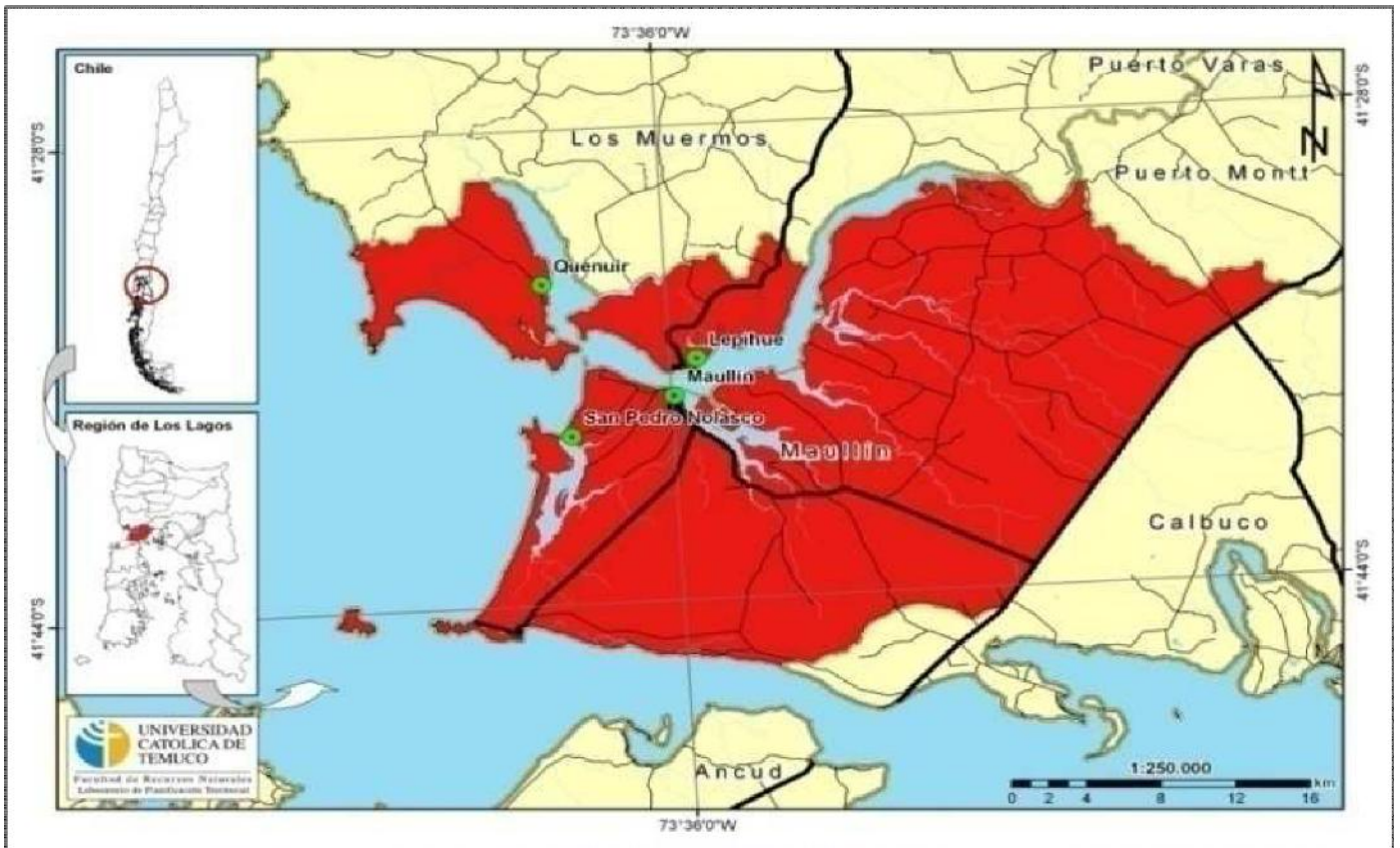


Figure 1. Maullín Area of study.
Figura 1. Área de estudio (Maullín).

departments of the City Hall including the Local Planning Department, the Tourism Department, the Environmental Department, the Health Department, the Social and Community Organizations Division, the Department of Indigenous Affairs, the Local Fishery Office, the National Fishery Service and the Chamber of Tourism. The purpose of the survey was to conduct research regarding the management of the coastal territory and discover its importance in the agenda of the local authorities. The survey was designed involving critical variables according to the following topics: a) structure and functions of the natural features of the territory; b) the manner in which natural resources are used; c) the perception of sustainable development in the local decision making process; d) the appreciation of the area in terms of conservation achievements and the excellence, meaning, and function of elements and processes; e) the potential of the area to support human life and activities as a result of the natural resources provided and its ability to handle the wastes associated with those activities f) The vulnerability of the area resulting from human activities g) the natural risks of the area and its implications for human activities; h) Problems and conflicts derived from the territory limitations and its current and future use; i) Territory inventory which includes activities, institutions, infrastructure, problems and cause and effect chains. The objective of the study was to identify the critical variables which shape the current reality and contribute to an integrated management model being

implemented in the future for the estuary territory.

After, the same public officers were interviewed using a Likert Scale survey. The information obtained was useful to evaluate the predisposition and political willingness of the authorities towards implementing an integrated coastline management with a focus on sustainable development. The survey identified the public officer's attitude towards new and adequate initiatives for a better coastline management. The variables considered in the survey were: 1) competition for natural resources of commercial importance; 2) the need for environmental regulations at the local level; 3) the need for education in sustainable development; 4) competition between local fishermen and indigenous communities for the use of coastal territories; and 5) the diversity of institutions and local agents with jurisdiction over the coastal area. Each variable contained a group of closed questions with five answer options: M/DA: Strongly agree; DA: Agree; N: Neutral; ED: Disagree; M/ED: Strongly Disagree (Initials in Spanish).

2.3. Construction of the conceptual model

With the information obtained from the survey (the next step was to build) a conceptual model was constructed for the development of a system for management of the coastline. The model construction involved the projection of desirable futures in the territory in the medium term (3 to 5 years) using the methodology of systemic thinking,

in concrete accordance to the dynamic modeling software Vensim PLE along with Sterman (2000) adjusted methodology and contributions from Andrade & Lopez (2012), Gomez & Zuluaga (2007) and Zamorano (2006). The model construction also considered two methodological axes: a) Articulation of the problem: this phase involved the definition of the variables and problems. The main problem identified was the lack of coordination in the management of the coastal territory; b) Dynamic conceptualization of hypothesis: in this phase the variables were linked in a cause and effect represented in a causal diagram, which constitutes the proposed model of integrated management. This model shows the main variables that are related graphically and conceptually to each other as well as the diagram of the systemic archetypes evidenced by the territory. Considering these elements ensures that the feedback process is closely related to the identified problem.

The relation between cause and effect elements was placed into a positive and negative cause diagram to determine the influence the each one had on the other. The cause-effect chain of events scenario was viewed through the following conditions:

The relation between variables was represented in loops of feedback of close cause-effect chains. There is a positive loop of feedback and a negative one. The positive loop, also known as the reinforcing loop (R) showed an even number of negative correlations; while the negative loop or balancing loop (B) showed an odd number of negative correlations bringing stability to the system;

At the same time, the system archetypes methodology proposed by Senge (2005) was used in the representations of the scenarios. Senge (2005) identifies eight system archetypes: 1) Growth and underinvestment; 2) Limits to growth; 3) Shifting the burden; 4) Eroding goals; 5) Escalation; 6) Success to the successful; 7) Tragedy of the commons; 8) Fixes that fail. From these eight archetypes, three were developed to represent the critical scenarios of the territorial management, which were then used to build the dynamic hypothesis- conceptual model. The archetypes are: Shifting the burden (Figure 4); Eroding Goals (Figure 5) and Success to the successful (Figure 6). The three system archetypes represent possible solutions in future management scenarios (Medina *et al.*, 2006). The importance of using System Archetypes lies in the possibilities of synthesis that is offered between the exposition process of the insights and the study analysis.

3. RESULTS

3.1. Interview analysis – perception of key actors

The critical variables and their interactions were: 1) competition for natural resources of commercial importance; 2) need for environmental regulations at the local level; 3) need for education in sustainable development; 4) competition between local fishermen and indigenous communities for the use of the coastal territory; and 5) diversity of institutions and local agents with jurisdiction over the coastal territory. Whereas the key actors' perception identified different interactions between the critical variables such as: a) strengthening the identity; b) long term territory perspective; c) competitiveness and conflict in the management of the coastal territory; d) sustainable development strategies; e) the touristic approach of the communities; f) empowerment of actors; g) social control; h) improvement of management abilities in the local government; i) success in the macro and micro zoning process; j) success in the EMCPO application process; k) fragmentation in the management of the coastal territory; l) weaknesses in the sustainable development of the coastal territory and finally; m) integrated and sustainable development of the coastal territory.

3.2. Likert Scale survey analysis

The information obtained from the Likert Scale Survey (Ospina *et al.*, 2005) reinforces the results related to the critical variables: 1) competition for natural resources of commercial importance; 2) need for environmental regulations at the local level; 3) need for education in sustainable development; 4) competition between local fishermen and indigenous communities for the use of coastline territory; and 5) diversity of institutions and local agents with jurisdiction over coastline territory. The analysis showed that people find the lack of supervision by the local government as one of the main problems. This element is directly related to the competition for natural resources and the deterioration of these resources caused by human activity. The analysis suggests a more emphatic control in the extraction of natural resources and calls for the diversification of economic activities in the estuary to include an emphasis on Tourism of Special Interest. On the other hand, the subjects of this study show a tendency to accept regulations and penalties. This critical variable highlights the lack of regulations on the part of the City Hall towards the efficient management of the coastal territory. However, the establishment of regulations could

Positive Causal relationship

- 1) The growth in variable A influences the growth in variable B.
- 2) The reduction in variable A influences the reduction in variable B.



Negative Causal relationship

- 1) The growth in variable A influences the reduction in variable B.
- 2) The reduction in variable A influences the growth in variable B.



Figure 2: Causal relationships between variables.

Figura 2: Relações causais entre variáveis.

become a “Fixes that fail” system archetype. Furthermore it is understandable that these regulations could be seen as an immediate instrument to achieve the vision of development sought by the City Hall for its territory.

Critical variable number three, the need for education in sustainable development, is one of the most relevant aspects associated to the deterioration of natural resources (benthic and pelagic resources, as well as natural heritage and ecosystems in general). These imperatives are apparent in the lack of information about ecosystems, lack of general information about environment from responsible public offices, and the ignorance about biological cycles by the community. These conditions cause potential conflicts and competition for the use of natural resources in the coastal territory (Figure 3).

Critical variable number four, the competition between local fishermen and indigenous communities for the use of coastal territory, was perceived by the public officers that were interviewed as a negative perception. However, the officers associated overfishing with local fishermen but not with indigenous communities. They expressed positive attitude towards the micro zoning process as a possible contribution to reduce the conflict between the parties. Despite the positive attitude of the public officers, necessary agreements have not been possible between fishermen and indigenous communities because both parties refuse to participate in territorial workshops.

Finally, critical variable number five, the diversity of institutions and local agents with jurisdiction over the coastal territory, showed that many feel that these institutions are incapable of generating an adequate management strategy for the coastal territory. Those surveyed felt that the solution to the project will be a regulatory instrument which is able to articulate and coordinate the different entities present in the territory.

3.3. Diagram of the articulation of the problem, dynamic hypothesis and system archetypes (SA)

The conceptualization of the articulation of the problem (Figure 3) shows the relation between the causes that reinforce the current situation in the territory. The reinforcing loop shows the relation of the actors involved between the variables in the territory and its influences as well as the evident imbalance in the management of the Maullin River Estuary.

The reinforcing correlation shows the feedback between each variable. In this case, the reinforcing correlation is negative due to the contribution of each variable to the continuity of the problem.

The causes of the lack of coordination in the management of the coastline territory are reinforced by the loop composed by the variables depletion of natural resources and lack of areas for recreational purposes; this loop is also surrounded by the constant competition for the use of the coastline territory. On the other side, the conflict between indigenous communities and local fishermen is aggravated by the Lafkenche Law 20.249 and the micro and macro zoning process. Opposite as thought, both regulations had had a negative effect in the management of the territory mainly

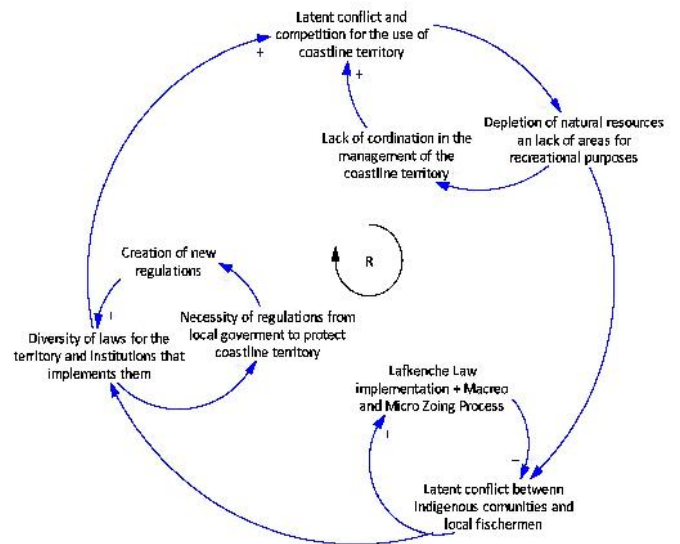


Figure 3. Conceptualization and articulation of the problem.
 Figura 3. *Conceitualização e articulação do problema.*

because both regulations create confusion about the real political and managerial contributions they make. This is especially true for indigenous communities that don't foresee the benefits of the customary use of the coastline (which is the main objective and purpose of the Lafkenche Law).

Another problem, identified by the interviewed subjects, is the creation of environmental regulations by Local government. New regulations, put on top of the preexisting ones, will only contribute to create a deeper fragmentation in the coastline territory.

Figure 4 shows the pattern of behavior of the system archetype “Shifting the burden”; which occurs when those responsible for the decision making process shift the burden of an essential solution to a problem to another solution which is easier to achieve and which only reduces the symptoms. This structure shows three variables. The first reveals that the lack of coordination in the management of the territory gets gradually worse due to the lack of agreement between the parts involved in the micro zoning process started by the local government. This is also true for the macro zoning process started in 2009 and the Lafkenche Law as well. In the same way, the lack of agreement and resources becomes a barrier for the better design of a tightly bonded community, as well as sustainable development in the community, and the efficient management of it (Figure 5).

The chain of events shows how the general system is fragmented by implementing quick fixes. These quick solutions are express in the variable “diversity of regulations in the territory”. The fundamental solution of the system is deteriorated over time by its constant dependence on symptomatic solutions. In the external loop of the diagram we can see the negative consequences that occur when quick fixes are applied. The process of fragmentation in the management of the coastline undermines the organizations hopes to achieve a better future when the organizations’

claims are not considered. As result they don't feel as though they are part of the decision making process of the territory.

It is important for the authorities in charge to consider the correlation showed by this archetype. Otherwise, there is a constant risk of depending on quick fixes for the problem which reinforce the superior loop displayed in figure 4.

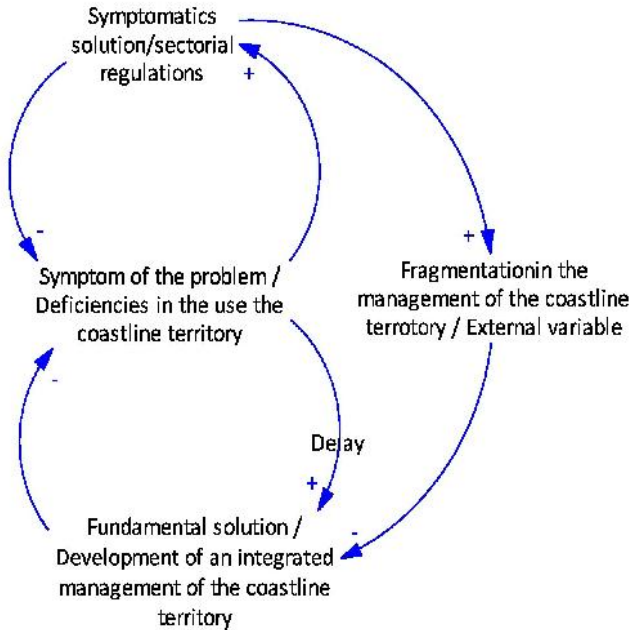


Figure 4. "Shifting the burden".
 Figura 4. "Shifting the burden".

Figure 5 shows the Eroding Goals Archetype which occurs when the organization delays the achievement of a goal due to the pressure of solving immediate situations, which little by little "erodes" the fundamental goal. This archetype relieves the major turning points in the local management of the territory, where the fragmented planning and the lack of resources are evident.

In this context, the Eroding Goals Archetype diagrams the gap between the vision of development for Maullin and the current scenario in the territory, which is expressed when the city's actions towards development are divided into different sectors.

The intention of the diagram is to show the importance of the creative tension related to the accomplishment of goals and how this is delayed by the solution of immediate goals through quick fixes, all of which erodes the achievement of the final goal.

The solution of the diagram is expressed in the pressures and delays as part of the territorial planning process to achieve that vision in the long term. The risk of this decision is that a burden shift might occur and the vision of desirable development might be permanently reduced because of the pressure to remedy the immediate problems of the territory.

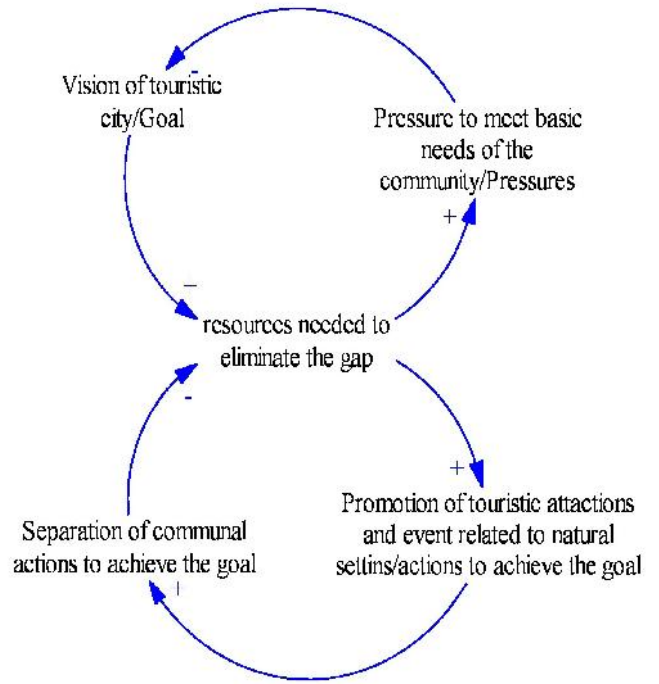


Figure 5. Eroding Goals.
 Figura 5. "Eroding Goals".

Figure 6 represents the system archetype "Success to the successful", expressed by the constant of "success for those who have it", and shows the competition between indigenous communities and local fishermen. This competition is caused by the incorporation of the Lafkenche Law 20.249 that defines certain Marine and Coastline Areas for Indigenous Communities (initialized EMCPO in Spanish). The conflict is produced by the lack of productive development instruments for these areas and biased viewpoints of its regulation, while the spirit of the Law seeks the opposite effect.

The imbalance is shown in the center of the diagram where the extraction of natural resources is regulated by a set of formal rules that allow local fishermen and people dedicated to the extraction of benthic resources and Gracilaria chilensis farming to do these activities. Meanwhile there are no operational rules existing for the indigenous communities.

The difference in the distribution of resources for different actors impacts the success reached by local fishermen and the possible success for the indigenous communities. These differences create a vicious cycle that includes imbalances, conflicts and competition for resources.

The challenge of this complex scenario involves the incorporation of both entities and requires them to consider their differences at the organizational level in terms of the physical distribution of the territory. In other words both communities need to compete under equal conditions and fair regulations while still having equal sets of rules.

The funding structure of the conceptual model is based on the system archetypes presented as dynamic hypothesis and representations of critical variables which were demonstrated by the field work and the interviewed subjects.

4 . CONCEPTUAL MODEL

The conceptual model for the integrated management of the coastline territory represents the current scenario of development and designs desirable future scenarios in the medium term (three to five years).

The construction of the conceptual model begins with the system archetype “Shifting the burden” located in the left superior side of the figure. The superior loop shows that quick fixes (fragmented management of the coastline territory) are not enough to provide solution to the symptom of the problem (deficiencies in the management of coastline territory). This superior loop reinforces the external loop (lack of coordination in the management of the coastline territory) which has a negative impact on the long term solution (development of an integrated and sustainable management of the coastal territory).

This archetype includes variables that reinforce the inferior loop such as the development of managerial abilities in both local government and public officers. The archetype also reinforces joint managerial abilities in productive organizations of the coastal territory. This process also promotes empowerment in local actors, strengthening the local identity towards the consolidation of a shared vision which will contribute to solve the diagnosed conflict.

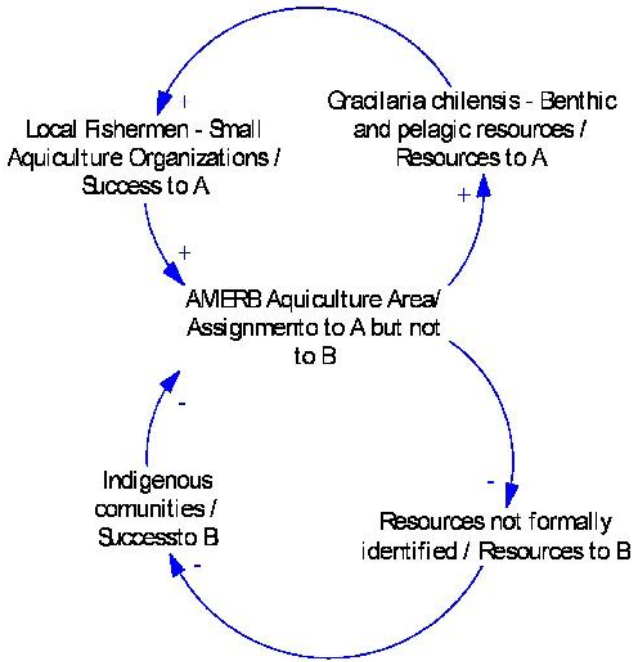


Figure 6. “Success to the successful”.
 Figura 6. “Success to the successful”.

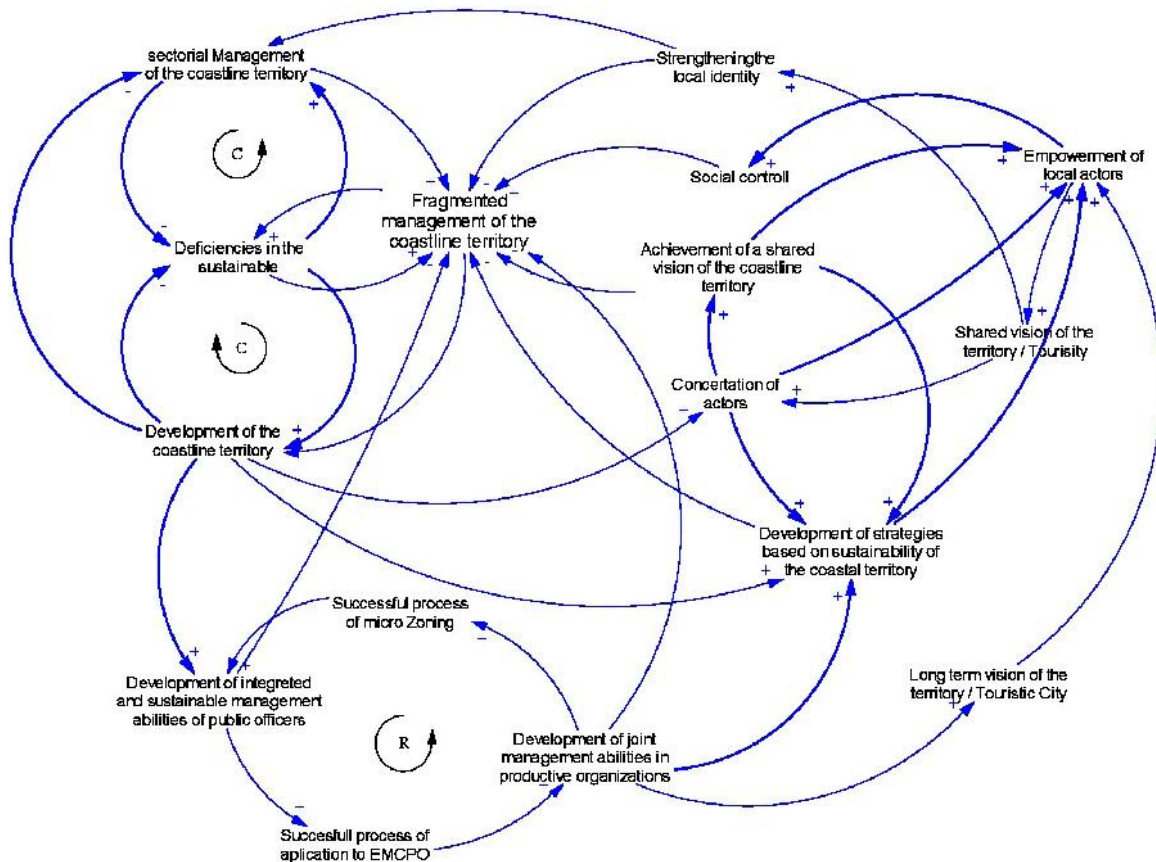


Figure 7. Conceptual model for the integrated management of the coastline territory of the Maullin River Estuary.
 Figura 7. Modelo Conceptual de Gestão Integrada do Estuário do Rio Maullín.

The proposed model of management places us at a local level scenario which considers the coastal development from a holistic point of view, including the political willingness of the local government. This also allows the identification of virtuous circles generated in the mutual influence of variables over each other.

In the center of the diagram it is possible to observe how the agreement between key actors in a shared vision of sustainable and integrated development in the medium term can place the territory in a successful scenario. The components of this scenario are the same as the components the community currently has, but driving the conscious interactions of variables under the right influences. This shared vision needs commitment from the community, local government, and local actors to influence the development of the coastal territory.

The dynamic hypothesis in figure 6 “success to the successful” shows the palpable conflict between local fishermen, aquaculture groups and indigenous communities related to the use of natural resources of commercial importance. The conceptual model for an integrated management of the coastline territory considers the repercussions from this conflict and integrates them into a proposal for a solution based on local reality. This proposal uses the same human resources from the Local Government while including two important aspects. The first is training on sustainable management for public officers from the Local Government. This training includes issues such as environmental regulations, territory regulations and indigenous community topics. The second aspect is the necessity of developing joint management abilities in productive organizations. In the same loop the relation between variables are expressed in a positive correlation which reduces the conflict and contributes to the design of more adequate strategies of development.

Two other strong points of the model are the variables of Citizen Participation and Social Control. These variables influence the model by minimizing the effect of the superior loop in the diagram over the system archetype “Shifting the burden”. The interaction between these variables connects the community’s empowerment to the expansion of the discussion about sustainable management to all community spectrums which contributes to the positive reinforcement of the variables responsible for a shared vision of Maullin as a touristic city.

This model takes the permanent interaction between the variables identified as cause and effect of the problem to place the modeling system as a legit option when planning the integrated management of the coastal territory. It also includes new variables that allow greater flexibility to the whole Maullin Estuary System making it capable of absorbing the impact of conflicts through interactions of variables consciously organized to reduce the problem. However, the model also assumes that the variables responsible for the problem will constantly exert pressure over the entities in charge of the making decision process so they tend to search for quick fixes for the problem. This constant tension requires the permanent monitoring of the system because spontaneous and quick fixes only work in the short term period according to casuistry method, leaving the system in

a position of negative stability in the long term which at the end maintains the system in status quo.

Ultimately, the interaction described above shows the dynamic balance of the system by moving itself towards the incorporation of new variables or incorporating short term measurements.

5. DISCUSSION

The analytic structure proposed for the conceptual model for the management of the coastline is based on sustainability as the main focus of its development. The proposed model represents a projected vision where the time between phases is seen as a virtue of conceptualization which describes the manner in which the decisions that are made create scenarios (Medina & Ortegón, 2006; Zamorano, 2006) of sustainable management for the estuary. This construction is the result of the dialog and feedback of social, cultural, political, and economical variables which are visualized in the conscious pattern of management for the territory.

In this manner, the model responds to a comprehensive approach that consolidates management to local reality concerning the community and whose principle is the integrated and sustainable management of the coastline territory. In this way, the dynamic systems model is situated in a place between theory and practice which allows the observer to observe him / herself while observing (Zamorano, 2006).

As part of this discussion, it is interesting to consider the influence of both the Lafkenche Law 20.249 (2010) and the micro zoning initiative (2010) as relevant elements in the territory. De la Maza (2009) states that the analysis of the public policy highlights the need for training of public officers. By doing this, the model considers training for public officers as an external variable that contributes to the partial dissolution of the conflict.

Similarly, the lack of professionals at the local governmental level can be perceived as a conscious problem because their presence could result in the technical goals of the community being reached in less time than expected. The anthropological approach of the State and De la Maza proposals (2009) are fundamental for this analysis because they reach the critical point of the structure in charge of implementing regulations. When analyzing the Lafkenche Law it is necessary to note the aspects that have not been correctly socialized. These aspects leave the Law useless in its application to reality (regardless the existing regulations). In this way, public officers, citizens and the general community are unaware of the scope of the Law.

The details of the Law are certainly a matter of a more diligent review which is not the purpose of this research. However, it is appropriate to note the perception of Lafkenche Law maintains that it is the definitive solution for the plights of indigenous communities. On the contrary, the Lafkenche Law has become a quick fix that “fails”. Until now, the Lafkenche Law has no operational set of rules for indigenous communities or adequate procedures for productive activities in the schedule established for its regulation. On top of this the law requires a necessary understanding of the instruments and political issues involved when indigenous communities try to apply for the use of Marine Areas.

Additionally, the variable “agreement of actors in a shared vision of the territory” is shown as a factor of dynamic balance for the proposed model (Dourojeanni, 2000; Garcia *et al.*, 2011). This variable itself can contribute to the disintegration of the conflict and turns the scenario towards the incorporation of variables related to social and cultural elements that has low appreciation in coastal communities (Berkes & Turner, 2005; Garcia-Allut 1999; Gajardo & Ther, 2011). These variables are promotion of the value of self-identity relating to the inhabited territory; social control related to citizen participation and the conscious exercise of democracy when controlling the local authorities in charge of representing the community’s ideas. This way the local Government and Municipality can strengthen their managerial abilities when solving problems which would lead the territory to a successful scenario (Arenas 2003, Martinez 1989). In this context and according to Dourojeanni (2000) to solve the practical problem of coordination it is necessary to conceive a managerial process that will allow the human being - the main actor- to make his/her own decisions to achieve sustainable development in the territory through economic growth, social equity and environmental sustainability.

In public policy matters, the coastal territory has been highly intervened by human activities (Olsen *et al.*, 2006; Berkes 2005; Barragan *et al.*, 2008) as a product of the population growth in the coastal regions; the use of natural resources, and the development of port’s infrastructure, among others. In addition there is a set of zoning laws and regulations which are being established to shape the way the coastal territory is inhabited.

Maullin is not free of the vicissitudes of its complex nature. That is why the proposed model takes into account the infinite needs of the area by presenting an integrated development for the coastal territory. In this process the development of managerial abilities of the human resources such as training for public officers, having more professionals in the local government level, the formation of effective leadership in productive organizations, and the identification of synergetic needs is essential. All of this refers to the identification of the “need” and the “satisfaction of that need” (Max-Neff *et al.*, 1986) which triggers the positive reinforcement of the system. As it follows, this way is possible to debilitate the “need” of solutions and provide elements that satisfy the needs associated to the reinforced system.

In the same line Gravano (2007), Jorquera *et al.* (2012) states the necessity of working at the community level to strengthen the local identity and to develop citizen participation as a mean of social control which is imperative in the democratic exercise of the citizenship.

Finally, it is appropriate to emphasize the importance of creating an instrument that organizes and integrates the whole coastline territory at a national level. However it is imperative to have political willingness to define the technical criteria for this development (Barragan *et al.*, 2008).

Medina & Ortegon (2006) states that the new generation of critical prospective approaches add the concept of social construction of the future which implicates the display of imagination and social, technical and political capabilities

of the Maullin area. At the same time it shows the possible vision of a rational and desirable future projection of the territory. In this sense, the proposed model creates a space in time with elements from the past and the present, projecting scenarios of a more efficient management of the coastline Estuary in a context of prospective exploration (Medina & Ortegon, 2006).

6. CONCLUSIONS

Approaching the conflict in a fragmented manner does not allow one to see the relations that emerge from the conflict itself. This weakens the ability of the people in charge of making the decisions to identify synergetic solutions for the problems in the coastal management. In addition, the lack of ability in joint management of productive organizations increases their dependence on productive policies from the Local Government which maintains the status quo of the relationship Government-Organizations. That is why it is relevant to promote the independent management of the organizations own resources.

On the other hand, the fragmentation of the identity of the territory places the indigenous communities and local fishermen organizations in a complex scenario where is easy to identify the dual membership of indigenous people when participating in both Unions and Indigenous Communities. In this way the conflict is aggravated because the same actors are the focus of a benefit under similar regulations such as the Lafkenche Law and the General Law of fishing and Aquiculture.

The lack of technical consultation for relevant organizations of the territory contributes to the lack of dialogue in political and technical aspects. This situation is expressed when indigenous communities refused to participate in the board that works on the micro zoning process. In this sense the problem also is the necessity of consolidation of a shared vision of development. This problem becomes a barrier for the effective coordination of relevant actors to achieve the goals described in the City Plan (PLADECO, 2005).

The dynamic modeling as a useful tool for diagnosis and planning allowed the delimitation of the problem in the territory, representing the main critical variables and its interactions in the system. It also allowed the identification of synergetic needs of the system to foresee the positive interactions that reinforce the system and that will carry it to the dynamic balance. This instrument has the virtue to project future scenarios more easily and answers the question What if?

Under the light of these conclusions, having a consolidate criteria is essential towards the integrated and coordinate management of the coastline territory. It is also important to generate trust between the relevant actors in terms of the technical knowledge they have. It is imperative that this knowledge reach the community because they inhabit the territory and define their history.

This model finally shows the integration between the variables that are product of this investigation. However it is yet an open and flexible model, capable of integrate variables and principles that could eventually move or add to new ones. This way, the model proposed in figure 6 doesn’t

pretend to reduce possible scenarios, but to show a set of fundamental variables to determine the analysis frame where the current situation and other eventual situations could be expressed, so they can be used as basis for the proposal of an integrated management of the Maullin River Estuary.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research is part of the FONDEF Project D0811107 “Coastal Chile 2025: Model of territorial management for local fishermen settlements”

BIBLIOGRAPHY

- Andrade, B; Arenas, F; Guijon, R. (2008) - Revisión crítica del marco institucional y legal chileno de ordenamiento territorial: el caso de la zona costera. *Revista de Geografía Norte Grande*, 41:23-48. doi: 10.4067/S0718-34022008000300002.
- Arriola, F; Rivas, V; Canteras, J. (2006) - Los estuarios cantábricos orientales (norte de la Península Ibérica): características naturales, importancia ecológica y principales problemas ambientales derivados de su gestión. *Revista UnG – Geociências* (ISSN: 1980-900X) 5(1):45-54. Available at <http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/viewFile/94/187>
- Aramayo, O; Moraga, S. (2006) - *Elaboración de una primera línea biológica y social y talleres de discusión inicial con comunidades locales y servicios públicos para el sitio priorizado “Maullín” en la estrategia regional de conservación de biodiversidad*. Informe final, 118p. Servicio Nacional de Medio Ambiente, Santiago, Chile. Available at http://www.librorojo.cl/wp-content/uploads/sitiosprioritarios/Linea_base_y_talleres_Maullin.pdf
- Arenas, F. (2003) - ¿El Ordenamiento Sustentable del Territorio Regional? Los Gobiernos Regionales entre la Necesidad y la Realidad. *Revista de Geografía Norte Grande* (ISSN: 0379 – 8682) 30:45-54. Available at <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30003004>
- Arvide, D. (2001) - Investigación y acercamiento a la realidad. Universidad de Chile, Santiago (ISSN: 0716-5998), *BOLETIN INVI*, 16(42):139-141. Available at <http://www.revistas.uchile.cl/index.php/INVI/article/viewFile/8641/8443>.
- Andrade, L; Lopez, D. (2012) - Conceptualización de modelos dinámicos sistémicos para el diseño, análisis y comprensión de políticas públicas. *Revista Desarrollo Local Sostenible*. Grupo Eumed.net y Red Académica Iberoamericana Local Global 6(2):1-5. Available at <http://complejidadterritorial.ulagos.cl/8-Andrade-Conceptualizacion.pdf>.
- Araya, E; Cerpa, A. (2009) - La nueva gestión pública y las reformas en la Administración Pública Chilena. *Revista de Estudios Politécnicos Polytechnical Studies Review*, 7(11):1-29, (ISSN: 1645-9911). Available at <http://www.scielo.ociencias.pt/pdf/tek/n11/n11a03.pdf>
- Barragán, J; Chica, J; Pérez, M. (2008) - Iniciativa andaluza (España) para la gestión integrada de zonas costeras (GIZC). *Revista de Geografía Norte Grande*, 41:5-22. doi: 10.4067/S0718-34022008000300001
- Berkes, F; Turner, N. (2005) - Conocimiento, Aprendizaje y flexibilidad de los sistemas socio ecológicos. *Gaceta ecológica*. Instituto nacional de ecología DF. México. (ISSN: 1405-2849), 77:5–17. Available at <http://www2.ine.gov.mx/publicaciones/download/471.pdf>
- Blanco, H; Wautiez, F; Llaverro, A; Riveros, C. (2001) - Indicadores regionales de desarrollo sustentable en Chile: ¿Hasta qué punto son útiles y necesarios? *Rev. EURE* (Santiago) 27(81): 85-95. doi 10.4067/S0250-71612001008100005.
- Castro, C; Alvarado, C. (2009) - *La gestión del litoral chileno: un diagnóstico*. 22p, Programa Iberoamericano Red IBERMAR. Universidad Católica de Chile Instituto de Geografía, Santiago, Chile. Available at <http://hum117.uca.es/ibermar/Resultados%20y%20descargas/publicaciones/chile>.
- Comisión Nacional De Medio Ambiente (s/d) - *Estrategia regional para la conservación y utilización sostenible de la biodiversidad decima región de los lagos, Puerto Montt, Chile*. Available at <http://www.ecosistemas.cl/1776/article-69602.html> (septiembre 2002)
- Comisión Nacional Del Medio Ambiente (s/d) - *Política ambiental para el desarrollo sustentable*, Consejo directivo de Ministros, Santiago, Chile. Available at http://www.sinia.cl/1292/articles-26000_pdf_politica.pdf (enero 1998)
- Comision Nacional De Medio Ambiente (s/d) - *Informe final Plan de conservación, zonificación preliminar y capacitación ambiental para el sitio prioritario Maullín, bases para su conservación in situ*. Santiago Chile. Available at http://www.mma.gov.cl/educacionambiental/1142/w3-article-40381.html#i_w3_articulocompleto_1_40381_DescripciC3B3n20del20Proyecto (2006)
- Concari, S. (2001) - Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias, *Ciência & Educação*, (ISSN 1516-7313) 7(1):85-94. Available at <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/06.pdf>
- Cordero, E. (2011) - Ordenamiento territorial, justicia ambiental y zonas costeras. *Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, 36: 209 – 249. doi: 10.4067/S0718-68512011000100006
- De La Maza., F. (2012) - La noción de “indígena en las practicas estatales locales. El caso de tres comunas de la Araucanía, Chile. *Cuadernos de Antropología Social* (ISSN 0327-3776), 36: 91-117. Available at http://www.academia.edu/3618202/La_nocion_de_indigena_en_las_practicas_estatales_locales._El_caso_de_tres_comunas_de_la_Araucania_Chile
- Díaz, C. (2008) - Modelo conceptual para la deserción estudiantil universitaria chilena conceptual. *Revista estudios pedagógicos*, 2: 65-86. doi: 10.4067/S0718-07052008000200004.
- Dourojeanni, A. (2000) - *Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable*. 372p. Serie manuales CEPAL. Santiago de Chile. Publicación de las Naciones Unidas. ISBN: 92-1-321637-8
- Escobar, J. (2002) - *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas Costeras y el mar*. 68p, Serie manuales CEPAL. Publicación de las Naciones Unidas. Available at <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/9/12039/P12039.xml&dxsl=/drni/tpl/p9f.xsl&base=/drni/tpl/top-bottom.xsl>

- Forrester, J. (2000) - *Comportamiento contraintuitivo de los sistemas sociales*. 68p, Traducido al español por el Grupo de Dinámica de Sistemas del ITESM, Monterrey, México. Revisión de la traducción John Mackay (Barcelona, España) Available at <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse5/minisite/pdf/Literatura/Forrester%20Comportamiento%20Contraintuitivo.pdf>.
- Gajardo, C; Ther, F. (2011) - Saberes y prácticas pesquero-artesanales: cotidianidades y desarrollo en las caletas de Guabún y Puñihuil, isla de Chiloé, *Revista de Antropología Chilena* (ISSN 0717-7356), 43(1): 589-605. Available at <http://www.scielo.cl/pdf/chungara/v43nespecial/art14.pdf>
- García-Allut, A. (1999) - Compartición de conocimiento tradicional y científico para una gestión más adecuada de las pesquerías, *Etnográfica*, (ISSN 0873-6561), 3(2):309-331. Available at http://ceas.iscte.pt/etnografica/docs/vol_03/N2/Vol_iii_N2_309-332.pdf.
- García, J; García, J; Barragán, J; Franco, J. (2011) - *Bases para el debate la gestión del litoral en el país vasco el papel De las comunidades autónomas en el camino hacia una Gestión Integrada de las Áreas Litorales (GIAL)*. 14p, Proyecto "Red Española de Gestión Integrada de Áreas Litorales (REGIAL)" Financiado por la Fundación Biodiversidad y la Universidad de Cádiz, Cádiz, España. Available at <http://hum117.uca.es/HUM117/grupogial/paginas/proyectos/REGIAL/docscaa/comvalenciana>.
- García, J. (2006) - *Aplicaciones prácticas de la Dinámica de Sistemas en un mundo complejo*. 13p, Universidad de Puerto Rico. Available at <http://136.145.236.36/isdweb/Congreso-isd/conf%20J%20Martin.pdf>.
- Gravano, A. (2007) - Desafíos participativos en la planificación urbano-ambiental: el aporte antropológico. *Universitas humanística*, (ISSN 0120-4807) 64: 17-39. Available at <http://www.scielo.org.co/pdf/unih/n64/n64a02>
- Gómez – Baggethun, E; De Groot, R. (2007) - Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases económicas de la economía. *ECOSISTEMAS* (ISSN: 1697-2473), 16(3):4-14. Available at <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/88>
- Gore Los Lagos (2009) - *Propuesta preliminar de macro zonificación del borde costero y espacio marítimo región de los lagos secretaría técnica borde costero división de planificación y desarrollo regional gobierno regional los lagos Puerto Montt*. 86p, Gobierno Regional de Los Lagos, Puerto Montt, Chile. Available at http://bordecostero.ssf.aa.cl/documentos/normativas_y_reglamentos/8_otras_publicaciones/informe_bianual_2009_2010_vGob.pdf.
- Gobierno De Chile – Ministerio De Obras Publicas. (2004) - *Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad cuenca del río Maullín*. 83p. Dirección General de Aguas. Santiago, Chile. Available at http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Maullin.pdf.
- Gómez, D; Zuluaga, M; Hoyos, S. (2009) - *Definición sistémica y simulación dinámica de escenarios aplicación a la economía colombiana 2002- 2027*. Available at <http://www.ecsim.org/vista/archivos/metodologia%20y%20escenarios%20colombia.pdf>
- Jorquera, C; Vega, A; Aburto, J; Martínez, K; Leon, M; Pérez, M; Gaymer C; Squeo F. (2012) - Conservación de la biodiversidad en Chile: Nuevos desafíos y oportunidades en ecosistemas terrestres y marinos costeros. *Revista Chilena de Historia Natural*, 85(3): 267-280. doi.: 10.4067/S0716-078X2012000300002
- López, J. (2008) - *Destrucción a toda costa, informe sobre la situación del litoral español*. 204p, Greenpeace. España. Available at http://www.elaw.org/system/files/spain.coast_esp_.pdf
- Martinez, S. (1989) - Dinámica de sistemas y planificación regional. *Economiaz. Revista de economía Vasca* (ISSN-0213-3709), (8-9): 63-86. Available at <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=109741>
- Max-Neef, M; Elizalde, A; Hopenhayn, M. (1998) - *Desarrollo a escala humana Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Editorial Nordan-Comunidad Montevideo, Uruguay. Available at http://www.max-neef.cl/download/Max-Neef_Desarrollo_a_escala_humana.pdf.
- Medina, J; Ortegón, E. (2006) - *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)*. Publicación de las Naciones Unidas. Available at <http://www.eclac.org/ilpes/publicaciones/xml/3/27693/manual51.pdf>.
- Medina, M; Ramos, R. (2009) - Direcciones futuras de la ecotoxicología en Chile: implicancias para la evaluación de riesgo ambiental de productos veterinarios utilizados en acuicultura. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82: 443-457. doi: 10.4067/S0716-078X2009000300010.
- Ministerio De Planificación. *Ley 20.249 (2008) - Crea el Espacio Marino para Pueblos Originarios de 2008*. Available at <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=269291andbuscar=Ley+20.249>
- Ministerio Secretaria General De La Presidencia (2010) - *Ley de Bases del Medio Ambiente 20.417 de 2010*. Available at <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010459andbuscar=20.417+>.
- Ministerio De Defensa Nacional Subsecretaría De Marina (1998) - *Fija Nómina Oficial de Caletas de Pescadores Artesanales Decreto Supremo N° 240 Santiago, 3 de agosto de 1998*. Available at http://www.fipasur.cl/archivos/DS_240_caletas_chile.pdf
- Montañes, M. (2009) - *Metodología y Técnica participativa (Teoría y práctica de una estrategia de investigación participativa)*. Editorial UOC, Barcelona. ISBN 9788497887953.
- Ministerio De Defensa Nacional (1995) - *Politica Nacional De Uso Del Borde Costero*. Available at http://bordecostero.ssf.aa.cl/documentos/normativas_y_reglamentos/5_cnubc/politica_nacional_uso_borde_costero_DS475.pdf
- Olsen, B; Padma, T; Richter, B. (2006) - *Guía para el manejo del flujo de agua dulce a los estuarios*. Oficina de Manejo de Recursos Naturales, Bureau de Desarrollo Económico, Agricultura y Comercio, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, bajo los términos del Acuerdo de Cooperación No. LAG-A-00-95-00045-00 y el Acuerdo de Cooperación No. EPP-A-00-03-00011-00. (52). Universidad de Rhode Island, Brian D. Richter,

- The Nature Conservancy. Rhode Island, Estados Unidos. Available at <http://es.scribd.com/doc/94571724/Guia-Para-El-Manejo-Del-Flujo-de-Agua-Dulce-a-Los-Estuarios>
- OCDE-CEPAL (s/d) - *Evaluaciones del Desempeño Ambiental Publicación Conjunta*. Santiago, Chile. Available at http://www.bcn.cl/carpeta_temas_profundidad/copy3_of_temas_profundidad.2007-05-02.5434448168/documentos_pdf.2007-06-28.4716180007/archivos_pdf.2007-06-28.5843705619/carpeta_temas_profundidad/temas_profundidad.2007-07-25.4772415999/documentos_pdf.2007-06-28.4716180007/archivos_pdf.2007-06-28.5843705619/archivo1. (2005).
- Ospina, B; Sandoval, J; Aristizábal, C; Ramírez, M. (2005) - La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud. *InvestEducEnferm*, (ISSN 0120-5300) 23(1): 14-29. Available at <http://www.scielo.org.co/pdf/iee/v23n1/v23n1a02.pdf>.
- Peña, F; Ailio, C; Gutiérrez, P; Escalona, M; Rebolledo, G; Pincheira, J; Rozas, D; Hauenstein E. (2008) - Morfología y dinámica dunaria en el borde costero de la Región de La Araucanía en Chile: Antecedentes para la conservación y gestión territorial. *Revista de Geografía Norte Grande*, 41: 63-80. doi.:10.4067/S0718-34022008000300004
- Peña, W. (2008) - Dinámicas emergentes de la realidad: del Pensamiento Complejo al Pensamiento Sistémico Autopoiético. *Revista latinoamericana de Bioética* (ISSN 1657-4702), 8(2):72-87. Available at <http://www.scielo.org.co/pdf/rlb/v8n2/v8n2a07.pdf>
- Plan De Desarrollo Comunal De Maullin (2005) - Consultora PET QUINTA, 120p. Maullín, Chile. Sin publicar.
- Quiroga, R. (2001) - *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. 116p, CEPAL División de medio ambiente y asentamientos humanos, Santiago, Chile. Available at <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/8/9708/P9708.xml&xsl=/tpl/p9f.xsl&base=/tpl/top-bottom.xsl>
- Quiroga, R. (2009) - *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. 129p, CEPAL División de Estadística y Proyecciones. Santiago, Chile. Available at <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/1/37231/P37231.xml&xsl=/deype/tpl/p9f.xsl>
- Senge, P. (2005). *La Quinta Disciplina*. Ed. Granica. Barcelona. ISSN 8475773516
- Sterman, J. D. (2000) - *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for Complex World*. NY: McGraw-Hill HigherEducation.
- Schaffernicht, M; Madariaga, P. (2007) - Acerca del pensamiento causal dinámico: hacia una perspectiva educativa. *Revista Estudios Pedagógico*, 33(1):129-149. doi: 10.4067/S0718-07052007000100008
- Ther, F. (2006) - Complejidad territorial y sustentabilidad: notas para una epistemología de los estudios territoriales. *Revista horizonte Antropológico*, 12(25): 105-115. doi : 10.1590/S0104-71832006000100006
- Toledo, V. (2008) - Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* (ISSN 13902776), 7:1-26. Available at <http://ddd.uab.cat/pub/revibec/13902776v7p1.pdf>
- Zamorano, H. (2006) - *La dinámica de sistemas y los modelos de simulación por computadora, en Socio-cibernética, lineamientos de un paradigma*. Institución Fernando el Católico, Zaragoza, p. 357 á 388. España.

Estudo das perceções da comunidade da Palmeira (Ilha do Sal, Cabo Verde) sobre a Sustentabilidade das Pescas *

Palmeira community residents' perceptions (Ilha do Sal island, Cape Verde) on environmentally Sustainable Fishing

Alécia Brígida Pires Fidalga^{@,1}, Sónia Seixas², Ulisses M Azeiteiro³

RESUMO

A pesca teve sempre grande importância socioeconómica para as comunidades costeiras de Cabo Verde, oferecendo meios de subsistência e, devido à vocação marítima do povo Cabo-verdiano, possibilidades de emprego. O peixe aparece como componente importante na alimentação da população e, por ser fonte de proteína e um animal de baixo custo para a população, requer que a sua exploração seja feita em moldes sustentáveis, perpetuando no tempo a disponibilidade desse recurso para toda a sociedade.

Este trabalho apresenta o estudo das perceções dos pescadores sobre a sustentabilidade da exploração dos recursos haliêuticos pesqueiros e a pesca artesanal dominante na ilha. A pesca é uma das principais atividades económicas da zona costeira da Ilha do Sal, além de ser uma importante atividade de subsistência para as três comunidades haliêuticas da ilha.

Com o objetivo de discutir caminhos sustentáveis para a atividade, reflete-se sobre a sustentabilidade da pesca artesanal na comunidade da Palmeira, Ilha do Sal, Cabo Verde. Numa comunidade como a Palmeira, onde a pesca é tipicamente artesanal, encontramos diversos elementos que garantem a sustentabilidade da atividade.

Conhecer e desenvolver novos mecanismos que visam educar e criar políticas sustentáveis para a atividade e gestão dos recursos é importante para a nova conjuntura em que se vive. A educação e a organização dos pescadores, bem como a descentralização e a gestão participativa dos recursos pesqueiros, são condições fundamentais para a sustentabilidade da pesca.

Este trabalho tenta responder à escassez de estudos sobre as comunidades piscatórias em Cabo Verde de modo a favorecer o conhecimento ambiental que potenciará a criação de estratégias-chave para a sustentabilidade, a análise dos projetos criados até à data e a respetiva implementação, permitindo a identificação das causas do insucesso total ou parcial, bem como a identificação das causas para o fraco envolvimento da comunidade piscatória na implementação dos projetos.

Palavras-chave: pesca artesanal; sustentabilidade; recursos haliêuticos; diagnóstico socio-ambiental.

@ - Corresponding author

1 - Escola Secundária Olavo Moniz, Bairro Novo, Ilha do Sal, Cabo Verde / Universidade Aberta. Departamento de Ciências e Tecnologia. Mestrado em Cidadania Ambiental e Participação. E-mail: brigidafidalga@hotmail.com

2 - Universidade Aberta. Departamento de Ciências e Tecnologia. Palácio Ceia. Rua da Escola Politécnica, 141 – 147. 1269-001 Lisboa, Portugal e IMAR, CMA, University of Coimbra, Rua da Matemática, nº 49, 3004-517 Coimbra, Portugal. E-mail: sonia.seixas@uab.pt

3 - Universidade Aberta. Departamento de Ciências e Tecnologia. Palácio Ceia. Rua da Escola Politécnica, 141 – 147. 1269-001 Lisboa, Portugal / Centro de Ecologia Funcional, Universidade de Coimbra. e-mail: ulisses@uab.pt

ABSTRACT

Fishery has always been of great social economic importance for the coastal communities of Cape Verde, offering means of subsistence and employment opportunities due to their maritime vocation. Fish is an important food component for the population. Since fishery is a source of low-cost animal protein, its exploration must be sustainable in order to be permanently available for the community.

This paper presents a study on the perception of fishermen on the sustainable exploitation of fishery resources in a symbiosis with the dominant artisanal fishing practiced on the island.

Fishing is one of the main economic activities of the coastal zone of Sal island, besides being an important subsistence activity for the three fishing communities of the island. Aiming to discuss ways for sustainable activity, we will reflect on the sustainability of the traditional fishing in the community of Palmeira, Sal Island, Cape Verde. In a community like Palmeira, where fishing is typically artisanal, we find many elements that ensure the sustainability of the activity, such as the predominant use of renewable natural resources and the diversity of species caught.

In Sal Inland knowing and developing new mechanisms to educate, create sustainable policies for the activity and resource management are important to the environment. Education and organization of fishermen, as well as decentralization and participatory management of fishery resources, are fundamental to the sustainability of fisheries.

This work tries to answer the scarcity of studies on fishing communities in order to promote environmental knowledge that will enhance the creation of key strategies for sustainability, the analysis of projects created to date and the respective implementation, allowing the identification of the causes of the total or partial failure, as well as the identification of the causes for the poor involvement of the fishing community in the implementation of projects.

Keywords: *handmade fishing; sustainability; stocks; socio-environmental diagnosis.*

1. INTRODUÇÃO

Cabo Verde é um arquipélago, situado no oceano Atlântico, separado por cerca de 500 Km do continente africano. Formado por dez ilhas e alguns ilhéus, o arquipélago de 4.033 km² situa-se entre a latitude 14° 23' N e 17° 12' N e a longitude 22° 40' O e 25° 22' O.

Sendo um país insular, Cabo Verde pertence à região da Macaronésia juntamente com os arquipélagos dos Açores, Canárias e Madeira, onde a pesca desempenha um papel fundamental, já que contribui para diminuir a dependência da importação de alimentos, garante o retorno de divisas, que alavancam outros setores, promovendo o desenvolvimento económico. A pesca é ainda a principal fonte de proteína animal consumida no arquipélago e atividade geradora de emprego.

A atividade pesqueira constitui, hoje, um dos principais desafios ao processo de desenvolvimento regional, sobretudo em relação à necessidade de conciliar a conservação dos sistemas naturais e a utilização racional dos recursos provenientes destes, favorecendo a adoção de um modelo de desenvolvimento que associe os aspetos sociais, ecológicos e económicos.

Cabo Verde é um país muito rico em diversidade de peixes, conseguindo reunir espécies características das zonas temperadas da África e das Caraíbas, que dificilmente se encontram noutros locais sendo, no entanto, a sua abundância relativamente baixa (ver Almeida *et al.*, 2004).

O arquipélago possui uma extensa zona económica exclusiva (ZEE), de aproximadamente 750.000 km², com uma produção pesqueira próxima de 10.000 toneladas anuais. Cabo Verde é um arquipélago onde se vive basicamente da agricultura, pesca, pecuária, atividades industriais e o turismo.

A pesca contribui para a criação de emprego, redução do êxodo rural, equilíbrio da balança de pagamentos e segurança alimentar. Para além disto, os recursos marinhos têm grandes possibilidades de gerar riqueza através da sua revalorização, designadamente com a promoção do ecoturismo.

Como afirma Morin (2011), a cultura enquanto conhecimento e o conhecimento enquanto cultura são a dialética que movimenta, interage e dá sentido à vida e às práticas de pesca que, por sua vez, se refletem em saberes que permitem aos pescadores se relacionarem com o meio onde estão inseridos de maneira íntima, proporcionando a criatividade e a sabedoria.

O conhecimento da variação dos ciclos ambientais e da bioecologia dos recursos é imprescindível para o pescador e para a pescaria. Segundo Diegues (1999), permite que desenvolvam práticas apropriadas de manejo, a fim de assegurar os seus meios de subsistência. É nesta visão que este trabalho pretende explorar o conceito de sustentabilidade junto dos pescadores da comunidade da Palmeira.

Na comunidade, mais de 126 pescadores vivem exclusivamente da pesca, sendo 52 botes para a pesca artesanal e 2 embarcações de pesca industrial e semi-industrial. 32% da comunidade vive da pesca e 25% da pesca artesanal, que é uma atividade limitada quando comparada com a pesca industrial, mas preponderante para a alimentação e renda das famílias (INDP, 2012).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo principal a análise dos aspetos socioeconómicos, a atividade pesqueira e a forma de comercialização do pescado, a vida dos pescadores e a perceção ambiental sobre a sustentabilidade da pesca artesanal com a finalidade de reunir subsídios que permitam que a exploração pesqueira seja feita em moldes sustentáveis, perpetuando a disponibilidade desse recurso para toda a sociedade.

2. MATERIAL E MÉTODOS**2.1. Área de estudo**

O porto de pesca de Palmeira e a sua comunidade piscatória ficam localizados a uma distância de 3 km (quilómetros) do centro, a oeste dos Espargos. A comunidade conta com uma população residente estimada de 1420 indivíduos (INDP, 2010). Estão registados na capitania marítima da ilha 1.090

(mil e noventa) pescadores e 789 (setecentas e oitenta e nove) embarcações, das quais 422 (quatrocentas e vinte e duas) com motor (INDP, 2010). A comunidade piscatória em estudo vive da faina da pesca e de outras atividades complementares. A localização ilha do Sal é evidenciada na figura 1.



Figura 1. Mapa © (Google Earth) do Arquipélago de Cabo Verde ilustrando a ilha do Sal

Figure 1. Map © (Google Earth) of the Cape Verde Archipelago illustrating the island of Sal.

2.2. Metodologia

Além do levantamento bibliográfico, para a coleta das informações foram elaboradas entrevistas semiestruturadas e inquéritos, contendo perguntas fechadas relacionadas às características socioeconômicas, perfil dos pescadores, dinâmica da atividade pesqueira, registro de campo, além do registro *in loco* de informações pertinentes às características ambientais.

O tipo de pesquisa classifica-se como descritiva e analítica, ou seja, a pesquisa realizada, através de entrevistas, coleta de dados em campo e observação. Segundo Deslandes (2004), a metodologia não apenas contempla o momento exploratório de campo (escolha do espaço da pesquisa, escolha do grupo de pesquisa, estabelecimento dos critérios de amostragem e construção de estratégias para entrada em campo), como também determina os instrumentos e procedimentos a serem utilizados na análise dos dados.

Dos 468 pescadores das comunidades piscatórias da ilha do Sal, 126 pertencem à comunidade do Porto da Palmeira. Para este estudo, teve-se o cuidado de inquirir um pescador por cada embarcação, num total de 27 pescadores. Os dados secundários foram obtidos junto das autoridades/entidades reguladoras da atividade pesqueira da Palmeira. A localização da localidade em estudo está evidenciada na figura 2.

O trabalho que aqui se apresenta baseia-se nos fundamentos da pesquisa-ação com metodologia de pesquisa, onde se visou estabelecer uma estrutura coletiva, participativa ativa para a captação de informações (Thiollent, 1992).

As entrevistas foram realizadas de forma fragmentada e aleatória ao longo do período de amostragem: alguns pescadores foram entrevistados no momento em que



Figura 2. Localização da comunidade em estudo. Fonte: Google Earth
Figure 2. Location of the community under study. Source: Google Earth

retornavam da atividade pesqueira, quando indicavam outros pescadores para futuras entrevistas (método da bola-de-neve) (Goodman, 1961). Outras entrevistas foram realizadas nos locais de desembarque, nas embarcações e até mesmo nas residências dos pescadores. Nos questionários, procurou-se obter informações referentes às características das embarcações utilizadas, número de tripulantes, instrumentos de navegação e material de segurança, assim como os tipos de artes de pesca, as espécies capturadas por arte de pesca, as áreas de pesca e a conservação do pescado a bordo.

Os dados obtidos foram analisados e organizados em Excel, utilizando o programa SPSS (IBM SPSS, versão 15) para análise e apresentação gráfica. A análise de dados foi feita através das informações relativas às temáticas abordadas nos questionários e, de acordo com as respostas, foi possível apresentar resultados especificando os respectivos percentuais, utilizando estatística descritiva.

3. RESULTADOS

No inquérito aplicado, procurou-se caracterizar o perfil dos entrevistados. 100% dos inquiridos na amostra são do sexo masculino. Destes, a maioria, 19 indivíduos, tem mais de 40 anos de idade, representando 70% dos inquiridos (Figura 3). Ao cruzar a variável idade e anos de atividade constatamos que 18 indivíduos (66,6%) têm mais de 20 anos a dedicar-se à pesca.

Quanto à escolaridade observou-se que cerca de 74% são analfabetos. Ao fazer o cruzamento das variáveis idade e nível de escolaridade verificou-se que o pescador inquirido acima dos 40 anos de idade não tem o 1º grau completo (Figura 4).

Em termos demográficos, grande parte dos pescadores inquiridos têm entre 3 a 6 filhos, enquanto 22% não têm filhos. Ao cruzarmos a variável idade com o número de filhos, na faixa etária dos 41 – 50 anos 44,4% da prole é maior, seguidos dos 20 – 30 anos e 51 – 60 anos, ambos com 18,5%. Quanto ao nível de ensino dos filhos, evidenciou uma rutura com a realidade dos pais/pescadores, uma vez

que cerca de 63% dos filhos destes já se encontram a estudar. Destes, cerca de 33% encontram-se a frequentar o ensino secundário e os restantes estão no ensino de nível superior.

A maior parte dos pescadores entrevistados, 54,5%, nasceu noutras ilhas, particularmente em Santo Antão, 44,5%, e 11% em São Vicente, enquanto o restante é natural da Ilha do Sal (figura 5). Tal deve-se ao facto de, nos últimos anos, a Ilha do Sal ter atraído milhares de migrantes de outras ilhas devido à sua dinâmica económica, principalmente na oferta de novas oportunidades de trabalho geradas pelo turismo.

Quanto à origem das embarcações, 63% são da Ilha do Sal, 25,9% de Santo Antão e 7,4% da Brava. Também de modo a permitir uma análise mais concisa do ano de construção foi adotada uma escala, sendo que 22,2% dos barcos foram

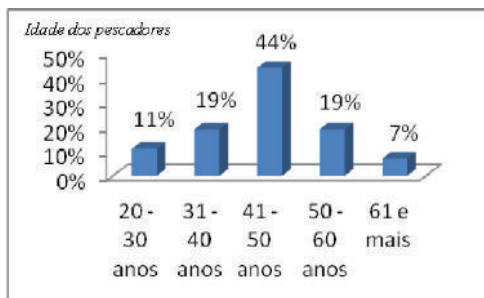


Figura 3. Idade dos pescadores inquiridos.

Figure 3. Age of interviewed fishermen.

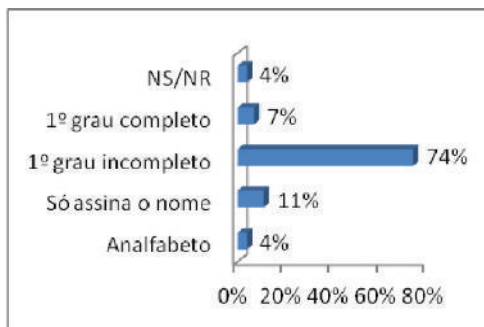


Figura 4. Nível de escolaridade dos entrevistados.

Figure 4. Level of education of respondents.

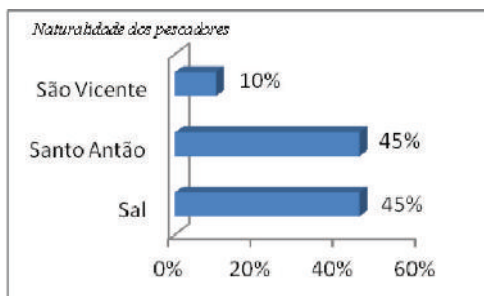


Figura 5. Naturalidade dos pescadores entrevistados.

Figure 5. Place of Birth of the fishermen.

construídos entre 1990 – 1996, 29,6% entre 2000 – 2006 e 37% de 2007 a 2012, porém 3,7% dos inquiridos não souberam responder sobre a origem das embarcações. Quanto à forma de aquisição das embarcações, 40,7% dos pescadores mandou construir a embarcação, 37% comprou com dinheiros próprios a embarcação já construída, 18,5% adquiriu embarcações através de projetos subsidiados e 3,7% não responderam.

A maior parte das embarcações utilizadas na comunidade é de madeira e fibra (55,6%), 25,9% exclusivamente de madeira, 14,8% de fibra de vidro e 3,7% de chapa.

A frota analisada durante o estudo, na comunidade da Palmeira, apresenta 2 tipos básicos de embarcações, sendo a esmagadora maioria constituída por botes, sendo o mais pequeno com 4,5 metros de comprimento e 1,90 metros de largura, com capacidade para 700 quilos. O maior barco de pesca tem 37 metros de comprimento, 12 metros de largura, e tem capacidade para 40 toneladas (Figura 6).

Das embarcações observadas, 74,1% utilizam motor de popa e 22,2% motor de rabeta. O combustível utilizado maioritariamente é a gasolina (92,6% dos pescadores inquiridos) e 7,4% utiliza o gasóleo.

Referente ao número de tripulantes das embarcações verifica-se que este varia. Constata-se que as embarcações com redes de emalhar possuem entre 13 e 14 pessoas; as



Figuras 6. Tipos de Embarcações encontradas na área de estudo.

Figures 6. Boats typology in the study area.

com rede de arrasto 3 a 9 pessoas; as de linha de mão 2 a 9 pessoas; e, por último, a embarcação com rede de cerco com 9 tripulantes.

Das vinte e sete embarcações analisadas na comunidade da Palmeira 78% não possuem qualquer tipo de instrumento de navegação; em 22% embarcações constata-se a presença de um ou outro instrumento, nomeadamente a bússola – uma vez que esta é considerada pelos pescadores o principal instrumento de navegação e orientação na pesca.

Relativamente aos equipamentos de segurança observou-se que 59% das embarcações não possuem tais equipamentos contra 41% que afirmam possuir alguns, tais como coletes de segurança, extintor, boia, bote salva-vida, etc. À semelhança de outras comunidades piscatórias estudadas pelo INDP (vários números), na Palmeira os barcos de pesca não possuem infraestruturas, nem instrumentos que auxiliam a navegação (Figura 7).

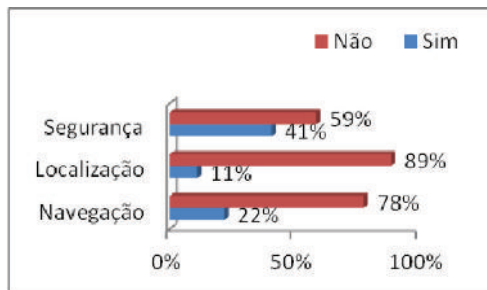


Figura 7. Percentagem das embarcações com instrumentos de segurança.

Figure 7. Percentage of vessels with security tools.

Os dados da pesquisa revelaram que a arte de pesca mais utilizada na localidade da Palmeira é a linha de mão, de acordo com 77,8% dos pescadores inquiridos, seguido da rede de arrasto, rede de emalhar e rede de cerco, este último com apenas 3,7% (Figura 8). Estes tipos de redes possuem características idênticas, no entanto apresentam variações de tamanho, malha, procedimento e espécie-alvo de captura.

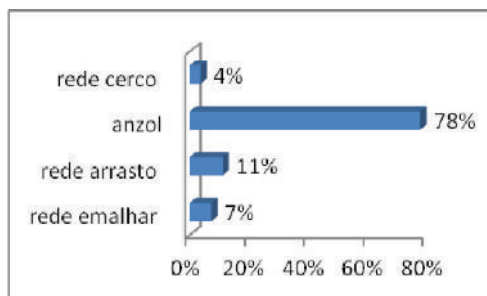


Figura 8. Arte de pescas utilizadas pelos pescadores locais.

Figure 8. Art of fishing used by local fishermen.

Na comunidade da Palmeira, cerca de 44% dos pescadores inquiridos afirmam que pescam no alto mar, 33% disseram que concentram suas pescarias a quilómetros da costa e apenas 19% atuam noutras ilhas, sendo que 4% não responderam. Já questionados sobre o tempo de pesca, 74,1% dos inquiridos indicam a duração de apenas algumas horas, 18,5% duram menos de 5 dias e 7,4% não responderam.

A capacidade de armazenamento de gelo para as embarcações inquiridas varia entre 30 quilos a 30 toneladas. Destas, a capacidade de pescado para tal quantidade de gelo é de 60 quilos por 40 toneladas de pescado. Tal se deve ao facto de as embarcações variarem de comprimento, largura e capacidade. A frota pesqueira local, na sua maioria, não utiliza qualquer sistema de conservação do pescado, sendo que 59% dos pescadores inquiridos afirmam ainda que, embora as embarcações tenham capacidade para colocar gelo, estes deixam o peixe sem o gelo, justificando que o tempo de pesca (em horas) não deteriora o produto. 33% dos inquiridos utiliza a caixa de “isópor” (esferovite) com gelo e apenas 7,4% têm urnas com gelo para fazer a conservação.

O financiamento da pescaria é feito muitas das vezes pelo próprio proprietário, como afirmam 85% dos inquiridos e apenas 15% pelo armador. A partilha da pescaria em 48% dos botes é distribuída em partes iguais (proprietário, barco, motor e pescadores). Outras vezes faz-se a distribuição a meias, sendo que apenas 3,7% dos pescadores inquiridos são assalariados.

Quanto ao desembarque do pescado, é feito no Porto da Palmeira (100% dos pescadores), o que influencia diretamente a distribuição e compra do produto, sendo 96% destinado ao consumo local e apenas 4% enviado para a cidade da Praia – capital do país.

Dos inquiridos, a maioria, 66,7% pertencem à Associação de Pescadores da Palmeira - a única associação desta natureza na comunidade - enquanto 33,3% não pertencem a nenhuma associação ou cooperativa.

Quanto ao rendimento do pescado obtido ao longo de uma semana verificou-se que se apresenta de forma variada por cada pescador, em virtude do método usado para pesca e também pelo tempo despendido na atividade. O rendimento mensal dos pescadores locais que dependem exclusivamente da pesca como atividade profissional ronda os 30 a 400 Euros.

A atividade piscatória é tida como uma atividade dura, com rendimentos reduzidos. Assim, questionados sobre o modo de vida na pesca, 67% acha que é razoável enquanto 33% diz que é uma vida satisfatória.

Outro aspeto abordado durante as entrevistas está na perceção dos pescadores quanto à diminuição das espécies capturadas nos últimos tempos, em que 78% dos entrevistados responderam que pescavam as mesmas espécies que atualmente, como, por exemplo, a cavala (*Decapterus macarellus*). Este peixe foi identificado como o peixe preferido pelos pescadores e consumidores. As estatísticas de pesca mostram oscilações das capturas, com uma tendência crescente de 2004 a 2006, demonstrando com isso uma sobre-exploração da espécie (Tariche *et al.* 2012).

Embora sem informação científica suficiente, é provável que também outras espécies como

o chicharro (*Selar crumenophthalmus*) e a cavala branca (*Decapterus punstatus*) estejam sob as mesmas condições de exploração intensiva, ocasionando a sua diminuição.

Segundo os pescadores, atualmente pescam-se algumas espécies, entre as quais a bicuda (*Sphyræna*), a façola (*Priacantideus*), o sargo (*Sparidae*), o espadim azul (blue marlin) (*Istiophoridae*) e o barbo (*Galeoides decadactylus*), que não se pescavam antigamente.

Quando questionados sobre o período de defeso da cavala preta (*Decapturus macarellus*), do grupo das lagostas costeiras (lagosta verde (*Panulirus regius*), lagosta castanha (*Panulirus echinatus*) e lagosta de pedra (*Scyllarides latus*), bem como do da lagosta rosa (*Palinurus charlestoni*)), a opinião dos pescadores é favorável: 44,4% dos inquiridos acha o período muito bom, 44,4% acha que é bom.

O período de defeso da cavala preta, da lagosta costeira e da lagosta rosa fazem parte das medidas de desenvolvimento e de gestão para diferentes pescarias e diferentes horizontes temporais, visando a sustentabilidade racional dos recursos haliêuticos e o desenvolvimento do sector das pescas do Plano de Gestão dos Recursos da Pesca 2004-2014, elaborado no quadro do Plano de Acção Nacional para o Ambiente (ver Almeida *et al.*, 2004).

Entre as principais medidas do plano constam as relativas às zonas reservadas, à proibição de práticas nocivas de pesca, ao estabelecimento do tamanho mínimo de espécies capturáveis e à fixação de períodos de defeso de espécies ameaçadas.

Em 2008, foi aprovado um conjunto de períodos de defeso para as lagostas de profundidade (01 de Julho a 30 de Novembro), para as lagostas costeiras (01 de Maio a 31 de Outubro) e para a cavala preta (01 de Agosto a 30 de Setembro). Foram ainda estabelecidos tamanhos mínimos de captura para a dobrada (17 cm de comprimento medidos da ponta do rosto à barbatana caudal), lagosta rosa (11 cm de carapaça), lagostas costeiras (9 cm de carapaça) e cavala preta (18 cm de comprimento medidos da ponta do rosto à barbatana caudal).

Questionados sobre a necessidade de se adotarem períodos de defeso para outras espécies, além da cavala e da lagosta, as opiniões divergem, uma vez que, 48% dos inquiridos acha que o defeso deveria abranger outras espécies, entre as quais, o chicharro (*Selar crumenophthalmus*), a garoupa (*Cephalopholis taeniops*), o atum (*Thunnus sp.*) e o espadarte (*Istiophoridae sp.*). Já 44% respondem que não há necessidade de aplicar tais leis e 8% não tem opinião formada sobre o assunto.

Relativamente aos problemas que o sector da pesca artesanal enfrenta em Cabo Verde atualmente, 78% dos pescadores da comunidade da Palmeira considera que este se centra nos poucos recursos para execução da sua atividade e os restantes 22% referem a má gestão dos recursos, sendo apontados também a falta de câmara frigorífica e a fraca intervenção das autoridades no controlo da atividade piscatória. Por outro lado, apontam a poluição, os acordos de pesca entre Cabo Verde e a União Europeia e os elementos externos (instabilidade do clima), como fatores que afetam a pesca no Porto da Palmeira.

A questão dos problemas ambientais aparece como um dos aspetos que mais precisa de ser trabalhado neste grupo, pois mais de metade dos 56% dos inquiridos não têm

conhecimentos sobre o assunto. Alguns relatam as variáveis ambientais como fatores que interferem na pesca, como, por exemplo, o estado do mar (as marés) e o clima (condições do vento, bruma seca e chuva), impeditivas à realização da atividade ou, até mesmo, colocando em risco a vida e a saúde do pescador. O clima e a poluição do mar também foram apontados como fatores comprometedores da sua qualidade de vida e do pescado por provocarem dificuldades financeiras, principalmente quando impedem a atividade ou quando geram prejuízos para os ecossistemas marinhos, principalmente desequilíbrio ecológico.

No desempenho da sua atividade profissional, 93% dos inquiridos preocupa-se com a satisfação das gerações futuras e 7% diz que não. Usando a definição tradicionalmente adotada, o desenvolvimento sustentável é um desenvolvimento que deve responder às necessidades do presente sem pôr em risco as gerações vindouras.

A sustentabilidade ambiental da Terra está ligada diretamente a uma atitude de mudança de comportamento do ser humano no que diz respeito ao trato com a natureza. Nesse sentido, a dinâmica de exploração dos recursos naturais por parte das sociedades humanas requer cuidados no qual prevaleça a manutenção das espécies vivas da natureza. 82% dos inquiridos considera que estaria disposto a alterar alguns comportamentos, no desempenho da sua atividade, para que o recurso natural fosse preservado, enquanto que 11% refere que não e os restantes 7% não opinaram sobre tal atitude.

4. DISCUSSÃO

Os dados neste estudo indicam que a atividade da pesca é desenvolvida, na sua maioria, por homens com idade acima dos 35 anos, similar à encontrada nas outras ilhas. A média de idade dos pescadores a nível nacional é de 40 anos. No entanto, entre as ilhas, este valor varia entre os 37 e 43 anos. Em São Vicente recenseou-se o pescador mais velho de Cabo Verde (87) anos, e na ilha de Santiago o pescador mais novo com apenas 12 anos, enquanto as ilhas de Boavista e Maio são as que têm a média mais alta, 43 e 42 anos respetivamente (INDP, 2011).

Estes dados refletem o fato de os pescadores em atividade não serem jovens. Porém, pelo fato de a maioria deles pescar há mais de 20 anos, deduz-se que entraram jovens para a atividade de pesca. Portanto, a situação parece estar mudando atualmente, uma vez que poucos jovens estão se iniciando na pesca, o que pode ser um indício do declínio da atividade. Por outro lado, uma vez que a escolaridade é obrigatória até ao sexto ano, isso pode indicar ainda que a escola impede que os jovens comecem a atividade tão cedo.

Constatou-se que o valor recebido na atividade pesqueira não é suficiente para o sustento da família, sendo que os pescadores, na sua maioria, e respetivas mulheres se dedicam a outras atividades remuneráveis, nomeadamente vendedeiras ou empregadas de limpeza para complementar o rendimento da pesca. Além disso, constatou-se ainda que a falta de infraestruturas para armazenamento e transporte do pescado obriga muitos pescadores a venderem, o quanto antes, o seu produto.

Os pescadores procedentes de outras localidades passaram a residir na ilha principalmente porque constituíram família

ou porque procuravam novas oportunidades de trabalho geradas pelo turismo, pela pesca e pela sua opção profissional. Segundo Almeida *et al.* (2004), a nível do sector operam pescadores em dedicação exclusiva ou a tempo parcial. A pesca é uma alternativa durante os maus anos agrícolas.

Na atividade pesqueira cristaliza-se a divisão de género do trabalho. À semelhança de muitas outras comunidades piscatórias, espalhadas pelos cinco continentes, a maioria dos pescadores é constituída por homens que começaram a pescar com seus pais ou parentes, seguindo a tradição da família, aprendendo a pescar sozinho ou observando outros pescadores.

No tocante ao grau de escolaridade observado, um dos maiores problemas sociais que envolvem os pescadores artesanais do município poderá ser o alto índice de analfabetismo existente entre os integrantes desta profissão. Além do problema causado pela falta da educação escolar, a maior parte dos entrevistados possui apenas o ensino básico incompleto.

Apesar de muitos percalços na história de Cabo Verde, a instrução da população foi desde muito cedo reconhecida como uma das vias de ascensão económica e social e o analfabetismo, corretamente visto como um dos fatores fundamentais e determinantes da pobreza (INDP, 2001). Nesta ótica, o processo de instrução teve como estratégia abranger um cada vez maior número de pessoas nas idades pré-escolares e escolares, assim como, também, os adultos, através de programas específicos de alfabetização. Cabo Verde tem uma elevada cobertura escolar com uma taxa bruta de escolarização de 67% para mulheres e 82% para homens, em 2000 (INDP, 2001).

A maior parte das embarcações, 40,7%, foi encomendada, enquanto 37% foi comprada e 3,7% não souberam responder qual a forma de aquisição. Esses dados não diferem dos dados apresentados pelo INDP, que constatou que a maioria das embarcações das ilhas de Cabo Verde era de propriedade dos pescadores.

Depois de 1992, alguns projetos foram implementados em Cabo Verde e executados pelo INDP, com diferentes fontes de financiamento, sendo uma parte com recursos internos e outra com recursos da cooperação bilateral ou multilateral, tentando ambos a melhoria das condições de vida das comunidades piscatórias.

É predominante a arte de pesca com anzol e linha na localidade em estudo. Apesar de se utilizar as redes, espinhel e garrafas, a pesca com anzol e linha é um dos principais meios de subsistência em muitas comunidades piscatórias do país, confirmada por Almeida *et al.* (2004) como sendo a arte de pesca mais antiga praticada em Cabo Verde, e é comum em todas as comunidades piscatórias do arquipélago, representando 63% da captura artesanal e 93% do esforço da pesca artesanal.

De acordo com Medina (1995), as embarcações mais utilizadas na pesca artesanal são constituídas por pequenas embarcações em madeira, de boca aberta e com reduzida autonomia no mar, nomeadamente para atuar em pesqueiros distantes. É uma atividade essencialmente costeira (INDP, 2010).

Com a pouca autonomia no mar conferida pelas embarcações, 44 % dos entrevistados afirmam que pescam

no alto mar, 33% disseram que concentram suas pescarias a quilómetros da costa e 19% apenas atuam noutras ilhas.

Os pescadores dizem que não capturam peixe sempre nos mesmos pesqueiros. O que os norteia na escolha do local adequado para a pesca é a própria experiência, alegando que se tivessem aparelhos como GPS e sondas, seria uma ajuda, sabendo de antemão onde estavam os bancos de peixe.

Para Carvalho e Caramelo (1996), as espécies-alvo são os pequenos pelágicos como o charro-olho-largo (*Decapterus macarellus*), melão ou chicharro (*Selar crumenophthalmus*), podendo ainda aparecer nas capturas pequenos tunídeos. Corroborando tal teoria, os pescadores inquiridos afirmam que pescam outras espécies entre os quais, pequenos pelágicos como o charro-olho-largo, melão ou chicharro, gaiado (*Katsuwonus pelamis*), cachorrinha ou judeu (*Auxis thazard*), atum (*Thunnus albacares*) e outros tunídeos (albacora e serra). Também predominam nas capturas, os peixes demersais (garoupa, moreias, salmonete, charuteiro, sargos e chicharro), usando a cavala, a cachorrinha, o chicharro, e o olho-largo para a captura das espécies acima identificadas, mas afirmam que a produção obtida por pescaria varia, de acordo com o tipo de pescaria e o tempo da faina. Quando questionados relativamente à percepção sobre se se pescava mais ou menos do que antigamente, 78% refere que se pescava mais, 11% diz que era menos, 7% igual e 4% não souberam responder.

De acordo com Plano de Gestão de Recursos de Pesca (ver Almeida *et al.*, 2004), a pesca artesanal é uma atividade de grande tradição em todo o arquipélago, representando uma fonte importante de emprego e, para algumas ilhas, uma das bases produtivas fundamentais e eixo de desenvolvimento. A nível do sector, operam pescadores exclusivos e em tempo parcial, em que estes últimos provêm de outros ramos de atividade, os quais constituem, por vezes, uma alternativa durante os maus anos agrícolas.

É neste contexto que um dos objetivos últimos deste instrumento de pesquisa visa analisar a vida dos pescadores da localidade de Palmeira de modo a caracterizar a sua relação com a pesca enquanto fonte de emprego. A atividade piscatória é conhecida como uma vida dura, com rendimentos reduzidos. Assim, questionados sobre o modo de vida na pesca, 67% acha que é razoável enquanto 33% diz que é uma vida satisfatória.

No tocante às dificuldades vividas durante os anos de trabalho, 78% refere que pescam as mesmas espécies que antigamente contra 22% que acha que não. Cruzando os dados com Batista *et al.* (2009), em que os seus entrevistados dizem que a quantidade de peixes na comunidade tem diminuído de forma considerável e quanto ao tamanho dos peixes, os resultados indicam que 65% dos pescadores são da opinião que o tamanho das espécies tem diminuído.

No estudo de Batista *et al.* (2009) foi solicitada a opinião dos pescadores quanto ao desaparecimento de algumas espécies. Os resultados indicaram que 96% dos pescadores opinaram que algumas espécies desapareceram na comunidade. Do relato dos pescadores da Palmeira depreende-se que houve espécies que desapareceram enquanto se pescam algumas espécies que não abundavam anteriormente, entre os quais a bicuda, a façola (*Heteropriacantus cruentatus*), o sargo, o espadarte e o barbo (*Galeoides decadactylus*).

A ação do homem sobre o meio, a fim de saciar as suas

necessidades, principalmente alimentares, é uma das grandes causas da modificação do ambiente. Rapidamente os recursos naturais foram desaparecendo e por consequência, a qualidade de vida humana foi afetada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática pesqueira artesanal é uma das mais antigas atividades humanas desenvolvidas em áreas litorais.

Como se pode observar pelos resultados deste estudo, a existência da pesca artesanal na comunidade estudada assume um papel crucial na vida desses pescadores.

Os resultados apontados neste estudo demonstraram a fragilidade da pesca tradicional, bem como dos pescadores, dada a baixa expectativa dos pais em relação à sua continuidade e à desmotivação dos mais jovens em aderir a uma profissão cujos resultados financeiros e sociais não se apresentam como muitos atrativos.

Ao longo do estudo foi possível ainda perceber que, apesar de os pescadores saírem tão cedo para o mar e da vida árdua que levam, das incertezas do dia-a-dia, da escassez de pescado, muitos, por não terem conhecimento, ou porque acreditam que as causas dessa diminuição se devem apenas a outrem, não são capazes de melhorar os apetrechos, de ter alguma sensibilidade ambiental e acima de tudo de partilhar experiências, dificuldades e propor novos cenários.

Nesse sentido, e na posse dos dados analisados, podemos aferir que a relação existente entre os pescadores da comunidade da Palmeira, Ilha do Sal e o seu ambiente de trabalho se desenvolve baseado em saberes quotidianos, que lhes permitem ter um certo cuidado quanto ao uso e manejo dos recursos naturais marinhos. Desse modo a conceção deles acerca do cuidar do ambiente é permeada de saberes não-científicos e, por conta disso, muitos dizem “não ter qualquer conhecimento sobre os problemas ambientais”.

Convém ressaltar que a visível preocupação quanto à conservação dos recursos pesqueiros, ao uso de materiais de pesca inadequados e à captura de espécies em período de defeso revela um conhecimento particular dos pescadores, levando-os a uma inquietação sobre a forma errada de pescar, comprometendo, sem dúvida, o futuro daqueles que dependem dos recursos naturais marinhos e também a continuidade da atividade.

No geral, este estudo e a revisão bibliográfica preparatória do mesmo indicou que existem evidências de que a pesca em Cabo Verde e, principalmente, na Comunidade da Palmeira não tem ocorrido em moldes sustentáveis. Depois de identificadas as principais espécies piscatórias capturadas e de conhecer a dinâmica da vida dos pescadores, urge propor cenários de sustentabilidade para as pescas em Cabo Verde. É evidente que a implementação da redução da capacidade de pesca em Cabo Verde, quando o excesso da capacidade é um dos principais problemas que afligem os gestores de recursos pesqueiros, é uma política inaceitável, quando se verificam altas taxas de desemprego, tradição na atividade pesqueira e falta de alternativas sustentáveis nesta comunidade.

O governo de Cabo Verde tem poucas alternativas de estabelecer direitos de prioridade e redução de capacidade, devendo adotar medidas que visem a educação, políticas de crédito e uso de novas tecnologias. A educação precisa

ser o elemento emergente no processo de transformação para uma organização social entre esses pescadores, pois a sua ausência na atual conjuntura política e económica faz-se sentir na avaliação dos custos de produção e nos níveis de qualidade de vida dessas comunidades. A educação e a organização dos pescadores, bem como a descentralização e a gestão participativa dos recursos pesqueiros são condições fundamentais para a sustentabilidade da pesca.

A recomendação deste estudo é no sentido de que os órgãos governamentais estudem as comunidades piscatórias das nove ilhas habitadas, de modo a que ampliem as políticas voltadas para o incentivo à pesca artesanal, com financiamentos a juros baixos, que possibilitem a esse grupo um melhor equipamento para o armazenamento do pescado, a implementação de tecnologias de cultivo de peixes em cativeiro, e criação de um amplo programa de educação ambiental, que oriente as populações quanto à preservação dos seus recursos naturais, com vista à sua sustentabilidade.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, J.T.; Correia, M.A.; Pastor, O.T.; Barros, T.P. (2004) - Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente. Documento Síntese. 34 p., Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas. Praia, Cabo Verde. Disponível em <http://www.governo.cv/documents/PANAII-sintese-final.pdf>
- Baptista, A.J.; Gominho, V.C.; Varela, A.S.; Tavares, V.H.; Lopes, H.G. (2009) - Percepção dos pescadores sobre a evolução do estoque de recursos pesqueiros da ilha de Santiago. 470. Congresso da SOBER, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Brasília, DF, Brasil. Disponível em <http://www.sober.org.br/palestra/13/861.pdf>
- Carvalho, M.E.; Caramelo, A.M. (1996) - Avaliação do estado da pescaria da cavala preta e do chicharro. *Investigação e Gestão haliêuticas de Cabo Verde*, pp.144-154, INDP - Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde.
- Deslandes, S.F. (2004) - La construcción del proyecto de investigación. In: Maria Cecília de Souza Minayo (Org.), *Investigación social. Teoría, método y creatividad*, 1ª ed., pp.25-39, Lugar Editorial, Buenos Aires, Argentina. ISBN: 9789508921710
- Diegues, A.C. (1999) - A sócio-antropologia das comunidades de pescadores marítimos no Brasil: A pesca e os pescadores no Brasil, *Etnográfica* (2182-2891), III (2):361-37, Centro em Rede de Investigação em Antropologia, Lisboa / Braga, Portugal. Disponível em http://ceas.iscte.pt/etnografica/docs/vol_03/N2/Vol_iii_N2_361-376.pdf
- González, J.A.; Tariche, O. (eds.) (2009) - *Um olhar sobre a biodiversidade marinha e bases para a sua gestão sustentável. Potenciais recursos pesqueiros de profundidade de Cabo Verde / Una mirada sobre la biodiversidad marina y bases para su gestión sostenible. Recursos pesqueros potenciales de profundidade de Cabo Verde*. 176p., Fundación Universitaria de Las Palmas, Las Palmas de Gran Canaria, Espanha. ISBN: 978-8469241936. Disponível em http://issuu.com/oceanografica/docs/bioverde_por / <http://issuu.com/oceanografica/docs/bioverdeEsp2>

- Goodman, L.A. (1961) - Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics* (ISSN: 0003-4851), 32(1):148-170, Institute of Mathematical Statistics, Beachwood, OH, U.S.A. Article Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2237615>
- INDP (1999) - *Boletim Estatístico. Dados sobre a Pesca Artesanal, Pesca Industrial, Conservas e Exportação*. 89 p., INDP - Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde. *Não publicado*.
- INDP (2008) - *Censo da Frota da pesca Artesanal 2005*. 75p., INDP - Instituto Nacional Desenvolvimento das Pescas, Divisão de Estatística, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde. *Não publicado*.
- INDP (2010) - *Estatística das Pescas, 2008. Dados sobre a Pesca artesanal. Pesca Industrial. Conservas e Exportação*. 75 p., INDP - Instituto Nacional Desenvolvimento das Pescas, Divisão de Estatística, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde. *Não publicado*.
- INDP (2011) - *Estatística das Pescas 2009. Dados sobre a Pesca artesanal. Pesca Industrial*. 75 p., INDP - Instituto Nacional Desenvolvimento das Pescas, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde. *Não publicado*.
- INDP (2012) - *Relatório de principais resultados do censo geral da frota de pesca artesanal, industrial/semi-industrial de ano 2011*. 16p., INDP - Instituto Nacional Desenvolvimento das Pescas, Divisão de Estatística, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde. *Não publicado*.
- Medina, A. (1995) - *Le système statistique des pêches artisanales dans l'Archipel du Cap-Vert: Typologie des Ports et estimations des débarquements quotidiens*. 180 p., Thèse de maîtrise, Université du Québec à Rimouski (UQAR), (Rimouski, QC, Canadá. *Não publicado*.
- Merino, S. (2005) - O papel do INDP na Gestão Sustentável da Biodiversidade Marinha. VII Reunião Ordinária do Concelho Científico, pp.221-229, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde. *Não publicado*.
- Morin, E. (2011) - *O método 3: conhecimento do conhecimento*. 4ª ed., 286 p., [Tradução para português do original francês, de 1986, por Juremir Machado da Silva] Editora Sulina, Porto Alegre, RS, Brasil. ISBN: 978-8520502204.
- Thiollent, M.J.M. (1988) - *Metodologia da pesquisa-ação*. 4. ed., 108 p., Editora Cortez, São Paulo, SP, Brasil.
- Tariche, O.; Correia, M.A.; Cruz, E.; Fonseca, A. (2012) - *O defeso da cavala preta: Causas, impactos e alternativas*. 18 p., INDP - Instituto Nacional Desenvolvimento das Pescas, Mindelo, São Vicente, Cabo Verde. Disponível em http://portaldokonhecimento.gov.cv/bitstream/10961/1525/1/A_Cavala%C2%B4s%20paper.pdf



http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-424_Seixas.pdf | DOI:10.5894/rgci424

Percepção de pescadores e maricultores sobre mudanças ambientais globais, no litoral Norte Paulista, São Paulo, Brasil *

Perception of fishermen and shellfish producers on global environmental changes in the Northern Coast of São Paulo State, Brazil

Sônia Regina da Cal Seixas^{@,1,2}, João Luiz de Moraes Hoeffel³, Michelle Renk²,
Benedita Nazaré da Silva³, Fábio Bueno de Lima⁴

RESUMO

As mudanças ambientais globais envolvem alterações no clima e nos sistemas ecológicos, incidem nos ciclos naturais, determinando prejuízos à infraestrutura, às atividades econômicas, sociais e à saúde humana, afetando, principalmente, as populações mais vulneráveis. Hoje, estima-se que as zonas costeiras são as regiões que mais sofrerão esses impactos, com efeitos diretos na economia e no cotidiano de suas comunidades. Fenômenos como o aumento de temperatura, do nível dos oceanos e da salinidade, eventos extremos, perdas das áreas de várzea e manguezais costeiros, aliados à ocupação desordenada do solo, pela construção de grandes empreendimentos tecnológicos e por turismo de massa, poderão afetar diretamente essas regiões. Estudar o Litoral Norte Paulista se justifica porque este tem sofrido impactos decorrentes das mudanças ambientais globais e porque suas comunidades expressam forte vulnerabilidade socioambiental. O objetivo deste artigo é verificar a percepção dos pescadores artesanais da praia da Cocanha/Caraguatatuba, Litoral norte paulista, Brasil, por meio de entrevistas semiestruturadas e da observação direta de seu cotidiano, para averiguar, através dessa metodologia, sua percepção sobre a variação da temperatura do mar, sobre o volume de chuvas e sobre a imprevisibilidade das condições climáticas em geral. A análise dos dados, provenientes das entrevistas com os pescadores artesanais, sobre sua percepção sobre os impactos dessas mudanças, contribuirá para o melhor entendimento da vulnerabilidade e dos riscos aos quais estão submetidos, e a sua relação intrínseca com as mudanças ambientais globais sofridas.

Palavras-chaves: vulnerabilidade; empreendimentos tecnológicos; turismo; Caraguatatuba; Praia da Cocanha.

ABSTRACT

Global environmental changes involve changes in climate and ecological systems, on natural cycles, causing damages to infrastructure, to economic and social activities and to human health, affecting populations in various parts of the planet, mainly the more poor and vulnerable populations, and those that are subjected to precarious general services and environmental urban infrastructure. Today, it is estimated that coastal

@ - Corresponding author – e-mail: srcal@unicamp.br

1 - Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPAM)/Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.

2 - Universidade Estadual de Campinas, Doutorado Ambiente e Sociedade/NEPAM, São Paulo, Brasil.

3 - Núcleo de Estudos em Sustentabilidade e Cultura, Faculdades Atibaia (NESC/FAAT), Atibaia, São Paulo, Brasil.

4 - Moinho d'Água Treinamentos, São Paulo, Brasil.

areas are the regions that will most suffer these impacts, with direct effects on the economy and daily life of their communities. Simultaneously to the observation of increasing problems, there is great progress in research on global environmental change, where the human dimensions have been prioritized. This task, however, has been a major challenge today. The construction and history of the concept of global and urban environmental change have occurred mostly in recent decades, from a perspective of human dimensions, including systemic changes that operate globally through the major systems of the geosphere-biosphere, while that cause cumulative changes in both the global and local perspective, and should be considered across different spatial scales. Phenomena such as increased temperature, sea level and salinity, extreme events, loss of floodplains and coastal mangroves, connected with disorderly soil use, the construction of large technological developments and mass tourism, may directly affect these regions. To understand this approach and the “locus” where our thinking is inserted is important to consider that the contemporary world is undergoing an interaction of two major global processes: climate change and economic globalization. Thus, it is believed that the globalization of economic processes that promote large impacts, and climate change associated with them are the great challenge of this century, due to the changes that may originate and can cause damage to the economic and social systems, human health and quality of life. Thus, studying the North Coast Paulista is justified because this area is suffering impacts of global environmental change and because their communities express strong socioenvironmental vulnerability. The choice of Cocanha beach, located in the northern area of Caraguatatuba, São Paulo, Brasil, is justified by being a good example of changes that have occurred in the region, and because this municipality is considered the gateway to the northern coast of São Paulo State. Cocanha, as well as other beaches in the region, has suffered strong influence of tourism and a growing process of land use, which occurred from the 1950s, with the opening of Highway Tamoiós (SP -099), which connects the Northern Coast of São Paulo State to the industrialized Vale do Paraíba, combined with improvements in regional infrastructure that arise from the project to expand São Sebastião Harbor. In addition the beach of Cocanha has great relevance to the region in terms of tourism and economy, since it is characterized as the largest producer of mussels of the State of São Paulo. The purpose of this article is to verify the perception of fishermen that work at this beach, through semi-structured interviews and direct observation of their daily lives, to ascertain, through this methodology, their perception on the sea temperature variation, on the rainfall and on the unpredictability of the weather in general. This methodological choice is justified because there is a tradition of research where the perception of fishermen and traditional knowledge of fishing communities, even if realized using different theoretical approaches and methodologies, represent an inexhaustible source of knowledge and reference information on various aspects, and can help to allow a broader understanding of the reality of the use of natural resources, as well as important evidence about the study area. And in many situations this perception and knowledge may influence in planning, adaptation and mitigation for numerous situations of risk and social vulnerability, that many of these populations are subjected. In interviews with fishermen, it became clear the perception they have on the temperature variation of seawater over time, increased rainfall and unpredictable climatic conditions, which are perceived as the major interference in their activities, both fishing and shellfish culture, showing to them a decrease in their fish production. The analysis of data from interviews with fishermen, on their perceptions of the impact of these changes may contribute to a better understanding of the vulnerability and the risks to which they are subjected, and its intrinsic relationship with the global environmental changes suffered, as well as for the indication and formulation of public policies that can mitigate the problems highlighted.

Keywords: vulnerability; technological development; tourism; Caraguatatuba; Cocanha Beach.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se observado um grande avanço nas pesquisas sobre mudanças ambientais globais, em que as dimensões humanas têm sido priorizadas. Autores como Muller & Jacobson (1992) já apontavam, em 1992, que, como as pesquisas vinham avançando, mudanças nas escalas de tempo e espaço também passariam por alterações significativas, fazendo com que as Ciências Sociais, por exemplo, passassem a organizar novas estruturas institucionais para conduzir e coordenar esse tipo de pesquisa e, conseqüentemente, oferecer novos arcabouços teóricos e metodológicos¹. Essa tarefa, no entanto, tem sido um grande desafio até hoje. Contudo, a construção e a trajetória do conceito de mudanças ambientais globais e urbanas têm ocorrido de forma singular. Nos anos 1990, Turner II *et al.* (1990:14) descreveram que mudança ambiental global, a partir de uma perspectiva das dimensões humanas, inclui

alterações sistêmicas que operam globalmente através dos principais sistemas da geosfera-biosfera, ao mesmo tempo em que provocam mudanças cumulativas tanto no plano global quanto local, e deve ser considerada através de diferentes escalas espaciais.

Para a compreensão dessa abordagem e do “locus” onde nossa reflexão está inserida, é importante considerar O’Brien & Leichenko (2002), que, de forma determinante, afirmam que o mundo contemporâneo está submetido a uma sinergia de dois grandes processos globais: mudanças climáticas e globalização econômica. Para os autores, ambos os processos envolvem mudanças de longo prazo que terão impactos diferenciais em todo o mundo. Os autores afirmam, no entanto, que essas duas questões, que chamam de “dupla exposição” (p. 227) – ou, no nosso entender, vulnerabilidade e riscos –, não são, em geral, tratadas em conjunto. Para eles, “dupla exposição” refere-se ao fato de que certas regiões, setores, ecossistemas e determinados grupos sociais serão confrontados tanto pelos impactos das mudanças climáticas quanto pelas conseqüências da globalização.

Na nossa compreensão, a globalização dos processos econômicos, que promovem grandes impactos, e as mudanças climáticas a eles associadas são o grande desafio do século XXI, pois envolvem alterações no clima, nos sistemas

1 - Para uma ampla e importante abordagem sobre o desenvolvimento desse processo, reportamos o leitor para Miller, R B and Jacobson, H K. Research on the human components of global change. Next steps. Global Environmental Change, September 1992: 170- 182.

ecológicos e incidem sobre a infraestrutura existente e os ciclos naturais, podendo provocar prejuízos às atividades econômicas, sociais, à saúde humana e à qualidade de vida, afetando as populações de várias partes do planeta, mas de forma mais intensa as populações mais pobres e que estão submetidas a serviços e infraestruturas ambientais urbanas mais precárias (Turner II *et al.*, 1990; Giddens, 2010; Kotir, 2010; Min *et al.*, 2011; Patz *et al.*, 2007).

A literatura científica tem evidenciado que eventos extremos (secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades) têm afetado de forma diversa o planeta, causando perdas econômicas e humanas e comprometendo a biodiversidade, provocando aumento médio no nível do mar e impactos na saúde, agricultura e geração de energia hidrelétrica (Abraham *et al.*, 2013; Oven *et al.*, 2012; Fuchs *et al.*, 2011; Marengo & Valverde, 2007; Mendonça, 2005).

No entanto, há também forte evidência de que as regiões costeiras serão as mais impactadas por variações climáticas. Trabalhos como os de Adger & Kelly (2005), Marengo (2006), Nicolodi & Petermann (2010), Delicado *et al.* (2012) e Sherbinin *et al.* (2007) já vêm alertando para essa situação, inclusive na dimensão de “dupla exposição” (apresentada por O’Brien & Leichenko, 2002: 227), na medida em que alguns desses impactos afetarão diretamente a economia e o cotidiano das comunidades dos municípios litorâneos, principalmente aquelas onde a vulnerabilidade ambiental e social já se fazem presentes.

Como destacaram Dias *et al.* (2009), mais de 50% da população mundial vive no entorno de 60 km do litoral, competindo em uma estreita faixa de costa por recursos naturais e terra, e esse tipo de situação demanda novos interesses, como a convivência de atividades tradicionais com novas demandas econômicas (existência e ampliação de atividades portuárias, turismo de massa, interesses econômicos, como o imobiliário, por exemplo), novos conflitos e pressões passam a existir e, muitas vezes, criando grandes entraves para a conservação ambiental. Essa realidade fica mais impactada quando se percebe que, no caso brasileiro, até 2010, não havia um estudo de vulnerabilidade da costa brasileira para os impactos decorrentes de mudanças climáticas em escala nacional, e, assim mesmo, os dados disponíveis não eram suficientes para a elaboração de cenários de impactos nas zonas costeiras advindos de mudanças climáticas (Nicolodi & Petermann, 2010:175).

Ao mesmo tempo, Nicolodi & Petermann (2010) ressaltam que já existe um cenário positivo no fato de algumas pesquisas científicas terem se voltado para regiões onde a vulnerabilidade social e os riscos de impactos climáticos se fazem mais presentes. Em tais regiões, a baixa altitude, o forte contingente populacional, amplas carências sociais e complexas redes tecnológicas, que favorecem a vulnerabilidade e os riscos e aumentam o grau de impacto, devem ser prioridade tanto de pesquisadores quanto do Poder Público.

As consequências com maior grau de previsibilidade para as regiões litorâneas são as perdas das áreas de várzea e manguezais costeiros e o aumento dos danos causados por inundações no litoral, derivados da combinação entre a elevação do nível do mar e o desenvolvimento humano com ocupação desordenada do solo (Solomon *et al.*, 2007). E,

ainda segundo outros autores, fenômenos como o aumento de temperatura e do nível dos oceanos, salinidade, acidificação dos mares e o aumento de eventos extremos (Bindoff & Willebrand, 2007; Neves & Muehe, 2008; Nicolodi & Petermann, 2010; Abraham *et al.*, 2013). Outras pesquisas científicas ilustram essa problemática, tais como as realizadas por Adger & Kelly (2005), Confaloniere (2005), Marengo (2006), Sherbinin *et al.* (2007), Delicado *et al.* (2012), Egler & Gusmão, *in press* e Bitencourt & Rocha, *in press*.

As pesquisas no Litoral Norte que temos conduzido são um exemplo desse alerta que temos procurado oferecer (Seixas *et al.*, 2010; 2011; 2012; Botterill *et al.*, 2013), pois, considerando as características do litoral norte paulista, como elevada concentração demográfica, urbana e econômica, e o incremento de megaprojetos tecnológicos, acredita-se que a ocorrência e a intensificação dos impactos das mudanças climáticas afetará direta e indiretamente as atividades econômicas regionais, principalmente aquelas ligadas à pesca e à maricultura.

Outra questão a considerar nesta área de estudo são os impactos socioambientais do turismo. O turismo, se não for bem planejado, pode provocar, ou mesmo dinamizar, alterações ambientais e o agravamento da exclusão social (Cooper *et al.*, 2002; Ruschmann, 2006; Coriolano, 2008). O turismo, na visão de Honey (2010), depende da apropriação e exploração da natureza e das sociedades locais, podendo gerar a degradação ambiental e sociocultural de forma expressiva através da utilização não-sustentável de suas fontes de matérias-primas e posterior transferência para outros locais de exploração.

Observam-se, dessa forma, diversos aspectos negativos, como o não envolvimento das comunidades locais nas decisões e na renda gerada, a desvalorização de características culturais, a degradação dos aspectos naturais, a criação de imagens incompatíveis com a realidade social e, sobretudo, a padronização dos lugares. Todos esses impactos têm como questão central a ocupação, construção e redefinição do espaço turístico.

Nesse contexto, ressalta-se a necessidade de ser o planejamento turístico uma contribuição para o planejamento do lugar e da vida daqueles que lá permanecem, adequando-se à realidade preexistente no cotidiano do lugar. Por essa razão, na medida em que o planejamento da atividade turística estiver preocupado apenas em converter lugares em atrativos, será difícil eliminar o caráter artificial que se observa nos destinos turísticos.

Assim, muitos dos problemas apontados como impactos negativos do turismo estão associados ao processo de transformação da “natureza do lugar” em favor da construção do “lugar do turismo”. Dessa forma, ressalta-se a importância de planejamentos turísticos participativos que envolvam o Poder Público, a iniciativa privada e, em especial, as comunidades locais e que promovam a melhoria da qualidade de vida, a valorização dos aspectos socioambientais e o fortalecimento da identidade local (Krippendorf, 2000; Machado *et al.*, 2009).

Segundo Mendonça (2006), na formação dos centros turísticos, a população nativa é, em geral, afastada de seu local de moradia e de atividade de origem. Isso se dá das mais diversas formas, seja fisicamente, vendendo sua terra e

deslocando-se para outro lugar, seja participando de forma marginal da economia, seja desprezando seus próprios valores culturais e adotando os novos trazidos pelos turistas (Mendonça, 2006).

Souza *et al.*, (2008) apresentam análises semelhantes em seu trabalho sobre o desenvolvimento turístico na zona Costeira do Ceará, Brasil, e, mais especificamente, no município de Paracuru, e ressaltam que são poucos os casos em que a atividade turística ocorre de forma compatível com a preservação dos recursos naturais e socioculturais. Segundo os autores, o mau uso do solo e o processo desordenado de ocupação na área por eles analisada não se deram de forma harmônica, levando a eventos adversos que vão desde a descaracterização da cultura popular local até processos erosivos.

A criação de Unidades de Conservação tem auxiliado na proteção e preservação dos recursos naturais da zona costeira e indicam medidas para o uso sustentável e para o desenvolvimento da região que auxiliem na minimização dos impactos socioambientais observados. Coriolano *et al.*, (2008) e Coriolano (2008) também analisam, em seus trabalhos, a relação do turismo na região costeira do Ceará com a exclusão social e seus impactos sobre as comunidades tradicionais, o que torna insustentável, em alguns casos, esta atividade.

O trabalho de Coriolano *et al.*, (2008) indica que as comunidades pesqueiras litorâneas não têm sido incluídas no desenvolvimento do turismo do Estado do Ceará de forma justa, o que tem sido um grave problema no litoral. Devido ao avanço da especulação imobiliária, as populações tradicionais moradoras das áreas litorâneas têm sido expulsas para áreas periféricas da Grande Fortaleza, fato que se acentua, também, em função de deslocamentos compulsórios determinados por novos usos e apropriações.

Nessa perspectiva se insere a área de estudo deste trabalho, o litoral norte paulista e, em especial, o município de Caraguatatuba, que tem passado por um acelerado processo de transformações socioambientais que resultam em uma elevada expansão demográfica e urbana, um expressivo processo turístico desordenado e o incremento significativo de megaprojetos tecnológicos, além da intensificação dos impactos das mudanças ambientais globais. No conjunto, a interação desses processos se reflete tanto num processo de degradação pessoal e coletivo quanto ambiental.

2. METODOLOGIA

Na medida em que as pesquisas realizadas são assumidas e marcadamente interdisciplinares, com interface com a sociologia ambiental, a psicologia social, o planejamento ambiental e também com as ciências naturais, dentre as mais expressivas², o interesse dos autores neste artigo é abrir

um diálogo com outros interlocutores que se preocupam marcadamente com a gestão integrada da costa. Assim, em alguns momentos diferenciados, referenciais das mesmas pesquisas já foram publicados e ou apresentados em Congressos Internacionais (*e.g.*, Seixas *et al.*, 2011; 2012) e propiciaram aos autores principais um diálogo fundamental para o avanço das pesquisas.

Os projetos incidem nos quatro municípios do litoral norte do Estado de São Paulo, mas esse artigo é estimulado a partir de uma análise aprofundada sobre a percepção dos pescadores e maricultores da praia da Cocanha, no município de Caraguatatuba, no que diz respeito a mudanças ambientais globais e seus possíveis impactos na atividade pesqueira da região. Para tanto, foram realizadas observação direta da realidade dos pescadores e suas famílias, conversas informais durante o período em que se encontravam na atividade na praia e, a partir desses primeiros contatos, foram realizadas 13 entrevistas semiestruturadas, com uma amostra escolhida aleatoriamente entre os pescadores e maricultores, vinculados à Associação dos Maricultores e Pescadores da Coconha (MAPEC) e que se dispuseram a conversar com os pesquisadores, no período de novembro de 2009 a fevereiro de 2011.

As entrevistas foram compostas por perguntas abertas procurando obter uma prévia dos fatores que possam estar envolvidos na interface entre as mudanças ambientais globais e a atividade de pesca, de acordo com a percepção desses trabalhadores. A estrutura das entrevistas foi orientada por quatro temas centrais: 1. Dados gerais de Identificação do pescador (local de nascimento; local de moradia; idade e tempo de prática na atividade); 2. Como era a atividade no passado; 3. Como é a atividade no presente e 4. O que eles percebem que mudou e que provocou a mudança. Além das entrevistas, foi visitada a Ilha da Cocanha e a fazenda de cultivo de mexilhões. As entrevistas foram integralmente transcritas e sistematizadas a partir do software NVIVO8.

Acreditamos e compartilhamos essa perspectiva com Delicado *et al.* (2012), quando ressaltam que “*os pescadores que vivem na e da costa têm uma visão privilegiada das mudanças costeiras e, em resultado da sua atividade, detêm um conhecimento que, apesar de não ser técnico, se baseia na experiência e é específico do local*” (Delicado *et al.*, 2012:437). E, desta forma, o que se pode afirmar como resultado é que os pescadores revelam um conhecimento importante e específico sobre mudanças ambientais significativas, que estão ocorrendo na praia da Coconha e que têm modificado a paisagem da praia e interferido nos recursos naturais e em suas atividades de trabalho.

2.1. Considerações acerca da área de estudo: Praia da Cocanha, Caraguatatuba, Litoral Norte Paulista.

A praia da Cocanha está localizada na porção norte de Caraguatatuba, limitada no eixo norte-sul pelas praias Mococa e Massaguaçu (Figura 1). O município é considerado o *portal de entrada* para o litoral norte paulista (Figura 2) e, assim, a Cocanha, bem como outras praias da região, tem sofrido forte influência do turismo e de um processo crescente de ocupação do solo, que se deu a partir da década de 1950, com a abertura da Rodovia dos Tamoios (SP-099), que liga

2 - O conjunto de pesquisas que possibilita este artigo são, a saber: Urban growth, vulnerability and adaptation: social and ecological dimensions of climate change on the coast of São Paulo (FAPESP nº 2008/58159-7), Mudanças ambientais globais, vulnerabilidade, risco e subjetividade: um estudo sobre o Litoral Norte Paulista (FAPESP nº. 2010/20811-5) e Energia e Qualidade de Vida no Litoral Norte Paulista (FAPESP nº. 2011/20803-5).



Figura 1. Litoral do Estado de São Paulo.

Figure 1. Coast of São Paulo State.

o Litoral Norte ao Vale do Paraíba, aliada a melhorias na infraestrutura regional provenientes da obra de ampliação do Porto de São Sebastião (Souza, 2009).

A praia da Cocanha possui grande relevância para a região em termos turísticos e econômicos, uma vez que é caracterizada como a maior produtora de mexilhões do Estado de São Paulo, com cerca de 30 toneladas/ano (Marques *et al.*, 2008). De acordo com Marques *et al.* (2008: 87), a mitilicultura na Praia da Cocanha teve início em 1989, através de um processo de capacitação dos pescadores, promovido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com assessoria do Instituto de Pesca (SP) e da Associação dos Maricultores do Estado de São Paulo - AMESP (Marques *et al.*, 2008; Prado, 2001). Posteriormente, em 2000, a MAPEC foi fundada e, em 2008, contava com cerca de 40 associados, entre pescadores e maricultores, membros da comunidade local. Apesar de sua importância no cenário nacional como produtora, vale ressaltar que a produção varia muito de ano para ano, pois são poucos os produtores que se dedicam de forma exclusiva e continuada à mitilicultura (Marques, *et al.*, 2008).

Na observação direta que foi realizada pelos autores no período da pesquisa, percebe-se que, em 2009, a Associação

contava com um total de 40 associados e 35 em 2011. No primeiro momento, 37,5% dos entrevistados dedicam-se à mitilicultura. A porcentagem de maricultores subiu cerca de 5% em 2011, devido à diminuição de pescadores associados. Nota-se que o número de associados sofreu, ao longo do tempo, inúmeras variações para mais ou para menos, no entanto essa média tem sido predominante, e o universo dos entrevistados representa 32% desse total.

Sobre a maricultura, vale destacar que sua importância econômica no Brasil é recente e, atualmente, bastante difundida em todo o litoral brasileiro, demonstrando-se economicamente viável e uma forma de gerar empregos e renda, principalmente para moradores locais, que já têm repertório de desenvolvimento de trabalho no mar (Silvestri *et al.*, 2011). Mas, para se ter uma ideia da importância econômica do setor, Boscardin (2008) aponta que a produção mundial da aquicultura em 2004 foi de 59 milhões de toneladas, com uma geração de renda de aproximadamente US\$ 70,3 bilhões. A China foi a líder na produção, com 70% (41,3 milhões de toneladas) do total e 51% (US\$ 36 bilhões) da geração de receitas. A produção aquícola e pesqueira brasileira alcançaram, no ano de 2004, um volume de 1.015.916 toneladas, participando com 26,5%



Figura 2. Praia da Cocanha.

Figure 2. Cocanha Beach.

(269.697,50 toneladas) na produção total do Brasil, gerando US\$ 965.627,60 (Boscardin, 2008: 27).

Em 2004, a produção de moluscos representou 4,8% da produção aquífera brasileira. Desse total, 79,5% são representados pelo cultivo da espécie *Perna perna*, nativo, seguido pelo de ostras, com 20,5%, gerando receitas de US\$ 9,3 milhões naquele ano (Boscardin, 2008). O Estado de Santa Catarina, no mesmo ano, foi responsável por 94,5% da produção do ano, enquanto o restante (5,5%) é distribuído nos estados do Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro (Boscardin, 2008).

De acordo com os maricultores da Cocanha, o cultivo de mexilhões é realizado no parque aquícola da Ilha da Cocanha (ver figura 1), em uma área aproximada de 62.000m², com 5m a 8m de profundidade, abrigando nove cultivos em operação em 2009, sendo que a capacidade total é de 11 cultivos (Silvestri, 2009; Sinau, 2009). O cultivo é dividido em ciclos com duração de 8 a 9 meses, sendo esta produção intensificada nos meses de novembro a janeiro devido à demanda do período de temporada de verão (Silvestri, 2009).

No Estado de São Paulo, o cultivo de mexilhões é realizado de forma semi-artesanal, por famílias tradicionais e comunidades de pescadores, empregando mão-de-obra familiar (Manzoni, 2004; Josupeit, 2005; Marques *et al.*, 2008; Ostrensky; Boeger, 2008; Ostrensky *et al.*, 2008). Para Fagundes *et al.* (2004), a mitilicultura surge como alternativa de renda para comunidades que vivem da pesca e que possam permanecer em seus locais de origem, diante do declínio dos estoques pesqueiros, consequentes da pesca predatória e da poluição.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

3.1. Breve perfil demográfico dos entrevistados

Apesar de nossa estratégia metodológica indicar uma escolha aleatória dos entrevistados pertencentes à MAPEC, é sabido que toda escolha tem um suporte que a orienta, e, no caso específico desta pesquisa, era fundamental que morassem na região e que tivessem um tempo significativo de prática na atividade pesqueira. Assim, no trabalho de campo, ficou evidenciado que a maior parte dos pescadores e maricultores nasceram e residem na região (80%), apresentam tempo

médio de atividade de 19 anos e faixa etária de 34 a 54 anos. Outro aspecto importante observado é que as famílias participam intensamente do trabalho, principalmente esposas e irmãos, que contribuem, especialmente, na limpeza dos mexilhões. Sobre este aspecto, Pestana *et al.* (2008) salientam que a aquicultura, no geral, apresenta grande potencial de absorção de mão-de-obra e geração de renda, mas não de gerar empregos. Sobre esse aspecto, os autores ressaltam que a coleta de informações sobre a geração de empregos na aquicultura brasileira é pouco eficiente, pois o único censo foi realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2000 e baseou-se, exclusivamente, nos produtores que declararam ter na aquicultura sua atividade econômica principal, o que não necessariamente representa o conjunto dos trabalhadores da atividade (Pestana *et al.*, 2008:131). Essa questão foi observada na Cocanha através do elevado número de pessoas que consideram o cultivo de mexilhões como renda complementar, fato esse já explorado sob outros aspectos em Seixas *et al.* (2011).

3.2. A relação dos pescadores e maricultores com sua atividade produtiva

Os pescadores e maricultores da região de estudo, organizados em sua Associação – MAPEC, atuam estruturados em um rancho localizado na praia, que conta com 22 boxes e um galpão central, para auxiliar na guarda do material e de embarcações utilizadas na atividade da pesca e maricultura e na venda dos produtos. No começo das atividades da produção de mexilhões, na praia da Cocanha, a comercialização do produto era realizada, em sua maioria, através de compradores diretos, turistas e para consumo na praia e em restaurantes, sendo nesse início bastante incipiente, segundo os relatos; contudo, atualmente, a procura ultrapassa a produção. Os entrevistados atribuem esse crescimento do mercado local ao festival do mexilhão, realizado com incentivo da Prefeitura Municipal, que, em 2010, realizou sua nona edição e contou com oito mil participantes e quatro mil quilos de mexilhões consumidos (Almeida, 2010).

Apesar de reconhecerem que o mercado consumidor do mexilhão na região aumentou, as informações sobre o perfil de fonte de renda dos entrevistados demonstra que apenas um pescador (entrevistado 6) possui sua renda exclusiva na pesca, enquanto três maricultores possuem a mitilicultura como única atividade. Assim, 69% dos entrevistados possuem renda complementar, seja na prática da pesca aliada à maricultura ou em trabalhos em outros segmentos, como prestação de serviços gerais. Importante destacar que em nenhum momento perguntou-se diretamente qual o significado monetário da palavra *renda* (ou *viver da renda*, ou *renda complementar*), porque, no Brasil, esse assunto ainda é tabu, principalmente entre aqueles profissionais que realizam atividades informais do mercado de trabalho. A opção dos autores é sempre manter o distanciamento adequado e respeitoso ao *tabu*, para não causar constrangimentos aos entrevistados.

Durante as pesquisas de campo, consolidadas pela observação direta da vida comunitária e pela realização das entrevistas, que possibilitaram contato direto com os pescadores e os membros de suas famílias, foi possível

observar que o ofício de pescador, historicamente passado de geração a geração, atualmente, desperta pouco interesse entre seus filhos, ou mesmo tem sido pouco estimulado para seus descendentes, fazendo com que optem e procurem exercer outras atividades também realizadas na praia, como, por exemplo, bombeiro e salva vidas. Interessante observar, também, que em algumas entrevistas foram observados os termos *hobby* e *esporte*, vinculados à atividade, como que a ressaltar que consideram a dificuldade de sobreviver apenas com a renda da pesca e esperam que seus filhos procurem outras atividades profissionais mais seguras e rentáveis.

Outro ponto evidenciado é que a pesca é citada por 71% dos entrevistados como atividade complementar (considerando apenas aqueles que desenvolvem uma segunda fonte de renda), frente a 28,5% atribuídos à maricultura, que começou a ser desenvolvida há duas décadas no local. Aliando-se os fatores expostos, como a baixa quantidade de trabalhadores associados ativos, pouco incentivo das novas gerações e percepção da pesca como renda complementar, pode-se sugerir uma desconstrução da pesca enquanto atividade econômica rentável, capaz de gerar sustento para as famílias que dela dependem. Interessante confrontar esse aspecto, que, aparentemente, pode sugerir exclusivamente uma desvantagem econômica da atividade, mas que, no dizer de Rocha *et al.* (2012), é apontado como uma vantagem social, pois é uma atividade que possibilita agregação de novas fontes de renda, uma vez que a pesca artesanal pode não garantir o sustento integral das famílias envolvidas nessa atividade.

Ao buscar as possíveis causas dessa desconstrução, verificou-se nas falas que não se trata de pouco valor econômico atribuído ao pescado, ausência de mercado consumidor, nem de vontade de exercer a atividade, mas, principalmente, a diminuição dos estoques pesqueiros. E, mais uma vez, Rocha *et al.* (2012) nos indicam que esse aspecto não é somente local, como pudemos observar na praia da Cocanha, mas é, também, global. De acordo com os autores, muitas comunidades ao redor do planeta encontram-se na exclusiva dependência da pesca artesanal, embora a atividade venha, ao longo dos anos, sofrendo com a escassez de recursos pesqueiros, bem como com a exclusão do acesso ao exercício da atividade (Rocha *et al.* 2012: 536).

Essa tendência de redução, salientada pelos entrevistados, pode ser observada na análise da produção pesqueira e estuarina do Estado de São Paulo dos últimos 40 anos (Figura 3).

De acordo com o Programa de Monitoramento da Atividade Pesqueira – PMAP (São Paulo, 2011), os dados preliminares da produção da pesca marinha e estuarina do Estado de São Paulo apontam um decréscimo significativo ano a ano, principalmente a partir do ano de 1985, apresentado o ano de 2010 como o de menor produção já registrada em vinte anos no Litoral Paulista.

Assim, diante da visível queda na produção pesqueira, a mitilicultura, que, inicialmente, foi colocada como um complemento ou uma atividade alternativa, já que seu início junto à comunidade é recente, passou a ser considerada central na comunidade estudada. Entretanto, é importante salientar que a questão da redução da produção também está presente nos discursos dos maricultores. Mesmo que as

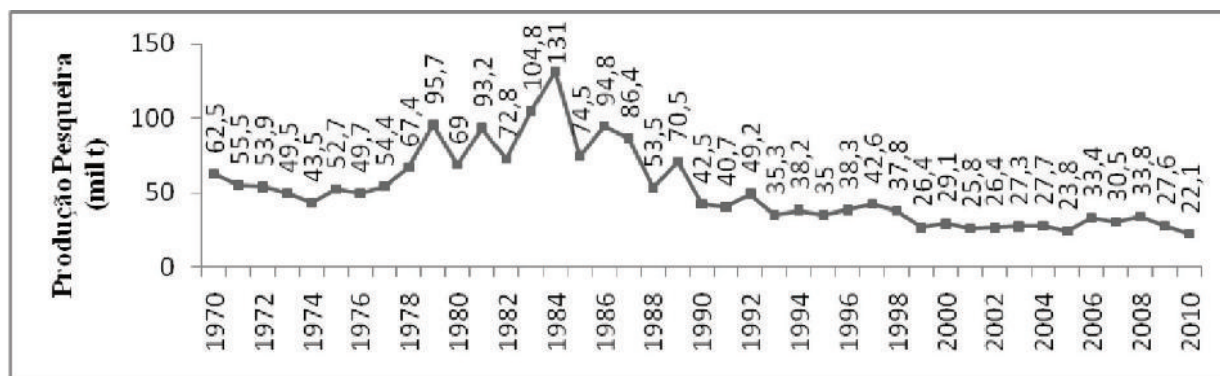


Figura 3. Produção pesqueira marítima e estuarina do Estado de São Paulo de 1970 a 2010, segundo o informe da produção pesqueira do Programa de monitoramento da atividade pesqueira da Secretaria da Agricultura do estado de São Paulo.

Figure 3. Estuarine and marine fish production of the State of São Paulo 1970 to 2010.

origens e associações atribuídas a essa diminuição difiram nas opiniões entre pescadores e maricultores, dada às peculiaridades de cada atividade, a queda de kg por caixa de pescado é substituída pelas perdas em kg por corda de mexilhão. A diminuição dos estoques pesqueiros e as perdas no cultivo de mexilhão podem ser identificadas como itens centrais nos discursos e principais fatores relacionados às modificações ocorridas na pesca.

Muitos pesquisadores têm considerado a percepção dos pescadores artesanais e o saber tradicional de comunidades pesqueiras, mesmo centrados em diferentes metodologias e abordagens teóricas (Moritz-Sohn *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2012; Stori *et al.*, 2012; Delicado *et al.*, 2012; Vasques & Couto, 2011; Glaría, 2010; Burda & Schavetti, 2008; Silvano *et al.*, 2006; Mourão & Nordi, 2006; Aswani & Hamilton, 2004; Begossi *et al.*, 2001; Begossi, 1996), como inesgotável fonte de saber e de referência, sob vários aspectos que contribuem para entender de forma mais ampla a realidade do uso de recursos naturais e do lugar de onde se fala. Sendo que, em muitas situações, essa percepção e esses saberes podem influir em planejamento, adaptação e mitigação para inúmeras situações de risco e vulnerabilidade sociais a que muitas dessas populações estão submetidas.

Inserindo-nos nesse debate, compartilhamos com Delicado *et al.* (2012), que sustentam, em seu trabalho, que os pescadores artesanais e, consequentemente, os maricultores, já que essa última atividade passou a ser um desdobramento da atividade anteriormente ou concomitantemente realizada, por viverem e trabalharem junto ao mar, detêm conhecimento específico sobre a paisagem marítima e a costa, reconhecem diferenças de marés, ventos, correntes, fauna marinha e outros fenômenos cotidianamente observados, sobre os quais conseguem entender e mesmo fazer previsões e associações.

Assim, tendo como ponto de partida a queda da produção pesqueira que a análise das entrevistas realizadas evidenciou, podem-se identificar, nos discursos, três categorias implicativas: mudanças na pesca, no clima e na paisagem da praia, que consistiram naquelas que se apresentaram com maior frequência nos relatos e que, segundo os entrevistados,

estão relacionadas às modificações ocorridas nas últimas décadas na atividade laboral dos pescadores e maricultores da região estudada, e que estão sendo tratadas neste artigo como consequências de mudanças ambientais globais.

3.3. Mudanças ambientais globais, recursos marinhos e a percepção dos entrevistados

No Brasil, considerando especialmente as análises de Dias *et al.* (2009:4) sobre a localização da população mundial e sua proximidade dos litorais, já mencionada anteriormente, verifica-se que esta questão requer bastante atenção e um olhar cuidadoso por parte da sociedade e dos gestores públicos. No caso do Litoral Norte do estado de São Paulo, essa proximidade tem promovido uma forte ação antrópica, que aliada às condições geomorfológicas e, as fragilidades dos ecossistemas da região, requerem atenção redobrada, tanto de pesquisadores quanto dos poderes instituídos.

Tendo como base a construção de um olhar interdisciplinar, que vem sendo consolidado, nos últimos dez anos, pelos autores, para analisar essa região, afirma-se que as mudanças ambientais globais mais evidentes na região de estudo, apontado pelas pesquisas já realizadas e que já foram abordadas em outros momentos são ampliação de rodovias para acesso a região, megaprojetos tecnológicos, principalmente voltados para o setor de gás e petróleo, migração intensa, construção de empreendimentos imobiliários, principalmente condomínios voltados para lazer de segunda residência, construções de moradias populares para atender ao crescente número de trabalhadores que são atraídos para a construção civil e o trabalho nas empresas de extração de petróleo e gás, aumento da violência urbana, do comprometimento da saúde física e mental dos moradores e turismo de massa desordenado (Seixas *et al.*, 2011; Seixas *et al.*, 2012; Botterill *et al.* 2013; Seixas *et al.*, *in press*). Aliado a esses aspectos ocorre, significativa mudança na paisagem das praias, aumento de intensidade e volume de chuvas (Arnell & Gosling, 2013), e improbidade do uso da maioria das praias para lazer na maior parte do ano, no município de Caraguatatuba. Além de acidentes como o

recente vazamento de petróleo ocorrido em abril de 2013, no Terminal Almirante Barroso (TEBAR) da Petrobras, na Praia de São Francisco em São Sebastião, que se espalhou e atingiu a praia da Cocanha, além de outras 14 praias de São Sebastião e Caraguatatuba³.

Os efeitos das mudanças ambientais globais para comunidades costeiras já tem sido bastante analisados por alguns autores, que tem dado destaque especial para as mudanças climáticas, como Adger (1999), Fuchs *et al.* (2011); Cinner *et al.* (2012); Nicolodi & Petermann (2010); Delicado *et al.* (2012). Nossos estudos no Litoral Norte, como mencionado anteriormente, revelam que o clima é mais um dos fatores desse conjunto de impactos para regiões costeiras e suas comunidades (Seixas *et al.*, 2011; Seixas *et al.*, 2012). O efeito negativo das mudanças do clima para a sobrevivência dessas comunidades está sendo objeto desse artigo, na medida em que a percepção desses trabalhadores sobre o produto do seu trabalho fez se evidenciar através de suas entrevistas. E é com a premissa de “os pescadores artesanais são testemunhas privilegiadas destas mudanças” (Delicado *et al.*, 2012:438) que procuramos analisar a percepção dos pescadores artesanais da praia da Cocanha sobre os temas relacionados.

3.3.1. Percepção sobre a variação da temperatura da água do mar, do volume de chuvas e da imprevisibilidade das condições climáticas

No Brasil, considerando especialmente as análises de Dias *et al.* (2009:4) sobre a localização da população mundial e sua proximidade dos litorais, já mencionada anteriormente, verifica-se que esta questão requer bastante atenção e um olhar cuidadoso por parte da sociedade e dos gestores públicos. No caso do Litoral Norte do estado de São Paulo, essa proximidade tem promovido uma forte ação antrópica, que, aliada às condições geomorfológicas e às fragilidades dos ecossistemas da região, requer atenção redobrada, tanto de pesquisadores quanto dos poderes instituídos.

Tendo como base a construção de um olhar interdisciplinar, que vem sendo consolidado, nos últimos dez anos, pelos autores, para analisar essa região, afirma-se que as mudanças ambientais globais mais evidentes na região de estudo, apontadas pelas pesquisas já realizadas e que já foram abordadas em outros momentos, são ampliação de rodovias para acesso à região, megaprojetos tecnológicos, principalmente voltados para o setor de gás e petróleo, migração intensa, construção de empreendimentos imobiliários, principalmente condomínios voltados para lazer de segunda residência, construções de moradias populares para atender ao crescente número de trabalhadores que são atraídos para a construção civil e o trabalho nas empresas de extração de petróleo e gás, aumento da violência urbana, do comprometimento da saúde física e mental dos moradores e turismo de massa desordenado (Seixas *et al.*, 2011; Seixas *et al.*, 2012; Botterill *et al.* 2013; Seixas *et al.*, *in press*). Aliado a

esses aspectos, ocorre significativa mudança na paisagem das praias, aumento de intensidade e volume de chuvas (Arnell & Gosling, 2013) e improbidade do uso da maioria das praias para lazer (São Paulo, 2011), na maior parte do ano, no município de Caraguatatuba; além de acidentes como o recente vazamento de petróleo ocorrido em abril de 2013, no Terminal Almirante Barroso (TEBAR) da Petrobras, na Praia de São Francisco, em São Sebastião, que se espalhou e atingiu a praia da Cocanha, além de outras 14 praias de São Sebastião e Caraguatatuba (Hiar; Cancian, 2013).

Os efeitos das mudanças ambientais globais para comunidades costeiras já têm sido bastante analisados por alguns autores, que têm dado destaque especial para as mudanças climáticas, como Adger (1999), Fuchs *et al.* (2011); Cinner *et al.* (2012); Nicolodi e Petermann (2010); Delicado *et al.* (2012). Nossos estudos no Litoral Norte, como mencionado anteriormente, revelam que o clima é mais um dos fatores desse conjunto de impactos para regiões costeiras e suas comunidades (Seixas *et al.*, 2011; Seixas *et al.*, 2012). O efeito negativo das mudanças do clima para a sobrevivência dessas comunidades está sendo objeto deste artigo, na medida em que a percepção desses trabalhadores sobre o produto do seu trabalho fez-se evidenciar através de suas entrevistas. E é com a premissa de “os pescadores artesanais são testemunhas privilegiadas destas mudanças” (Delicado *et al.*, 2012:438) que procuramos analisar a percepção dos pescadores artesanais da praia da Cocanha sobre os temas relacionados.

3.3.1. Percepção sobre a variação da temperatura da água do mar, do volume de chuvas e da imprevisibilidade das condições climáticas

Nas entrevistas com os pescadores, ficou evidente a percepção que possuem sobre a variação da temperatura da água do mar ao longo do tempo e a relação dessa mudança com a diminuição da sua produção pesqueira. Importante ressaltar que Abraham *et al.* (2013), em importante artigo especialmente voltado para análises globais de temperaturas dos oceanos, apontam que, apesar da importância de medir com precisão a temperatura do oceano, ainda permanece como um problema desafiador para cientistas climáticos. Embora tenham ocorrido avanços significativos na quantidade e qualidade dos aferimentos, ainda se fazem necessárias medidas que abrangem amplas escalas espaciais e temporais para a determinação de variações históricas de temperatura. Assim, mesmo sendo uma tarefa difícil, as considerações a partir da memória e das medições que realizam com os instrumentos que possuem são um dado importante e significativo.

A temperatura do mar ideal para a criação do mexilhão é abaixo de 24 graus, se a temperatura muda, prejudica na criação. A temperatura do mar está aumentando, antigamente a temperatura normal no inverno era 18° a 19°C, agora chega a 21° e 22°C. No verão a temperatura normal era de 24°C, agora chega a 26° e 27°C. A temperatura alta (aproximadamente 27°C) favorece a craca, que acaba dominando o mexilhão. No ano de

3 - Folha de São Paulo, 9 de abril 2013, Cotidiano, Caderno 5: Petrobras é multada em R\$10 mi por vazamento no litoral paulista, de R. Hiar e N. Cancian.

2006/2007 o verão foi muito intenso, chegamos a perder 60% da produção do mexilhão, de 14 quilos, conseguimos tirar apenas 4 quilos de cada corda. (Entrevistado 3, 2009).

Aliado à menção da percepção do aumento da temperatura da água do mar, também mencionaram aumento do volume de chuvas e da imprevisibilidade das condições climáticas, que são percebidas como de grande interferência nas suas atividades, tanto de pesca como na maricultura. Significativamente, o aumento da temperatura é citado por 97% dos entrevistados, refletindo a acentuada interferência que essa questão representa na atividade pesqueira e na maricultura. Os depoimentos a seguir ajudam a elucidar esse aspecto:

Ano passado teve El niña de fevereiro até junho. Teve dia que chegou a 32 graus de manhã, imagina ao meio dia. O ideal para o mexilhão é de 22 a 26 graus e salinidade 34 a 36. A salinidade dá normalmente 34/35, mas chegou a 36. (Entrevistado 10, 2011).

Água quente e clara dá lodo na rede. Dá ardentia [reflexo na água] e a rede brilha. Pra pesca é melhor no inverno, que a água fica turva. E também no calor se você solta a rede e o peixe cai logo, amanhã, a hora que for tirar o peixe já está podre, com essa água quente. Não sei qual foi a mudança mas está mais quente. (Entrevistado 11, 2011).

Estudos recentes voltados para mudanças globais no ambiente e especialmente para o impacto de variações climáticas na pesca e na aquicultura apontam que os oceanos têm apresentado variações climáticas, embora não de forma global, de mais ou menos 3°C, e que esse efeito combinado altera, também, a salinidade dos mares, diminuindo a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, diminuindo os estoques na pesca de captura marinha e continental e interferindo na aquicultura (Barangue & Perry, 2012:9; Barrington et al., 2009).

Salienta-se que, entre os maricultores, o aumento da temperatura configura uma das modificações ambientais mais impactantes sobre a mitilicultura, devido ao limite de temperatura ideal para o desenvolvimento dos mexilhões, que varia entre 22 a 26 graus. Essa limitação se mostra determinante ao observarmos um maior volume de produção em regiões mais frias, como Santa Catarina. Com a temperatura mais elevada, existe o favorecimento e a proliferação de *cracas* (e que não possuem valor econômico agregado), que competem com os mexilhões por alimento e substrato de fixação, acentuando ainda mais as perdas. Importante destacar que a questão dos impactos negativos das mudanças climáticas em relação às comunidades que são dependentes dos recursos marinhos já foi também apontada por outros autores, como Adger (1999); Furlan et al. (2011); Cinner et al. (2012). Os discursos abaixo evidenciam a percepção dos pescadores:

Quando a água não "tá" adequada à temperatura, ele [o mexilhão] não fica a mesma

coisa: não engorda, não fica bom. Quando "tá" magro, quem conhece sabe. Mas o cliente não nota. (Entrevistado 9, 2011).

Aliado à elevação da temperatura está o aumento da pluviosidade, que foi citada por 54% dos entrevistados. Os depoimentos a seguir ilustram esse aspecto:

Nos últimos três meses teve chuva direto, o mar ficou virado o ano todo, o pessoal perdeu uma tonelada de mexilhão, a temperatura da água aumentou, e o mexilhão depende de temperatura mais baixa para procriar. (Entrevistado 2, 2009).

Muda feio do nada, esse ano teve muita ressaca feia comparada com o ano passado, no caso do marisco acaba com a safra. (Entrevistado 1, 2009).

Agora a procura é bastante, muito mais que antes. Os antigos falam que antes tinha até para enterrar. Hoje tem muita perda, principalmente na ressaca (abril/maio). (Entrevistado 13, 2011).

Outra observação colocada pelos pescadores é a dificuldade em fazer previsões sobre o tempo, fundamental para determinar a saída para o mar.

Hoje em dia não dá para saber se vai fazer sol amanhã ou se vai chover, é difícil organizar saídas para o mar. (Entrevistado 4, 2009).

No inverno melhora a pescaria, mas antes as estações eram mais bem definidas. Agora no verão teve dias de frio de ter que sair de blusa de casa. (Entrevistado 8, 2011).

Ah, agora pra sair tem que conhecer o tempo. Com esse aquecimento, os ventos mudam as correntes. Se dá mudança no tempo, dá mudança no peixe, a corrente leva o peixe. Quando o mar amansa é que dá mais peixe. Com tempo ruim o pescador não pode sair. Despesa de barco grande pra ficar mais ou menos uma semana no mar vai de 15 a 20 mil reais, não dá pra ficar arriscando. (Entrevistado 7, 2011).

Importante considerar esses aspectos apontados nas entrevistas, porque acreditamos que muito desse saber contribuiria para mitigar problemas que já vêm sendo enfrentados e que poderão aumentar, na medida em que as regiões costeiras estarão cada vez mais sujeitas aos impactos de variações climáticas e pluviométricas nos próximos anos (Neves & Muehe, 2008; Nicolodi & Petermann, 2010). Nesse sentido, Vasques & Couto (2011) apontam um aspecto bastante interessante sobre esse saber que é desconsiderado, em seu trabalho sobre a percepção dos pescadores e o período de defeso na pesca de arrasto, em Ilhéus, na Bahia (Brasil), dizendo que o defeso é a principal medida na pesca do camarão e que essa medida é elaborada por técnicos do Poder Público e por pesquisadores das universidades, não sendo levado em consideração o conhecimento tradicional

dos pescadores artesanais e o saber que detêm pela prática e tradição, o que, segundo os autores, poderia ser uma base de informações importantes para o manejo dos recursos pesqueiros do local.

3.3.2. Mudanças na paisagem, turismo e a percepção dos pescadores.

Nos últimos anos, como já mencionado anteriormente e em outros momentos (Seixas *et al.*, 2011; Seixas *et al.*, 2012; Botterill *et al.*, 2013), a região da praia da Cocanha tem provocado um interesse expressivo do ponto de vista turístico, pois é uma região de exuberante beleza natural, o que, conseqüentemente, atrai muitos visitantes. Ao mesmo tempo, observou-se, durante as pesquisas de campo, que o aspecto turístico da praia está cada vez mais despertando o interesse da comunidade local, ao mesmo tempo em que promove, para alguns deles, um discurso em que também apontam aspectos negativos na atividade. Além do Festival do Mexilhão, que é apoiado pela Prefeitura do município, é possível realizar passeios turísticos em barcos e lanchas, conhecer a área de cultivo e as ilhas da região – Ilha e Ilhote da Cocanha. Essas atividades oferecem aos moradores, também, a possibilidade de aumento de sua renda.

Na Ilha da Cocanha, foi possível acompanhar o significativo crescimento de turistas para sua visita. Em 2009, a ilha possuía como atrativo uma trilha que permite acesso ao seu topo, onde se encontra um casarão do início do século XX, e uma segunda prainha, além de um espaço, logo em sua entrada, com um restaurante improvisado para servir pratos típicos à base de mexilhões. Em 2011, foi possível observar que o mesmo restaurante passou a contar com melhorias de infraestrutura e maior número de funcionários trabalhando, bem como uma média de 30 pessoas visitando o local nos finais de semana.

O turismo faz parte de uma dinâmica sem precedentes no mundo globalizado, mas, ao mesmo tempo em que pode incrementar e recuperar o trabalho humano em determinadas regiões do planeta, pode também promover impactos negativos do ponto de vista ambiental e cultural (Coriolano *et al.*, 2008). No litoral brasileiro, esse fenômeno não é diferente, pois parte de pequenas comunidades que essencialmente viviam da pesca e de pequeno comércio passam a ter convivência com uma nova atividade e com novas demandas sociais e culturais, para as quais, na maior parte das vezes, não estão preparadas (Souza *et al.*, 2008).

Assim, a tênue separação entre os aspectos positivos e negativos do turismo na praia da Cocanha também ficou explícita em várias das entrevistas realizadas. Por um lado, os entrevistados ressaltam que o produto do seu trabalho hoje possui um mercado consumidor maior, em função dos turistas que visitam a localidade, o que representa um aspecto positivo. Mas, por outro, reconhecem que negativamente sofrem os impactos diretos das atividades turísticas e do aumento de visitantes na região, pois não fizeram grandes reformas para receber um número maior de pessoas e não houve investimento nem planejamento do poder local para melhoria da infraestrutura regional, dos serviços públicos e do saneamento ambiental, o que acarreta, na maior parte do tempo, sobrecarga na infraestrutura local e na demanda de serviços públicos.

Verifica-se, assim, que a conjugação dos fatores analisados que envolvem impactos de dimensões e origens variadas expressa uma situação de vulnerabilidade e risco que tem afetado de forma significativa a vida dessas comunidades estudadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da percepção dos pescadores e maricultores da praia da Cocanha, em relação às mudanças ambientais globais, expressas nos recursos marinhos em geral, apresentaram quatro categorias centrais de análise: transformações na paisagem, variação da temperatura da água do mar, imprevisibilidade das condições climáticas e a presença de um forte turismo na região onde vivem.

Dentre todas as categorias elencadas, suas percepções sobre as mudanças no clima, em especial o aumento da temperatura da água do mar, foram consideradas as mais expressivas, já que esta interfere diretamente sobre os recursos pesqueiros dos quais esta comunidade tem forte dependência, podendo ser considerado um fenômeno importante no conjunto de mudanças ambientais globais na região.

Outro aspecto importante salientado por eles durante as entrevistas diz respeito à mudança na diversidade de espécies encontradas, com a diminuição de espécies nobres e que possuem um valor de mercado mais atrativo para venda. Segundo a opinião dos entrevistados, atribui-se grande parte dessas mudanças às atividades antropogênicas, que impactam o meio natural, sendo possível destacar o aumento do uso de embarcações com motores e do óleo diesel, tanto na pesca quanto no turismo, e que interferem diretamente na qualidade do pescado; e da produção e falta de tratamento adequado de esgoto e seus reflexos na qualidade da água e, por consequência, no pescado e mexilhão.

Ao mesmo tempo, observa-se que este grupo social encontra-se em uma situação de alta vulnerabilidade, e, apesar de os pescadores e maricultores perceberem, conforme salientado neste trabalho, os efeitos das mudanças climáticas nas suas atividades cotidianas, que atingem diretamente seu bem-estar, sua capacidade efetiva de gerenciar e mesmo minimizar seus efeitos, tanto individual quanto coletivamente, ainda é bastante reduzida e pouca considerada.

Nesse sentido, torna-se fundamental aprofundar essas questões na medida em que esse grupo social poderá contribuir em muito, não só para identificação dos problemas, mas para mitigá-los, já que a relação que estabelecem com a natureza é muito íntima e profunda, devendo ser priorizada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio recebido para a realização da pesquisa que origina este artigo, através dos processos nº 2010/20811-5, nº 2008/58159-7 e nº 2011/22370-9. A primeira autora é Bolsista de Produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Abraham, J.P.; Baringer, M.; Bindoff, N.L.; Boyer, T.; Cheng, L.J.; Church, J.A.; Conroy, J.L.; Domingues, C.M.; Fasull, J.T.; Gilson, J.; Goni, G.; Good, S.A.; Gorman, J. M.; Gouretski, V.; Ishii, M.; Johnson, G.C.; Kizu, S.; Lyman, J.M.; Macdonald, A.M.; Minkowycz, W.J.; Moffitt, S.E.; Palmer, M.D.; Piola, A.R.; Reseghetti, F.; Schuckmann, K.; Trenberth, K.E.; Velicogna, I. (2013) – A review of global ocean temperature observations: Implications for ocean heat content estimates and climate change, *Reviews of Geophysics*, 51(3):450-483. DOI: 10.1002/rog.20022
- Adger, W.N. (1999) – Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. *World Development*, 27(2):249-269. DOI: 10.1016/S0305-750X(98)00136-3
- Adger, W.N.; Kelly, P.M. (2005) – Social vulnerability and resilience. In: W. Neil Adger, P. Mick Kelly & Nguyen Huu Ninh (eds.), *Living with environmental change: Social vulnerability, adaptation and resilience in Vietnam*, pp.19-34, Routledge, London, U.K. ISBN:978-0415217224
- Arnell, N.W.; Gosling, S.N. (2013) – The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *Journal of Hydrology*, 486:351–364. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.02.010
- Aswani, S.; Hamilton, R. (2004) – Integrating indigenous ecological knowledge and customary sea tenure with marine and social science for conservation of bumphead parrotfish (*Bolpometodon muricatum*) in the Roviana Lagoon, Solomon Islands. *Environmental Conservation*, 31:1–15.
- Barange, M.; Perry, R.I. (2012) – Repercusiones físicas y ecológicas del cambio climático en la pesca de captura marina y continental y em la acuicultura. In: Kevern Cochrane; Cassandra De Young; Doris Soto & Tarùb Bahri (eds.). *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. Visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos*. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, 530, pp. 7-118, FAO, Roma, Italia. ISBN 978-9253063475
- Barrington, K.; Chopin, T.; Robinson, S. (2009) – Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. In: Doris Soto (org.). *Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 529, pp. 7-46, FAO, Rome, Italy. ISBN 978-92-5-106387-3
- Begossi, A.; Hanazaki, N.; Peroni, N. (2000) – Knowledge and use of biodiversity in Brazilian hot spots. *Environment, Development and Sustainability*, 2(3-4):177–193. DOI: 10.1023/A:1011409923520
- Bindoff, N.L.; Willebrand, J. (coord.) (2007) – Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis*, pp.386-432. Disponível em http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch5.html
- Bitencourt, N.L.R.; Rocha, I.O. (in press) – Percepção das Populações Costeiras sobre os Efeitos dos Eventos Adversos no Extremo Sul de Santa Catarina – Brasil, *Revista da Gestão Costeira Integrada*, in press. DOI: 10.5894/rgci408
- Boscardin, N.R. (2008) – A produção aquícola brasileira. In: Antonio Ostrensky, José Roberto Borghetti & Doris Soto (eds.), *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*, pp.159- 182, SEAP – Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca / FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Brasília, DF, Brasil, ISBN: 978-8560930005. Disponível on-line em <http://gia.org.br/site/images/livros/livros/2008%20Aquicultura.pdf>
- Botterill, T.D.; Seixas, S.R.C.; Hoeffel, J.L. (2013) – Tourism and Transgression: Resort Development, Crime and the Drug Economy. *Tourism Planning & Development*, p. 1-15. DOI: 10.1080/21568316.2013.815269
- Burda, C.L.; Schavetti, A. (2008) – Análise ecológica da pesca artesanal em quatro comunidades pesqueiras da Costa de Itacaré, Bahia, Brasil: Subsídios para a Gestão Territorial. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2):149-168. DOI: 10.5894/rgci136
- Cinner, J.E.; McClanahan, T.R.; Graham, N.A.J.; Daw, T.M.; Maina, J.; Stead, S.M.; Wamukota, A.; Brown, K.; Bodin, O. (2012) – Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. *Global Environmental Change*, 22:12-20. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2011.09.018
- Confalonieri, U.E.C. (2005) - Mudanças climáticas e saúde humana. In: M.K. Poppe & E.L. La Rovere (org.), *Mudança do Clima*, pp.66-171, Cadernos NAE, Brasília, DF, Brasil.
- Cooper, C.; Fletcher, J.; Wanhill, S.; Gilbert, D.; Shepherd, R. (2002) – *Turismo, princípios e prática*. 784p., Bookman, Porto Alegre, Brasil. ISBN: 9788577800148
- Coriolano, L.N.M.T. (2008) – Litoral do Ceará: espaço de poder, conflito e lazer. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2):277-287. DOI: 10.5894/rgci131
- Coriolano, L.N.M.T.; Leitão, C.S.; Vasconcelos, F.P. (2008) – Sustentabilidades e Insustentabilidades do Turismo Litorâneo. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2):11-23. DOI: 10.5894/rgci130
- Delicado, A.; Schmidt, L.; Guerreiro, S.; Gomes, C. (2012) – Pescadores, conhecimento local e mudanças costeiras no litoral Português. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 12(4):437-451. DOI: 10.5894/rgci349
- Dias, J.A.; Carmo, J.A. do; Polette, M. (2009) – As zonas costeiras no contexto dos Recursos Marinhos – Prefácio. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 9(1):3-5. DOI: 10.5894/rgci168
- Egler, C.A.G.; Gusmão, P.P. (in press) – Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, in press. DOI: 10.5894/rgci370
- Fagundes, L.; Gelli, V.C.; Otani, M.; Vicente, M.C.M.; Fredo, C.F. (2004) – Perfil socioeconômico dos mitilicultores do litoral paulista. *Informações Econômicas*, 34(5):47-59.
- Fuchs, R.; Conran, M.; Louis, E. (2011) – Climate change and Asia's coastal urban cities. Can they meet the challenge? *Environment and Urbanization Asia*, 2(1):13-28. DOI: 10.1177/097542531000200103
- Furlan, A.; Bonotto, D.M.; Gumiere, S.J. (2011) – Development of environmental and natural vulnerability maps for Brazilian coastal at São Sebastião in São Paulo State. *Environmental Earth Sciences*, 64(3):13-28. DOI: 10.1007/s12665-010-0886-7

- Giddens, A. (2010) – *A Política da Mudança Climática*. 316 p. Zahar, Rio de Janeiro, Brasil. ISBN: 9788537802618
- Glariá, V. (2010) – Sujetos colectivos en búsqueda de sustentabilidad pesquera: relatos de los miembros de una comunidad de pescadores artesanales, V región, Chile. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 9(27):109-127. DOI: 10.4067/S0718-65682010000300006
- Honey, M. (2010) – *Ecotourism and sustainable development: who owns paradise?* 568p., Island Press, Washington, USA. ISBN-10: 1597261262
- Josupeit, H. (2005) – *Mussel production and markets*. Fao/Globefish, Rome, Italy. Disponível on-line em <http://www.globefish.org/index.php?id=2508>
- Kotir, J.H. (2010) – Climate change and variability in Sub-Saharan Africa: a review of current and future trends and impacts on agriculture and food security. *Environmental Development and Sustainability*, 13:587–605. DOI: 10.1007/s10668-010-9278-0
- Krippendorf, J. (2000) – *Sociologia do turismo: para uma nova compreensão do lazer e das viagens*. 3ª ed., 272p., Aleph, São Paulo, SP, Brasil. ISBN:9788576570851
- Machado, R.C.A.; Gusmão, L.G.; Câmara, L.; Vila-Nova, D.A.; Leal, A.F.G.; Oliveira, A.C.A.; Soares, C.L.R.S. (2009) – Percepção socioambiental dos turistas e trabalhadores da praia de Porto de Galinhas (Pernambuco-Brasil) acerca do ecossistema recifal. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9(3):71-78. DOI: 10.5894/rgci158
- Manzoni, G. (2004) – Mitilicultura: a produção de sementes em laboratório pode ser uma solução viável. *Revista Panorama da Aqüicultura*, 14(83):31-33.
- Marengo, J.A. (2006) – *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. 212p., Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas Brasília, DF, Brasil. ISBN: 85-7738-038-6. Disponível on-line em http://www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/livro%20completo.pdf
- Marengo, J.A.; Valverde, M.C. (2007) – Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista Multiciência*, 8:5-28.
- Marques, H.L.A.; Bordon, I.C.A.C.; Alves, J.L.; Medeiros, A.M.Z. (2008) – Produção de mexilhões jovens (sementes) por maricultores da Praia da Cocanha, Caraguatatuba (SP). *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, 1(2):87-93.
- Mendonça, F. (2005) – Clima, tropicalidade e saúde: uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. *Revista Brasileira de Climatologia*, 1(1):100-112.
- Mendonça, R. (2006) – Turismo ou meio ambiente: uma falsa oposição? In: Lemos, A. (org.). 305 p. *Turismo: impactos sócio-ambientais*. Hucitec, São Paulo, SP, Brasil, p. 14-36. ISBN 8527103435
- Miller, R.B.; Jacobson, H.K. (1992) – Research on the human components of global change. Next steps. *Global Environmental Change*, 12:170- 182. DOI: 10.1016/0959-3780(92)90001-N
- Min, S.K; Zhang, X.; Zwiers, F.W.; Hegerl, G. (2011) – Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, 470:378-381. DOI:10.1038/nature09763
- Moretz-Sohn, C.D.; Carvalho, T.P.; Silva, F.J.N. Filho; Gastão, F.G.C.; Garcez, D.S.; Soares, M.O. (2013) – Pescadores artesanais e a implementação de áreas marinhas protegidas: Estudo de caso no nordeste do Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13(2):193-204. DOI: 10.5894/rgci382
- Mourão, J. da S.; Nordi, N. (2006) – Pescadores, peixes, espaço e tempo: Uma abordagem etnoecológica. *INCI*, Caracas, 31(5). Disponível em http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000500007&lng=es&nrm=iso.
- Neves, C.F; Muehe, D. (2008) – Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. In: Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Parcerias Estratégicas. Edição Especial Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação*, Brasília, DF, Brasil, 27 (dezembro):217-296.
- Nicolodi, J.L.; Petermann, R.M. (2010) – Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 10(2):151-177. DOI: 10.5894/rgci206
- O'Brien, K.L.; Leichenko R.M. (2002) – Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global Environmental Change*, 10:221 -232. DOI: 10.1016/S0959-3780(00)00021-2
- Ostrensky, A.; Boeger, W.A. (2008) – Principais problemas enfrentados atualmente pela aqüicultura brasileira. In: Antonio Ostrensky, José Roberto Borghetti & Doris Soto (eds.), *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*, pp.135-158, SEAP – Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca / FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Brasília, DF, Brasil, ISBN: 978-8560930005. Disponível on-line em <http://gia.org.br/site/images/livros/livros/2008%20Aqüicultura.pdf>.
- Ostrensky, A.; Boeger, W.A.; Chammas, M.A. (2008) – Potencial para o desenvolvimento da aqüicultura no Brasil. In: Antonio Ostrensky, José Roberto Borghetti & Doris Soto (eds.), *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*, pp.159- 182, SEAP – Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca / FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Brasília, DF, Brasil, ISBN: 978-8560930005. Disponível on-line em <http://gia.org.br/site/images/livros/livros/2008%20Aqüicultura.pdf>
- Oven, K.J.; Curtis, S.E.; Reanet, S.; Riva, M.; Stewart, M.G.; Ohlemüller, R.; Dunn, C.E.; Nodwell, S.; Dominelli, L.; Holden, R. (2012) – Climate change and health and social care: defining future hazard, vulnerability and risk for infrastructure systems supporting older people's health care in England. *Applied Geography*, 33:16-24. DOI: 10.1016/j.apgeog.2011.05.012
- Patz, A. J.; Gibbs, H.K.; Foley, J.A.; Rogers, J.V.; Smith, K.R. (2007) – Climate change and global health: quantifying a growing ethical crisis. *EcoHealth*, 4(4):397-405. DOI: 10.1007/s10393-007-0141-1
- Pestana, D.; Pie, M.R.; Pilchowski, R.W. (2008) – Organização e Administração do setor para o desenvolvimento da aqüicultura. In: Antonio Ostrensky, José Roberto Borghetti & Doris Soto (eds.), *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*, pp.115-134, SEAP – Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca / FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Brasília,

- DF, Brasil, ISBN: 978-8560930005. Disponível on-line em <http://gia.org.br/site/images/livros/livros/2008%20Aquicultura.pdf>.
- Prado, L.R.T. (2001) – *Pescadores de Caraguatatuba: histórias e estórias*. 82p., Fundação Educacional e Cultural de Caraguatatuba/FUNDACC, Caraguatatuba, São Paulo, Brasil.
- Rocha, P.H.G.O.; Carvalho, D.A.P.; Pinheiro, L.S. (2008) – A Costa de Paracuru: Turismo, Ocupação e Perfil do Usuário. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2):247-258. DOI: 10.5894/rgci129
- Ruschmann, D.M. (2006) – *Turismo e planejamento sustentável: A proteção do meio ambiente*. 199 p., Papirus, Campinas, Brasil. ISBN 8530804392
- Santos, A.J.F.R.; Azeiteiro, U.M.; Sousa, F.; Alves, F. (2012) – A importância dos conhecimentos e dos modos de vida locais no desenvolvimento sustentável: estudo exploratório sobre o impacto da Reserva Natural das Ilhas Berlengas (Portugal) na comunidade piscatória. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 12(4):429-436. DOI: 10.5894/rgci321
- Seixas, S.R.C.; Hoeffel, J.L.M.; Botterill, T.D.; Vianna, P.V.C.; Renk, M. (*in press*) – Social and Environmental Changes on the North Coast of the State of Sao Paulo: Opening new lines of research on violence, tourism, crime and the subjective. In: A. Henzel, (org.) *Tourism and Violence*. Ashgate Publishing Ltd., Farnham, UK.
- Seixas, S.R.C.; Hoeffel, J.L.M.; Renk, M.; Vieira, S.A.; Mello, L.F.; Vianna, P.V.C. (2011) – Mudanças Ambientais Globais, Vulnerabilidade e Risco: Impactos na Subjetividade em Caraguatatuba, Litoral Norte Paulista. *Revista VITAS – Visões Transdisciplinares sobre Ambiente e Sociedade*, Niterói, RJ, Brasil 1(2): setembro de 2011. Disponível em <http://www.uff.br/revistavitas>.
- Seixas, S.R.C.; Renk, M.; Hoeffel, J.L.M.; Conceição, A.L.; Asmus, G.F. (2012) – Global Environmental Changes and Impacts on Fishing Activities in the Northern Coast of São Paulo, Brazil. In: William Holt (ed.), *Urban Areas and Global Climate Change*, pp.301-319. DOI: 10.1108/S1047-0042(2012)0000012015
- Sherbinin, A.; Schiller, A.; Pulsipher, A. (2007) – The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environment and Urbanization*, 19(1):39-64. DOI: 10.1177/0956247807076725
- Silvano, R.A.M.; MacCord, P.F.L.; Lima, R.V.; Begossi, A. (2006) – When Does this Fish Spawn? Fishermen's Local Knowledge of Migration and Reproduction of Brazilian Coastal Fishes. *Environmental Biology of Fish*, 76(2-4):371-386.
- Silvestri, F. (2009) – *Determinação da produção de resíduos sólidos provenientes do cultivo de mexilhões na região da Ilha da Cocanha-Caraguatatuba, SP*. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP, Brasil. *Não publicado*.
- Silvestri, F.; Bernadochi, L.C.; Turra, A. (2011) – Os maricultores e o poder público: um estudo de caso no litoral norte de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 37(1):103 – 114.
- Sinau (2009) – *Sistema de Informações das Autorizações de Uso de águas de Domínio da União para fins de Aquicultura*. Disponível em <http://tuna.seap.gov.br/seap/html/aquicultura/index.html>
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds.) (2007) – *Contribution of working group to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. 996p., Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN 978-0-521-70596-7
- Sousa, P.H.G.O.; Carvalho, D.A.P.; Pinheiro, L.S. (2008) – A Costa de Paracuru: Turismo, Ocupação e Perfil do Usuário. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8(2):247-258. DOI: 10.5894/rgci129
- Souza, S.C. (2009) – Elites Políticas em Caraguatatuba. In: *Anais Seminário Nacional Sociologia & Política*, 1, pp.101, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná Brasil.
- Stori, F.T.; Nordi, N.; Abessa, D.M.S. (2012) – Mecanismos socioecológicos e práticas tradicionais de pesca na comunidade caiçara da Ilha Diana (Santos, Brasil) e suas transformações. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 12(4):521-533. DOI: 10.5894/rgci355
- Turner II, B.L.; Kasperson, R.E.; Meyer, W.B.; Dow, K.M.; Golding, D.; Kaperson, J.X.; Mitchell, R.C.; Ratick, S.J. (1990) – Two types of global environmental change: Definitional and spatial-scale issues in their human dimensions. *Global Environmental Change*, 1:14-22.
- Vasques, R.O.R.; Couto, E.C.G. (2011) – Percepção dos Pescadores quanto ao estabelecimento do Período de Defeso da Pesca de Arrasto para a Região de Ilhéus (Bahia, Brasil). *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 11(4):479-485. DOI: 10.5894/rgci291

Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil*

Coastal management and climate change adaptation: the case of Rio de Janeiro Metropolitan Region, Brazil

Claudio A. G. Egler¹ e Paulo P. Gusmão^{@,1}

RESUMO

O artigo avalia os riscos ambientais e sociais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) a maior e mais complexa metrópole litorânea brasileira diante das mudanças climáticas em curso. Destaca a importância da RMRJ no contexto do Atlântico Sul, tanto do ponto de vista demográfico como de seus ativos ambientais, econômicos e logísticos. Para dimensionar o alcance e a extensão das áreas sujeitas a inundações e eventos meteorológicos extremos utilizou-se a delimitação das zonas costeiras de baixa elevação (LECZ) e apontou-se os principais desafios aos gestores públicos face à necessidade de adaptar a metrópole costeira aos impactos das mudanças climáticas. Os resultados da análise indicam que as principais fragilidades na governança metropolitana residem em: (i) a fragilidade da capacidade de resposta dos governos locais vis-à-vis suas responsabilidades constitucionais; (ii) a ausência de laços de cooperação/coordenação entre os diferentes níveis de governo e, em cada um deles, entre os vários setores governamentais; (iii) a precariedade da base de dados de monitoramento de parâmetros costeiros que impossibilita a realização de previsões, de projeções de cenários e, conseqüentemente, de planos integrados de contingência.

Palavras-chave: riscos ambientais, políticas públicas, governança metropolitana

ABSTRACT

The article discusses the Rio de Janeiro metropolitan region (RMRJ) – the largest and most complex coastal metropolitan region– in light of climate change. The text presents the importance of RMRJ from a demographic perspective and considering its environmental, economic and logistic assets. To dimension the scope and extent of areas subject to flooding and extreme weather events we used the definition of low-elevation coastal zones (LECZ). Then it addresses some of the main challenges currently faced or to be encountered by public administrators given their need to adapt the metropolis to climate change. The discussion focuses mainly on (i) the local administration's poor ability to respond in view of their constitutional responsibilities; (ii) the absence of cooperation/coordination across the different administration levels, and at each level, across government sectors; (iii) the scarcity of data obtained from monitoring coastal parameters, which accounts for the impossibility of making predictions, projecting scenarios, and consequently of developing integrated contingency plans.

Keywords: environmental risks, public policies, metropolitan governance

1 - Laboratório de Gestão do Território – LAGET/IIGEO/UFRJ
@ - Corresponding author: ppg.gusmao@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As vulnerabilidades da zona costeira brasileira às mudanças climáticas têm sido objeto de diversos estudos, seja em documentos oficiais como o Macrod diagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil (Brasil, Ministério do Meio Ambiente, 2008), seja em artigos científicos (Muehe *et al.*, 1991; Neves & Muehe, 2008; Nicolodi & Petermann, 2010).

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) é a maior aglomeração urbana da zona costeira brasileira. Sua população de cerca de 11,5 milhões de habitantes em 2010 é equivalente à soma dos que residem nas áreas metropolitanas de Porto Alegre, Recife e Salvador, os grandes aglomerados populacionais litorâneos brasileiros que a seguem na ordem de tamanho urbano.

Na condição de megacidade global da costa atlântica sul-americana, o Rio de Janeiro situa-se logo abaixo de Buenos Aires e ocupa o mesmo patamar que Lagos, na Nigéria, tanto no que diz respeito à população, quanto às dimensões dos riscos ambientais associados às mudanças climáticas, considerando que as duas megacidades se situam em áreas de restingas e lagoas e com um numeroso contingente de população de baixa renda vivendo em áreas particularmente vulneráveis aos eventos meteorológicos extremos no contexto do Atlântico Sul (UN-HABITAT, 2011).

A importância da Região Metropolitana do Rio de Janeiro na escala nacional está associada não apenas à sua concentração populacional, mas também ao seu papel econômico e logístico. O complexo portuário encabeçado pelos portos do Rio de Janeiro e Itaguaí é fundamental para o comércio exterior brasileiro. Tal importância é percebida tanto no que diz respeito às cargas em granel, em se destaca o Porto de Itaguaí (e terminais privados a ele adjacentes) pela movimentação de minério de ferro, carvão mineral e alumina, quanto ao embarque e desembarque de contêineres e automóveis/veículos leves de carga em sistema de *roll on/roll off* realizados no Porto do Rio de Janeiro assim como no Terminal de Contêineres de Itaguaí (TECON) (ANTAQ, 2011).

A importância do Rio de Janeiro como destino turístico e o dinamismo de seu setor de construção civil são inequívocos, entretanto destaque especial deve ser dado ao papel logístico dos terminais e dutos situados na orla da Baía da Guanabara que operam com a movimentação de petróleo, gás natural e seus derivados. A presença das Refinarias de Duque de Caxias e Mangueiras forma o núcleo inicial do complexo produtivo que hoje agrega unidades petroquímicas e gás-químicas e uma parcela ponderável da estrutura de manutenção e suporte ao setor de exploração e produção nas bacias petrolíferas de Campos e Santos (Zamboni & Nicolodi, 2008).

Desde estaleiros para reparos em plataformas até centros de Pesquisa & Desenvolvimento, é considerável a concentração de atividades, equipamentos e pessoal qualificado do setor de petróleo e gás natural na orla da Baía da Guanabara. Tendo em mente sua posição central em relação à área das reservas presumidas da camada pré-sal, no médio prazo pode-se assumir aumento dessa concentração, colocando a Região Metropolitana do Rio de Janeiro como principal centro decisório do setor (condição já presente por força da

localização das sedes da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, da Petrobras e das demais operadoras estrangeiras) e, sobretudo, de apoio logístico à operação em águas ultraprofundas. A Figura 1, a seguir, ilustra essa condição de centralidade da RMRJ em relação às reservas de hidrocarbonetos das bacias de Campos (ao norte) e Santos (ao sul), o que é dado não só pelo poder decisório, mas também pela capacidade de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação e pela logística, especialmente no que se refere a transporte e armazenagem de petróleo e derivados.

Além desses destaques o cenário da presente década incluirá o complexo petroquímico que ora se instala no município de Itaboraí, na parte leste da baía da Baía de Guanabara. Também não deve ser descartada a importância do polo siderúrgico que se consolida na parte oeste do aglomerado metropolitano (Santa Cruz, no Rio de Janeiro, e Itaguaí) que, combinado a outros investimentos do mesmo setor na Zona Costeira do Rio de Janeiro e Espírito Santo, representará um significativo aumento da produção e exportação brasileira de aço (Gusmão, 2009).

2. SÍTIO GEOGRÁFICO, COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO

A RMRJ já passou por muitas configurações territoriais desde que foi criada em 1974. Sua definição atual, segundo a Lei Complementar Estadual nº133 de 2009, compreende os municípios do Rio de Janeiro, Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica, Tanguá e Itaguaí. Os municípios de Petrópolis e Mangaratiba, que pertenciam à RMRJ na delimitação de 1974, não a integram mais nos dias atuais.

No presente trabalho, incluiu-se o município de Mangaratiba como parte do aglomerado metropolitano por dois motivos. Primeiro porque fez parte do desenho original da Região Metropolitana em 1975, sendo posteriormente retirado em 2002. Segundo porque seu território está sendo afetado diretamente pela expansão metropolitana na orla da Baía de Sepetiba, que é - como será visto a seguir, um dos vetores dinâmicos mais importantes da RMRJ. Trata-se de um “município-fronteira” objeto de “disputa” entre a expansão urbano-industrial-portuária de um lado e, do outro, as atividades de turismo e de pesca historicamente associadas ao patrimônio natural que ainda abriga.

Do ponto de vista natural, o sítio geográfico da RMRJ é formado por um conjunto diversificado e heterogêneo de unidades morfológicas - delimitado ao norte pelas escarpas da Serra do Mar e ao sul pelo Oceano Atlântico. Uma complexa interação entre processos tectônicos e da dinâmica costeira, paleoclimáticos e atuais, são responsáveis pela definição da morfologia peculiar desta porção do litoral brasileiro que inclui escarpas abruptas, cordões arenosos, lagoas costeiras, maciços litorâneos e duas extensas baías: Guanabara e Sepetiba.

Essas características são destacadas por Aziz Ab'Saber (2007), quando descreve as linhas mestras do processo de formação da Baía da Guanabara: “*Em primeiro lugar, é indispensável dizer que a região da Guanabara apresenta um*

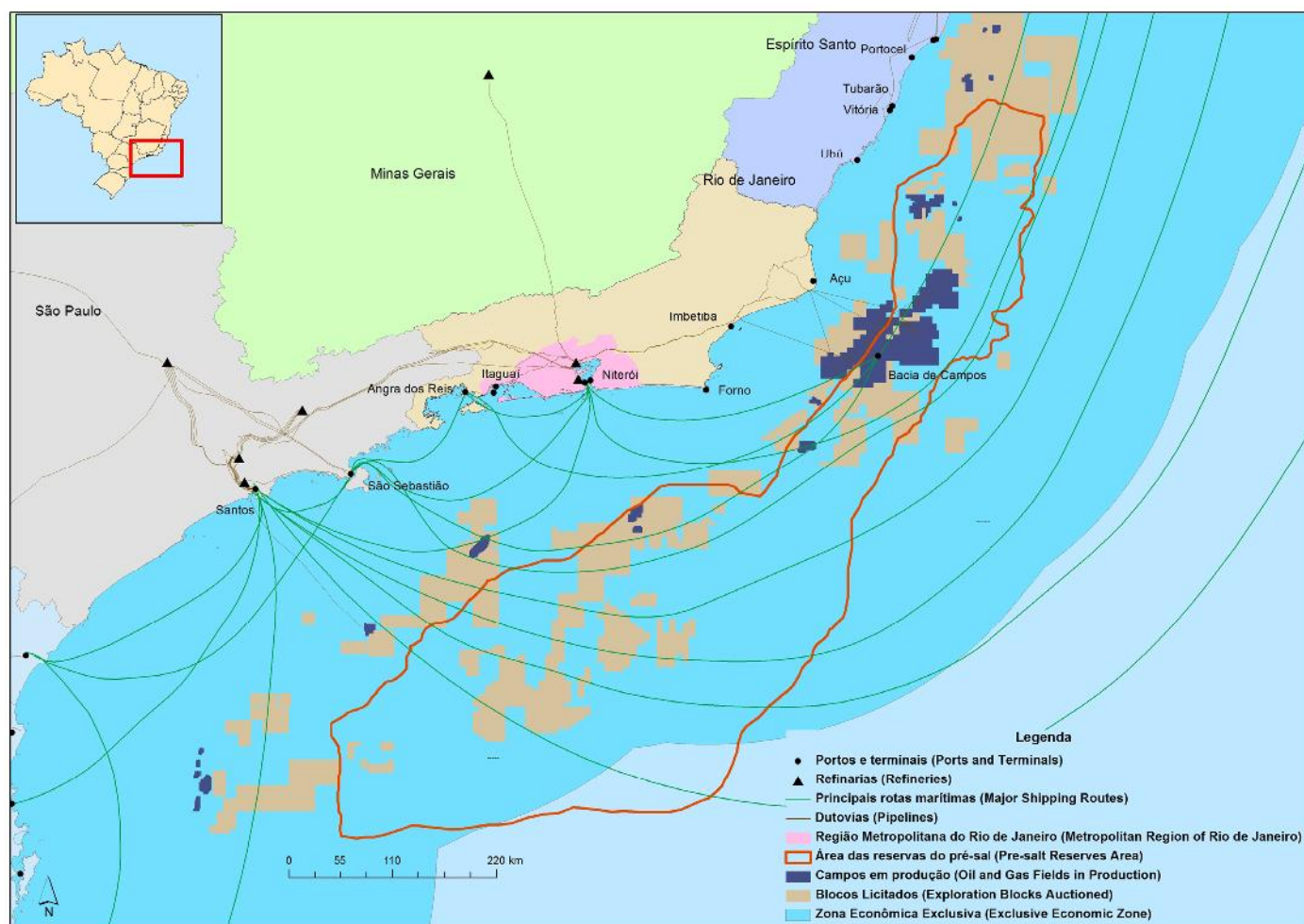


Figura 1. Logística do Setor de Petróleo e Gás Natural nas Bacias de Campos e Santos

Figure 1. Oil and Gas Logistics in the Campos and Santos Basins

Fonte dos Dados Básicos: ANP, Agência Nacional de Petróleo, Dados das Rodadas de Licitação de Campos de Petróleo até 2011

quadro único para o conhecimento da fachada atlântica sudeste do Brasil. Sua origem remonta à separação do Brasil oriental em face da África Ocidental. Uma distensão tectônica foi responsável pela criação de montanhas de blocos falhados, entre as escarpas da serra do Mar e os complexos maciços costeiros de feições majestosas, tais como o Corcovado, a serra da Carioca, o maciço de Niterói e os pontões rochosos que ladeiam a entrada da barra, culminando com o símbolo máximo representado pelo Pão de Açúcar. Há também uma baixada colinosa entre a serra do Mar e os maciços serranos mais próximos da atual linha de costas. E, por fim, a própria baía de Guanabara, que adentra as áreas dos morros e colinas, desembocando por uma barra estreita, entre os paredões rochosos do Rio de Janeiro vis-à-vis os morros de Niterói”.

As condições dominantes de tropicalidade são bastante diferenciadas em termos térmicos e pluviométricos, seja pela orografia, pela conformação do litoral ou pelo próprio processo de urbanização. A variação térmica entre estações situadas em áreas planas no interior do território metropolitano, como Bangu, por exemplo, são muito distintas daquelas situadas nas porções elevadas e florestadas, como o Alto da Boa Vista, no maciço da Tijuca (Brandão, 2003).

As diferenças na pluviosidade são marcantes também

entre as áreas dos maciços costeiros, como a Serra da Carioca, onde atingem cerca de 2.200 mm, e as zonas planas interiores – que apresentam pluviosidade média em torno de 900 mm (Dereczynski et al., 2009). Esses aspectos naturais foram potencializados pela expansão da mancha urbana nas encostas e fundos de vale gerando “ilhas de calor” com efeitos diretos na ocorrência de chuvas torrenciais e enchentes em pontos críticos, como o entorno do rio Maracanã (Brandão, 1972).

A observação do sítio urbano na escala metropolitana permite avaliar sua complexidade territorial e uma primeira aproximação quanto às suas vulnerabilidades às mudanças climáticas globais. Dois aspectos diretamente interligados são particularmente críticos para a RMRJ: a elevação do nível do mar e a ocorrência de eventos extremos, tais como ventos intensos, ondas de tempestade, chuvas torrenciais e períodos de estiagem mais prolongados, cuja combinação em um mesmo momento pode produzir efeitos devastadores na zona costeira.

Para analisar as vulnerabilidades da zona costeira da RMRJ face às mudanças climáticas optou-se por considerar três aspectos importantes. Tal orientação fundamenta-se em estudos anteriores realizados por uma equipe multidisciplinar

sobre os efeitos das mudanças climáticas na cidade do Rio de Janeiro (Gusmão, Carmo & Vianna, 2008; INPE, 2011).

A primeira diz respeito ao cenário de elevação do nível do mar, um processo a ser monitorado com rigor tanto na escala regional como local. Os valores limites modelados na escala global para essa elevação são controversos na própria comunidade científica, variando entre elevações relativamente modestas, em torno de 20 cm, como no cenário “otimista” do IPCC (IPCC, 2007) até valores superiores a 1 metro, considerando o comportamento não linear do degelo das calotas polares (Pfeffer et al., 2008). Portanto, esses cenários alternativos demandam certo cuidado porque se há incertezas em relação a eles, maiores ainda são as incertezas sobre a dimensão e *timing* dos efeitos e impactos que podem gerar. Como referência, tomemos Hunter (2008: 1) que, para o caso da Austrália, discute sobre possíveis correlações entre a elevação do nível do mar e a ocorrência de eventos extremos: “*As a rule of thumb for Australia, for every 20 cm of sea-level rise, the frequency of extremes of a given height increases by a factor of about 10. Therefore, by 2100, even a reasonably modest rise of sea level of 50 cm would mean that events that presently happen only once a year would happen every day, or that present 100-year events would happen several times a year*”.

A segunda premissa é derivada da anterior – e das dificuldades de se operacionalizar avaliações de caráter local lastreadas em bases de dados precários e cartografia de baixa resolução – e implica na adoção das zonas costeiras de baixa elevação (*low elevation coastal zones – LECZ*) como as de maior vulnerabilidade, tanto à própria elevação do nível de base dos oceanos, quanto à ocorrência de eventos extremos, principalmente inundações (Mcgranahan et al., 2007). Essa premissa já havia sido adotada anteriormente no Brasil nas duas edições do Macrodiagnóstico da Zona Costeira (MMA 1996; Zamboni & Nicolodi, 2008) que avaliou o grau de risco natural às inundações dos municípios costeiros considerando como críticas as aglomerações urbanas situadas abaixo da cota de 10 metros.

Por fim, a terceira premissa considera que o pulso de inundação é “a principal força motriz responsável pela existência, produtividade e interação da biota no sistema rio-planície de inundação” (Junk et al., 1989: 110). Em outras palavras, a inundação é um processo natural e necessário para o funcionamento do sistema fluvial. O que a transforma em calamidade pública são as profundas alterações resultantes da retirada da vegetação ripária, da impermeabilização do solo na área drenada, do assoreamento das calhas dos sistemas (naturais e construídos) de drenagem e do estreitamento destes face à ocupação de suas margens por construções, nem sempre irregulares no sentido estrito da palavra, na interface entre o rio e sua planície de inundação.

A Figura 2 permite observar que as zonas costeiras de baixa elevação (LECZ) correspondem principalmente às planícies de inundação dos rios que deságuam nas baías da Guanabara e Sepetiba, bem como o entorno das lagoas costeiras das baixadas de Jacarepaguá e de Maricá. Essas planícies de inundação foram profundamente alteradas por obras de canalização e drenagem desde a primeira metade do século XX, as quais permitiram a ocupação agrícola e urbana, tanto nos então chamados “sertões cariocas”, localizados na baixada de Sepetiba - onde o rio Guandu (Canal de São Francisco)

desempenha um papel importante não apenas na drenagem da zona oeste do município do Rio de Janeiro, como também no abastecimento metropolitano de água potável, obtida a partir da transposição de parte significativa da vazão do rio Paraíba do Sul por meio do sistema de Ribeirão das Lajes.

Na orla setentrional da Baía da Guanabara, rios como Iguazu, Sarapuí e Estrela sofreram radical transformação em seus baixos cursos (Amador, 2012). No passado eles tiveram importância do ponto de vista agrícola, mas hoje têm suas margens fortemente urbanizadas e servem para o esgotamento de resíduos urbanos que são lançados sem tratamento em suas águas (Coelho, 2007). As alterações introduzidas no sistema rio-planície de inundação combinadas com a elevação do nível do mar e a possibilidade de chuvas torrenciais nos altos cursos, nas encostas da Serra do Mar, conferem a essas áreas um elevado grau de vulnerabilidade às mudanças climáticas, principalmente considerando a alta densidade demográfica e produtiva (Marques et al., 2004).

A Figura 3 retrata a evolução da cobertura vegetal e uso do solo na região metropolitana e mostra que, apesar da extensa mancha urbana, ainda existem grandes remanescentes florestais contínuos, tanto nas encostas da Serra do Mar como nos maciços costeiros. A interface cidade-floresta de encosta é um traço importante do desenho urbano na área metropolitana do Rio de Janeiro e reflete distintas fases de seu desenvolvimento, em que processos sociais são responsáveis pela complexidade das formas de ocupação e de uso do solo (Abreu, 2010).

A ocupação dos morros nas áreas centrais do Rio de Janeiro iniciou-se com o cultivo do café, que rapidamente dizimou a vegetação nativa dificultando a captação de água potável para o abastecimento urbano. Na segunda metade do século XIX, o maciço da Tijuca foi objeto de uma das mais exitosas experiências de reflorestamento urbano, que devolveu à cidade não apenas a beleza cênica, mas também alguns mananciais e a estabilidade das encostas que delimitavam alguns bairros do Rio de Janeiro, como Laranjeiras e Botafogo (Heynemann, 2009).

Do ponto de vista da urbanização, as encostas dos morros centrais foram originalmente ocupadas por classes sociais de maior poder aquisitivo, que buscavam temperaturas mais amenas e escapar das moléstias que proliferavam nas áreas mal drenadas e sem saneamento (Abreu, 1997). Foi a partir do início do século XX que os desalojados das reformas urbanas que acabaram com os cortiços nas áreas centrais se juntaram aos migrantes que buscavam trabalho na então capital federal e subiram os morros, construindo com seus poucos recursos moradias em uma forma de ocupação que se tornou marca registrada do Rio de Janeiro: as favelas de encosta (Valladares, 2000).

No início, essas favelas revelavam as origens rurais de seus habitantes, com habitações dispersas e criação de pequenos animais nos quintais. Muitas delas também foram originalmente bairros operários, quando o Rio de Janeiro ainda tinha uma função industrial importante. Outras mais recentes na história da cidade já nasceram como núcleos de residência de prestadores de serviços assentados na vizinhança dos bairros ocupados pela população de classe média. De qualquer maneira, todas tiveram em comum a autoconstrução em terrenos onde a cobertura florestal

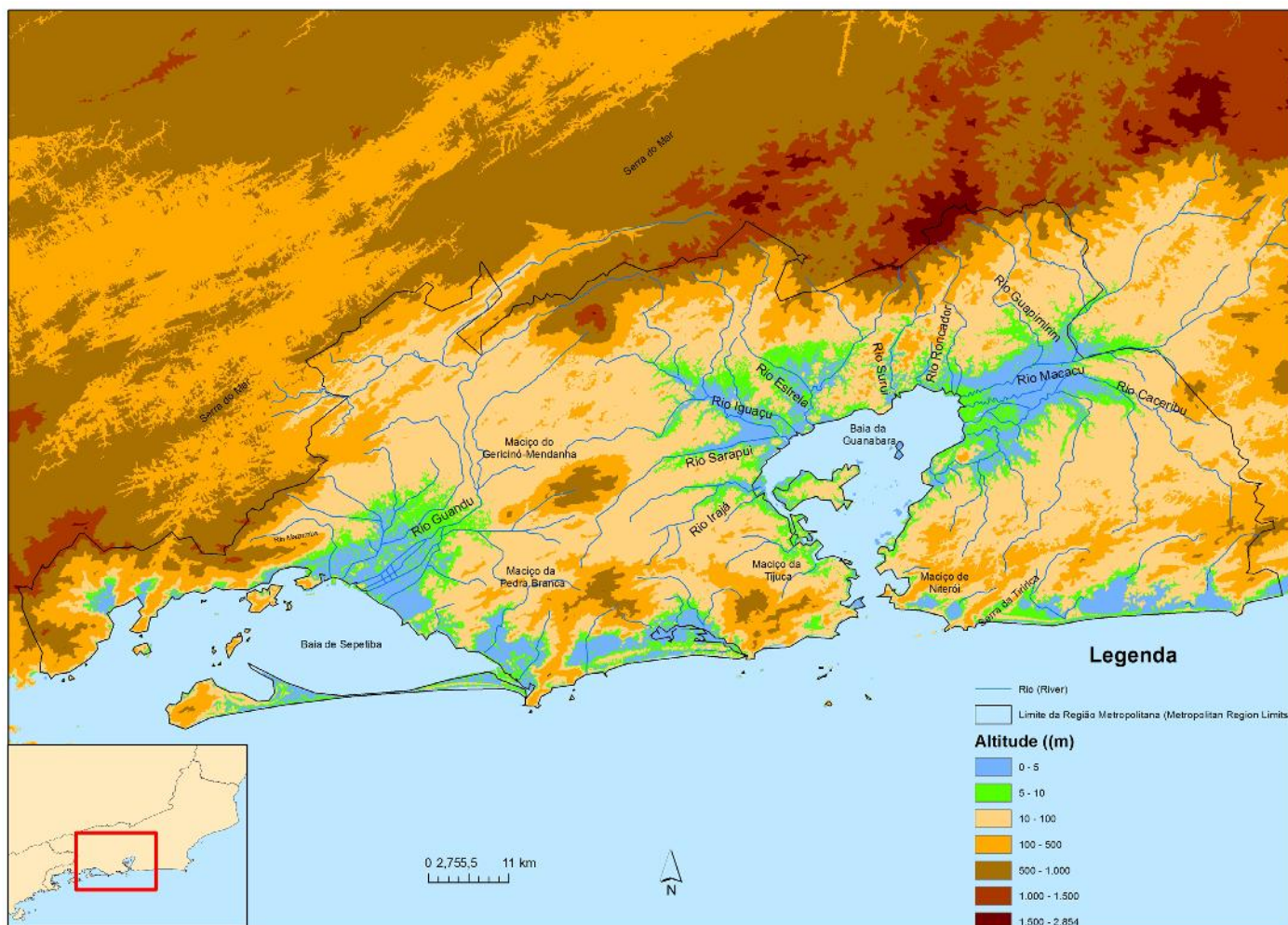


Figura 2. Região Metropolitana do Rio de Janeiro - Sítio Geográfico (*Carta elaborada pelos autores com base em Imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) realizada pela NASA em fevereiro de 2000*).

Figure 2. Rio de Janeiro Metropolitan Region – Geographic Site

foi parcial ou totalmente removida e a superfície do solo passou a estar exposta à ação direta das águas pluviais. Nesses assentamentos, que não contam com títulos de propriedade, prevalecem ainda como regra geral a carência de serviços coletivos elementares e o risco associado aos deslizamentos (GEO-RIO, 2012).

Na escala metropolitana também são importantes os remanescentes de manguezais, tanto em Guapimirim, na orla setentrional da Baía da Guanabara, como na área de Guaratiba, na Baía de Sepetiba. A vegetação de mangue é particularmente importante para a vida na zona costeira, não apenas pelos peixes e crustáceos que formam parte do ecossistema dos manguezais, ou pelo seu papel de suporte para outras espécies que o utilizam em sua fase de reprodução, mas também como elemento de proteção e estabilidade da linha de costa (FAO, 1994). O comportamento dos manguezais sob os efeitos das mudanças climáticas é de difícil previsão, dependendo das condições associadas a uma série de parâmetros tais como regime de ondas, ventos, pluviosidade, temperatura e salinidade (Soares, 2008).

É importante considerar que a permanência de áreas florestais e de manguezais, no interior do tecido metropolitano, só foi possível graças a uma estrutura abrangente de unidades de conservação mantidas pelas três esferas do poder: a união, o estado e os municípios. Na Tabela 1, pode-se observar a distribuição da área total das unidades de conservação criadas pelas três esferas do Poder Público até 2008.

Valores estimados considerando a superposição de área do Parque Estadual Cunhambebe e a APA de Mangaratiba (Estimated Values due to overlapping surfaces of the State Park of Cunhambebe and the Magaratiba Protected Area)

A situação dessas áreas preservadas é bastante diferenciada. Existem parques que já estão consolidados, embora ainda não completamente livres de invasões, como o Nacional da Tijuca ou o Estadual da Serra da Tiririca. Existem outros, como o estadual Cunhambebe, que foram criados recentemente e ainda não foram plenamente implantados (seja do ponto de vista da sua demarcação, regularização fundiária, elaboração de planos de manejo, instalação de infraestrutura, contratação de equipes, etc.). O mesmo ocorre com as Áreas

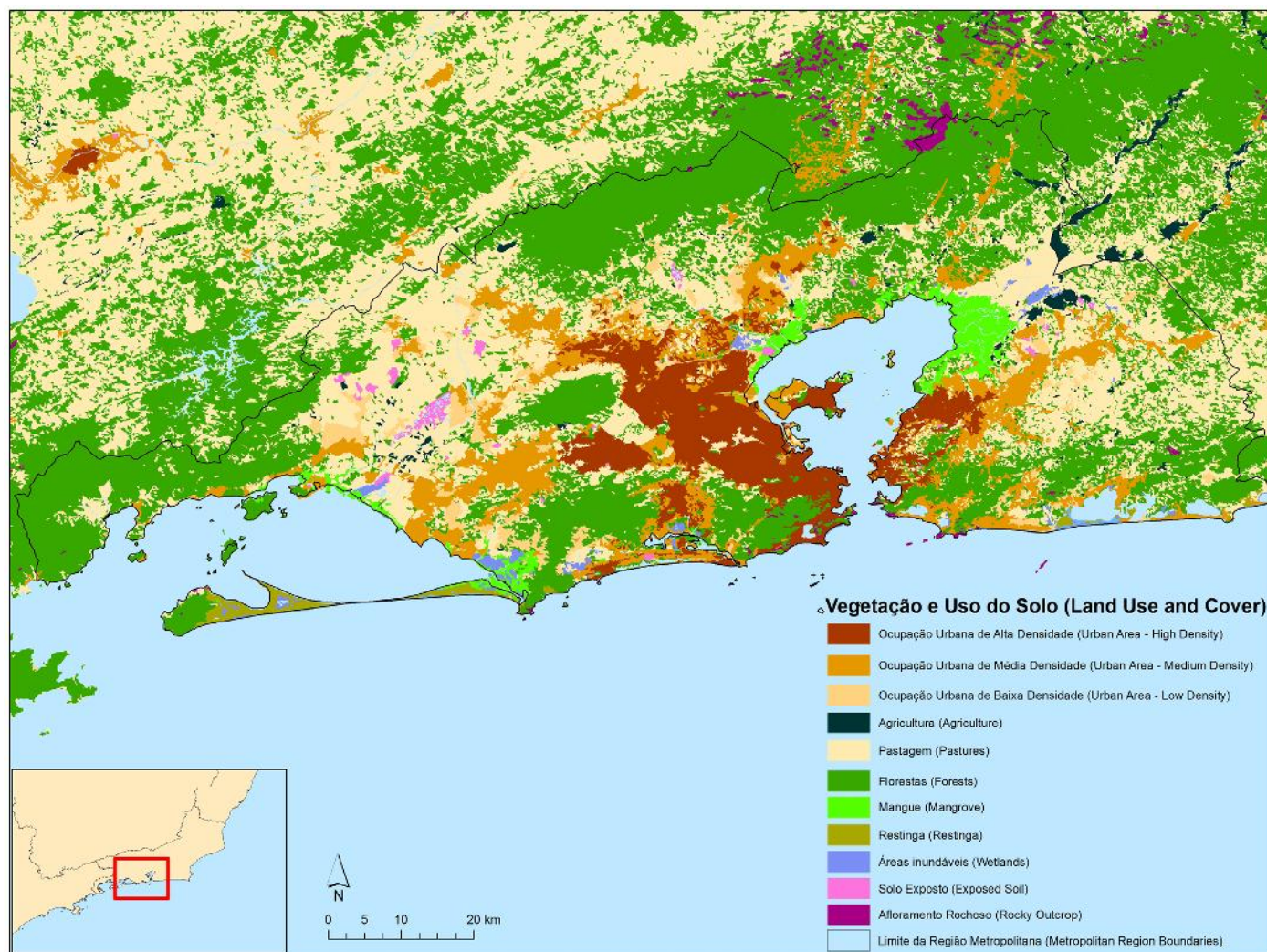


Figura 3. Cobertura Vegetal e Uso do Solo (Elaborado a partir do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Rio de Janeiro - 2009)
Figure 3. Land Use and Cover

de Proteção Ambiental (APAs), pois enquanto algumas já dispõem de Plano de Manejo aprovado, como é o caso da APA de Guapimirim, outras sequer têm seus limites definidos claramente, ainda que algumas incluam municípios inteiros, como é o caso de Paracambi que está totalmente situado na APA do Rio Guandu (INEA, 2012).

Considerando a adaptação às mudanças climáticas, as unidades de conservação desempenham e desempenharão um papel fundamental, não apenas na preservação da cobertura vegetal e da proteção da biodiversidade, mas também no próprio ordenamento do uso do solo e na prevenção de catástrofes (Mansourian *et al.*, 2009). Entretanto, a inexistência de um fórum de gestão integrada das distintas áreas protegidas na escala metropolitana determina muitas vezes a superposição de competências, com o consequente desperdício de recursos e a resultante ineficácia da proteção pretendida. O mesmo problema também é sentido e tem reflexos mais importantes ainda no que diz respeito ao ordenamento do território metropolitano de uma forma mais ampla.

A maioria dos municípios possui Planos Diretores recentes, promulgados em cumprimento ao Estatuto das Cidades. Porém, esses instrumentos padecem de limitações no que se referem aos seus alcances, objetivos e prospectivas, pois estão restritos ao território municipal e subordinados a uma visão localista, setorial e de curto prazo (Rodrigues, 2005). As chances de se construir uma visão estratégica (regional e de médio/longo prazo) do espaço metropolitano (e sua zona costeira) a partir deles é praticamente desprezível (Nacaratti, 2008). Efetivamente, a ausência de um arranjo institucional metropolitano no caso do Rio de Janeiro é um grave problema político-institucional que se arrasta desde a segunda metade da década de 1980 e só agora parece mobilizar esforços políticos suficientes para mudar esse quadro (Azevedo & Guia, 2004)

Contudo, é forçoso reconhecer que iniciativas de gestão supramunicipal estão sendo construídas, como é o caso do Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento do Leste Fluminense (CONLESTE), que inclui os municípios diretamente afetados pelos investimentos do Complexo

Tabela 1. Área das Unidades de Conservação segundo classificação do SNUC por Município – 2008

(Com base em dados do Sistema de informações Geográficas do IBAMA e Levantamentos Secundários em Órgãos Ambientais Estaduais (INEA) e Municipais, 2008)

Table 1. ???

Município	Proteção Integral		Uso Sustentável		Área Total (ha)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Belford Roxo	0	0	244,5	3,1	7.979,10
Duque de Caxias	9.332,20	20,1	3.030,50	6,5	46.457,30
Guapimirim	6.814,60	18,9	15.162,40	42	36.081,30
Itaboraí	740,7	1,7	2.555,80	6	42.421,90
Itaguaí	478,3	1,8	5.411,30	19,9	27.156,30
Japeri	0	0	2.416,90	29,2	8.283,20
Magé	1.855,60	4,8	25.875,20	67,1	38.569,60
Mangaratiba1	18.175,00	51,7	4.825,00	13,7	35.165,30
Maricá	917,8	2,5	959,8	2,6	36.247,70
Mesquita	0	0	1.458,00	41,9	3.476,70
Nilópolis	0	0	0	0	1.915,70
Niterói	1.061,20	8,2	0	0	12.937,50
Nova Iguaçu	14.366,10	27,4	22.386,30	42,7	52.388,80
Paracambi	0	0	17.937,40	100	17.937,40
Queimados	0	0	1.399,70	18,2	7.692,10
Rio de Janeiro	19.185,90	16,2	1.488,30	1,3	118.229,60
São Gonçalo	47,7	0,2	1.809,30	7,3	24.914,20
São João de Meriti	0	0	0	0	3.483,80
Seropédica	0	0	4.276,90	15,1	28.379,40
Tanguá	0	0	0	0	14.662,30
RMRJ	72.975,10	12,9	111.237,30	19,7	564.379,20

Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) situado em Itaboraí, na parte leste da bacia da Baía de Guanabara. Da mesma maneira, amadurecem experiências associadas ao processo de consolidação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, voltados para a gestão dos recursos hídricos, que na RMRJ são o do Rio Guandu, Guandu-mirim e da Guarda, que drenam para a Baía de Sepetiba, e o Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (CBG) e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá (INEA, 2011).

Considerando os efeitos que possam vir a ter os pulsos de inundação provocados por eventos extremos sobre as áreas costeiras de baixa altitude (Junk & Wantzen 2004), especialmente nas orlas das baías de Sepetiba e Guanabara e no entorno das lagoas costeiras, faz-se necessário não apenas estudos que modelem os efeitos de tais pulsos, como também a definição de modelos de gestão e planos de contingência

em escala metropolitana, capazes de integrar de forma coordenada os órgãos de planejamento e de defesa civil das esferas federal, estadual e municipal (INPE, 2011).

3. Dinâmica demográfica e expansão urbana

Segundo os resultados do censo de 2010, três em cada quatro habitantes do estado do Rio de Janeiro vivem na região metropolitana (IBGE, 2011). Historicamente, conforme ilustra a Figura 4, a concentração foi crescente a partir de 1940, quando cerca de 50 % da população estadual já vivia na RMRJ. A partir de então, o entorno metropolitano formado pelos municípios vizinhos à cidade do Rio de Janeiro passa a aumentar progressivamente sua participação no conjunto da população estadual, evidenciando o processo de metropolização que caracteriza a dinâmica demográfica no Brasil após a industrialização pesada na década de 1950.

É importante assinalar que o Município do Rio de Janeiro manteve seu peso demográfico durante praticamente todo o período considerado e, mesmo diante da expansão acelerada do entorno metropolitano, continua sendo o principal núcleo populacional do estado.

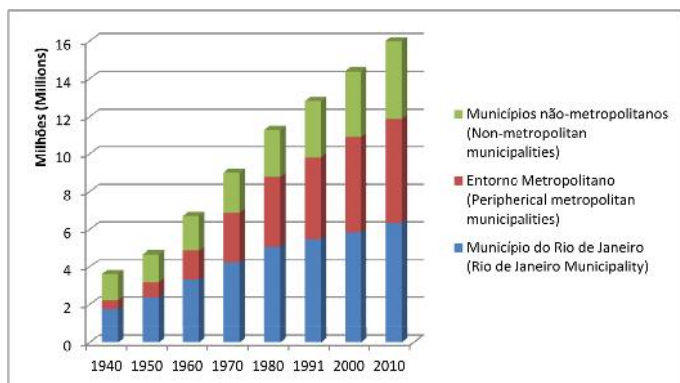


Figura 4. População Residente no Estado do Rio de Janeiro – 1940-2010 (segundo FUNDAÇÃO CEPERJ).

Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro – 2010)

Figure 4. Resident Population in the Rio de Janeiro State 1940-2010

A análise comparativa da evolução das taxas de crescimento da cidade do Rio de Janeiro, do entorno metropolitano e do restante do estado mostra que a década entre 1950 e 1960, quando se consolida a industrialização pesada, tem um forte efeito sobre o processo de aglomeração metropolitana,

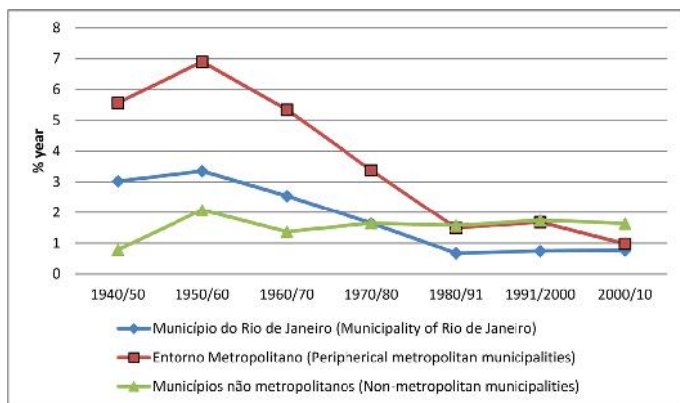


Figura 5. Taxa de Crescimento Demográfico 1940-2010

(com base em FUNDAÇÃO CEPERJ. Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro – 2010)

Figure 5. Demographic Growth Rate 1940-2010

quando ocorreram taxas anuais de crescimento populacional próximas a 7% ao ano no entorno metropolitano e superiores a 3% ao ano no município do Rio de Janeiro. Boa parte desse crescimento se deve a migrações internas de outros estados brasileiros em busca de trabalho na região metropolitana do Rio de Janeiro (IBGE, 2012).

Contudo, verifica-se que o crescimento demográfico perdeu intensidade nas décadas seguintes, estabilizando-se entre 1980 e 1991, tanto no núcleo metropolitano como em seu entorno, com o detalhe que entre 2000 e 2010 a Região Metropolitana cresce por igual em seus dois segmentos em torno de 1% ao ano. Chama a atenção nesse período que, pela primeira vez desde 1940, a velocidade do crescimento dos municípios não-metropolitanos é superior àquela apresentada pela RMRJ, apontando para a emergência de um novo padrão demográfico no estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2011).

No entanto, é importante ser cuidadoso quando se observa a dinâmica da população a partir da década de 1980, pois, se de um lado há um arrefecimento do crescimento para o conjunto metropolitano, de outro, como mostra o Mapa 4 adiante, há uma notória redistribuição espacial da população em seu interior, destacando-se algumas áreas do município do Rio de Janeiro, como a Zona Oeste (Área de Planejamento 5 - AP5), a Zona da Barra da Tijuca e Jacarepaguá (Área de Planejamento 4 - AP4), enquanto nota-se uma estabilização do crescimento da Zona Suburbana (Área de Planejamento 3 ou AP3) e uma redução na população residente na Zona Central (Área de Planejamento 1 - AP1) e Zonas Sul e Norte (Área de Planejamento 2 - AP2).

É relevante observar que, apesar de municípios da borda da RMRJ apresentarem taxas de crescimento mais aceleradas, como Itaguaí ou Maricá, os grandes contingentes demográficos que continuam se expandindo estão nos municípios do entorno da Baía de Guanabara, como Duque de Caxias, Nova Iguaçu e São Gonçalo, indicando que a vulnerabilidade dessas áreas às mudanças climáticas é crescente, considerando principalmente o elevado grau de carência de serviços coletivos, principalmente de saneamento (água, esgotos, lixo e drenagem urbana).

A expansão da mancha urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro no período 1990-2010 (Figura 7) mostra que a baixada de Sepetiba constitui a principal área de incorporação de novas terras ao tecido metropolitano, tanto no que se refere à Zona Oeste do Rio de Janeiro, como aos municípios vizinhos de Itaguaí, Seropédica, Japeri, Queimados e à porção de Nova Iguaçu que drena para Sepetiba. Também é relevante a expansão na orla oriental da Baía de Guanabara, onde novas áreas estão sendo abertas para loteamentos em Magé, Guapimirim, Itaboraí e São Gonçalo, em áreas vulneráveis considerando os riscos de inundação a que estão submetidas.

Parte significativa dessa expansão urbana é estimulada por grandes projetos estruturantes promovidos por investimentos públicos e privados. A implantação do Arco Rodoviário Metropolitano articulará a orla oriental da Baía da Guanabara, onde está sendo implantado o COMPERJ, passando pelo entorno da refinaria de Duque de Caxias (REDUC), onde é grande a concentração da indústria petroquímica e gás-química, e o porto de Itaguaí e as grandes implantações minero-siderúrgicas da Baía de Sepetiba (Gusmão, 2009).

Essa estrutura urbano-industrial e logística pesada situada nas vizinhanças imediatas de áreas costeiras de baixa elevação tende a reforçar as tendências de litoralização da economia fluminense e estimular a expansão metropolitana para zonas de maior vulnerabilidade à elevação do nível do mar e à ocorrência de eventos climáticos extremos, assim como

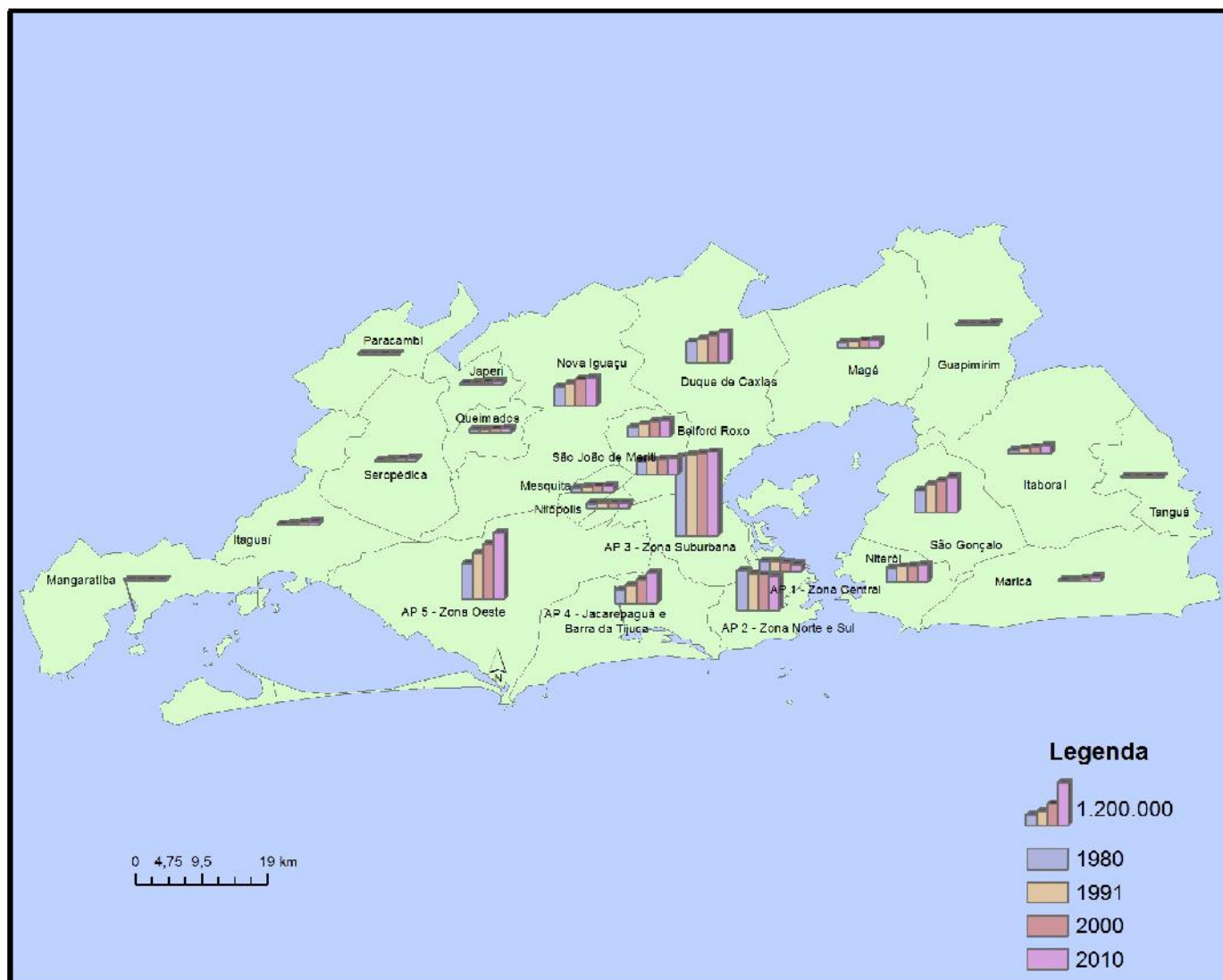


Figura 6. Crescimento demográfico por município e área de planejamento do Município do Rio de Janeiro 1980 -2010 (Dados relativos às Áreas de Planejamento do Município do Rio de Janeiro em 2010 foram estimados através da metodologia AiBi do IBGE, tendo como base os resultados do Censo Demográfico de 2010)

Figure 6. Demographic growth by municipalities and planning areas in the Rio de Janeiro Metropolitan Region 1980 – 2010 (Data of the Planning Areas of the Municipality of Rio de Janeiro in 2010 were estimated using the methodology AiBi/ IBGE, based on the results of Demographic Census 2010)

Fonte dos dados básicos: Para 1991 e 2000 FUNDAÇÃO CEPERJ. Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro – 2010 e IPP, Estatísticas Municipais do Rio de Janeiro. Para 2010, IBGE, Resultados Preliminares do Censo Demográfico de 2010.

às combinações (sinérgicas e cumulativas) desses mesmos elementos (Mandarino & Arueira, 2012).

4. GESTÃO DA METRÓPOLE FACE À ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Para a gestão ambiental urbana na RMRJ, a maior e mais complexa metrópole litorânea brasileira, face às mudanças climáticas, é necessário definir uma agenda de políticas públicas que parta dos seguintes pressupostos:

Em sociedades democráticas modernas a formulação de políticas públicas tende a assumir a forma de processos de negociação que colocam em uma mesma mesa o Poder Público, as comunidades e os agentes econômicos (Dowbor, 2009);

Aplicado à formulação de políticas de adaptação às mudanças climáticas esse modelo de gestão envolverá diferentes temáticas (saúde, educação, desenvolvimento urbano e industrial, transporte, habitação, saneamento etc.), assim como escalas espaciais (local, microrregional e macrorregional) e temporais (curto, médio e longo prazo) de ação (Bulkeley & Betsill, 2005);

Esse modelo só se viabilizará se combinar a cooperação e coordenação entre os múltiplos agentes envolvidos – diferentes níveis de governo, setor produtivo e organizações sociais - dentro de arranjos institucionais que favoreçam acordos sobre “quais sejam os problemas” e, entre eles, “quais são as prioridades”, assim como sobre “quais os

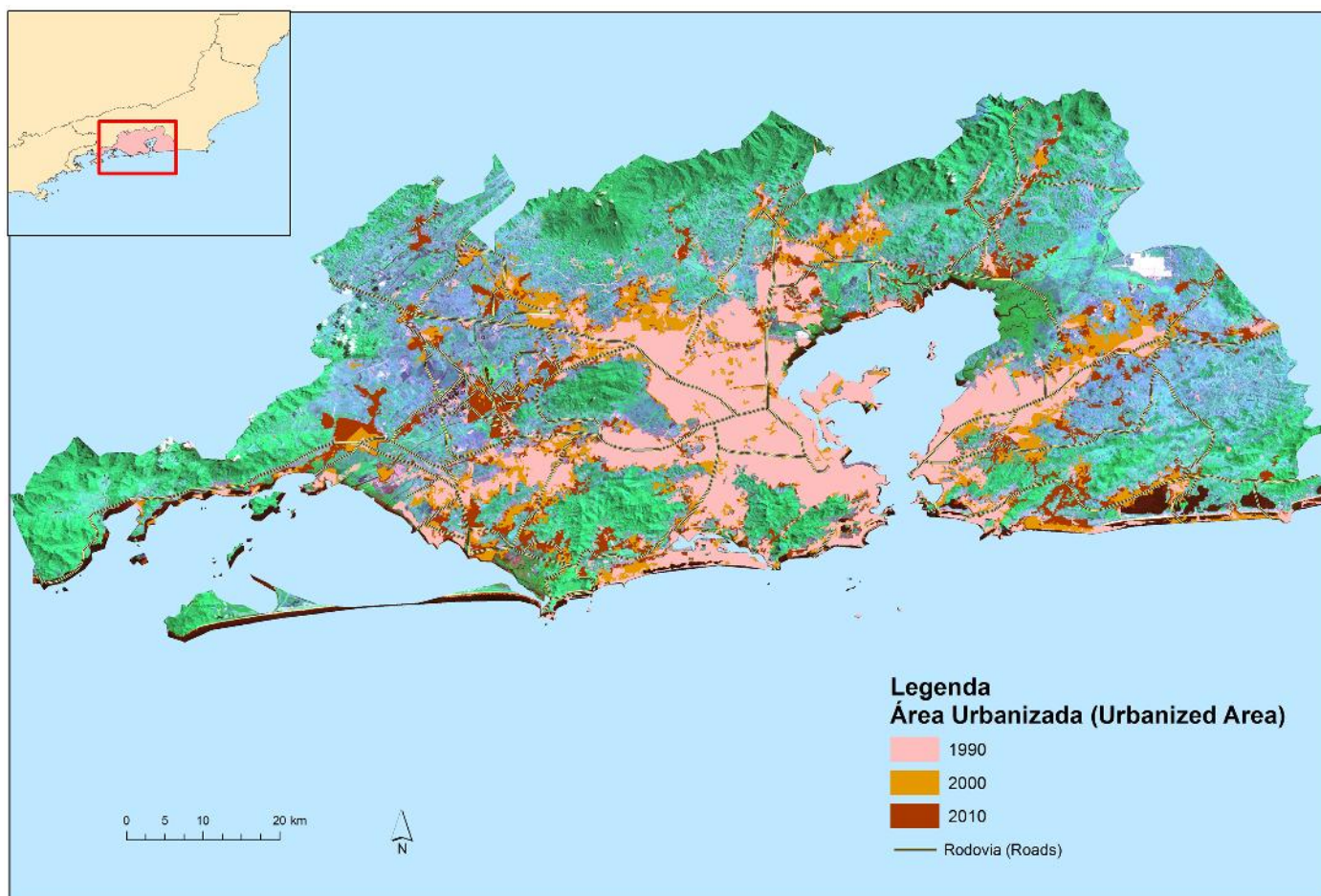


Figura 7. Expansão da Área Urbanizada - 1990 – 2010 (Obtido através de geoprocessamento utilizando ArcGis 10 de mosaicos de imagens Landsat 5 nos anos de 1990, 2000 e 2010).

Figure 7. Urbanized Area Expansion – 1990 – 2010)

planos/programas” (ações concretas) que devem e podem ser desenvolvidos; e

Por último, mas não menos importante, deve-se considerar que, do ponto de vista institucional, o caráter plural desse processo aponta para o desafio de construir, através do consenso pactuado entre os agentes sociais que atuam no espaço metropolitano, uma instituição coordenadora e não de um “comando” único, muito menos isolado. Não será uma organização isolada que será capaz de levar adiante uma tarefa que, por definição, compreende deliberações colegiadas e ações integradas/coordenadas.

Tendo em mente esses pontos principais, trataremos a seguir de analisar alguns elementos neles presentes tendo em vista subsidiar a construção de uma agenda pactuada capaz de promover a adaptação da Região Metropolitana do Rio de Janeiro às mudanças climáticas.

4.1. Ações e Políticas Multiescalares

A adaptação aos efeitos das mudanças climáticas ou, mais especificamente, aos impactos da elevação do nível do mar e eventos climáticos extremos, assim como às sinergias entre eles, exigirá ações integradas e coordenadas envolvendo

diferentes escalas e temas. Elas contemplarão ações no âmbito metropolitano, das bacias hidrográficas e dos territórios dos municípios costeiros, até alcançar a escala de áreas específicas (encostas, lagoas, manguezais etc.) identificadas, por exemplo, segundo critérios de vulnerabilidade (INPE, 2011).

Como todo grande aglomerado urbano, a RMRJ comporta elementos (relevo, cobertura vegetal, infraestruturas, atividades produtivas etc.), fluxos (de pessoas, veículos, cargas, serviços etc.) e vulnerabilidades (propensão a deslizamentos de encostas, disponibilidade/qualidade das águas e riscos associados a complexos industriais etc.) que se combinam de forma diferente conforme a parcela do espaço metropolitano que se analise. Lidar com essas combinações obrigará muitas vezes a trabalhar “por sobre” os limites político-administrativos dos municípios. Em outros momentos haverá necessidades específicas que levarão a trabalhar sobre aquilo que é peculiar a cada município (ou suas “partes”), assim como também setores ou grupamentos destes que apresentem condições semelhantes (ou homogêneas). Ao longo de todas essas possibilidades e em ambos os extremos, haverá uma permanente demanda por ações integradas e coordenadas, seja a nível inter ou intra-municipal (Kornin & Moura, 2004; Gusmão, 2009).

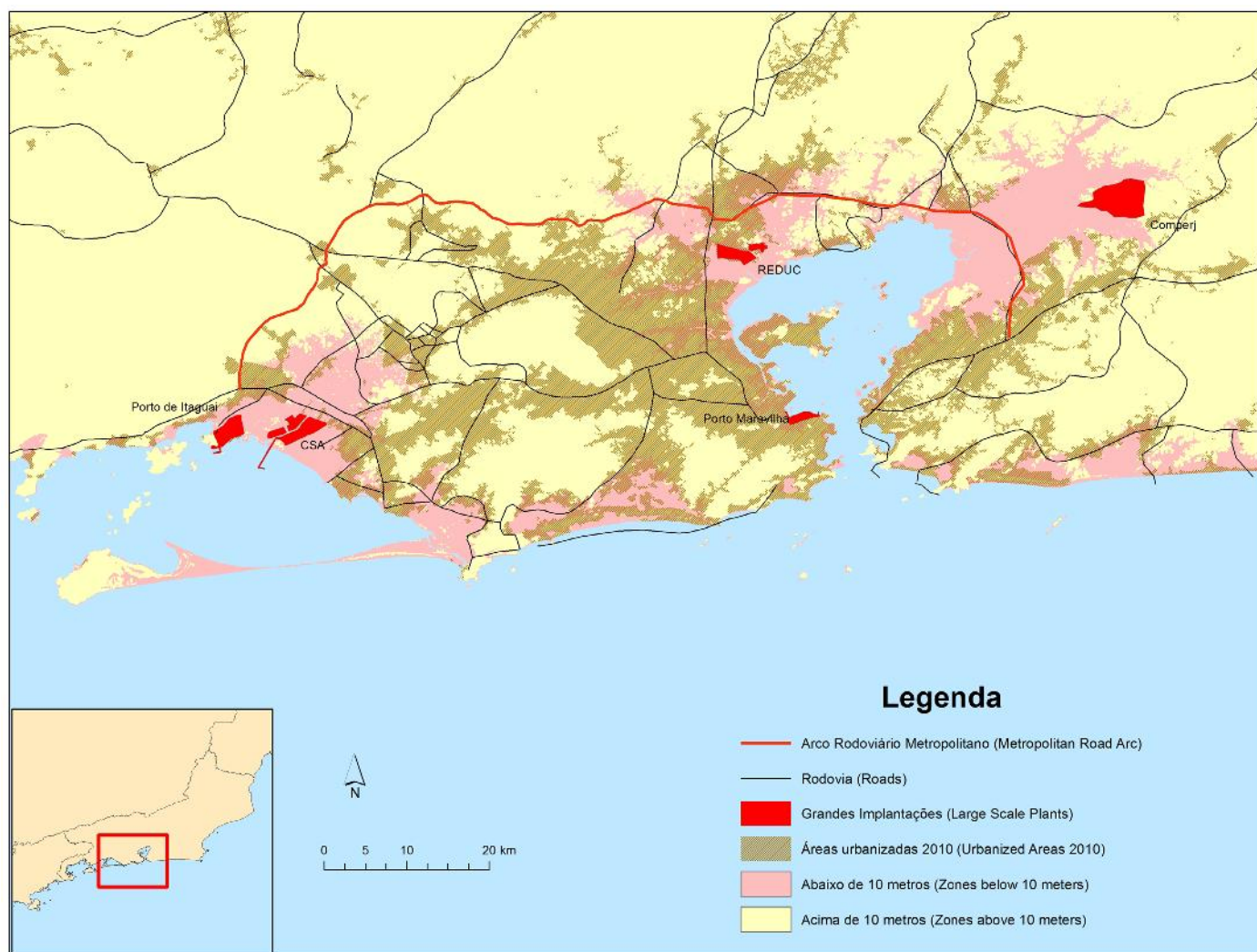


Figura 8. Grandes projetos no aglomerado metropolitano do Rio de Janeiro (com base em dados obtidos na Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN) e no Governo do Estado do Rio de Janeiro)

Figure 8. Large scale projects in the Rio de Janeiro Metropolitan Agglomeration

As condições político-institucionais atuais da RMRJ não se coadunam, entretanto, com tais requisitos. A começar pelo fato da entidade de planejamento metropolitano (Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana - FUNDREM) ter sido extinta na segunda metade da década de 1980. Importa também destacar a fragilidade dos instrumentos legais dedicados ao ordenamento territorial tanto no plano regional como local. Mesmo os planos diretores municipais, promulgados recentemente em atendimento ao Estatuto das Cidades, mantêm vícios antigos decorrentes de uma cultura político-administrativa centralista e avessa à cooperação (Moura *et al.*, 2003).

Os planos diretores municipais apresentam predominantemente visões *intramuros* com claras ênfases localistas, setoriais e de curto prazo. Cada território municipal é tratado como se pudesse ser considerado como caso diferente e isolado. Desconsidera-se tanto a necessidade como a oportunidade de projetar cenários futuros a partir de um foco mais estratégico, tanto no que se refere às dimensões

espacial (diálogo entre o local e o regional) e temporal (diálogo entre o curto e o médio/longo prazo), assim como na perspectiva das várias temáticas envolvidas, tais como: saúde, habitação, segurança e meio ambiente (Vargas & Freitas, 2009).

4.2. Capacidade de Resposta dos Governos Locais

Mantidas as condições gerais atuais e admitindo-se que os municípios recebam *doses* diferentes de efeitos/impactos associados às mudanças climáticas e tendem reagir a estas de forma isolada, é aceitável a hipótese de que eles tenderão a ter essas reações condicionadas por suas respectivas capacidades de resposta.

Alguns municípios, que já podem se encontrar em condições bastante precárias, tenderão a experimentar mais dificuldades que outros para promover a adaptação às mudanças climáticas. Dependendo das novas pressões que recebam como consequência da elevação do nível do mar

combinado aos eventos climáticos extremos, é admissível, portanto, uma “evolução” cada vez mais desequilibrada da equação *pressões x capacidade de resposta*. Esse desequilíbrio, já materializado nos atuais déficits de infraestrutura e serviços com reflexos sobre a qualidade ambiental, tenderá assim ao inevitável agravamento (Silva, 2006).

Consideremos três aspectos para visualizar, de forma muito preliminar, essa capacidade de resposta, tomando-se um conjunto de municípios localizados na parte leste da baía da Baía de Guanabara já que eles combinam, simultaneamente: áreas significativas situadas na zona de risco de alagamentos (situadas abaixo de 10m em relação ao nível médio atual do mar); taxas de crescimento econômico e populacional acima da média dos municípios metropolitanos; e o fato de abrigar o maior investimento produtivo realizado na RMRJ, o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) (Gusmão, 2011).

Os resultados obtidos indicam que uma parte muito pequena das equipes técnicas desses municípios tem vínculos estáveis com a administração pública local. O restante das equipes é composto por funcionários não estáveis ocupantes de “cargos em comissão”, estagiários e diversos tipos de “colaboradores”. Destaque-se o fato de que alguns dos municípios que vêm apresentando maiores taxas de expansão do PIB e de crescimento populacional são, em sua maioria, os mesmos que apresentam as equipes menos expressivas, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo. Nessas condições, não surpreendem os baixíssimos níveis de profissionalização das administrações locais, assim como os problemas de descontinuidade das políticas públicas (Kornin & Moura, 2004).

O segundo aspecto considerado diz respeito à necessidade de cooperação-coordenação entre municípios seja por força da insuficiência dos recursos disponíveis ou pelo fato de compartilharem uma mesma oportunidade/ameaça. Essa tem sido uma possibilidade apontada como um bom caminho para encontrar soluções para problemas locais e intermunicipais (Klink, 2009). Contudo, são ainda raras as experiências a merecerem registro. No caso vale colocar em relevo a experiência do CONLESTE (Consórcio Intermunicipal da Região Leste Fluminense) criado em 2006 na esteira da decisão de instalar o COMPERJ em Itaboraí. Essa experiência ainda não foi avaliada a ponto de revelar os reais benefícios e beneficiários. O fato é que essa seria uma oportunidade de superar deficiências de uma gestão pública local que tradicionalmente tem privilegiado questões locais, setoriais e de curto prazo, características que tipificam uma *cultura política* que se coloca em oposição a políticas e ações estratégicas de caráter integrado e regional visando resultados de médio-longo prazo (Kornin & Moura, 2004).

Por fim, reconhecendo as limitações de que se reveste esse aspecto, importa considerar o grau de *dependência* das administrações locais em relação ao peso das transferências sobre suas respectivas receitas totais. Essa é uma forma de não só inferir o peso da *centralização de poderes* como explicador da situação encontrada nos municípios, mas também a *avidez* com que os governos locais se colocam frente à possibilidade de atrair para seus territórios toda e qualquer nova atividade geradora de oportunidades de emprego-renda e tributos. A propósito, tomando-se o caso dos oito municípios situados

no entorno imediato do COMPERJ, verificamos que as *transferências* representavam, em média, 71% das receitas totais em 2004, ano que antecedeu à decisão de lá implantar o Complexo. Esse valor variava entre os extremos de 36,4% (caso de Niterói) e 90,7% (caso de Tanguá). Apesar do *(re) aquecimento da economia* do estado do Rio de Janeiro a partir da década de 1990, essa dependência cresceu de forma sustentada em todos esses municípios ao longo do período 1990-2004 (Oliveira & Rodrigues, 2009).

4.3. Cooperação entre os Agentes das Administrações Locais

A gestão ambiental urbana se ressentiu, ainda, da falta de maior cooperação e coordenação entre os agentes que compõem os governos locais. Especialmente entre os “reguladores” (que exercem o poder de polícia tais como as agências que tratam dos temas de urbanismo e meio ambiente) e os “empreendedores” (que realizam intervenções concretas como obras, habitação, transporte etc.), setores que estarão envolvidos diretamente com as medidas de adaptação às mudanças climáticas em qualquer metrópole (Hunt & Watkiss, 2011). O distanciamento entre organizações que tratam, por um lado, do “ambiente” (natural e construído) e, por outro, da implantação/ampliação da “infraestrutura urbana” acaba por criar um clima que conspira contra a ideia de que os diversos elementos da cidade (sejam físicos, bióticos ou sócio-econômico-culturais) compõem um mesmo objeto de gestão e intervenção. Como consequência agravam-se, dentre outros problemas, o desperdício de recursos, as injustiças e vulnerabilidades, assim como as perdas de produtividade da economia da cidade-metrópole (Kern & Alber, 2008).

Nessa perspectiva, a formulação-negociação das políticas públicas deve ser entendida numa perspectiva matricial em que desenvolvimento urbano, meio ambiente e saúde pública devem ser entendidos como objetos de *políticas transversais* que alimentam/condicionam a (re) formulação-avaliação das demais ações (ditas, essas sim, *setoriais*) (Agrawal, 2010). Vale lembrar que a formulação— tanto as *transversais* como as *setoriais* — representa essencialmente o resultado do processo de negociação de acordos entre agentes públicos, privados e não-governamentais.

4.4. Redução do Nível de Incerteza e Planos Integrados de Contingência

Apesar das incertezas quanto às causas e à frequência dos desastres que temos presenciado, não restam dúvidas de que a combinação sinérgica da elevação do nível do mar com os eventos climáticos extremos tende a agravar os conhecidos problemas de inundações, alagamentos e escorregamentos de encostas, assim como as também conhecidas consequências em termos de vidas e patrimônios desperdiçados, de degradação das condições sanitárias/ambientais, assim como de deterioração da infraestrutura urbana, as quais são responsáveis pelo incremento de novos riscos, sobretudo sociais, considerando a exposição a epidemias em consequência de inundações cada vez mais frequentes e de perdas em matéria de produtividade da economia. As dúvidas quanto ao *timing* e as dimensões desses efeitos não

interferem com o fato de que vivemos na condição de uma metrópole em risco (Egler, 2008).

O fato de partirmos de um nível de incerteza e nos defrontarmos com efeitos sinérgicos ainda não devidamente dimensionados aumenta a necessidade de combinar prevenção e agilidade em termos de reação, o que não se faz sem conhecimento. Qualquer que seja a resposta a ser dada ela dependerá de bases de dados consistentes, de instrumentos de previsão e monitoramento em tempo real, em suma, da produção de conhecimento e metodologias que permitam aumentar a previsibilidade dos fenômenos e seus efeitos.

Esse esforço deve envolver, também, a sistematização, consolidação e disseminação de informações visando subsidiar atividades de pesquisa, ensino (formal e informal) e comunicação social. O estímulo ao desenvolvimento de estudos e linhas de pesquisa visando à superação de incertezas sobre os efeitos das mudanças climáticas passa necessariamente por bases de informações consistentes, integradas e de fácil e amplo acesso. De pouco servem bases de informação incompletas, incompatíveis e inacessíveis.

As mudanças climáticas não são lineares e pouco se conhece sobre as inter-relações entre seus diversos aspectos. No caso específico da RMRJ é fundamental acompanhar o comportamento do nível do mar, não apenas quanto ao seu nível de base, mas também quanto às marés e ondas de tempestade, bem como – considerando a diversidade de situações climáticas presentes no sítio metropolitano - monitorar permanente e detalhadamente as variações nos indicadores de temperatura e pluviosidade. Planos de contingência devem ser elaborados considerando riscos de inundações e deslizamentos que não devem estar restritos aos limites desse ou aquele município, mas mobilizar todos os recursos em escala metropolitana visando minimizar os danos à população, ao patrimônio natural e construído, assim como às atividades produtivas (INPE, 2011).

5. CONCLUINDO: GESTÃO METROPOLITANA FRENTE AOS RISCOS AGRAVADOS PELAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Vistos da forma como acima expostos, os pontos aqui alinhados tornam ainda mais urgente uma agenda comum o que remete a temas tais como “governança metropolitana”, categoria que é objeto de divergências, porém as ideias que lhe dão suporte coincidem em discutir o papel do Estado e a ampliação dos espaços de participação e negociação na condução de processos decisórios visando à formulação das políticas públicas em todos os temas, esferas e escalas (Kornin & Moura, 2004).

A necessidade de superar tal desafio pode parecer óbvia, mas não é fácil. Esse processo de negociação envolverá agentes que, além de atuar em escalas espaciais e temporais diferentes, defendem muitas vezes interesses que concorrem e, não raro, conflitam entre si.

As resistências a enfrentar não derivam simplesmente da falta de informação e compreensão das partes envolvidas nesse processo de transformação. Resistências às mudanças necessárias devem ser esperadas e, portanto, devem ser tomadas antecipadamente em consideração (Quay, 2010).

Resumindo, diante dos condicionantes e desafios da gestão costeira na RMRJ face às mudanças climáticas, a adaptação

às mesmas deve incluir (o que não deve ser confundido com “se limitar”) linhas de trabalho dentre as quais destacaríamos a necessidade de:

- Assegurar o monitoramento sistêmico e integrado de parâmetros estratégicos nos diferentes campos do conhecimento de forma a ampliar a base de conhecimento acumulada e, por via de consequência, o nível de previsibilidade com que se trabalha hoje;
- Garantir as condições necessárias visando à sistematização e disseminação da base de conhecimento disponível, assegurando amplo acesso à mesma, e garantindo seu emprego na realização de programas de educação ambiental;
- Atualizar e detalhar o mapeamento/monitoramento de áreas vulneráveis e de risco, assim como a manutenção de sistemas de gestão de riscos e planos de contingência de situações de emergência; e
- Recompôr e manter atuante um fórum metropolitano que envolva os municípios da RMRJ (e não somente aqueles banhados pelo oceano e baías), agentes produtivos e organizações sociais, visando à formulação e equalização das políticas/ações vinculadas (direta e indiretamente) às mudanças climáticas, à gestão do espaço metropolitano e, em particular, ao gerenciamento da zona costeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M.A. (1997) - *Evolução urbana do Rio de Janeiro*. 147p., 3ª ed., IplanRIO (Empresa Municipal de Informática e Planejamento S. A.), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Abreu, M.A. (2010) - *Geografia Histórica do Rio de Janeiro (1502-1700)*. 2 vols., Andrea Jakobsson Estúdio & Prefeitura do Município do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788588742451 (vol. 1); ISBN: 9788588742468 (vol. 2).
- Ab'Sáber, A.N. (2007) - A Baía de Guanabara através dos tempos. *Scientific American Brasil* (ISSN: 1676-9791), 56:1-3, Duetto Editorial, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/a_baia_de_guanabara_atraves_dos_tempos_imprimir.html
- Agrawal, A. (2010) - Local Institutions and Adaptation to Climate Change. In R. Mearns, R. & A. Norton (org.), *The Social Dimension of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*, pp.173–198, The World Bank Washington, DC, USA. ISBN: 978-0821378878. Disponível em <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2689/520970PUB0EPI11C010disclosed0Dec091.pdf?sequence=1>
- Amador, E.S. (2012) - *Bacia da Baía da Guanabara - Características Geoambientais, Formação e Ecossistemas*. 432p., Editora Interciência, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788571932609.
- ANTAQ (2011) - *Anuário Estatístico Aquaviário – 2011*. s/p, ANTAQ - Agência Nacional de Transporte Aquaviário, Brasília, DF, Brasil. Disponível em <http://www.antaq.gov.br/portal/Anuarios/Anuario2011/body/index.htm>
- Azevedo, S.; Guia, V.R.M. (2004) - Os dilemas institucionais da gestão metropolitana no Brasil. In: L.C.Q. Ribeiro, (org). *Metrópoles: Entre a coesão e a fragmentação, a*

- cooperação e o conflito, pp.97-110, Editora Fundação Perseu Abramo/FASE, São Paulo/Rio de Janeiro, Brasil. ISBN: 8576430010
- Brandão, A.M. (1972) - As Alterações Climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influência do crescimento urbano. In: M.A. Abreu (org.), *Natureza e Sociedade do Rio de Janeiro*, pp.134-160. IplanRIO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Brandão, A.M. (2003) - O Clima Urbano na Cidade do Rio de Janeiro. In: C. A. F. Monteiro; F. Mendonça, (org.), *Clima Urbano*, pp.121-154, Contexto Editora, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 9788572442398
- Bulkeley, H.; Betsill, M. (2005) - Rethinking Sustainable Cities: Multilevel Governance and the "Urban" Politics of Climate Change. *Environmental Politics* 14(1): 42–63. DOI 10.1080/0964401042000310178
- Coelho, V. (2007) - *Baía de Guanabara: uma história de agressão ambiental*. 278 p., Casa da Palavra, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788577340767.
- Dereczynski, C.P., Oliveira, J.S.; Machado, C.O. (2009) - Climatologia da Precipitação no Município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia* (ISSN: 0102-7786), 24:24–38, São José dos Campos, SP, Brasil.
- Dowbor, L. (2009) - Inovação Social e Sustentabilidade. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, (ISSN: 2175-3369), 1(1):109-125, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <http://redalyc.org/articulo.oa?id=193114456010>
- Egler, C.A.G (2008) - Rio de Janeiro e as Mudanças Climáticas Globais: Uma Visão Geoconômica. In: P.P. Gusmão, P.S. Carmo & S.B. Vianna, (org.), *Rio Próximos 100 Anos*, pp.43–54, IPP, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788587649140
- FAO (1994) - *Mangrove Forest Management Guidelines*. 319p., Food and Agriculture Organization (FAO), Forestry Department, Roma, Itália. ISBN: 9251034451. Disponível em <http://archive.org/details/mangroveforestma034845mbp>
- Fundação CEPERJ (2010) - *Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro – 2010*. Centro Estadual de Estatísticas Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (Fundação CEPERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/ent/anu_online.html
- GEO-RIO (2012) - *Mapa de Susceptibilidade ao Deslizamento*. GEO-RIO - Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/ipp-viewer/?config=config/georio/escorrega.xml>
- Gusmão, P.P., (2009) - Gestão Ambiental do Território e Capacidade de Resposta dos Governos Locais na Área Metropolitana do Rio de Janeiro. In A.M. Bicalho & P.C.C. Gomes (org.), *Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa Geográfica*, pp.163-184, Publit, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788577732753
- Gusmão, P.P. (2011). Apropriação e ordenamento territorial na zona costeira no estado do Rio de Janeiro: grandes corporações ou as políticas públicas? *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais* (ISSN: 1517-4115), 12(2):23-37, São Paulo, SP, Brasil.
- Gusmão, P.P., Carmo, P.S.; Vianna, S.B. (org.) (2008) - *Rio Próximos 100 Anos*. 229p., IPP - Instituto Pereira Passos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788587649140.
- Heynemann, C.B. (2009) - Floresta da Tijuca: qual história? *Anais do XXV Simpósio Nacional de História*, ANPUH – Associação Nacional de História, Fortaleza. CE, Brasil. Disponível em <http://anpuh.org/anais/wp-content/uploads/mp/pdf/ANPUH.S25.0875.pdf>
- Hunt, A.; Watkiss, P. (2011) - Climate Change Impacts and Adaptation in Cities: a Review of the Literature. *Climatic Change* 104(1):13–49. DOI: 10.1007/s10584-010-9975-6
- Hunter, J. (2008) - Ways of Estimating Changes in Sea-Level Extremes under Conditions of Rising Sea Level. *IPWEA National Conference on Climate Change Response*, 8p., Coffs Harbour, Austrália. Disponível em http://staff.acecrc.org.au/~johunter/ipwea_nat_conf_2008.pdf
- IBGE (2011) - *Censo Demográfico 2010: Características da População e dos Domicílios - Resultados do Universo*. (ISSN: 0104-3145). IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/default_caracteristicas_da_populacao.shtm
- IBGE (2012) - *Censo Demográfico 2010 - Nupcialidade, fecundidade e migração - Resultados da amostra*. (ISSN: 0104-3145), IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/nupcialidade_fecundidade_migracao/default_nupcialidade_fecundidade_migracao.shtm
- INEA (2011) - *Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-RJ)*. INEA - Instituto Estadual do Ambiente, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em <http://www.hidro.ufrj.br/perhi/>
- INEA (2012) - *As Áreas Protegidas no Estado do Rio de Janeiro*. INEA - Instituto Estadual do Ambiente, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/unidades/conteudo.asp>
- INPE (2011) - *Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. 31p., INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em http://200.141.78.79/dlstatic/10112/2122393/DLFE-232588.pdf/mapa_vulnerabilidade_inpe_smac.pdf
- IPCC (2007) - Summary for Policymakers. In: S.Solomon, D. Qin, M. Manning, M. Marquis, Z. Chen, K. Averyt, M.B.Tignor & H.L. Miller (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 18 pp., Cambridge University Press, Cambridge, UK. Disponível em <https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-spm.pdf>
- IPP (2012). *Estatísticas Municipais do Rio de Janeiro*. IPP - Instituto Pereira Passos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/>
- Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. (1989) - The flood pulse concept in river-floodplain systems. In D. P. Dodge (org.), *Proceedings of the International Large River Symposium*

- (LARS), pp.110–127, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa, Canadá. ISBN: 0660132591.
- Junk, W.J.; Wantzen K.M. (2004) - The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches and Applications - an Update. *In: Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries*, pp.117–149, FAO -Food and Agriculture Organization, Bangkok, Thailand. Disponível em <http://floridarivers.ifas.ufl.edu/Papers/Junk%20and%20Wantzen%20-%20FPC.pdf>
- Kern, K.; Alber, G. (2008) - Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-Level Systems. *In: Competitive Cities and Climate Change*, pp.171-196, Milano, Itália. Disponível em <https://www1.oecd.org/gov/regional-policy/50594939.pdf#page=172>.
- Klink, J.J. (2009) - Novas Governanças Para as Áreas Metropolitanas. O Panorama Internacional e as Perspectivas Para o Caso Brasileiro. *Cadernos Metrópole* (ISSN: 1517-2422) 22:415–433, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em http://www.cadernosmetropole.net/download/cm_artigos/cm22_165.pdf
- Kornin, T.; Moura, R. (2004) - Metropolização e Governança Urbana: Relações Transescalares Em Oposição a Práticas Municipalistas. *GEOUSP - Espaço e Tempo* (ISSN 2179-0892), 16:17–30, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <http://citrus.uspnet.usp.br/geousp/ojs-2.2.4/index.php/geousp/article/view/400/224>
- Lignani, L.; Fragelli, C.; Vida, A.L. (2011) - Unidades de Conservação da Cidade do Rio de Janeiro: serviços ambientais, benefícios econômicos e valores intangíveis. *Revista Tecnologia & Cultura* (ISSN 1414-8498), 19(13):17-28, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em <http://revistas.cefet-rj.br/index.php/revistaecultura/article/view/36/47>
- Mandarino, F.C.; Arueira, L.R. (2012) - Vulnerabilidade à Elevação do Nível Médio do Mar na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Coleção Estudos Cariocas* (ISSN: 1984-7203), Nº 20120702, Instituto Pereira Passos (IPP), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em http://portalgeo.rio.rj.gov.br/estudoscariocas/download%5C3207__Vulnerabilidadeaelevacaodonivelmediodomarna_RMRJ.pdf
- Mansourian, S.; Belokurov, A.; Stephenson, P.J. (2009) - The Role of Forest Protected Areas in Adaptation to Climate Change. *Unasylva* (ISSN: 0441-6436), 60(231/232):63–69, Roma, Itália. Disponível em <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0670e>
- Marques, M.; Costa, M.F.; Mayorga, M.I.; Pinheiro, P.R.C. (2004) - Water Environments: Anthropogenic Pressures and Ecosystem Changes in the Atlantic Drainage Basins of Brazil. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 33(1):68–77. DOI: 10.1579/0044-7447-33.1.68.
- Mcgranahan, G.; Balk, D.; Anderson, B. (2007) - The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *In: Environment and Urbanization*, 19(1):17-37. DOI: 10.1177/0956247807076960
- MMA (1996) - *Macrodiagnóstico da Zona Costeira na Escala da União*. 280p., MMA - Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil.
- Moura, R.; Delgado, P.R.; Deschamps, M.V.; Cardoso, N.A. (2003) - Brasil Metropolitano: Uma Configuração Heterogênea. *Revista Paranaense de Desenvolvimento* (ISSN: 2236-5567), 105:33-56. Curitiba, PR, Brasil. Disponível em <http://www.ipardes.pr.gov.br/ojs/index.php/revistaparanaense/article/view/174/150>
- Muehe, D.; Neves, C.F.; Fialho, G.O.M. (1991) - Coastal Management and Sea Level Rise in Recife. Brazil. *Coastal Zone '91: Proceedings of the Seventh Symposium on Coastal and Ocean Management*, pp.2801-2815, American Society of Civil Engineers, New York, NY, USA. ISBN: 9780872628090
- Nacaratti, M.A. (2008) - Os Cenários de Mudanças Climáticas como Novo Condicionante para a Gestão Urbana: as Perspectivas para a População da Cidade do Rio de Janeiro. *Anais do XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, Caxambu, MG, Brasil. Disponível em http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2008/docsPDF/ABEP2008_1024.pdf
- Neves, C.F.; Muehe, D. (2008) - Vulnerabilidade, Impactos e Adaptação a Mudanças do Clima: a Zona Costeira. *Parcerias Estratégicas* (ISSN: 2176-9729), 13(27):217–295, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Brasília, DF, Brasil. Disponível em <http://www.cgEE.org.br/parcerias/p27.php>
- Nicolodi, J.L.; Petermann, R.M. (2010) - Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos Ambientais, Sociais e Tecnológicos. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 10(2):151–177. DOI: 10.5894/rgci206
- Oliveira, A.; Rodrigues, A.O. (2009) - Industrialização na Periferia da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Novos Paradigmas para Velhos Problemas. *Semestre Económico* (ISSN: 0120-6346), 12(24):127–143, Medellín, Colombia. Disponível em <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12nspe24/v12nspe24a8.pdf>
- Pfeffer, W.T.; Harper, J.T.; O'Neel, S. (2008) - Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. *Science*, 321(5894):1340-1343. DOI: 10.1126/science.1159099.
- Quay, R. (2010) - Anticipatory Governance. A Tool for Climate Change Adaptation. *Journal of the American Planning Association* 76(4):496–511. DOI: 10.1080/01944363.2010.508428
- Rodrigues, A.M. (2005) - Direito à Cidade e Estatuto da Cidade. *Cidades (Presidente Prudente)* (ISSN: 1679-3625), 2(3):89-110, Presidente Prudente, SP, Brasil.
- Silva, G.C. (2006) - Conflitos Socioambientais e Ocupação Urbana no Rio de Janeiro. *Cadernos Metrópole* (ISSN: 1517-2422), 16:163–186, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <http://www.cadernosmetropole.net/component/content/article/31/50-90>
- Soares, M.L.G. (2008) - Formações de Manguezais. *In: P.P. Gusmão, P.S. Carmo & S.B. Vianna (org.), Rio Próximos 100 Anos*, pp.164–172, IPP, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 9788587649140
- UN-HABITAT (2011) - *Cities and climate change: global report on human settlements – 2011*. 279p., Earthscan,

- Washington, DC, USA. ISBN: 9781849713719. Disponível em http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2011_Full.pdf
- Valladares, L. (2000) - A Gênese da Favela Carioca. A produção anterior às Ciências Sociais. *Revista Brasileira de Ciências Sociais* (ISSN 0102-6909), 15(44):5-34, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbcsoc/v15n44/4145.pdf>
- Vargas, M.C.; Freitas, D. (2009) - Regime internacional de mudanças climáticas e cooperação descentralizada: o papel das grandes cidades nas políticas de adaptação e mitigação. *In*: D. J. Hogan & E. Marandola Jr. (org.), *População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais*, pp.205-222, Nepo-Unicamp, Campinas, SP, UNFPA, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788588258129
- Zamboni, A.; Nicolodi, J.L. (org.) (2008) - *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*. 242 p., MMA - Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 9788577381128. Disponível em http://www.laget.eco.br/index.php?option=com_content&view=article&id=62:macrodiagnostico&catid=43:mapas-e-cartas&Itemid=5

A Faixa Terrestre da Zona Costeira e os Recursos Hídricos na Região Hidrográfica do Atlântico Sul, Brasil *

The terrestrial coastal zone and the water resources in the South Atlantic Hydrographical Region, Brazil

Ester Loitzenbauer^{@,1}, Carlos André Bulhões Mendes¹

RESUMO

No Brasil, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II delimita a faixa terrestre da zona costeira, utilizando, principalmente, critérios administrativos, os limites municipais. Contaminação das águas costeiras e aumento da intrusão salina são exemplos de problemas que podem surgir quando a delimitação da área de gestão não contempla o funcionamento dos sistemas físicos, como as bacias hidrográficas. Partindo da premissa de que existe uma relação de causa e efeito entre o uso da terra na bacia e a qualidade ambiental costeira, o presente estudo analisa a delimitação da zona costeira terrestre da Região Hidrográfica do Atlântico Sul. A partir do confronto entre a definição federal e a dos estados com os limites da bacia que drena para o oceano, propostas são elaboradas para os estados que apresentam deficiências na integração dos processos físicos com as fronteiras de gestão costeira. Observa-se que os estados, muitas vezes, não utilizam a mesma definição proposta pela esfera federal. Os estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo incluem, de alguma forma, na sua definição de zona costeira terrestre, o critério da bacia de drenagem. Somente o estado de Santa Catarina não o considera, e, além disso, usa uma definição que diminui a delimitação nacional. O estado de Santa Catarina deve aprimorar a sua definição. Em primeiro lugar, através da inclusão dos municípios excluídos da definição nacional. Em segundo lugar, por meio da criação de uma zona de influência costeira, que não faz parte da zona costeira propriamente dita, mas que seria uma zona para a integração das políticas ambientais, sobretudo da gestão costeira com os recursos hídricos. O estado do Rio Grande do Sul, apesar de considerar a bacia de drenagem na sua definição de zona costeira, não considera os limites municipais, preconizados pela definição nacional. As definições dos estados do Paraná e de São Paulo estão aceitáveis, considerando suas características físicas. Observa-se a tendência de utilizar definições mais específicas no nível estadual. Contudo, dos estados analisados, não há nenhuma que possa ser extrapolada para os outros estados. Cada estado deve considerar delimitações mais específicas em função das suas particularidades físicas, sobretudo a área da bacia de drenagem costeira.

Palavras chave: Gerenciamento Costeiro, Fronteiras de Gestão, Gestão Integrada de Recursos Hídricos, bacia de drenagem.

ABSTRACT

The Brazilian National Coastal Management Plan II defines the terrestrial stripe of coastal zone using mainly administrative criteria, namely the municipal boundaries. Pollution of coastal waters and increase in saltwater intrusion are examples of problems that may occur when the management

@ - corresponding author

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP 91501-970 – Caixa Postal 15029 – Porto Alegre, RS, Brasil. e-mails: Loitzenbauer - ester_loi@yahoo.com.br; Mendes - mensdes@iph.ufrgs.br

boundaries does not consider the physical systems, such as the catchment basin. The hydrographical basin is the area that drains the rainwater to the watercourses, following the geographic and topographic environmental characteristics. Thus, the hydrographical basin can be set as the unit of environmental management. Assuming that there is a cause-effect interaction between the land use in the basin and the coastal environmental quality, this article does an analysis of the terrestrial coastal zone definition in the Brazilian South Atlantic Hydrographical Region. The federal coastal definition is compared with the states definition and with the hydrographical basin that drains directly to the ocean. Then proposals for new coastal zone boundaries are made for the states that have deficiencies in integrating the physical boundaries in the coastal management boundaries. There are conflicts regarding the territorial cuts in the integrated management in Brazil. The water resource policy uses the hydrographical basin as unit; the environmental policy uses the territorial limits of the federal entities (union, states and municipality) and the coastal management uses the Coastal Management National Plan definition and the municipalities as units. In this context, this article aims to propose a manner to find an intersection of these territorial cuts, especially between water resources and the coastal zone. The concept used was that the boundaries of coastal zone can be the basis for the integration of environmental policies. It was noted that states often do not apply the same definition as the federal government. The states of Rio Grande do Sul, Paraná and São Paulo somehow include in their coastal zone definition the criterion of drainage basin. Only the state of Santa Catarina does not. Furthermore, it uses a smaller definition than the national one. The Santa Catarina state must improve its coastal definition. Firstly, through the inclusion of municipalities excluded from the national definition, which has in their territory activities of great environmental impact (coal mining). Second, by creating a zone of coastal influence (ZCI), which is not part of the coastal zone itself, but an area for the integration of environmental policies, especially coastal and water resources. The ZCI could be defined based in the physical dynamics of the environmental and the drainage basin. The management strategy of the ZCI will be different from the coastal zone itself. It will not be under the rules of the national coastal management plan, i.e., having a municipal plan of coastal management, but will be an area where the land and water use should consider the consequences to the coastal zone. Environmental licensing and water permits in the ZCI should observe the cause-effect relation in the coastal zone. The water permits must control the freshwater inflow necessary to the estuarine ecosystems and the natural saltwater intrusion in the estuary. The environmental licensing and the qualitative water permits must be used to maintain a good water quality in the coastal zone. The ZCI could be defined based on the Kjerfve (1987) estuary's definition – in which the upper estuary is bounded in the tidal penetration. Then, the ZCI would be the area between the upper limit of the estuary and the coastal zone (defined by the National Plan of Coastal Management). Although the state of Rio Grande do Sul observes the catchment basin in its definition, it do not consider the municipality limits, as recommended by the national government. The management process becomes complicated when the instruments of coastal management can be applied only in part of the municipality territory. The Rio Grande do Sul definition should be improved by including the municipality criterion. The intersection between the municipality and the basin criteria should be done by rounding off. The municipalities with an area of more than 50 % inside the coastal drainage basin is included in the coastal zone, and the ones with less than 50% of the area will be not coastal zone. The Paraná and São Paulo coastal zone definitions are considered acceptable as it includes the catchment basin and the municipality criteria. It is observed a tendency to use more specific definitions at the state level. However, in the states analyzed, there is no definition that can be extrapolated to other states. Each state should have a specific definition in terms of their physical peculiarities, especially the size of the coastal catchment. In the states of Rio Grande do Sul, Paraná and São Paulo the integrated coastal and water resources management should be done in the coastal zone, and there is no need for a zone of integration. Outside the coastal zone, the instruments of water resources and environmental management should be applied as usual.

Keywords: Coastal Management, Management Boundaries, Integrated Water Resources Management, drainage basin.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação da zona costeira no Brasil vem crescendo, coincidindo com processos de intensa urbanização, atividade portuária e industrial e exploração turística em larga escala (MMA, 2008). Mas não apenas a ocupação humana das zonas costeiras as tem afetado. A ameaça pelo uso descontrolado da terra pode estar localizada longe da costa, a montante. Os problemas da zona costeira não podem ser resolvidos com o seu gerenciamento apenas, pois a zona costeira é parte essencial da bacia hidrográfica (Monteiro & Marchand, 2009). Destaca-se, assim, a importância da gestão integrada, principalmente entre os recursos hídricos e a zona costeira.

A gestão integrada começa com a definição dos limites de manejo, que devem corresponder às unidades físicas ou ecológicas da costa (Clark, 1996). Entretanto, a delimitação exata dos limites é difícil devido à natureza dinâmica da costa. Uma definição básica de zona costeira é *a interface ou zona de transição onde parte do continente é afetada pela proximidade com o mar e onde parte do oceano é afetada devido a sua proximidade com o continente* (Sorenson & McCreary, 1990).

No Brasil, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC II define a zona costeira como o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos

ambientais, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. A faixa marítima (ou oceânica) se estende mar afora, distando 12 milhas marítimas das Linhas de Base estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar de 1982, compreendendo a totalidade do Mar Territorial. A faixa terrestre (ou continental) é formada pelos municípios que sofrem influência dos fenômenos ocorrentes na zona costeira (atualização pelo Dec. Federal nº 5.300/2004), por exemplo: defrontantes com o mar; estuarino-lagunares; não defrontantes com o mar, porém localizados nas regiões metropolitanas litorâneas ou distantes até cinquenta quilômetros da linha da costa, e que contemplem, em seu território, atividades ou infraestruturas de grande impacto ambiental.

Essa definição ampla se complementa através da *Relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira*, presente no Anexo B do PNGC II (Res. CIRM¹ nº 005/1997). O mesmo anexo prevê a atualização da lista dos municípios, assim como o Dec. Federal nº 5.300/2004, que institui a

1 - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar.

atualização anual, sob responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente. Entretanto, essa atualização não é realizada periodicamente, e quase todos os estados brasileiros possuem dados defasados.

Também no Dec. Federal nº 5.300/2004, dois pontos interessantes são estabelecidos com relação à definição de zona costeira. O primeiro é que os Estados podem encaminhar ao Ministério do Meio Ambiente propostas de alteração da relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira, justificando a inclusão ou retirada da relação. Contudo, na prática, observam-se alguns estados apresentando definições próprias, algumas até não considerando os limites municipais e sendo utilizadas para a gestão costeira estadual, sem nenhuma preocupação com a esfera federal ou a legislação federal relevante. Um exemplo disso é o estado do RS, onde o GERCO estadual utiliza um critério que não é muito claro, considerando de alguma forma a bacia que drena para o oceano e para a Lagoa dos Patos e desconsiderando os limites municipais (FEPAM, s/d). Cabe ao Ministério do Meio Ambiente maior cobrança com relação ao gerenciamento costeiro estadual e à fiscalização dos critérios utilizados para a definição da zona costeira.

O segundo item é a possibilidade dos municípios de pleitear, junto aos estados, a sua intenção de integrar a *Relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira*, com a devida justificativa da razão de pretensão. Essa opção é um tanto utópica. Ao se tornar um *município costeiro*, maiores responsabilidades serão atribuídas, incluindo a observação dos instrumentos de gestão costeira, como a elaboração de um Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro, com o objetivo de implementar a Política Municipal de Gerenciamento Costeiro; fazer parte do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC); observação das regras de ocupação e uso da terra propostas a nível nacional; entre outras. Isso torna a gestão ambiental mais complexa e cara em nível municipal.

Problemas surgem na definição de zona costeira para um país com tamanha diversidade de costas e nas escalas espaciais dos ecossistemas envolvidos. A natureza dinâmica das costas brasileiras é variável, como, por exemplo, a amplitude de maré, o regime de ventos e de correntes oceânicas. Os sistemas fluviais, que podem se originar muito longe da costa, aumentam a complexidade e a escala da zona costeira. Além disso, os critérios arbitrários (como as 12 milhas náuticas, para a parte marinha) ou as fronteiras administrativas (os municípios, para a parte terrestre) para a delimitação da zona costeira impedem a conservação dos ambientes costeiros e limitam a gestão integrada ao não considerar os limites físicos ou ecológicos.

A definição da faixa marítima da zona costeira como 12 milhas náuticas da costa vem da Convenção das Nações Unidas para o Direito do Mar (UN, 1982), que é amplamente aceita e aplicada no mundo. Contudo, alguns países incluem critérios físicos de maneira complementar, por exemplo, os Países Baixos, que definem *Coastal Sea* até a isóbata de 20m (Lindeboom *et al.*, 2005). Na realidade brasileira, critérios complementares à definição de zona costeira podem favorecer a integração entre a gestão de águas, do território e da zona costeira, incluindo as particularidades do ambiente local e as interações do meio físico, biológico e antrópico.

Beatley *et al.* (2002) consideram que a porção costeira

terrestre deve englobar a área onde o uso da terra a montante influencia a costa, podendo englobar toda a bacia hidrográfica. Da mesma forma, a porção marítima inclui águas rasas e planícies de marés, podendo se estender até águas oceânicas profundas.

A bacia hidrográfica é a área que drena a água que precipita para o curso de água ou para as afluentes, sempre das áreas mais altas para as mais baixas, devido às características geográficas e topográficas (físicas). Dessa forma, a bacia é a unidade para a gestão ambiental, pois tudo o que ocorre nessa área afeta diretamente os corpos hídricos. Por essa razão, a Resolução nº 001 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que guia a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental no Brasil, determina que a área de influência de projeto deve considerar, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza

Um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que pode estabelecer a relação direta entre o uso da água na bacia e as consequências na zona costeira é a outorga. A outorga de uso de recursos hídricos é uma ferramenta útil para definir os limites que cada usuário tem para utilizar o recurso dentro de cada bacia hidrográfica (tanto em termos quantitativos quanto qualitativos), sem comprometer os outros usos e o ecossistema. Contudo, este processo não considera a interação oceano-continente presente na zona costeira. Vários casos têm sido observados em que a falta de regularização da outorga em zonas costeiras tem levado a situações de estresse hídrico e alteração do ecossistema (Genz *et al.*, 2008; Loitzenbauer & Mendes, 2012).

A outorga em zonas costeiras é um assunto controverso. Há a alegação de que não pode haver outorga em estuários, pois a ingerência do Sistema Nacional de Recursos Hídricos se restringe aos corpos hídricos de água doce. Também, a Agência Nacional de Águas (ANA) entende que, nesses ambientes, as atividades não são passíveis de outorga, por exemplo, e muito menos cobrança pelo uso da água. Contudo, na prática, ocorre a outorga, ignorando o fato de o corpo hídrico em questão ser um corpo estuarino. Nesse contexto, surgiu em 2005 a CTCOST (Câmara Técnica de Integração dos Recursos Hídricos com os Sistemas Estuarinos e Zonas Costeiras) no âmbito do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Contudo, a atuação da CTCOST tem sido limitada e questionada devido a conflitos de domínio e competência – o que compete à gestão de recursos hídricos e o que compete ao gerenciamento costeiro?

A definição das fronteiras da zona costeira no Brasil surge como base para a integração das políticas de gestão ambiental (meio ambiente, recursos hídricos e costeira). Quando se considera a gestão integrada, o primeiro conflito surge com relação aos recortes territoriais, que são distintos e não coincidem entre si. O primeiro recorte, relacionado com a gestão dos recursos hídricos, se assenta na bacia hidrográfica como unidade de planejamento, tanto em nível estadual como federal. A gestão ambiental se apoia nos limites territoriais dos entes federados, de acordo com suas esferas de competências, e a zona costeira tem como recorte a definição do PNGCII e como unidade os municípios, que definem as restrições de uso do solo através dos planos diretores.

Nesse contexto, este estudo trata de propor subsídios para

encontrar a intercessão desses recortes, especialmente com relação aos recursos hídricos e à zona costeira, ao confrontar o panorama nacional com o dos estados costeiros, analisando a utilização de critérios físicos na definição de zona costeira. Posteriormente, propostas para o aprimoramento da definição de zona costeira e de critérios complementares à gestão integrada são feitas para cada estado, em face das fragilidades encontradas em cada definição de zona costeira.

2. INTEGRAÇÃO ENTRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E A ZONA COSTEIRA

No processo brasileiro de gestão integrada de recursos hídricos e da zona costeira, problemas surgem devido às diferentes unidades geográficas de gestão. Na zona costeira, o gerenciamento não respeita o funcionamento dos sistemas físicos, utilizando os limites municipais como unidade de gestão. A gestão de recursos hídricos utiliza como unidade territorial as bacias hidrográficas, mas não considera a influência marinha nas partes baixas da bacia, no estuário. Tem-se aí o foco do problema aqui estudado, ou seja, instâncias administrativas separadas, porém sob a ótica física do sistema, são elementos indissociáveis (bacia hidrográfica – estuário – zona costeira) (Loitzenbauer & Mendes, 2011).

Na tentativa de cumprir uma das diretrizes gerais de ação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a *integração da gestão das bacias hidrográficas com dos sistemas estuarinos e zonas costeiras*, surgiu no Brasil, em 2005, a CTCOST. A efetividade da CTCOST decorre da proposição de elementos ou aspectos adicionais serem incluídos na regulamentação dos instrumentos da PNRH para o caso de bacias hidrográficas costeiras.

O primeiro instrumento trabalhado foi o Plano de Bacia Hidrográfica, dado o caráter disseminador de diretrizes para os demais instrumentos, bem como de orientação para os comitês de bacia lidarem com os mecanismos de integração entre os sistemas de recursos hídricos e de gerenciamento costeiro. O resultado seria uma resolução do CNRH que estabelece critérios específicos a serem considerados em Planos de Bacias Costeiras. Para que a proposta de resolução possa resultar em consequências práticas, foi incluído um artigo que determina que, para a formulação de diretrizes para o enquadramento dos corpos de água, para a outorga e para a cobrança pelo uso de recursos hídricos, devem ser observadas as especificidades e limitações impostas por diferentes zonas de gestão (Nicolodi *et al.*, 2009). A divisão foi estabelecida considerando os aspectos físicos (geomorfologia, hidrologia etc.) e ecológicos (ecossistemas terrestres e marinhos) e atividades humanas e foi baseada em UNEP/MAP/PAP, 1999.

Salienta-se, as zonas não dizem respeito a zoneamento ou à aplicação de novos instrumentos de gestão. São zonas específicas para a gestão integrada entre a PNRH e PNGC, no plano político, técnico e institucional. A partir dessas zonas de gestão, o critério para a outorga de uso de recursos hídricos deve ser diferenciado nas bacias costeiras, assim como as regras de operação de reservatórios e outras que passam causar interferências no regime hídrico.

Um dos argumentos contra a aprovação da referida resolução é de que essa definição de zonas é mais pertinente ao

gerenciamento costeiro do que a gestão de recursos hídricos. A proposta previa considerar uma zona de influência que possibilitaria integrar bacias contíguas, inclusive aquelas de médio e grande porte. Contudo, ao aumentar a área da bacia hidrográfica até o limite do Mar Territorial, a gestão dos recursos hídricos fica muito mais complexa. Além disso, surge o questionamento sobre como controlar/monitorar a região marinha, considerando que aí existem muitos fatores (marés, ondas, fatores meteorológicos etc.) que estão fora do controle humano. Mesmo com a retirada da definição das zonas de gestão, a proposta de resolução não foi aprovada.

Apesar de ainda não estar aprovada a resolução que estabelece as diretrizes adicionais para elaboração de planos de bacia em zonas costeiras, um segundo instrumento da PNRH está em estudo pela CTCOST, a outorga de direito de uso de recursos hídricos em bacias costeiras. A credibilidade da CTCOST ficou abalada depois da não aprovação da proposta de resolução dos Planos de Bacias Costeiras, e o grupo de estudo da outorga está em andamento desde 2009, sem apresentar resultados. Falta suporte institucional e político à CTCOST, para que as proposições possam ser efetivadas e se tornem normas gerais para a gestão integrada no Brasil.

A análise da definição de zona costeira e o estabelecimento de critérios complementares talvez possa ser uma solução ao problema da gestão integrada no Brasil, visto que, em oito anos de CTCOST, não houve muito progresso. Esse é o objetivo do presente trabalho, analisar as definições de zona costeira utilizadas pelos estados e a definição nacional, propondo critérios complementares, no caso de definições deficientes, visando aprimorar o processo de gestão costeira integrada, sobretudo entre o gerenciamento costeiro e de recursos hídricos.

3. A REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUL

Considerando que o foco deste artigo é a análise de aspectos físicos na delimitação das fronteiras de gestão da zona costeira e da interface com os recursos hídricos, a área definida para o estudo de caso é considerada com base na definição de bacia hidrográfica. Assim, a área de estudo é a Região Hidrográfica Atlântico Sul, que representa a área de drenagem da margem Atlântica dos estados do sul do Brasil, compreendendo os estados RS, SC e PR e um pequeno trecho do litoral de São Paulo (SP) (Figura 1). Essa unidade de análise foi utilizada com o objetivo de respeitar os limites físicos naturais, ou seja, a bacia hidrográfica.

No PNGC II, há uma alínea que menciona que municípios localizados a até 50km da linha de costa podem ser considerados costeiros, desde que possuam em seu território atividades de grande impacto ambiental. Portanto, inclui-se na Figura 1 a delimitação dos 50km da linha de costa, visto que é uma área que pode ser incluída na zona costeira nacional pelo critério de impacto ambiental.

A Região Hidrográfica Atlântico Sul (RHAS) destaca-se por abrigar um expressivo contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e por sua importância para o turismo. A região se inicia ao norte, próximo à divisa dos estados de São Paulo e Paraná, e se estende até o arroio Chuí, ao sul. Possui uma área total de 186.080km², o equivalente a

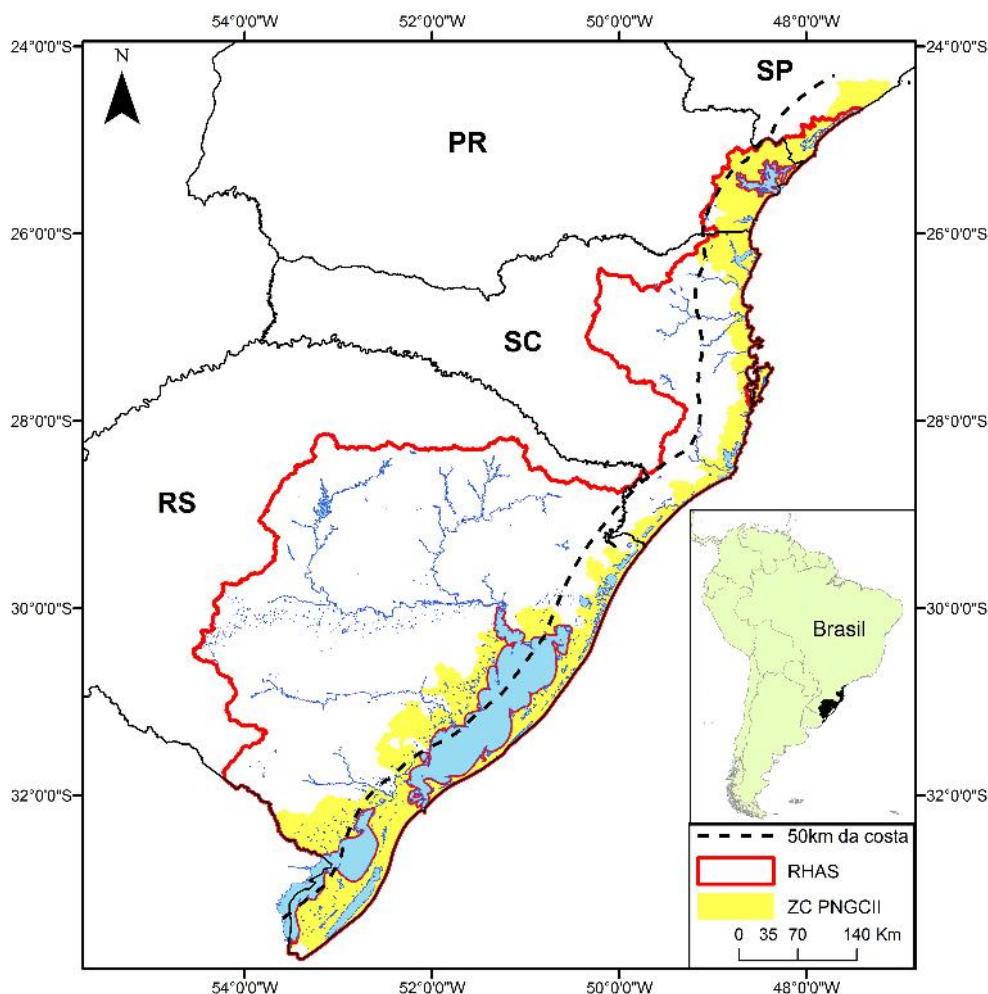


Figura 1. A Região Hidrográfica do Atlântico Sul (RHAS), os municípios considerados costeiros pelo PNGC II e a linha de 50km da costa.

Figure 1. South Atlantic Hydrographical Region, the coastal municipalities by the National Plan of Coastal Management II and the 50km line from the coast.

2,2% do País, e abriga 6,8% da população nacional. A região detém 2,6% da disponibilidade hídrica do país e exerce 14,6% da demanda total por recursos hídricos (MMA, 2006).

No contexto socioeconômico da faixa costeira, destacam-se os municípios de Paranaguá, no PR, Joinville e Florianópolis, em SC, e Porto Alegre e Rio Grande, no RS. A região apresenta três grandes complexos portuários: Paranaguá, Itajaí e Rio Grande, e grande importância para o turismo.

Da população de 11,6 milhões de habitantes, 85% estão localizados na área urbana, causa da principal problemática ambiental, os esgotos domésticos não tratados. Além da contaminação oriunda dos efluentes gerados pelo esgotamento sanitário, fertilizantes químicos e agrotóxicos provenientes da agricultura, resíduos da suinocultura e efluentes industriais também afetam a qualidade das águas na região. Como área de grande vulnerabilidade ambiental, destaca-se a região de Tubarão (SC), devido à mineração de carvão (MMA, 2006).

As faixas litorâneas da região são caracterizadas pela notória fragilidade ambiental, onde efeitos de intervenções antrópicas que se apresentem combinados com causas naturais podem levar ao colapso. Exemplos são as enseadas estuarinas localizadas nas cidades de Itajaí, Laguna, São Francisco do Sul (SC) e em Rio Grande, Tramandaí e Torres (RS), que se encontram sob forte pressão antrópica. Principalmente, no entorno das três cidades gaúchas, a qualidade da água está fortemente comprometida pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais. Por outro lado, a sobre pesca tem ameaçado os ecossistemas da Laguna dos Patos (RS), da Lagoa Tramandaí (RS) e de Laguna (SC) (MMA, 2006).

O litoral da região sofre pressões oriundas da presença de população sazonal durante os meses de verão. Nesses meses, a geração de efluentes e a produção de resíduos sólidos aumentam bastante. Em grande parte dos balneários, a estrutura existente não é compatível com esse significativo afluxo de turistas, contribuindo para que se tenha a deterioração da qualidade das águas e a contaminação do

solo, por despejos irregulares de esgoto e por deficiência na coleta de lixo urbano (MMA, 2006).

Dos estados da região sul, SC se destaca ao apresentar maior adensamento populacional (não apenas sazonal) e municípios com maiores taxas de crescimento demográfico anual no litoral. As atividades econômicas seguem o crescimento demográfico, especialmente entre Florianópolis e Joinville (Pereira, 2011).

Em todos os estados da RHAS, a outorga de uso dos recursos hídricos – ato administrativo emitido pela União ou pelos Estados que disponibiliza o direito de uso de recursos hídricos – é aplicada em todo o território através da mesma metodologia. O controle qualitativo e quantitativo dos usos da água é possibilitado por meio da outorga. Todavia, em nenhum estado há observação dos impactos causados pelo uso da água na zona costeira e nos estuários.

3.1. Zona Costeira pelo PNGC II

A definição de zona costeira apresentada acima, com a *Relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira*, menciona 75 municípios costeiros na Região Hidrográfica do Atlântico Sul (Figura 1). Entretanto, ao analisar os pontos que caracterizam a zona costeira pelo PNGC II, pelo menos três municípios defrontantes com o mar não foram mencionados: Balneário Pinhal, no Rio

Grande do Sul (RS), e Balneário Arroio do Silva e Balneário Gaivota, em Santa Catarina (SC). Dois municípios, Turuçu e Capivari do Sul, no RS, são defrontantes com a Laguna dos Patos (logo, contemplam os critérios da Res. CIRM nº 005/1997) e não são citados como zona costeira. Salienta-se que Turuçu foi instalado em 1997, no mesmo ano da Res. CIRM 005/1997, por isso não faz parte da relação. Outros dois municípios (Chuí e Arroio do Padre) apresentam todos os seus limites com municípios costeiros, e também não são citados como zona costeira. A Figura 2 exemplifica o caso dos municípios de Turuçu e Arroio do Padre.

Apenas acrescentando os municípios que não foram mencionados, chega-se a 84 municípios que fazem parte da zona costeira. Entretanto, a Região Hidrográfica do Atlântico Sul engloba 413 sedes municipais e um total de 453 municípios (MMA, 2006). Incluir todos esses municípios na definição de zona costeira, com a aplicação dos instrumentos legais e administrativos, tornaria a gestão muito complexa e difícil. Contudo, o uso do solo na bacia afeta a qualidade ambiental da zona costeira e, de alguma forma, a gestão e o planejamento da zona costeira devem considerar a bacia hidrográfica.

Além da necessária atualização da *Relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira*, outra análise deve ser feita, com a inclusão do critério da bacia de drenagem. A água é o principal meio físico que interconecta os ambientes,

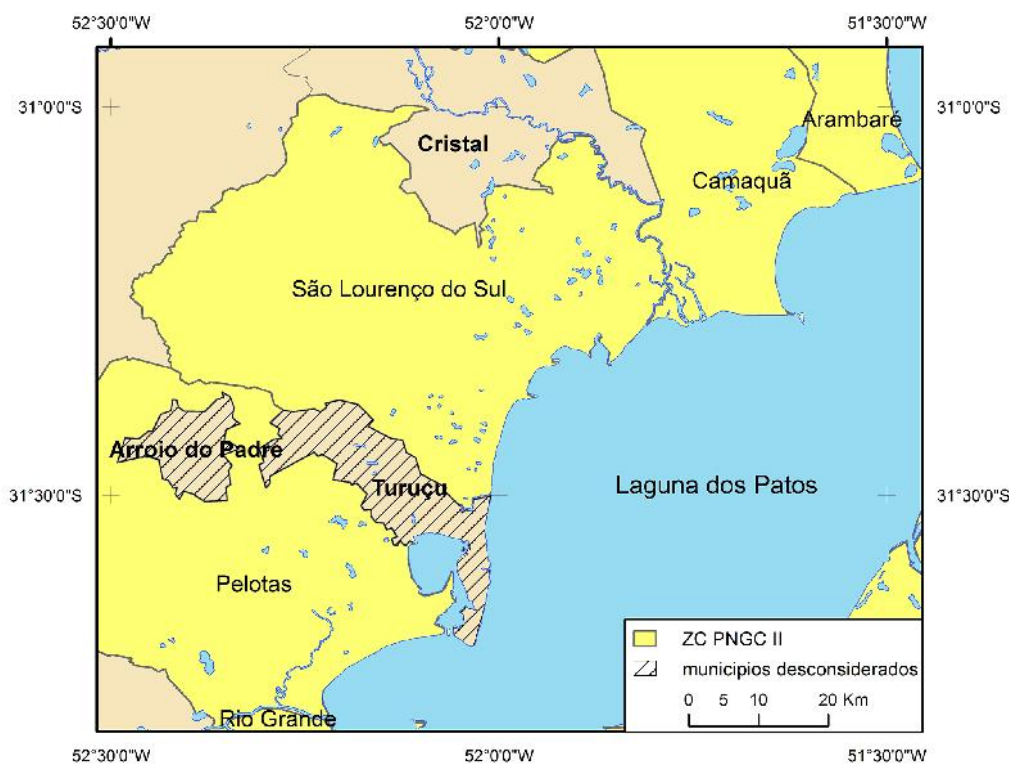


Figura 2. Exemplo de dois municípios não listados na *Relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira*, mas que se enquadram na caracterização da zona costeira nacional (chamados municípios desconsiderados).

Figure 2. Example of two municipalities that are not listed in the “*Relation of the municipalities covered by the terrestrial coastal zone strip*” but that fits to the national coastal zone definition.

transmitindo as consequências de uma atividade para jusante, na zona costeira. Logo, a bacia de drenagem é a área onde a água, através do ciclo hidrológico, flui até atingir o mar.

Na Figura 2, observa-se o município de Cristal, que não faz parte da definição do PNGC II, mas que está a menos de 20km da Laguna dos Patos. Parte do território deste município está tão próximo da Laguna dos Patos quanto os municípios de São Lourenço do Sul e Pelotas, pertencentes à zona costeira. Além disso, passa pelo território de Cristal o Rio Camaquã, que é o segundo maior afluente da Laguna, depois do Lago Guaíba. Se uma atividade de grande potencial poluidor estiver localizada no município de Cristal, o impacto na zona costeira seria significativo. Contudo, apesar de estar próximo da Laguna dos Patos, está a mais de 50km da linha de costa e, logo, não poderia ser incluído pelo critério de impacto ambiental. A definição nacional não considera de nenhuma forma a bacia de drenagem. Contudo, alguns estados utilizam esse critério. Assim, uma análise mais aprofundada e propostas são feitas em nível estadual, visto que é observada uma tendência de utilizar definições mais detalhadas e que consideram a bacia de drenagem nos estados.

3.2. Área costeira nos estados

O primeiro Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro data de 1988. Apesar de decorrido todo esse tempo, a institucionalização do Gerenciamento Costeiro no Brasil ainda caminha lentamente. Apenas 8 dos 17 estados costeiros apresentavam órgão específico para tratar do assunto e apenas 9 possuíam um plano de gerenciamento costeiro em 2008 (Jablonski & Filet, 2008).

Nos estados da Região Hidrográfica do Atlântico Sul não é diferente. Apesar de todos os estados terem algum

tipo de Programa de Gerenciamento Costeiro, a aplicação destes na zona costeira ainda é limitada. Dos quatro estados envolvidos, apenas o RS não apresenta um Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC), apesar de existir desde 1988 o Programa de Gerenciamento Costeiro (GERCO) no âmbito do órgão executivo do meio ambiente, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), que trata de implementar os instrumentos de gestão previstos no PNGC II. Nos outros estados (SC, PR e SP), há leis que instituem os PEGCs.

Ao analisar as legislações que instituem os planos, e, no caso do RS, o GERCO, apenas o estado do PR utiliza a mesma delimitação de zona costeira do PNGC II. Os outros estados possuem sua própria definição, que seguem os mais distintos critérios (Tabela 1), não seguindo as orientações do Dec. Federal nº 5.300/2004, como a de utilizar os limites municipais de definição da área costeira. Isso resulta em duas zonas costeiras diferentes para o mesmo estado, se for considerada a definição estadual e a nacional (Tabela 2).

Observa-se que cada estado utiliza critérios próprios em função do tamanho da área de drenagem para o Atlântico. O RS possui uma área que drena para o Atlântico extremamente grande e inclui a região hidrográfica do Guaíba (que representa cerca de 30% do território estadual). Por isso, esta área foi retirada do GERCO, assim como parte das bacias mais ao sul. Já no estado de SP, a área de drenagem Atlântica é menor, e se optou por considerar a totalidade desta como zona costeira. Esse comportamento está relacionado com a complexidade da gestão costeira se a área de abrangência for muito grande. Contudo, alguma intersecção entre os recortes da bacia hidrográfica e da definição de zona costeira do PNGC II deve ser feita. O exemplo do RS deve ser analisado com mais atenção, visto que foi encontrado um meio de incluir a bacia de drenagem na definição de zona costeira.

Tabela 1. Definição da zona costeira nos estados da RHAS.

Table 1. Coastal zone definition in the South Atlantic Hydrographical Region states.

Instância e instrumentos legais que definem a zona costeira	Definição da faixa terrestre
Rio Grande do Sul (RS) (FEPAM, s/d)	Não possui lei que defina. O GERCO delimita a região costeira do RS a partir de sua formação geológica, relevo e bacia de drenagem.
Santa Catarina (SC) (Lei Estadual N° 13.533/2006 e Dec. Estadual N° 5.010/2005)	Pelo conjunto de territórios dos municípios que confrontam com o mar ou com as grandes lagoas costeiras, ou abrigam ecossistemas costeiros relevantes e atividades socioeconômicas características da zona costeira;
Paraná (PR) Lei Estadual N° 13.164/2001	É o espaço geográfico delimitado pelos municípios costeiros. Compreendendo a planície de inundação fluvio-marinho, constantes dos ecossistemas de manguezais e de várzea.
São Paulo (SP) Lei Estadual N° 10.019/1998	Zona costeira é o espaço geográfico delimitado, na área terrestre, pelo divisor de águas de drenagem atlântica no território paulista. Engloba todos os ecossistemas e recursos naturais existentes. Considera os municípios na delimitação da área.
Brasil – PNGC II Res. CIRM N° 005/1997	Formada pelos municípios que sofrem influência dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.

Tabela 2. Comparação entre os municípios citados como zona costeira pelos estados da RHAS e os municípios costeiros pelo PNGC II, atualizando a *Relação dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira*.

Table 2. Comparison among the coastal municipalities by the states and by the National Plan of Coastal Management (PNGC II) updated.

	Faixa Terrestre da ZC pela definição estadual	PNGC II (atualizado)
RS	Torres, Morrinhos do Sul, Três Cachoeiras, Arroio do Sal, Três Forquilhas, Itati, Terra de Areia, Maquine, Capão da Canoa, Xangri-lá, Osório, Imbé, Tramandaí, Cidreira, Santo Antônio da Patrulha*, Balneário Pinhal, Dom Pedro de Alcântara, Mampituba, São Francisco de Paula*, Palmares do Sul, Viamão*, Mostardas, Tavares, São José do Norte, Capivari do Sul, Tapes**, Sentinela do Sul**, Cerro Grande do Sul**, Camaquã, Barra do Ribeiro*, Arambaré, Cristal, São Lourenço do Sul, Pelotas, Turuçu, Morro Redondo, Pedro Osório, Arroio do Padre, Arroio Grande, Capão do Leão, Chувиска, Cerrito**, Rio Grande, Pedro Osório, Jaguarão**, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar; Chuí. *Município parcialmente dentro da área do GERCO com sede municipal fora. ** Municípios parcialmente dentro da área do GERCO com a sede municipal incluída.	Torres, Três Cachoeiras, Arroio do Sal, Três Forquilhas, Terra de Arreia, Maquiné, Capão da Canoa, Xangri-lá, Osório, Imbé, Tramandaí, Cidreira, Balneário Pinhal, Palmares do Sul, Viamão, Mostardas, Tavares, São José do Norte, Capivari do Sul, Tapes, Camaquã, Barra do Ribeiro, Arambaré, São Lourenço do Sul, Pelotas, Turuçu, Rio Grande, Arroio do Padre, Arroio Grande, Jaguarão, Santa Vitória do Palmar, Chuí.
SC	Araquari, Balneário Barra do Sul, Guaruva, Itapoá, Joinville, São Francisco do Sul e Barra Velha; Balneário Camboriú, Bombinhas, Camboriú, Itajaí, Itapema, Navegantes, Piçarras, Penha e Porto Belo; Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, Palhoça, São José e Tijucas; Garopaba, Imaruá, Imbituba, Jaguaruna, Laguna e Paulo Lopes; Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Gaivota, Içara, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul e Sombrio.	Araquari, Balneário Barra do Sul, Guaruva, Itapoá, Joinville, São Francisco do Sul, Barra Velha, Camboriú, Balneário Camboriú, Bombinhas, Itajaí, Itapema, Navegantes, Piçarras, Penha, Porto Belo, Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, Palhoça, São José, Tijucas, Garopaba, Imaruá, Imbituba, Jaguaruna, Laguna, Paulo Lopes, Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Gaivota, Içara, Passo de Torres, Santa Rosa do Sul, São João do Sul, Sombrio, Capivari de Baixo, Tubarão, Criciúma e Sangão.
PR	Guaraqueçaba, Antonina, Morretes, Paranaguá, Pontal do Paraná, Matinhos e Guaratuba.	Guaraqueçaba, Antonina, Morretes, Paranaguá, Pontal do Paraná, Matinhos e Guaratuba.
SP	Ubatuba, Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião, Bertioga, Guarujá, Cubatão, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe; Apiaí, Barra do Chapéu, Barra do Turvo, Cajati, Eldorado, Iporanga, Itaóca, Itapirapuá Paulista, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Jujuitiba, Miracatu, Pariqueira-Açu, Pedro de Toledo, Registro, Ribeira, São Lourenço da Serra, Sete Barras e Tapiraí, Iguape, Cananéia e Ilha Comprida.	Ubatuba, Caraguatatuba, Ilha Bela, São Sebastião, Bertioga, Guarujá, Cubatão, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe, Iguape, Cananéia e Ilha Comprida.

Como já está ocorrendo na prática, apesar de o PNGC II não incluir critérios físicos nos limites da zona de gestão costeira, alguns estados estão incluindo (como SP e RS). Talvez a solução para a inclusão dos processos físicos, como a bacia de drenagem, deva ser feita a partir dos estados.

a) Rio Grande do Sul (RS)

No RS, os critérios utilizados (incluindo a bacia de drenagem) determinam uma zona costeira maior que a proposta pelo PNGC e que, ao mesmo tempo, não considera os limites municipais. Assim, há a presença de

municípios parcialmente localizados na zona costeira, como, por exemplo, o município de São Francisco de Paula (Figura 3). Também há municípios que são considerados costeiros pelo PNGC II e que, na definição estadual, estão contabilizados apenas em parte (Figura 3).

Em contraposição à definição nacional e à orientação do Dec. Federal nº 5.300/2004, a delimitação costeira no RS observa os processos físicos atuantes ao utilizar a bacia de drenagem; contudo, ao não observar os limites municipais, questiona-se a efetividade da delimitação utilizada. Na aplicação de políticas públicas em um município parcialmente

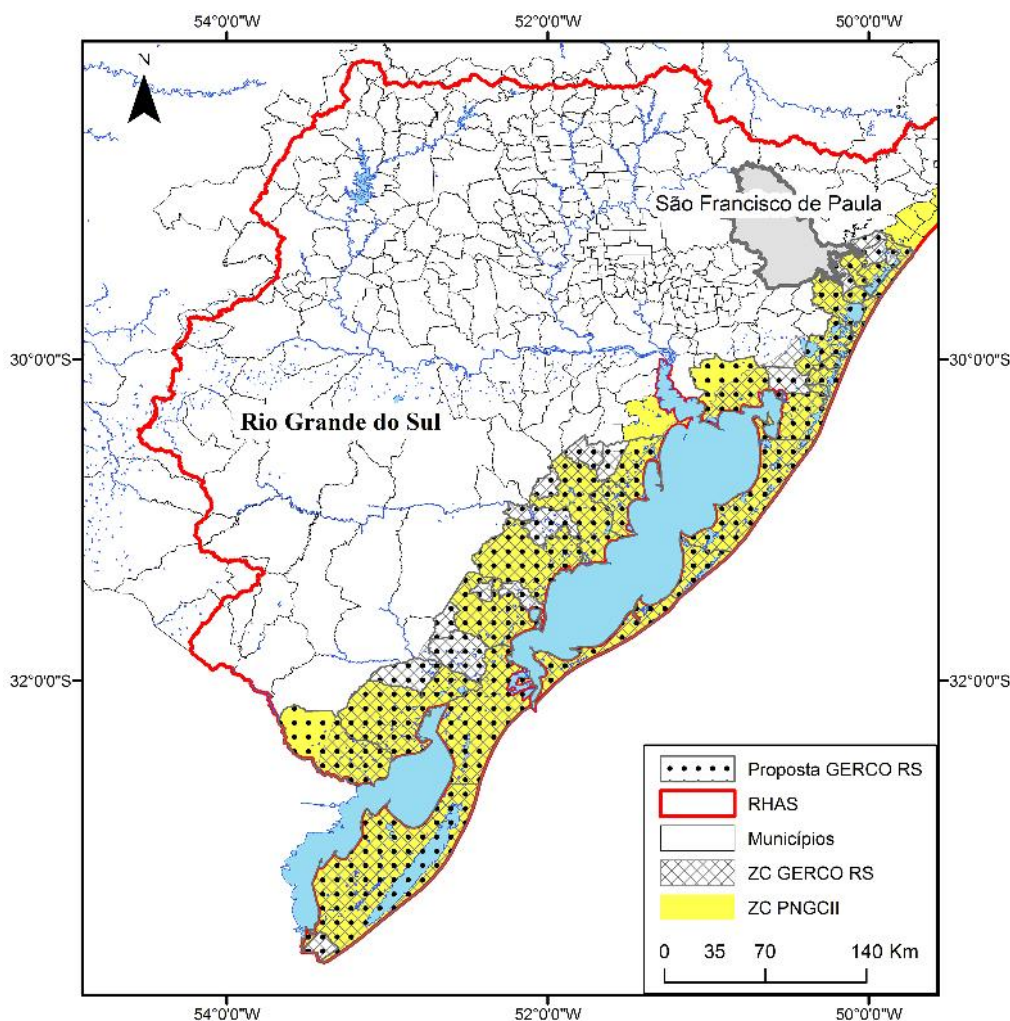


Figura 3. Delimitações da faixa terrestre da zona costeira no Rio Grande do Sul (RS) e a proposta de uma nova definição. Em cinza, o município de São Francisco de Paula, que pertence apenas em parte à zona costeira pelo GERCO-RS, mas que não faz parte pelo PNGC II.

Figure 3. Delimitations of the terrestrial strip of the coastal zone in the state of Rio Grande do Sul (RS) and a proposal for a new definition. In gray the municipality of São Francisco de Paula, which belongs to the coastal zone in part (in the state definition) and in the national level it does not.

costeiro, há a necessidade de divisão do território para aplicação de diferentes legislações. Ou seja, não será possível aplicar os mesmos instrumentos e a mesma legislação em todo o território municipal. O município deverá ter um plano municipal de gerenciamento costeiro que só será válido para parte do território.

O estado do RS deve incluir o critério da área dos municípios na zona costeira e respeitar o artigo 5º do Dec. Federal nº 5.300/2004, que estabelece os princípios fundamentais da gestão da zona costeira. Uma solução para a definição de zona costeira no estado do RS seria arredondar a área costeira do GERCO/RS para que considere a totalidade dos municípios. Uma proposta seria que municípios com mais de 50% da área dentro da zona costeira fossem considerados como tal e municípios com menos de 50% de área fossem desconsiderados. Assim, seriam excluídos, na definição estadual, os municípios de Cerrito, Sertão Santana, Barra do Ribeiro, Santo Antônio da Patrulha e São Francisco de Paula. Além disso, os municípios de Jaguarão e Viamão

seriam considerados costeiros em sua totalidade (Figura 3).

b) Santa Catarina (SC)

O estado de SC possui uma situação próxima à do RS, com uma grande bacia de drenagem para o Atlântico. Contudo, a definição de zona costeira estadual, além de não acrescentar nenhum critério físico, ainda diminui a área definida pelo PNGC II (Figura 4). Ao excluir municípios que não estão localizados na linha de costa, mas que apresentam atividades de grande impacto ambiental (Sangão, Tubarão, Capivari de Baixo e Criciúma, que possuem indústrias de mineração de carvão), a qualidade da zona costeira pode ficar comprometida. O conceito de bacia hidrográfica ou área de drenagem deveria ser integrado de alguma forma à definição estadual de zona costeira em SC.

Uma proposta seria que, pelo menos, o estado de SC utilizasse a definição nacional, incluindo os municípios de Criciúma, Sangão, Capivari de Baixo e Tubarão na zona costeira. Além disso, de forma a integrar as políticas

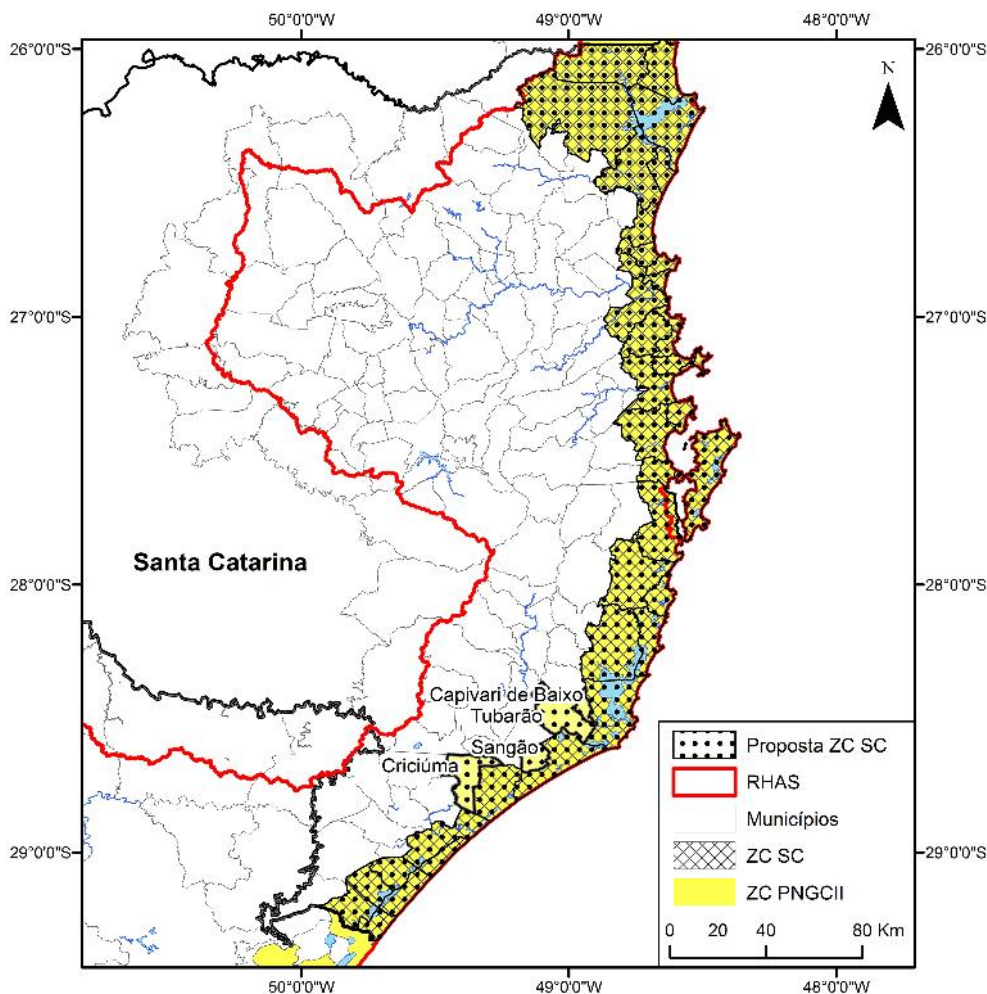


Figura 4. Definição de zona costeira pelo estado de Santa Catarina (SC), pelo PNGCII, e a proposição de uma nova zona costeira estadual. Ressalta-se a situação dos municípios de Tubarão, Sangão, Capivari de Baixo e Criciúma, que pertencem à zona costeira nacional, mas não à estadual.

Figure 4. Coastal zone definition in the state of Santa Catarina (SC), in the national level and a proposal for a new coastal zone definition. We highlight the plight of the municipalities of Tubarão, Sangão, Capivari de Baixo e Criciúma, which belong to the national coastal zone but do not in the state level.

ambientais (recursos hídricos, gerenciamento costeiro e meio ambiente) e incluir as relações de causa e efeito entre o uso da terra na bacia e a qualidade ambiental costeira, uma área de influência costeira poderia ser criada. Essa área seria definida em função da dinâmica física e da bacia de drenagem, não pertencendo à zona costeira propriamente dita.

Essa zona teria uma estratégia de gestão diferente, para facilitar o processo de gerenciamento. Não estando sujeita às implicações de ser considerada como zona costeira – como, por exemplo, conter um plano municipal de gerenciamento costeiro e aplicação de todos os outros instrumentos de gestão costeira –, a gestão seria mais prática. No processo de gestão integrada, essa zona consideraria as implicações do uso da terra e dos recursos hídricos através da aplicação específica dos instrumentos de gestão ambiental (por exemplo, o licenciamento ambiental) e de recursos hídricos (como a outorga), considerando particularidades da localização próxima à zona costeira.

Do ponto de vista da quantidade hídrica, a diminuição da vazão de água doce que chega aos estuários é a principal consequência dos projetos de aproveitamento de recursos hídricos (Olsen *et al.*, 2006; Kennish, 2002). Essa diminuição da afluência pode aumentar os impactos da contaminação, da sobrepesca e da destruição de habitats, além de limitar a abundância de água doce na costa (Olsen *et al.*, 2006). A outorga de uso dos recursos hídricos é uma ferramenta necessária para gerir esse problema. Na zona de influência costeira, a outorga deverá considerar a dinâmica da salinidade (relação entre a variação na descarga de água doce e a intrusão salina no estuário). O estado americano do Texas é um exemplo da utilização dessa metodologia. Há previsão na Lei das Águas estadual que a outorga de uso da água para armazenamento, retirada ou derivação a até 200 milhas (aproximadamente 322km) a montante da boca do estuário deve observar as consequências para as baías ou os estuários (Texas Water Code, 2009).

A água de má qualidade, poluentes e resíduos sólidos que são lançados na bacia hidrográfica acabam na zona costeira e no oceano por ação do próprio ciclo hidrológico. Várias ferramentas de gestão existem para gerir essa problemática da qualidade ambiental. Na zona de influência costeira, o licenciamento ambiental e a outorga qualitativa aparecem como instrumentos ideais para gerir o lançamento de efluentes na bacia hidrográfica que podem afetar a zona costeira. Empreendimentos de relevante impacto ambiental, que necessitem de EIA/RIMA para sua instalação, deverão observar as implicações deste na zona costeira em toda a área da zona de influência. A outorga qualitativa deve observar quanto do efluente lançado irá se conservar até atingir a zona costeira ou o quanto irá impactá-la. A montante da zona de influência costeira, a outorga continuaria a observar a vazão de referência, e o licenciamento ambiental não precisaria considerar as relações com a zona costeira. A jusante, na zona costeira, o território estará sujeito às implicações do gerenciamento costeiro (PNGC), e a gestão de recursos hídricos e ambientais deve considerar a interação com a zona costeira, da mesma forma que na zona de influência.

Uma proposta para a delimitação dessa zona de influência costeira seria utilizar a definição de estuário (Kjervfve, 1987) – que delimita o limite superior do estuário em função da propagação da onda de maré. Assim, a zona de influência seria a área entre a zona costeira (municípios costeiros do PNGC II) e o limite superior do estuário (Figura 5).



Figura 5. Esquema da delimitação da zona costeira e da zona de influência costeira a partir da definição de estuário de Kjervfve (1987). Adaptado de Kjervfve (1987).

Figure 5. Scheme of the coastal zone and the zone of coastal influence based on Kjervfve (1987) estuary's definition. Adapted from Kjervfve (1987).

c) Paraná (PR)

No estado do PR, a definição de zona costeira segue a diretriz nacional (PNGC II). Uma porção muito pequena do

estado drena para a costa paranaense, sendo que grande parte escoava para a bacia do Rio da Prata. Logo, seria interessante que este estado utilizasse como definição de zona costeira toda a área de drenagem, ou seja, toda a parte da Região Hidrográfica do Atlântico Sul pertencente ao estado. Isso acrescentaria dois municípios à zona costeira: São José dos Pinhais e Tijucas do Sul (Figura 6).

Contudo, os municípios de São José dos Pinhais e Tijucas do Sul possuem menos de 50% de seu território pertencente à RHAS e com a maior parte dele localizado na região do Planalto Paranaense. Considerando a complexidade que seria agregada ao gerenciamento costeiro e o pequeno impacto do território na bacia de drenagem atlântica, conclui-se que não seria ideal acrescentar esses municípios, que fazem parte da região metropolitana de Curitiba (capital).

Outro ponto a ressaltar é que o estado do PR possui parte do seu território (municípios em cinza na Figura 6) não pertencente à RHAS, mas à Região Hidrográfica do Atlântico Sudoeste, que drena primeiramente para o estado de SP e, posteriormente, deságua no Atlântico no norte de SP, já região do Atlântico Sudoeste. Esses municípios, em geral, pertencem à região metropolitana de Curitiba, embora a capital pertença à drenagem da bacia do Paraná. Devido à complexidade que seria acrescentada à gestão ambiental, esta área não deve ser acrescentada à definição de zona costeira. Além disso, esses municípios estão mais distantes do oceano e, assim, a influência das atividades aí localizadas na zona costeira não é mais direta. Dessa forma, a gestão ambiental desta área segue as normas da Política Nacional de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos, sem considerar o impacto na zona costeira. Assim, a definição estadual de zona costeira do estado do PR é considerada aceitável e não necessita de modificações.

d) São Paulo

Foi analisada toda a zona costeira estadual, mesmo a porção pertencente à Região Hidrográfica do Atlântico Sudoeste. O estado de SP utiliza, na sua definição, toda a área que exerce influência na zona costeira estadual (Figura 7), utilizando o conceito de divisor de águas de drenagem atlântica estadual. Como esta não determina uma porcentagem extensa do território paulista, mostrou-se prática e aplicável.

Contudo, ao confrontar os municípios costeiros com o divisor de águas de drenagem atlântica estadual, alguns municípios não são considerados como zona costeira, apesar de estarem do lado de dentro do divisor de drenagem. Isso pode ser justificado por apenas uma fração desses municípios estarem do lado de dentro do divisor de drenagem, o que não justificaria as implicações de serem considerados como zona costeira. Esses municípios fazem parte da região metropolitana de São Paulo, incluindo até a capital. Ou, talvez, isso ocorra em virtude de erros inerentes às diferentes bases de dados geográficos e aproximações na definição de bacias de drenagem (Figura 7).

De qualquer maneira, o estado de São Paulo utiliza uma definição adequada de zona costeira, e, dos estados analisados, é a que melhor observa os critérios físicos – diga-se, a bacia de drenagem, pois mescla esse critério com a utilização dos municípios como unidade de gestão. Contudo, a definição se aplica bem ao território do estado, não podendo ser aplicada

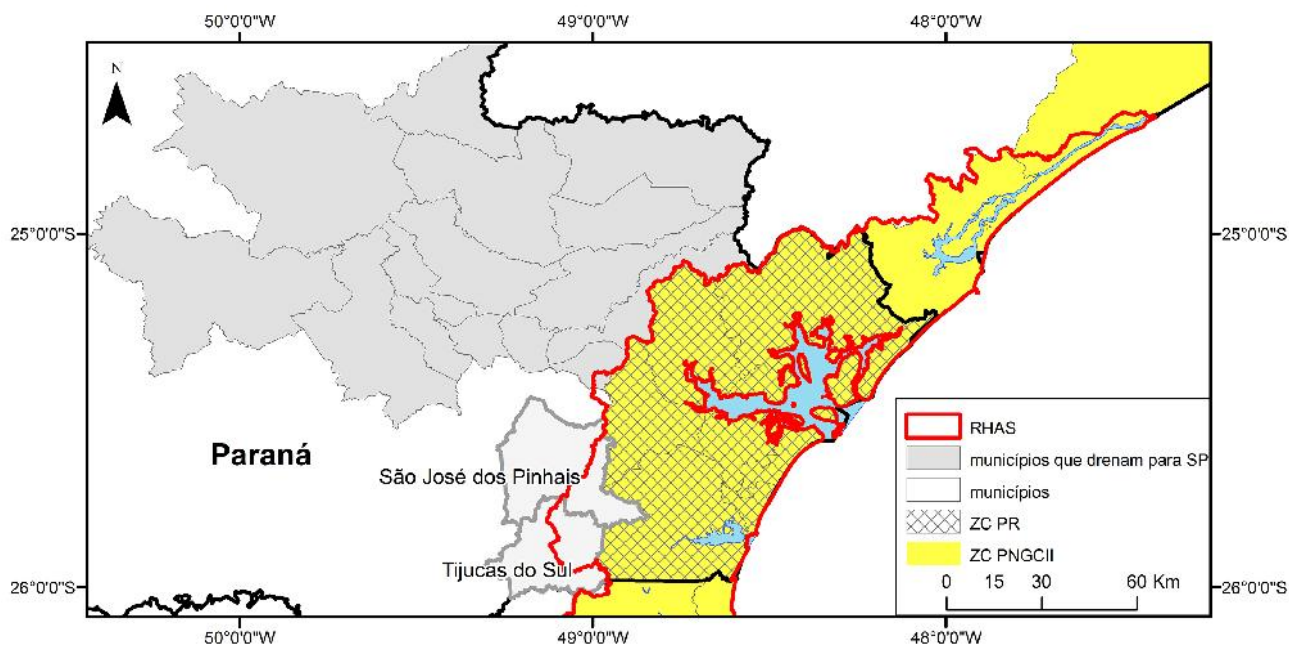


Figura 6. Zona costeira no estado do Paraná, os dois municípios que pertencem à RHAS, mas não à zona costeira (São José dos Pinhais e Tijucas do Sul); e os municípios que drenam para o estado de São Paulo (SP) e, posteriormente, ao Atlântico.

Figure 6. Coastal zone in the state of Paraná, the two municipalities that belongs to the basin area but not to the coastal zone (São José dos Pinhais e Tijucas do Sul), and the municipalities that drain to the state of São Paulo (SP) and then to the Atlantic.

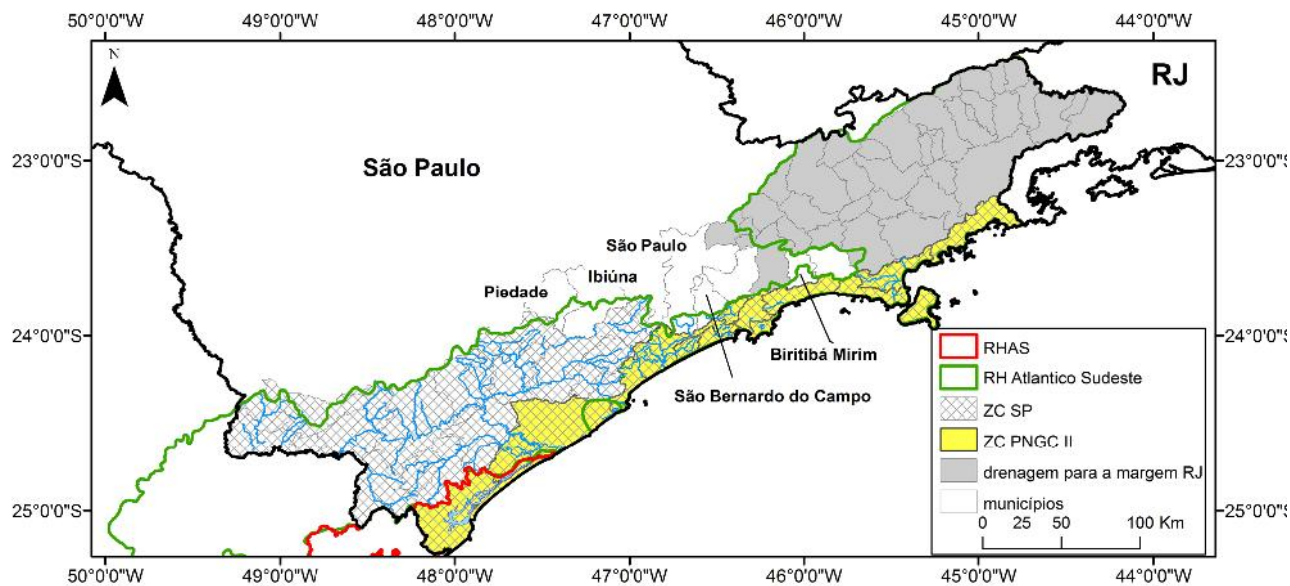


Figura 7. A zona costeira do estado de São Paulo (SP), a do PNGC II e os municípios que drenam para o estado do Rio de Janeiro e, posteriormente, para o Atlântico.

Figure 7. Coastal zone in the state of São Paulo (SP), in the National Plan for Coastal Management (PNGC II, in Portuguese) and the municipalities that drain to the state of Rio de Janeiro (RJ) and then to the Atlantic Ocean.

a todos os estados costeiros em virtude do tamanho da bacia de drenagem atlântica de outros estados.

O estado de São Paulo apresenta a mesma particularidade do estado do Paraná, possuindo uma área que drena para o estado do Rio de Janeiro e, posteriormente, para o oceano Atlântico (em cinza na Figura 7). A proposição para esses municípios é a mesma do Paraná, que sigam as normas gerais de gestão ambiental e de recursos hídricos, sem as particularidades de interação com a zona costeira. Da mesma forma do Paraná, considera-se que o estado de São Paulo não necessita modificar a sua definição de zona costeira, sendo a atual considerada aceitável.

4. CONCLUSÃO

Considerando a importância das fronteiras de gestão para o manejo sustentável dos recursos naturais, a delimitação da zona costeira deve incluir os processos físicos – principalmente o critério da bacia hidrográfica.

Ao observar e confrontar os limites de zona costeira no Brasil com os limites estaduais, observa-se que há subjetividade nessa delimitação. Alguns estados consideram a bacia de drenagem, outros não. Mas o tamanho do território estadual (ou nacional), assim como a área que drena para o Atlântico, são fatores considerados na definição de zona costeira. Isso ocorre porque não se quer que a grande parte do estado seja considerada costeiro, mas a área que mais intensamente influencia ou é influenciada pela zona costeira.

A definição estadual deve ser mais específica que a nacional. Observa-se uma tendência em utilizar definições específicas em função da bacia de drenagem para o oceano, os estados do Rio Grande do Sul e São Paulo são exemplos disso. Contudo, nas definições estaduais observadas, não há nenhuma que possa se expandir para ser utilizada em outros estados. Cada um cria uma zona costeira em virtude das suas características particulares, que diferem de um estado para outro.

A definição utilizada pelo estado de São Paulo é bem abrangente e ideal, incluindo os critérios de bacia de drenagem e municípios. Ideal para o estado, mas não aplicável em todo o território nacional. A gestão costeira ficaria muito complexa, com vários instrumentos adicionais de gestão do território, se fosse aplicada esta metodologia no Rio Grande do Sul ou em Santa Catarina, que possuem uma ampla bacia de drenagem para o Oceano Atlântico, por exemplo. A metodologia do Paraná também se mostrou ideal para o seu território e seus processos físicos.

O Rio Grande do Sul definiu a sua zona costeira de forma que englobou os processos físicos e não obteve uma área extremamente grande. A única consideração é que este deve incluir o critério dos limites municipais na zona costeira para se adequar à diretiva nacional.

O estado de Santa Catarina foi o que não incluiu de nenhuma maneira (mesmo indireta) os processos físicos na sua definição de zona costeira. Uma proposição para uma *zona de influência costeira* visa suprir a lacuna existente na definição, visando ser uma zona de gestão integrada de recursos hídricos e da zona costeira. Trabalhos futuros devem considerar essa proposição e aplicá-la no estado. Além disso, sugere-se que o estado de Santa Catarina inclua

os municípios considerados costeiros pelo PNGC II na sua definição estadual.

A partir deste estudo, conclui-se que, em algumas situações (Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo), a gestão integrada de recursos hídricos e da zona costeira deve ser feita apenas na área considerada como zona costeira pelos estados. Nessa parte do território, as relações de causa e efeito entre o uso da terra e dos recursos hídricos e a zona costeira devem ser observadas. Por exemplo, critérios específicos para outorga e licenciamento ambiental devem ser aplicados, como já mencionado acima. No caso de Santa Catarina, além da zona costeira, uma zona um pouco mais ampla deve considerar essa interação, além da própria zona costeira, visto que esta é muito pequena em virtude da bacia que drena para o Atlântico e das atividades antrópicas localizadas próximas à costa. Assim, no estado de Santa Catarina, a inclusão de uma zona de influência costeira tem como objetivo de ser uma área onde as políticas de meio ambiente e recursos hídricos observam os impactos que podem causar na zona costeira, sem ser zona costeira, ou seja, sem estar sob as normas do PNGC II.

Em estudos futuros, a análise feita deve ser estendida a todos os outros estados costeiros brasileiros, visando apresentar e aprimorar o panorama nacional das fronteiras de gestão costeira integrada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beatley, T.; Brower, D.J.; Schwab, A.K. (2002) – *An Introduction to Coastal Zone Management*. 352p., Island Press, Washington, DC, U.S.A. ISBN: 978-1559639156.
- Clark, J.R. (1996) – *Coastal Zone Management Handbook*. 720p., Lewis Publishers, New York, NY, U.S.A. ISBN: 978-156670092.
- Genz, F.; Lessa, G.C.; Cirano, M. (2008) – Vazão Mínima para Estuários: Um caso no Rio Paraguaçu/BA. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* (ISSN 2318-0331), 13(3):73-82, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/a7f66c99aad323b5e031a87058f1b745_d08ee46b14f2e9894fab5c658ca387fe.pdf
- Jablonski, S.; Filet, M. (2008) – Coastal management in Brazil – A political riddle. *Ocean & Coastal Management*, 51(7):536-543. DOI: 10.2112/06-0723.1
- Kennish, M.J. (2002) – Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, 29(1):78-107. DOI: 10.1017/S0376892902000061
- Kjerfve, B. (1987) – Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In: J.W. Day Jr., C.H.A.S. Hall, W.M. Kemp, A. Yáñez-Arancibia, (eds.), *Estuarine Ecology*, pp.47-78, Wiley, New York, NY, U.S.A. ISBN: 978-0471062639.
- Lindeboom, H.; van Kessel, J.G.; Berkenbosch, L. (2005) *Areas with special ecological values on the Dutch Continental Shelf*. 103 p., Rijkwaterstaat, Den Haag, Netherlands. ISBN: 90-369-3415-X. <http://edepot.wur.nl/3249>
- Loitzenbauer, E.; Mendes, C.A.B. (2011) – A dinâmica da salinidade como uma ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira: uma aplicação à

- realidade brasileira. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 11(2):233-245. DOI: 10.5894/rgci248
- Loitzenbauer, E.; Mendes, C.A.B. (2012) – Salinity dynamics as a tool for water resources management in coastal zones: Na application in the Tramandaí River basin, southern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 55:52-62. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2011.10.011
- MMA (2006) – *Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Sul*. 128p., Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos, Brasília, DF, Brasil. ISBN: 85-7738-062-9.
- MMA (2008) – *Macrodiagnóstico da Zona costeira e Marinha do Brasil*. 241p., Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. ISBN: 978-8577381128.
- Monteiro, P.M.S.; Marchand, M. (2009) – *Catchment2Coast: A systems approach to coupled river-coastal ecosystem science and management*. 92p., Deltares Select Series Vol. 2, IOS Press, Amsterdam, Países Baixos. ISBN: 978-1607500308.
- Nicolodi, J.L.; Zamboni, A.; Barroso, G.F. (2009) – Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 9(2):9-32. DOI: 10.5894/rgci115
- Olsen, S.B.; Padma, T.V.; Richter, B.D. (2006) – *Guía para el Manejo del Flujo de Agua Dulce a los Estuarios*. 44p., USAI, The Nature Conservancy, The Coastal Resource Center e University of Rhode Island, Washington, DC, U.S.A. Disponível em http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADI095.pdf
- Pereira, R.M.FA (2011) – Expansão urbana e turismo no litoral de Santa Catarina: o caso das microrregiões de Itajaí e Florianópolis. *Interações* 12(1):101-111. DOI: 10.1590/S1518-70122011000100010
- Sorensen, J.C.E; McCreary, S.T. (1990) – *Institutional Arrangements for Managing Coastal Resources and Environments*. 194p., Coastal Management Publications No. 1. NPS/US AID Series, National Park Service, Office of International Affairs, Washington, DC, U.S.A. ISBN: 978-0931531002.
- UN (1982) – *United Nations Conference on the Law of the Sea*. 208p., United Nations, Montego Bay, Jamaica. http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf
- UNEP/MAP/PAP, (1999) – *Conceptual Framework and Planning Guidelines for Integrated Coastal Area and River Basin Management*. 78p., Priority Actions Programme, UNEP, Split, Croácia. ISBN: 953-6429-27-69. <http://www.pap-thecoastcentre.org/pdfs/ICARM%20Guidelines.pdf>

LEGISLAÇÃO CITADA

Resolução CIRM Nº 005/98. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II). Publicado no DOU, de 14/01/1998, pp. 36-37. Disponível em <http://www.dern.ufes.br/gc/Plano%20Nacional%20de%20Gerenciamento%20Costeiro%20II.pdf>

Resolução CONAMA Nº001/86. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicado no DOU, de 17/02/1986, pp. 2548-2549. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>

Texas Water Code, 2009. Subtitle B: Water Rights. pp.195-329, Austin, TX, U.S.A. Disponível em <http://www.statutes.legis.state.tx.us/Docs/SDocs/WATERCODE.pdf>.

WEB SITES

FEPAM, (s/d) – *Programa de Gerenciamento Costeiro – GERCO/RS*. FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler, Porto Alegre, RS, Brasil. In: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/gerco.asp> (acedido em Outubro de 2013)



http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-450_Rilo.pdf | DOI:10.5894/rgci450

Metodologia para o traçado da Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais em ambientes de transição: aplicação ao estuário do Tejo (Portugal) *

Methodological framework for the definition and demarcation of the highest astronomical tide line in estuaries: the case of Tagus Estuary (Portugal)

Ana Rilo^{@,1}, Paula Freire¹, Ricardo Nogueira Mendes², Rodrigo Ceia², João Catalão³, Rui Taborda³, Ricardo Melo², Maria Isabel Caçador², Maria da Conceição Freitas⁴, André Bustorff Fortunato¹, Elsa Alves¹

RESUMO

Os trabalhos desenvolvidos por equipas de investigação sobre a zona costeira bem como as ferramentas de gestão e ordenamento das regiões hidrográficas, como, por exemplo, os Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica e os Planos de Ordenamento de Estuários, necessitam da definição de margem e de leito e, por conseguinte, do traçado da Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE) que corresponde ao seu limite. Muito embora a definição destas áreas e respetivo limite esteja descrita na lei que estabelece a titularidade dos recursos hídricos, existe uma dificuldade prática em transpor para a realidade do terreno as conceções legais, particularmente em sistemas de transição, como os estuários. Assim, revela-se prioritário o desenvolvimento de uma metodologia abrangente e objetiva capaz de responder a este desafio.

No presente trabalho, apresenta-se uma abordagem metodológica interdisciplinar e integrada, baseada na recolha e análise de informação bibliográfica, cartográfica e de campo sobre a área de estudo (estuário do Tejo), bem como a experiência adquirida no traçado deste limite noutros locais do país. Deste modo, foi possível desenvolver um conjunto de critérios para o traçado da LMPMAVE em ambientes de transição, que podem ser divididos em quatro tipologias: a) biofísica, estabelecida através da presença ou ausência de vegetação halófila; b) tipo de estrutura/altimétrica, que se prende com as características intrínsecas da estrutura e sua elevação; c) de uso do solo; d) de índole legal, baseada na Lei 54/2005 de 15 de novembro.

O desenvolvimento e aplicação desta metodologia ao estuário do Tejo permitiu dispor pela primeira vez do traçado deste limite neste importante sistema de transição e, simultaneamente, ultrapassar a dificuldade de implementar os conceitos legais de LMPMAVE no terreno, ao criar critérios objetivos de suporte à sua marcação.

Palavras-chave: gestão costeira, leito, margem, metodologia integrada

@ - Corresponding author: arilo@lnec.pt

1 - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, nº 101, 1700-066 Lisboa, Portugal. e-mails: Rilo <arilo@lnec.pt>; Freire <pfreire@lnec.pt>; Fortunato <afortunato@lnec.pt>; Alves <ealves@lnec.pt>

2 - Universidade de Lisboa, Centro de Oceanografia - FCUL, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal. e-mails: Mendes <rmmendes@fc.ul.pt>; Ceia <rodrigoceia@obrangol.com>; Melo <ramelo@fc.ul.pt>; Caçador <micacador@fc.ul.pt>

3 - Universidade de Lisboa, Instituto Dom Luís - FCUL, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal. e-mails: Catalão <jcfernandes@fc.ul.pt>; Taborda <rtaborda@fc.ul.pt>

4 - Universidade de Lisboa, Centro de Geologia - FCUL, Campo Grande, 1749-016, Lisboa, Portugal. e-mail: Freitas <cfreitas@fc.ul.pt>

ABSTRACT

Important coastal management instruments, such as Estuary and Watershed Planning and Management Plans, require the cartographic demarcation of the boundary between the estuarine bed and fringe. This boundary has important implications on the jurisdictional areas of public entities that manage and regulate public water bodies, as well as on some aspects of the Water Framework Directive application, particularly the ecological assessment and the evaluation of human disturbance factors.

Although this boundary is clearly defined by the Portuguese law as the water line at the highest astronomical tide, its practical determination is not straightforward. First, different hydromorphological conditions and anthropogenic occupations of estuarine margins can affect the position of the line. Also, maximum tidal elevations vary along the estuary. Finally, tidal effects are sometimes difficult to distinguish from other factors, from riverine and atmospheric origin, that affect the water levels. Therefore, the development of a methodology to determine this line, based on objective criteria, is both a challenge and a requirement to estuarine management.

A new approach based on different criteria is proposed and illustrated in the Tagus estuary (Portugal). Four types of criteria are proposed: a) a biophysical criterion, based on the presence or absence of halophyte vegetation; b) the type of structure/elevation criterion, based on the height and permeability characteristics of existing marginal structures; c) a land use criterion; d) a legal criterion based on the Law 54/2005 of 15 November.

The application of the new approach requires the collection and assessment of diverse information on the study area, including legal documents, cartographic material, aerial photographs and orthophotos (0.50 m spatial resolution, RGB and near-infrared). Other imagery sources were assessed, such as Bing Maps aerial (bird's eye option) and Google Earth (using the historical imagery tool). Previous reports regarding the definition of this boundary in other Portuguese systems were also analyzed and taken into consideration. The criteria associated to the type of structure/elevation and to land use were supported by a recent (2011) topographic survey of the Tagus estuary marginal areas. Finally, the LANDSAT 7 ETM+ image corresponding to the highest tide level in the Tagus registered by this satellite (from 22 February 2002 at 11:03:23) was processed using the Image Analysis tool from ArcMap. The 752 composition bands were selected in order to highlight the extension of the submerge area for those tide conditions, and allowed the validation of biophysical criteria. These criteria definition was further validated by topographic field data and biophysical field observation acquired during January, August and September 2011.

The biophysical criterion is based on the presence, distribution and behavior of various species of salt marsh (salt tolerant). The underlying principle is that the transition from this type of vegetation to another, with terrestrial features and little tolerance for salt water, is a reliable indicator of the boundary between the bed and the margin. This criterion was applied in estuarine beaches, cliffs, limits of salt marsh areas and waterways.

When the margin is occupied by anthropogenic structures (e.g., defense adherent structures, jetties, piers, dikes, salt pans and tidal mills) the type of structure/altimeter criterion was applied. A previous analysis of extreme water levels in this estuary, considering tides and storm surges, indicates maximum water levels ranging between 2.3 m above mean sea level (MSL) at the estuary mouth and 2.8 m MSL in the upper estuarine area, for a return period of 100 years. Considering that wave run-up was neglected in that study, the 3.0 m (MSL) height was taken as representative of altimetry positions that are not subject to frequent flooding. Thus, impermeable structures lower than 3.0 m (MSL) are included in the bed and the structures higher than 3.0m (MSL) are in the margin. Permeable structures are always included in the estuarine bed.

The land use criterion is based on the observation that there can be agriculture lands in the estuary margins that are below high tide level, due to historical human efforts to preserve those areas from estuarine flooding. Thus, these areas are included in the margin.

Finally, the legal criterion is based on the paragraph 1 of article 10 of Law 54/2005 dated from 15 November, which indicates that the "mouchões" (local term that designates islands and sandbanks formed by alluvial deposition) are included in the estuarine bed.

The methodological approach presented herein allowed for the first time the outline of the highest astronomical tide line for the Tagus estuary, thus providing an important contribution to the management of this area. Constraints in the cartographic demarcation are associated not only to morphological, hydrodynamic and anthropogenic diversity, but mainly with the application of legal definitions, since the Law 54/2005 adopts "average flood" as the single guiding principle for setting the limit between bed and margin, not considering that wave swash, storm surge effects and sea level rise also influence water levels in estuaries.

It is recognized that the boundary position varies in space as well as in time. Those aspects should be taken into account in future line reassessments considering the effects of sea level rise. It is proposed that boundary line reassessments are associated with Estuary and Watershed Planning and Management Plans for effectiveness. Finally, several issues that should be addressed in future work are pointed out.

Keywords: coastal management, estuarine bed, estuarine fringe, integrated methodology

1. INTRODUÇÃO**1.1. Enquadramento e objetivos**

Atualmente, grande parte da população mundial vive na proximidade de zonas costeiras (*sensu lato*), o que levou à amplificação das pressões antrópicas sobre estas zonas, criando um equilíbrio frágil entre os sistemas naturais e a presença humana. Os instrumentos de gestão e ordenamento da zona costeira procuram criar o quadro normativo para o desenvolvimento sustentável destas áreas.

Frequentemente, os trabalhos realizados por equipas de investigação sobre a zona costeira, bem como os realizados pelas entidades gestoras no desenvolvimento dos instrumentos de gestão e ordenamento, requerem, para a sua prossecução, a definição de leito e margem. No quadro legal português, esta definição encontra-se na Lei 54/2005¹, resultante da

1 - Lei 54/2005 de 15 de novembro. *Estabelece a titularidade dos recursos hídricos* DR nº 219 SÉRIE I-A.

transposição da Diretiva-Quadro da Água² para a legislação nacional. Este diploma no n.º 2 do artigo 10º define que «o leito das águas do mar, bem como das demais águas sujeitas à influência das marés, é limitado pela linha da máxima preia-mar de águas vivas equinociais» e adianta ainda que « (...) essa linha é definida, para cada local, em função do espraiamento das vagas em condições médias de agitação do mar, no primeiro caso, e em condições de cheias médias, no segundo.». O n.º 1 do artigo 11º do mesmo diploma explica que: «entende-se por margem uma faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas». O n.º 6 do mesmo artigo esclarece ainda que «a largura da margem conta-se a partir da linha limite do leito (...)». Deste modo, a marcação do limite entre leito e margem está sujeita à definição prévia e traçado da Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE).

A importância e implicações práticas do traçado da LMPMAVE prendem-se com os limites da área de competência na gestão e licenciamento de usos no leito e na margem de diversas entidades que superintendem e regulam o domínio público hídrico. Além disto, há ainda a considerar as ações judiciais para reclamação da propriedade particular de terrenos do leito, conquistados ou contíguos a ele, que implicam os diversos organismos que gerem os recursos hídricos e de que há inúmeros registos na jurisprudência nacional.

A definição e traçado da LMPMAVE em sistemas de transição/estuários ganham, também, particular importância no âmbito de outros aspetos ligados à Diretiva-Quadro da Água, nomeadamente a avaliação do estado ecológico das massas de água. No âmbito desta avaliação, torna-se necessária a construção de cartografia detalhada, capaz de dar resposta à caracterização de alguns subelementos de qualidade ecológica como é o caso das macroalgas oportunistas (Scanlan *et al.*, 2007), ou das angiospérmicas (Best *et al.*, 2007; García *et al.*, 2009). Além disto, também a avaliação de fatores de perturbação antrópica carecem da definição dos limites destes sistemas.

A materialização no terreno do conceito de LMPMAVE é particularmente difícil no caso das «águas sujeitas à influência das marés», ou seja, no caso de áreas de transição como os estuários, devido às suas características hidromorfológicas e à diversidade de ocupação e uso do solo, sendo frequentemente dominante a componente antrópica. Nesse sentido, torna-se relevante a elaboração de um conjunto de critérios objetivos, mensuráveis no terreno e de fácil aplicação, que possam suportar a definição o mais objetiva possível deste limite em estuários.

O estuário do Tejo constitui o maior sistema de transição existente em território nacional, onde se desenvolve a mais importante área urbana do país. Torna-se, assim, relevante a definição de critérios objetivos para o traçado da LMPMAVE, tanto mais que não está disponível nenhuma proposta deste limite para este sistema de transição. O presente trabalho

propõe, pela primeira vez, um conjunto de critérios para o traçado da LMPMAVE no estuário do Tejo.

1.2. A Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE) no contexto português: caracterização e conceitos

De acordo com a Lei 54/2005 de 15 de novembro, a LMPMAVE é definida em «condições de cheias médias» para as águas de transição. Águas de transição são aqui entendidas como estuários e lagunas onde a influência da oscilação periódica da maré se faz sentir permanentemente. A propagação das marés nos estuários depende, entre outros fatores, da morfologia do sistema estuarino e da afluência de caudais fluviais ao sistema.

Tendo em conta o enunciado, parece claro que é o conceito de cheias médias que norteia o traçado da LMPMAVE em estuários. No entanto, o conceito de cheias médias não é facilmente quantificável. É referido por Amaral & Fernandes (1978) que «cheias médias, segundo o entendimento da Direção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, são as que podem prever-se com a possibilidade de ocorrência de uma vez em cada quatro ou cinco anos» (pág. 84). Também Távarela-Lobo (1999) refere o mesmo entendimento (pág. 203). É possível prever valores de caudal fluvial para diferentes períodos de retorno, mas é difícil aliar a estes valores de caudal cotas altimétricas que permitam sustentar o traçado da LMPMAVE em ambientes de transição tendo por base unicamente esse critério.

Talvez devido a esta dificuldade, surge o Despacho Normativo 32/2008 de 20 de junho³ que estabelece que a LMPMAVE em zonas abrigadas de agitação marítima (*e.g.*, portos ou estuários) seja traçada pela curva de nível dos 2 m (NMM). No entanto, quando se procurou sobrepor esta cota altimétrica às observações de campo, verificaram-se inconsistências relevantes, decorrentes da variação espacial do nível de maré.

O trabalho publicado pela Administração de Região Hidrográfica (ARH) do Algarve sobre a demarcação da LMPMAVE no litoral da costa algarvia (Teixeira, 2009) defende que, no caso de estuários e lagunas permanentes, «o traçado da LMPMAVE deverá ser feito caso a caso, conjugando a informação altimétrica, a cartografia das biocenoses das plantas halófitas com distribuição altimétrica condicionada pelos regimes de emersão/imersão e pela informação recolhida no terreno durante as marés de águas vivas equinociais» (pág.100). Neste sentido, também a Administração da Região Hidrográfica do Centro (ARH Centro) produziu um guia com critérios para a demarcação física do leito e da margem das águas de transição em sistemas lagunares, estuários e lagoas costeiras do litoral centro (ARH Centro, 2011). Neste documento, opta-se por uma solução de compromisso entre critérios altimétricos, presença de biocenoses, registos cartográficos

2 - Diretiva n.º. 2000/60/CE do Parlamento e do Conselho de 23 de outubro de 2000. *Estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável do domínio hídrico (Diretiva Quadro da Água)*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, de 22 de dezembro de 2000.

3 - Despacho normativo 32/2008 de 20 de junho do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional. *Estabelece o regulamento dos procedimentos de delimitação do Domínio Público Marítimo pendentes em 27 de outubro de 2007*. Constam as normas a observar pela comissão de delimitação, bem como os elementos para a elaboração da planta de delimitação.

antigos e o disposto no Despacho Normativo 32/2008 de 20 de junho³, conjugando-os consoante os casos.

Neste contexto, permanecem dúvidas quanto à definição deste limite, especialmente em casos como o do estuário do Tejo, onde a variação espacial das condições hidrodinâmicas, fluviais e de uso antropogénico do leito e da margem são especialmente importantes. Observações do terreno comprovam que a LMPMAVE possui grande variabilidade espacial e temporal, tornando-se essencial encontrar critérios objetivos e de fácil aplicabilidade, que suportem com elevado grau de confiança o limite entre leito e margem.

Assim, no contexto deste trabalho entende-se (Figura 1) por *leito* «o terreno coberto pelas águas quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades» (n.º 1 do art.10.º da Lei 54/2005) e por *margem* a faixa de terreno que lhe é contígua e que, consoante se encontre ou não sob a jurisdição das autoridades marítimas e portuárias, tem a largura de 50m ou 30m. Entende-se por *orla estuarina* o referido no diploma legal que define o regime dos planos de ordenamento de estuários⁴. Assim, «a orla estuarina corresponde a uma zona terrestre de proteção cuja largura é fixada na resolução do Conselho de Ministros que aprovar o Plano de Ordenamento do Estuário até ao máximo de 500 m contados a partir da margem (...)».

2. CASO DE ESTUDO: ESTUÁRIO DO TEJO

O estuário do Tejo localiza-se na costa ocidental portuguesa, na região da Estremadura e Ribatejo meridionais, sendo limitado pelos paralelos 38º40'N e 39º05'N e pelos meridianos 9º20'W e 8º45'W (Figura 2), e desenvolve-se segundo as direções NNE-SSW e ENE-WSW. O estuário

ocupa uma superfície de 320 km² e estende-se desde a embocadura (Forte do Bugio) até 80 km a montante (Muge), limite da propagação da maré dinâmica (Freire, 2003).

Esta vasta área de transição entre o rio Tejo e o oceano é suporte de grande diversidade biológica e paisagística. Simultaneamente, o seu extenso plano de água serve de ligação física entre as duas margens do estuário na principal área metropolitana do país, representando por isso uma zona de importância estratégica a nível nacional.

2.1. Morfologia e hidrodinâmica estuarina

O estuário do Tejo ocupa uma área de cerca de 33,9x10³ ha (Mendes *et al.*, 2012), da qual cerca de 43% corresponde ao domínio *intertidal* (equivalente a *entre marés*). Este estende-se sobretudo na zona interior do estuário, pouco profunda, ocupada por rasos de maré e sapais (equivalente a *marisma*) de extrato essencialmente vasoso, cujas áreas são, respetivamente, 27,5% e 5,5% da área total do estuário. No domínio intertidal, Mendes *et al.* (2012) identificaram diferentes habitats, ostras, praias e ervas marinhas, bem como ocupação antrópica diversificada (p.e. moinhos de maré e salinas). A ligação do estuário ao oceano Atlântico faz-se através de um canal de embocadura estreito e profundo, com cotas máximas que atingem 34 m (referidas ao ZH (Zero Hidrográfico)).

O estuário encontra-se sobre a influência de uma maré semidiurna e pode ser classificado como um estuário mesotidal elevado (Hayes, 1979). A amplitude da maré varia entre 0,75m em Cascais (em maré morta) e 4,3m na zona mais a montante (em maré viva) (Fortunato *et al.*, 1999). Na Ponta da Erva (Figura 3a), Fortunato *et al.* (1999) apontam para valores de 3,2m de amplitude em maré viva média. Este aumento da amplitude deve-se a um efeito de ressonância, que amplifica seletivamente as constituintes semidiurnas (Fortunato *et al.*, 1999).

4 - Decreto-lei 129/2008 de 21 de julho. *Estabelece o regime dos planos de ordenamento dos estuários*. DR n.º 139 SÉRIE I A.

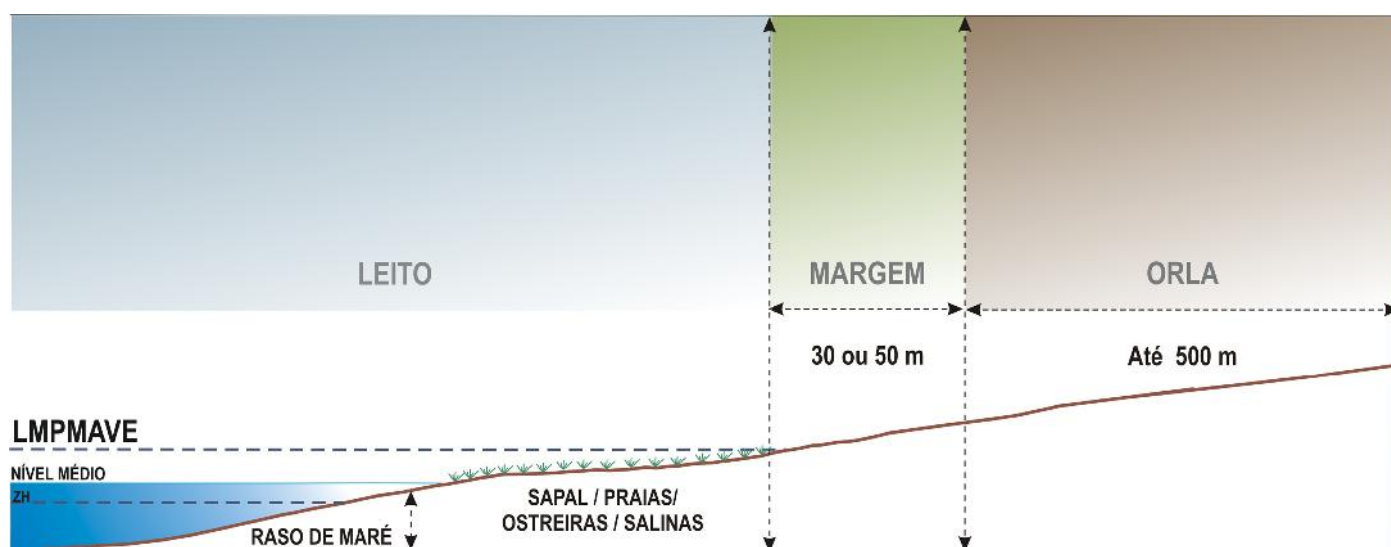


Figura 1. Representação esquemática dos conceitos de Linha de Máxima Preia-Mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE), Leito, Margem e Orla de acordo com a Lei 54/2005 de 15 de novembro e Decreto-lei 129/2008 de 21 de julho.

Figure 1. Schematic draw explaining the concepts of the highest astronomical tide line, estuarine bed, margin and fringe according to the Law 54/2005 of 15 November and decree law 129/2008 of July 21st of the Portuguese legislation.

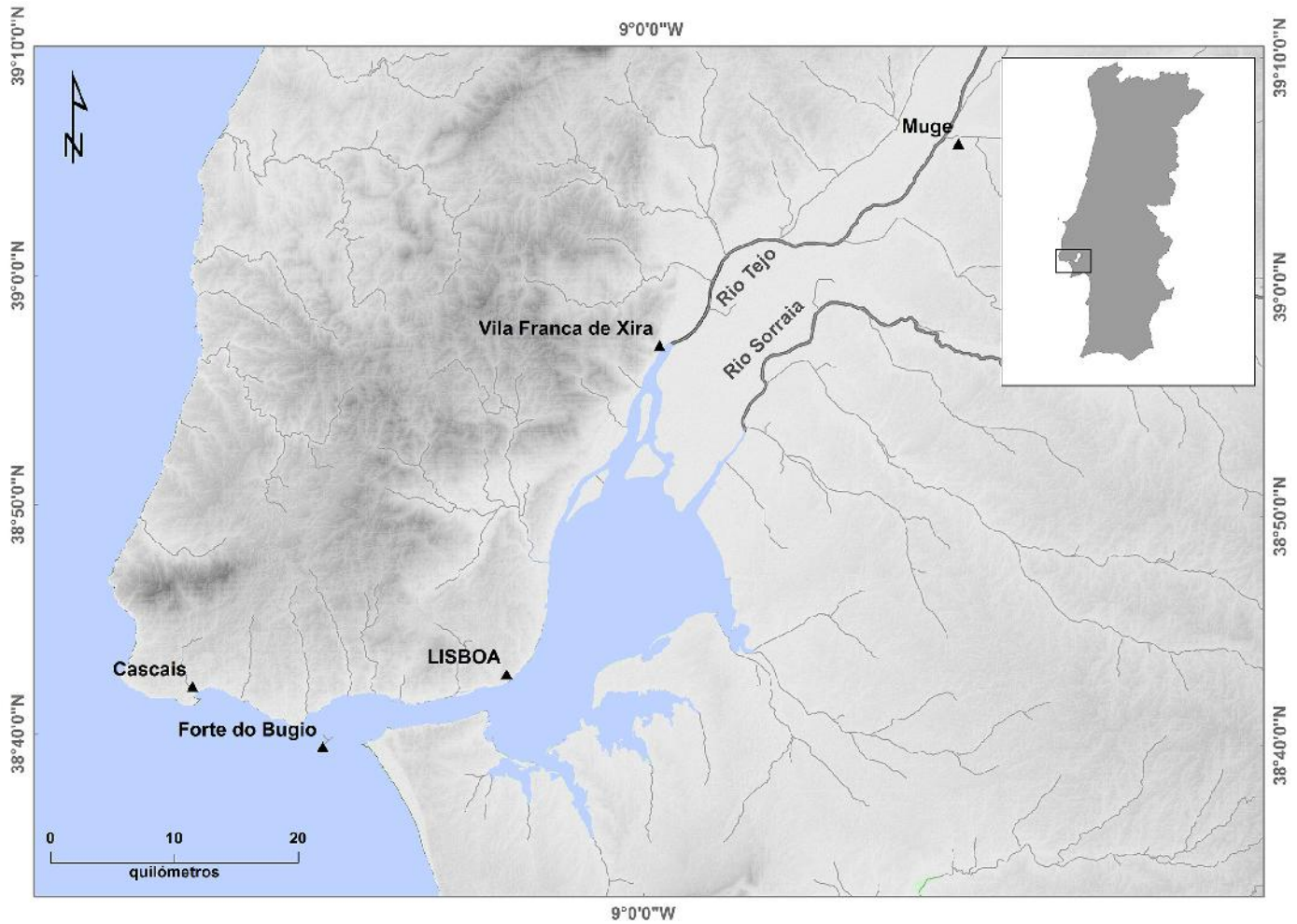


Figura 2. Localização e enquadramento do estuário do Tejo.

Figure 2. Tagus estuary location.

A agitação marítima oceânica faz-se sentir apenas junto à embocadura, uma vez que a morfologia do canal não permite a propagação das ondas oceânicas para a zona interior (Freire, 2003). Contudo, a extensão do estuário interno e a sua orientação aos ventos dominantes (rumos de N e NW) propiciam um *fetch* efetivo considerável (máximo de 13 km relativamente ao rumo NW-NE) e a possibilidade de geração local de ondas (Freire & Andrade, 1999; Oliveira & Vargas, 2009). Na praia do Alfeite (Figura 3b) foram medidas ondas com altura máxima de 0,84 m numa situação de temporal (Freire *et al.*, 2009). Este facto particular proporciona a manutenção de praias e restingas de areia ao longo da margem esquerda do estuário interno (Freire *et al.*, 2006; Taborda *et al.*, 2009).

As afluições fluviais ao estuário provêm do seu principal afluente, o rio Tejo (ver Figura 2). O regime atual de afluições, tanto em volume de água como de sedimentos, é influenciado pela capacidade de armazenamento das albufeiras existentes, que se estima atualmente em 12.200 hm³, sendo 2.700 hm³ referentes à parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Tejo. Em termos médios, e tendo por base a série de escoamentos no período de 1973 a 2011, as afluições atuais ao estuário são cerca de 310 m³s⁻¹ em Almourol. As estimativas do

caudal sólido em suspensão afluente ao estuário situam-se entre 0,1×10⁶ e 0,5×10⁶ t/ano em Almourol. No entanto, devido às incertezas associadas às medições de caudal sólido, presume-se que este intervalo possa ser maior, na ordem de 0,1×10⁶ a 1×10⁶ t/ano (Rilo *et al.*, 2013).

No que diz respeito à salinidade, o estuário pode ser classificado como parcialmente estratificado (Fortunato *et al.*, 1997; Neves, 2010). Usando metodologias quantitativas, Neves (2010) confirmou esta classificação e verificou ainda que as características de estratificação da coluna de água são acentuadas durante a maré morta. O mesmo autor adianta ainda que, quando estas condições coincidem com descargas fluviais médias de inverno, o estuário poderá ser classificado como “estratificado”.

2.2. Caracterização geral da comunidade biológica do estuário

Grande parte dos sedimentos finos transportados pelo rio é depositada no estuário, devido à diminuição da velocidade da corrente fluvial e às condições favoráveis de salinidade que concorrem para a floculação do material fino em suspensão (Freire, 2003).

A deposição sedimentar em áreas intertidais conduz ao aparecimento de sapais, sendo um fator importante para a sua evolução (Salgueiro & Caçador, 2007). Os sapais são caracterizados pela baixa variedade de espécies, mas destacam-se pelo facto de as espécies aí existentes possuírem características morfológicas e fisiológicas que lhes permitem viver em ambientes salgados e alagadiços (Caçador *et al.*, 1996). Duas outras comunidades vegetais são abundantes no estuário, aproveitando a disponibilidade de luz e nutrientes: as algas unicelulares, que constituem o microfítobentos à superfície dos sedimentos (Brito *et al.*, 2013), e as macroalgas, que crescem sobre partículas de maiores dimensões, como conchas ou pedras (Sousa - Dias & Melo, 2008). Um estudo recente (Cunha *et al.*, 2009) indica ainda a presença de uma comunidade de ervas marinhas e estudos realizados por Mendes *et al.*, (2013) apontam para o seu aumento, ocupando em 2012 cerca de 60 ha.

O estuário do Tejo possui ainda diversas espécies de peixes, mariscos e aves limícolas. Esta riqueza biológica justifica o estatuto de área protegida (Reserva Natural do Estuário do Tejo), estando uma parte da reserva classificada como Zona de Proteção Especial de Aves Selvagens, integrante da Rede Natura 2000. A nível internacional, faz parte da lista de

sítios da convenção Ramsar, que classifica o estuário como zona húmida de importância internacional.

2.3. Caracterização socioeconómica e ocupação humana

O estuário do Tejo desenvolve-se na região mais povoada do país, constituindo a principal área metropolitana nacional, onde a pressão demográfica, industrial e agrícola mais se faz sentir. Dados recentes (INE, 2012) mostram que a população residente na região de Lisboa representa 26,7% da população do país, tendo aumentado na última década em cerca de 6%.

A área marginal que circunscreve o estuário do Tejo compreende onze municípios. Dados recentes (INE, 2012) revelam um decréscimo da população residente entre 2001 e 2011 em Lisboa (-3%), Barreiro (-0,3%) e Moita (-2,1%). Pelo contrário, registaram maior crescimento populacional os municípios de Alcochete (+35%) e Montijo (+30,8%), seguidos de Vila Franca de Xira, Almada, Oeiras, Seixal e Loures (Figura 3).

No que à densidade populacional diz respeito, a região de Lisboa apresenta uma densidade de 940 habitantes por km², valor muito superior à densidade média nacional que se situa nos 114,5 habitantes por km² (INE, 2012).

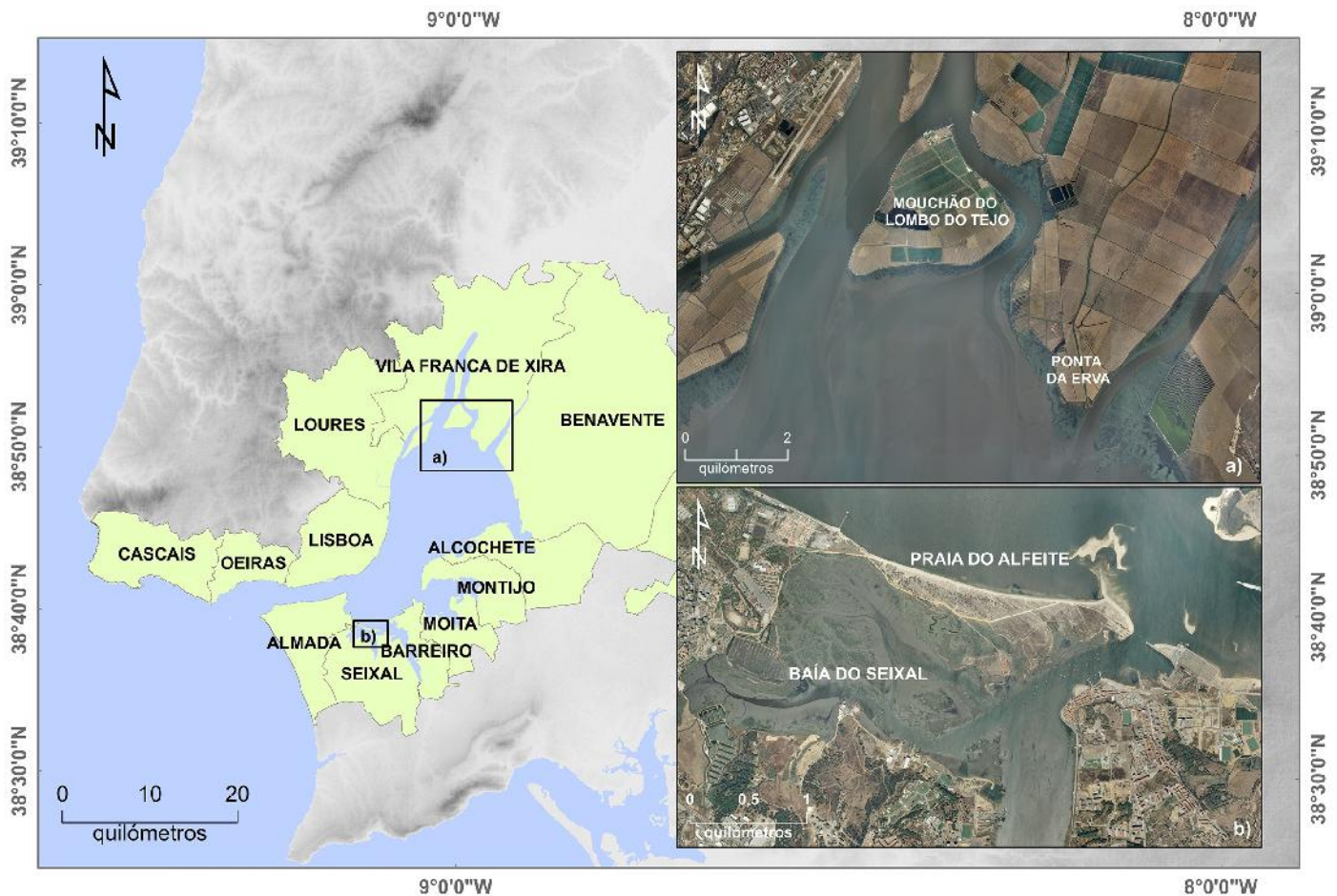


Figura 3. Localização dos municípios do estuário do Tejo; a) pormenor do mouchão do Lombo do Tejo e Ponta da Erva; b) pormenor da baía do Seixal e praia do Alfeite.

Figure 3. Geographical framework of Tagus estuary municipalities; detail of mouchão do Lombo do Tejo and Ponta da Erva; b) detail of Seixal bay and Alfeite beach.

A ocupação da orla estuarina (ver Figura 1), cuja área total se situa nos 130km² (Freire *et al.*, 2012), é diversa. Em termos de extensão ocupada, são relevantes as áreas urbanas (ocupam 34% da orla) e as áreas agrícolas (35% da orla). Na margem norte, as áreas urbanas, portuárias e de infraestruturas marítimas são dominantes, enquanto que na margem sul se estabeleceram áreas urbanas, no interior das quais se desenvolvem algumas áreas verdes e importantes áreas industriais, como é o caso do arsenal do Alfeite, da Quimiparque e das recentes áreas de parques empresariais (Freire *et al.*, 2012).

As áreas agrícolas são importantes essencialmente nos concelhos de Benavente e Vila Franca de Xira (Figura 3), onde o Homem tenta travar o avanço das águas do Tejo para criar áreas agrícolas. Destaca-se, neste caso, a Companhia das Lezírias que, desde 1837, mantém o esforço de construção, manutenção e limpeza dos valados até aos nossos dias (Alves, 2003).

3. METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho consistiu na definição de critérios que permitam traçar a LMPMAVE em ambientes de transição, usando como caso de estudo o estuário do Tejo. Para a prossecução deste objetivo, adotou-se uma abordagem multidisciplinar, que contou com análise bibliográfica, observação de campo, observação e análise de fotografias aéreas, ortofotomapas e trabalho de campo para validação.

Numa primeira fase foi efetuada a revisão bibliográfica de diferentes obras de índole legal, que abordavam a problemática das definições e conceitos de leito, margem e orla, bem como dos seus limites (Amaral & Fernandes, 1978; Tavarela-Lobo, 1999). Analisaram-se trabalhos técnicos, onde são descritos exemplos de demarcação da LMPMAVE noutros sistemas, nomeadamente na costa algarvia (Teixeira, 2009) e na Ria de Aveiro (ARH Centro, 2011), e discutiram-se aspetos metodológicos com autoridades ligadas à gestão e ordenamento do estuário do Tejo.

Seguiu-se a análise da zona de estudo feita sobre os ortofotomapas de 2007 do Instituto Geográfico Português (resolução espacial de 0.50 m e resolução radiométrica RGB e infravermelho próximo) em ambiente SIG (ArcMap-ESRI®).

Procedeu-se, ainda, à consulta sistemática de outras fontes, designadamente *Bing Maps Aerial* (opção *birds eye*) e *Google Earth* (ferramenta *Imagens históricas*). Foi também usada uma imagem LANDSAT 7 ETM+ obtida em 22 de fevereiro de 2002 (hora de aquisição: 11:03:23), uma vez que possuía o nível de maré mais elevado das imagens registadas por este satélite, o que possibilitou avaliar a extensão de áreas alagadas. A imagem foi tratada usando a ferramenta *Image Analysis* do ArcMap com a composição 752 das bandas espectrais, por forma a realçar áreas cobertas por água, o que permitiu validar a aplicação do critério biofísico.

A caracterização da zona de estudo e a definição dos critérios para o traçado da LMPMAVE foi acompanhada pela recolha de informação no terreno, em diferentes pontos do estuário, nos meses de janeiro, agosto e setembro de 2011. Foi ainda usado, como ferramenta de validação dos critérios altimétrico e de uso do solo, o levantamento topográfico da

faixa marginal do estuário, datado de 2011, disponibilizado pela Administração da Região Hidrográfica do Tejo (ARH Tejo) e ainda os levantamentos topográficos com DGPS TopCon Hiper Pro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Critérios para o traçado da LMPMAVE

Os critérios para o traçado da LMPMAVE definidos neste trabalho podem ser subdivididos em quatro tipologias: critério biofísico, tipo de estrutura/altimétrico, uso do solo e critério de índole legal.

Critério Biofísico

Este critério tem por base a presença, distribuição e comportamento das diversas espécies vegetais de sapal que ocorrem no leito do estuário do Tejo (Caçador, 1986). Determinadas biocenoses tolerantes ao sal indicam a presença de água salgada nos locais onde estas ocorrem (Tabela 1).

Assim, o limite do desaparecimento deste tipo de vegetação e o aparecimento de outro, com características terrestres e por isso pouco tolerantes ao sal, constituem um indicador fidedigno do limite entre o leito e a margem. No caso das praias estuarinas, o critério adotado teve por base o limite entre a ocorrência de espécies dunares e terrestres.

O critério biofísico foi aplicado nos seguintes casos: arribas alcantiladas (equivalente a *falésias*), zonas de sapal, linhas de água e praias estuarinas (Figura 4).

Tipo de estrutura /altimétrico

O critério relativo ao tipo de estrutura/altimétrico foi desenvolvido para os casos em que a margem é ocupada por estruturas antrópicas (*e.g.*, estruturas de defesa aderente, pontões, cais, diques, salinas e moinhos de maré) e apoia-se no conceito da circulação natural da água entre o leito e a margem, que se faz livremente no caso das estruturas permeáveis, sendo impedida quando as estruturas são impermeáveis (Figura 5).

Os níveis de água no estuário estão dependentes de fatores diversos, tais como maré astronómica, caudais fluviais, sobrelevação de origem meteorológica, espraio das ondas e subida do nível médio. Trabalhos anteriores (Vargas *et al.*, 2008) referem que o efeito das cheias para diferentes períodos de retorno não tem influência significativa nos níveis máximos a jusante da Póvoa de Sta. Iria. Assim, e tendo em conta que a maioria das estruturas está localizada fundamentalmente a jusante desta localidade, este fator não foi considerado. Trabalhos já realizados (*e.g.*, Guerreiro *et al.*, 2013), que consideram a componente de maré, sobrelevação meteorológica e cenários de subida do nível médio do mar, apontam para valores de nível de água, que variam entre 2,3 m NMM (Nível Médio do Mar) na embocadura (zona da Ponte 25 de Abril) e 2,8 m NMM na zona montante (zona da Póvoa de Santa Iria), associados a um período de retorno de 100 anos. Não foi quantificado o efeito do espraio das ondas, tanto as oceânicas, que passam através do canal de embocadura, como as de geração local.

Tendo em conta o exposto, assumiu-se neste trabalho a cota de 3,0 m NMM como representativa de posições

Tabela 1. Distribuição das espécies vegetais de sapal no estuário do Tejo em função da salinidade (adaptado de Freire, 2003 e baseado em Caçador, 1986).

Table 1. Distribution of salt marsh species in the Tagus estuary according to salinity (adapted from Freire, 2003 and based on Caçador, 1986).

REGIÃO	SALINIDADE	ESPÉCIES	CARACTERÍSTICAS
Vila Franca de Xira – Mouchão das Garças	2-5‰	<i>Scirpus lacustris</i> ; <i>Phragmites communis</i>	Espécies dulçaquícolas; <i>Scirpus maritimus</i> aponta para a existência de alguma salinidade
Mouchão das Garças – Pancas	5-10‰	<i>Scirpus maritimus</i> ; <i>Aster tripolium</i> ; <i>Phragmites communis</i> ; <i>Puccinellia maritima</i>	Vegetação tipicamente halófito, característica de setores de fraca salinidade; a diversidade é menor mostrando condições adversas, mas com aumento dos índices de cobertura
Ponta da Erva – Alcochete	10-15‰	<i>Spartina maritima</i> ; <i>Aster tripolium</i> ; <i>Arthrocnemum fruticosum</i> ; <i>A. perene</i> ; <i>Halimione portucalooides</i>	Diversidade bastante elevada; sistemas de drenagem bem desenvolvidos; ilhas de vegetação pioneira de contornos arredondados dispersos nos rasos de maré
Montijo – Corroios	15-20‰	<i>Spartina maritima</i> ; <i>Arthrocnemum fruticosum</i> ; <i>Halimione portucalooides</i>	Espécies tolerantes ao sal; o declive do substrato tende a ser mais acentuado; a componente arenosa da camada superior dos solos aumenta

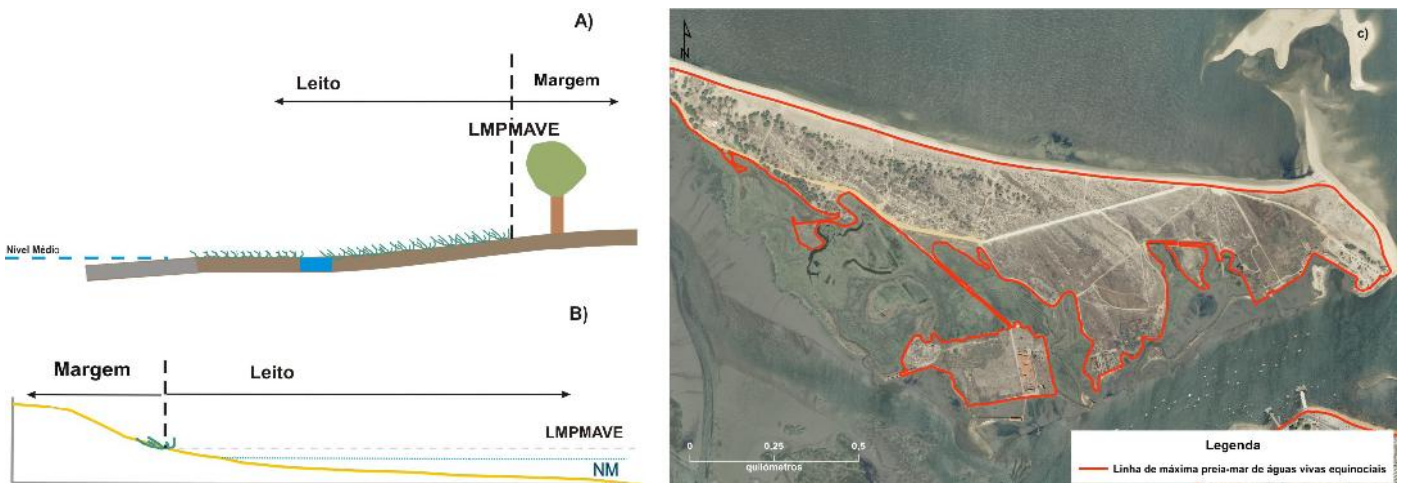


Figura 4. a, b) Representação esquemática da aplicação do critério biofísico aos sapais e praias; c) LMPMAVE traçada sobre ortofoto de 2007 (IGP) na praia do Alfeite e Baía do Seixal.

Figure 4. a, b) Biophysical criterion applied to salt marshes and beaches; c) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophoto dated from 2007 (IGP) in Alfeite beach and Seixal Bay area.



Figura 5. a, b) Representação esquemática da aplicação do critério relativo ao tipo de estrutura/altimétrico a salinas, caldeiras e moinhos de maré e cais ou pontão impermeável com cota superior a 3 m; c) LMPMAVE traçada sobre ortofoto de 2007 (IGP) no cais impermeável e salinas abandonadas na zona do Seixalinho (Montijo).

Figure 5. a, b) Structure/altimetry criterion applied to salt pans and impermeable wharf higher than 3m (NMM); c) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophoto dated from 2007 (IGP in Seixalinho area (Montijo)).

altimétricas que não estão sujeitas a inundação frequente. Deste modo, as estruturas impermeáveis com cotas superiores a este valor ficam incluídas na margem e as que possuam cotas inferiores incluem-se no leito.

As estruturas permeáveis foram incluídas no leito tendo em conta o facto de não constituírem uma barreira à passagem natural da água, facto demonstrado, por exemplo, pela observação de vegetação de sapal no interior de caldeiras de moinhos de maré abandonados.

Critério de Uso do Solo

Certas estruturas, como os valados e proteções a terrenos agrícolas que se encontram na margem sul do estuário (Figura 6), denunciam a intenção de conservar os terrenos contíguos enxutos e ao abrigo das águas do Tejo, existindo disso mesmo prova histórica (e.g., Alves, 2003). Para estes casos, desenvolveu-se um critério baseado na utilização atual dos terrenos e sua evolução passada. Neste critério, considera-se que estes terrenos, continuamente enxutos pelo Homem, são incluídos na margem, ainda que se encontrem abaixo da cota que os manteria naturalmente submersos (Figura 6).

Critério Legal

O critério legal (Figura 7) foi desenvolvido e aplicado ao caso dos mouchões. A Lei 54/2005 de 15 de novembro refere no n.º 1 do art. 10º que: «no leito compreendem-se os mouchões, lodeiros e areais nele formados por deposição aluvial». Tendo em conta o exposto, no âmbito deste trabalho, os mouchões foram incluídos no leito.

No caso particular dos mouchões, poderiam ter sido considerados outros critérios, nomeadamente o critério de uso do solo e tipo de estrutura/altimétrico, uma vez que grande parte dos mouchões estão aproveitados para fins agrícolas, pelo que se encontram rodeados de muros e valados impermeáveis e os terrenos agrícolas no seu interior

possuem cotas inferiores a 3m NMM. Se estes critérios tivessem sido adotados, os mouchões ficariam integrados na margem. No entanto optou-se por seguir o critério legal que, objetivamente, os coloca no leito.

3.2. Traçado da LMPMAVE no estuário do Tejo: limitações e validade

A definição destes critérios e a sua aplicação ao estuário do Tejo permitiram, pela primeira vez, dispor de um traçado da LMPMAVE para este sistema de transição (Figura 8), constituindo assim uma contribuição importante para a gestão desta área.

A dificuldade na transposição do conceito de LMPMAVE para a cartografia em áreas de transição como os estuários está ligada não apenas à diversidade morfológica, hidrodinâmica e antropogénica, mas principalmente com a aplicação de critérios legais para o terreno. Note-se que a Lei 54/2205 adota como único critério orientador para a definição do limite o conceito de «cheia média», não considerando que a sobrelevação meteorológica, o esprai de ondas e a subida do nível médio do mar são fatores que influenciam o nível de água em sistemas estuarinos.

Assim, além da variabilidade espacial, a posição da LMPMAVE num sistema estuarino terá uma evolução temporal que, tendo em conta o possível efeito das alterações climáticas, não será certamente irrelevante. Neste contexto, será razoável propor, como primeira aproximação, que o traçado deste limite seja indexado ao prazo de vigência dos Planos de Ordenamento de Estuários, com revisões pontuais intermédias consoante se façam alterações no leito ou na margem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi desenvolvida uma metodologia abrangente, baseada em critérios biofísicos, altimétricos, de

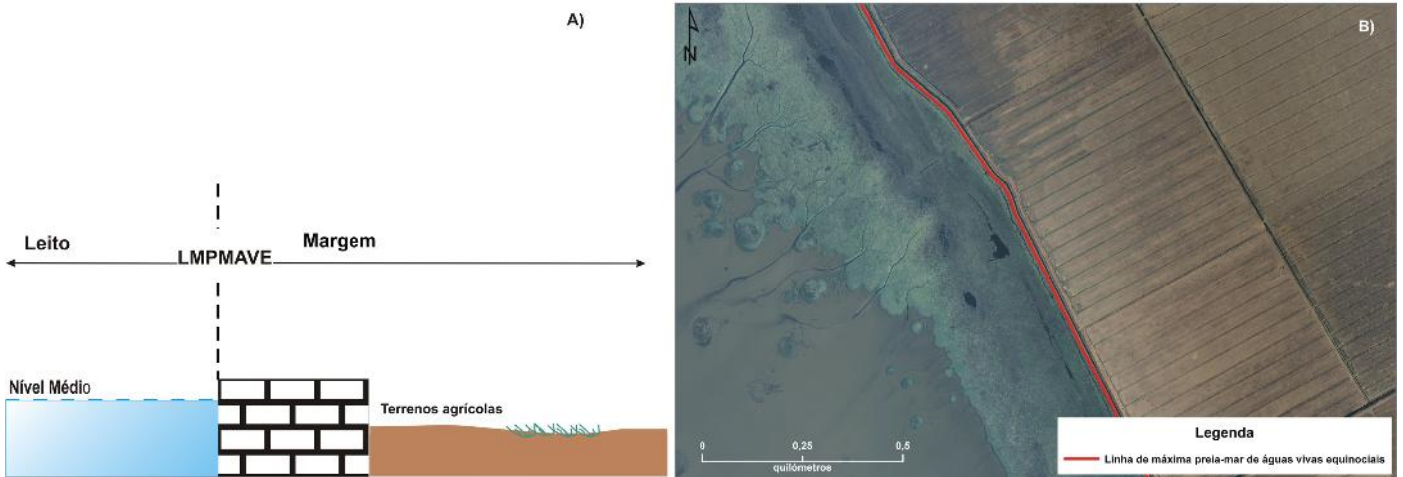


Figura 6. a) Representação esquemática da aplicação do critério de uso do solo ao caso de um valado; b) LMPMAVE traçada sobre ortofoto de 2007 (IGP) a sul da Ponta da Erva (margem esquerda do estuário do Tejo).

Figure 6. a) Land use criterion schematic illustration; b) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophoto dated from 2007 (IGP) south of Ponta da Erva (Tagus estuary left bank).

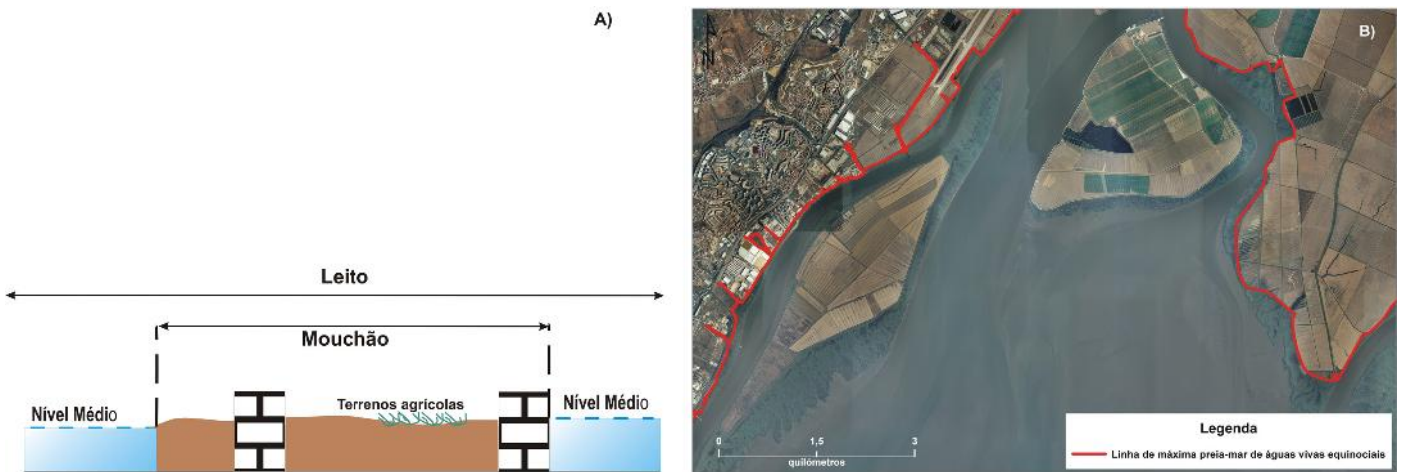


Figura 7. a) Representação esquemática da aplicação do critério legal; b) LMPMAVE traçada sobre ortofotos de 2007 (IGP) no caso dos mouchões (mouchão da Póvoa e mouchão do Lombo do Tejo).

Figure 7. a) Legal criterion schematic illustration; b) Highest Astronomical Tide Line drawn over orthophotos dated from 2007 (IGP) for the case of "mouchões" (islands and sand banks formed by alluvial deposition).

uso do solo e legais, para nortear o traçado da LMPMAVE em ambientes de transição, especialmente concebida para o caso do estuário do Tejo.

Esta metodologia permitiu operacionalizar o conceito de LMPMAVE no terreno, socorrendo-se de um conjunto de informações diversificado e optando por uma abordagem interdisciplinar, que permite superar os constrangimentos e dificuldades levantados pela transposição da lei para a realidade do terreno. Subsistem, apesar disso, algumas questões que devem ser aprofundadas em trabalho futuro, nomeadamente o facto de não ter sido considerado o efeito do esprai das ondas no critério relativo ao tipo de estrutura/altimétrico.

Apesar do avanço significativo em desenvolver critérios claros, objetivos e de fácil incorporação para o traçado da LMPMAVE, alguns destes critérios dependem das especificidades do sistema em causa, implicando a sua adequação caso a caso. É proposto igualmente, como primeira aproximação, que o traçado da LMPMAVE baseado na aplicação da metodologia aqui apresentada possa ter como validade o prazo de vigência dos Planos de Ordenamento de Estuários.

A LMPMAVE é um elemento essencial para a base cartográfica de alguns instrumentos de gestão e ordenamento, bem como para a implementação de cartografia subjacente à avaliação do estado ecológico das massas de água

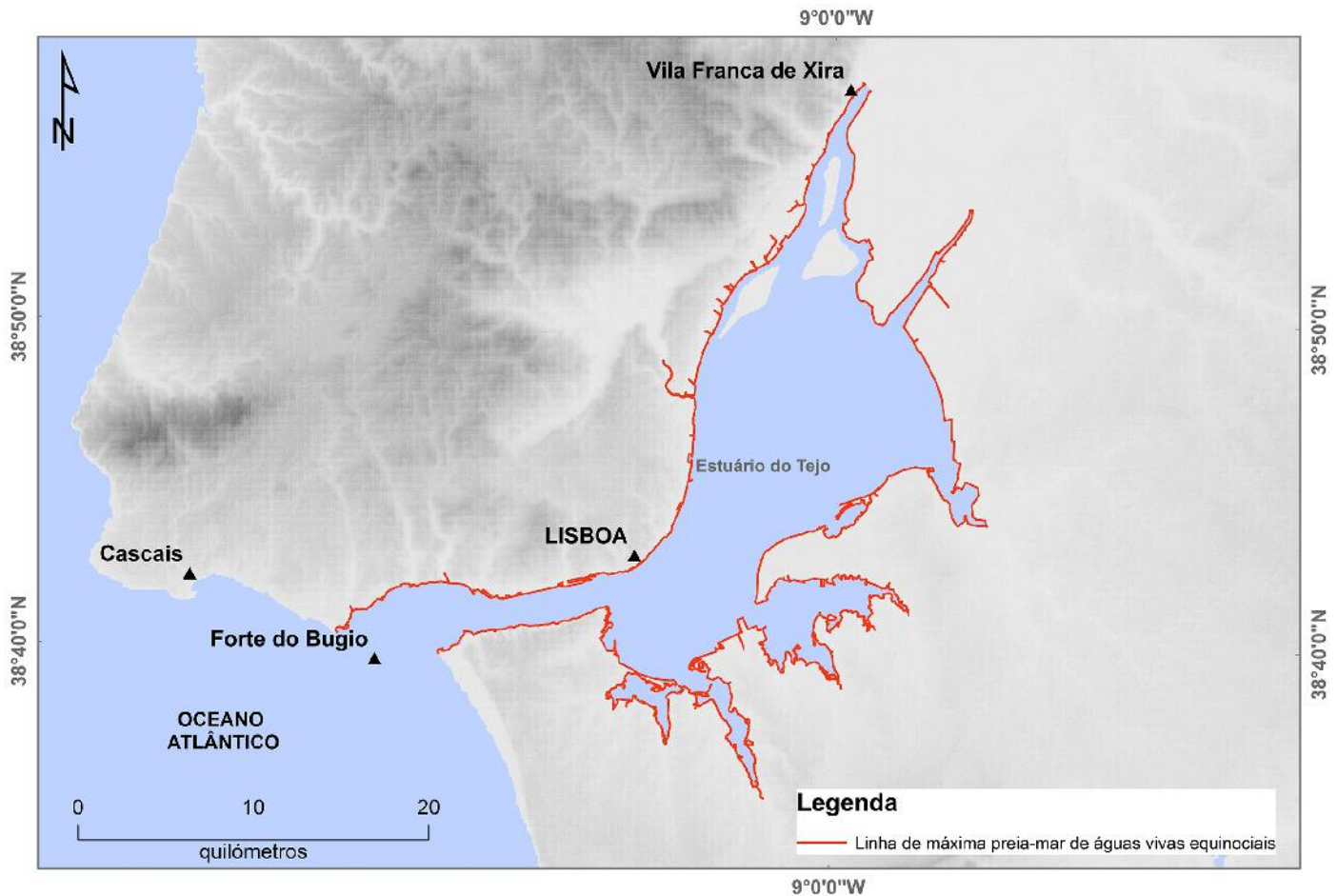


Figura 8. Traçado da linha de máxima preia-mar de águas vivas equinociais para o estuário do Tejo de acordo com os critérios definidos neste trabalho.

Figure 8. Highest Astronomical Tide Line for Tagus estuary, according to the defined criteria.

desencadeada pela implementação da Diretiva-Quadro da Água a nível nacional. Este trabalho constitui um avanço para definição das bases metodológicas para o traçado deste limite, contribuindo, nesta perspetiva, para a gestão e ordenamento de áreas estuarinas.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi realizado no âmbito do projeto *Morfeed: Morphodynamic feedback of estuarine margins to climate change* (PTDC/AAC-AMB/100092/2008), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia. Foi publicada uma versão preliminar deste trabalho sob a forma de comunicação ao 11º Congresso da Água (6-8 de Fevereiro de 2012, Porto).

Os autores agradecem aos técnicos da Agência Portuguesa do Ambiente, Arq.^a Maria Gabriela Vaz Moniz, Dr. Celso Pinto, Eng.^a Fernanda Ambrósio, Eng.^a Susana Firmo, a frutífera troca de impressões sobre o tema deste trabalho. Os autores agradecem ainda aos técnicos superiores Lourival Trovisco e Luís Simões Pedro a contribuição nos trabalhos de campo.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, J.F. (2003) - *Companhia das Lezírias: sulcos de uma empresa centenária, 1836-2003*. 173 p., Edição Companhia das Lezírias S.A., Lisboa, Portugal. ISBN: 972-7970737.
- Amaral, D.F.; Fernandes, J.P. (1979) - *Comentário à lei dos terrenos do domínio hídrico*. 340 p., Coimbra Editora, Coimbra, Portugal. ISBN: 972-3202425.
- ARH Centro (2011) - *Crítérios para a demarcação física do leito e da margem das águas de transição em sistemas lagunares, estuários e lagoas costeiras do litoral centro*. ARH Centro (Administração da Região Hidrográfica do Centro), 57 p., Coimbra, Portugal. *Unpublished*.
- Best, M.; Massey, A.; Prior, A. (2007) - Developing a saltmarsh classification tool for the European water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6):205–214. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.036
- Brito, A.C.; Benyoucef, I.; Jesus, B.; Brotas, V.; Gernez, P.; Mendes, C.R.; Launeau, P.; Dias, M.C.; Barillé, L. (2013) - Seasonality of microphytobenthos revealed by remote-sensing in a south European estuary. *Continental Shelf Research* 66:83–91. DOI: 10.1016/j.csr.2013.07.004.

- Caçador, M.I. (1986) - *Estrutura e função das manchas de sapal do Estuário do Tejo*. 55 p., Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Relatório elaborado no âmbito das provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, Lisboa, Portugal. *Unpublished*.
- Caçador, I.; Vale, C.; Catarino, F.M. (1996) - Accumulation of Zn, Pb, Cu, Cr and Ni in sediments between roots of the Tagus estuary salt marshes, Portugal. *Estuarine, coastal and Shelf Science*, 42:393-403. DOI: 10.1006/ecss.1996.0026
- Cunha, A.H.; Assis, J.; Serrão, E. (2009) - Conservation status of Portuguese seagrasses: Are seagrass habitats one of the most endangered marine habitats? *Proceedings of the Mediterranean Seagrass Workshop09*, pp.29-30, Hvar, Croácia.
- Fortunato, A.B.; Batista, A.M.; Luettich Jr., R.A. (1997) - A three-dimensional model of tidal currents in the mouth of the Tagus estuary. *Continental Shelf Research*, 17 (14): 1687-1714. DOI: 10.1016/S0278-4343(97)00047-2.
- Fortunato, A.B.; Oliveira, A.; Batista, A.M. (1999) - On the effect of tidal flats on the hydrodynamics of the Tagus estuary. *Oceanologia Acta*, 22(1):31-44. DOI: 10.1016/S0399-1784(99)80030-9.
- Freire, P. (2003) - *Evolução morfo-sedimentar das margens estuarinas. Estuário do Tejo, Portugal*. 380 p., LNEC, Lisboa, Portugal, ISBN: 972-4919595.
- Freire, P.; Andrade, C. (1999) - Wind-induced sand transport in Tagus estuarine beaches. First results. *Aquatic Ecology*, 33(3):225-233. DOI: 10.1023/A:1009911012260.
- Freire, P.; Taborda, R.; Andrade, C. (2006) - Caracterização das praias estuarinas do Tejo. 12 p., *Atas do 8º Congresso da Água*, APRH – Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Lisboa, Portugal. Available at: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/bibliografia/DHA/freire-et-al_06.pdf
- Freire, P.; Ferreira, O.; Taborda, R.; Oliveira, F.S.B.F.; Carrasco, A.R.; Silva, A.; Vargas, C.; Capitão, R.; Fortes, C.J.; Coli, A.B.; Santos, J.A. (2009) - Morphodynamics of fetch-limited beaches in contrasting environments. *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0258) SI56:183-187. Available at: http://e-geo.fcsh.unl.pt/ICS2009/_docs/ICS2009_Volume_I/183.187_P.Freire_IC2009.pdf
- Freire, P.; Rilo, A.R.; Ceia, R.; Mendes, R.N.; Catalão, J.; Taborda, R.; Melo, R. (2012) - Tipificação das zonas marginais estuarinas. O caso do estuário do Tejo. *2ª Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, pp.319-322, Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-9897050350. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/Freire_et_al.pdf
- García, P.; Zapico, E.; Colubi, A. (2009) - An angiosperm quality index (AQI) for Cantabrian estuaries. *Ecological Indicators*, 9(5):856-865. DOI: 10.1016/j.ecolind.2008.10.002
- Guerreiro, M.; Fortunato, A.B.; Freire, P.; Rilo, A.R.; Taborda, R.; Freitas, M.C.; Andrade, C.; Silva, T.; Rodrigues, M. (2013) - Impacte da subida do nível médio do mar na inundação marginal no estuário do Tejo. *11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa e VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, Maputo, Moçambique. 19 p., Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/Guerreiro_et_al_2013.pdf
- Hayes, M. (1979) - Barrier Island morphology as a function of tidal and wave regime. In: S. Leatherman (ed.), *Barrier islands from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico*, pp.1-29, Academic Press, New York, USA. ISBN: 978 - 0124402607.
- Instituto Nacional de Estatística (2012) - *Censos 2011 – resultados definitivos – Região de Lisboa*. 320 p., Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, Portugal. ISBN 978-9892501857. Available at: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacao_det&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=156651739&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1&pcensos=61969554
- Mendes, R. Nogueira; Ceia, R.; Silva, T.; Rilo, A.; Guerreiro, M.; Catalão, J.; Taborda, R.; Freitas, M.C.; Andrade, C.; Melo, R.; Fortunato, A.B.; Freire, P. (2012) - Detec o remota e cartografia do intertidal. O contributo do projeto MORFEED, *2ª Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, pp.341-344, Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal. ISBN: 978-9897050350. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/Mendes_et_al.pdf
- Mendes, R. Nogueira; Ceia, R.; Catalão, J.; Melo, R.; Taborda, R.; Freire, P. (2013) - Cartografia e Monitoriza o Cartográfica do Intertidal do Estuário do Tejo através de Detec o Remota e imagens de Landsat7 ETM. *2ª Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira* (CD-ROM), Aveiro, Portugal. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/MEC2013_Nogueira_Mendes_et_al.pdf
- Neves, F.S. (2010) - *Dynamics and hydrology of the Tagus estuary: results from in situ observations*. 210p, Disserta o de doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal. *Unpublished*. Available at: <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/2003>
- Oliveira, F.S.B.F.; Vargas, C.I.C. (2009) - Dynamics of a fetch –limited beach: a numerical modelling based analysis. *Journal of Coastal Research*, (ISSN 0749-0258) SI56:193-197. Available at: http://e-geo.fcsh.unl.pt/ics2009/_docs/ICS2009_Volume_I/193.197_F.S.B.F.Oliveira_IC2009.pdf
- Rilo, A.R.; Freire, P.; Taborda, R.; Alves, E.; Portela, L.; Freitas, C. (2013) - Balanço sedimentar do estuário do Tejo: dos dados   discussão das incertezas. *2ª Confer ncia sobre Morfodin mica Estuarina e Costeira* (CD-ROM), Aveiro, Portugal. Available at: http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nec/estudos_id/morfeed/MEC2013_Rilo_et_al.pdf
- Salgueiro, N.; Caçador, I. (2007) - Short term sedimentation in Tagus estuary, Portugal: the influence of salt marsh plants. *Hydrobiologia*, 587(1):185-193. DOI: 10.1007/s10750-007-0678-6.
- Scanlan, C.M.; Foden, J.; Wells, E.; Best, M.A. (2007) – The monitoring of opportunistic macroalgal blooms for the water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6):162–171. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.09.017.
- Sousa-Dias, A.; Melo, R.A. (2008) - Long-term abundance patterns of macroalgae in relation to environmental

- variables in the Tagus estuary (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1):21-28. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.05.039.
- Taborda, R.; Freire, P.; Silva, A.; Andrade, C.; Freitas, C. (2009) - Origin and evolution of Tagus estuarine beaches. *Journal of Coastal Research*, (ISSN 0749-0258) SI56: 213-217. Available at: http://www.cerf-jcr.org/images/stories/213.217_R.Taborda_ICCS2009.pdf
- Tavarela Lobo, M. (1999) - *Manual do direito de águas*. Vol. II.. 604p, Coimbra Editora, Coimbra, Portugal, ISBN: 978 – 9723209259.
- Teixeira, S.B. (2009) - *Demarcação do leito e da margem das águas do mar no litoral sul do Algarve*. 207 p., Administração da Região Hidrográfica do Algarve, Faro, Portugal. *Unpublished*. Available at: <http://biblioteca.turismoalgarve.pt/download.asp?file=multimedia/associa/0157.pdf>
- Vargas, C.I.C; Oliveira, F.S.B.F; Oliveira, A.; Charneca, N. (2008) - Análise da vulnerabilidade de uma praia estuarina à inundação: aplica o   restinga do Alfeite (estuário do Tejo). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 8(1):25-43. DOI: 10.5894/rgci26



http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-435_Alves-Junior.pdf | DOI:10.5894/rgci435

Population biology of *Callichirus major* (Say, 1818)
(Crustacea: Callianassidae) at Piedade Beach, Brazil *

Biologia populacional de Callichirus major (Say, 1818)
(Crustacea: Callianassidae) na Praia de Piedade, Brasil

Flavio de Almeida Alves-Júnior ¹, Marina de Sá Leitão Câmara de Araújo ², Petrônio Alves Coelho [†]

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a ecologia populacional de *Callichirus major* (Say, 1818) na praia de Piedade, Estado de Pernambuco, Brasil, através da análise de parâmetros como proporção sexual, período reprodutivo e o recrutamento de juvenis nesta população. As coletas foram realizadas mensalmente entre dezembro de 2010 e novembro de 2011. A temperatura do ar e das tocas, além da salinidade da água do mar foram medidas *in situ*. O teste *t* de Student foi aplicado para comparar os valores dos fatores abióticos entre as estações seca e chuvosa. A proporção sexual foi analisada para cada mês e durante todo o período estudado, e o teste do qui-quadrado foi aplicado para verificar se desvia significativamente da proporção esperada. O período reprodutivo foi determinado com base na frequência de fêmeas ovígeras. O recrutamento foi obtido com base na frequência de indivíduos imaturos. A influência de fatores abióticos na população foi avaliada através do coeficiente de Pearson. A temperatura do ar e das tocas variou significativamente entre os períodos seco e chuvoso, com valores mais elevados no período seco. Um total de 389 indivíduos *C. major* foram amostrados (174 ♂ e 215 ♀). A razão sexual foi de 1:1,24 (♂:♀), as fêmeas foram mais abundantes que os machos. No presente estudo, foi observado que o pico da fase reprodutiva e frequência de fêmeas ovígeras de *C. major* ocorreu na estação seca (verão equatorial). O recrutamento de jovens na população ocorreu durante todo o ano, especialmente entre o verão e o outono. De acordo com a matriz de correlação, o fator abiótico mais influente na abundância de *C. major*, especialmente em fêmeas ovígeras, é a temperatura das tocas. Este estudo cria uma linha de base para futuras pesquisas com *C. major* no Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Axiidea, camarão fantasma, ecologia de praias arenosas, período reprodutivo.

ABSTRACT

The aim of this paper was to study the population ecology of *Callichirus major* (Say, 1818) at Piedade Beach, State of Pernambuco, Brazil, through the analysis of parameters such as sex ratio, reproductive period and recruitment of juveniles into this population. Sampling was taken monthly from December 2010 to November 2011. The burrow and air temperatures, as well as the sea water salinity, were measured *in situ*. A Student *t* test was applied to compare the value of abiotic factors between the dry and rainy seasons. The sex ratio was analyzed for each month and for the total studied period, and a Chi-square test was applied to verify if it deviated significantly from the expected proportion. The

1 - Laboratório de Carcinologia, Museu de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Av. Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Recife - PE. E-mail: bioflavio@hotmail.com (FAAJ).

2 - Departamento de Ciências Exatas e Naturais, Faculdade de Ciências, Educação e Tecnologia de Garanhuns, Universidade de Pernambuco (UPE). Rua Capitão Pedro Rodrigues, 105, São José, Garanhuns - PE. E-mail: mslc.araujo@gmail.com (MSLCA)

reproductive period was determined based on the frequency of ovigerous females. The recruitment was obtained based on the frequency of non-mature individuals. The influence of the abiotic factors was evaluated through a Pearson's coefficient. The air and burrow temperatures varied significantly between the dry and rainy periods, with the highest values in the dry period. A total of 389 individuals of *C. major* (174 ♂ and 215 ♀) were sampled. The sex ratio was 1:1.24 (♂:♀), with females being more abundant than males. In this study, the most active reproductive period of *C. major* and frequency of ovigerous females was observed in the dry period (equatorial summer). Recruitment of juveniles into the population occurred throughout the year, between the summer and the autumn. According to the correlation matrix, the main abiotic factor influencing the abundance of *C. major*, especially of ovigerous females, was the burrow temperature. This study creates a baseline for further research with *C. major* in Northeastern Brazil.

Keywords: Axiidea, ecology of sand beaches, ghost shrimp, reproductive period.

1. INTRODUCTION

Macrocrustaceans are important components of coastal ecosystem communities, with an important role in artisanal, commercial and recreational fisheries. Besides their importance for human consumption, they represent an important food resource for many carnivores, both in the larval or adult phases (Teixeira & Sá, 1998). Studies on these marine and estuarine animals are fundamental to understand their ecology and to raise data for maintenance of natural populations, through conservation mechanisms (Araújo *et al.*, 2011), and focuses the following aspects: abundance, sex ratio, reproductive period and recruitment of juveniles (Noro & Buckup, 2008; Araújo *et al.*, 2012). As examples, Araújo & Calado (2008) studied the population biology of *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), and Bezerra *et al.* (2010), who described the spatial distribution of *Uca maracoani* (Latreille, 1802-1803).

Reproduction is one of the most important phenomena in the life of a given species (Cobo & Fransozo, 2000). Besides the hormonal control, in many crustaceans, reproductive processes are related to environmental conditions (Laufer & Landau, 1991; Quackenbush, 1994; Fingerman, 1995). After spawning, the larvae usually undergo a series of molts in the open sea and then return to the coast to settle. The recruitment of marine benthos is defined as the number of new individuals that settle and survive in the substrate (Keough & Downes, 1982; Caley *et al.*, 1996). In the case of species with planktonic larvae, it implies the transformation of its habit to a benthic form and survival until the time of settlement (Done, 1982).

Burrowing crustaceans of the Infraorder Axiidea have as their main ecological feature the construction of deep galleries in the sandy substrate of shallow waters (Griffis & Chavez, 1988). Their presence is detected by small apertures frequently surrounded by fecal pellets (Weimer & Hoyt, 1964; Frankenberg *et al.*, 1967; Rodrigues & Shimizu, 1997). Among species of the family Callianassidae, *Callinectes major* (Say, 1818), popularly known as ghost shrimps and 'corrupto' in Portuguese, stands out. Their distribution includes the littoral of the Western Atlantic, from North Carolina State, United States of America, to Santa Catarina State, Brazil (Coelho & Ramos-Porto, 1986; Manning & Felder, 1986; Coelho, 1997; Melo, 1999).

Studies with species of Callianassids are extremely important due to their utilization as bait in coastal areas. Thus,

the removal of these burrowing organisms may interfere with the local environment, causing impacts in the target species or in the organisms of the local meiofauna, because the removal revolves the structure of the sediment, causing the death of these individuals (Wynberg & Branch, 1991). The overexploitation of the target species may cause alterations in the density of the animal or even its disappearance (Borzzone & Souza, 1996; Rodrigues & Shimizu, 1997).

In Brazil, the reproductive patterns of the callianassids are poorly documented, despite of the importance of this group in coastal benthic communities. Studies on *C. major* have been mainly from the Southern and Southeastern Brazilian coasts (Borzzone & Souza, 1996; Shimizu, 1997; Rodrigues & Shimizu, 1997; Souza *et al.*, 1998; Souza & Borzzone, 2003), areas with distinct climatic conditions when compared to the North and Northeast Brazilian coasts, which results in different inter and intraspecific relations (Rodrigues, 1985). In the Northeast of Brazil, studies on this species were accomplished by Araújo *et al.* (2000), at Sobral Beach, Alagoas State, and by Botter-Carvalho (2001) and Botter-Carvalho *et al.* (2007), at Piedade Beach, Pernambuco State. Since these studies, there have been no others from the coastal Pernambuco segment. Thus, studies on reproduction, recruitment and sex ratio of these animals are still scarce.

The aim of this paper was to analyze some aspects of the life cycle of *C. major*, including the abundance, sex ratio, reproductive period and recruitment at Piedade Beach, Pernambuco, and to compare the results with the available literature.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study area

The municipality of Jaboatão dos Guararapes is located at the South of Pernambuco, Northeast of Brazil (Fig. 1). It has a megathermal climate with rainfall concentrated from March to August and a well-defined dry period (September to February), characterizing the As' climate (Hot Humid Tropical) (Köppen, 1948; Cavalcanti & Kempf, 1967/69). Piedade beach is located at 8° 09' 40.80" S and 34° 54' 08.98" W, and is considered to have intermediate dynamics, with the presence of beachrocks in the intertidal zone.

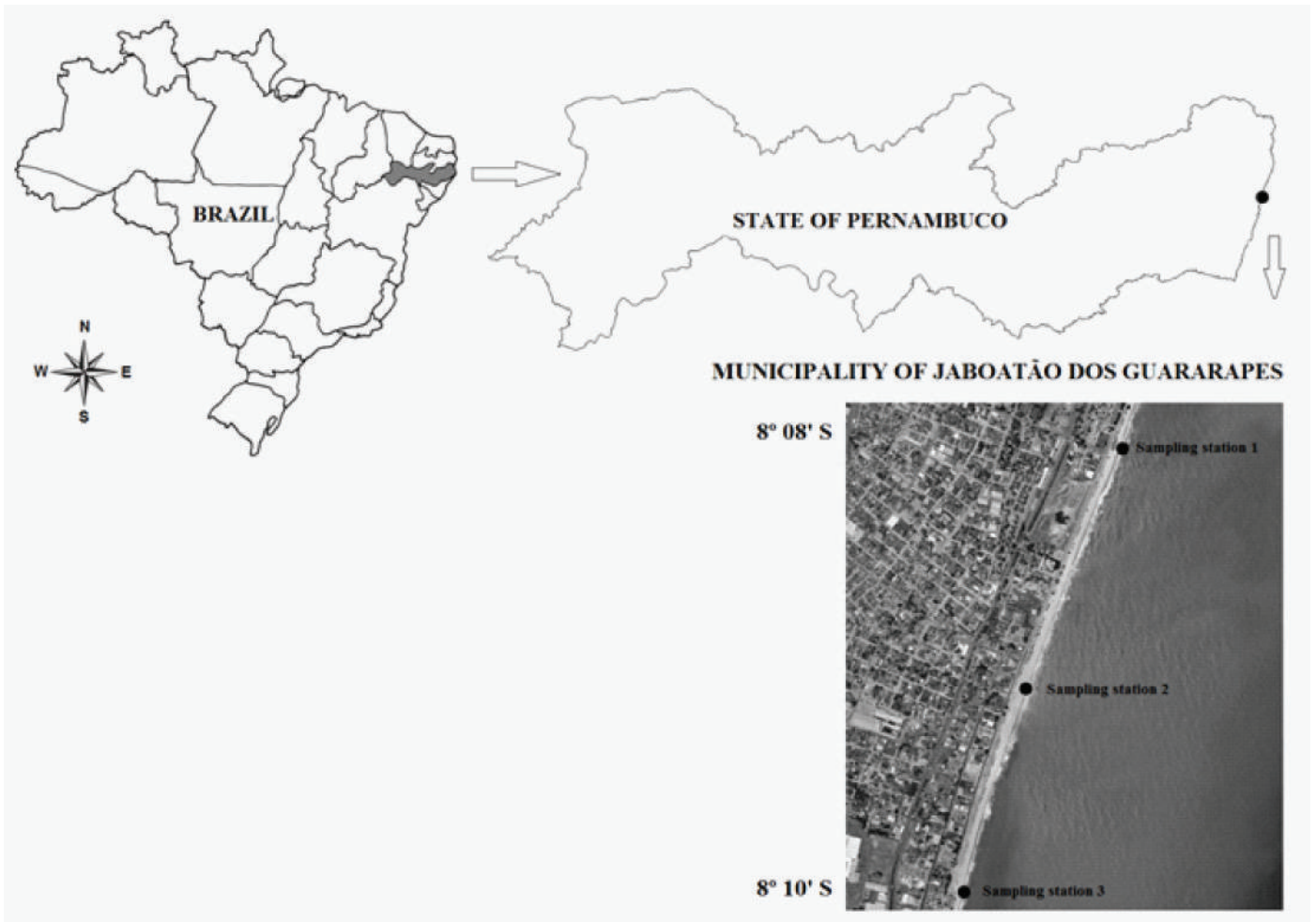


Figura 1. Localização da área de estudo situada na praia de Piedade, Pernambuco.

Figure 1. Location of the study site at Piedade beach, Pernambuco.

2.2. Sampling

Samplings were undertaken monthly from December 2010 to November 2011, in the intertidal zone of Piedade beach, Pernambuco, Brazil, except in September, since no ghost shrimp was found at the beach. Three equidistant points were selected in the initial, median and final portions of the beach: P01 ($8^{\circ} 08' 47.22''$ S and $34^{\circ} 54' 19.03''$ W), P02 ($8^{\circ} 54' 39.11''$ S and $34^{\circ} 54' 19.03''$ W) and P03 ($8^{\circ} 10' 30.47''$ S and $34^{\circ} 54' 56.99''$ W). At each point, four transects of 1m^2 were sampled, being distant 1m from each other, until the waterline of spring low tide (new moon). The animals were monthly sampled with one suction pump (Hailstone & Stephenson, 1961; Rodrigues, 1976), i.e. the number of pumps was always the same. They were preserved in 70% and transported to the laboratory. Some individuals were integrated into the carcinological collection of the *Museu de Oceanografia Petrônio Alves Coelho* (voucher number MOUFPE 14.863). The burrow temperature was measured with a digital thermometer, and the sea water salinity, with a refractometer. The air temperature and the rainfall were obtained at the ITEP/LAMEPE (*Instituto de Tecnologia de Pernambuco - Laboratório de Meteorologia de Pernambuco*).

2.3. Laboratory procedures

At the laboratory, the individuals were identified and sexed according to Melo (1999). They were classified as juvenile males, juvenile females, adult males, non-ovigerous females and ovigerous females. The total length (TL), from the rostrum to the telson, was measured with a vernier caliper (0.01 mm).

Statistical analysis

The minimum, mean \pm standard deviation and maximum values of the abiotic parameters (burrow temperature, air temperature, sea water salinity and rainfall) were estimated. The Student *t* test was applied to compare the abiotic factors between the dry and rainy periods.

The sex ratio was analyzed by months and by the total study period, and a Chi-square test was applied to determine if the sex ratio deviated significantly from the expected proportion (1:1) ($\chi^2 = 3.84$).

The distribution by size class was obtained (using 5 mm size classes), to determine the mode of each sex. Individuals with TL smaller than 40 mm were considered juveniles (based on Alves-Júnior *et al.*, 2013), based on the visual observations of maturity.

The determination of the reproductive period was based on the monthly percentages of ovigerous females (Vazzoler, 1996). The reproduction was characterized, according to Pinheiro & Fransozo (2002), as: seasonal (ovigerous females in only some months or seasons), continuous (ovigerous females in all months with similar intensity) or seasonal-continuous (ovigerous females in all months, with distinguishable peaks of high reproductive activity in some of them).

The monthly proportion of juveniles and adults was estimated and a Chi-square test was applied to determine if they differed significantly from the expected proportion (1:1) ($\chi^2 = 3.84$). The determination of the recruitment period was based on the months where the juveniles were significantly more abundant than adults.

A correlation matrix, with Pearson's coefficient of linear correlation (r) was applied to verify the influence of the abiotic factors in the total abundance of *C. major*, as well as in the abundance of ovigerous females.

All statistical analyses were performed at $\alpha = 0.05$.

3. RESULTS

The burrow temperature varied from 25.4 to 30.4 °C (27.7 ± 1.6 °C). The air temperature varied from 27.5 to 33.9 °C (30.7 ± 2.5 °C). The salinity varied from 33.0 to 40.0 (35.6 ± 2.0) and the rainfall, from 9.9 to 758.3 mm (75.8 ± 89.6 mm) (Tab. 1). The following abiotic factors varied significantly between dry and rainy periods: burrow temperature ($t = 2.36$; $p = 0.03$), air temperature ($t = 4.15$; $p = 0.01$) and rainfall ($t = 2.00$; $p = 0.01$). The burrow and air temperatures were higher in the dry period, and the rainfall was higher in the rainy period. The salinity, however, did not vary significantly between dry and rainy periods ($t = 1.13$; $p = 0.28$).

Tabela 1. Fatores abióticos para a praia de Piedade, Pernambuco.
Table 1. Abiotic factors for Piedade beach, Pernambuco.

Months	Burrow temperature	Air temperature	Salinity	Rainfall
Dec/10	30.4	33.3	35	40.2
Jan/11	26.9	30.7	35	173.1
Feb/11	27.5	31.5	35	171.8
Mar/11	29.7	33.2	36	82.6
Apr/11	26.7	28.5	33	758.3
May/11	25.4	27.8	33	639.2
Jun/11	26.1	28.6	38	260.1
Jul/11	25.7	27.5	35	369.1
Aug/11	26.8	28.1	35	207.8
Sep/11	29.4	33.7	38	33.8
Oct/11	28.7	33.9	40	9.9
Nov/11	29.2	32.2	35	51.8

A total of 389 individuals of *C. major* were sampled during the study period, 174 males (80 juveniles and 94 adults) and 215 females (114 juveniles and 101 adults, of which 11 were ovigerous females). From these ghost shrimps, 202 were sampled in the dry period, and 183 in the rainy one. The sex ratio was 1:1.24 ($\sigma^{\circ}:\rho^{\circ}$), with females being significantly more abundant than males ($\chi^2 = 4.37$; $p < 0.05$), especially in March ($\chi^2 = 8.34$; $p < 0.05$) (Fig. 2), when the females represented 68.97% of the ghost shrimps.

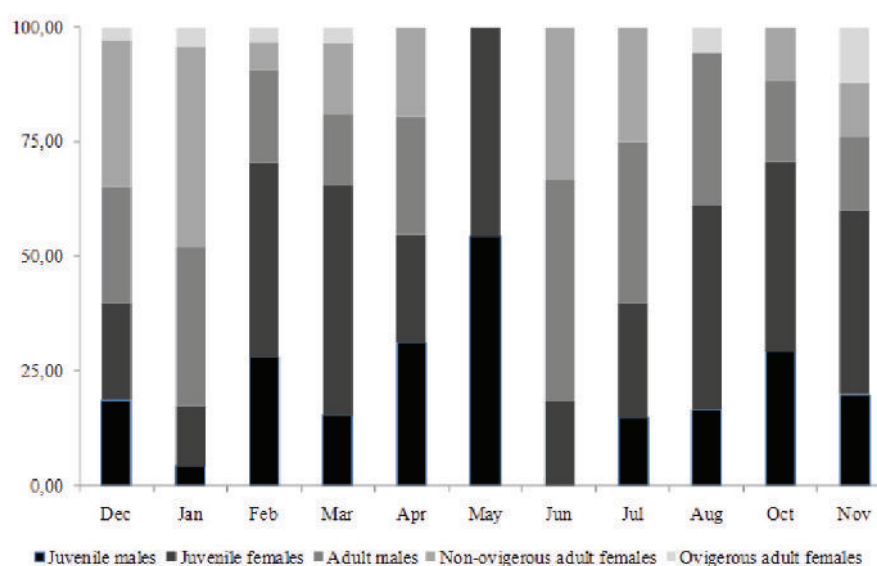


Figura 2. Frequência de juvenis, adultos, fêmeas ovigeras e não-ovigeras de *Callichirus major* na praia de Piedade, Pernambuco.

Figure 2. Frequency of juveniles, adults, ovigerous and non-ovigerous females of *Callichirus major* at Piedade beach, Pernambuco.

The mean TL was 50.56 ± 13.77 mm for males (Min. 27.10 mm and Max. 90.10 mm) and 47.55 ± 13.40 mm for females (Min. 25.40 mm and Max. 87.30 mm). Considering the distribution by size class, it could be observed that males were more frequent at 30 + 35 and 55 + 60 mm, while females were frequent at 45 + 50 and 55 + 60 mm (Fig. 3).

The frequency of ovigerous females (Fig. 2) was higher in the months of December 2010 to March and November 2011, mostly months of the dry period. A small peak was observed in August, transition from the rainy to the dry period.

The recruitment of juveniles into the population (Fig. 2) occurred in all months of the year, especially in February, March and May 2011, between the summer and the autumn, when the juveniles were significantly more frequent than adults ($\chi^2 = 9.62, 4.41$ and 11.00 , respectively; $p < 0.05$). In April and from July to November 2011, no difference in the frequency of juveniles and adults was detected. The adults

were significantly dominant in December 2010, January and June 2011 ($\chi^2 = 9.14, 9.78$ and 14.29 , respectively; $p < 0.05$).

According to the correlation matrix, the abiotic parameter that most influenced the total abundance and abundance of ovigerous females of *C. major* was the burrow temperature (Tab. 2). Although not significant, it was considered regularly correlated. However, considering only the ovigerous females, the correlation with the burrow temperature was considered strong and significant. The air temperature was also positively correlated, despite not significant, to the abundance of total individuals and ovigerous females. The rainfall was negatively correlated to the abundance of ovigerous females, being significant. Positive correlations mean that the parameters are related to an increase in the animal abundance, while negative correlations, cause the decrease in the animal abundance.

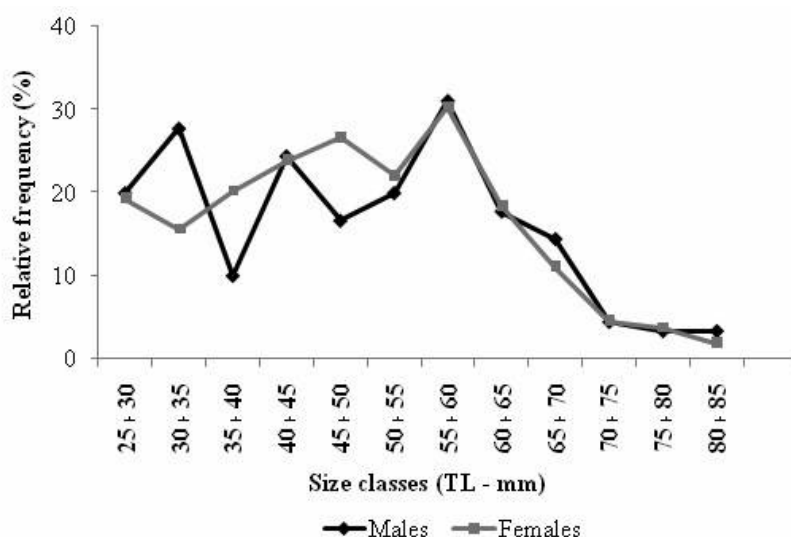


Figura 3. Frequência relativa das classes de tamanho para machos e fêmeas de *Callichirus major* na praia de Piedade, Pernambuco.

Figure 3. Relative frequency of size classes for males and females of *Callichirus major* at Piedade beach, Pernambuco.

Tabela 2. Correlação dos fatores abióticos com a abundância total de indivíduos e fêmeas ovígeras de *Callichirus major* na praia de Piedade, Pernambuco.

Table 2. Correlation of the abiotic factors with the abundance of total individuals and ovigerous females of *Callichirus major* at Piedade beach, Pernambuco.

	Correlation with the abundance of total individuals				Correlation with the abundance of ovigerous females			
	Burrow temp.	Air temp.	Salinity	Rainfall	Burrow temp.	Air temp.	Salinity	Rainfall
r	0.5947	0.4891	-0.1337	-0.1985	0.7227	0.5986	-0.1357	-0.6071
t	2.219	1.682	-0.4047	-0.6077	3.1371	2.242	-0.4109	-2.2921
p	0.0536	0.1268	0.6951	0.5584	0.012	0.0516	0.6907	0.0475

4. DISCUSSION

The air and burrow temperatures varied significantly between dry and rainy periods, with the highest values in the dry period (September and February). Thus, the temperature followed the seasonal pattern of the littoral of Pernambuco and the Northeast of Brazil, corroborating Aragão (1998), Botter-Carvalho (2001) and Cavalcanti *et al.* (2006). According to Cavalcanti & Kempf (1969), salinity was lowest in the rainy period, and highest, in the dry period, such as observed in this study. However, no significant difference was observed between the periods. In this study, the rainfall differed significantly between dry and rainy periods, and according to Cavalcanti & Kempf (1967/69), there is an inverse relation between salinity and rainfall. According to the classification of Köppen (1948), the climate of the metropolitan region of Recife is of the type As', with rains from March to August, showing that during this period there is a greater input of freshwater in the sea, influencing the salinity. In the dry period, from September to February, the salinity of the coastal surface water remains relatively uniform.

Studies with callianassids show deviations in the sex ratio, with females being more abundant in the populations (Tunberg, 1986; Dworschak, 1988; Hanekom & Baird, 1992; Dumbauld *et al.*, 1996; Rodrigues & Shimizu, 1997; Shimizu, 1997; Araújo *et al.*, 2000). The sex ratio observed in our study corroborates these studies. At Piedade beach, however, Botter-Carvalho *et al.* (2007) observed a sex ratio of 0.98 ♂:1.0 ♀, with no significant differences between sexes. However, they observed monthly oscillations in the sex ratio; the females were more abundant from September to February and the males, from March to September, and in this study, the females were more abundant in March, with ovigerous females in March and November, and males more abundant in August, October, February and May. Similar results were observed by Hernáez & Wehrmann (2007) for *Callichirus seilacheri* (Bott, 1955), with no significant differences in the annual sex ratio, but with females significantly more abundant than males in January and September. According to Wenner (1974), the deviations in the sex ratio can be a result of the differences in the life cycle, migration, mortality and growth. These deviations may also be due to biogeographic factors, as well as intra and interspecific factors (Rodrigues, 1985).

The capture of individuals with a suction pump can result in an undesirable sampling selectivity. The ovigerous females move to the most superior part of the galleries to release the eggs or to improve their ventilation (Nates & Felder, 1999; Botter-Carvalho *et al.*, 2007), thus, they could be captured more easily. This is supported by Rowden & Jones (1994), for *Callianassa subterranea* (Montagu, 1808), where adult females were captured more frequently, since they occupied the higher portion of the burrows. Agonistic behavior occurs in adult males of many callianassids (Tunberg, 1986; Felder & Lovett, 1989; Tamaki *et al.*, 1997; Shimoda *et al.*, 2005), including *C. major* (Rodrigues & Shimizu, 1997). Thus, the males can build deeper burrows than females, and may also escape with greater agility. Both phenomena also explain the higher proportion of females in the population. Nevertheless, the burrows of the juveniles are shallower and

they do not have the escape capacity as the adults. Thus, they are easily captured, which may explain their high abundance at Piedade beach, as also observed by Witbaard & Duineveld (1989) for *Callianassa subterranea* in the North Sea. Of the Callianassidea species studied in Brazil, females were larger than males in *Neocallichirus mirim* (Rodrigues, 1971) (Pezzuto, 1993) and in *C. major*. That is not the pattern for all these animals, and males were significantly larger than females in many other studies, such as Hailstone & Stephenson (1961), Forbes (1973), Tamaki *et al.* (1996) and Shimizu (1997).

The distribution of ghost shrimps by size class was not normal, i.e., did not follow a Gaussian distribution. Besides, a decline in the frequency of individuals from 60 mm was observed. During the field sampling, a large number of fishermen was observed at the area, and they selected the larger ghost shrimps to use as live bait. This superexploitation of the species may not allow the population to reach their maximum sizes. Hernáez & Wehrmann (2007) showed that the fishing of *C. seilacheri* to use as live bait considerably affected its reproduction and distribution in intertidal and sublittoral areas.

In this study, the highest frequency of ovigerous females was observed in the dry period (equatorial summer - September and February) (Fig. 2), and in the transition between the rainy period (equatorial winter- March and August) and the summer, in Northeast Brazil (Cavalcanti & Kempf, 1967/69). Araújo *et al.* (2000) and Botter-Carvalho *et al.* (2007) observed a similar period for *C. major* as well (Table 3). According to Botter-Carvalho (2001), the reproductive period of *C. major* is associated with the summer months in the Brazilian Northeast, where the highest temperatures were observed from December of 2010 to February of 2011, decreasing in March of 2011. Reproductive periods usually occur in seasons with high temperatures, since the temperature favors the sexual activity and embryonic development, as described by Hill (1977) for *Upogebia africana* (Ortmann, 1894) and Tamaki *et al.* (1996) for *Nihonotrypaea japonica* (Ortmann, 1891). Low temperatures are related to the diminution of the burrowing activity of callianassids. According to Posey (1986), low temperatures reduce the metabolism of ghost shrimps. Felder & Griffis (1994) also found higher densities of *Lepidophthalmus louisianensis* (Schmitt, 1935) at Mississippi, and Bilodeau *et al.* (2005), for *Callichirus islagrande* (Schmitt, 1935) at Louisiana, United States of America, in the dry period, as observed in the present study, showing that high temperatures favor the burrowing activity, reproduction and recruitment of the species.

In this study, the total abundance of *C. major* was not related to salinity, but the abundance of ovigerous females was negatively correlated. According to Hill (1977) and Posey (1986), salinity can exert a strong effect in the population of callianassids, due to its seasonal variations.

Seasonal changes in the density of *C. major* in sandy beaches are attributed to changes in the sediment deposition and coastal erosion that alters the beach profile (Botter-Carvalho *et al.*, 2002) and events of recruitment (Tamaki & Ingole, 1993; Dumbauld *et al.*, 1996). Souza *et al.* (1998) observed intense recruitment at the beginning of the summer

Tabela 3. Comparação entre os meses de reprodução do *Callichirus major*.
Table 3. Comparison between the months of reproduction of *Callichirus major*.

Species	Author	Locality	Months with higher freq. of ovigerous females
<i>Neocallichirus mirim</i> (Rodrigues, 1971)	Pezzuto (1993)	Cassino Beach, Rio Grande do Sul	December to March
	Souza <i>et al.</i> (1998)	Atami, Paraná	November to January with greater frequency in December
<i>Callichirus major</i> (Say, 1818)	Araújo <i>et al.</i> (2000)	Sobral, Alagoas	January, February and April
	Botter-Carvalho <i>et al.</i> (2007)	Piedade, Pernambuco	December to May
	Present study		December to March and November

in beaches in the State of Paraná, while Rodrigues & Shimizu (1997) found intense recruitment in October and in June (spring and autumn, respectively) at Barequeçaba beach, State of São Paulo. The seasonal variations of juveniles in a population are natural for callianassids, due to predation, environmental and biogeographic factors acting on the larval phases (Rodrigues, 1976). In this study, recruitment was intensified between the summer and autumn, as a result of reproductive activity in the summer. The embryonic development of *C. major* occurs in 10 stages during 30 days (Rodrigues, 1976). Larval development has from 3 to 5 zoeal stages with duration of 10 to 15 days to reach the decapodid stage (Strasser & Felder, 1999; Abrunhosa *et al.*, 2008). Such short larval development explains the peak of recruitment right after the peak of ovigerous females. Annual variations in the quantity of recruits are also related to the degree of overexploitation of the population (Souza & Borzone, 2003). The sampling of adults favors the settlement of juveniles, since it reduces the competition for space in the substratum (Rodrigues & Shimizu, 1997).

We can conclude that the females are more abundant in the population, which is a pattern for callianassids of the Brazilian coast. A well-defined reproductive period in the summer was observed, when high temperatures favor the reproductive processes and contribute to the larval development of the animal. The recruitment of the species occurs in almost the entire study period, but it is intensified right after the reproductive peak, due to the short larval development of this species. This paper creates a baseline for further researches on *C. major* in Northeastern Brazil.

REFERENCES

Abrunhosa, F.A.; Arruda, D.C.B.; Simith, D.J.B.; Palmeira, C.A.M. (2008) - The importance of feeding in the larval development of the ghost shrimp *Callichirus major*

(Decapoda: Callianassidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (ISSN 0001-3765), 80(3):445- 453, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Available at <http://www.scielo.br/pdf/aabc/v80n3/a06v80n3.pdf>

Alves-Júnior, F.A.; Araújo, M.S.L.C.; Feitosa, F.A.N. (2013) - Crescimento Alométrico de *Callichirus major* (SAY 1818) (Crustacea: Callianassidae) em uma praia arenosa do Nordeste brasileiro. *Tropical Oceanography* (ISSN: 1679-3013), 41. [no prelo]. Recife, PE, Brasil.

Aragão, J.O.R. (1998) - O impacto do Enso e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines* (ISSN: 0303-7495), 27(3): 839-844, Lima, Perú. Available at [http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27\(3\)/839.pdf](http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27(3)/839.pdf)

Araújo, J.S.; Calado, T.C.S.; Sá, M.F.P. (2000) - Aspectos reprodutivos de *Callichirus major* (SAY 1818) (Crustacea: Callianassidae) da praia do Sobral, Maceió- Alagoas. *Boletim de Estudos de Ciências do Mar* (ISSN: 0102-8596), 11:101-112, Maceió, AL, Brasil.

Araújo, M.S.L.C.; Calado, T.C.S. (2008) - Bioecologia do Caranguejo-Uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus) no Complexo Estuarino Lagunar Mundáú/Manguaba (CELM), Alagoas, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 8:169-181. doi: 10.5894/rgci141

Araújo, M.S.L.C.; Negromonte, A.O.; Barreto, A.V. (2011) - Reproductive period of the swimming crab *Callinectes danae* at the Santa Cruz Channel, a highly productive tropical estuary in Brazil. *Nauplius* (ISSN: 0104-6497), 19(2):155-162, Cruz das Almas, BA, Brasil. Available at http://www.crustacea.org.br/artigos/830_27_Article_7_Araujo_et_al_Reproduction_of_Callinectes_danae.pdf

Araújo, M.S.L.C.; Barreto, A.V.; Negromonte, A.O.; Schwamborn, R. (2012) - Population ecology of the blue crab *Callinectes danae* (Crustacea: Portunidae) in a Brazilian tropical estuary. *Anais da Academia Brasileira*

- de Ciências, 84(1):129-138. DOI: 10.1590/S0001-37652012000100013
- Bezerra, L.E.A.; Dias, C.B.; Moraes, J. O.; Matthews-Cascon, H. (2010) - Distribuição espacial do caranguejo *Uca maracoani* (Latreille, 1802-1803) (Brachyura: Ocypodidae) em três manguezais do Nordeste do Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, Número especial 2, Manguezais do Brasil. No prelo. Available at http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgcimang63_Bezerra.pdf
- Bilodeau, A.L.; Felder, D.L.; Neigel, J.E. (2005) - Multiple paternity in the thalassinidean ghost shrimp, *Callinectes islagrande* (Crustacea: Decapoda: Callinassidae). *Marine Biology*, 146:381-385. DOI: 10.1007/s00227-004-1444-1
- Borzzone, C.A.; Souza, J.R.B. (1996) - A extração de corrupto *Callinectes major* (Decapoda: Callinassidae) para uso como iscas em praias do litoral do Paraná: características da pesca. *Nerítica* (ISSN: 1806-969X), 10:67-79, Pontal do Sul, PR, Brasil.
- Botter-Carvalho, M.L. (2001) - *Ecologia de Callinectes major (Say 1818)* (Crustacea, Callinassidae) na praia de Piedade, Jaboatão dos Guararapes-PE. Recife (PE). 114p., Dissertação de Mestrado em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Não publicado.
- Botter-Carvalho, M.L.; Santos, P.J.P.; Carvalho, P.V.V.C. (2002) - Spatial Distribution of *Callinectes major* (Say 1818) (Decapoda: Callinassidae) on a sandy beach, Piedade, Pernambuco, Brazil. *Nauplius* (ISSN: 0104-6497), 10(2): 97-109, Cruz das Almas, BA, Brasil. Available at <http://decapoda.nhm.org/pdfs/13801/13801.pdf>
- Botter-Carvalho, M.L.; Santos, P.J.P.; Carvalho, P.V.V.C. (2007) - Population dynamics of *Callinectes major* (Say, 1818) (Crustacea, Thalassinidea) on a beach in northeastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (ISSN: 0272-7714), 71:508-516. doi:10.1016/j.ecss.2006.09.001 Available at <http://decapoda.nhm.org/pdfs/27735/27735.pdf>
- Caley, M.J.; Carr, M.H.; Hixon, M.A.; Hughes, T.P.; Jones, G.P.; Menge, B.A. (1996) - Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27:477-500. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.27.1.477
- Cavalcanti, L.B.; Kempf, M. (1967/69) - Estudo da Plataforma Continental na Área do Recife (Brasil). II. Meteorologia e Hidrologia. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* (ISSN: 0374-0412), 9(11):149-158, Recife, PE, Brasil. Available at http://www.ufpe.br/tropicaloceanography/resumos/9_10_11_cavalcanti.html
- Cavalcanti, E.P.; Silva, V.P.R.; Sousa, F.A.S. (2006) - Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (ISSN: 1415-4366), 10:140-147, Campina Grande, PB, Brasil. Available at <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10n1a21.pdf>
- Cobo, V.J.; Fransozo, A. (2000) - Fecundity and reproduction period of the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Brachyura, Grapsidae) São Paulo State, Brazil. In: Klein, J.C.V. and Schram, F.R. (org.), *Crustacean Issues, The Biodiversity Crisis and Crustacea*, Vol.12, pp. 527-533, A.A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. ISBN: 9054104783.
- Coelho, P.A. (1997) - Revisão das espécies de Thalassinidea encontradas em Pernambuco, Brasil (Crustacea, Decapoda). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* (ISSN: 0374-0412), 25:137-161, Recife, PE, Brasil. Available at http://www.revista.ufpe.br/tropicaloceanography/artigos_completos_resumos_t_d/25_1997_coelho_5.pdf
- Coelho, P.A.; Ramos-Porto, M. (1986) - Sinopse dos crustáceos decápodos brasileiros (Famílias Callinassidae, Callinadeidae, Upogebiidae, Diogenidae). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* (ISSN:0374-0412), 19:27-53, Recife, PE, Brasil. Available at http://www.revista.ufpe.br/tropicaloceanography/artigos_completos_resumos_t_d/19_1985_1986_coelho.pdf
- Done, T.J. (1982) - Patterns in the distribution of coral communities across the central great barrier reef. *Coral Reefs*, 1:95-107. doi:10.1007/BF00301691
- Dumbauld, B.R.; Armstrong, D.A.; Feldman, K.L. (1996) - Life history characteristics of two sympatric thalassinidean shrimps, *Neotrypaea californiensis* and *Upogebia pugettensis*, with implications for oyster culture. *Journal of Crustacean Biology* (ISSN: 0278-0372), 16:689-708, New Braunfels, TX, USA. Available at <http://decapoda.nhm.org/pdfs/15596/15596.pdf>
- Dworschak, P.C. (1988) - The biology of *Upogebia pusilla* (Petagna)(Decapoda, Thalassinidea) Growth and production. *Marine Ecology*, 9(1):51-77. doi: 10.1111/j.1439-0485.1988.tb00198.x
- Felder, D.L.; Lovett, D.L. (1989) - Relative growth and sexual maturation in the estuarine ghost shrimp *Callinassa louisianensis* Schmitt, 1935. *Journal of Crustacean Biology* (ISSN: 0278-0372), 9:540-553, New Braunfels, TX, USA. Available at <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1548586?uid=2134&uid=2&uid=70&uid=48&sid=21103303217313>
- Felder, D.L.; Griffis, R.B. (1994) - *Dominant infaunal communities at risk in shoreline habitats: burrowing thalassinid Crustacea*. 87p., New Orleans, U.S. Department of the Interior, Minerals Management Service. Available at <http://www.data.boem.gov/PI/PDFImages/ESPIS/3/3439.pdf>
- Forbes, A.T. (1973) - An unusual abbreviated larval life history in the estuarine burrowing prawn *Callinassa kraussi* (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). *Marine Biology* (ISSN: 0022-0981), 22:361-365. DOI: 10.1007/BF00391395.
- Fingerman, M. (1995) - Endocrine mechanisms in crayfish, with emphasis on reproduction and neurotransmitter regulation of hormone release. *American Zoology* (ISSN: 0003-1569), 35:68-78, McLean, VA, USA. Available at <http://icb.oxfordjournals.org/content/35/1/68.full.pdf>
- Frankenberg, D.; Coles, S.L.; Johannes, R.E. (1967) - The potential trophic significance of *Callinassa major* fecal pellets. *Limnology and Oceanography* (ISSN: 0024-3590), 12(1): 113-120, Waco, TE, USA. Available at http://wap.aslo.org/lo/toc/vol_12/issue_1/0113.pdf
- Griffis, R.B.; Chavez, F.L. (1988) - Effects of Sediment Type on Burrows of *Callinassa californiensis* Dana, 1854 and *Callinassa gigas* Dana, 1852. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 117(3):239-253. DOI: 10.1016/0022-0981(88)90060-3

- Hailstone, T.S.; Stephenson, W. (1961) - The biology of *Callinassa (Trypaea) australiensis* Dana, 1852 (Crustacea, Thalassinidea). *University of Queensland papers, Department of Zoology* (ISSN: 0079-8835), 1(12): 259-285. Available at <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:222651>
- Hanekom, N.; Baird, D. (1992) - Growth, production and consumption of the thalassinid prawn *Upogebia africana* (Ortmann, 1894) in the Swart kops estuary. *South African Journal of Zoology* (ISSN: 0379-4369), 27: 130-139. Available at <http://content.ajarchive.org>
- Hernández, P.; Wehrtmann, I.S. (2007) - Population biology of the burrowing shrimp *Callichirus seilacheri* (Decapoda: Callinassidae) in northern Chile. *Revista de Biología Tropical* (ISSN: 0034-7744), 55:141-152, San José, Costa Rica. Available at <http://www.redalyc.org/pdf/449/44909918.pdf>
- Hill, B.J. (1977) - The effect of heated effluent on egg production in the estuarine prawn *Upogebia africana* (Ortmann, 1894). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 29:291-302. DOI: 10.1016/0022-0981(77)90072-7
- Keough, M.J.; Downes, B. J. (1982) - Recruitment of marine invertebrates: The roles of active larval choice and early mortality. *Oecologia Brasiliensis*, 54:348-352. DOI: 10.1007/BF00380003.
- Köppen, W. (1948) - *Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra*. 478p., Fondo de Cultura Económica, México.
- Laufer, H.; Landau, M. (1991) - Endocrine control of reproduction in shrimp and other Crustacea. In: Loach, P.F.; Dougherty, W.J. and Davidson, M.A. (org.), *Frontiers of shrimp research*, pp.65-81, Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. ISBN: 978-0-444-52850-6
- Manning, R.B.; Felder, D.L. (1986) - The status of the callinassid genus *Callichirus* Stimpson, 1866 (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). *Proceedings of the Biological Society of Washington* (ISSN: 0006-324X), 99: 437-443.
- Melo, G.A.S. (1999) - *Manual de identificação dos crustáceos decápodos do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea*. 551p., São Paulo, Plêiade/FAPESP, São Paulo, SP, Brasil. ISBN: 85-85795-08-5
- Nates, S.F.; Felder, D.L. (1999) - Growth and maturation of the ghost shrimp *Lepidophthalmus sinuensis* Lemaître and Rodrigues, 1991 (Crustacea, Decapoda, Callinassidae), a burrowing pest in penaeid shrimp culture ponds. *Fishery Bulletin* (ISSN: 0090-0656), 97:541-562. Available at <http://fishbull.noaa.gov/10natesf.pdf>
- Noro, C.K.; Buckup, L. (2008) - Estrutura populacional e biologia reprodutiva de *Parastacus defossus* (Crustacea: Decapoda: Parastacidae). *Revista Brasileira de Zoologia* (ISSN: 1806-969X), 25:624-629. Available at <http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v25n4/07.pdf>
- Pezzuto, P.R. (1993) - *Ecologia populacional de Neocallichirus mirim (Rodrigues, 1971) (Decápoda, Callinassidae) na praia do Cassino, RS, Brasil*. 172p., Dissertação de Mestrado, Universidade do Rio Grande, Rio Grande do Sul, RS, Brasil. *Não publicado*.
- Pinheiro, M.A.A.; Fransozo, A. (2002) - Reproduction of the speckled swimming crab *Arenaeus cribrarius* (Brachyura: Portunidae) on the Brazilian coast near 23°30'S. *Journal Crustacean Biology* (ISSN: 0278-0372), 22(2):416-428. Available at <http://www.jstor.org/stable/1549966>
- Posey, M.H. (1986) - Predation on a burrowing shrimp, distribution and community consequence. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 103(1):143-162. DOI: 10.1016/0022-0981(86)90138-3
- Quackenbush, L.S. (1994) - Lobster reproduction: a review. *Crustaceana* (ISSN: 0011-216X), 67 (1): 82-94. Available at <http://www.jstor.org/discover/10.2307/20104969?uid=3738880&uid=2&uid=4&sid=21103260528427>
- Rodrigues, S.A. (1976) - Sobre a reprodução, embriologia e desenvolvimento larval de *Callichirus major* Say, 1818 (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea). *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo* (ISSN: 0031-1049), 1:85-104, São Paulo, SP, Brasil.
- Rodrigues, S.A. (1985) - Sobre o crescimento relativo de *Callichirus major* (Say, 1818) (Crustacea, Decapoda, Thalassinidea). *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo* (ISSN: 0031-1049), 9: 195-211, São Paulo, SP, Brasil.
- Rodrigues, S.A., Shimizu, R.M. (1997) - Autoecologia de *Callichirus major* (Say, 1818). In: Absalão, R. and Esteves, A.M. (org.), *Ecologia de praias arenosas do litoral brasileiro*, Volume 3. p. 155-170. *Oecologia Brasiliensis* (ISSN:1980-6442), Rio de Janeiro, Brasil.
- Rowden, A.A.; Jones, M.B. (1994) - A contribution to the biology of the burrowing mud shrimp, *Callinassa subterranea* (Decapoda: Thalassinidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* (ISSN: 0025-3154), 74:623-635. DOI:10.1017/S0025315400047706
- Shimizu, R.M. (1997) - *Ecologia populacional de Scolelepis squamata (Muller, 1806) (Polychaeta: Spinodae) e Callichirus major (Say 1818) (Crustacea: Decapoda: Thalassinidae) da praia de Barequeçaba (São Sebastião, SP)*. 49p., Teses de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. *Não publicado*.
- Shimoda, K.; Wardiatno, Y.; Kubo, K.; Tamaki, A. (2005) - Intraspecific behaviors and major cheliped sexual dimorphism in three congeneric callinassid shrimps. *Marine Biology*, 146:543-557. DOI: 10.1007/s00227-004-1453-0.
- Souza, J.R.B.; Borzone, C.A.; Brey, T. (1998) - Population dynamics and secondary production of *Callichirus major* (Crustacea: Thalassinidea) on a southern Brazilian sandy beach. *Archives of Fisheries and Marine Research*, 46(2):151-164. Available at <http://epic.awi.de/417/>
- Souza, J.R.B.; Borzone, C.A. (2003) - A extração do corrupto, *Callichirus major* (Say) (Crustacea, Thalassinidea), para uso como isca em praias do litoral do Paraná: as populações exploradas. *Revista Brasileira de Zoologia* (ISSN: 1806-969X), 20(4):625-630. Available at <http://www.readcube.com/articles/10.1590/S0101-81752003000400011?locale=en>
- Strasser, K.M., Felder, D.L. (1999) - Larval Development in Two Populations of the Ghost Shrimp *Callichirus major* (Decapoda: Thalassinidea) under Laboratory Conditions. *Journal of Crustacean Biology* (ISSN: 0278-0372), 19(4):844-878. Available at <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1549305?uid=2&uid=4&sid=21103311600993>
- Teixeira, R.L.; Sá, H.S. (1998) - Abundância de macrocrustáceos decápodas nas áreas rasas do complexo

- lagunar Mundaú/Manguaba, AL. *Revista Brasileira de Biologia* (ISSN: 0034-7108), 58(3):339-404, São Carlos, SP, Brazil. Available at <http://www.scielo.br/pdf/rbbio/v58n3/4567.pdf>
- Tamaki, A.; Ingole, B. (1993) - Distribution of juvenile and adult ghost shrimps *Callianassa japonica* Ortmann (Thalassinidea), on an intertidal flat: intraspecific facilitation as a possible pattern-generating factor. *Journal of Crustacean Biology* (ISSN: 0278-0372), 13:83-175. Available at <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1549132?uid=2&uid=4&sid=21103311600993>
- Tamaki, A.; Tanoue, H.; Itoch, J.; Fukuda, Y. (1996) - Brooding and larval developmental periods of the callianassid ghost shrimp, *Callianassa japonica* (Decapoda: Thalassinidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* (ISSN: 0025-3154), 76:675-689. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315400031386> Available at <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=4369508>
- Tamaki, A.; Ingole, B.; Ikebe, K.; Muramatsu, K.; Taka, M.; Tanaka, M. (1997) - Life history of the ghost shrimp *Callianassa japonica* Ortmann, 1891 (Decapoda: Thalassinidea), on an intertidal sandflat in western Kyushu, Japan. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (ISSN: 0022-0981), 210:223-250. doi:10.1016/S0022-0981(96)02709-8
- Tunberg, B. (1986) - Studies on the population ecology of *Upogebia deltaura* (Leach) (Crustacea, Thalassinidea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (ISSN: 0272-7714), 22(6):753-765. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0272-7714\(86\)90097-1](http://dx.doi.org/10.1016/0272-7714(86)90097-1)
- Vazzoler, A.E.A.M. (1996) - *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e pratica*. 169p., EDUEM, Maringá. ISBN: 85-85545-16-x
- Weimer, R.J.; Hoyt, J.H. (1964) - Burrows of *Callianassa major* Say 1818, geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. *Journal of Paleontology* (ISSN: 0022-3360), 38(4):761-767. Available at http://raznoe.photo29.ru/Burrows_Callianassa1967.pdf
- Wenner A.M., Fusaro, C.; Oaten, A. (1974) - Size at onset of sexual maturity and growth rate in crustacean populations. *Canadian Journal of Zoology* (ISSN: 1480-3283), 52:1095-1106. Available at <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/z74-147#.Us2MUPRDspo>
- Witbaard, R.; Duineveld, G.C.A. (1989) - Some aspects of the biology and ecology of the burrowing shrimp *Callianassa subterranea* (Montagu, 1808) (Thalassinidea) from the southern North Sea. *Sarsia North Atlantic Marine Science* (ISSN: 0036-4827), 74:145-222.
- Wynberg, R.P.; Branch, G.M. (1991) - An assessment of bait-collecting for *Callianassa Kraussi* Stebbing in Langebaan Lagoon, Western Cape, and of associated avian predation. *South African Journal of Marine Sciences*, 11: 141-152. doi:10.2989/025776191784287592

Cytochemical responses of *Hediste diversicolor* (Nereidae, Polychaete) sampled from polluted sites along the Tunisian coast *

*Respostas Citoquímicas em Hediste diversicolor (Nereidae, Polychaeta) de locais poluídos na Zona Costeira Tunisina ***

Zied Bouraoui ^{@,1}, Jihene Ghedira ¹, Flavia Capri ², Lassaad Chouba ³, Hamadi Boussetta ¹

ABSTRACT

The polychaete worm *Hediste diversicolor* was collected in several sites from the Tunisian coast. The aim of our study was to study several cytochemical biomarkers in this species in response to a pollution gradient caused by various discharges along the Tunisian coast. Worms were collected from six sites: Bizerta Lagoon, Gargour, Nakta, Mahres, Skhira and from Teboulba, which is considered a reference site.

The biomarkers selected in this work were lysosomal membrane stability, lipofuscin and neutral lipid accumulations and levels of Ca²⁺-ATPase activity analyzed in the intestinal cells. Chemical analyses of Cd, Cu and Zn were also carried out in sediment. The results obtained indicate significant changes in most of the parameters measured in *H. diversicolor*. They are consistent with the chemical analysis and that worms from Bizerta and Mahres have been submitted to high levels of pollution.

Keywords: Biomarkers, lysosomal membrane stability, neutral lipids, lipofuscin, Ca²⁺-ATPase activity, *Hediste diversicolor*.

RESUMO

Com o objectivo de estudar vários marcadores citoquímicos em *Hediste diversicolor* ao longo de um gradiente de poluição foram colhidos indivíduos dessa espécie na costa Tunisina (Bizerta Lagoon, Gargour, Nakta, Mahres, Skhira e Teboulba como local de referência).

Os biomarcadores selecionados foram a estabilidade membranar dos lisossomas, lipofuscina e acumulação de lípidos e atividade Ca²⁺-ATPase analisados em células intestinais. Foram ainda analisados nos sedimentos Cd, Cu e Zn. Os resultados obtidos indicam alterações significativas na maioria dos parâmetros analisados em *H. diversicolor*. Estes resultados mostraram-se consistentes com as análises químicas e ainda com a maior exposição a poluentes nos locais Bizerta e Mahres.

Palavras-Chave: Biomarcadores, estabilidade membranar dos lisossomas, lípidos neutros, lipofuscina, atividade Ca²⁺-ATPase, *Hediste diversicolor*.

@ - Corresponding author : bouraoui_zied@yahoo.fr

1 - Laboratory of Biochemistry and Environmental Toxicology, Higher Institute of Agronomic Sciences, Chott-Mariem, 4042, Sousse, Tunisia.

2 - Department of Environmental and Life Sciences, University of Piemonte Orientale Amedeo Avogadro, 15100, Alessandria, Italy.

3 - Laboratory of Marine Environment, National Institute of Sciences and Technologies of the Sea, La Goulette, 2060, Tunis, Tunisia.

* Submission: 2 January 2014; Evaluation: 9 February 2014; Reception of revised manuscript: 17 February 2014; Accepted: 14 March 2014; Available on-line: 21 March 2014

** Tradução para Português do Título, Resumo e Legendas das Figuras e Tabelas da responsabilidade do Editor Associado Ulisses Miranda Azeiteiro.

1. INTRODUCTION

Estuaries and coastal waters are particularly at risk from anthropogenic pollution including industrial, agricultural and/or urban development, receiving toxic effluents. Compared to current practice in aquatic monitoring based on recording the concentrations of a small range of pollutants in biological matrices in a given environment, a probably more realistic way to assess the "health status" of the environment is to measure a suite of biomarkers. Chemical analyses reveal only the bioaccumulated concentrations of particular pollutants in the organisms. While an integrated response approach involving a suite of the *in situ* responses of populations at each particular site, demonstrates their interactive and combined effects with regard to the numerous environmental factors characterizing the location. It is always very difficult from only contamination body burden data to obtain information about their significance upon animal health. Therefore, techniques for measuring biological effects are critical for any pollution monitoring program. A large number of biomarkers have been tested and validated for their applicability to detect biological effects as indicators of chemical stress at different levels of biological organization (Amiard *et al.*, 2006; Magni *et al.*, 2006; Nigro *et al.*, 2006; Bouraoui *et al.*, 2009). However the use of enzyme activities, performs a risk of being inhibited by high contaminant loads (Narbonne *et al.*, 2005), and it is therefore important to also monitor the overall health status by making use of biomarkers of effect and stress. Several of the most sensitive cellular stress markers are lysosomal parameters, e.g. lysosomal membrane stability (LMS), lipofuscin (LF) and neutral lipid (NL) contents, lysosomal volume by assessing the lysosome/cytoplasm ratio (Lowe *et al.*, 1981; Moore, 1988; Viarengo *et al.*, 1991; Dondero *et al.*, 2006) and Ca^{2+} -ATPase activity. Sediments (both suspended and deposited) constitute the main reservoir for most of the chemicals introduced into aquatic environments by human activities. Then, it is necessary to develop the use of biomonitors more representative of the sedimentary compartment of aquatic habitats.

The polychaetes are the dominant species of macrofauna within fine sediments. In this group, many species seem to exhibit an extraordinary tolerance to various environmental contaminants, being also the most common invertebrates found in polluted areas (Eriksen *et al.*, 1988). *H. diversicolor* is a marine annelid which lives in estuary sediments rich in microorganisms and toxic agents resulting from pollution. It has been the subject of numerous studies, focusing on different aspects of its biology and ecology, including a range of pollution related subjects. This polychaete is characterized by a high physiological tolerance to extreme variation of many environmental parameters such as temperature and salinity (Bartels-Hardege & Zeeck, 1990; Ait Alla *et al.*, 2006). Therefore, the use of polychaete worms as bioindicators for estuarine ecosystems has proved efficiency to be a useful tool in the assessment of environmental quality, being not insensitive to stressful environmental conditions (Dean, 2008).

The aim of this work was to employ cellular stress markers in *H. diversicolor* to assess the marine environment quality along the Tunisian coasts.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Sampling sites

Sampling sites along the Tunisian coast were chosen for the presence of a natural population of the polychaete *H. diversicolor* and their geographical locations near urban, industrial and agricultural areas (Fig. 1); they are constantly threatened by contamination due to their proximity to human settlements and high economic and industrial activities. Menzel Abdelrahmen is located in the north of Tunisia in the Bizerta Lagoon (S1), a Mediterranean lagoon covering roughly 15 km² that represents an economically important body of water due to a variety of fishing and aquaculture activities. The other four sites, Nakta (S2), Gargour (S3) and Mahres (S4) and Skhira (S5), are located in the gulf of Gabés, in the southeastern coast of Tunisia, which is considered as a great Tunisian aquatic resource, contributing to more than half of the national production. Important industrial activities, mainly crude phosphate treatments, chemical industries and tannery, are being developed along this region, possibly affecting this marine ecosystem (Hamza-Chaffai *et al.*, 1995; Boujelben, 1998; Banni *et al.*, 2005). The control worms were collected from Teboulba, located on the mid of Tunisia; this site is characterized with no apparent contamination sources and thus considered in many field works as reference site (Banni *et al.*, 2007; Jebali *et al.*, 2007; Bouraoui *et al.*, 2010).

2.2. Collection

Samples were collected in the intertidal zone at low tide from six sites in Tunisian coastal areas during September 2009; worms were sampled from Bizerta lagoon, Gargour, Nakta, Mahres, Skhira and from Teboulba (natural population). The surface oxygenated layer (a few mm deep and about 300 cm² area) of sediments destined for metal analysis was collected and placed in aluminum box. Once in the laboratory, the worms were examined (specimens with exoskeleton or skin infections were excluded) and flash-frozen in N-hexane, chilled in liquid nitrogen and then stored at -80 °C.

2.3. Metal analysis in sediments

Sediment were digested with 2:5 (V:V) 33% HCl and 65% HNO₃ (UNEP/COI/AIEA/FAO 1994). Cu, Cd and Zn were analyzed by atomic absorption spectrophotometry AAS (Zeeman effect) in these acid solutions after dilution with deionised water. The calibration was carried out using the following standards for all of the three metals: 125, 250, 500 ng.ml⁻¹. For each sediment sample, three replicates were analysed concomitantly. All metal concentration was reported in micrograms per gram dry weight of sediment.

2.4. Cytochemical analysis

2.4.1. Lysosomal membrane stability (LMS) assay

Pieces of excised worms were placed on two different aluminum cryostat chucks for a total of six individuals, and sections (10µM) were cut with a cryostat (Leica CM3050) and flash-dried by transferring them to room temperature. The cryostat sections were incubated at 37 °C in 0.1 M citrate

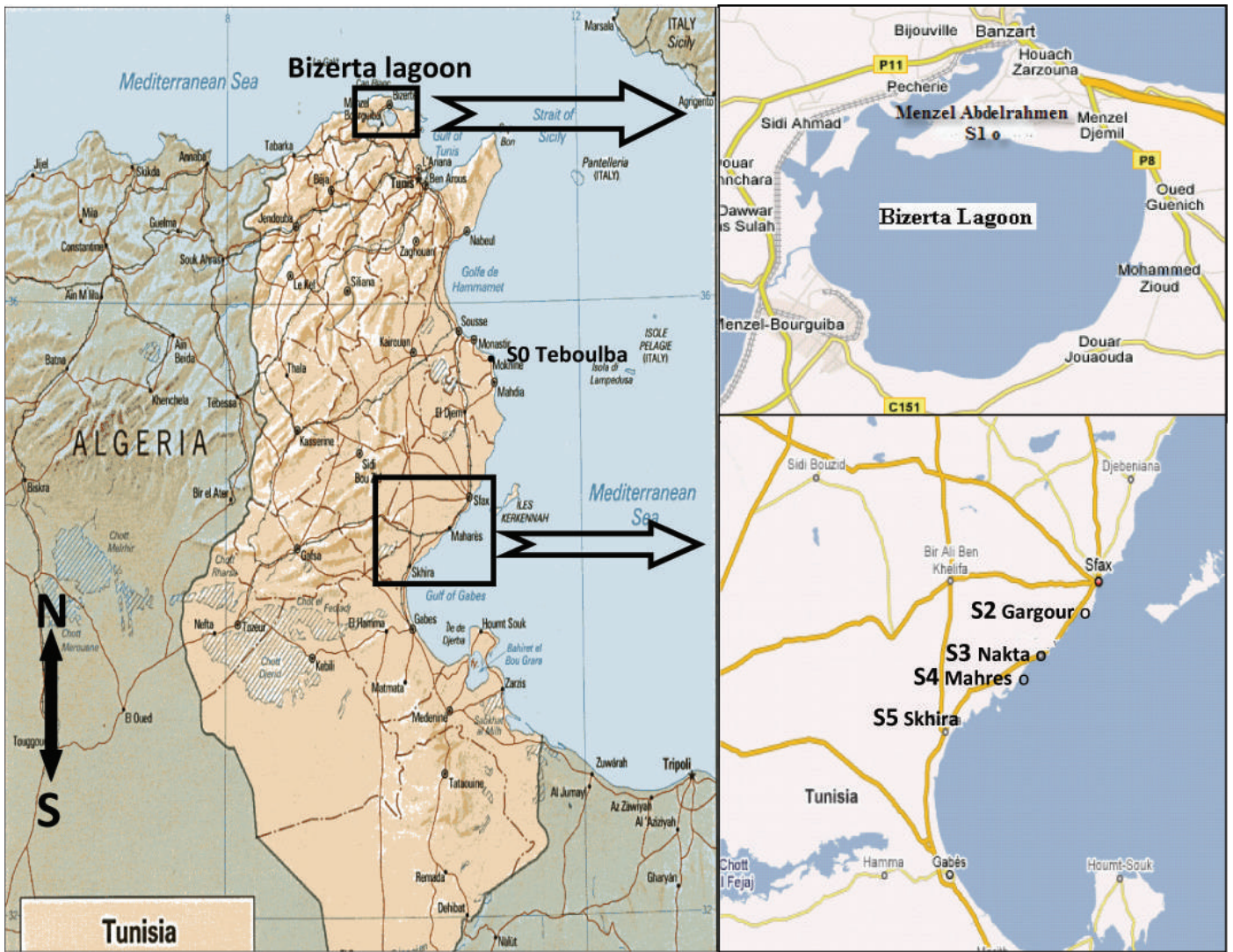


Figure 1. Location of the sampling sites: (S1): Bizerta lagoon; (S2): Gargour, (S3): Nakta, (S4): Mahres and (S5): Skhira situated in gulf of gabes; (S0): Teboulba considered as Control site.

Figura 1. Localização dos locais de colheita: (S1): Bizerta lagoon; (S2): Gargour, (S3): Nakta, (S4): Mahres e (S5): Skhira situada no golfo de gabes; (S0): Teboulba (local de controlo).

buffer containing 2.5% NaCl for various pre-treatment times (0, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 min) in order to labilise the lysosomal membrane. Then, sections were incubated at 37 °C in 50 mL of 0.1 M citrate buffer with 2.5% NaCl, containing 20 mg naphthol AS-BI-N-acetyl- β -glucosaminide previously dissolved in 2.5 mL 2-methoxyethanol and 3.5 g of polypeptide, rinsed at 37 °C in 3% NaCl, treated at room temperature with 1 mg/mL Fast Violet B in 0.1 M phosphate buffer and fixed for 15 min in Baker's fixative at 4 °C (Moore, 1976). Staining intensity of lysosomes was determined by studying the slide at 400 \times magnification with an inverted Axiovert microscope (Zeiss), connected to an AxioCam digital camera (Zeiss). Digital image analysis was carried out using the Scion Image software package (Scion Corp).

2.4.2. Neutral lipids content

This analysis was made from sections prepared the same as for the lysosomal membrane stability assay by fixing the

sections in calcium-formaldehyde (2% Ca-acetate (w/v), 10% formaldehyde (v/v)) for 15 min at 4°C, followed by a rinsing step with de-ionised water, and incubation with 60% triethylphosphate (TEP) for 3 min. The sections were then stained with Oil Red- O (1% in 60% TEP) for 30 s, rinsed with de-ionised water, and mounted in 20% (v/v) glycerol (Moore, 1988). Neutral lipid content was quantified by digital image analysis, as described for the LMS assay.

2.4.3. Lipofuscin content

Cryostat sections were fixed in calcium-formaldehyde and rinsed with de-ionised water, as described for the neutral lipid assay, followed by a 5 min incubation step with 1% Fe₂Cl₃, 1% potassium ferrocyanide in a 3:1 ratio (Moore, 1988). The sections were rinsed with 1% acetic acid and mounted in 20% (v/v) glycerol. Lipofuscin content was quantified by digital image analysis of stained sections, as described for the LMS assay.

2.4.4. Ca^{2+} -ATPase activity assay

This enzyme activity was quantified from cryostat sections obtained as for the LMS assay, using the histochemical method described by Pons *et al.* (2002). Cryostat sections were washed in 0.05M cacodylate buffer (pH 7.4), fixed in 1% paraformaldehyde (pFA) in 0.05 M cacodylate buffer (pH 7.4) for 30 min at 4 °C and washed again in 0.05M cacodylate buffer. Samples were then dehydrated in increasing acetone concentrations at 4°C and embedded in Technovit 7100 resin. Serial cross sections (2µm) were cut using a microtome, transferred onto glass slides and incubated for 6 h at room temperature in a medium containing 2.4 mM ATP, 18 mM $CaCl_2$, 8 mM levamisole, 0.2 mM ouabain, 1 mM $Pb(NO_3)_2$, and 20 mM sodium barbiturate. After incubation, the medium was removed and slides washed in water and rinsed in an ammonium sulfide-saturated water solution (3 min) to reveal the brown lead sulfide. $Pb_3(PO_4)_2$ precipitates stained with ammonium sulfide was quantified on sections by digital imaging as described above.

2.4.5. Statistics

Cytochemical data (n = 6) were analyzed for difference between two groups, the reference site (Teboulba site) versus each other site, by the Student's t-test, using the Instat 4.0 software (Graph Pad, USA).

3. RESULTS

Considering the total determinations of metals in sediments (Table 1), Bizerta Lagoon and Mahres are the most heavily contaminated sampling site. In fact, sediments from the latter two sites showed the highest content of Cd, Cu and Zn, respectively 0.77, 116.6 and 1208.9 µg/g dry weight (dw) from Bizerta Lagoon and 0.63, 105.32 and 1016.11 µg/g dw in samples from Mahres. Relatively high concentrations of these same metals were also observed in samples from Skhira. Teboulba showed the lowest heavy metal contents with only a level of 0.08 µg Cd/g dw, 12.49 µg Cu/g dw and 176.9 µg Zn/g dw.

Evaluation of a stress syndrome in worms collected from Tunisian coasts was made by using a total of four biomarkers. Three of these are dedicated to the cellular level: lysosomal membrane stability (LMS), lysosomal contents of neutral lipids (NL) and lipofuscin (LF) and one to the tissue level: Ca^{2+} -ATPase activity. A significant decrease in LMS with respect to controls (Teboulba site) was observed in intestinal cells of worms collected from each site, except for Nakta site (Fig. 2). LMS in polychaetes sampled in Mahres site is approximately 74% less than reference individuals. Worms from Bizerta, Gargour and Skhira have also showed a significant reduce of LMS compared to controls by respectively 43%, 50% and 64%.

The results of neutral lipid (NL) and lipofuscin content in *H. diversicolor* are reported in figures 3 and 4.

Lysosomal contents of neutral lipids and lipofuscin showed similar trend. In comparison to polychaetes from the reference site, contents of both parameters increased in the individuals sampled at each site then peaked at Mahres and were still high at Bizerta site. The content of lysosomal lipofuscin proved a more sensitive parameter than neutral lipids, with significantly higher levels in individuals from

all the study area. For neutral content, significantly higher value with respect to reference worms were measured in individuals from Mahres (483%), from Bizerta (271%) and from Skhira (248%). A not significant increase was recorded in specimens collected at Gargour and Nakta.

The results of Ca^{2+} -ATPase activity is reported in figure 5. It has significantly decreased only in worms from Mahres (44%) with respect to reference individual.

Table 1. Heavy metals contents (µg/g dry weight) in sediments from the different investigated sites.

Tabella 1. Conteúdo em metais pesados (µg/g dry weight) nos sedimentos dos vários locais de colheita.

Sites	Metals		
	Cd	Cu	Zn
Bizerta lagoon	0.77±0.06	116.6±2.12	1208.9±4.33
Gargour	0.15±0.01	2.08±0.20	173.5±3.42
Nakta	0.15±0.04	37.43±1.54	236.28±5.56
Mahres	0.63±0.02	105.32± 3.5	1016.11±6.14
Skhira	0.59±0.07	89.5±4.3	897.51±6.34
Teboulba	0.08±0.002	12.49±1.21	176.9±2.51

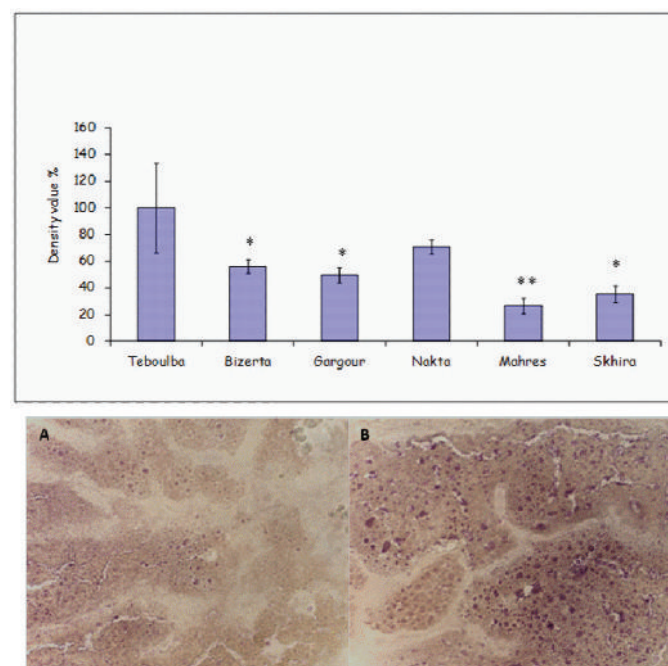


Figure 2. Lysosomal membrane stability in intestinal cells of *H. diversicolor* from the different sites. Data, expressed in percentage changes in optical density with respect to controls, are the mean±SD carried out on 6 different animals. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$, Student's t test. Representative images in the cells of worms from Teboulba (A) and from Mahres (B) are reported.

Figura 2. Estabilidade membranar dos lisossomas em células intestinais de *H. diversicolor* colhidos nos diferentes locais. Dados expressos em percentagem da densidade óptica em relação aos seus respectivos controlos: média±DP a partir de 6 indivíduos. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$, Student's t test. Imagens representativas das células de indivíduos colhidos em Teboulba (A) e Mahres (B).

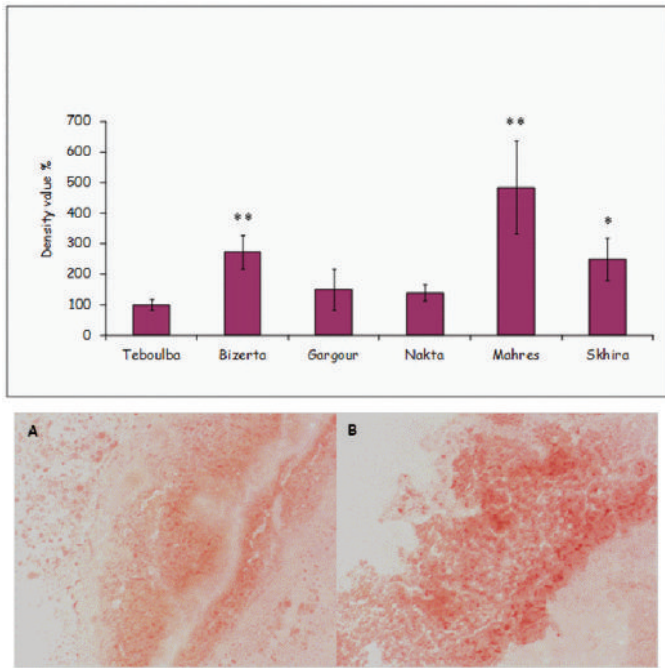


Figure 3. Neutral lipid (NL) accumulation in intestinal cells of *H. diversicolor* from the different sites. Data, expressed in percentage changes in optical density with respect to controls, are the mean \pm SD carried out on 6 different animals. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$, Student's *t* test. Representative images in the cells of worms from Teboulba (A) and from Mahres (B) are reported.

Figura 3. Acumulação de Lípidos Neutrais (NL) nas células intestinais de *H. diversicolor* colhidos nos diferentes locais. Dados expressos em percentagem da densidade óptica em relação aos seus respectivos controlos: média \pm DP a partir de 6 indivíduos. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$, Student's *t* test. Imagens representativas das células de indivíduos colhidos em Teboulba (A) e Mahres (B).

4. DISCUSSION

The study of the biological responses of organisms to different environmental conditions and the quantitative evaluation of their physiological status are being considered as a successful approach for the assessment of environmental quality (Banni *et al.*, 2009, 2010; Dondero *et al.*, 2010). Invertebrates, such as polychaetes are suitable organisms for studying the biological effects of pollutants (Viarengo *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2013; Díaz-Jaramillo *et al.*, 2013). In fact, the use of *H. diversicolor* as an experimental model is widely advised. This polychaete is an endobenthic worm species widespread in brackish water environments throughout Tunisian coasts. It is thus among the first species exposed to terrestrial pollutants, and consequently, environmental contamination occurs earlier and could be considered more accentuated than in bivalve species (Scaps, 2002).

In this study, we employed a battery of four biomarkers to polychaetes *H. diversicolor* that had been collected from polluted site along the Tunisian coast (Fig. 1). We selected six sites characterized by different levels of heavy metal contamination. Our result clearly showed different degrees of heavy metal loads in the sediment sampled along the

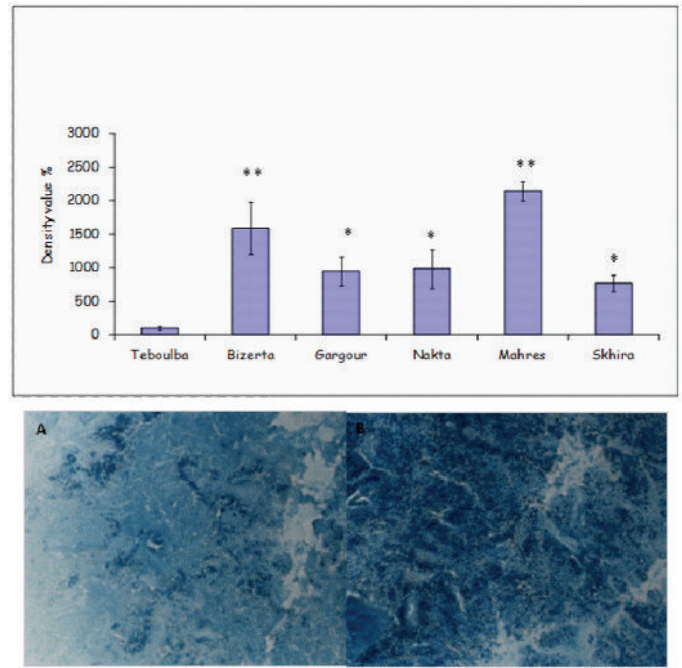


Figure 4. Lipofuscin accumulation in intestinal cells of *H. diversicolor* from the different sites. Data, expressed in percentage changes in optical density with respect to controls, are the mean \pm SD carried out on 6 different animals. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$, Student's *t* test. Representative images in the cells of worms from Teboulba (A) and from Mahres (B) are reported.

Figura 4. Acumulação de lipofuscina em células intestinais de *H. diversicolor* colhidos nos diferentes locais. Dados expressos em percentagem da densidade óptica em relação aos seus respectivos controlos: média \pm DP a partir de 6 indivíduos. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$, Student's *t* test. Imagens representativas das células de indivíduos colhidos em Teboulba (A) e Mahres (B).

Tunisian sites (Table 1). Zinc content was higher at Bizerta lagoon, Marhes and Skhira. Cadmium content was very low in Teboulba and still low in Gargour and Nakta, the latter three showing also the lowest copper amounts. However Bizerta lagoon, Skhira and Mahres were characterized by relative high heavy metal loads (Cd and Cu), as previously reported by several study on the Tunisian coast (Hamza-Chaffai & Pellerin, 2003; Banni *et al.*, 2007; Bouraoui *et al.*, 2010; Jebali *et al.*, 2013). Based on the present chemical analysis and our previous results, we maintain Teboulba as a reference site and we confirm that Bizerta lagoon, Skhira and Mahres contains metal-tolerant populations of *H. diversicolor*. Numerous metals, among them Zn, Cu, and Cd, can be sequestered by invertebrates as electron-dense concretions. In invertebrates, these granules are present in all major phyla, including annelids (Bryan, 1974; Mouneyrac *et al.*, 2003).

The lysosomal system of many marine organisms such as molluscs, annelids, crustaceans and fishes, is known to be particularly sensitive to environmental perturbations and, for this reason, its alterations are widely used as indicators of physiological stress. Lysosomes, particularly in the digestive cells, are involved in various cellular processes including

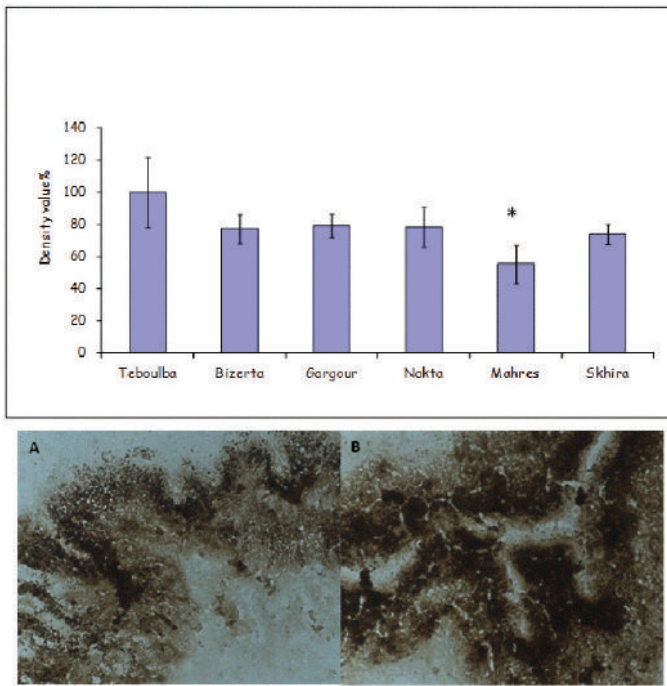


Figure 5. Ca²⁺-ATPase activity in the intestinal cells of *H. diversicolor* from the different sites. Data, expressed as percent changes in optical density with respect to controls, are the mean±SD carried out on 6 different animals. *: p<0.05; **: p<0.01, Student's t test. Representative images in the cells of worms from Teboulba (A) and from Mahres (B) are reported.

Figura 5. Atividade Ca²⁺-ATPase analisada em células intestinais de *H. diversicolor* colhidos nos diferentes locais. Dados expressos em percentagem da densidade óptica em relação aos seus respectivos controlos: média±DP a partir de 6 indivíduos. *: p<0.05; **: p<0.01, Student's t test. Imagens representativas das células de indivíduos colhidos em Teboulba (A) e Mahres (B).

digestion, defence, and reproduction (Moore, 1988; Viarengo et al., 2007). Moreover, they are actively implied in the detoxification metabolisms, being involved in the sequestration and accumulation of a wide range of chemicals, such as metal ions, polycyclic aromatic hydrocarbons PAH, pharmaceuticals as well as nanoparticles (Moore, 2006; Koehler et al., 2008).

Several reports have already demonstrated activation of lysosomes in response to environmental stress (Gastaldi et al., 2007; Banni et al., 2009; Catalano et al., 2012). All the lysosomal parameters evaluated in polychaetes digestive cells, were clearly affected by a pollution gradient. A few reports have already demonstrated activation of lysosomes in response to environmental stress in polychaetes *H. diversicolor* (Catalano et al., 2012; Moschino et al., 2014). The effects on lysosomal membrane stability in *H. diversicolor* were evaluated in digestive cells following the reaction for N-acetyl-β-hexosaminidase using histochemical procedures applied on frozen tissue sections. This method is currently chosen by many researchers; for example it was selected in the BEEP EU project in the Baltic Sea as well as in the MARS project (Broeg et al., 2002; Koehler

et al., 2002). However, while membrane destabilization is considered as a parameter of general stress, an increase in the contents of neutral lipids and lipofuscin indicates a situation of oxidative stress leading to lipid peroxidation of biological membranes (Moore, 1988; Gorbi et al., 2012; Raftopoulou & Dimitriadis, 2012). In fact, Reactive Oxygen Species (ROS) produced in both physiological and stress conditions can stimulate the peroxidation of membrane lipids. The end-products accumulated within the lysosomes as insoluble pigments known as lipofuscins (LF) (Brunk & Collins, 1981). Measurement of lysosomal lipofuscin accumulation represents an index of peroxidation processes in a tissue (Moore et al., 2006). Another general response to contaminant-induced stress is the alteration of fatty acid metabolism and the lysosomal accumulation of high levels of unsaturated neutral lipids (NL) that are internalised into lysosomes by autophagic uptake (Moore, 1985).

The global trend of lysosomal responses in the present study (LMS, NL and LF), clearly indicates accelerated oxidative stress in intestinal cells as a result of increasing metals loads as demonstrated by the chemical analysis. A previous study performed by our group on *H. diversicolor* sampled at field sites along the Tunisian coast and based on a biomarker battery included NADPH cytochrome C reductase, glutathione-S-transferase, catalase and malondialdehyde has reported the same trend in these studied areas (Bouraoui et al., 2010). In fact, using the scale of classification based on biochemical markers established by Narbonne et al. (1999), our group showed that the most polluted site reflected by a higher multi-marker pollution index (MPI) is Mahres. The second MPI was recorded in Bizerta and Skhira and the lowest in Gargour and Nakta. Our Lysosomal responses data confirms those of other authors to emphasize the pollution status of Sfax city coasted area due essentially to the presence of continuous discharge of heavy metals and also of organic compounds from local industrial activities (Smaoui-Damak et al., 2004; Jebali et al., 2007; Banni et al., 2009). As for the region of Bizerta, our results are also consistent with those of Dellali et al. (2001) which reported a remarkable pollution status of this site by pesticides (organophosphorous and carbamates) and heavy metals.

Finally, another parameter of general stress, Ca²⁺-ATPase was used. This enzyme is membrane SH-containing proteins that play a pivotal role in Ca²⁺ homeostasis. In the present work, Ca²⁺-ATPase activity is the less significant parameter to discriminate between sites (Fig. 5). The Ca²⁺-ATPase activity decreased levels of the intestinal cells of *H. diversicolor* from Mahres is, once again, an indication of oxidative stress induced by in field contaminant exposure. In fact, oxidative stress conditions and heavy metals such as Cu, Hg and Cd may lead to a partial inhibition of Ca²⁺-ATPases in both aquatic invertebrates, such as mussels and seaworms (Viarengo et al., 1998; Ermak & Davies, 2001; Burlando et al., 2004, Catalano et al., 2012) and terrestrial invertebrates such as earthworm *Eisenia andrei* (Gastaldi et al., 2007).

5. CONCLUSION

Biomarkers have been assessed and evaluated in many field surveys. However, studies on lysosomal responses remain scarce. Our results provide an important mean for

characterizing the potential effects of contaminant impact on organisms living at polluted areas. This study has demonstrated that physiological effect, as represented by lysosomal biomarkers, is able to assess a stress syndrome and discriminate sites with various degrees of pollution. Our study may thus be used to better protect the health of Tunisian coasts to ensure sustainable management of coastal areas.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported financially by the Ministry of Higher Education and Scientific Research, Tunisia (Research Unit of Biochemistry and Environmental Toxicology, UR 04AGR05) and Institution of Agricultural Research and Higher Education (IRESA, Tunisia).

REFERENCES

- Ait Alla, A.; Mouneyrac, C.; Durou, C.; Moukrim, A.; Pellerin, J. (2006) - Tolerance and biomarkers as useful tools for assessing environmental quality in the Oued Souss estuary (Bay of Agadir, Morocco). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 143(1):23-29. Doi: 10.1016/j.cbpc.2005.11.015.
- Amiard, J.C.; Amiard-Triquet, C.; Barka, S.; Pellerin, J.; Rainbow, P.S. (2006) -Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their role in metals detoxification and their use as biomarkers. *Aquatic Toxicology*, 76:160-202. Doi: 10.1016/j.aquatox.2005.08.015
- Banni, M.; Negri, A.; Dagnino, A.; Jebali, J.; Ameer, S.; Boussetta, H. (2010) - Acute effects of benzo[a]pyrene on digestive gland enzymatic biomarkers and DNA damage on mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(5):842-848. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2009.12.032
- Banni, M.; Bouraoui, Z.; Ghedira, J.; Clerandau, C.; Jebali, J.; Boussetta, H. (2009) - Seasonal variation of oxidative stress biomarkers in clams *Ruditapes decussatus* sampled from Tunisian coastal areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 155(1-4):119-128. Doi: 10.1007/s10661-008-0422-3.
- Banni, M.; Dondero, F.; Jebali, J.; Guerbej, H.; Boussetta, H.; Viarengo, A. (2007) - Assessment of heavy metal contamination using real-time PCR analysis of mussel metallothionein mt10 and mt20 expression: A validation along the Tunisian coast. *Biomarkers*, 12(4):369-383. Doi: 10.1080/13547500701217061.
- Banni, M.; Jebali, J.; Daubeze, M.; Clerandau, C.; Guerbej, H.; Narbonne, J.F.; Boussetta, H. (2005) - Monitoring Pollution in Tunisian coasts: Application of a classification scale based on biochemical markers. *Biomarkers*, 10(2-3):105-116. Doi:10.1080/13547500500107497.
- Bartels-Hardege, H.D.; Zeeck, E. (1990) - Reproductive behaviour of *Nereis diversicolor* (Annelida: Polychaeta). *Marine Biology*, 106:409-412. Doi:10.1007/BF01344320.
- Boujelben, B., (1998) - Dosage de métaux lourds (Plomb, Cadmium, Cuivre, Zinc) dans les poissons pêchés dans la région de Sfax. 79p., Doctorat en Médecine Vétérinaire, Faculté de Médecine Vétérinaire de Sidi-Thabet, Tunisia.
- Bouraoui, Z.; Banni, M.; Ghedira, J.; Clerandau, C.; Narbonne, J.F.; Boussetta, H. (2009) - Evaluation of enzymatic biomarkers and lipoperoxidation level in *Hediste diversicolor* exposed to copper and benzo[a]pyrene. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(7):1893-1898. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2009.05.011
- Bouraoui, Z.; Banni, M.; Chouba, L.; Ghedira, J.; Clerandau, C.; Jebali, J.; Narbonne, J.F.; Boussetta, H. (2010) - Monitoring pollution in Tunisian coasts using a scale of classification based on biochemical markers in worm *Nereis (Hediste) diversicolor*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4):691-700. Doi: 10.1007/s10661-009-0921-x.
- Broeg, K.; Koehler, A.; Westernhagen, H.V. (2002) - Disorder and recovery of environmental health monitored by means of lysosomal stability in liver of European flounder (*Platichthys flesus L.*). *Marine Environmental Research*, 54(3-5):569-573. Doi:10.1016/S0141-1136(02)00174-5.
- Brunk, U.T.; Collins, V.P. (1981) - Lysosomes and age pigments in cultured cells. In: R. S. Sohal (Ed.), *Age pigments*, pp. 243-264, Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. ISBN: 978-0444802774
- Burlando, B.; Bonomo, M.; Capri, F.; Mancinelli, G.; Pons, G.; Viarengo, A. (2004) - Different effects of Hg²⁺ and Cu²⁺ on mussel (*Mytilus galloprovincialis*) plasma membrane Ca²⁺-ATPase: Hg²⁺ induction of protein expression. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C: Toxicology & Pharmacology*, 139: 201-207. Doi:10.1016/j.cca.2004.11.001.
- Bryan, G.W. (1974) - Adaptation of an estuarine polychaete to sediments containing high concentrations of heavy metals. In: F. J. Vernberg & W. B. Vernberg (eds), *Pollution and physiology of marine organisms*, pp. 123-135, Academic Press, New York, NY, U.S.A.
- Carvalho, A.N.; Lino Vaz, A.S.; Boto Sérgio, T.I.; Talhadas dos Santos, P.J. (2013) - Sustainability of bait fishing harvesting in estuarine ecosystems - Case study in the Local Natural Reserve of Douro Estuary, Portugal. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(2):157-168. Doi:10.5894/rgci393.
- Catalano, B.; Moltedo, G.; Martuccio, G.; Gastaldi, L.; Virno-Lamberti, C.; Lauria, L.; Ausili, A. (2012) - Can *Hediste diversicolor* (Nereidae, Polychaete) be considered a good candidate in evaluating PAH contamination? A multimarker approach. *Chemosphere*, 86:875-882. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.10.040
- Dean, H.K. (2008) - The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 56(4):11-38. Available at <http://www.redalyc.org/pdf/449/44919934004.pdf>.
- Dellali, M.; Gnassia-Barelli, M.; Roméo, M.; Aissa, P. (2001) - The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus*, *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta lagoon. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 130(2): 227-235. Doi: 10.1016/S1532-0456(01)00245-9.
- Díaz-Jaramillo, M.; Da Rocha, A.M.; Chiang, G.; Buchwalter, D.; Monserrat, J.M.; Barra, R. (2013) - Biochemical and behavioral responses in the estuarine polychaete *Perinereis gualpensis* (Nereididae) after *in situ* exposure to polluted

- sediments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 89:182-188. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2012.11.026.
- Dondero, F.; Negri, A.; Boatti, L.; Marsano, F.; Mignone, F.; Viarengo, A. (2010) - Transcriptomic and proteomic effects of a neonicotinoid insecticide mixture in the marine mussel (*Mytilus galloprovincialis*, Lam). *Science of the Total Environment*, 408(18):3775-3786. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.03.040.
- Dondero, F.; Dagnino, A.; Jonsson, H.; Capri, F.; Gastaldi, L.; Viarengo, A. (2006) - Assessing the occurrence of a stress syndrome in mussels (*Mytilus edulis*) using a combined biomarker/gene expression approach. *Aquatic Toxicology*, 78(1):13-24. Doi: 10.1016/j.aquatox.2006.02.025
- Ermak, G.; Davies, K.J. (2001) - Calcium and oxidative stress: from cell signaling to cell death. *Molecular Immunology*, 38(10):713-721. Doi: 10.1016/S0161-5890(01)00108-0.
- Eriksen, K.D.H.; Daae, H.L.; Andersen, R.A. (1988) - Evidence of presence of heavy metal-binding proteins in polychaete species. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 91(2):377-384. Doi: 10.1016/0742-8413(88)90045-X
- Gastaldi, L.; Ranzato, E.; Capri, F.; Hankard, P.; Peres, G.; Canesi, L.; Viarengo, A.; Pons, G. (2007) - Application of a biomarker battery for the evaluation of the sublethal effects of pollutants in the earthworm *Eisenia andrei*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 146(3): 398-40. Doi:10.1016/j.cbpc.2007.04.014.
- Gorbi, S.; Bocchetti, R.; Binelli, A.; Bacchiocchi, S.; Orletti, R.; Nanetti, L.; Raffaelli, F.; Vignini, A.; Accoroni, S.; Totti, C.; Regoli, F. (2012) - Biological effects of palytoxin-like compounds from *Ostreopsis cf. ovata*: A multibiomarkers approach with mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Chemosphere*, 89(5):623-632. Doi:10.1016/j.chemosphere.2012.05.064
- Hamza-Chaffai, A.; Cosson, R. P.; Amiard-Triquet, C.; El Abed, A. (1995) - Physico-chemical forms of storage of metals (Cd, Cu and Zn) and metallothionein like protein in fish from the Tunisian coast, ecotoxicological consequences. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 111(2):329-341. Doi: 10.1016/0742-8413(95)00058-V.
- Hamza-Chaffai, A.; Pellerin, J. C. (2003) - Health assessment of a marine bivalves *Ruditapes decussatus* from the Gulf of Gabés (Tunisia). *Environment International*, 28(7):609-617. Doi:10.1016/S0160-4120(02)00102-2.
- Jebali, J.; Banni, M.; Alves de Almeida, E.; Boussetta, H. (2007) - Oxidative DNA damage levels in the clams *Ruditapes decussatus* as pollution biomarkers of Tunisian marine environment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 124(1-3):195-200. Doi:10.1007/s10661-006-9217-6.
- Jebali, J.; Ben Khedher, S.; Sabbagh, M.; Kamel, N.; Banni, M.; Boussetta, H. (2013) - Cholinesterase activity as biomarker of neurotoxicity: utility in the assessment of aquatic environment contamination. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(4):525-537. Doi: DOI:10.5894/rgci430.
- Koehler, A.; Marx, U.; Broeg, K.; Bahns, S.; Bressling, J. (2008) - Effects of nanoparticles in *Mytilus edulis* gills and hepatopancreas- a new threat to marine life? *Marine Environmental Research*, 66(1):12-4. Doi:10.1016/j.marenvres.2008.02.009.
- Koehler, A.; Soeffker, K.; Wahl, E. (2002) - Functional and morphological changes of lysosomes as prognostic biomarker of toxic injury in a marine flatfish *Platichthys flesus* (L.). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(11):2434-2444. Doi:10.1002/etc.5620211124.
- Lowe, D.M.; Moore, M.N.; Clarke, K.R. (1981) - Effects of oil on digestive cells in mussels: quantitative alterations in cellular and lysosomal structure. *Aquatic Toxicology*, 1(3-4):213-226. Doi : 10.1016/0166-445X(81)90016-3
- Magni, P.; De Falco, G.; Falugi, C.; Franzoni, M.; Monteverde, M.; Perrone, E.; Sgro, M.; Bolognesi, C. (2006) - Genotoxicity biomarkers and acetylcholinesterase activity in natural populations of *Mytilus galloprovincialis* along a pollution gradient in the Gulf of Oristano (Sardinia, western Mediterranean). *Environmental Pollution*, 142(1):65-72. Doi:10.1016/j.envpol.2005.09.018.
- Moore, M.N. (1976) - Cytochemical demonstration of latency of lysosomal hydrolases in digestive gland cells of the common mussel *Mytilus edulis*, and changes induced by thermal stress. *Cell and Tissue Research*, 175(3):279-287. Doi:10.1007/BF00218706.
- Moore, M.N. (1985) - Cellular responses to pollutants. *Marine Pollution Bulletin*, 16(4):134-139. Doi: 10.1016/0025-326X(85)90003-7.
- Moore, M.N. (1988) - Cytochemical responses of the lysosomal system and NADPH-ferrihemoprotein reductase in molluscan digestive cells to environmental and experimental exposure xenobiotics. *Marine Ecology Progress Series*, 46(1-3):81-89. Available at <http://www.int-res.com/articles/meps/46/m046p081.pdf>.
- Moore, MN. (2006) - Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment? *Environment International*, 32(8):967-76. Doi:10.1016/j.envint.2006.06.014.
- Moschino, V.; Nestoa, N.; Barisonb, S.; Agresti, F.; Colla, L.; Fedele, L.; Da Ros, L. (2014) - A preliminary investigation on nanohorn toxicity in marine mussels and polychaetes. *Science of the Total Environment*, 468-469:111-119. Doi:10.1016/j.scitotenv.2013.08.020.
- Mouneyrac, C.; Mastain, O.; Amiard, J.C.; Amiard-Triquet, C.; Beaunier, P.; Jeantet, A.Y.; Smith, B.D.; Rainbow, P.S. (2003) - Trace-metal detoxification and tolerance of the estuarine worm *Hediste diversicolor* chronically exposed in their environment. *Marine Biology*, 143:731-744. Doi : 10.1007/s00227-003-1124-6
- Narbonne, J.F.; Daubèze, M.; Clérandeau, C.; Garrigues, P. (1999) - Scale of classification based on biochemical markers in mussels: application to pollution monitoring in European coasts. *Biomarkers*, 4(6):415-424. Doi: 10.1080/135475099230589.
- Narbonne, J.F.; Aarab, N.; Clérandeau, C.; Daubèze, M.; Narbonne, J.; Champeau, O.; Garrigues, P. (2005) - Scale of classification based on biochemical markers in mussels: application to pollution monitoring in Mediterranean coasts and temporal trends. *Biomarkers*, 10(1):58-71. Doi:10.1080/13547500500214392.
- Nigro, M.; Falleni, A.; Del Barga, I.; Scarcelli, V.; Lucchesi, P.; Regoli, F.; Fren zilli, G. (2006) - Cellular biomarkers for monitoring estuarine environments: transplanted

- versus native mussels. *Aquatic Toxicology*, 77(4):339-347. Doi:10.1016/j.aquatox.2005.12.013.
- Pons, G.; Evangelisti, V.; Capri, F.; Mozzone, S.; Viarengo, A. (2002) - Cytochemical localization and quantification of plasma membrane Ca^{2+} -ATPase activity in mollusc digestive gland cells. *European Journal of Histochemistry*, 46(1):31-40. Available at <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12044046>.
- Raftopoulou, E.K.; Dimitriadis, V.K. (2012) - Aspects of the digestive gland cells of the mussel *Mytilus galloprovincialis*, in relation to lysosomal enzymes, lipofuscin presence and shell size: Contribution in the assessment of marine pollution biomarkers. *Marine Pollution Bulletin*, 64(2):182-188. Doi:10.1016/j.marpolbul.2011.12.017.
- 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.
- Smaoui-Damak, W.; Hamza-Chaffaia, A.; Bebianno, M.-J.; Amiard, J.-C. (2004) - Variation of metallothioneins in gills of the clam *Ruditapes decussatus* from the Gulf of Gabes (Tunisia). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicology & Pharmacology*, 139(4):181-188. Doi: 10.1016/j.cca.2004.09.015.
- UNEP/COI/AIEA/FAO. (1994) - Programme de surveillance continue des contaminants utilisant des organismes marins. Assurance de la qualité et bonnes pratiques de laboratoire. Méthodes de référence pour les études de la pollution marine no. 57, PNUE, 25 pp. Available at <http://195.97.36.231/acrobatfiles/NonMAP/RefMethods/57fre.pdf>.
- Viarengo, A.; Canesi, L.; Pertica, M.; Livingstone, D.R. (1991) - Seasonal variations in the antioxidant defence systems and lipid peroxidation of the digestive gland of mussels. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 100(1-2):187-190. Doi:10.1016/0742-8413(91)90151-I.
- Viarengo, A.; Blasco, J.; Burlando, B.; Ponzano, E.; Marchi, B.; Trielli, F. (1998) - Metallothionein and oxidative stress in marine organisms. *Marine Environmental Research*, 46(1):606-607. Doi:10.1016/j.cbpc.2007.04.011.
- Viarengo, A.; Lowe, D.; Bolognesi, C.; Fabri, E.; Koehler, A. (2007) - The use of biomarkers in biomonitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 146(3):281-300. Doi.org/10.1016/j.cbpc.2007.04.011.

Geochemical characteristics of sediments along the margins of an atlantic-mediterranean estuary (the Guadiana, Southeast Portugal): spatial and seasonal variations *

Características geoquímicas das margens dum estuário Atlanto-Mediterrânico (o Guadiana, Sudeste de Portugal): variação espacial e sazonal

Sarita Camacho^{@, 1}, Delminda Moura¹, Simon Connor^{1,2}, Tomasz Boski¹, Ana Gomes¹

ABSTRACT

The present work describes spatial and seasonal variability in grain-size, pH and elemental characteristics (TOC, TIC, TN and C/N) in superficial sediments, as well as salinity, temperature and oxygen in the water, within the intertidal range of the Guadiana Estuary, SW Iberian Peninsula, during the year 2010. The results indicate that environmental parameters in the estuary are strongly dependent on spatial patterns, which reflect seasonal oscillations in freshwater discharge. The sediment is generally poorly sorted, with a symmetrical to very finely skewed distribution, in accordance with the low-energy conditions typical of the deposition areas. During winter, heavy rains forced the continuous discharge of Europe's largest reservoir, the Alqueva dam, creating exceptional hydrodynamic conditions and causing coarser sediment deposition in the estuary. High marsh areas are controlled by flood tides, promoting vertical accretion of muddy sediments, especially silts. The lower areas of the saltmarsh and mud flat areas are controlled by the ebb, with more efficient export of fines toward the platform and retention of sands, sometimes with significant amounts of bioclasts. In winter (average $Q = 654 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), salinity remained low throughout the estuary with the highest values (< 3) recorded up to 3 km inland from the river mouth, except in the most confined environments subject to greater evaporation. In summer (average $Q = 52 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), the estuarine waters are better mixed and significant saltwater intrusion extends approximately 8 km inland. The seasonal variation in surface water temperature was very high, with a difference of ca 14°C in the maximum temperature recorded in winter and summer.

A clear relationship between elevation (in relation to mean sea level) and organic matter, pH and particle size was observed. In the higher areas of the marsh, where the hydrodynamics is attenuated, differential deposition of fine sediments promotes organic matter entrapment and low pH. Sedimentary organic matter derives from a mixture of native aquatic and terrestrial sources. The mid-upper estuary areas and higher zones of the saltmarsh in the lower estuary incorporate a greater terrestrial component, whereas the low-middle marsh areas of the lower estuary experience a substantial contribution from indigenous aquatic sources.

The present data help to understand the present environmental condition of the Guadiana Estuary and contribute baseline data for future climatic and environmental management studies based on sediment-dependent proxies.

Keywords: Guadiana Estuary; saltmarsh; sediments; granulometry; organic matter; pH; physico-chemical proprieties.

RESUMO

O presente estudo descreve a variabilidade espacial e sazonal das propriedades físico-químicas da água (salinidade, temperatura e oxigénio) e dos sedimentos superficiais (granulometria, pH, COT, CIT, NT e C/N) da faixa intermareal do estuário do rio Guadiana, SW da Península Ibérica durante o ano 2010. Os resultados indicam que as condições ambientais do estuário estão fortemente dependentes

@ - Corresponding author: scamacho@ualg.pt

1 - CIMA, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

2 - School of Geography and Environmental Science, Faculty of Arts, Monash University, Clayton 3800, Australia

dos padrões espaciais e das oscilações sazonais na descarga de água doce. Os sedimentos apresentaram-se geralmente mal calibrados e com uma assimetria tendencialmente fina, de acordo com as condições de baixa energia típicas de áreas de deposição. As fortes chuvas sentidas durante o inverno forçaram a descarga contínua do maior reservatório artificial da Europa, o Alqueva, criando condições hidrodinâmicas excepcionais, promovendo o aumento de sedimentos grosseiros no estuário. A granulometria dos sedimentos ao longo da zona intertidal tende a aumentar das zonas mais elevadas às zonas mais baixas. As zonas de sapal alto são controladas pela enchente, promovendo a acreção vertical de sedimentos lodosos, sobretudo siltes. As zonas mais baixas do sapal e zonas de planície lodosa são controladas pela vazante, com exportação mais eficiente de finos para a plataforma e retenção de areias, por vezes com conteúdo significativo em bioclastos. No inverno (média $Q = 654 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), a salinidade manteve-se baixa ao longo de todo o estuário, com os valores mais elevados (< 3) registados até cerca de 3 km para montante a partir da foz do rio, exceto nos ambientes mais confinados, mais expostos à evaporação. No verão (média $Q = 52 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), as águas estuarinas apresentaram-se melhor misturadas e a intrusão salina estendeu-se até cerca de 8 km para montante. A variação sazonal da temperatura das águas superficiais foi muito elevada, verificando-se uma diferença de *ca* 14°C entre as temperaturas máximas registadas no Inverno e no Verão.

No estuário, observou-se uma clara relação entre a elevação (relativa ao nível médio do mar) e a quantidade de matéria orgânica, o tamanho do grão e o pH. Nas zonas mais elevadas do sapal, onde o hidrodinamismo é atenuado, a deposição diferencial de sedimentos finos promove o aprisionamento de matéria orgânica e a diminuição do pH.

A matéria orgânica sedimentar deriva de uma mistura de matéria orgânica aquática e terrestre de origem autóctone. As zonas do estuário médio-superior e as zonas mais elevadas do sapal do estuário inferior incorporam uma maior componente orgânica de origem terrestre, enquanto que as áreas de baixo-médio sapal do estuário inferior experienciam uma contribuição substancial proveniente de fontes aquáticas de origem alóctone.

A presente informação contribui para o melhor entendimento da atual condição ambiental do Estuário do Rio Guadiana e fornece dados de base para futuros estudos de gestão ambiental e evolução climática que assentem em indicadores ambientais sedimentares.

Palavras-chave: Estuário do Guadiana; sapal; sedimentos; granulometria; matéria orgânica; pH; propriedades físico-químicas.

1. INTRODUCTION

During the past century, the dynamic equilibrium of estuaries has been increasingly affected by anthropogenic intervention. The particular environmental characteristics of these coastal systems, as well as their high economic potential, made them attractive to human activities that tend to alter the fragile balance at the ocean/continent interface (Viles and Spencer, 1995; Wolanski, 2007; Vargas *et al.*, 2008; Dias *et al.*, 2009). There is growing concern around coastal zone development and management for sustainable use of estuarine resources (Savenije, 2005). Mediterranean estuaries, in particular, may be more vulnerable to impact due to the additional fragility that comes from their extreme characteristics, especially the long tidal flushing times, clear skies, high insolation, and low humidity that occur in summer (Hearn, 1998). The Guadiana system shares characteristics of both Atlantic and Mediterranean estuaries, experiencing a meso-tidal regime and frequent summer drought. The Guadiana has the fourth largest drainage basin of the Iberian Peninsula (see Dias *et al.*, 2004) and its estuary represents, at the European level, an area of high ecological importance. The Lower Guadiana River is listed as a Wetland of International Importance (Ramsar, *s.a.*) and is included in the Natura 2000 Network. Its extensive marshlands were declared a Natural Reserve in 1975 due to their high biological and ecological value (ICNB, 2007). However, during the last few decades, several anthropogenic disturbances have changed the hydrodynamic and ecological balance of the estuary. Pollution sources in the Guadiana basin – mainly from increasing urbanization (sewage discharges), agriculture (fertilizers, pesticides and herbicides), cattle breeding, industries and the effects of intense mining in the past – have adversely affected water quality (INAG, 2001; Wolanski *et al.*, 2006; Morais, 2008). The morphology of the estuary mouth has changed dramatically since the construction of

two jetties, inhibiting longshore drift and reducing marine sediment influx (Dias *et al.*, 2004). Dam construction in the watershed is probably the most significant environmental stressor affecting particulate and dissolved matter delivery to the Guadiana Estuary and to the sea. It is estimated that the Alqueva dam, which was commissioned in 2002, and dozens of smaller dams retain approximately 80% of the sediment in the catchment (Dias *et al.*, 2001; Rocha *et al.*, 2002). The retention of those sediments has implications for the sedimentary processes, such as coastal erosion and marine sedimentation in the low estuary and in the nutrient balance of the estuary (Morais, 2008).

Global climate changes occurring during recent decades, resulting from both human activity and the natural variability of climatic system, have led to an accelerated sea level rise (SLR) during the past century (Church and White, 2006; Domingues *et al.*, 2008; Jevrejeva *et al.*, 2008; Velicogna, 2009; Rignot *et al.*, 2011; Gehrels and Woodworth, 2013; Bromwich *et al.*, 2103). Its most striking effects are the gradual inundation of wetlands and coastal lowlands, erosion of beaches, more frequent and severe flooding, and higher salinity in rivers, bays, aquifers, and wetlands (Vargas *et al.*, 2008; Sampath *et al.*, 2011). Increasing anthropogenic influence in coastal zones and in the Guadiana Estuary in particular, combined with the threats posed by predicted sea-level rise, necessitates the acquisition of scientific information about the estuary's present condition and long-term monitoring of changes in biochemical and geochemical parameters (Dias *et al.*, 2009).

Over the past decade, considerable scientific effort has been concentrated on the Guadiana Estuary to build up baseline knowledge about aquatic communities and water quality (Chícharo *et al.*, 2006a, b; Cravo *et al.*, 2006; Domingues *et al.*, 2005; 2007; 2012; Faria *et al.*, 2006; Morais *et al.*, 2009a; Rocha *et al.*, 2002). However, the

Guadiana's intertidal margins, which host thriving biological activity and exhibit a remarkable biodiversity (Gomes *et al.*, 2013), have not yet been treated in detail. Baseline data that are essential for predicting future scenarios and performing paleoenvironmental reconstructions are absent. To fill this gap, the present work provides an analysis of the spatial and seasonal variability of grain-size, pH and bulk organic matter proxies in the superficial sediments of the Guadiana's intertidal zones and the physicochemical parameters of the interstitial waters. Based on the integration of these data, it is expected to identify the major forcing factors under contrasting seasonal and hydrodynamic conditions. This will improve understanding of the functioning of this highly seasonal, regulated estuarine system, providing useful tools in integrated coastal zone management in the southern Iberian Peninsula.

2. STUDY AREA

2.1. Guadiana River Estuary

The Guadiana Estuary is one of the most important mesotidal fluvio-marine systems of the south-western Iberian Peninsula (Morales, 1997; Morales *et al.*, 2006). Its basin has Mediterranean climatic characteristics, with hot, dry summers, strong insolation and high evapotranspiration. The winters are relatively rigorous in the more elevated catchment zones (north, northeast) and become milder downstream (INAG, 2001). The river headland is located in Lagoas de Ruidera in Spain, at 1700 m altitude, and runs 810 km until reaching the Atlantic Ocean between the Portuguese town of Vila Real de Santo António and Spanish town of Ayamonte. The Portuguese stretch of the river is 260 km, of which 110 km delimit the border with Spain (INAG, 2001) (Fig. 1). The Guadiana Estuary represents a rich wetland zone, where saltmarshes dominate and salt pans, lagoons, tidal creeks, intertidal flats, barrier islands and sandy spits and many other habitats of high ecological value are found (Boski *et al.*, 2008). The wetland is noteworthy for its halophytic saltmarsh communities (Ramsar, *s.a.*), which carry out an essential role in the functioning and maintenance of healthy ecosystem status (Simonson, 2007). Before Alqueva Dam was commissioned, the hydrological regime of the Guadiana River was characterized by irregular discharges on both seasonal and inter-annual scales as a consequence of its dry Mediterranean climate and the poor permeability of its hydrological basin rocks. During periods of intense rainfall (deluges), the Guadiana flow could exceed 10 000 m³/s, contrasting with negligible flow during summer (MARETEC, *s.a.*). With artificial regulation, river flow is still dependent on climatic variability, but the effects of wet years are diminished (extreme flood episodes are controlled) and the effects of drought years are exacerbated. Data for rainfall and river discharges for the Guadiana River basin show a strong link with North Atlantic Oscillation (NAO) index patterns (Dias *et al.*, 2004). The NAO is the dominant mode of winter climate variability in the North Atlantic region, ranging from central North America to Europe and even into northern Asia. A negative NAO index (dry conditions in the northern latitudes) usually results in more rainfall in the southern latitudes of Europe, and subsequent flooding in

the river basin during winter months (Dias *et al.*, 2004).

Physically, the estuary extends some 79 km inland, beginning 7 km upstream of the town of Mértola (Lopes *et al.*, 2003). The estuary has a funnel shape, with an average width of 200 m at Mértola, progressively increasing to 600 m at the mouth (Lopes *et al.*, 2003), where it cuts into Pliocene sands (Morales, 1995; Morales *et al.*, 2006). The estuarine paleovalley is largely filled with sediments which accumulated during the last 14 Kyr (Boski *et al.*, 2008) and formed a delta that has been accreting since the Mid-Holocene stabilization of the sea-level (Morales *et al.*, 2006).

According to recent data (IH, 2012), the mean channel depth varies from 7 m in the upper estuary to 6.8 m in the middle part and 4.5 m in the lower part (Fig. 2).

Maximum turbidity is observed, depending on tides and river inflow, between 20–38 km upstream of the mouth (Dias *et al.*, 2001; 2004; Morais *et al.*, 2009a).

The combined effect of tides and freshwater inputs control the vertical mixing and stratification at the Guadiana Estuary. Its highly variable flow regime, together with the constriction of the flow within the narrow estuarine channel, promotes a high range in mixing conditions (Garel *et al.*, 2009). Well mixed (during spring tides) and partially stratified conditions (during neap tides) alternate during periods of low river flows; highly stratified conditions are observed during periods of high freshwater inflows (Oliveira, 2006; Garel *et al.*, 2009; Garel and Ferreira, 2011).

2.2. River and rainfall data

Daily river inflow was measured at Ponte Quintos hydrometric station (26L/01G), downstream of the last dam on the river's main course. Monthly rainfall data are derived from Reguengos meteorological station (23L/01G). Both data sets were obtained from the Portuguese National Water Institute's public database (<http://snirh.pt>).

According to river inflow and rainfall data for 2010 (SNIRH, 1995-2014), the sampling year for the present study, major discharges coincide with periods of higher precipitation (Fig. 3). The 2010 winter was very wet, with strong discharge periods (Q average 654 m³ s⁻¹), especially during March, when maximum discharge values of 2111.3 m³ s⁻¹ were registered in Ponte Quintos. Indeed, the winter 2009/2010 was notable for the record negative NAO index in the 187-year record of Jones *et al.* (1997) (cited in Osborn, 2001) indicating a very unusual nature of atmospheric circulation over the Atlantic/European region. The winter 2009/2010 (December to March average) value of the NAO index (-2.54) is considerably more negative than the previous four most negative index winters (1995/1996, 1962/1963, 1968/1969 and 1916/1917) which all had NAO indices close to -1.7 (Osborn, 2011; 2014).

The NAO index for 2010's summer period (June to September) was also negative, although increasing to -1.7 (Osborn, 2014). That summer was typically dry, with low precipitation verified only for June and September (Fig. 3) and low, controlled, discharges (Q average 52 m³ s⁻¹).

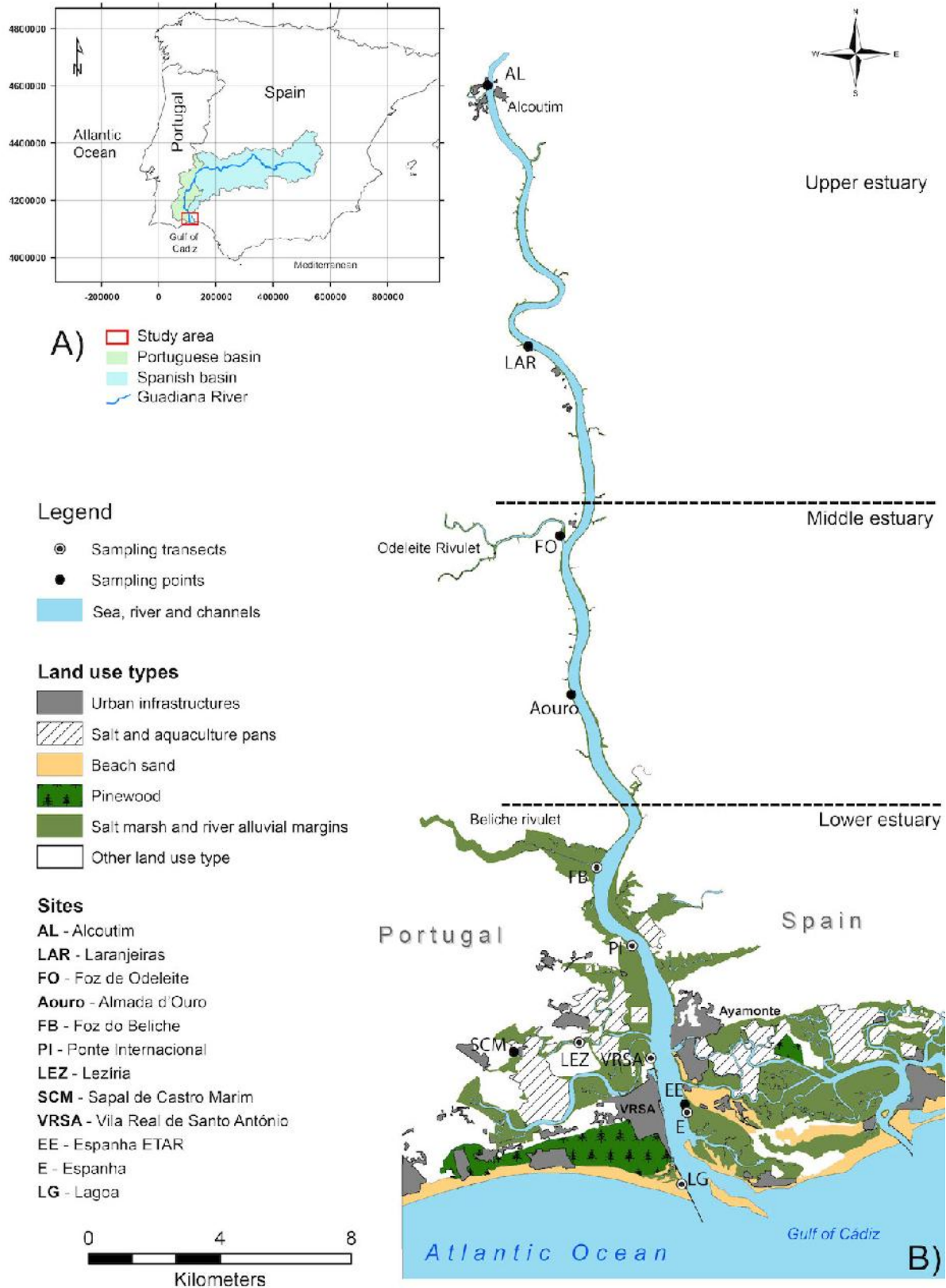


Figure 1. Localization of the study area; A) Geographical context of the Guadiana River basin in the Iberian Peninsula (Europe). Adapted from chguadiana.es (2012). Coordinate system: Datum ETRS89 UTM Zone 30N; B) Study area: Map of Guadiana River Estuary with site location.

Figura 1. Localização da área de estudo; A) Contexto geográfico da bacia do Rio Guadiana na Península Ibérica (Europa). Adaptado de chguadiana.es (2012). Sistema de coordenadas: Datum ETRS89 UTM Zona 30N; B) Área de estudo: mapa do Estuário do Rio Guadiana com a localização das estações de amostragem.

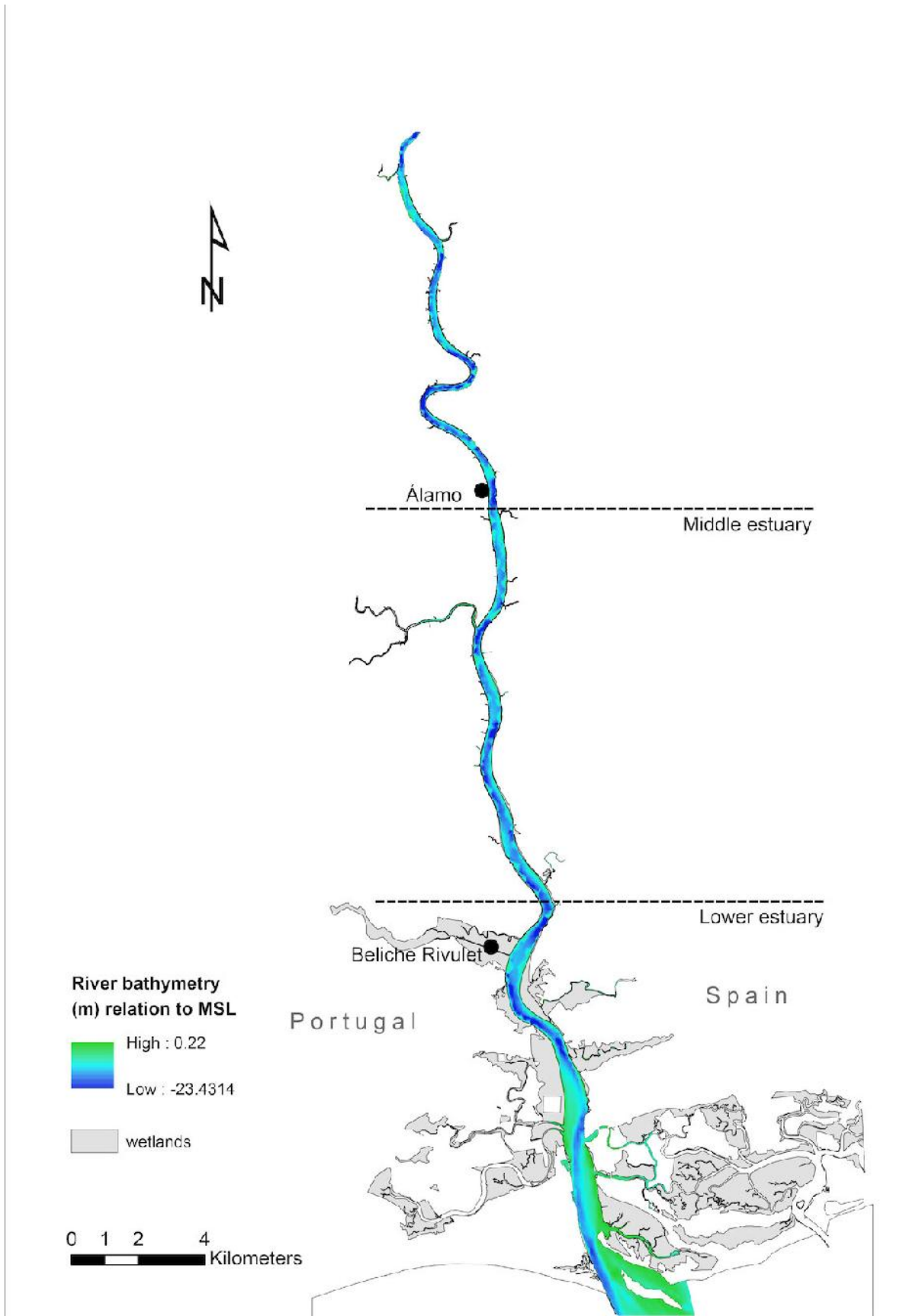


Figure 2. Guadiana Estuary - spatial division and bathymetry.

Figura 2. Estuário do Rio Guadiana – divisão espacial e batimetria.

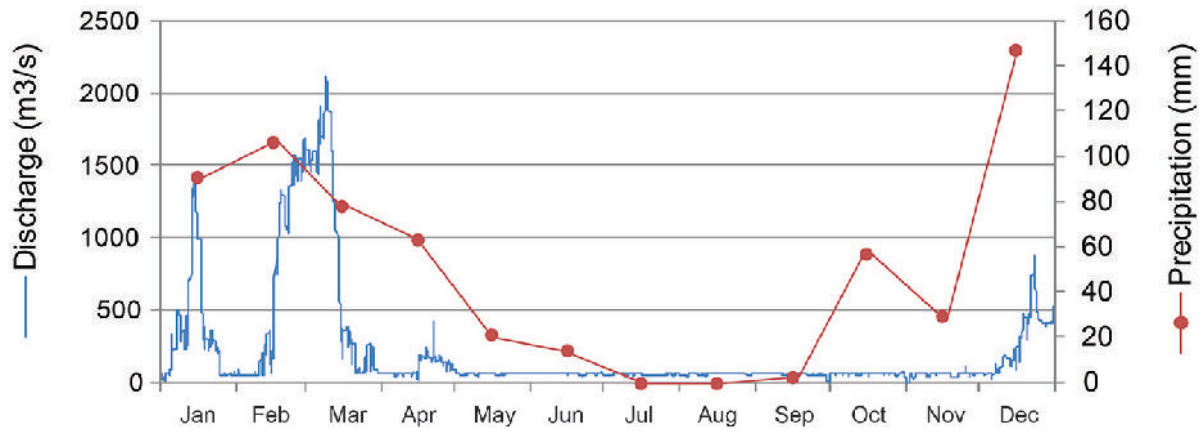


Figure 3. Daily discharge values during 2010 registered at Ponte Quintos hydrographic station (26L/01H) and monthly precipitation values during the same year at Reguengos meteorological station (23L/01G) (SNIRH, 1995-2014).

Figura 3. Valores de descarga diária durante o ano de 2010, registados na estação hidrográfica de Ponte de Quintos (26L/01H) e valores de precipitação mensais durante o mesmo ano, medidos na estação meteorológica de Reguengos (23L/01G) (SNIRH, 1995-2012).

3. MATERIAL AND METHODS

3.1. Sampling strategy

During 2010, two field campaigns were carried out, one in winter and another in summer, in the most contrasting environmental conditions. Sampling extended over 34 km, from the river mouth upstream, to the locality of Alcoutim (Fig. 1), thus covering the entire estuary in chemical sense (significant saline intrusion) and an important part of the estuary in physical sense (tidal physical effects). Geographic coordinates for the twelve sampling locations appear in Table A1, Appendix A.

In the middle and upper estuary, one sample was collected at each site due to lack of saltmarsh zonation. In the lower estuary, where the environmental zonation is well-marked due to the stronger effect of the tidal range, several sediment samples were collected along transects aligned perpendicular to the river. The transects were placed according to the vertical zonation of halophytic vegetation from unvegetated mud-flats to the higher levels of the marshlands (e.g., Fig. 4). From the twelve different sites, six individual samples and six transects were collected, resulting in a total of 50 samples (24 in winter and 26 in summer). Sites AL and PI1 were not sampled in winter due to adverse weather. The sampling points were georeferenced using a differential Global Positioning System (d-GPS), a Trimble 5800 mobile unit, and a Nikon DTM 310 Total Station. Elevation values were measured in relation to mean sea level (MSL) (Fig. 4). The elevation gradient was divided in three levels: *upper marsh* (samples collected at 1–2 m above MSL), *middle marsh* (0–1 m above MSL), and *lower marsh* (-1–0 m in relation to MSL). The longitudinal position with respect to the estuarine channel was divided into lower, middle and upper estuary (Fig. 1) (Boski et al., 2006).

Sample collection and physicochemical measurements were always performed during ebb tide. At each sampling

point, ca. 300 g of the uppermost 2–3 cm of sediment were collected for bulk organic matter and sedimentological analyses. Salinity (Sal), temperature (T) and dissolved oxygen (DO) in the sediment interstitial water were measured *in situ* using an Ysi 556 MPS handheld multiparameter probe. Sediment pH (pHsed) was measured at the sediment surface with a waterproof portable pH-meter, model *spear*, from EUTECH.

3.2. Granulometry

Prior to granulometric analysis, organic matter content was removed with H_2O_2 (33%). Size distribution of the fine grained samples was measured with a Malvern Mastersizer X laser particle-size analyzer. For mixed samples (containing both fine and coarse sediments) ca. 100 g were weighed, washed and separated using a 63 μ m sieve, resulting in coarser and finer fractions. The coarser fraction was dry sieved through a set of stainless steel sieves (half-phi intervals) in a sieve shaker (Retsch AS 200 base, for 10 minutes at 50% amplitude). Each dimensional component of the finer fraction was determined based on its sedimentation velocity, evaluated by aliquot pipette sampling, according to Stokes law (Lewis and McConchie, 1994a, b).

Statistical analyses of grain size were performed in GRADISTAT (Blott and Pye, 2001). The sediments were divided into gravel, sand and mud (i.e. silt and clay) (Folk, 1954). Granulometric mean, sorting, skewness and kurtosis, were also calculated for bulk sediment through the Folk and Ward (1957) method, based in a Log-normal distribution (geometrically) and expressed in metric units.

3.4. Elemental analysis

Total organic carbon (TOC), total inorganic carbon (TIC) and total nitrogen (TN) from the bulk sediment were analysed using gas chromatography. Prior to analysis samples

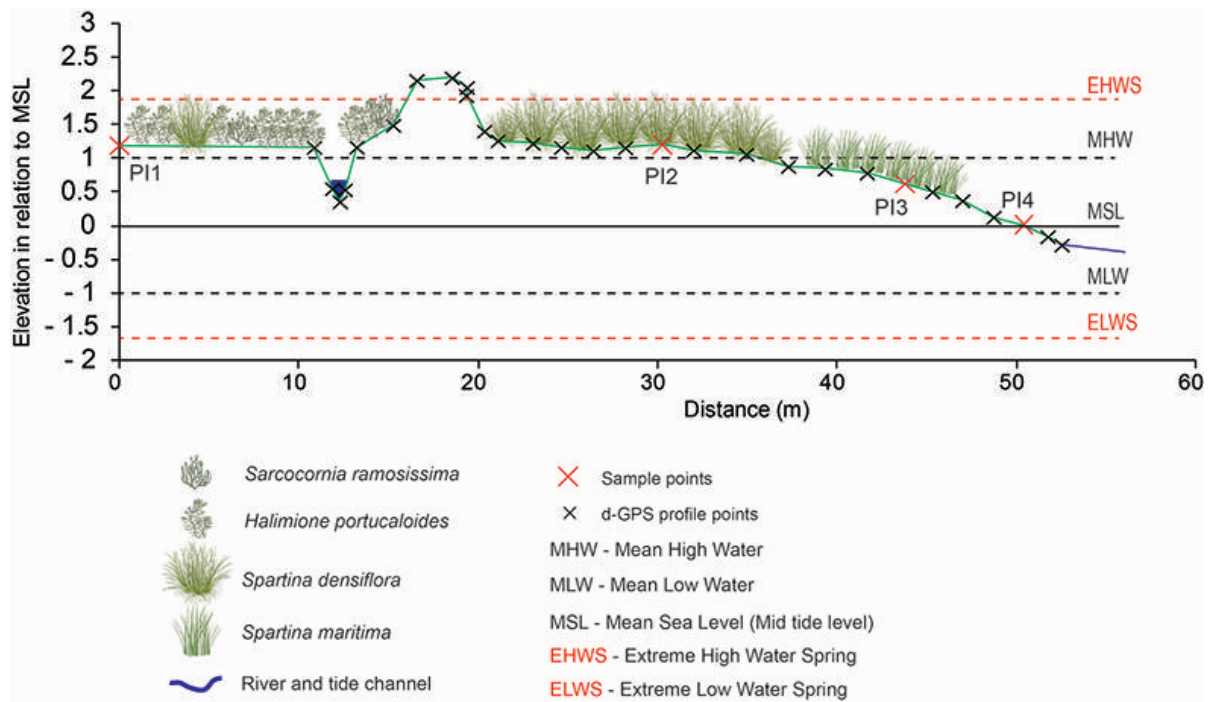


Figure 4. Halophytic and topographic characterization of PI profile, one of the seven surveyed profiles.

Figura 4. Caracterização da topografia e da flora halófito do perfil PI, um dos sete perfis estudados.

were lyophilized, then finely ground and homogenized in an agate micromill. Two aliquots of about 20 mg were packed into tin and silver cups. The aliquots packed in silver cups were decarbonated using 25% HCl, prior to analysis in an EA 1108 Carlo Erba C/H/N/S Elemental Analyzer (Detection Limit of 10 ppm). The tin cup aliquots were directly analyzed without any pre-treatment. TN and TOC content were obtained from direct instrumental reading of a decarbonated sample and TIC content was calculated from the difference between the total carbon (TC) reading of an untreated sample and TOC. In the present work, C/N ratios are used as proxy of organic matter (OM) following Meyers (1994). According to this author, C/N may be used to distinguish between OM provenances in estuaries, since autochthonous marine organisms rich in proteins have much lower C/N values than terrestrial plants. The C/N ratio ranges followed are those presented by Bordovskiy (1965): 5.7 for actively growing marine phytoplankton; 6-9 are typically reported for autochthonous marine-derived OM; whereas values greater than 12 are usually found in terrestrially derived OM (vascular plant material).

3.5. Data analysis

The sediment type (mud, sand and gravel) was represented graphically using ArcView software, according to elevation relative to mean sea level (tidal exposure) and latitudinal (distance to sea) gradients. The parameters were cross-correlated to highlight their main relationships using Pearson's or Spearman's coefficients, depending on the normality of the data, through STATISTICA, version 7.

4. RESULTS

4.1. Granulometry

A general, statistically significant (Table 1), trend of increasing grain-size from higher to lower saltmarsh was observed at each sampling location (Fig. 5).

With the exception of sample VRSA1, which comes from a disturbed area of sandy sediment, the remaining upper marsh samples are characterized by more than 90% mud content, of which 63-80% are silt fractions (Tables B.1 and B.2, Appendix B). The sediments were classified as fine to medium silt and were poorly sorted, symmetrical and trendily mesokurtic (Table 2).

At the other extreme, the lower saltmarsh zones had the coarsest sediments, with 51-87% sand content (Tables B.1 and B.2, Appendix B). Bioclasts contribute to the gravel fraction, representing up to 7% of the total sediment in samples from the left (Spanish) side of the estuary (stations EE and E2, Fig. 5). Sediments were classified as very coarse silt to fine sand and were very poorly sorted. The sediment distribution was very finely skewed and very leptokurtic (Table 2).

Seaward sediment coarsening was observed in the 0–1 m elevation interval (Fig. 5 and Tables B.1 and B.2, Appendix B). Although statistically insignificant, a positive relationship was found between latitude (distance to sea) and mud and a negative relationship between latitude and sand and gravel (Table 1).

Table 1. Spearman's Rank Correlation (R) or **Pearson Correlation Coefficient** (r) between all spatial and physico-chemical variables. According to the normality of the variable, (R) or (r) is indicated for each pairwise, and are significant for $p < 0.01$ (**) and for $p < 0.05$ (*).

Tabela 1. Coeficientes de correlação, Spearman's Rank (R) ou Pearson (r), entre todas as variáveis espaciais e físico-químicas. De acordo com a normalidade das variáveis, (R) ou (r) é indicado para cada conjunto de variáveis e é considerado significativo para $p < 0.01$ (**) e para $p < 0.05$ (*).

Winter											
	TOC	TIC	TN	C/N	Sal	DO	T	pH _{sed}	mud	sand	gravel
Elev	0.55**	-0.01	0.47*	0.43*	-0.32	0.50	-0.56*	-0.21	0.62**	-0.60**	-0.15
Lat	0.10	-0.52**	-0.01	0.71**	-0.74**	0.33	-0.48	-0.21	0.37	-0.36	-0.39
TOC	-	0.32	0.75**	0.39	-0.09	0.12	-0.72**	-0.52**	0.78**		
TIC	0.32	-	0.33	-0.33	0.58*	-0.52	0.11	0.03	0.04		
TN	0.75**	0.33	-	0.21	0.05	-0.04	-0.76**	-0.51*	0.75**		
C/N	0.39	-0.33	0.21	-	-0.52	0.48	-0.24	-0.27	0.50*		
Sal	-0.09	0.58*	0.05	-0.52	-	-0.17	0.15	0.22	-0.19		
DO	0.12	-0.52	-0.04	0.48	-0.17	-	-0.33	-0.14	0.29		
T	-0.72**	0.11	-0.76**	-0.24	0.15	-0.33	-	0.59*	-0.72**		
pH _{sed}	-0.52**	0.03	-0.51*	-0.27	0.22	-0.14	0.59*	-	-0.53**		
Summer											
	TOC	TIC	TN	C/N	Sal	DO	T	pH _{sed}	mud	sand	gravel
Elev	0.26	0.11	0.23	-0.04	0.03	-0.34	-0.22	0.18	0.65**	-0.64**	-0.15
Lat	0.06	-0.44*	0.04	0.19	-0.85**	0.50	-0.38	-0.23	0.19	-0.19	-0.4*
TOC	-	0.23	0.98**	-0.19	0.02	-0.26	-0.56*	-0.40*	0.60**		
TIC	0.23	-	0.21	0.08	0.30	-0.33	-0.05	0.37	0.02		
TN	0.98**	0.21	-	-0.35	0.03	-0.29	-0.55*	-0.43*	0.57**		
C/N	-0.19	0.08	-0.35	-	-0.34	0.43	0.09	0.41*	-0.24		
Sal	0.02	0.30	0.03	-0.34	-	-0.70**	0.23	0.19	-0.21		
DO	-0.26	-0.33	-0.29	0.43	-0.70**	-	0.02	-0.10	-0.08		
T	-0.56*	-0.05	-0.55*	0.09	0.23	0.02	-	-0.01	-0.53		
pH _{sed}	-0.40*	0.37	-0.43*	0.41*	0.19	-0.10	-0.01	-	-0.56**		



Figure 5. Diagrams showing the variation of mud, sand and gravel content along a north/south and elevation (relative to mean sea level) gradients of the Guadiana Estuary, during winter and summer.

Figura 5. Diagramas de variação do conteúdo em finos, areias e cascalho ao longo dos gradientes Norte/Sul e de elevação (em relação ao nível médio relativo do mar) do Estuário do Guadiana, durante o Inverno e Verão.

Table 2. Synthesis of the main sedimentological parameters along the Guadiana Estuary's margins. Elevation (Elev) is relative to mean sea level (see text, section 3.1).**Tabela 2.** Síntese dos principais parâmetros sedimentológicos das margens do Estuário do Rio Guadiana. Elevação (Elev) é medida em relação ao nível médio do mar (ver texto, secção 3.1).

Season	Winter			Summer		
Elev MSL (m)	1 - 2	0 - 1	- 1 - 0	1 - 2	0 - 1	- 1 - 0
Granulometric mean (μm)	fine silt to medium sand	fine silt to medium sand	very fine sand to fine sand	fine silt to fine sand	fine silt to fine sand	very coarse silt to fine sand
max	278.16	287.97	219.97	201.99	141.83	248.50
min	6.63	5.68	66.66	6.44	5.81	41.50
mean	46.23	42.30	125.41	31.68	29.17	138.65
SD	102.28	79.74	62.07	68.83	36.25	78.17
Sorting	poorly sorted	very poorly sorted	very poorly sorted	poorly sorted	very poorly sorted	very poorly sorted
max	4.32	9.32	8.93	4.27	7.27	6.82
min	1.90	1.98	2.31	1.70	2.54	2.58
mean	3.67	5.17	4.56	3.59	4.94	4.10
SD	0.81	1.72	2.57	0.82	1.21	1.67
Skewness	symmetrical	very fine skewed to coarse skewed	very fine skewed	symmetrical	fine skewed	very fine skewed
max	-0.01	0.19	0.16	-0.03	0.01	-0.01
min	-0.11	-0.62	-0.64	-0.14	-0.61	-0.61
mean	-0.06	-0.08	-0.35	-0.09	-0.21	-0.43
SD	0.03	0.21	0.35	0.04	0.22	0.24
Kurtosis	leptokurtic	mesokurtic	very leptokurtic	mesokurtic	mesokurtic	very leptokurtic
max	1.61	1.87	2.88	1.53	2.42	3.23
min	1	0.68	0.74	0.96	0.75	0.69
mean	1.12	1.02	1.87	1.07	1.04	1.80
SD	0.22	0.33	0.85	0.19	0.43	0.94

4.2. Elemental parameters

Sediment TOC values were highly variable (0.2–9%) with no significant differences between winter and summer (Table 3). Mean TOC content decreases from the upper (3.6%) to the lower marshes (1.4%) (Tables 1 and 3). A relatively strong positive correlation between TOC and mud content was found in both seasons (Table 2). TN content varied between 0.02 to 1.1% (Table 3) and was strongly positively correlated with TOC in both seasons ($R > 0.96$). TOC and TN tend to increase upstream (Table 3), although no significant correlation was observed (Table 1).

C/N ratios are quite homogeneous along the estuary,

ranging from 6 to 12 in the majority of samples (Table 3). Only a few samples had C/N values > 12 , including FB1 in winter with 15.3. The lowest C/N occurred at the E2 site in winter, but may be unreliable as its TOC value is lower than 0.3%, the minimum necessary to reliably calculate C/N (Meyers, 1997).

There was a decrease in C/N from the upper to lower marshes in winter (Tables 1, 3). In summer this trend was not evident. C/N had a positive, relatively strong correlation with latitude in winter ($R = 0.71$), with the highest values in the northernmost samples, but this trend was not evident in summer.

Table 3. Elemental and physico-chemical parameters of the sediment samples collected in winter and summer.**Tabela 3.** Parâmetros elementais e físico-químicos das amostras de sedimento colhidas no Inverno e no Verão.

Sample	Elev (MSL) m	winter								summer							
		TOC	TIC	TN	C/N	pHsed	Sal	DO%	T°C	TOC	TIC	TN	C/N	pHsed	Sal	DO%	T°C
AL	0.209									2.10	0.01	0.20	10.70	6.63	0.18	92.1	24.78
LAR	0.311	1.98	0.21	0.17	11.55	7.19	0.25	104.5	12.62	0.57	0.04	0.06	10.02	7.30	0.18	85.3	25.66
FO	0.334	1.42	0.08	0.16	8.65	7.39	0.13	89.1	14.31	8.95	0.64	0.69	12.99	6.77	0.22	78.8	26.46
Aouro	0.532	2.00	0.06	0.16	12.58	7.38	0.23	106.6	13.11	1.16	0.19	0.13	9.17	7.69	0.43	73.4	26.79
FB1	1.432	6.25	0.28	0.41	15.31	6.96				2.36	0.42	0.30	7.85	6.58			
FB2	0.752	2.32	0.30	0.22	10.47	6.95				2.21	0.09	0.27	8.31	6.42			
FB3	0.471	3.12	0.21	0.27	11.38	6.84	0.24	85.3	12.87	3.24	0.22	0.30	10.81	6.73	2.81	76.4	26.35
PI1	1.188									4.16	0.00	0.57	7.40	6.38			
PI2	1.198	3.09	0.15	0.36	8.67	7.28				3.47	0.09	0.37	9.47	6.00			
PI3	0.614	2.10	0.18	0.27	7.87	7.73				2.35	0.29	0.23	10.03	6.77			
PI4	0.011	1.83	0.01	0.21	8.93	7.37	0.24	111.3	12.46	1.58	0.03	0.18	8.91	6.48	9.33	59.9	28.75
LEZ1	1.317	7.16	0.61	0.74	9.63	7.69				5.94	0.51	0.58	10.26	6.57			
LEZ2	1.062	2.17	0.32	0.26	8.28	7.34				2.63	0.29	0.29	9.04	7.02			
LEZ3	0.202	1.65	0.03	0.23	7.15	6.22	1.21	98.1	12.36	1.90	0.20	0.22	8.63	6.43	24.13	57.2	26.97
SCM	1.96	3.40	0.48	0.31	11.06	7.01	14.30	115.0	12.43	5.12	0.38	0.44	11.60	6.98	26.10	35.2	20.18
VRSA1	1.21	0.96	0.57	0.15	6.58	7.81	1.16	94.5	13.06	0.30	0.80	0.03	9.06	7.98	35.48	65.3	27.35
VRSA2	1.03	5.64	0.43	0.56	10.04	6.95				0.70	0.18	0.08	8.65	6.50			
VRSA3	0.29	1.17	0.02	0.14	8.37	6.86				0.63	0.03	0.10	6.60	6.67			
VRSA4	-0.47	0.18	0.31	0.02	8.32	7.43	3.01	99.5	15.67	4.75	0.02	0.62	7.73	6.63	28.04	60.4	26.38
EE	-0.743	0.54	0.87	0.07	7.62	7.62	1.42	78.2	14.32	0.48	0.33	0.04	12.55	7.44	4.03	65.0	26.84
E1	0.574	0.30	0.01	0.04	7.80	7.70	0.48	106.3	14.87	0.81	0.09	0.07	12.38	7.00	35.61	68.6	28.23
E2	-0.066	0.22	0.83	0.04	5.89	7.53				0.31	0.77	0.03	10.52	7.02			
E3	-0.743	0.79	0.20	0.09	8.44	7.76	1.61	91.3	14.72	0.67	0.14	0.06	12.00	6.98	22.34	83.7	29.57
LG1	0.397	8.17	2.00	1.05	7.78	6.44				6.66	1.21	0.90	7.37	6.50			
LG2	0.167	6.03	0.71	0.83	7.27	6.86				5.66	0.87	0.77	7.33	6.74			
LG3	-0.09	2.33	0.60	0.34	6.86	7.42	27.79	69.0	13.93	3.27	0.60	0.39	8.35	7.64	35.97	44.4	25.20

Carbonate content and availability of CaCO_3 in the Guadiana Estuary were inferred from TIC variations. TIC values varied from 0 to 2%, with no major differences between winter and summer. No TIC gradation was found in relation to elevation (Tables 1 and 3). This is also in accordance with microscopic observations (unpublished results), which yielded low counts of autochthonous living meiofauna in the upper and middle marshes, although some of the samples of high marsh yielded significant numbers of epifaunal organisms (gastropods). In the lower marshes, both autochthonous meiofauna (live juvenile bivalves, ostracodes and foraminifera) and reworked bioclasts contributed to TIC. Middle marsh samples had the lowest TIC concentrations in both seasons. TIC variation with latitude suggests a seaward gradient, with the lowest values in the upper estuary (0.17%) and the highest values in the lower estuary (0.39%) (Tables 1 and 3). A moderate positive correlation was found between TIC and salinity (Table 1), only significant in winter.

4.3. Physicochemical parameters

Salinity values varied considerably between winter and summer, especially in the lower estuary. In winter, salinity was very low along the entire estuary (0.13 to 3, Fig. 6). Only SCM (a saltworks pond) and LG3 (a tidal pond) presented higher values, 14.3 and 27.8, respectively. In summer, no major differences were found in the mid-

upper estuary, in which values remained lower than 1 for all samples. However, from the FB3 site towards the mouth, salinity tended to increase gradually, reaching normal seawater values at the southernmost site LG3 (Fig. 6). All the confined sites (SCM, VRSA1, E1 and LG3) exhibited high salinities during summer, varying from 26 to 36, at SCM and LG3, respectively. Site EE retained a low salinity value (Table 3) due to continuous freshwater flow from the Ayamonte Sewage Treatment Plant (ASTP). Wastewater influx may influence salinity in the southern areas of the estuary, since the E3 site also registers a lower salinity than the sample immediately upstream.

The dissolved oxygen (DO) signal exhibited considerable seasonal differences. In winter, DO values were higher, varying from 69 to 115%, and lower in summer, varying from 35 to 92% (Fig. 6 and Table 3). These differences were more evident in the lower estuary. In both seasons there was upstream increase in DO (Fig. 6). Thus, DO exhibits an opposing trend to salinity that is more evident in summer ($R = -0.70$).

Unsurprisingly, the temperature (T) signal is quite different in winter and summer (Fig. 6). In winter the values varied between 12.4 and 15.7°C, whereas in summer values ranged from 20.2 to 29.6°C. A moderate negative correlation was observed between T and elevation in both seasons, significant only in winter (Table 1).

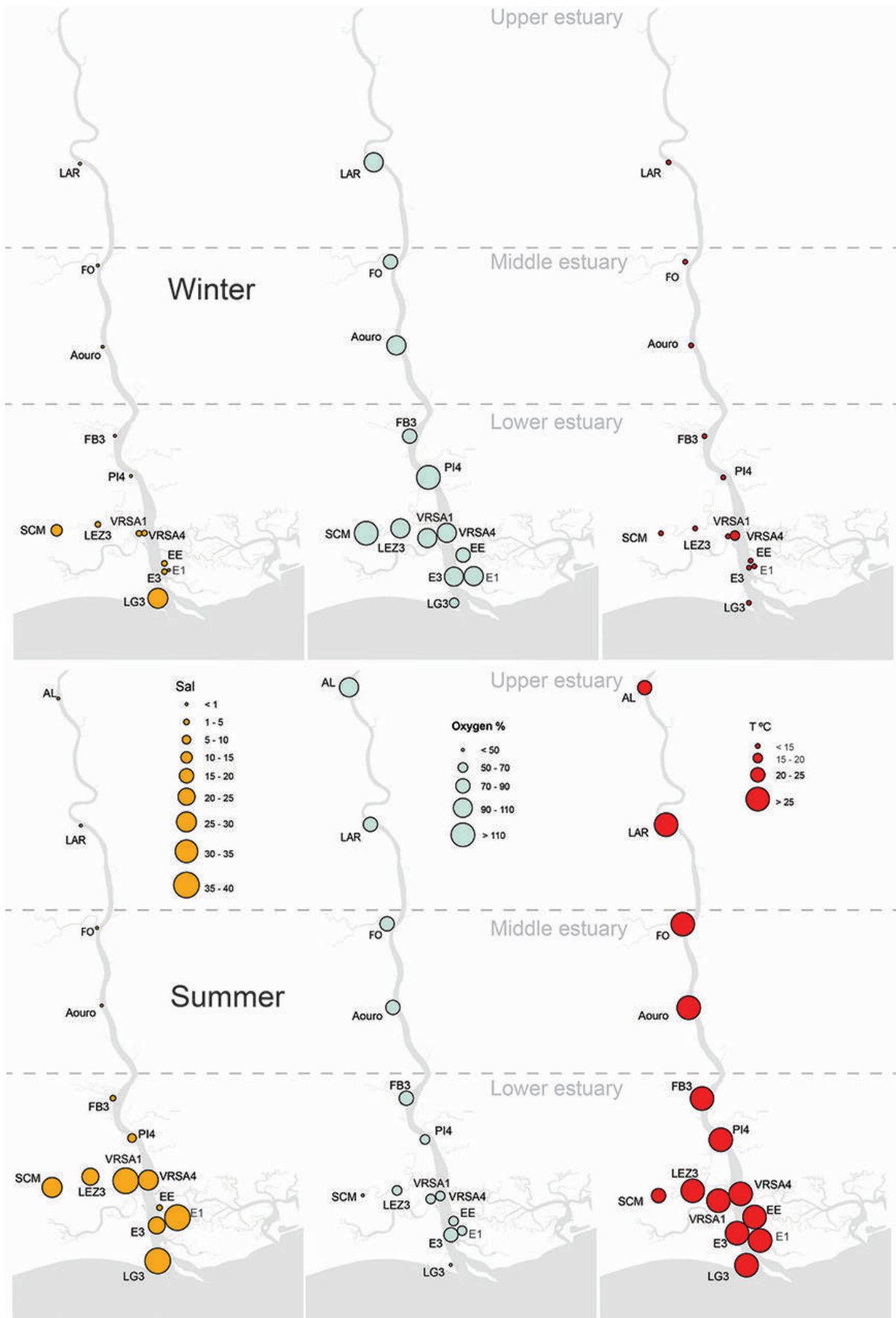


Figure 6. North–south variation of salinity, dissolved oxygen (%) and temperature (°C) along the Guadiana Estuary during winter and summer.

Figura 6. Variação Norte/Sul dos valores de salinidade, oxigénio dissolvido (%) e temperatura (°C) ao longo do Estuário do Guadiana, durante o Inverno e Verão.

Temperature correlated negatively with both TOC and TN. These covaried and were positively correlated with elevation and especially with mud content (Table 1). Despite the strength of the relationship between T, TOC and TN, it seems that these variables are independent and that their inverse relationship stems from T relationships with elevation, which in turn, control TOC and TN content.

Temperature exhibited a negative correlation with latitude and positive with salinity, although not significant in either seasons (Table 1). Temperature relationships with DO differed in winter (negative) and summer (positive).

Although exhibiting similar ranges of variation in both seasons, pH_{sed} values were slightly higher in winter (Table 3). No significant relationship was found between pH_{sed} and DO, although the negative correlation (Table 1). There was no obvious pH_{sed} gradient in relation to marsh elevation, although the lowest values were always found in the mid-upper marshes and the highest values in the lower marshes. Again, the upper marsh sample VRSA1 was an outlier, having the highest pH_{sed} in both seasons.

During both seasons there was a negative correlation between pH_{sed} and mud content, TOC and TN (Table 1).

5. DISCUSSION

5.1. Physicochemical proxies

Except for pH_{sed} , physicochemical parameters varied strongly seasonally, especially in the lower estuary. Observed salinity variations are in accordance with those of other authors (Dias *et al.*, 2001; Garel *et al.*, 2009; Rocha *et al.*, 2002), who identified a salt wedge in the lower estuary during winter and freshwater dominance during high flows. During summer, river flows are negligible and the estuary is tidally dominated, causing strong vertical mixing of salinity during spring tides and strong saline intrusion during neap tides (Rocha *et al.*, 2002). The extension of saline intrusion depends on tidal phase (Dias *et al.*, 2001). In the present work, significant saline intrusion (2.8) was observed until FB site (Beliche Rivulet, ≈ 8 km from the river mouth) during a low spring-tide phase. For the same distance and same tide phase, a similar value ($\approx 3\%$) was found by Michel and Wollast (1978) prior to the construction of the biggest dams (November, 1977). Their detailed measurements showed that saline intrusion was still significant 3 km upstream of the FB site.

Dissolved oxygen (DO) concentrations were higher in winter and upstream. Temperature was higher in summer but had no significant relationship with latitude. The opposing trends observed between DO and temperature are in agreement with Garel and Ferreira's (2011) data, which show opposite trends in the same tidal phase during different seasons. In other words, during the ebb phase, T decreased and oxygen increased in winter, whilst T increased and oxygen decreased in summer.

The most extreme seasonal variations were observed in the confined waterlogged areas in the high marsh zone. In winter, when the contribution of river water and rainwater is higher, low salinities, high oxygen values and low temperatures are characteristic. In summer, when insolation and evaporation are the most important factors, salinity increases, oxygen decreases and temperature increases.

Sediment pH exhibited lower seasonal variation than other proxies, with a slight increase in winter. Values were not as high as would be expected for seawater (7.4 to 8.4), nor as low as for river water (*ca.* 5) (Suguio, 2003). In sediment, pH reflects a mixture of both saltwater and freshwater inputs, as well as the quantity of organic matter present. Marsh sediments are rich in organic matter, especially from halophytic vegetation, which, along with bioactivity, promotes reducing conditions (Suguio, 2003). Phleger and Bradshaw (1966) found a positive relationship between pH_{sed} and oxygen in a diurnal cycle, being strongest during daytime, when marsh plants are producing oxygen, and during flood tide, when high pH, highly oxygenated water is being introduced from the sea. In the present work, DO values were highest during winter, although a negative, non-significant relationship was found between pH_{sed} and DO. Garel and Ferreira (2011) found diurnal and tidal factors are the major forcing factors linking water pH and oxygen. However, this trend is invalidated when river flow plays a part. For periods of high freshwater (oxygen-saturated) discharge, oxygen increases substantially and pH values decrease abruptly (Garel and Ferreira, 2011).

During both seasons there was a negative relationship between elevation, TOC, TN and mud content with pH_{sed} . This is expected due to the yield strength and viscosity of cohesive sediments (Sornin, 1983), entrapping organic matter that in turn is decomposed by microbial activity, increasing reduction potential (Bale and Kenny, 2005).

The present study shows that the physicochemical parameters are intrinsically related and that their variations are strongly dependent in seasonal and spatial patterns. Recent modeling predicts that summer drought scenarios will be exacerbated (Santos *et al.*, 2002). Under these conditions, higher water temperature, higher salinities and lower oxygen concentrations are expected, such as was evident in our summer data set. Such strong seasonal differentiation can affect biochemical processes and trophic structure, with impacts on the abundance, biomass and distribution of fish assemblages (Chícharo *et al.*, 2006b), and general biodiversity changes, with some native species being replaced by non-native species adapted to the low flow, warmer conditions (Chícharo *et al.*, 2009; Encarnação *et al.*, 2013; Morais, 2008; Morais *et al.*, 2009b).

5.2. Sediment dynamics

The present data point to a slight increase in the proportion of coarser sediments in the estuary during winter, especially in the lower estuary. In a bedrock-controlled estuary such as the Guadiana, a seaward sediment-size gradient is to be expected due to the energetic textural bipolarity (river \times tidal/sea energy), in which fluvial sediment is reworked from the river to the sea by ebb currents and flood currents introduce marine sediment into the estuary (Morales *et al.*, 2006). During tidal cycles, fluvial sediments are mixed with marine sediments in the lower estuarine channel, where active sedimentation takes place on the lateral bars (Morales *et al.*, 1997; 2006). This process is most pronounced on the left margin (Spanish side), where the channel is shallower (probably with lower velocity currents) and overwash

deposits are visible. This may explain the incidence of gravel-bioclasm deposits in samples from the Spanish side, especially in summer when the hydrodynamic processes are predominantly sea-dominated (Machado *et al.*, 2007). The poor sorting of the sediments deposited in the marsh banks is related to changes in energy resulting from different tidal conditions as well as seasonal hydrodynamics (Dias *et al.*, 2001), whereas skewness, which ranges between symmetrical to very fine skewed, reflects the efficiency of fine-fraction transport from the banks to the water.

The upper marsh zone (1–2 m) comprises muddy sediments, composed mostly of silts, which are transported in suspension by the river. Fine sediment is deposited in the upper marsh (during the flood peak) where the hydrodynamism is reduced and tidal currents and wind waves are buffered by dense halophytic vegetation (Sen Gupta, 1999). The upper marshes are then flood-dominated, promoting vertical accretion and therefore decreasing the export of fine sediment to the ocean. Since mud is quite resistant to erosion due to its high yield strength and viscosity (Sornin, 1983), continuous sedimentation during tides that overtop the marsh banks contributes to extending the muddy margins across the alluvial plain.

Mid and low marshes have an increasingly sandy composition, meaning that they are ebb dominated with efficient seaward export of fine sediments. Additionally, the vegetation of these zones is sparse (mainly composed by *Spartina maritima*) or absent, and therefore less effective in dissipating current energy, which increases with the proximity to the bypassing subtidal zone (Morales *et al.*, 2006; Dias *et al.*, 2001). Coarser granulometry and exposure to tidal currents combine to promote erosion rather than deposition in this zone. Hydro-sedimentary processes within the estuary are the consequence of the balance between freshwater discharge (spring freshets), tidal currents and sediment supply and can therefore be modified by climatic changes, sea-level fluctuations and human action. Our observations suggest that, during wet seasons, when larger amounts of water carrying fluvial sediments are released into the estuary, the dominant hydrodynamic conditions are not conducive to sediment deposition and marsh accretion. On the other hand, artificial regulation is preventing the occurrence of the typical freshets responsible for the washing out of coarser sediments into the continental shelf. Instead, these sediments are accumulating at the mouth of the estuary. During the dry season, although the low hydrodynamic conditions enable sediment deposition due to the increased residence time of the particles (Machado *et al.*, 2007), suspended sediment input is low. Since the Alqueva Dam was commissioned, freshwater discharge into the estuary has remained low throughout the year (generally $< 20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) (Garel and Ferreira, 2011). During the dry season this scenario is aggravated with frequent nil discharges (SNIRH, 1995-2014) and negligible fine sediment deposition in saltmarsh zones. During this season the estuary is essentially dominated by tidal forcing, with increment of fine (ilite) and coarser sediments (quartz) related to the entrance of saline water during flood periods (Machado *et al.*, 2007). Marsh erosion during flood events, accumulation of coarser sediments in the river mouth (of both fluvial and marine origin) and fine sediment starvation

contribute to a disequilibrium of both vertical and horizontal deposition, changing the topography of the estuary and its hydrodynamic processes, especially the velocity of the ebb/flood tides (Healey *et al.*, 1981) and the tidal prism (D'Alpaos *et al.*, 2006). This effect causes, in turn, impact on the ecological balance of the estuary. Sediment starvation and erosion will alter the density and composition of the halophytic vegetation which, consequently, plays an essential role in the sedimentation process, retarding currents and promoting retention of suspended sediments (Costa, 2001). The expected long-term trend will be the disappearance of marshes, with knock-on effects on ecosystems, economic activities and tourism potential.

5.3. Sedimentary organic matter and carbonates

The origins, pathways and fates of sedimentary organic material within an estuary can be useful in the reconstruction of the paleo-hydrodynamic processes involved in the estuary formation. Organic matter and sedimentological parameters are often used as important proxies for saltmarsh evolution (*e.g.*, Boski *et al.*, 2002, 2008; Drago *et al.*, 2004; Freitas *et al.*, 2002; González-Vila *et al.*, 2003; Schuerch *et al.*, 2012). Decreasing TOC content from upper to lower elevations is strongly related to tidal circulation patterns (Suguoio, 2003), which promote marked differences in vegetation zonation, water circulation velocities and, consequently, sediment granulometry. In the marginal sediments of the Guadiana Estuary, the highest TOC values were observed in the upper marshes, where hydrodynamics are reduced, vegetation is abundant and the sediments are finer, cohesive, less porous and consequently, less permeable. In the lower marshes, higher sand content increases porosity, allowing efficient water circulation and enabling resuspension and oxidation of deposited organic matter. These relationships between elevation, grain size and organic matter have also been observed in other estuarine environments around the world (CSIRO, 2000; Goñi *et al.*, 2003; Middelburg *et al.*, 1997; Zhou *et al.*, 2007). In the Guadiana Estuary, the relationship between TOC and elevation may be enhanced during winter due to stronger hydrodynamics in the estuary, promoting more efficient sorting of both organic matter and sediments.

The homogeneous C/N ratios (usually between 6 and 12) found along the estuary suggests that organic matter is largely controlled by mixing of aquatic (autochthonous – C/N = 6-9) and terrestrial end members (C/N = 9-12). A higher contribution was expected from saltmarsh vascular plants as they are reported to be the dominant sources of organic matter in these ecosystems (Canuel *et al.*, 1997). Nevertheless, C/N values typical of marsh plants are much higher (Zhou *et al.*, 2006) than those found in the sediments of Guadiana Estuary, suggesting that the contribution from marsh plants is relatively low and that the main source of sedimentary organic matter is aquatic. This trend had been earlier observed by other authors (Boschker *et al.*, 1999; Canuel *et al.*, 1997; Ember *et al.*, 1987). The inverse relationship between C/N and elevation observed in both seasons can be explained by the hydrodynamic conditions and sediment properties. According to Meyers (1997), different sediment

size-fractions typically have different C/N ratios, with coarse sediment fractions containing a larger proportion of intact land-plant debris than fine fractions, thereby having elevated C/N ratios. Furthermore, fine sediment fractions contain a larger proportion of clay minerals, which have large surface areas and negative surface charges. Clays therefore adsorb ammonia well, and this may depress their C/N ratios due to the uptake of inorganic nitrogen (Meyers, 1997). In wet seasons, the hydrodynamics are stronger, promoting more efficient export of particulate organic matter from the estuary (Oliveira *et al.*, 2006). In dry seasons (summer), hydrodynamic processes are weakened and the residence time of the particulate organic detritus at lower elevations is increased, leading to temporarily increased C/N ratios. High values of C/N ratio in the Guadiana's lower marshes during summer could also be related to the proximity of the ASTP, which could be contributing with cellulose-rich allochthonous biomass.

C/N had a positive, relatively strong correlation with latitude in winter ($R = 0.71$), with the highest values in the northernmost samples, but the same relationship was not evident in summer. Despite seasonal differences, a consistent picture emerges of organic material being derived largely from terrestrial sources in the mid-upper estuary and upper marsh zones of the lower estuary, whereas a substantial input of autochthonous aquatic material occurs in the mid-lower marsh zones of the lower estuary.

Dyer (1990) showed that bioclastic materials in estuaries have various origins, resulting from the local fauna or sediment transport. In the present work, the highest TIC values were found in the least hydrodynamic environments (which are more suitable for fauna fixation and carbonate particle accumulation) and at lower elevations (where autochthonous infaunal organisms are found alongside reworked bioclastic material, which accumulates in sorted deposits under the moderate hydrodynamic conditions).

The highest TIC content is concentrated in the lower estuary. This relationship is expected if pH differences in river and sea waters are considered along a salinity gradient. Carbonates, in particular calcite, precipitate in alkaline waters ($\text{pH} > 7$, typical of seawater), whereas calcite dissolves in acidic water ($\text{pH} < 6$, typical of freshwater) (Suguio, 2003). Indeed, a moderate positive relationship was found between TIC and salinity (Table 1), although only significant in winter. Correlations between TIC, latitude and salinity may be attenuated during summer due to higher availability of CaCO_3 when temperature and salinity are higher along the estuary (Buzas, 1989).

5.3.1. Comparison with previous studies

The sediments of saltmarsh ecosystems of the Guadiana Estuary are poorly documented and little is known about the origins of the sedimentary organic matter. Most previous studies of estuarine systems in the Gulf of Cadiz have focused on biogeochemistry in relation to heavy metals and other sources of pollution (*e.g.*, Borrego *et al.*, 2002; Gonzalez *et al.*, 2006; Delgado *et al.* 2010).

In the sediments of the Guadiana Estuary, TOC values were highly variable and relatively high compared to

other estuaries and other coastal environments described in literature (Table 4). The Guadiana values are, however, similar to those found in other river dominated estuaries (CSIRO, 2000; Goñi *et al.*, 2003) (Table 4). TN content, which is considered indicative of the contribution of aquatic flora (González-Vila *et al.*, 2003), was higher and more variable than those found in other estuarine systems (Table 4). The high variability in TOC and TN content in Guadiana sediments reflects the great diversity of the sampled sub-environments, which are subject to various physicochemical conditions, among which hydrodynamics, grain size and topography play major roles. Homogenous C/N values suggest that the existing organic matter results from an even contribution of terrestrial and autochthonous aquatic (primary producers) sources. TOC and TN values found in Guadiana sediments are very similar to those found in the mesotrophic Huon Estuary (CSIRO, 2000). Brito *et al.* (2012), who assessed the ecological status of several Portuguese estuaries based on phytoplankton biomass (chlorophyll *a*) and phytoplankton blooms (historical data – 1992 to 2010), considered the Guadiana as the most problematic estuary among the twelve studied, with waters classified from High to Poor Ecological Status. However, in a recent study concerning the period after Alqueva filling (2004-2009), Domingues *et al.* (2014) observed a decline in chlorophyll *a* and phytoplankton, including cyanobacteria, in relation to the periods before and during the dam filling suggesting an oligotrophic tendency. The authors relate this trend to river regulation causing higher and constant flows during the productive period (summer). The studied year (2010) had one of the highest flow summers since Alqueva was commissioned (2005 to 2012), with a mean flow of 52 m^3/s (station 26L/01H, SNIRH, 1995-2014). In drought years, however, summer discharges are virtually nil (*e.g.*, 2012, SNIRH, 1995-2014). Under these low-flow conditions, the risk of eutrophication is higher, *i.e.*, chlorophyll *a*, green algae and cyanobacterial abundance increases (Barbosa *et al.*, 2010). Whilst nutrient concentrations are still considered as the primary determinant of eutrophication in estuaries, many other factors are recognized as important (Bricker *et al.*, 2003). Most diagnostic variables relate to water and subtidal benthic environments and little attention has been given to intertidal wetlands. The present data provide an overall picture of the main sources of organic matter in the Guadiana Estuary in a particularly wet year and alone are not extensive enough to determine the trophic level of the estuary. Further work would be required to fully understand the differences between the trophic responses of sediments in relation to water. Seasonal time-series are recommended, with special attention to dry years, which resemble the most critical future climate scenarios: longer and more frequent droughts, reduced precipitation and, consequently, reduced river runoff are all forecast for the area (Cunha *et al.*, 2002; Miranda *et al.*, 2002). The study of stable isotopes and other biomarkers should be considered in order to determine the signatures of a wider range of potential organic matter sources (*e.g.*, the remains of living-in-sediment animals) and to identify the links between water column and sediment processes.

Table 4. Comparison of TOC, TN and C/N values for the Guadiana intertidal margins and other coastal regions worldwide (the high degree of variability in TOC within and between estuaries should be kept in mind when comparing our results to those of previous studies).

Tabela 4. Comparação entre os valores de COT, NT e C/N das margens intermareais do Guadiana e de outras regiões costeiras do mundo (o elevado grau de variabilidade dos valores de COT dentro e entre estuários deve ser considerado quando comparamos os presentes dados com aqueles dos estudos anteriores).

Study area	TOC (%)	TN (%)	C/N	Reference
Guadiana saltmarshes, Portugal	0.2 - 9	0.02 - 1.1	5.9 - 15.3	This study
Land van Saaftinghe saltmarshes, Netherlands	3.36 - 4.21	0.28 - 0.34	-	Nieuwenhuize <i>et al.</i> , 1994
Pearl River Estuary, China	0.06 - 1.02	0.03 - 0.19	1.8 - 9.1	Hu <i>et al.</i> , 2006
Yangtze salt-marshes, China	0.1 - 0.7	0.014 - 0.078	5.7 - 11.3	Zhou <i>et al.</i> , 2007
Huon Estuary, Tasmania	0.2 - 9.6	0.01 - 0.74	2.9 - 31	CSIRO, 2000
Winyah Bay, SC, USA	0.05 - 7.62	0.01 - 0.4	-	Goñi <i>et al.</i> , 2003
Other coastal environments	0.1 - 2.12	0.03 - 0.17	-	Nieuwenhuize <i>et al.</i> , 1994

5. CONCLUSIONS

In the Guadiana Estuary, variation in geochemical and sedimentological parameters was found to be very dependent on distance to sea and elevation energy gradients, which in turn are dependent on the different seasonal periods, with riverine conditions prevailing during winter and marine and tidal conditions prevailing during summer. Intertidal sediments vary from fine silt to medium sand, with increasing average grain-size from the upper marsh zones to lower zones. Sediments are generally poorly sorted, with a symmetrical to very finely skewed distribution, in accordance with the low-energy conditions typical of the deposition areas. The 2010 winter was particularly rainy, forcing continuous discharge from Alqueva dam, which contributed to increasingly coarse sediment deposition in the estuary, particularly in the less elevated stands.

In summer, the estuary waters were better mixed and significant saltwater intrusion was detected 8 km upstream the mouth.

Confined waterlogged areas were subject to extreme seasonal variations in salinity and dissolved oxygen. In winter, when the contribution of river and rainwater is higher, lower salinities and higher oxygen concentration were observed. Conversely, in summer when insolation and evaporation are the most important factors, salinity increases and oxygen decreases.

There was a dependent relationship between elevation and organic matter, pH and particle size. In the higher marsh zones, with lower hydrodynamics, differential deposition of fine sediments occurs. These cohesive sediments trap organic matter and its subsequent degradation lowers pH.

Sedimentary organic matter in the Guadiana is derived from a mixture of native aquatic and terrestrial sources. Organic material in the mid-upper estuary areas and higher saltmarsh zones of the marine estuary incorporates more

terrestrial material, whereas a substantial contribution from indigenous aquatic sources occurs at low-middle zones of the marine estuary.

The present data provide the baseline environmental characterization of a regulated estuarine system still in 'ecological control'. This information is useful for paleoenvironmental studies, environmental monitoring and for integrated coastal zone management in the southern Iberian Peninsula, especially given the complex interactions between estuarine sedimentation, coastal erosion, sea levels, river regulation and human settlements in the Guadiana Estuary. Although 2010 was an exceptionally wet year, with summer discharges controlled by continuous water release, the differences between environmental seasonal scenarios are clearly marked, demonstrating the potential for major changes if climate change predictions for this region are fulfilled. Seasonal time-series studies are needed to better understand the sources, pathways and fates of the sedimentary organic matter and to establish the links between these processes and water-column processes. These results should be compared with those from other estuaries located at the same climatic region to enhance the robustness of climate predictive assessments.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank to Laura Pereira, Paulo Santana and Selma Gabriel for technical assistance with field survey and Eduardo Soares for his friendliness and for lend is boat in difficult times. We are also grateful to João Horta for cartography and GIS assistance. We would also like to thank to Dr Virgínia Martins and two anonymous reviewers, whose comments greatly improved the original manuscript. The present work was financially supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) through PhD grant SFRH/BD/28265/2006.

REFERENCES

- Bale, A.J.; Kenny, A.J. (2005) - Sediment Analysis and Seabed Characterization. *In: Eleftheriou, A., McIntyre, A. (ed), Methods for the Study of Marine Benthos*, 3rd edition, pp. 43-86, Blackwell Science, . ISBN 0-632-05488-3.
- Barbosa, A.M.; Domingues, R.; Galvão, H. (2010) - Environmental Forcing of Phytoplankton in a Mediterranean Estuary (Guadiana Estuary, South-Western Iberia): A Decadal Study of Anthropogenic and Climatic Influences. *Estuaries and Coasts*, 33(2):324-341. DOI: 10.1007/s12237-009-9200-x
- Blott, S.J.; Pye, K. (2001) - GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11):1237-1248. DOI: 10.1002/esp.261
- Bordovskiy, O.K. (1965) - Accumulation and transformation of organic substances in marine sediments. *Marine Geology* (ISSN: 0025-3227), 3(1-2):3-114. DOI: 10.1016/0025-3227(65)90002-2
- Borrego, J.; Morales, J.; de la Torre, M.; Grande, J. (2002) - Geochemical characteristics of heavy metal pollution in surface sediments of the Tinto and Odiel river estuary (southwestern Spain). *Environmental Geology*, 41(7):785-796. DOI: 10.1007/s00254-001-0445-3
- Boschker, H.; de Brouwer, J.; Cappenberg, T. (1999) - The contribution of macrophyte-derived organic matter to microbial biomass in salt-marsh sediments: Stable carbon isotope analysis of microbial biomarkers. *Limnology and Oceanography*, 44(2):309-319. DOI: 10.4319/lo.1999.44.2.0309
- Boski, T.; Moura, D.; Veiga-Pires, C.; Camacho, S.; Duarte, D.; Scott, D.B.; Fernandes, S. (2002) - Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, 150(1-2):103-122. DOI: 10.1016/S0037-0738(01)00270-6
- Boski, T.; Sousa, C.; Loureiro, C.; Limpo, S.; Albardeiro, L.; Camacho, S.; Pereira, L.; Amaral, A.; Nieto, J.; Rodriguez, J.; Salas, L.; Gonzalez-Vila, F.; Pérez, J.; Simonson, W.; Lima, A. (2006) - *GUADID, version 1.1, How an estuary works? Didactic Application: Project MEGASIG*, Faro, Portugal. Available at <http://aljarafe.net/megasig/pt/index.html>
- Boski, T.; Camacho, S.; Moura, D.; Fletcher, W.; Wilamowski, A.; Veiga-Pires C.; Correia, V.; Loureiro, C.; Santana, P. (2008) - Chronology of the sedimentary processes during the post-glacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77(2):230-244. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.09.012.
- Bricker, S.B.; Ferreira, J.G.; Simas, T.; (2003) - An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling*, 169(1):39-60. DOI: 10.1016/S0304-3800(03)00199-6.
- Brito, A.; Brotas, V.; Caetano, M.; Coutinho, T.; Bordalo, A.; Icelly, J.; Neto, J.; Serôdio, J.; Moita, T. (2012) - Defining phytoplankton class boundaries in Portuguese transitional waters: An evaluation of the ecological quality status according to the Water Framework Directive. *Ecological Indicators*, 19:5-14. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.07.025.
- Bromwich, D., Nicolas, J., Monaghan, A., Lazzara, M., Keller, L., Weidner, G. and Wilson, A. (2013) – Central West Antarctica among the most rapidly warming regions on Earth. *Nature Geoscience*, 6:139-145. DOI: 10.1038/NGEO1671
- Buzas, M.A. (1989) - The effect of quartz versus calcareous sand on the densities of living foraminifera. *Micropaleontology* (ISSN: 0026-2803), 35(2):135-141, Washington, DC, U.S.A. Available at <http://si-pddr.si.edu/dspace/bitstream/10088/7414/1/230Buzas1989Micropal.pdf>
- Canuel, E.; Freeman, K.; Wakeham, S. (1997) - Isotopic compositions of lipid biomarker compounds in estuarine plants and surface sediments. *Limnology and Oceanography* (ISSN 0024-3590), 42(7):1570-1583. Available at http://aslo.org/lo/toc/vol_42/issue_7/1570.pdf
- Chícharo, L.; Chícharo, M.A.; Radhouane, B-H. (2006a) - Use of a hydrotechnical infrastructure (Alqueva Dam) to regulate planktonic assemblages in the Guadiana estuary: Basis for sustainable water and ecosystem services management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2):3-18. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.039.
- Chícharo, M.A.; Chícharo, L.; Morais, P. (2006b) - Inter-annual differences of ichthyofauna structure of the Guadiana estuary and adjacent coastal area (SE Portugal/SW Spain): Before and after Alqueva dam construction. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2):39-51. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.036.
- Chícharo M.A.; Leitão T.; Range P.; Gutierrez C.; Morales J.; Morais P.; Chícharo, L. (2009) - Alien species in the Guadiana Estuary (SE-Portugal/SW-Spain): *Blackfordia virginica* (Cnidaria, Hydrozoa) and *Palaemon macrodactylus* (Crustacea, Decapoda): potential impacts and mitigation measures. *Aquatic Invasions*, 4(3):501-506. DOI: 10.3391/ai.2009.4.3.11.
- Church, J.A.; White, N.J. (2006) - A 20th century acceleration in global sea level rise, *Geophysical Research Letters*, 33(1):1-4. DOI: 10.1029/2005GL024826.
- Confederação Hidrográfica del Guadiana (2012) – Catálogo de metadatos. *In: Geoportal Guadiana* [web page], Confederação Hidrográfica del Guadiana, Badajoz, España. Available at <http://www.chguadiana.es/serviciocsw/>
- Costa, J.C. (2001) - Tipos de vegetação e adaptações das plantas do litoral de Portugal continental. *In: M. E. Moreira, A. Moura, H. M. Granja & F. Noronha (eds.) Homenagem (in honorio) Professor Doutor Soares de Carvalho*, pp. 283-299, Universidade do Minho, Braga, Portugal. Available at http://www.isa.utl.pt/files/pub/ensino/cdocente/Adaptacoes_Plantas.pdf
- Cravo, A.; Madureira, M.; Felícia, H.; Rita, F.; Bebianno, M-J. (2006) - Impact of outflow from the Guadiana River on the distribution of suspended particulate matter and nutrients in the adjacent coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2):63-75. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.034.
- CSIRO Huon Estuary Study Team (2000) - *Huon Estuary Study - environmental research for integrated catchment management and aquaculture*. 285p., Final report to Fisheries Research and Development Corporation, Project number 96/284, CSIRO Division of Marine Research,

- Hobart, TAS, Australia. ISBN: 0643062254. Available at http://www.cmar.csiro.au/research/huonestuary/report/CSIRO_FRDC_HuonEstuaryStudy2000.PDF
- Cunha, L.; Oliveira, R.; Nunes, V. (2002) - Water resources. In: F. Santos, K. Forbes & R. Moita. (eds.), *Climate change in Portugal. Scenarios, impacts and adaptation measures - SIAM Project*, pp.135–171, Gradiva, Lisboa. Available at http://siam.fc.ul.pt/siamI_pdf/SIAM%20I%20BOOK/
- D'Alpaos, A.; Lanzoni, S.; Mudd, S.; Fagherazzi, S. (2006) - Modelling the influence of hydroperiod and vegetation on the cross-sectional formation of tidal channels. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 69(3-4):311-324. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.002.
- Delgado, J.; Nieto, J.; Boski, T. (2010) - Analysis of the spatial variation of heavy metals in the Guadiana Estuary sediments (SW Iberian Peninsula) based on GIS-mapping techniques. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88(1):71-83. DOI: 10.1016/j.ecss.2010.03.011.
- Dias, J.A.; Ferreira, Ó. (coord.) (2001) - *Projecto EMERGE – Estudo multidisciplinar do estuário do Rio Guadiana. Relatório final 3/01*. CIACOMAR, Universidade do Algarve, Olhão, Portugal. Available at http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/EMERGE/EMERGE_total_red.pdf
- Dias, J.; Gonzalez, R.; Ferreira, Ó. (2004) - Natural versus anthropic causes in variations of sand export from river basins: an example from the Guadiana River mouth (Southwestern Iberia). *Polish Geological Institute Special Papers* (ISSN: 1507-9791), 11:95-102, Warsaw, Poland. Available at http://w3.ualg.pt/~7Ejdias/JAD/papers/04_Polish_JAD.pdf
- Dias, J.; do Carmo, J.; Polette, M. (2009) – As Zonas Costeiras no contexto dos Recursos Marinhos / The Coastal Zones in the Context of the Marine Resources. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 9(1): 3-5. DOI: 10.5894/rgci168
- Domingues, C.M.; Church, J.A.; White, N.J.; Gleckler, P.J.; Wijffels, S.E.; Barker, P.M.; Dunn, J.R. (2008) - Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature*, 453:1090-1093. DOI: 10.1038/nature07080.
- Domingues, R.; Barbosa, A.; Galvão, H. (2005) - Nutrients, light and phytoplankton succession in a temperate estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(2-3):249–260. DOI: 10.1016/j.ecss.2005.02.017.
- Domingues, R.; Sobrino, C.; Galvão, H. (2007) - Impact of reservoir filling on phytoplankton succession and cyanobacteria blooms in a temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74(1-2):31–43. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.03.021
- Domingues, R.; Barbosa, A.; Sommer, U.; Galvão, H. (2012) - Phytoplankton composition, growth and production in the Guadiana estuary (SW Iberia): Unraveling changes induced after dam construction. *Science of the Total Environment*, 416:300–313. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.11.043.
- Domingues, R.; Barbosa, A.; Galvão, H. (2014) - Impacts of river damming on estuarine phytoplankton: the Guadiana estuary case study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 136:129-138. DOI: 10.1016/j.ecss.2013.11.012
- Drago, T.; Freitas, C.; Rocha, F.; Cachão, M.; Moreno, J.; Naughton, F.; Fradique, C.; Araújo, F.; Silveira, T.; Oliveira, A.; Cascalho, J.; Fatela, F. (2004) - Paleoenvironmental Evolution of Estuarine Systems during the Last 14000 Years – the Case of Douro Estuary (NW Portugal). *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749-0208), SI39:186-192. Brasil. Available at <http://onlinebiblio.lneg.pt/multimedia/associa/base%20mono/34836.pdf>
- Dyer, K.R. (1990) - *Coastal Estuarine Sediment Dynamics*. 342p. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK. ISBN: 0471908762.
- Ember, L.; Williams, D.; Morris, J. (1987) - Processes that influence carbon isotope variations in salt marsh sediments. *Marine Ecology Progress Series* (ISSN: 0171-8630), 36:33-42. Available at <http://www.int-res.com/articles/meps/36/m036p033.pdf>
- Encarnação, J.; Leitão, T.; Morais, P.; Piló, D.; Range, P.; Chicharro, L.; Chicharro, M.A. (2013) - Effects of inter-annual freshwater inflow shifts on the community structure of estuarine decapods. *Cahiers de Biologie Marine* (ISSN: 0007-9723), 54(2):181-189, Roscoff, France. Available at <http://www.sb-roscoff.fr/cbm/article.htm?execution=e6s1>
- Faria, A.; Morais, P.; Chicharro, A. (2006) - Ichthyoplankton dynamics in the Guadiana estuary and adjacent coastal area, South-East Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2):85–97. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.032.
- Folk, R.L. (1954) - The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *Journal of Geology*, 62(4):344–359. Article Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/30065016>
- Folk, R.L.; Ward, W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1):3–26.
- Freitas, M.C.; Andrade, C.; Cruces, A. (2002) - The geological record of environmental changes in southwestern Portuguese coastal lagoons since the Lateglacial. *Quaternary International*, 93-94:161-170. DOI: 10.1016/S1040-6182(02)00014-9
- Garel, E.; Pinto, L.; Santos, A.; Ferreira, Ó. (2009) - Tidal and river discharge forcing upon water and sediment circulation at a rockbound estuary (Guadiana estuary, Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84(2):269–281. DOI: 10.1007/s00367-009-0147-5.
- Garel, E.; Ferreira Ó. (2011) - Monitoring estuaries using non-permanent stations: practical aspects and data examples. *Ocean Dynamics*, 61(7):891-902. DOI: 10.1007/s10236-011-0417-4.
- Gehrels, W.R.; Woodworth, P.L. (2013) - When did modern rates of sea-level rise start? *Global and Planetary Change*, 100:263–277. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2012.10.020.
- Gomes, A.; Witkowski, A.; Dabek, P.; Boski, T.; Moura, D.; Szkornik, K.; Kurzydowski, K. (2013) – *Syvertsenia iberica* (Cymatosiraceae): a new estuarine diatom genus characterized by the position of its process. *Phytotaxa*, 142(1): 25-36. DOI: 10.11646/phytotaxa.142.1.3
- Goñi, M.; Teixeira, M.; Perkey, D. (2003) - Sources and distribution of organic matter in a river-dominated estuary (Winyah Bay, SC, USA). *Estuarine, Coastal*

- and *Shelf Science*, 57(5-6):1023–1048. DOI: 10.1016/S0272-7714(03)00008-8.
- Gonzalez, R.; Araújo, M.; Burdloff, D.; Cachão, M.; Cascalho, J.; Corredeira, C.; Dias, J.A.; Fradique, C.; Ferreira, J.; Gomes, C.; Machado, A.; Mendes, I.; Rocha, F. (2006) - Sediment and pollutant transport in the Northern Gulf of Cadiz: A multi-proxy approach. *Journal of Marine Systems*, 68(1-2):1-23. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2006.10.007.
- González-Vila, F.J.; Polvillo, O.; Boski, T.; Moura D.; Andrés, J. R. (2003) - Biomarker patterns in a time-resolved Holocene/terminal Pleistocene sedimentary sequence from the Guadiana river estuarine area (SW Portugal/Spain border). *Organic Geochemistry*, 34(12):1601-1613. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2003.08.006.
- Healey, R.; Pye, K.; Stoddart, D.; Bayliss-Smith, T. (1981) - Velocity Variations in Salt Marsh Creeks, Norfolk, England. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 13(5):535-545. DOI: 10.1016/S0302-3524(81)80056-4
- Hearn, C.J. (1998) - Application of the Stommel model to shallow Mediterranean estuaries and their characterization. *Journal of Geophysical Research*, 103(c5):10391-10404. DOI: 10.1029/97JC03425
- Hu, J.; Peng, P.; Jia, G.; Mai, B.; Zhang, G. (2006) - Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopes in sediments of the subtropical Pearl River estuary and adjacent shelf, Southern China. *Marine Chemistry*, 98(2-4):274–285. DOI: 10.1016/j.marchem.2005.03.008.
- ICNB (Instituto da Conservação da Natureza e Biodiversidade) (2007) - *Plano de Ordenamento da Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António, 3ª Fase – Plano Final; relatório*, 37p. <http://portal.icnb.pt/ICNPportal/vPT2007> <http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/ordgest/poap/pornscmvrsal/resource/ordenam/relat-ponder>
- IH (Instituto Hidrográfico) (2012) - Modelo batimétrico do Rio Guadiana. In: *Download de dados geo-espaciais relacionados com a Directiva INSPIRE* [web page], Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal. http://websig.hidrografico.pt/www/content/dados/ModeloBatimetrico_RioGuadiana.rar
- INAG - Instituto da Água (2001) - *Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana – Relatório Final. Partes I, II e III*. 367p., Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Instituto da Água, Lisboa, Portugal. Available at http://www.apambiente.pt/_zdata/Politicass/Agua/PlaneamentoGestao/PBH2001/Guadiana_RelatorioFinal.pdf
- MARETEC (s.a.) - Definição do Limite de Jusante dos Estuários Portugueses. In: MARETEC - Marine Environment & Technology Center web page, Lisboa, Portugal. http://www.maretec.mohid.com/Estuarios/Inicio/frame_page.htm
- Jevrejeva, S.; Moore, J.C.; Grinsted, A.; Woodworth, P.L. (2008) - Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? *Geophysical Research Letters*, 35(8):1-4. DOI: 10.1029/2008GL033611
- Lewis, D.; McConchine, D. (1994a) - *Analytical Sedimentology*. 197p., Chapman and Hall, New York, NY, U.S.A. ISBN: 0442012160.
- Lewis, D.; McConchine, D. (1994b) - *Practical Sedimentology*. 197p., Chapman and Hall, New York, NY, U.S.A. ISBN: 0442012179.
- Lopes, J.; Neves, R.; Dias, J.; Martins, F. (2003) - Calibração de um sistema de modelação para o estuário do Guadiana. *Thalassas*, SI19(2b):139-140. Available at http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/papers/CI/03_4SM_155_JL.pdf
- Machado, A.; Rocha, F.; Gomes, C.; Dias, J. (2007) - Distribution and composition of suspended particulate matter in Guadiana estuary (southwestern Iberian Peninsula). *Journal of Coastal Research* (ISSN 0749.0208), SI50: 1040–1045. Australia. Available at <http://www.griffith.edu.au/conference/ics2007/pdf/ICS189.pdf>
- Meyers, P.A. (1994) - Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* (ISSN: 0009-2541), 114(3-4):289-302. DOI: 10.1016/0009-2541(94)90059-0
- Meyers, P.A. (1997) - Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*, 27(5/6):213-250. DOI: 10.1016/S0146-6380(97)00049-1
- Michel, D.; Wollast, R. (1978) - L'estuaire du Guadiana. In: *Actions concertées en océanographie. Rapport d'activité, 1978*. Annexe n° 7, Université Libre de Bruxelles, 99-149. Available at <http://www.vliz.be/imisdocs/publications/255391.pdf>
- Middelburg, J.; Nieuwenhuize, J.; Lubberts, R.K.; van de Plassche, O. (1997). Organic Carbon Isotopic Systematics of Coastal Marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45(5):681-687. DOI: 10.1006/ecss.1997.0247
- Miranda, P.; Coelho, F.; Tomé, A.; Valente, M.; Carvalho, A.; Pires, C.; Pires, H.; Pires, V.; Ramalho, C. (2002) - 20th century Portuguese climate and climate scenarios. In: Santos, F.; Forbes, K.; Moita, R. (eds.), *Climate change in Portugal. Scenarios, impacts and adaptation measures - SIAM project*, pp.23–83, Gradiva, Lisboa. Available at http://siam.fc.ul.pt/siamI_pdf/SIAM%20I%20BOOK/2_ClimateScenarios.pdf
- Morais, P. (2008) - Review on the major ecosystem impacts caused by damming and watershed development in an Iberian basin (SW-Europe): focus on the Guadiana estuary. *Annales de Limnologie / International Journal of Limnology* (ISSN: 0003-4088), 44(2):105-117.
- Morais, P.; Chicharo, M.A.; Chicharo, L. (2009a) - Changes in a temperate estuary during the filling of the biggest European dam. *Science of the Total Environment*, 407:2245–2259. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.11.037
- Morais, P.; Teodósio, J.; Reis, J.; Chicharo, M.A.; Chicharo, L. (2009b) - The Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Guadiana River Basin (southwestern Iberian Peninsula): Setting the record straight. *Aquatic Invasions*, 4(4):681-684. DOI: 10.3391/ai.2009.4.4.14
- Morales, J.A. (1995) - *Sedimentología del estuario del río Guadiana (S.O. España y Portugal)*. 323p., Universidad de Huelva, Huelva, España. ISBN: 978-8488751126.
- Morales, J.A. (1997) - Evolution and facies architecture of the mesotidal Guadiana River delta (S. W. Spain-Portugal). *Marine Geology*, 138(1-2):127-148. DOI: 10.1016/S0025-3227(97)00009-1

- Morales, J.A.; Delgado, I.; Gutierrez-Mas, J.M. (2006) - Sedimentary characterization of bed types along the Guadiana estuary (SW Europe) before the construction of the Alqueva dam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2):117-131. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.049
- Nieuwenhuize, J.; Maas, Y.; Middelburg, J. (1994) - Rapid Analysis of Organic Carbon and nitrogen in particulate materials. *Marine Chemistry* (ISSN: 0304-4203), 45(3):217-224. DOI: 10.1016/0304-4203(94)90005-1
- Oliveira, A.; Fortunato, A.; Pinto, L. (2006) - Modeling the hydrodynamics and the fate of passive and active organisms in the Guadiana Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2):76-84. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.033
- Osborn, T.J. (2011) - Winter 2009/10 temperatures and a record-breaking North Atlantic Oscillation index. *Weather*, 66(1):19-21. DOI: 10.1002/wea.666
- Osborn, Tim (2014) - North Atlantic Oscillation index data [web page]. In: *Tim Osborn: Climate data*, Climatic Research Unit (CRU), University of East Anglia, Norwich, U.K. Available at <http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/datapages/naoi.htm>
- Phleger, F.B.; Bradshaw, J.S. (1966) - Sedimentary Environments in a Marine Marsh. *Science*, 154(3756):1551-1553. DOI: 10.1126/science.154.3756.1551
- RAMSAR (s.a.) - The List of Wetlands of International Importance. In: *The Ramsar Sites Database* [web page], RAMSAR Secretariat, Gland, Switzerland. <http://ramsar.wetlands.org/Database/Searchforsites/tabid/765/Default.aspx>
- Rignot, E.; Velicogna, I.; van den Broeke, M.R.; Monaghan, A.; Lenaerts, J. (2011), Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. *Geophysical Research Letters*, 38(5):1-5. DOI: 10.1029/2011GL046583.
- Rocha, C.; Galvão, H.; Barbosa, A. (2002) - Role of transient silicon limitation in the development of cyanobacteria blooms in the Guadiana estuary, south-western Iberia. *Marine Ecology Progress Series* (ISSN: 0171-8630), 228:35-45. Available at <http://www.int-res.com/articles/meps2002/228/m228p035.pdf>
- Sampath, D.; Boski, T.; Martins, F.; Sousa, C.; Filhos, L.; Bezerra, F. (2011) - Forecasting and Hindcasting Long-term Morphological Evolution of Estuaries and Lagoons in Response to Sea Level Rise. *Journal of Coastal Research* (ISSN: 0749-0208), SI64:691-695. Available at http://www.ics2011.pl/artic/SP64_691-695_D.M.R.Sampath.pdf
- Santos, F.; Forbes, K.; Moita, R. (2002) - *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project*, 454 pp., Gradiva, Lisboa. Available at http://siam.fc.ul.pt/siamI_pdf/SIAM%20I%20BOOK/
- Savenije, H. (2005) – *Salinity and Tides in Alluvial Estuaries*. 194p., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. ISBN: 978-0444521071.
- Schuerch, M.; Rapaglia, J.; Liebetrau, V. (2012) - Salt Marsh Accretion and Storm Tide Variation: an Example from a Barrier Island in the North Sea. *Estuaries and Coasts*, 35(2):486-500. DOI: 10.1007/s12237-011-9461-z.
- Sen Gupta, B.K. (1999) - Foraminifera in marginal marine environments. In: B.K. Sen Gupta (ed.), *Modern Foraminifera*, pp.141-160, Kluwer Academic Publishers, London, UK. ISBN: 0412824302.
- Simonson, W. (2007) – Vegetation mapping of the Guadiana estuary. In: Simonson, W. (ed.), *A Rocha Portugal Observatory Report for 2005–2006*, pp.65–68, Associação A Rocha, Portimão, Portugal. Available at <http://www.arocha.org/pt-en/7396-DSY/version/default/part/AttachmentData/data/A%20Rocha%20Portugal%202005-2006%20report.pdf>
- SNIRH (1995–2014) – *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos* [web page], <http://snirh.pt>.
- Sornin, J.M. (1983) - Influence de la biodeposition rhéologiques des vases. *Journal de Recherche Oceanographique* (ISSN: 0397-5347), 8(4):115–123, Institut Océanographique Paris, France.
- Suguo, K. (2003) - *Geologia Sedimentar*. 400p., Editora Blucher, São Paulo, Brasil. ISBN: 978-8521203179.
- Wolanski, E.; Chicharo, L.; Chicharo, M.A.; Morais, P. (2006) - An ecohydrology model of the Guadiana Estuary (South Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1-2):132–143. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.05.029.
- Wolanski, E. (2007) - *Estuarine Ecohydrology*. 157p., Elsevier, ISBN: 978-0444530660.
- Vargas, C.; Oliveira, F.; Oliveira, A.; Charneca, N. (2008) - Vulnerability Analysis of an Estuarine Beach to Inundation: Application to Alfeite Spit (Tagus Estuary). *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 8(1): 25-43. DOI: 10.5894/rgci26
- Velicogna, I. (2009) – Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE. *Geophysical Research Letters*, 36(19):1-4. DOI: 10.1029/2009GL040222
- Viles, H.; Spencer, T. (1995) - *Coastal Problems: Geomorphology, Ecology and Society at the Coast*. 350p., Edward Arnold, London. ISBN-13: 978-0340531976.
- Zhou, J.; Wu, Y.; Zhang, J.; Kang, Q.; Liu, Z. (2006) - Carbon and nitrogen composition and stable isotope as potential indicators of source and fate of organic matter in the salt marsh of the Changjiang Estuary, China. *Chemosphere*, 65(2):310-317. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2006.02.026.
- Zhou, J.; Wu, Y.; Kang, Q.; Zhang, J. (2007) - Spatial variations of carbon, nitrogen, phosphorous and sulfur in the salt marsh sediments of the Yangtze Estuary in China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71(1-2):47–59. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.08.012.

Mapeamento acústico de areias submersas para recuperação de praias do Rio de Janeiro, Brasil *

Acoustic mapping of submerged sands deposits for Rio de Janeiro beach nourishment, Brazil

Nãashaira Medeiros^{@, 1}, Marcelo Sperle Dias¹, Artur Ayres Neto², Dieter Muehe³

RESUMO

Devido à sua grande extensão latitudinal, a costa brasileira é influenciada por diferentes regimes climáticos e oceanográficos. Adicionalmente, a distribuição da população brasileira é caracterizada por uma alta concentração nas capitais litorâneas. Todos esses fatores levam à construção de inúmeras estruturas de engenharia que podem, de alguma forma, impactar o transporte de sedimento e, conseqüentemente, o balanço sedimentar de algumas praias. Uma das formas de recuperar esse balanço sedimentar é a alimentação artificial de praias, com sedimentos provenientes da plataforma continental com características semelhantes. Os métodos geofísicos acústicos permitem mapear de forma eficiente o fundo e o subsfundo marinho para a busca de áreas fontes. O objetivo deste estudo é a identificação de padrões geoaústicos, a partir de análises quantitativas e qualitativas dos tons de cinza observados nos registros sonográficos, para a caracterização de áreas fontes de areias siliciclásticas compatíveis com sedimentos de praias em erosão na cidade do Rio de Janeiro. O mapeamento foi realizado na plataforma continental interna do Rio de Janeiro, em área adjacente à praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ). Através da análise dos registros sonográficos, de forma qualitativa e quantitativa, foi possível a identificação de 5 padrões geoaústicos distintos. Com a análise dos parâmetros sedimentológicos e de distribuição granulométrica, foram encontradas correlações entre a granulometria e o seccionamento dos grãos com o sinal acústico derivado do sonar. As análises evidenciaram depósitos, localizados entre 19 e 30 metros, mais profundos que a profundidade de fechamento, em condições ideais para a recomposição de praias do Rio de Janeiro. Dados complementares de sísmica rasa de alta resolução indicam que, assumindo características conservadoras, existe material suficiente para recuperar grande parte das praias urbanas do Rio de Janeiro caso venham a apresentar perda de areia, seja em decorrência de falta de aporte, seja em decorrência de elevação do nível do mar.

Palavras-chave: Oceanografia Geológica; Geofísica; Sonar de Varredura Lateral; Engorda de Praia; Geomorfologia Costeira.

ABSTRACT

The Brazilian coast is affected by different oceanographic characteristics, mainly due to its large latitudinal extension. Additionally, the distribution of the Brazilian population is characterized by a high concentration in the coastal capitals. Consequently a large number of coastal

@ - Corresponding author

1 - UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. e-mails: Siqueira - nanashairamedeiros@gmail.com; Dias - marcelo.uerj@gmail.com

2 - UFF - Universidade Federal Fluminense, e-mail: Neto - aayres@id.uff.br

3 - UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: dieter.muehe@gmail.com

engineering structures where constructed in these areas with impact over the sediment transport and consequently over the sediment budget. Natural processes as temporary alterations of longshore sediment transport have resulted in loss of beach sediments and the need of restoration as was the case of the Leblon Beach in Rio de Janeiro. Considering also the expected modification of climate and sea level rise the need of beach restoration will become an option to be considered. For this, the beach restoration through nourishment with sand extracted from the continental shelf is frequently the best option to consider. To find suitable sediments for dredging in the shelf, the use of geophysical methods for the mapping of the bottom and sub bottom environments represent an adequate tool. Therefore the objective of this study is the application of geophysical methods for the identification of geoacoustics patterns, following qualitative and quantitative analyzes, in order to identify suitable source areas of siliciclastic sands for the restoration of urban beaches in Rio de Janeiro city. The mapping was done in the shelf in front of Itaipuaçu beach (Maricá, RJ). From geophysical data analysis, by quantitative and qualitative form, five geoacoustics patterns were identified which in turn were correlated with grain size parameters obtained through sieve analysis. The quantitative results showed well sorted suitable median grain size sand placers seaward of the closure depth, located between 19 and 30 meters, while reflection seismic data indicated an availability of enough material for the restoration of most of the urban ocean beaches of Rio de Janeiro.

Keywords: Geological Oceanography; Geophysics; Side Scan Sonar; Beach Nourishment; Coastal geomorphology.

1. INTRODUÇÃO

O litoral brasileiro tem cerca de 8.000 km de comprimento e, por sua vasta extensão latitudinal, sofre influências de diversos regimes climáticos. Adicionalmente, a distribuição populacional de forma irregular ao longo do litoral gera uma alta concentração da população nas grandes capitais, o que, conseqüentemente, traz para essas regiões um grande número de obras que impactam o balanço sedimentar litorâneo, como, por exemplo, quebra-mares, estabilização de canais de maré, acesso a terminais portuários etc. (Muehe, 2006; Neves & Muehe, 2008). Por todos esses fatores, algumas praias são impactadas e sofrem um déficit no balanço sedimentar ao longo do tempo. Uma opção para recuperação da faixa de areia das praias é a “engorda de praia” com a deposição de sedimentos de áreas fontes com características semelhantes ao sedimento local.

Publicações sobre a morfodinâmica de praias do Rio de Janeiro mostram que as praias de Ipanema, Leblon, Grumari, Reserva, Prainha e Barra apresentam indícios de erosão e são compostas por areias siliciclásticas com granulometria predominantemente de areia média e baixas concentrações de matéria orgânica e carbonatos (Sperle *et al.*, 1999; Kaji *et al.*, 2006). Dados do Grupo de Pesquisa em Oceanografia Geológica (GPOG) indicam que o trecho Ipanema – Leblon tenha sofrido uma perda nos últimos anos de 1 a 2 milhões de metros cúbicos.

Os métodos geofísicos acústicos possibilitam, de forma bastante eficaz, a busca por áreas fontes através da investigação de características geológicas e geotécnicas da superfície e subsuperfície de ambientes submersos.

O objetivo deste estudo é apresentar a identificação de padrões geoacústicos de forma eficiente, a partir de análises qualitativas e quantitativas dos tons de cinza dos registros sonográficos, que caracterizem pacotes de áreas fontes de areias em condições ideais para recuperação de praias em erosão.

Para a alimentação artificial de praias, uma das etapas mais importantes é a escolha da área fonte das areias, ou seja, identificar uma região com um volume adequado de sedimentos disponíveis para a lavra. Segundo Dean (2002), mais de 95% dos sedimentos utilizados para a alimentação artificial de praias advêm de fontes de sedimentos marinhos.

As áreas fontes devem estar localizadas relativamente próximas do seu destino final para minimizar os custos de transporte.

As áreas fontes devem dispor de uma porção disponível tanto em área quanto em volume. Geralmente, a extração ocorre em áreas de 1 km² a 10 km² e em profundidades na ordem de 2 a 10 metros (Dean, 2002). Porém, há de se observar as condições ambientais da região de lavra para a decisão do volume de material que será extraído, para que não seja ocasionado um impacto negativo irreversível e de alta magnitude na dinâmica sedimentar na região explorada.

Os sedimentos devem ser compatíveis com a área a ser recuperada, e, preferencialmente, a região deve ser livre de afloramentos rochosos por questões operacionais. Prevendo o uso das areias para recuperação de praias cujo uso seja também recreativo, o material de alimentação deve conter um mínimo de grânulos e de argila e silte. O material para recomposição também deve ser limpo, livre de contaminantes (Dean, 2002).

Dessa forma, foi realizada uma investigação em uma região adjacente à praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ) para a busca de áreas fontes de areias siliciclásticas compatíveis com praias em erosão no litoral da cidade do Rio de Janeiro. Cartas sedimentológicas do REVIZEE - Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (Dias *et al.*, 2004) indicam que a região possui uma cobertura de areias com textura adequada.

Não são recomendadas atividades de mineração em profundidades menores que a profundidade de fechamento, isto é, a profundidade a partir da qual a ação das ondas sobre o fundo provoca modificações substanciais do perfil submarino decorrente da mobilização dos sedimentos. Dados observados por Muehe (2004) indicam o valor de 10,7m como a profundidade de fechamento para a praia de Itaipuaçu. Um estudo realizado por Belligotti (2009) indicou profundidades de fechamento dos perfis de praia de Piratininga e Itacoatiara de 11,7m e 13,4m, respectivamente.

Dragagens realizadas mesmo em maiores profundidades podem alterar a dinâmica sedimentar por meio da transformação do padrão de refração das ondas de uma região, podendo causar, por exemplo, concentração de energia devido à convergência das ortogonais (Komar, 1998). Dessa forma, mesmo ao tomar como uma condição conservadora

a dragagem em uma profundidade considerada teoricamente segura (maior que a profundidade de fechamento esperada para a região), a modelagem de processos ondulatórios faz-se necessária para a preservação morfodinâmica da região que se pretende realizar a lavra.

A área de estudo foi escolhida com base no trabalho de Medeiros (2010), que indica uma área com potencial para servir como jazida de areias médias quartzosas. Após o mapeamento por meio de métodos geofísicos de alta resolução ao longo da isóbata de 20m entre Niterói e Maricá, verificou-se a existência de setores adjacentes à Praia de Itaipuaçu que poderiam ser áreas fontes de sedimentos para a recomposição de praias urbanas do Rio de Janeiro, assim como de praias de outros municípios próximos.

2. METODOLOGIA

Para a identificação de areias siliciclásticas compatíveis para a recuperação de praias da área de estudo, foi realizado um mapeamento geofísico por meio de sonografia de varredura lateral e ecobatimetria de uma região adjacente à praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ) entre as isóbatas de 19 e 30m. Para a parametrização dos dados, foram coletadas 26 amostras de sedimento em 13 estações.

Uma campanha para coleta de dados geofísicos foi realizada em outubro de 2011 com a utilização de um Ecobatímetro de Alta Precisão *Raytheon Digital* Modelo DE-719-CM na frequência de 200 kHz e de um Sistema Digital de alta-resolução de Sonar de Varredura Lateral (*Side Scan Sonar* – SSS - Modelo 4100/560P) da Edge Tech. Esse sistema é composto por um transdutor/receptor rebocado

(*Towfish 272T*) que emite feixes laterais de ondas acústicas na frequência de 100 kHz. O posicionamento foi realizado por meio de um DGPS da *Hemisphere GPS LLC*, modelo *Crescents R-130* com resolução submétrica.

O mapeamento foi executado por meio de quatro linhas geofísicas paralelas à praia de Itaipuaçu e complementares à linha geofísica obtida por Medeiros (2010), com cerca de nove quilômetros de extensão, 400 m de varredura, com uma sobreposição de 25 m entre a cobertura dos canais, sendo possível mapear uma área com cerca de 14 km². Para o processamento dos dados, foram utilizados os softwares *Hypack*, *SonarWiz.MAP*, *Oasis Montaj v. 7.0* (Geosoft Inc.) e *ArcGis 10*.

Após a elaboração de um mosaico sonográfico, foram escolhidas 13 estações para a coleta de amostras de sedimento, em réplica, para parametrização dos diferentes padrões geoacústicos (Figura 1).

As análises sedimentológicas foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Geológica da UERJ e passaram pelos processos de secagem em estufa com temperatura média de 40°C; pesagem em balança de alta precisão; oxidação de matéria orgânica com Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂); eliminação dos carbonatos com Ácido Clorídrico (HCl); e, finalmente, foram submetidas aos processos de análise granulométrica propostos por Krumbein & Pettijohn (1938), Loring & Rantala (1992) e Ponzi (1995). Os dados foram tratados estatisticamente por meio do programa *Gradistat* e foram obtidos os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957). A textura foi classificada, de acordo com o diagrama complementar de Shepard, entre cascalho, areia e lama (Shepard, 1954; Schlee, 1973).

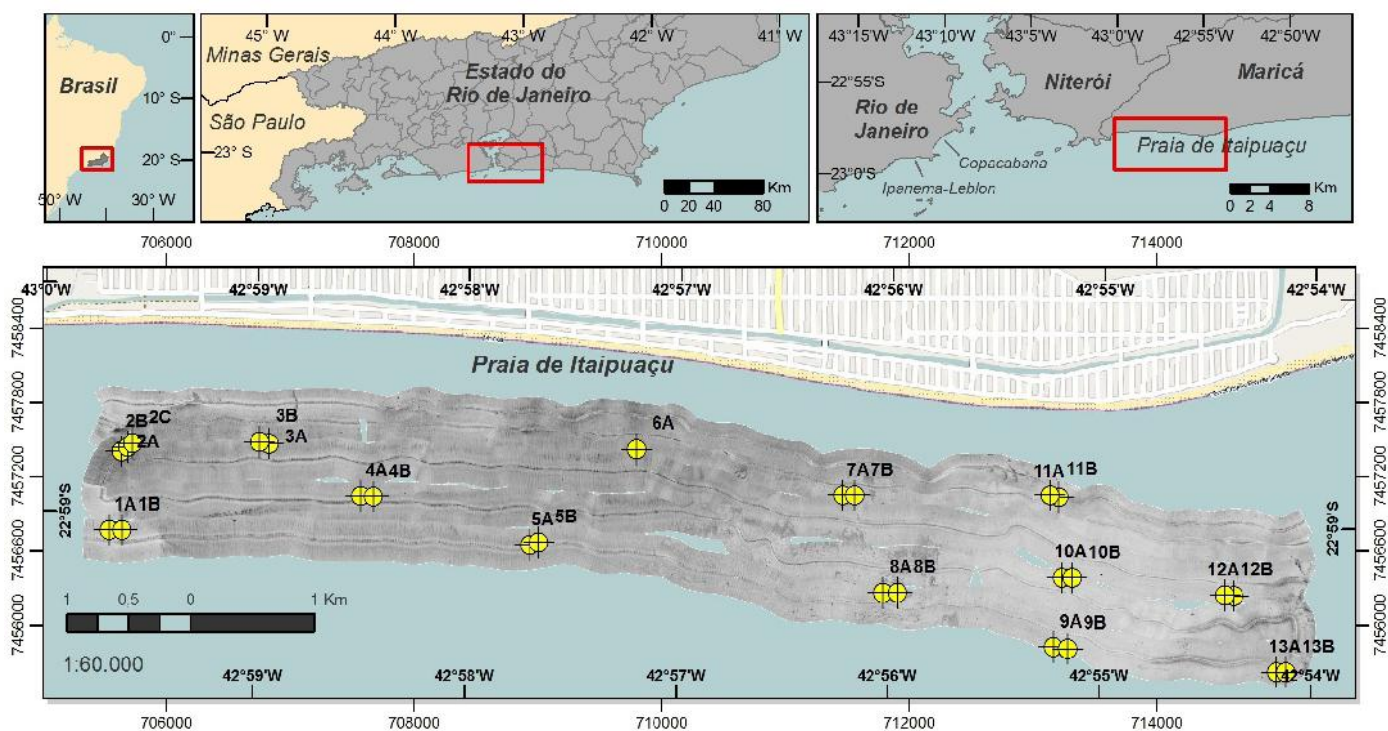


Figura 1. Mapa de localização do registro sonográfico e das amostras de sedimentos coletadas para parametrização.

Figure 1. Location map of side scan sonar profiles and sediment samples for parameterization.

A interpretação dos registros sonográficos ocorreu por meio de análises qualitativas, da observação e interpretação das feições encontradas e também por meio de uma análise quantitativa, com o *software Histog*, ainda em desenvolvimento. O princípio do *Histog* é o estabelecimento de histogramas que representam a frequência dos 256 tons de cinza presentes em *pixels* de uma imagem de extensão *.raw* no modo *grayscale*. Nessa escala, quanto mais próximos do número **0**, mais os tons se aproximam do preto, e quanto mais próximos do número **255**, mais os tons se aproximam do branco.

O objetivo do uso dessa ferramenta é obter, por meio da análise quantitativa da distribuição e frequência dos *pixels* da imagem sonográfica, uma classificação dos padrões geoacústicos presentes nos registros sonográficos e, assim, dispor de mais critérios para a interpretação. Foram analisadas com o *Histog* 13 imagens (com tamanho de 200 x 200 *pixels*) que foram extraídas nas coordenadas onde foram realizadas as coletas das amostras de sedimento.

3. RESULTADOS

Na análise do mapeamento realizado na região adjacente à praia de Itaipuaçu, buscou-se identificar regiões com as características sedimentológicas adequadas para uma possível recuperação de praias em erosão no Rio de Janeiro. Como as praias em questão são de uso recreativo, as areias que forem utilizadas na recuperação devem ter características sedimentológicas semelhantes. Dessa forma, buscou-se sedimentos com granulometria de areia média, com baixos teores de matéria orgânica e carbonatos.

Para uma avaliação quantitativa dos dados sonográficos, são mostradas, na figura 2, as curvas de frequência de tons de cinza de todas as imagens do registro sonográfico, com

dimensões de 100m x 100m, referentes aos locais onde foram coletadas 13 amostras de sedimento.

A distribuição dos tons de cinza é bastante variável quando são comparados, conjuntamente, todos os 13 histogramas. Para a análise dessa distribuição, foram calculados os seguintes parâmetros estatísticos dos histogramas: o maior Número de Ocorrência de um tom de cinza (No), Moda (Mo), Média (M), Mediana (Md), Desvio Padrão (Dp), Assimetria (As), Coeficiente de Assimetria (Ca) e Curtose (C).

O Número de ocorrência indica a homogeneidade das imagens. As que possuem os maiores números de ocorrência de um tom de cinza são mais homogêneas. A Moda é o valor do tom de cinza que detém o maior número de ocorrências, indicando o valor mais representativo da imagem analisada.

A Mediana é a medida de tendência central da distribuição dos tons de cinza, ou seja, o número que separa a metade inferior da metade superior da amostra. A Média é o valor que aponta para onde mais se concentram os dados da distribuição. A distribuição da média e da mediana foram muito similares.

O Desvio Padrão representa o quanto os valores dos dados se dispersam em relação à Média. Dessa forma, observou-se que as imagens que apresentaram os valores do desvio padrão mais altos são mais heterogêneas que as outras.

A Assimetria é o grau de afastamento de uma distribuição do seu eixo de simetria, podendo ser simétrica, positiva ou negativa. Para seu cálculo, são analisadas as relações entre os valores da moda, da média e da mediana. Quando esses valores são iguais, a distribuição pode ser considerada simétrica. Quando a diferença entre a Média e a Moda é maior que zero, a assimetria é classificada como positiva. Quando essa diferença é menor que zero, a assimetria é negativa.

O coeficiente de assimetria considera se a assimetria é moderada, quando $0,15 \leq |As| < 1$, ou forte, quando $|As| \geq 1$,

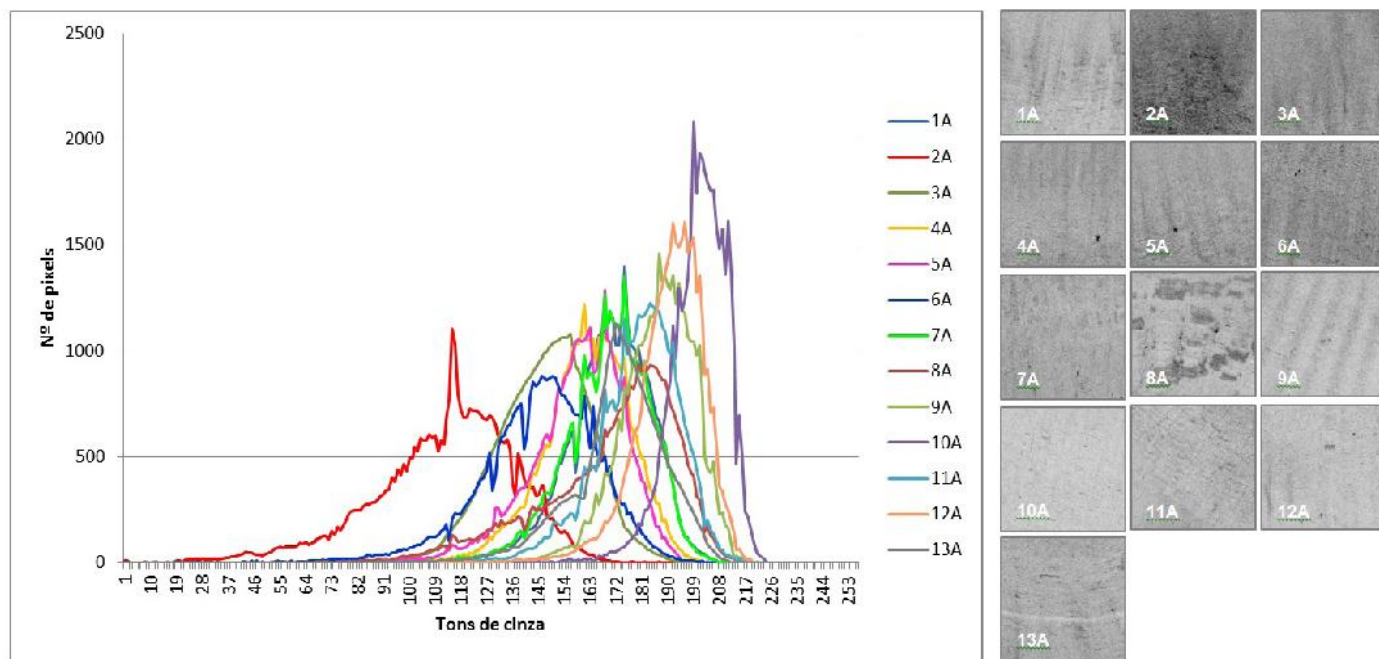


Figura 2. Distribuição dos 13 histogramas das imagens de onde foram coletadas as amostras de sedimento.

Figure 2. Distribution of the 13 histograms of the images from which sediment samples were collected.

onde:

$$As = \frac{3(M - Md)}{Dp}$$

Devido à escala de tons de cinza utilizada, todas as distribuições apresentaram assimetria negativa moderada. Os parâmetros de assimetria e coeficiente de assimetria não evidenciaram uma direta relação de similaridade entre os padrões sonográficos.

A curtose indica o nível de achatamento da curva, ou seja, o grau de distribuição das frequências em relação a um parâmetro, nesse caso, os tons de cinza. Quando $C = 0,263$, a curva de distribuição das frequências é mesocúrtica, quando $C > 0,263$, a distribuição é platicúrtica, e quando $C < 0,263$, a distribuição é leptocúrtica. Os valores da curtose variaram entre 6,02 e 25,68. Dessa forma, a distribuição dos tons de cinza de todas as curvas pode ser considerada platicúrtica. Porém, o grau de achatamento das curvas foi correlacionado à homogeneidade da distribuição.

Sendo assim, as correlações existentes a respeito da distribuição dos tons de cinza entre uma imagem e outra foram evidenciadas pela distribuição do número de máxima ocorrência dos tons de cinza, moda, média, mediana, desvio padrão e curtose.

Para a melhor observação das semelhanças entre os resultados estatísticos derivados da distribuição de tons de cinza das imagens, os valores dos parâmetros foram enquadrados na mesma escala (Figura 3).

A semelhança entre os valores observados na distribuição de cada parâmetro refletiu a concordância entre as texturas das imagens. É importante destacar que, nesse caso, a denominação “textura” é empregada para descrever as diferenças visuais do registro sonográfico, que é diferente de textura do sedimento. A textura da imagem do registro sonográfico pode representar não só as características sedimentológicas, mas também as características morfológicas, como o relevo e a refletividade do fundo (*backscatter*).

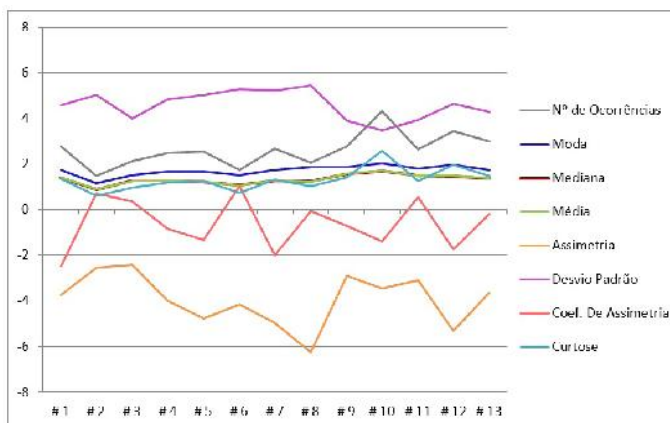


Figura 3. Distribuição dos parâmetros estatísticos referente à análise das curvas mostradas na Figura 2.

Figure 3. Distribution of statistical parameters related to the curves shown in Figure 2.

A partir da análise dos dados geofísicos, foi possível a classificação de 5 padrões de textura da imagem do registro sonográfico (Figura 4). A delimitação dos padrões foi feita de forma qualitativa, pela observação de diferentes padrões de refletividade, e calibrada pela correlação dos resultados dos histogramas. Posteriormente, cada um dos padrões foi detalhado com os resultados das análises sedimentológicas. A compilação dos dados é apresentada nas Tabelas 1 a 5.

Abatimetria da região variou de 19 a 30m de profundidade. A diferença de intensidade das cores do registro sonográfico foi comparada em relação à batimetria, mas não foi encontrada uma relação direta entre a maior profundidade e a menor intensidade do sinal, ou uma maior intensidade em local do registro com maior elevação, o que seria esperado. Os indícios são de que as diferenças de intensidade do registro sonográfico sejam derivadas das características sedimentológicas, e não da variação batimétrica.

As amostras de sedimento apresentaram, como um todo, porcentagens muito baixas de matéria orgânica, entre 0,2% e 1,4% (exceto a amostra 3A, com 21,09%), e de carbonatos, entre 0,5% e 6,6% (exceto a amostra 6A, com 14,4%).

Ainda em relação à análise granulométrica, as amostras no geral se apresentaram como simétricas (com as exceções 1B e 3A, com assimetria muito negativa, indicando a presença de sedimentos grossos, e 4A, com assimetria muito positiva, indicando a presença de finos – silte e argila). No que se refere à curtose das curvas de distribuição granulométrica, as amostras se dividiram em leptocúrticas e mesocúrticas. Sendo assim, pode-se interpretar que algumas áreas possuem homogeneidade um pouco maior em relação ao tamanho dos grãos do que outras.

O padrão A é caracterizado por registros sonográficos de intensidade média e pouco heterogênea. As amostras de sedimento coletadas na área indicam um sedimento com granulometria de areia média. No setor oeste do padrão, as amostras da estação #1 apresentaram textura de areia e o selecionamento variou de pobremente selecionado a moderadamente selecionado. Já no setor leste, as amostras da estação #13 apresentaram textura de areia levemente cascalhosa e sedimento moderadamente bem selecionado. Apesar de possuir uma granulometria ideal para a recuperação de praias mencionadas, o padrão não é o melhor setor indicado para este destino pela presença de sedimento pobremente selecionado no setor oeste e pela textura de areia levemente cascalhosa encontrada nas duas amostras da estação #13 no setor leste (Tabela 1).

O padrão B é caracterizado por registros sonográficos de textura heterogênea e intensidade muito alta. As amostras de sedimento coletadas neste padrão possuem granulometria de areia grossa, textura de areia levemente cascalhosa e sedimento moderadamente selecionado em duas amostras, e moderadamente bem selecionado na outra amostra. Esse padrão não é recomendado para a recuperação das praias indicadas em razão dos resultados dos três parâmetros e das características originais das praias a regenerar (Tabela 2).

O padrão C caracteriza-se pelo registro sonográfico de textura homogênea e intensidade média. Foram coletadas amostras de 4 estações nesse padrão. Os resultados das análises granulométricas indicam que a granulometria é de areia média, em geral, de textura de areia levemente cascalhosa e

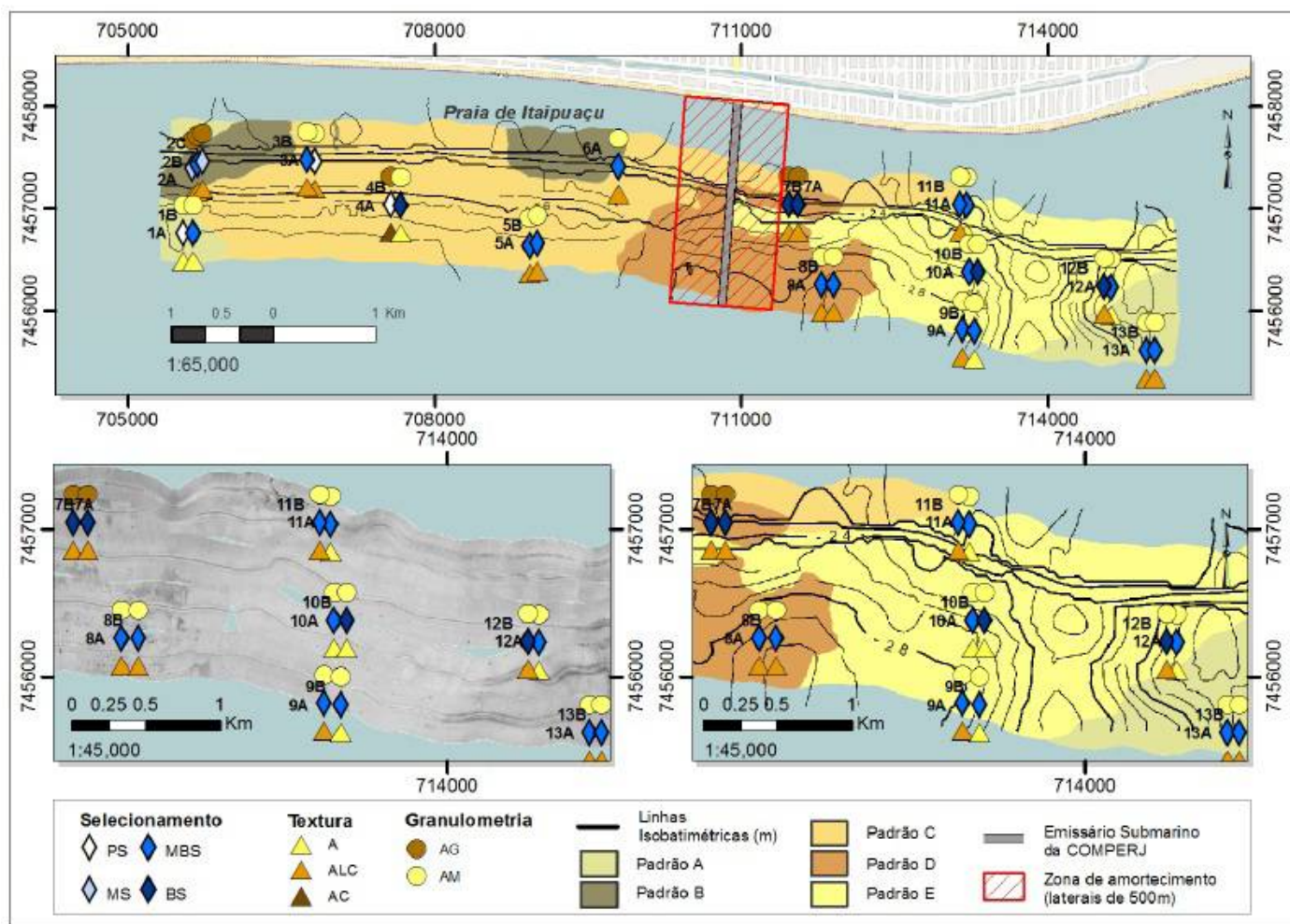


Figura 4. Mapa de classificação dos padrões geacústicos (superior) e mapas comparativos do padrão E referente ao registro sonográfico (inferior esquerda) e sua interpretação (inferior direita) com sobreposição* de parâmetros sedimentológicos relativos às amostras de sedimento coletadas para parametrização. *As amostras foram coletadas nas coordenadas geográficas onde estão plotados os resultados do parâmetro de selecionamento.

Figure 4. Classification map of the geacoustics patterns (top) and comparative map of the pattern E from side scan data (bottom left) and interpretation (bottom right) with overlapping* sedimentological data from sediment samples. *The samples were collected at the same geographic coordinates of the sediment sorting values.

Tabela 1. Classificação do padrão geacústico A em relação às imagens do registro sonográfico 1A e 13A e análise sedimentológica das amostras #1 e #13.

Table 1. Geacoustic pattern A classification from side scan sonar images 1A and 13A and grain size analysis of samples # 1 and # 13.

Sonar de Varredura Lateral	Padrão A		Valores	
	Intensidade		Média	
	Textura da imagem		Heterogênea	
	Moda	#1 = 174 ; #13 = 174		
Amostras de sedimento	Estações	#1	#13	
	Granulometria	AM	AM	
	Faixa granulométrica (µm)	367 a 382	474 a 481	
	Matéria Orgânica (%)	0.2 a 0.3	0.2 a 0.2	
	Carbonatos (%)	1.6 a 1.6	3.9 a 4.0	
	Selecionamento	PS a MBS	MBS	
	Grupo textural	A	ALC	
	Curtose	M e L	L	

AM – Areia Média; PS – Pobremente Selecionado; MBS – Moderadamente Bem Selecionado; A – Areia; ALC – Areia Levemente Cascalhosa; M – Mesocúrtica; L – Leptocúrtica.

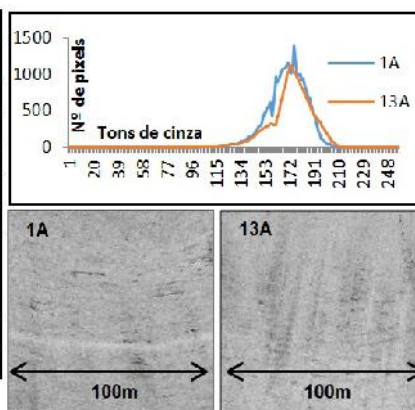
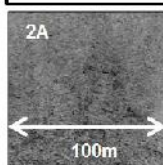
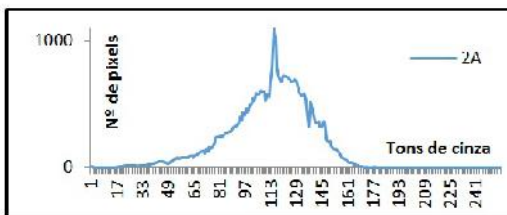


Tabela 2. Classificação do padrão geoaústico **B** em relação à imagem do registro sonográfico 2A e análise sedimentológica da amostra #2.

Table 2. Geoacoustic pattern **B** classification from side scan sonar images 2A and grain size analysis of sample #2.

	Padrão B	Valores
Sonar de Varredura Lateral	Intensidade	Muito Alta
	Textura da imagem	Heterogênea
	Moda	#2 - 118
Amostras de sedimento	Estação	#2
	Granulometria	AG
	Faixa granulométrica (µm)	603 a 618
	Matéria Orgânica (%)	0.2 a 0.4
	Carbonatos (%)	0.7 a 2.9
	Selecionamento	MS a MBS
	Grupo textural	ALC
	Curtose	L



AG – Areia Grossa; MS – Moderadamente Selecionado; MBS – Moderadamente Bem Selecionado; ALC – Areia Levemente Cascalhosa; L – Leptocúrtica.

sedimento pobremente selecionado a moderadamente bem selecionado. A estação #4 apresentou dois resultados muito diferentes. A amostra 4A tem granulometria grossa, textura de areia cascalhosa e sedimento pobremente selecionado. Já a amostra 4B apresentou areia média, com textura areia e sedimento bem selecionado. O padrão C poderia ser uma região recomendada para lavra pela homogeneidade do registro sonográfico de intensidade média. Porém, as amostras de textura de areia levemente cascalhosa e a presença de sedimentos pobremente selecionados sugerem que a região não é tão adequada para recuperação de praias (Tabela 3).

O padrão D possui registro sonográfico heterogêneo de alta intensidade. As amostras coletadas são de sedimentos moderadamente bem selecionados a bem selecionados, porém são de areia média a grossa com textura de sedimentos de areia levemente cascalhosa. Apenas as informações geofísicas já sugerem heterogeneidade e textura não indicadas para a recuperação de praias em erosão. Os parâmetros sedimentológicos confirmaram esse indício (Tabela 4).

Já o padrão E é caracterizado por registro sonográfico homogêneo de baixa intensidade. As amostras de sedimento indicam que a assinatura desse sinal está relacionada a sedimentos compostos por areias médias de textura areia em 5 das 8 amostras coletadas na região. As outras três são amostras de textura areia levemente cascalhosa. Além disso, o sedimento das amostras coletadas nesse padrão é bem selecionado a moderadamente bem selecionado. Essa região, consideradas as características das praias a regenerar, apresenta as condições ideais para a lavra de areias quartzosas para recuperação dessas praias em erosão (Tabela 5).

Como pode ser visto na Figura 4, parte da área mapeada corresponde à região onde será construído o Emissário Submarino do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro – COMPERJ. Um dos impactos previstos no Estudo de Impacto Ambiental do empreendimento é a restrição de atividades de exploração mineral ao longo do traçado do emissário (Petrobras, 2010). Sendo assim, mesmo considerando uma área de exclusão com laterais equidistantes de 500m do emissário, a maior área correspondente ao padrão E se mantém livre.

O padrão E possui uma área de 3.625.474m². Registros sísmicos, realizados com perfilador de subfundo, da porção mais rasa da área de estudo (Medeiros, 2010), indicam que o pacote sedimentar aparenta ser homogêneo por pelo menos 10m de profundidade, livre de afloramentos rochosos. Considerando a lavra da área do padrão E, com 1 metro de profundidade, seria possível a extração de 3.6 x 10⁶m³ de areias siliciclásticas. Com 2 metros de profundidade, o volume chega a, aproximadamente, 7.3x10⁶m³. Esse volume seria mais do que o suficiente para recompor, por exemplo, o trecho Ipanema-Leblon.

4. CONCLUSÕES

O uso da análise quantitativa do registro sonográfico otimiza o levantamento geofísico de uma região por vários aspectos. A interpretação do mosaico sonográfico pode ser realizada de forma mais precisa e menos subjetiva. Por ser um método indireto de coleta de dados, não dispensa a parametrização do registro sonográfico com amostras de sedimento. Permite que a parametrização seja mais eficaz, já que as estações podem ser selecionadas em diferentes padrões pelo aspecto qualitativo e quantitativo. Os *softwares* que hoje são capazes de fornecer uma classificação automática do registro sonográfico implicam em um custo que não acompanha o grau de eficiência da classificação.

Com este estudo, foi possível verificar que setores da área de estudo possuem as características necessárias para servirem como jazidas de areias siliciclásticas para a recomposição de praias do município do Rio de Janeiro sujeitas à erosão. Assim, através da análise dos dados geofísicos, de forma qualitativa e quantitativa, foi possível a identificação de 5 padrões geoaústicos distintos. Com a análise dos parâmetros sedimentológicos e de distribuição granulométrica, foram encontradas correlações entre a textura, a granulometria e o selecionamento dos grãos com o sinal acústico derivado do sonar. Sendo assim, buscou-se padrões de sedimentos bem selecionados, com granulometria de areia média e textura areia, como pacote sedimentar ideal para a recuperação das praias, a fim de propor sedimentos que mantenham as características morfodinâmicas das praias a serem recompostas.

Tabela 3. Classificação do padrão geoacústico **C** em relação às imagens do registro sonográfico 3A, 4A, 5A e 6A e análise sedimentológica das amostras #3, #4, #5 e #6.

Table 3. Geoacoustic pattern **C** classification from side scan sonar images 3A, 4A, 5A and 6A and grain size analysis of samples #3, #4, #5 and #6.

Sonar de Varredura Lateral	Padrão C		Valores			
		Intensidade	Média			
	Textura da imagem	Homogênea				
	Moda	#3 = 151; #4 e# 5 = 187; #6 = 151				
Amostras de sedimento	Amostras de referência	#3	#4	#5	#6	
	Granulometria	AM	AM e AG	AM	AM	
	Faixa granulométrica (µm)	359 a 466	459 a 801	483 a 498	463	
	Matéria Orgânica (%)	0.4 a 21.1	0.2 a 0.4	0.2 a 0.3	1.3	
	Carbonatos (%)	1.31 a 2.73	0.45 a 1.89	2.45 a 2.96	14.4	
	Selecionamento	PS a MBS	PS a BS	MBS	MBS	
	Grupo textural	ALC	A a AC	ALC	ALC	
	Curtose	M e L	M e L	L	L	

AM – Areia Média; AG – Areia Grossa; PS – Pobremente Selecionado; MBS – Moderadamente Bem Selecionado; BS – Bem Selecionado; A – Areia; ALC – Areia Levemente Cascalhosa; M – Mesocúrtica; L – Leptocúrtica.

Tabela 4. Classificação do padrão geoacústico **D** em relação às imagens 7A e 8A do registro sonográfico e análise sedimentológica das amostras #7 e #8.

Table 4. Geoacoustic pattern **D** classification from side scan sonar images 7A and 8A and grain size analysis of samples #7 and #8.

Sonar de Varredura Lateral	Padrão D		Valores	
		Intensidade	Alta	
	Moda	#7 = 174; #8 = 186		
	Textura da imagem	Heterogênea		
Amostras de sedimento	Estações	#7	#8	
	Granulometria	AG	AM	
	Faixa granulométrica (µm)	507 a 523	482 a 465	
	Matéria Orgânica (%)	0.7 a 0.3	0.6 a 1	
	Carbonatos (%)	1.4 a 2.8	2.3 a 2.4	
	Selecionamento	BS	MBS	
	Grupo textural	ALC	ALC	
	Curtose	M	L	

AM – Areia Média; AG – Areia Grossa; MBS – Moderadamente Bem Selecionado; BS – Bem Selecionado; ALC – Areia Levemente Cascalhosa; M – Mesocúrtica; L – Leptocúrtica.

Tabela 5. Classificação do padrão geoacústico **E** em relação às imagens 9A, 10A, 11A e 12A do registro sonográfico e análise sedimentológica das amostras #9, #10, #11 e #12.

Table 5. Geoacoustic pattern **E** classification from side scan sonar images 9A, 10A, 11A and 12A and grain size analysis of samples #9, #10, #11 and #12.

Sonar de Varredura Lateral	Padrão E		Valores			
	Intensidade	Baixa				
Textura da imagem	Homogênea					
Moda	#9 = 186; #10 = 203; #11 = 181; #12 = 198					
Amostras de sedimento	Estações	#9	#10	#11	#12	
	Granulometria	AM	AM	AM	AM	
	Faixa granulométrica (µm)	474 a 478	468 a 472	335 a 339	466 a 470	
	Matéria Orgânica (%)	0.3 a 0.4	0.2 a 0.4	0.2 a 0.3	0.2 a 0.3	
	Carbonatos (%)	2.6 a 3.1	1.4 a 2.4	0.8 a 2	1.3 a 2.3	
	Selecionamento	MBS	MBS a BS	MBS	MBS a BS	
	Grupo textural	A a ALC	A	A a ALC	A a ALC	
Curtose	L	L e M	M	M		

AM – Areia Média; MBS – Moderadamente Bem Selecionado;
 BS – Bem Selecionado; A – Areia; ALC – Areia Levemente Cascalhosa;
 M – Mesocúrtica; L – Leptocúrtica.

Os padrões B e D apresentaram uma maior intensidade do sinal acústico e uma heterogeneidade da imagem do registro sonográfico. Como esperado, amostras coletadas nesses padrões indicam a presença de areias grossas e textura de areia levemente cascalhosa. Os padrões A e C apresentaram uma intensidade mediana do registro sonográfico. A maioria das amostras coletadas sob esse padrão apresentaram granulometria de areia média, textura de areia levemente cascalhosa e sedimentos de pobremente selecionados a moderadamente bem selecionados.

O padrão E apresentou características muito próximas às buscadas no objetivo deste estudo. O sinal acústico apresentou uma intensidade baixa e uma homogeneidade na imagem do registro sonográfico. A parametrização pelas amostras indicou que esse sinal pode ser relacionado à presença de sedimentos bem selecionados a moderadamente bem selecionados, de granulometria areia média e textura areia, na sua maioria. Recomenda-se que este método seja aplicado em regiões com características similares para a busca de áreas fontes. Adicionalmente, fazem-se necessários estudos com mais métodos geofísicos para a cubagem de jazidas, amostragens de sedimentos, coletas de testemunhos para parametrização e estudos comparativos entre os sedimentos das áreas fontes e as áreas a serem recuperadas, como proposto por Oliveira e Muehe (2013).

Recomenda-se, ainda, que, junto a este método, sejam realizados estudos a respeito dos possíveis impactos ambientais sobre as comunidades bentônicas por todos os aspectos que possam afetá-las. Devem ser previstos estudos sobre a dinâmica sedimentar e caracterização bentônica tanto das áreas fontes de sedimento quanto das áreas a serem recuperadas. Dessa forma, será possível evitar a lavra sobre

comunidades mais sensíveis e ameaçadas, e também verificar se grupos presentes nas áreas fontes podem representar algum risco a espécies pertencentes às áreas a serem recuperadas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho resultou de recursos obtidos por meio de Bolsa de Pós-Graduação da CAPES advinda do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e de financiamentos da FAPERJ e do CNPq. Expressamos, também, os nossos agradecimentos à equipe do Laboratório de Oceanografia Geológica da UERJ.

O *software Histog* está ainda em desenvolvimento pelo geólogo Claudio Gino Gallea, da empresa Tethys Geofísica Ambiental, com a colaboração do Prof. Dr. Arthur Ayres Neto, docente do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belligotti, F.M. (2009) - *Avaliação metodológica da profundidade de convergência (profundidade de Fechamento) de perfis de três praias de energia moderada a alta no litoral do Rio de Janeiro*. 130p., Dissertação de Mestrado em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. *Unpublished*.
- Dean, R.G. (2002) - *Beach Nourishment: theory and practice*. 399p., World Scientific Publishing, Singapura. ISBN: 978-9810215484.
- Dias G.T.M.; El Robrini M.; Freire G.S.F.; Figueiredo Jr., A.G. (2004) - *Cartas de Sedimento de Fundo. Áreas da Oceanografia Geológica (Sul, Central, Nordeste e Norte)*.

- Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE, MMA, CD-ROM de Cartas Sedimentológicas, Brasília, DF, Brasil.
- Folk, R.L.; Ward, W.C. (1957) - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1):3-26. Available at [http://www.er.uqam.ca/nobel/aqua1/articles/Folk_Ward_27\(1\)-3.pdf](http://www.er.uqam.ca/nobel/aqua1/articles/Folk_Ward_27(1)-3.pdf)
- Kaji, A.; Lopes, I.T.P.; Rech, M.; Sperle, M. (2006) - Estudo da Dinâmica Sedimentar da Praia da Macumba, RJ. *Simpósio Brasileiro de Oceanografia - Anais*, IO-USP, São Paulo, SP, Brasil.
- Komar, P.D. (1998) - *Beach Processes and Sedimentation*. 2nd ed., 544p., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, U.S.A. ISBN: 9780137549382.
- Krumbein, W.C.; Pettijohn, F. J. (1938) - *Manual of sedimentary petrography*. 549p., AppletonCentury-Crofts, New York, U.S.A. ISBN: 0918985781.
- Loring, D.H.; Rantala, R.T.T. (1992) - Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. *Earth-Science Reviews*, 32(4):235-283. DOI: 10.1016/0012-8252(92)90001-A
- Medeiros, N.S. (2010) - *Mapeamento de jazidas de areias quartzosas na plataforma continental interna do Rio de Janeiro: estudo de caso no trecho Fortaleza de Santa Cruz – Itaipuaçu*. 78 p., Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Muehe, D. (2004) - Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmico e evolutivo. Brasília. In: Ministério do Meio Ambiente e Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (org.), *Projeto Orla: subsídios para um projeto de gestão.*, pp. 11-30, Ministério do Meio Ambiente and Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, DF, Brasil. Available at: <http://146.155.48.139/gestioocostera/pdf/Internacional/Projecto%20ORLA%20Brasil/volume3.pdf>
- Muehe, D. (2006) - *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. <http://www.mma.gov.br/publicacoes/gestao-territorial/category/80-gestao-costeira-g-erosao-e-progradacao>
- Neves, C.; Muehe, D. (2008) - Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. In: Ministério da Ciência e Tecnologia (org.), *Parcerias Estratégicas* (ISSN: 1413-9375), pp.27: 73-108, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, DF, Brasil. ISSN: 1413-9375. Available at: <http://www.cgce.org.br/parcerias/p27.php>
- Oliveira, F.J.; Muehe, D. (2013) - Identificação de áreas de sedimentos compatíveis na plataforma continental interna para recuperação de praias entre as cidades de Niterói e Macaé – Rio de Janeiro. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(1):89-99. DOI: 10.5894/rgci362
- Petrobras (2010) - *Implantação do Emissário Terrestre e Submarino do Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro – COMPERJ*. Relatório de Impacto Ambiental, INEA, Rio de Janeiro, Brasil. Available at: http://www.inea.rj.gov.br/fma/download_
- Ponzi, V.R.A. (1995) - *Método de análises sedimentológicas de amostras marinhas: Representação de resultados através de gráficos e mapas. Curso de Especialização em Geologia e Geofísica Marinha*. LAGEMAR/UFF, 51p., Niterói, Brasil. *Unpublished*.
- Schlee, J. (1973) - *Atlantic Continental Shelf and Slope of the United States sediment texture of the northeastern part*. 64p., *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 529-L, Washington, USA. Available at: <http://pubs.usgs.gov/pp/0529l/report.pdf>
- Shepard, F.P. (1954) - Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal Sedimentary Petrology*, 24(3):151-158. DOI: 10.1306/D4269774-2B26-11D7-8648000102C1865D
- Sperle, M.; Araújo, I.; Martins, C. (1999) - Dinâmica Sedimentar em Praias Arenosas Holocênicas: Uma Proposta Metodológica. *ABEQUA - Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, 1(7), Porto Seguro, Brasil.

SHORT NOTE / NOTA CURTA

First record of the vermetid *Petalconchus varians* (d'Orbigny, 1841) on floating marine debris at Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil *

*Primeiro registro do vermetídeo *Petalconchus varians* (d'Orbigny, 1841) em lixo marinho flutuante na Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil*

André Breves ^{@,1}, Luis Felipe Skinner ¹

ABSTRACT

This note aims to do the first record of the vermetid gastropod *Petalconchus varians* rafting on floating marine debris. This record of the occurrence of the species at Ilha Grande (Rio de Janeiro, Brazil) is within its distribution range in the West Atlantic Ocean coast, however its distribution could be extended through antropogenic mechanisms. The dispersion of vermetids through floating debris should be investigated given the high potential of invasion by vermetids due to the increase in waste production

Keywords: Bioinvasion, coastal zone, Gastropoda, rafting, Vermetidae.

RESUMO

*Este trabalho tem como objetivo realizar o primeiro registro do vermetídeo *Petalconchus varians* em lixo marinho flutuante. Esse registro de ocorrência da espécie na Ilha Grande (Rio de Janeiro, Brasil) está dentro da extensão de sua distribuição na costa oeste do Oceano Atlântico, no entanto a sua distribuição pode ser ampliada através de mecanismos antropogênicos. A dispersão de vermetídeos através de lixo flutuante deve ser investigada, tendo em vista o grande potencial de invasão dos vermetídeos devido ao aumento da produção de lixo.*

Palavras-chaves: Bioinvasão, Gastropoda, rafting, Vermetidae, zona costeira.

@ - Corresponding author: abrevesramos@gmail.com

1 - Laboratório de Ecologia e Dinâmica Bêntica Marinha, Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), São Gonçalo, RJ

1. INTRODUCTION

The dispersion of benthic organisms through natural substrata and anthropogenic solid waste has been reported in oceans of the world (Barnes & Fraser, 2003; Thiel & Gutow, 2005; Farrapeira, 2011). Rafting can be the main vector of dispersion to some invertebrate species with many groups of organism such as sponges, barnacles, polychaetes, bryozoans and bivalves reported on floating debris (Thiel & Gutow, 2005).

In the Brazilian coast, 122 species of macrobenthic invertebrates transported on abiogenic solid marine debris were listed, relating their prevalence to the substrate types (Farrapeira, 2011). From these species, 13 were sedentary mollusks and none of them vermetid.

To the present, there is none reference on the literature signaling the presence of vermetid species on marine debris or being transported by rafting. In the present paper we record for the first time the vermetid gastropod *Petaloconchus varians* (d'Orbigny, 1841) on floating marine debris and being transported by rafting.

2. MATERIAL AND METHODS

This study was performed during October 2012 in Dois Rios beach (23°11'01,6"S and 44°11'22,03"W), located in a conservation unit, in the open ocean side of Ilha Grande, south coast of Rio de Janeiro State, Brazil.

Despite the presence of other macrobenthic invertebrates such as hydrozoans and lepadid barnacles, only the vermetid

specimens were collected. They were removed manually from debris, placed in plastic bags, fixed and preserved in 70% alcohol. The collected specimens were deposited in the Marine Invertebrates Collection of Departamento de Ciências (DCIEN), Faculdade de Formação dos Professores (FFP), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Six specimens of the vermetid gastropod *P. varians* were collected attached on floating marine debris that beached at Dois Rios (Figure 1).

The present work is the first record of a vermetid on floating marine debris and under rafting transportation along the Brazilian coast or elsewhere. Other gastropods, excepted vermetids, have been reported from a wide variety of items but they are most common in macroalgae, as facultative rafters (Thiel & Gutow, 2005).

Petaloconchus varians distribution ranges from Florida (USA) to Santa Catarina (south of Brazil) (Rosenberg, 2009; Spotorno et al., 2012), and Ilha Grande is within its known distribution. Although *P. varians* is widely distributed in the West Atlantic coast, the species dispersal could be extended through antropogenic mechanisms. The occurrence of *Vermetus triquetus* Bivona, 1832 and *Thylaeodus rugulosus* Monterosato, 1878 in the Archipelago of the Azores (Portugal) is attributed to rafting over long distances from somewhere in the eastern Atlantic or Mediterranean as fouling attached to ships and vessels (Bieler, 1995). *Eualetes tulipa* (Rousseau in Chenu, 1843)

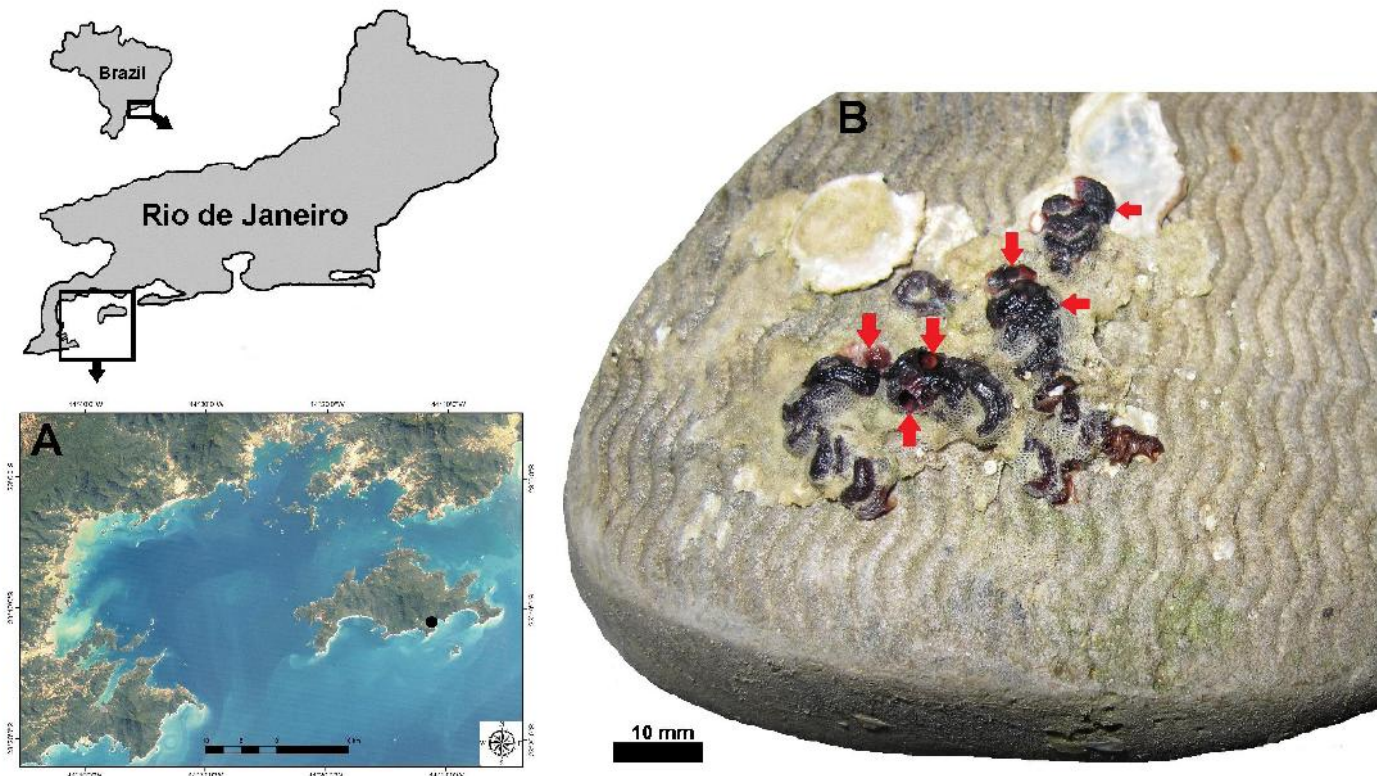


Figure 1. A) Photo of Ilha Grande and the local where marine debris was collected; B) Specimens of *Petaloconchus varians* (red arrows) rafting on floating marine debris. Scale bar=1cm.

Figura 1. A) Foto da Ilha Grande e o ponto onde o lixo flutuante foi coletado b) Indivíduos de *Petaloconchus varians* (seta vermelha) em lixo marinho flutuante. Barra de escala=1cm.

was introduced into the Hawaiian Islands (Coles et al., 2006), but its dispersal mechanism is not known.

In general, some vermetids are considered potential invasive species (Bieler 1995; Strathmann & Strathmann 2006) and are known for their high tolerance to adverse conditions such as poor availability of food, low water quality and varying environmental conditions (Schiaparelli & Cattaneo-Viatti, 1999; Strathmann & Strathmann, 2006), with a great ability to attach to different artificial substrates (Schiaparelli et al., 2003).

Vermetid are characterized by brooding egg capsules containing embryos, freely in the mantle cavity or attached to the shell close to mantle cavity (Miloslavich & Penchaszadeh, 1992). Fecundity was estimated as 1 up to 9 egg capsules on mantle cavity, each one containing up to 123/178 eggs. Larvae are released as late veliger, positively phototropic and settles in 24h (Miloslavich et al., 2007; Weinberger et al., 2010). According to Miloslavich et al. (2007), *Petalococonchus* cf. *varians* from the Venezuela Caribbean region reproduces throughout the year which is important in order to maintain a viable population.

This reproductive behavior and effort could reflect upon dispersal by marine debris and the invasive potential of this species. If debris containing adults are transported to the shore, and find suitable habitats like rocky shores with many boulders or artificial jetties, larvae could settle in this new environment in the first step for species introduction. Vermetids are well adapted to sessile life and when attached on debris, they seem to survive.

Due to the increase of waste production by humans and growing amount of marine debris floating on the ocean, this process may be of increasing importance as a mechanism for species dispersal with the involuntary transportation of species (Farrapeira, 2011). As possible solutions to floating marine debris mitigation and involuntary rafting of organisms should be developed new research and technology like simulation programs to monitoring floating marine debris in the Atlantic coast and also create public local campaigns in countries such as Brazil in order to decrease the waste disposal at sea.

4. CONCLUSION

Petalococonchus varians was the first time registered rafting along the Brazilian coast and this was the first occurrence of a vermetid species on floating marine debris.

Petalococonchus varians can be dispersed on floating marine debris and is a potential invasive species into regions where it is not known to previously occur.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the “Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS)/Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) for their logistical support and Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG)/INEA for the authorization licence nº 050/2012 to conduct the research.

REFERENCES

Barnes, D.K.A.; Fraser, K.P.P. (2003) - Rafting by five phyla on man-made flotsam in the Southern Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 262:289-291. DOI: 10.3354/meps262289

Bieler, R. (1995) - Vermetid gastropods from São Miguel, Azores: comparative anatomy, systematic position and biogeographic affiliation. In: Martins, A.M.E. (ed.), *The*

Marine Fauna and Flora of the Azores. Proceedings of the Second International Workshop of Malacology and Marine Biology, Açoreana (ISSN: 0874-0380), Supplement, 173-192, Angra do Heroísmo, Açores, Portugal.

Coles, S.L.; Kandel, F.L.M.; Reath, P.A.; Longenecker, K.; Eldredge, L.G. (2006) - Rapid Assessment of Nonindigenous Marine Species on Coral Reefs in the Main Hawaiian Islands. *Pacific Science*, 60(4):483-507. DOI: 10.1353/psc.2006.0026

Farrapeira, C.M.R. (2011) - Invertebrados macrobentônicos detectados na costa brasileira transportados por resíduos flutuantes sólidos abiogênicos (Macrobenthic invertebrates found in Brazilian coast transported on abiogenic solid floating debris). *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 11(1):85-96. DOI: 10.5894/rgci200

Miloslavich, P.; Penchaszadeh, P.E. (1992) - Reproductive biology of *Vermetus* sp. and *Dendropoma corrodens* (Orbigny, 1942): two vermetid gastropods from the southern Caribbean. *The Veliger* 35(1):78-88.

Miloslavich, P.; Weinberger, V.P.; Peralta, A.C. (2007) - Reproductive biology of *Petalococonchus* cf. *varians* (Caenogastropoda, Vermetidae) from the Venezuelan Caribbean. 33rd Scientific Meeting of the Association of Marine Laboratories of the Caribbean. pp. A50. Available at <http://www.amlcarib.org/meetings/procs/2007AMLC.pdf>

Rosenberg, G. (2009) - *Malacolog 4.1.1: A Database of Western Atlantic Marine Mollusca*. www database (version 4.1.1), The Academy of Natural Sciences of Drexel University, Philadelphia, PA, U.S.A. Available at <http://www.malacolog.org/>

Schiaparelli, S.; Cattaneo-Viatti, R. (1999) - Functional morphology of vermetid feeding-tubes. *Lethaia*, 32(1):41-46. DOI: 10.1111/j.1502-3931.1999.tb00579.x

Schiaparelli, S.; Guidettio, P.; Cattaneo-Viatti, R. (2003) - Can mineralogical features affect the distribution patterns of sessile gastropods? The Vermetidae case in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83(6):1267-1268. DOI: 10.1017/S0025315403008622

Spotorno, P.O.; Tãmega, F.T.S.; Bemvenuti, C.E. (2012) - An overview of the recent vermetids (Gastropoda: Vermetidae) from Brazil. *Strombus* (ISSN: 1983-2214), 19(1-2):1-8, Conquiliologistas do Brasil, São Paulo, SP, Brazil. Available at <http://www.conchasbrasil.org.br/strombus/frameset.html>, Conquiliologistas do Brasil, São Paulo, SP, Brazil.

Strathmann, M.F.; Strathmann, R. (2006) - A vermetid gastropod with complex intracapsular cannibalism of nurse eggs and sibling larvae and a high potential for invasion. *Pacific Science*, 60(1):97-108. Available at <http://hdl.handle.net/10125/22550>

Thiel, M.; Gutow, L. (2005) - The ecology of rafting in the marine environment. II. The rafting organisms and community. In: R.N. Gibson, R.J.A. Atkinson & J.D.M. Gordon. (eds.), *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, Volume 43, pp.279-418. Available at <http://epic.awi.de/11613/1/Thi2005a.pdf>

Weinberger, V.P.; Miloslavich, P.; Machordom P. (2010) - Distribution pattern, reproductive traits, and molecular analysis of two coexisting vermetid gastropods of the genus *Petalococonchus*: a Caribbean endemic and a potential invasive species. *Marine Biology*, 157(7):1625-1639. DOI: 10.1007/s00227-010-1435-3