



**Ostracodes do Estuário do Rio Arade, Algarve - Portugal**  
Ostracods from Arade River Estuary, Algarve - Portugal

Lazaro Laut<sup>1</sup>; Maria Antonieta da Conceição Rodrigues<sup>2</sup>; Frederico S. Silva<sup>3</sup>; Letícia Guedes de Mentzingen<sup>2</sup>; Maria Virgínia Alves Martins<sup>2,4</sup>; Tomasz Boski<sup>5</sup>; Ana Isabel Gomes<sup>5</sup>; Luiz F. Fontana<sup>3</sup>; Iara M.M.M. Clemente<sup>2</sup>; Pierre Belart<sup>1</sup>; Rodrigo L. Ribeiro<sup>1</sup> & João Graciano Mendonça-Filho<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro Laboratório de Micropaleontologia, Departamento de Ciências Naturais, Laboratório de Micropaleontologia, Av. Pasteur, 458, IBIO/CCET sala 500 Urca. 22.240-490 Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia,

Av. São Francisco Xavier, 524, sala 400A, Maracanã. 20550-013. Rio de Janeiro - RJ, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia, Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica, Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - Bloco F Ilha do Fundão - Cidade Universitária. 21.949-900. Rio de Janeiro - RJ, Brasil

<sup>4</sup> Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, GeoBioTec, CESAM, Campus de Santiago. 3810-193 Aveiro, Portugal

<sup>5</sup> Universidade do Algarve. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Centro de Investigação

Marinha e Ambiental, Edifício 7, Campus Universitário de Gambelas. 8005-139 Faro, Portugal

E-mails: lazarolaut@hotmail.com; tutucauerj@gmail.com; fsobrinho@gmail.com; le\_mentzingen@hotmail.com; virginia.martins@ua.pt; tboski@gmail.com; aisgomes@ualg.pt; lffontana@gmail.com; iarammmc@hotmail.com;

pbelart@gmail.com; rodrigoibio@hotmail.com; graciano@igeo.ufrj.br

Recebido em: 28/04/2015 Aprovado em: 22/12/2015

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2015\\_2\\_115\\_126](http://dx.doi.org/10.11137/2015_2_115_126)

## Resumo

A análise de correspondência destendenciada (DCA) aplicada à abundância relativa das espécies de ostracodes e aos parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos permitiu dividir o estuário do rio Arade em quatro setores: Setor I – localiza-se entre a foz e a cidade de Portimão, que foi caracterizado pelo maior número de espécies de ostracodes, valores mais altos de salinidade e pH, sedimento arenoso e maior concentração de proteínas no sedimento. Este setor foi considerado com maior influência marinha, alta produtividade fitoplanctônica; Setor II – localizado nos arredores da cidade de Parchal, foi caracterizado pelo maior valor de diversidade  $H'$  e pela ocorrência das espécies *Leptocythere lacertosa*, *Herpetocypris helenae* e *Leptocythere porcellanea*. Neste setor foi identificada a maior concentração de enxofre e de sedimentos finos; Setor III – localizado entre as cidades de Parchal e Silves, este setor apresentou grande concentração de carbono orgânico, sedimento fino e de biopolímeros (carboidratos, lipídios e proteínas). Neste setor foram identificadas somente as espécies dominantes do estuário (*Loxoconcha elliptica*, *Cytherois fischeri* e *Leptocythere lacertosa*); Setor IV – localizado na cidade Silves, este setor apresentou a maior concentração de lipídios e da fração silte de todo o estuário. Dentre os setores identificados, este é o mais confinado, onde há deposição dos efluentes da cidade Silves. A análise em DCA demonstrou que a espécie *Loxoconcha elliptica* é a espécie mais característica deste setor e por isso, pode ser considerada como um bioindicador de ambientes confinados.

**Palavras-chave:** ostracodes; biopolímeros; estuários de mesomare; compartimentação ambiental

## Abstract

The detrended correspondence analysis (DCA) applied to the relative abundance of ostracoda species and physical-chemical, sedimentological and geochemical parameters allowed to identified four sectors in the estuary of the Arade River: Sector I - located between the mouth of estuary and Portimão City and is characterized by the largest number of species of ostracoda, higher salinity and pH, sandy sediment and higher protein concentration. This sector has the largest marine influence with high phytoplankton productivity; Sector II - located in the vicinity of Parchal City, it is characterized by the highest value of diversity  $H'$  and the occurrence of the species *Leptocythere lacertosa*, *Herpetocypris helenae* and *Leptocythere porcellanea*. In this sector was identified the highest concentration of sulfur and fine sediments; Sector III - located between Silves and Parchal cities, has the highest concentration of organic carbon, fine sediment and biopolymers (carbohydrates, lipids and proteins). In this sector were identified only the dominant species in the estuary (*Loxoconcha elliptica*, *Cytherois fischeri* e *Leptocythere lacertosa*); Section IV - located in the Silves City, this sector had the highest lipid content and the silt fraction of the whole estuary. The sectors identified in Arade River Estuary, this is characterized as the most confined where the effluents from Silves City are deposited. The DCA analysis showed that the *Loxoconcha elliptica* is the most characteristic species of this sector, and it can be considered with a confined environments bioindicator.

**Keywords:** ostracoda; biopolymers; mesotidal estuary; environmental compartmentation

## 1 Introdução

Desde a antiguidade que os estuários têm sido alvo da intensa exploração, especialmente pelo fato de serem locais favoráveis à concentração urbana, de indústrias e pela facilidade do transporte hidroviário. Nos dias atuais pode ser constatado que os maiores núcleos urbanos e industriais estão nas margens de estuários e acabam por comprometer a qualidade ambiental destes ecossistemas (Miranda *et al.*, 2002)

Os estuários apresentam características únicas que resultam em elevada produtividade biológica. Esses ecossistemas desempenham um papel ecológico importante, pois são exportadores de matéria orgânica para as águas costeiras adjacentes e habitats vitais para muitas espécies de peixes e moluscos de valor comercial (Lapointe & Clark, 1999).

O monitoramento de áreas costeiras é essencial para a qualidade ambiental, tanto da água quanto do sedimento. Na União Europeia, por exemplo, a preocupação sobre o uso e a poluição dos sistemas costeiros se verifica pela implantação do plano de diretrizes para a qualidade da água que estabelece áreas de proteção ambiental, nas quais, o manejo destes deve ser realizado através de monitoramento contínuo (Frenzel & Boomer, 2005).

Por esta razão tem crescido o interesse em bioindicadores para o monitoramento da qualidade ambiental, dentre os quais, os ostracodes têm sido bem aplicados para este propósito (Frenzel & Boomer, 2005).

Coimbra *et al.* (2007) apontam que os ostracodes são bons bioindicadores porque são sensíveis a mudanças ambientais, possuem carapaça com grande variedade morfológica onde é relativamente fácil de diagnosticar essas variações, são abundantes no sedimento e facilmente coletados, o que permite uma redução nos custos das análises costeiras. Contudo, em áreas costeiras grande parte dos estudos tem focado a taxonomia e sua aplicação à paleontologia. Somente no final da década de 1960 iniciaram os primeiros estudos onde o conhecimento da fauna recente de ostracodes de regiões costeiras foi aplicado na reconstrução de sequências sedimentares (Kileny, 1969; Rosenfeld & Vesper, 1975; Rosenfeld, 1977; Barker, 1983).

Nos estuários existem condições difíceis para a adaptação biológica das espécies, pois os fatores hidrodinâmicos (*e.g.* marés, correntes, tempestades, variações do nível do mar e exposição subárea) e os climáticos (precipitação e evapotranspiração) modelam os parâmetros físico-químicos destes ecossistemas (Frenzel & Boomer, 2005). Desta forma cada estuário deve ser estudado a fim de se identificar quais especificidades influenciam a distribuição dos organismos.

O rio Arade foi historicamente uma importante via de transporte de minérios, azeite, vinho e frutos secos, contudo, no século XIX, foi alvo de intenso assoreamento que diminuiu sua importância como via de transporte de produtos para o litoral. Recentemente, tem-se assistido à revitalização da Bacia do Arade, em termos demográficos e sócio-econômicos, fazendo desta uma das zonas mais dinâmicas do Algarve, onde tem se desenvolvido atividades culturais, ambientais de turismo e etc (Bebianno & Machado, 1997).

O presente estudo tem por objetivo fazer uma contribuição ao conhecimento da ecologia e biogeografia de ostracodes estuarinos através da identificação das espécies do estuário do rio Arade e dos agentes físico-químicos e sedimentológicos condicionantes de sua distribuição. A caracterização das assembleias de ostracodes poderá ser utilizada como ferramenta para os planos de manejo e monitoramento ambiental, assim como, fornecer informações para os estudos de evolução quaternária da região.

## 2 Área de Estudo

O rio Arade está localizado na porção sul de Portugal, na costa Algarvia apresentando um curso de 75 km e uma bacia hidrográfica de 980 km<sup>2</sup> (Fletcher, 2005). Configura-se como o segundo sistema principal de aquíferos da costa do Algarve, sendo superado apenas pelo rio Guadiana localizado a oeste, na fronteira com a Espanha (Bebianno & Machado, 1997).

A zona estuarina é formada pela junção das águas dos rios Odelouca, Boina e Arade que descem da serra do Caldeirão e desaguam numa enseada no Oceano Atlântico. Na sua foz localizam-se os centros

populacionais de Portimão, na margem direita, e Ferragudo, na margem esquerda onde chega a atingir 1 km de largura (37°37'N – 08°34'W). É navegável até a cidade Silves, sendo também conhecido por rio de Silves e/ou rio de Portimão (Figura 1).

A distribuição da salinidade no interior do estuário é uma consequência da hidrodinâmica e da variação sazonal da vazão. No caso do estuário do Arade, a vazão de água doce é reduzida e, por conseguinte são de esperar valores elevados de salinidade no interior do estuário. Deste modo, a assinatura de água doce na zona externa do estuário é baixa, não sendo a salinidade um bom elemento para definir seu limite de jusante (MARETEC, 2014).

A cidade de Portimão é a segunda maior do Algarve, com cerca de 20 mil habitantes, e no verão, por causa do complexo turístico da Praia da Rocha, esta população duplica. Toda a bacia hidrográfica possui um grande valor ambiental, com extensas zonas de marismas de interesse paisagístico e ecológico. A montante da área estuarina, o rio Arade possui uma represa que fornece água para fins industriais e junto à foz abriga um dos maiores portos para desembarque de pesca da região (MARETEC, 2014).

Geologicamente o rio Arade está inserido na Bacia Algarvia (ou Bacia do Algarve) que corresponde, na sua parte meridional, a um conjunto de terrenos formados na grande maioria, por rochas sedimentares, como os calcários (dolomíticos, compactos dendríticos, lacustres), margas, argilas, arenitos, entre outras. Esses terrenos estão sobre o embasamento hercínico, constituído por xistos e grauvaques que datam do Carbonífero. A bacia apresenta uma direção principal E-W, estando a sua parte emersa representada desde o Cabo de São Vicente até o rio Guadiana na fronteira entre Portugal e Espanha (Ferreira *et al.*, 2008).

O clima do Algarve, como todo o sul de Portugal, no geral, é do tipo mediterrâneo, com verões quentes e secos, e com pelo menos dois meses de seca depois do solstício de verão e com invernos moderados. A média anual de temperatura é de 16,3°C, com o mínimo de 9,9°C em janeiro e máximo de 23,3°C em agosto, com a pluviosidade anual variando de 500 a 1.000 mm (Loureiro & Coutinho, 1995).

No período mais seco do ano, que são os meses de julho a setembro, os córregos de modo geral secam, mesmo em anos de escoamento médio anual superior à média. No entanto, o rio Arade constitui uma exceção à regra, apresentando vazão permanente (Instituto Português Sul, 2003).

O estuário do rio Arade apresenta regime de mesomare, havendo intrusão de água salgada até 16 km a montante do estuário, com profundidade média de 6 m e máxima de 10 m próximo à cidade de Portimão (MARETEC, 2014).

### 3 Materiais e Métodos

#### 3.1 Amostragem

Em setembro de 2010 foram coletadas cinco amostras de sedimento na zona de submare do canal principal do estuário do rio Arade, no período de baixamar, para evitar regiões com exposição aérea (Figura 1).

Os pontos de amostragem foram distribuídos de maneira que se pudesse identificar o gradiente estuarino. Assim, as estações foram localizadas da seguinte forma: AS01 - localizado próximo ao porto da cidade de Portimão; AS02 - próximo à ponte da estrada Nacional 125 com margem vegetada por *Spartina maritima*; AS03 - na região intermediária do baixo curso do estuário próximo à confluência com o rio Odeluca; AS04 - na região mais alta do estuário, próximo ao clube de campismo; AS05 - localizado no centro da cidade de Silves (Figura 1).

Para a análise de ostracodes foram coletados 50 ml de sedimento dos dois primeiros centímetros superficiais do fundo com a utilização de uma espátula metálica. O sedimento foi armazenado em potes plásticos com adição de álcool 70% e corante Rosa de Bengala para a preservação e identificação dos microrganismos vivos no momento da coleta. O volume de aproximadamente 300 g de sedimento foi acondicionado em sacos plásticos identificados, sendo estes destinados a análise sedimentológicas e geoquímicas.

Ainda em campo, foram medidos parâmetros físico-químicos como salinidade (refratômetro, modelo 10419, *American Optical*), temperatura, pH (Meter CG837, *Schott Gerate*) e O<sub>2</sub> dissolvido (Meter CG867, *Schott Gerate*).

### 3.2 Análises de Laboratório

#### 3.2.1 Análise Granulométrica

Para as análises granulométricas, foram usados cerca de 100g de sedimento coletado em cada estação. Estes foram lavados em água destilada, para a eliminação de sais solúveis, e posteriormente secos em estufa, com temperatura de 50°C. Após esta fase, os sedimentos foram atacadas com peróxido de hidrogênio a 30% em ambiente natural para eliminação da matéria orgânica.

As frações arenosas (>0,062 mm) foram peneiradas, usando-se peneiras com intervalo de 0,5 phi. As frações lamosas (<0,062 mm) foram analisadas utilizando-se o método de pipetagem (Suguio, 1973).

#### 3.2.2 Análise Geoquímica

As determinações do carbono orgânico total (COT) e do enxofre foram realizadas nas amostras de sedimento, no aparelho SC 144 da LECO. O método adotado foi o ASTM D 4239 (American

Society for Testing and Materials - ASTM, 2008) e NCEA-C-1282 (United States Environmental Protection Agency-US EPA, 2002).

Os lipídios totais foram extraídos com clorofórmio - metanol segundo Bligh & Dyer (1959) e Marsh & Weinstein (1966). Como padrão foi utilizado tripalmitato. As proteínas foram analisadas segundo o método de Hartree (1972), modificado por Rice (1982) para compensar a interferência do fenol, e utilizado como padrão albumina bovina. Os carboidratos foram analisados segundo Gerchacov & Hatcher (1972), e como padrão utilizou-se glicose, baseando-se no princípio do método de Dubois *et al.* (1956) adaptado para sedimento. As análises bioquímicas foram todas adaptadas para sedimento e determinadas segundo Pusceddu *et al.* (1999; 2004). A fração solúvel do carboidrato sedimentar foi determinada segundo foi determinada segundo Pusceddu *et al.* (1999; 2004). Todos os biopolímeros foram convertidos em equivalentes de carbono usando os fatores de conversão equivalentes de 0,75, 0,4 e 0,49 respectivamente em µgC/g (Fabiano & Pusceddu, 1998).



Figura 1 Localização das estações ao longo do estuário do rio Arade, Algarve, Portugal.

### 3.2.3 Análise da Microfauna

O total de 50 ml de sedimento foi passado a úmido pelas peneiras de 1,0 e 0,5 mm, descartando-se as granulações acima e abaixo destes intervalos. Os fragmentos orgânicos grossos, bem como, os organismos maiores ficaram retidos na peneira de 1,0 mm enquanto que grande parte dos ostracodes passou para a peneira de 0,5 mm. Entre a lavagem de uma amostra e outra, as peneiras foram mergulhadas em corante Azul de Metileno para a coloração de organismos que, por ventura, tivessem ficado retidos na malha da peneira e pudessem vir a contaminar as amostras subsequentes. Todas as amostras foram secas em estufa sob a temperatura de 50°C.

O sedimento resultante foi examinado sob microscópio estereoscópico com aumento de 80X onde espécimes de ostracodes completos (com as duas valvas) e corados foram separados contados e identificados. A identificação taxômica foi realizada com base em Ruiz Muñoz *et al.* (1994), Ruiz *et al.* (1997, 2000) e Yassini & Jones (1995). Os espécimes em melhor estado de conservação foram metalizados em ouro paládio e encaminhados ao microscópio eletrônico de varredura para fotomicrografia (Figura 2).

Os valores de abundância relativa da comunidade de ostracodes foram utilizados para o cálculo dos índices ecológicos. A diversidade foi obtida usando-se o índice de *Shannon-Wiener* ( $H'$ ) expresso pela fórmula:  $H' = -\sum p_i \ln p_i$  e a média de homogeneidade, ou equitatividade foi calculada segundo a fórmula:  $J' = H' / \ln(S)$  no *software* MVSP 3.1.

### 3.3 Tratamento Estatístico

Objetivando compreender as relações de interdependência que possam existir entre as múltiplas variáveis ambientais analisadas e sua influência nas relações ecológicas e na distribuição das espécies de foraminíferos foi empregada uma análise multivariada conhecida como DCA (*Detrended Correspondence Analysis*) utilizando-se o *software* PCord4. Para o cálculo de variância foi utilizada a Distância Euclidiana Relativa que é a recomendada para medir a ordenação em espaços. Para a análise estatística, tanto os dados de abundância relativa das espécies de ostracodes quanto dos parâmetros

físico-químicos, pH, salinidade, COT, enxofre, biopolímeros (carboidratos, lipídios e proteínas), fração lamosa (silte+argila), areia e cascalho, foram normalizados pela raiz quadrada de 0,5.

## 4 Resultados

### 4.1 Abióticos

Os parâmetros físico-químicos no estuário do rio Arade apresentaram pequenas variações, no período de amostragem. A temperatura da água variou entre 21,66°C no ponto AS01 próximo da foz e 22,56°C no ponto AS03. O pH variou de 6,07 no ponto AS03 a 7,77 no ponto AS01. A salinidade variou entre 14,01 em AS05, a montante, e 35,76 em AS02 a jusante da foz (Tabela 1).

A análise granulométrica demonstrou que o sedimento ao longo do estuário teve grandes variações com predominância da fração silte. A estação mais arenosa foi AS01 (83%) e a mais argilosa AS02 (29,3%). A fração cascalho apresentou valores muito baixos (1-2,5%) nas estações AS01, AS02 e AS05 (Tabela 1).

Os valores de COT semelhantes ao longo do estuário (1,4-1,6%) exceto na estação AS1 onde se registrou o menor valor (0,3%). Os valores de enxofre totais apresentaram pequena variação ao longo do estuário 0,1 e 0,3% (Tabela 1).

Dente os biopolímeros, os valores de carboidratos e lipídio apresentaram valores crescente da foz, na estação AS1 (10 e 3,9 mg.g<sup>-1</sup> respectivamente) para a estação AS5 a montante (3,2 e 15,2 respectivamente). As proteínas demonstraram o padrão inverso com o menor valor na estação AS5 (0,8 mg.g<sup>-1</sup>) e maior na estação AS1 (2,9) na foz do estuário (Tabela 1).

### 4.2 Bióticos

Nos sedimentos estudados do estuário do rio Arade foi identificada uma média de 289 ostracodes por estação, com as valvas articuladas (Tabela 2) em todos os estágios ontogenéticos. Foram identificadas 15 espécies de ostracodes (Figura 2). *Loxococoncha elliptica* (2,5-70,2%), *Cytherois fischeri* (1,8-79,1%) e *Leptocythere lacertosa* (5,8-31,2%) foram as espécies dominantes no estuário sendo identificadas em todas as estações amostrais.

### Ostracodes do Estuário do Rio Arade, Algarve - Portugal

Lazaro Laut; Maria Antonieta da Conceição Rodrigues; Frederico S. Silva; Leticia Guedes de Mentzingen; Maria Virginia Alves Martins; Tomas Boski; Ana Isabel Gomes; Luiz F. Fontana; Iara M.M.M. Clemente; Pierre Belart; Rodrigo L. Ribeiro & João Graciano Mendonça-Filho

Estações	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5
pH	7,8	7,5	6,1	7,2	7,2
Salinidade	35,3	35,8	30,6	22,0	14,0
Temperatura (°C)	21,7	22,0	22,6	22,4	22,5
COT (%)	0,3	1,5	1,6	1,4	1,5
Enxofre	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1
CHO (mg/g)	1,0	1,4	2,1	2,6	3,2
LIP (mg/g)	3,9	9,1	9,6	10,8	15,2
PTN (mg/g)	2,9	2,5	2,7	2,4	0,8
Cascalho (%)	1,0	1,9	0,0	0,0	2,5
Areia (%)	83,0	15,0	26,9	42,6	41,1
Silte (%)	13,9	53,8	45,7	45,4	56,3
Argila (%)	2,1	29,3	27,4	12,0	0,0

Tabela 1 Parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos do estuário do rio Arade, Algarve – Portugal (COT – carbono orgânico total; CHO – carboidratos; LIP – lipídeos; PTN – proteínas).

As espécies *Callistocythere murrayi*, *Caudites calceolatus*, *Pontocythere elongata*, *Hemicytherura aff. Celulosa*, *Hemicytherura videns*, *Leptocythere muellerfaeformis*, *Potamocypris villosa*, *Semicytherura sulcata*, *Urocythereis oblonga* tiveram sua ocorrência restrita a estação AS1 localizada próxima à foz do estuário.

Os índices de riqueza (número de espécies) foi mais alto na estação AS1 (13) e mais baixo em AS5 (3). A diversidade ( $H'$ ) foi mais alta na estação AS2 (1,2) e mais baixa em AS05 (0,7). A equitatividade ( $J'$ ) mostrou-se com pouca variação ao longo do estuário (0,6-07) exceto na estação AS1 onde o valor foi significativamente mais baixo (0,3).

#### 4.3 Análise Multivariada em DCA

A análise multivariada em DCA apresentou coeficiente de variância de 61% para o eixo 1 e 15% para o eixo 2. Dentre os parâmetros analisados os que apresentaram maior influência na distribuição das estações e das espécies foram o COT, lipídios, finos (fração fina do sedimento <63µm), em oposição às proteínas (Figura 3).

A estação AS1 demonstrou-se favorecida pela porcentagem de proteínas em relação ao eixo 1. Por outro lado, todas as outras estações apresentaram

Estações	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5
Densidade (50 ml)	325	171	304	312	333
n° de espécies (50 ml)	13	5	4	4	3
Diversidade ( $H'$ )	0,9	1,2	0,9	0,8	0,7
Equitatividade ( $J'$ )	0,3	0,7	0,7	0,6	0,6
<i>Callistocythere murrayi</i>	1,5	-	1,0	-	-
<i>Caudites calceolatus</i>	0,6	0,0	-	-	-
<i>Cythereis fischerii</i>	79,1	21,1	58,2	23,7	1,8
<i>Hemicytherura aff. Celulosa</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Hemicytherura videns</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Herpetocypris helenae</i>	0,0	2,3	-	-	-
<i>Heterocythereis albomaculata</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Leptocythere lacertosa</i>	9,8	31,0	9,2	5,8	31,2
<i>Leptocythere muellerfaeformis</i>	0,3	-	-	0,3	-
<i>Leptocythere porcellanea</i>	-	0,6	-	-	-
<i>Loxococoncha elliptica</i>	2,5	45,6	31,6	70,2	67,0
<i>Pontocythere elongata</i>	0,3	-	-	-	-
<i>Potamocypris villosa</i>	2,5	-	-	-	-
<i>Semicytherura sulcata</i>	1,8	-	-	-	-
<i>Urocythereis oblonga</i>	0,9	-	-	-	-

Tabela 2 Índices ecológicos das espécies de ostracodes do estuário dor Arade, Algarve – Portugal.

resposta positiva ao aumento dos teores de COT, lipídios e concentração de fino, principalmente AS5. As estações AS3 e AS4 apresetaram um resposta negativa em relação ao pH e à salinidade em relação ao eixo 2 (Figura 3).

Dentre as espécies identificadas *L. elliptica*, *L. lacertosa*, *H. helenae* e *L. porcellanea* responderam positivamente ao COT, finos e ao lipídio. Contudo, as espécies *L. lacertosa*, *H. helenae* e *L. porcellanea* apresentaram resposta positiva à salinidade e ao pH associado ao eixo 2. Todas as outras espécies responderam positivamente aos valores de proteínas e *L. mullerfaeformis* respondeu negativamente à salinidade (Figura 3).

#### 5 Discussão

A salinidade ao longo estuário do rio Arade apresentou um gradiente com o maior valor na foz diminuindo gradativamente a jusante. Tais características classificam o ambiente como polihalino (Gonçalves *et al.*, 2010). Contudo, os valores de salinidade para a estação mais a jusante (AS05) foram elevados, demonstrando pouco aporte de água doce para época da coleta. Este padrão pode

Ostracodes do Estuário do Rio Arade, Algarve - Portugal

Lazaro Laut; Maria Antonieta da Conceição Rodrigues; Frederico S. Silva; Letícia Guedes de Mentzingen; Maria Virginia Alves Martins; Tomasz Boski; Ana Isabel Gomes; Luiz F. Fontana; Iara M.M.M. Clemente; Pierre Belart; Rodrigo L. Ribeiro & João Graciano Mendonça-Filho

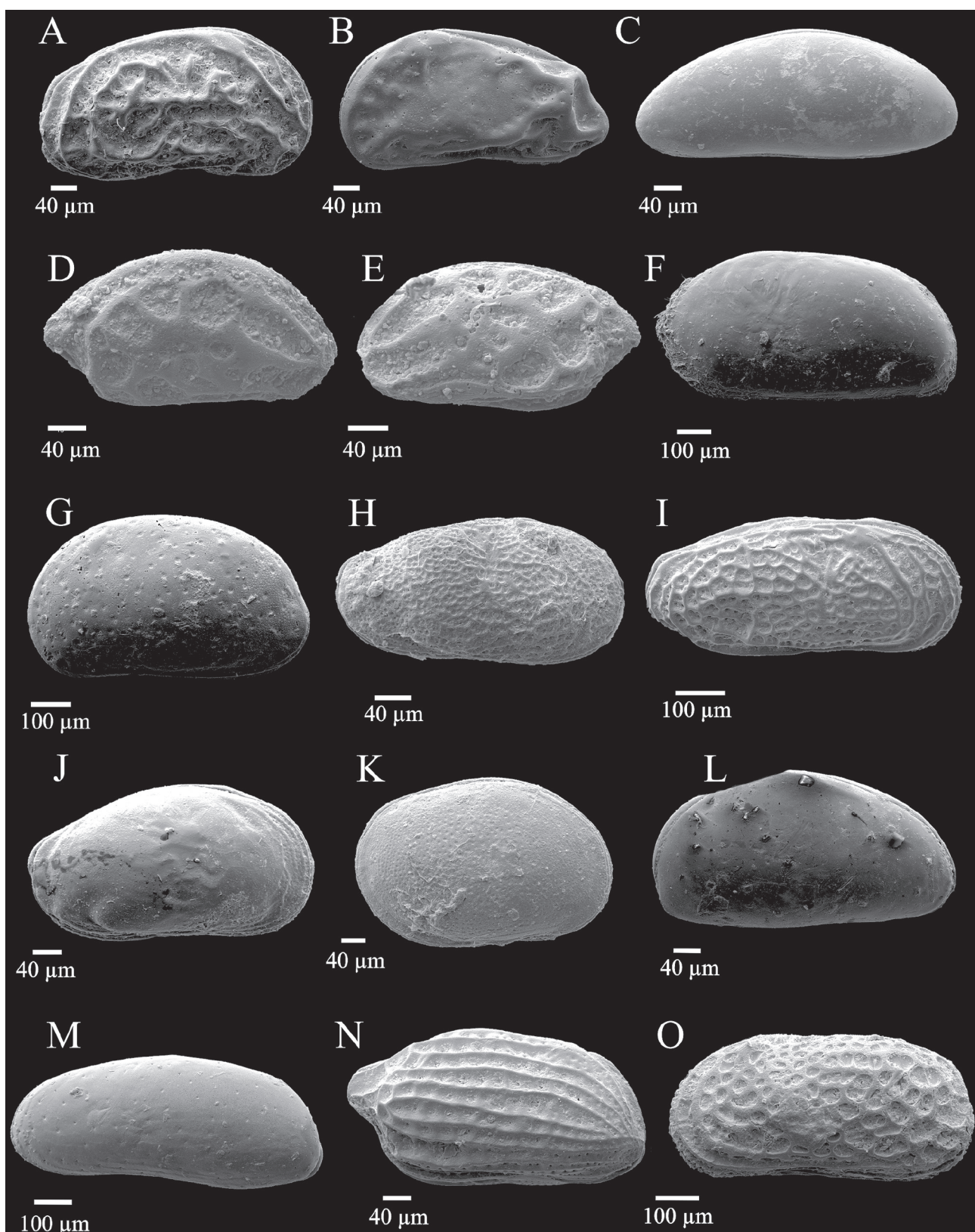


Figura 2 Ostracodes do estuário do rio Arade: A. *Callistocythere murrayi*; B. *Caudites calceolatus*; C. *Cytherois fischerii*; D. *Hemicytherura* aff. *Celulosa*; E. *Hemicytherura videns*; F. *Herpetocypris helenae*; G. *Heterocythereis albomaculata*; H. *Leptocythere lacertosa*; I. *Leptocythere muellerfabaeformis*; J. *Leptocythere porcellanea*; K. *Loxoconcha elliptica*; L. *Potamocypris villosa*; M. *Pontocythere elongata*; N. *Semicytherura sulcata*; O. *Urocythereis oblonga*.

### Ostracodes do Estuário do Rio Arade, Algarve - Portugal

Lazaro Laut; Maria Antonieta da Conceição Rodrigues; Frederico S. Silva; Leticia Guedes de Mentzingen; Maria Virginia Alves Martins; Tomasz Boski; Ana Isabel Gomes; Luiz F. Fontana; Iara M.M.M. Clemente; Pierre Belart; Rodrigo L. Ribeiro & João Graciano Mendonça-Filho

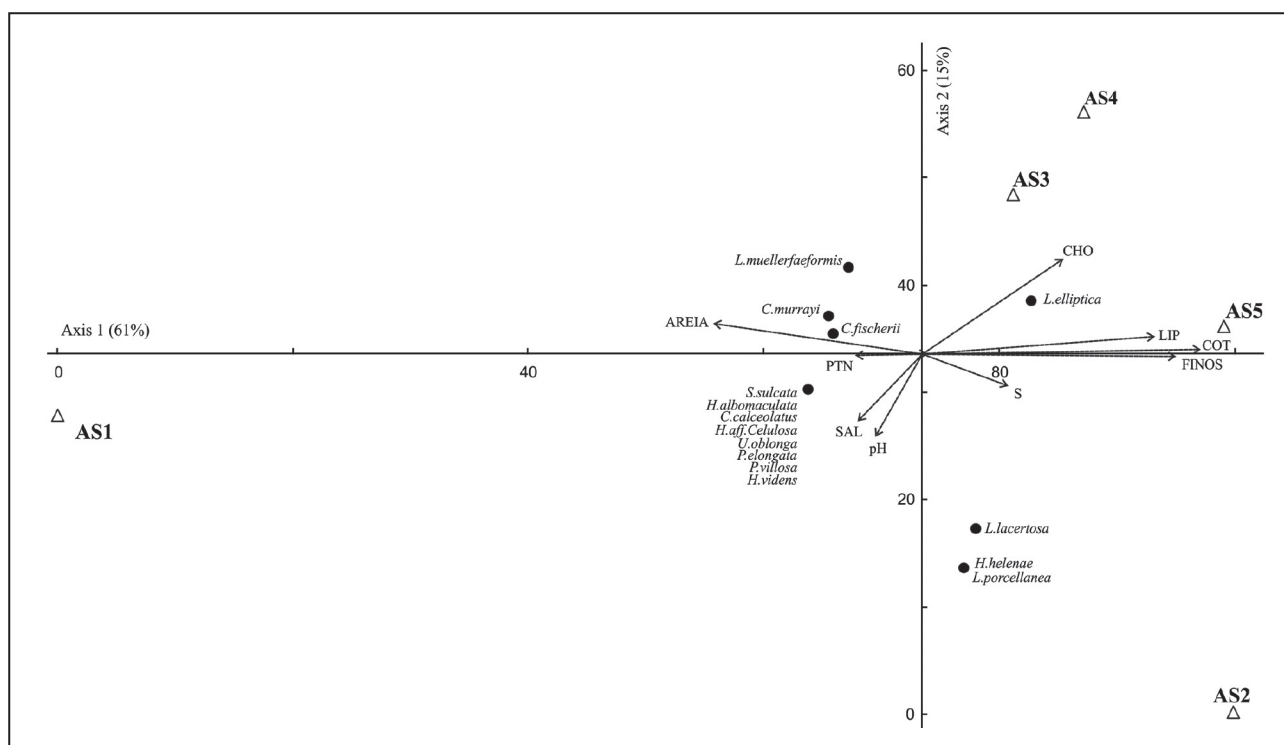


Figura 3 Análise multivariada em DCA das estações e espécies de ostracodes do estuário do rio Arade (PTN – proteínas; CHO – carboidratos; LIP – lipídios; COT – carbono orgânico total; S – enxofre; FINOS – silta + argila).

ser considerado normal, pois a região do rio Arade apresenta clima do tipo semi-árido, com pouca chuva durante o verão. Os rios nesta região têm um regime do tipo torrencial que é controlado pela construção de barragens para fornecimento de água à agricultura e consumo urbano (MARETEC, 2014).

Os valores de salinidade tiveram distribuição inversamente proporcional à temperatura, ou seja, os locais com salinidade maior foram aqueles que apresentaram águas mais frias. Este padrão com maior salinidade e menor temperatura caracteriza as águas da plataforma adjacente que entra no estuário durante a preamar.

Os valores de pH encontrados não variaram muito, e também foram semelhantes aos já encontrados por outros autores neste estuário (Almeida *et al.*, 2000). Pequenas oscilações nos valores de pH podem estar relacionadas às características da vegetação de margem como apontado por Laut *et al.* (2010) no estuário do rio Araguari.

O estuário do rio Arade apresentou-se mais areno-siltoso na foz, e na região intermediária dominou a fração siltosa demonstrando que nesta zona há

diminuição na energia das correntes. Esta também é evidenciada pela substituição das margens arenosas em AS1 por margens lamosas recobertas pela vegetação de marismas em AS2, AS3 e AS4. Neste bioma predomina caracteristicamente uma cobertura vegetal constituída por gramíneas como *Spartina* spp., que tende a reter o sedimento e a amenizar as condições hidrodinâmicas (Costa, 1998).

Em relação aos valores de COT, pode-se afirmar que o estuário do Arade apresentou valores muito semelhantes a outras regiões estuarinas (Vilela *et al.*, 2003; Eichler *et al.*, 2003; Almeida & Souza, 2008; Silva *et al.*, 2011). Segundo Silva *et al.*, (2013), que estudou a qualidade da matéria orgânica nos estuários do rio Arade e do rio Guadiana, no Algarve, os valores registrados de COT são inferiores a outras regiões no mundo consideradas como eutrofizadas. Os valores de enxofre totais também foram mais baixos que em outras regiões consideradas eutrofizadas (Borrego *et al.*, 1998; Burone *et al.*, 2003; Siqueira *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2011;). Silva *et al.* (2013) sugeriram que no estuário do rio Arade, os valores da razão C/S < 3% ao longo de todo o curso indicam que o ecossistema é oxidante.



As espécies identificadas no estuário do rio Arade já foram registradas em outros estuários da Europa (Muñoz *et al.*, 1996; Mezquita *et al.*, 1999; Loureiro *et al.*, 2009; Monteiro, 2009). As espécies mais constantes no estuário com *L. elliptica*, *L. lacertosa* e *C. fischeri* são consideradas cosmopolitas e autóctones nos estuários da Península Ibérica (Muñoz *et al.*, 1996; Mentzingen *et al.*, 2012) e sua ocorrência em todo o estuário, demonstra o caráter eurihalino destes organismos. Nenhuma espécie caracteristicamente de água doce foi identificada no estuário.

As espécies *H. helenae* foi identificada somente na estação AS2 com indivíduos adultos, articulados, mas nenhuma estava corada indicando que possivelmente há transporte das carapaças para dentro do estuário.

Um número significativo de espécies restringiram-se apenas a estação AS1 demonstrando possuírem caráter marinho (*P. villosa*, *S. sulcata*, *U. oblonga*, *H. muellerfabaeformis*, *H. albomaculata*, *H. videns*, *H. aff. Celulosa*, *C. calceolatus* e *C. murrayi*). Estas características também foram identificadas na foz do estuário do rio Guadiana (Muñoz *et al.*, 1996; Mentzingen *et al.*, 2012).

A análise em DCA (Figura 3) sugeriu que o grau de confinamento aumenta da foz no estuário do Arade para jusante estando associado a teores mais elevados de COT, lipídios e da fração fina de sedimentos. Nesta análise, a estação AS1 mostrou-se oposta às outras, o que indica que da foz à região onde se localiza a cidade de Portimão, o estuário é muito específico. Este setor do estuário é marcado pelos maiores valores de proteínas e de salinidade e de sedimentos arenosos com, pH básico. Esta estação apresentou a maior riqueza de espécies de ostracodes podendo-se deduzir que as comunidades nesta zona seriam favorecidas pela maior influência marinha. Contudo esta estação não apresenta os maiores valores de diversidade  $H'$ . O desequilíbrio na comunidade de ostracodes pode ser indicado pelo menor valor de equitatividade ( $J= 0,3$ ) na estação AS1. Pusceddu *et al.* (1999) consideram que teores elevados de proteínas são fatores limitantes para a fauna bentônica. Contudo estes valores não foram altos o suficiente para alterarem o equilíbrio das comunidades de ostracodes. Dell'anno *et al.* (2002) associam a altas concentrações de proteína

a produtividade primária, sobretudo a matéria orgânica de origem bacteriana. Desta forma, as maiores concentrações de proteínas em AS01, e a elevada concentração de ostracodes podem ser o reflexo da concentração de bactérias e/ou alimento para a comunidade, favorecendo o desenvolvimento de algumas espécies com capacidade reprodutivas mais elevadas neste tipo de ambiente.

O segundo setor foi marcado pela estação AS2, pelas maiores concentrações de COT, sedimento fino, lipídios, enxofre e salinidade alta. Este setor é distinto por apresentar o maior valor de diversidade ( $H' = 1,2$ ), sendo caracterizado pela ocorrência das espécies *L. lacertosa*, *H. helenae* e *L. porcellanea*.

As estações AS3 e AS4 caracterizam o terceiro setor do estuário no qual apresenta maiores concentrações de COT, sedimento fino, lipídios e carboidratos. Neste setor os índices ecológicos não variam muito ( $H' = 0,8-0,9$ ;  $J = 0,6-0,7$ ) e a comunidade é composta somente pelas espécies de ostracodes dominantes no estuário (*L. elliptica*, *C. fischerii* e *L. lacertosa*).

Mesmo possuindo características muito semelhantes às outras estações, AS5 se destacou das anteriores por não possuir influência de carboidratos. Este setor do estuário apresentou valores altos de COT, a maior concentração de silte e a maior concentração de lipídios. A espécie *L. elliptica* apresenta-se a maior influência positiva em relação a estes parâmetros, podendo ser considerada como um bioindicador da concentração de matéria orgânica associada a concentrações elevadas de lipídios e carboidratos em regiões confinadas com valores de salinidade relativamente baixos (em torno de 14‰). As elevadas concentrações de lipídios são identificadas em regiões industriais (Cotano & Villate, 2006), o que não ocorre no alto curso do estuário do rio Arade. A maior concentração de lipídios em AS5 que favorece a espécie *L. elliptica*, possivelmente está associada a resíduos domésticos lançados no estuário pela cidade de Silves.

## 6 Conclusão

O estuário do rio Arade apresentou gradiente de variação dos parâmetros físico-químicos em direção à jusante da foz. Contudo, não foi possível

identificar o limite para o estuário superior, pois a ação da maré pode ser identificada a 16 km da costa na região da cidade de Silves. Os efeitos da maré até a cidade de Silves podem ser evidenciados pela não ocorrência de espécies de ostracodes de água doce.

Os sedimentos superficiais do estuário são predominantemente areno-siltosos empobrecidos em carbono orgânico e enxofre quando comparados a outros sistemas considerados impactados pela atividade antrópica. Considerando as concentrações de carboidratos, lipídios e proteínas pode-se classificar o estuário como mesotrófico. A região da cidade de Silves apresenta as maiores concentrações de lipídio indicando despejo de efluentes domésticos.

A comunidade de ostracodes identificada no estuário rio Arade é composta por espécies já registradas em outros sistemas costeiros da Península Ibérica. Contudo, das quinze espécies identificadas, dez estão restritas à região da foz, onde apresentam valores de abundância relativa muito baixos.

As espécies de maior ocorrência no estuário foram: *Loxiconcha elliptica*, *Cytherois ficheri* e *Leptocythere lacertosa*. Dentre estas *L. elliptica* pode ser considerada a espécie indicadora de ambientes confinados, com concentração de matéria orgânica, constituída principalmente por carboidratos e lipídios.

A análise em DCA permitiu dividir o estuário em quatro setores baseado na distribuição das espécies de ostracodes e sua relação com as variáveis físico-químicas, sedimentológicas e geoquímicas. Foram eles: Setor I – localizado entre a foz e a cidade de Portimão, e caracteriza-se por apresentar o maior número de espécies de ostracodes, salinidade e pH mais alto, sedimento arenoso e maior concentração de proteínas; Setor II – localizado nos arredores da cidade de Parchal que é caracterizado pelo maior valor de diversidade  $H'$  e pela ocorrência das espécies *Leptocythere lacertosa*, *Herpetocypris helenae* e *Leptocythere porcellanea*. Neste setor foi identificada a maior concentração de enxofre e de sedimentos finos; Setor III – esta região do estuário localizada entre as cidades de Parchal e Silves apresentou grande concentração de carbono orgânico, sedimento fino e de biopolímeros em geral. Neste setor foram identificadas somente as espécies mais abundantes no estuário; Setor IV – localizado na cidade Silves este setor apresentou

a maior concentração de lipídios e da fração silte do estuário. A análise em DCA demonstrou que a espécie *Loxiconcha elliptica* é a mais característica deste setor.

Assim pode-se considerar que a espécie *Loxiconcha elliptica* é um bioindicador do enriquecimento orgânico rico em carboidratos e lipídios e *Cytherois ficherii* é um marcador de matéria orgânica rica em proteínas e de salinidade elevada.

A análise das assembleias de ostracodes associadas às variáveis físico-químicas, sedimentológicas e geoquímicas demonstrou ser uma ferramenta eficaz na identificação de compartimentos ecológicos no estuário do rio Arade. Os resultados apresentados contribuirão em estudos de monitoramento ambiental, assim como, podem dar suporte aos estudos de evolução quaternária para a região.

## 6 Agradecimentos

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ pelo apoio financeiro através do projeto nº E-26/110.473/2010. À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado à Leticia Guedes de Mentzingen e a oceanógrafa Wellen Fernanda Castelo Louzada pela revisão taxonômica das espécies de ostracodes.

## 7 Referências

- Almeida, M.G. & Souza, C.M.M. 2008. Distribuição espacial de mercúrio total e elementar e suas interações como carbono orgânico, área superficial e distribuição granulométrica em sedimentos superficiais da Bacia Inferior do rio Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 22(3): 140-158.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) 2008. Standard test methods for Sulfur in the analysis sample of coal and coke using high-temperature tube furnace combustion methods ASTM D 4239. Disponível em: <http://engineers.ihs.com/documents/abstract/NWETIBA>. Acesso em 17 dez. 2012.
- Barker, D. 1983. The relationship between ostracod distribution and sediment grain size. *Marine Micropaleontology*, 8: 51-63.
- Bebianno, M.J. & Machado, L.M. 1997. Concentrations of metals and metalloids in *mytilus galloprovincialis* along the south coast of Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, 34(8): 666-671.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37:911-917.

## Ostracodes do Estuário do Rio Arade, Algarve - Portugal

Lazaro Laut; Maria Antonieta da Conceição Rodrigues; Frederico S. Silva; Leticia Guedes de Mentzingen; Maria Virginia Alves Martins; Tomas Boski; Ana Isabel Gomes; Luiz F. Fontana; Iara M.M.M. Clemente; Pierre Belart; Rodrigo L. Ribeiro & João Graciano Mendonça-Filho

- Borrego, J.; Morales, J.A. & Pendón, J.G. 1995: Holocene Estuarine Facies Along the Mesotidal Coast of Huelva, South-Western Spain. In: FLEMMING (ed.). *Tidal Signatures in Modern and Ancient Sediments*. Special Publication of the International Association of Sedimentologists No. 24. Oxford: Blackwell Science, p. 151-170.
- Burone, L.; Muniz, P.; Pires-Vanin, A.M. & Rodrigues, M. 2003. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 75(1): 1749-1769.
- Coimbra, J.C.; Carreño, A.L.; Geraque, E.A. & Eichler, B.B. 2007. Ostracodes (Crustacea) from Cananéia-Iguape estuarine/lagoon system and geographical distribution of the mixohaline assemblages in southern and southeastern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 97: 273 – 279.
- Costa, C.S.B. 1998. Marismas irregularmente alagadas. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. (eds.). *Ecossistemas costeiros do extremo sul do Brasil*, Porto Alegre, Ecocientia, p. 82-87.
- Dell'anno, A.; Mei, M.L.; Puscescu, A. & Donavaro, R. 2002. Assessing the trophic state and eutrophication of coastal biochemical composition of sediment organic matter. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 611-622.
- Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A. & Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.
- Eichler, P.P.B.; Eichler, B.B.; Miranda, L.B.; Pereira, E.R.M.; Kfourri, P.B.P.; Pimenta, F.M.; Bérnago, A.L. & Vilela, C.G. 2003. Benthic foraminifera response to variations in temperature, salinity, dissolved oxygen and organic matter, in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 26: 36-51.
- Fabiano, M. & Pusceddu, A. 1998. Total and hydrolysable particulate organic matter (carbohydrates, proteins and lipids) at a coastal station in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Polar Biology*, 19: 125-132.
- Ferreira, J.; Cachão, M. & González, R. 2008. Reworked calcareous nannofossils as ocean dynamics tracers: The Guadiana shelf case study (SW Iberia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70: 59-70.
- Fletcher, W.J. 2005. *Holocene landscape history of southern Portugal*. Department of Geography, University of Cambridge, Tese de Doutorado, 371p.
- Frenzel, P. & Boomer, I. 2005. The use of ostracods from marginal marine, brackish waters as bioindicators of modern and Quaternary environmental change. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 225: 68-92.
- Gerchacov, S.M. & Hatcher, P.G. 1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in sediment. *Limnology and Oceanography*, 17: 938-493.
- Gonçalves, J.M.S.; Monteiro, P.; Afonso, C.M.L.; Oliveira, F.; Rangel, M.; Machado, M.; Veiga, P.; Leite, L.; Sousa, I.; Bentes, L.; Fonseca, L. & Erzini, K. 2010. *Cartography and characterization of the marine communities off the national underwater ecological reserve between Arade River and Ponta da Piedade. Final Report*, Algarve, Faro, ARH, 122p.
- Hartree E.F. 1972. Determination of proteins: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry*, 48: 422-427.
- Instituto Português do Sul 2003. *Estudo de Navegabilidade do rio Arade entre Portimão e Silves - Estudo de Impacte Ambiental*. Fase 4/Relatório Final, 256 p.
- Kilenyin, T.I. 1969. The problems of ostracod ecology in the Thames Estuary. In: NEALE, J.W. (ed.). *Taxonomy, Morphology and Ecology of Recent Ostracoda*. Oliver & Boyd, p. 251-267.
- Lapointe, B.E. & Clark, M.W. 1992. Nutrient inputs from the watershed and coastal eutrophication in the Florida keys. *Estuaries*, 5(4): 465-476.
- Laut, L.L.M.; Ferreira, D.E.S.; Santos, V.F.; Figueiredo Jr., A.G.; Carvalho, M.A. & Machado, O.F. 2010. Foraminifera, thecamoebians and palynomorphs as hydrodynamic indicators in Araguari Estuary, Amazonian Coast, Amapá State – Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 33(2): 52-65.
- Loureiro, I.M.; Cabral, M.C. & Fatela, F. 2009. Marine Influence in Ostracods Assemblages of The Mira River Estuary: Comparison Between Lower and Mid Estuary Tidal Marsh Transects. *Journal of Coastal Research*, 56: 1365 –1369.
- Loureiro, N.S. & Coutinho, M.A. 1995. Rainfall Changes and Rainfall Erosivity Increase in the Algarve (Portugal). *Catena*, 24: 55-67.
- MARETEC, 2014. Definição do limite jusante dos estuários portugueses. Disponível em: [http://www.maretec.mohid.com/Estuarios/Inicio/frame\\_page.htm](http://www.maretec.mohid.com/Estuarios/Inicio/frame_page.htm). Acesso em: 08 abril 2014.
- Marsh, J.B. & Wenstein, D.B. 1966. A simple charring method for determination of lipids. *Journal of Lipid Research*, 7: 574-576.
- Mentzingen, L.G.; Laut, L.L.M.; Clemente, I.M.M.M.; Silva, F.S.; Laut, V.M.; Boski, T.; Gomes, A.I. & Rodrigues, M.A.C. 2012. Ostracodes do estuário do rio Guadiana, Sul da Península Ibérica. In: CARVALHO, I.; SRIVASTAVA, N.K., STROHSCHOEN JR. O. & LANA, C.C. (eds.). *Paleontologia: Cenários da Vida*, v. 3, Interciência, p. 325-332.
- Mezquita, F.; Tapia, G. & Roca, J.R. 1999. Ostracoda from springs on the eastern Iberian Peninsula: ecology, biogeography and palaeolimnological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148: 65- 85.
- Miranda, L.B.D.; Castro, B.M.D. & Kijerfve, B. 2002. *Princípios de oceanografia física de estuários*. Sao Paulo, Ed. USP, 411p.
- Muñoz, F.R.; Gonzalez-Regalado Montero, M.L. & Morales González, J.A. 1996. Distribución y Ecología de los Foraminíferos y Ostracodos Actuales del Estuario Mesomareal del rio Guadiana (So España). *GEOBIOS*, 5: 513-528.
- Pusceddu, A.; Sara, G.; Armeni, M.; Fabiano, M. & Mazzola, A., 1999. Seasonal and spatial changes in the sediment organic matter of a semi-enclosed marine system (W-Mediterranean Sea). *Hydrobiologia*, 397: 59-70.
- Resenfeld, A. & Vesper, B. 1975. The variability of the sieve-pores in Recent and fossil species of *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) as indicator for salinity and paleosalinity. In: LÖFFER, H., DANIELOPOL, D. (eds.). *Aspects of Ecology and Zoogeography of Recent and Fossil Ostracoda*. Junk, The Hague, p. 55-67.
- Rice, D.L. 1982. The detritus nitrogen problem: new observations and perspectives from organic geochemistry. *Marine Ecology Progress Series*, 9: 153-162.
- Rosenfeld, A. 1977. Die rezenten Ostracoden-Arten der Ostsee. *Meyniana*, 29: 11-49.

### Ostracodes do Estuário do Rio Arade, Algarve - Portugal

Lazaro Laut; Maria Antonieta da Conceição Rodrigues; Frederico S. Silva; Letícia Guedes de Mentzingen; Maria Virginia Alves Martins; Tomasz Boski; Ana Isabel Gomes; Luiz F. Fontana; Iara M.M.M. Clemente; Pierre Belart; Rodrigo L. Ribeiro & João Graciano Mendonça-Filho

- Ruiz Muñoz, M.; Gonzalez-Regalado, L. & Borrego, J., 1994. Ostracodos y contaminación: el estuario del río Odiel (Huelva, SO, España). *Colóquios de Paleontología*, 46: 175–189.
- Ruiz, F.; González-Regalado, M.L. & Muñoz, J.M. 1997. Multivariate analysis applied to total and living fauna: seasonal ecology of recent benthic ostracoda off the North Cádiz Gulf Coast (southwestern Spain). *Marine Micropaleontology*, 31(3/4): 183–203.
- Ruiz, F.; Gonzalez-Regalado, M.L.; Baceta, J.I. & Muñoz, J.M. 2000. Comparative ecological analysis of the ostracod faunas from low- and high-polluted southwestern Spanish estuaries: a multivariate approach. *Marine Micropaleontology*, 40: 345–376.
- Silva, F.S.; Laut, L.L.M.; Carvalhal-Gomes, S.B.V.; Fontana, L.F.; Martins, V.; Gomes, A.I.; Clemente, I.M.M.M.; Laut, V.M.; Souza, R.C.C.L.; Crapez, M.A.C.; Rodrigues, M.A.C. & Mendonça-Filho, J.G. 2013. Caracterização geoquímica de sedimentos estuarinos do sul da Península Ibérica como ferramenta para o diagnóstico ambiental. In: RODRIGUES, M.A.C.; PEREIRA, S.D. & BERGAMASCHI, S. (eds.). *Interações Homem-Meio nas zonas costeiras: Brasil/Portugal*. Corbã Editora Artes Gráficas Ltda, p. 85-99.
- Silva, F.S.; Laut, L.L.M.; Sabadini-Santos, E.; Laut, V.M.; Crapez, M.A.C. & Mendonça-Filho, J.G. 2011. Biopolímeros, carbono e enxofre totais associados à atividade bacteriana dos sedimentos superficiais do Delta do Paraíba do Sul, RJ – Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 34(1): 321-326.
- Siqueira, G.W.; Braga, E.S.; Mahiques, M.M. & Aprile, F.M. 2006. Determinação da matéria orgânica e razões C/N e C/S em sedimentos de fundo do estuário de Santos SP/Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar-Fortaleza*, 39: 18-27.
- Suguio, K. 1973. *Introdução a Sedimentologia*. Edgard Blucher, 317p.
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2002. *Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments*. *Ecological Risk Assessment Support Center. NCEA-C-1282*. Office of Research and Development, 23p.
- Vilela, C.G.; Sanjines, A.E.S.; Ghiselli-Jr., R.O.; Mendonça-Filho, J.G.; Baptista-Neto, J.A. & Barbosa, C.F. 2003. Search for bioindicators of pollution in Guanabara Bay: integration of ecologic patterns. *Anuário do Instituto de Geociências*, 26: 25-35.
- Yassini, I. & Jones, B.G. 1995. *Foraminifera and ostracoda from estuarine and shelf environments on the Southeastern of Australia*. University of Wollongong Press, 484p.