

Moluscos bivalves da Formação de Água de Madeiros (Sinemuriano superior) da Bacia Lusitânica (Portugal)

Bivalves from Água de Madeiros Formation (Upper Sinemurian) of the Lusitanian Basin (Portugal)

R. Paredes^{1, 2,*}, M. J. Comas-Rengifo², L. V. Duarte^{1, 3}

Recebido em 15/01/2013 / Aceite em 10/05/2013

Disponível online em Junho de 2013 / Publicado em Junho de 2013

© 2013 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Artigo original
Original article

Resumo: Apresenta-se a distribuição estratigráfica dos taxa de moluscos bivalves ao longo da Formação de Água de Madeiros (Sinemuriano superior–extrema base do Pliensbaquiano) na Bacia Lusitânica. Estudaram-se as secções de S. Pedro de Moel e Peniche, por serem as mais completas e representativas do ponto de vista do registo paleontológico e seu significado biostratigráfico. Esta análise estratigráfica de alta resolução baseia-se em 2691 espécimes recolhidos em 180 estratos, o que permitiu um acréscimo significativo (31%) de novos taxa reconhecidos na bacia neste intervalo. Evidencia-se uma variação vertical na composição taxonómica das associações faunísticas com o surgimento de espécies oportunistas interpretadas como facultativamente pseudoplânctónicas. Este registo é observado na transição entre as cronozonas Oxynotum e Raricostatum, interpretando-se como tendo sido favorecido por mudanças na deposição, de que resultaram condições pelo menos disóxicas. O surgimento de formas de *Pseudomytiloides* e de *Oxytoma* durante o Sinemuriano terminal da bacia aponta para que estas ocorrências sejam as primeiras no contexto do Jurássico NO europeu.

Palavras-chave: Bivalves, Biostratigrafia, Sinemuriano, fácies orgânicas, Bacia Lusitânica.

Abstract: The stratigraphic distribution of bivalve molluscs throughout the Água de Madeiros Formation (Upper Sinemurian–lowermost Pliensbachian) at the Lusitanian Basin is present here. The work was carried out on the sections of S. Pedro de Moel and Peniche. This high-resolution stratigraphic analysis is based on 180 sampled beds and 2691 bivalve specimens. This new collection allows a significant improvement (31%) of the number of taxa already known for the basin, during this interval. The occurrence of a faunal turnover that allowed the spanning of opportunistic species, here interpreted as representative of a pseudoplanktonic habitat, is also shown. This record is noted around the Oxynotum–Raricostatum chronozone transition and inferred to have resulted from depositional changes linked with dysoxic conditions near the water–substrate interface. The appearance of *Pseudomytiloides* and *Oxytoma* forms in the Lusitanian Basin seems to be the earliest in the NO European Lower Jurassic province.

Keywords: Bivalves, Biostratigraphy, Sinemurian, organic-rich facies, Lusitanian Basin.

Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal.

*Autor correspondente / Corresponding author: rparedes@dct.uc.pt

1. Introdução

Os taxa de moluscos bivalves do Sinemuriano da Bacia Lusitânica (BL) são amplamente reconhecidos na literatura (ver referências contidas em Paredes, 2012), desde os estudos pioneiros de Sharpe (1850) que antecederam as descrições mais abrangentes de Choffat (1880, 1882, 1885-1888, 1893, 1903-1904). Devem-se a Sharpe as descrições das formas de mactromiídeos que mais tarde Boehm (1903) revia como *Unicardium costae* (SHARPE, 1850). Mas é de facto com Choffat (*op. cit.*) que são publicadas as primeiras monografias dedicadas ao estudo sistemático de moluscos bivalves. Após um longo hiato, é com Mouterde e colaboradores que se dá um novo incremento no estudo, essencialmente estratigráfico, dos bivalves (*e.g.* Mouterde, 1955, 1967), onde são referidos alguns taxa mais representativos. Mais tarde, Hallam (1971) reporta para todo o Sinemuriano superior pelo menos 27 taxa diferentes de bivalves. Na monografia de Mouterde & Rocha (1981) são figurados alguns exemplares de bivalves das recolhas sistemáticas de Choffat do final do séc. XIX. Mais recentemente, tendo em conta a relevância do seu registo paleontológico no contexto de todo o Jurássico Inferior e Médio, Paredes (2012) retoma o estudo dedicado às formas de moluscos bivalves do Sinemuriano. Neste âmbito, apoiado por um enquadramento estratigráfico de alta resolução e em recolhas sistemáticas, apresenta-se neste trabalho uma nova visão taxonómica e a distribuição estratigráfica deste grupo registado no Sinemuriano superior do sector ocidental da BL.

2. Materiais e métodos

Tendo por base os trabalhos de paleontologia de invertebrados marinhos anteriormente referidos, os quadros de definição litostratigráfica do Jurássico Inferior

¹IMAR-Centro do Mar e Ambiente, Universidade de Coimbra, Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra, Portugal.

²Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, C/ Antonio Novais, 28040 Madrid, España.

³Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

da bacia (por exemplo, Duarte & Soares, 2002; Duarte *et al.*, 2008) e as recentes contribuições de estratigrafia de alta resolução apresentadas em Duarte *et al.* (2010, 2012), foram executadas amostragens de espécimes bivalves do topo da Formação (Fm) de Coimbra e da Fm de Água de Madeiros. O trabalho incidiu sobre os perfis no sector Papôa - Portinho da Areia (Peniche) (Fig. 1 A-B) e os da Praia de Polvoeira - Praia Pedra do Ouro e Praia de Água de Madeiros (S de S. Pedro de Moel) (Fig. 1A e 2), estes últimos revistos recentemente do ponto de vista biostratigráfico por Comas-Rengifo *et al.* (2013). A recolha consistiu na extracção *in situ*, estrato a estrato, considerando o seu maior grau de preservação e de modo a amostrar a diversidade presente. Desta forma, tentou-se garantir a melhor representatividade possível das associações presentes em cada estrato analisado. No total foram recolhidos 2691 espécimes, correspondendo a 180 estratos/níveis amostrados (Tabela 1). A preparação do material paleontológico recolhido passou por dois processos; (1) limpeza mecânica do excesso de matriz em torno do espécime e (2) limpeza com HCl diluído a 2,5%, nos casos de haver concha preservada. Este procedimento foi empregado de forma excepcional sempre que se mostrou necessário evidenciar aspectos morfológicos dos macrorrestos, possibilitando uma descrição e identificação taxonómica dos exemplares. Todos os espécimes estudados constituem uma colecção conservada no Laboratório de Análises de Bacias Sedimentares do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (DCT-UC). Complementarmente, foram reavaliados os exemplares das colecções paleontológicas, do Museu Geológico do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) e do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, provenientes das mesmas localidades consideradas para este estudo. Figuram-se com a sigla MG os da colecção do LNEG. As espécies mais representativas das populações de bivalves estudadas, especialmente as que se citam pela primeira vez para a bacia, são apresentadas na Estampa 1.

Tabela 1. Quantificação de estratos/níveis e espécimes amostrados por perfil estudado para o registo de bivalves no Sinemuriano superior da BL.

Table 1. Quantification of bivalve specimens collected by bed per section in the Upper Sinemurian of the LB.

Perfis	Estratos/níveis amostrados (n)	Espécimes recolhidos (N)	média N/n
Praia de Pedra do Ouro	130	2079	16,0
Praia de Água de Madeiros	20	197	9,9
Papôa - Portinho de Areia	30	415	13,8
Total	180	2691	13,0

3. Resultados e discussão

A Fm de Água de Madeiros tem nas praias de Pedra do Ouro e Água de Madeiros (região de S. Pedro de Moel) os seus perfis de referência. No seu membro basal, o Membro (Mb) de Polvoeira, regista um conjunto significativo e único de macrofauna bentónica (Paredes *et al.*, 2012). As recolhas que em seguida se descrevem foram efectuadas nos perfis tipo para esta unidade, nas arribas de praia no

sector compreendido entre a Praia de Polvoeira - Praia da Pedra do Ouro e Praia de Água de Madeiros (Duarte *et al.*, 2012) (Fig. 2), abrangendo toda a Fm de Água de Madeiros aflorante na região de S. Pedro de Moel (58 m). Em termos biostratigráficos, a série estudada abrange o intervalo contido entre a Cronozona Oxynotum e a base da Cronozona Jamesoni (Comas-Rengifo *et al.*, 2013).

Observações e recolhas pontuais no topo da Fm de Coimbra permitiram identificar importantes níveis fossilíferos. São de referir níveis de calcário micrítico com registos de infauna bivalve, como *Pholadomya (Pholadomya) voltzii* AGASSIZ, *Pleuromya uniformis* (J. SOWERBY), *Pl. galathea* AGASSIZ, *Pachymya (Arcomya) oblonga* AGASSIZ, *Ceratomya cf. petricosa* SIMPSONI, juntamente com *Liostraea hisingeri* (NILSSON) e o icnogénero *Rhizocorallium*. São reconhecíveis igualmente, em níveis dispersos, corais solitários ahermatípicos.

Foi considerada, para a recolha sistemática de bivalves, a série a partir dos últimos 4,5 m da Fm de Coimbra. O conteúdo fossilífero é composto por significativos conjuntos de infauna profunda, tal como *Pholadomya (Ph.) ambigua* (J. SOWERBY) e, com menor expressão, *Ph. (Ph.) voltzii*. Também se reconhecem formas infaunais menos profundas tais como *Mactromya cardioides* (PHILLIPS) e *Pl. uniformis*. As formas infaunais, profundas, ocorrem de valvas fechadas, ao mesmo nível das formas de braquiópodes em posição de vida, o que se interpreta como períodos de acção erosiva antes da fixação destes últimos elementos.

A passagem à Fm de Água de Madeiros (mais margosa e rica em matéria orgânica; Duarte *et al.*, 2010) marca também uma paulatina mudança na composição da macrofauna bentónica. Apesar da prevalência das formas infaunais já descritas, ocorrem nesta primeira sucessão do Mb de Polvoeira, semi-infauna como *Modiolus (Cyranus) hillanus* (J. SOWERBY) e epifauna de concha costilhada representada por elementos de *Pseudopecten (Pseudopecten) equivalvis* (J. SOWERBY) e *Pseudolimea* sp. Nestes conjuntos passam a estar presentes de forma marcante na sucessão estratigráfica, na parte terminal da Cronozona Oxynotum (Subcronozona Oxynotum), abundantes *Gryphaea* spp., bivalves reclinantes de valvas grossas e encurvadas. Apresentam uma forma dominante, *Gryphaea obliquata* J. SOWERBY; porém reconhecem-se também as formas *Gryphaea arcuata* LAMARCK e *Gryphaea mccullochi* J. de C. SOWERBY. Registam-se ainda, de forma muito pontual, os primeiros elementos de *Pseudomytiloides* aff. *dubius* (J. SOWERBY), *Plagiostoma punctatum* J. SOWERBY e *Oxytoma inequivalvis* (J. SOWERBY). Nos 9 m sobrejacentes, a malacofauna bivalve torna-se abundante e diversa, prevalecendo a fauna já descrita e observando-se um incremento na diversidade de pectínídeos com "*Chlamys*" *textoria* (SCHLOTHEIM), *Eopecten velatus* (GOLDFUSS), *Camptonectes subulatus* (MÜNSTER). Esta última forma de concha lisa ocorre em associação com *Pseudolimea hettangiensis* (TERQUEM). Neste intervalo pertencente à Cronozona Oxynotum

(Subcronozona Oxynotum), é ainda possível identificar ocorrências invulgares de *Pseudolimea koninckana* (CHAPUIS & DEWALQUE) e *Cardinia listeri* (J. SOWERBY). A sucessão de materiais, progressivamente mais margosos para o topo, compreende conjuntos ricos em matéria orgânica (ver Duarte *et al.*, 2012). Em oposição, reconhece-se neste troço a maior diversidade de espécies de moluscos bivalves de toda a secção, em níveis mais calcários, onde alguns exibem mais de 10 espécies distintas no mesmo estrato. A parte da sucessão entre os 20-27 metros, Cronozona Raricostatum (Subcronozona Raricostatum), evidencia uma mudança drástica no registo

de macrofauna bivalve. Assim, desaparecem totalmente os registos de infauna e a epifauna regista uma substituição por taxa de concha fina, mitiliforme e pteriforme. Embora menos frequentes, estas ocorrências formam pavimentos de conchas abundantes em alguns níveis. Com efeito, reconhecem-se indivíduos de *P. aff. dubius*, e *O. inequivalvis*, com restos de concha preservados (Paredes *et al.*, 2012). A estes grupos reconhecem-se adaptações a condições bentónicas com défice de oxigénio (ver Röhl *et al.*, 2001; Caswell *et al.*, 2009), evidenciando também hábitos facultativamente pseudoplânctónicos (Wignall & Simms, 1990).

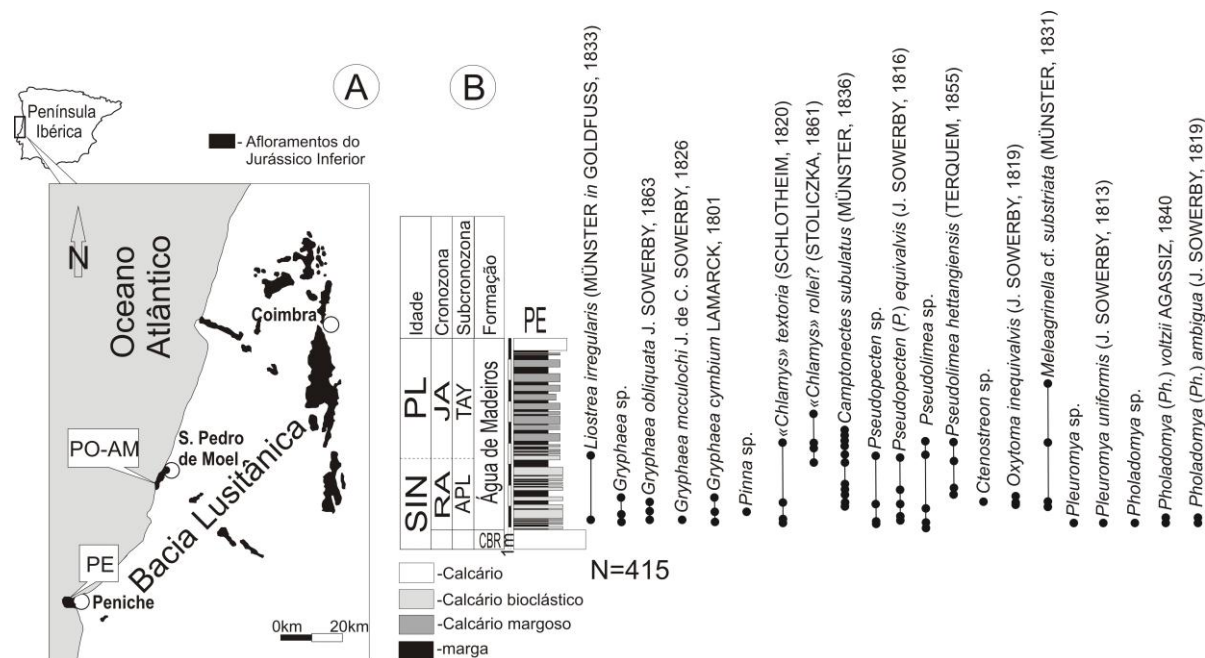


Fig.1. A - Localização geográfica e geológica das secções apresentadas. B - Sucessão estratigráfica dos taxa de bivalves presentes no perfil de Papôa - Portinho da Areia (Peniche). Abreviaturas: SIN - Sinemuriano; PLI - Pliensbaquiano; RA - Raricostatum; JA - Jamesoni; APL - Aplanatum; TAY - Taylori; PE - Secção de Peniche; N - número de espécimes.

Fig.1. A - Geographical and geological location of the studied sections. B - Stratigraphic succession of the bivalve taxa. Abbreviations: SIN - Sinemurian; PLI - Pliensbachian; RA - Raricostatum; JA - Jamesoni; APL - Aplanatum; TAY - Taylori; PE - Peniche section; N - number of specimens.

Em Peniche, no perfil de Papôa - Portinho da Areia (Fig. 1A-B), o Sinemuriano está bem representado espacialmente. Nesta secção, as observações resumem-se apenas ao Mb de Polvoeira, apoiado pelos dados biostratigráficos de Mouterde (1955) e de Comas-Rengifo *et al.* (2013). Numa sucessão com cerca de 9,5 m de espessura (Fig. 1B), reconhecem-se, logo no primeiro nível margoso acima da Fm de Coimbra, acumulações de formas infaunais profundas, mal preservadas de *Ph. (Ph.) voltzii* e *Ph. (Ph.) ambigua*, associadas a menos frequentes *Pleuromya* sp. e *Pl. uniformis*. Este primeiro conjunto de estratos irregulares regista para o topo um incremento em epifauna bivalve, representada pelos ostreíneos, *Liostrea irregularis* (MÜNSTER in GOLDFUSS), e por distintas morfo-espécies de *Gryphaea*, *G. mccullochi*, *G. obliquata* e *G. cymbium* LAMARCK. Estas formas apresentam-se ocasionalmente articuladas; contudo, na maioria ocorrem incompletas, como valvas esquerdas. Também se registam

neste intervalo os primeiros incrementos de formas epifaunais costilhadas tais como "*Ch.* *textoria*, *P. (P.) equivalvis*, raramente articuladas. Refere-se, ainda neste intervalo, a presença de bancos de formas semi-infaunais, *Pinna* (*Pinna*) sp., de grandes dimensões. A partir destes níveis os grupos de bivalves cingem-se apenas a formas epifaunais, o que se interpreta como um aumento da profundidade e diminuição da energia do meio, parecendo favorecer a proliferação de grupos, de concha fina e de ornamentação lisa, como *C. subulatus* em associação com *P. hettangiensis*. *C. subulatus* torna-se a espécie dominante no resto da sucessão. Contudo, são de referir distintos elementos de fauna pseudoplânctónica, como *O. inequivalvis* e *Meleagrinnella* aff. *substriata* (MÜNSTER) (Paredes *et al.*, 2012).

No topo do Mb de Polvoeira a macrofauna bentónica limita-se à presença ocasional de *M. aff. substriata* e a pequenas concentrações de braquiópodes da espécie *Piarorhynchia*

radstockiensis (DAVIDSON) (Paredes *et al.*, 2013).

Esta descriminação taxonómica permite estabelecer comparações imediatas com os taxa de bivalves reportados

para o contexto provincial NO europeu e que são sintetizadas nos trabalhos de Aberhan (2002) e Liu (1995) e em referências nestes incluídas.

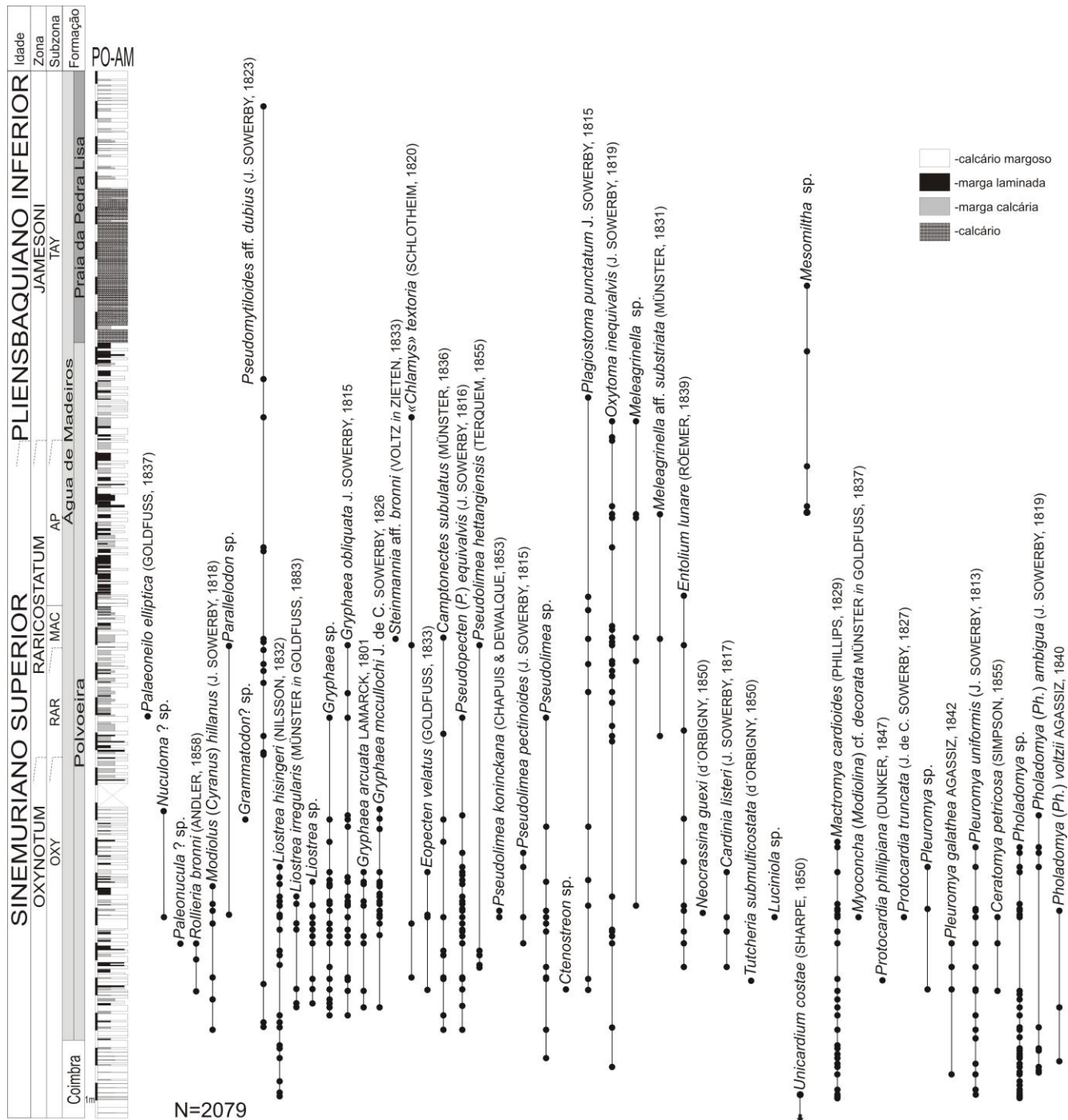


Fig.2. Repartição estratigráfica dos taxa de bivalves presentes no perfil conjugado das secções estudadas a Sul de S. Pedro de Moel. Coluna estratigráfica adaptada de Duarte *et al.* (2012). Abreviaturas: OXY - Oxynotum; RAR - Raricostatum; MAC - Macdonnelli; AP - Aplanatum; PO-AM - Praia de Polvoeira - Praia de Água de Madeiros; N - número de espécimes.

Fig.2. Stratigraphic range of the bivalve taxa from the S. Pedro de Moel south side composite section. Log adapted from Duarte *et al.* (2012). Abbreviations: - Oxynotum; RAR - Raricostatum; MAC - Macdonnelli; AP - Aplanatum; PO-AM - Praia de Polvoeira - Praia de Água de Madeiros; N - number of specimens.

4. Conclusões

A descrição conjugada dos registos estratigráficos com as ocorrências destas malacofaunas bivalves, integrando os contextos sedimentológicos, sugere uma alternância de condições paleoambientais de diversa ordem; destacando-se as que se relacionam com uma sedimentação rica em matéria orgânica.

Reportam-se pela primeira vez para o registo do Sinemuriano da BL, associações pseudoplânctónicas de bivalves, inferidas maioritariamente pela presença de *P. aff. dubius* e *O. inequivalvis*.

O estudo sistemático das formas bivalves, efectuado a partir dos novos espécimes recolhidos e integrando os exemplares consultados em colecções de museus, permitiu o reconhecimento de 51 espécies, representando 39 géneros, referentes a 27 famílias e 12 ordens de bivalves. Este facto representa um incremento no conhecimento dos géneros representados em cerca de 31% para o Sinemuriano superior.

Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento pelo projecto de investigação PTDC/CTE-GIX/098968/2008 (FCT e COMPETE-FEDER). Este trabalho é uma contribuição aos projectos CGL2011-25894 (MCI, Espanha) e GB-TAF-933 (projecto SYNTHESYS, European Community Research Infrastructure Action - FP6). Agradece-se aos directores do Museu Geológico-LNEG e do Museu da Ciência-Universidade de Coimbra o acesso aos exemplares das colecções paleontológicas.

Referências

- Aberhan, M., 2002. Opening of the Hispanic Corridor and Early Jurassic bivalve biodiversity. *In: Crame, J.A., Owen, A.W.* (Eds), *Palaeobiogeography and Biodiversity Change: the Ordovician and Mesozoic-Cenozoic Radiations. Geological Society of London, Special Publications*, **194**, 127-139.
- Boehm, J., 1903. Description de la faune des couches de Pereiros. *Comunicações da Comissão dos Serviços Geológicos de Portugal*, **5**, 1-48.
- Caswell, C., Coe, A., Cohen, A., 2009. New range data for marine invertebrate species across the early Toarcian (Early Jurassic) mass extinction. *Journal of the Geological Society of London*, **166**, 859-872.
- Choffat, P.L., 1880. Étude stratigraphique et paléontologique des terrains jurassiques du Portugal. Première livraison - Le Lias et le Dogger au Nord du Tage. *Memórias Secções Trabalhos Geológicos de Portugal*, **22**, 72.
- Choffat, P.L., 1882. Note sur les vallées tiphoniques et les éruptions d'ophite et de teschenites en Portugal. *Bulletin Société Géologique de France 3e série*, **10**, 267-295.
- Choffat, P.L., 1885-1888. Description de la fauna jurassique du Portugal. Mollusques Lamellibranches. Deuxième ordre. Asiphonidae. *Communications de la Commission des Travaux Géologiques du Portugal*, **77**.
- Choffat, P.L., 1893. Description de la fauna jurassique du Portugal. Mollusques Lamellibranches. Premier ordre. Siphonida. *Communications de la Commission des Travaux Géologiques du Portugal*, **39**.
- Choffat, P.L., 1903-1904. L'Infralias et le Sinémurien au Portugal. *Comunicações da Comissão do Serviço Geológico de Portugal*, **5**, 49-114.
- Comas-Rengifo, M.J., Duarte, L.V., Goy, A., Paredes, R., Silva, R.L., 2013. El Sinemuriense Superior (cronozonas Oxynotum y Raricostatum) en la región de S. Pedro de Moel (Cuenca Lusitánica, Portugal). *In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C.* (Eds), *Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitánica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 15-19.
- Duarte, L.V., Silva, R.L., Duarte, C.B., Azerêdo, A.C., Comas-Rengifo, M.J., 2008. Litostratigrafia do Jurássico Inferior da região de S. Pedro de Moel (Bacia Lusitánica). *In: Callapez, P.M., Rocha, R. B., Marques, J.F., Cunha, L.S., Dinis, P.M.* (Eds), *A Terra, Conflitos e Ordem. Homenagem ao Professor Ferreira Soares*, Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra, 175-185.
- Duarte, L.V., Silva, R.L., Mendonça Filho, J.G., Poças Ribeiro, N., Chagas, R.B.A., 2012. High-resolution stratigraphy, palynofacies and source rock potential of the Água de Madeiros Formation (Lower Jurassic), Lusitanian Basin, Portugal. *Journal of Petroleum Geology*, **35**, 105-126.
- Duarte, L.V., Silva, R.L., Oliveira, L.C.V., Comas-Rengifo, M.J., Silva, F., 2010. Organic-rich facies in the Sinemurian and Pliensbachian of the Lusitanian Basin, Portugal: Total Organic Carbon and relation to transgressive-regressive facies cycles. *Geologica Acta*, **8**, 325-340.
- Duarte, L.V., Soares, A.F., 2002. Litostratigrafia das séries margocalcárias do Jurássico Inferior da Bacia Lusitánica (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, **89**, 135-154.
- Hallam, A., 1971. Facies analysis of the Lias in West Central Portugal. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, **139**, 226-265.
- Liu, C., 1995. Jurassic bivalve palaeobiogeography of the Proto-Atlantic and the application of multivariate analysis methods to palaeobiogeography. *Beringeria*, **16**, 3-123.
- Mouterde, R., 1955. Le Lias de Peniche. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **36**, 87-115.
- Mouterde, R. 1967. Le Lias moyen de S. Pedro de Muel (Portugal) (Première partie). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **52**, 185-208.
- Mouterde, R., Rocha, R. B. 1981. Atlas des fossiles caractéristiques du Lias portugais. I - Lias inférieur. *Ciências Terra (UNL)*, **6**, 49-76.
- Paredes, R., 2012. Bivalves do Sinemuriano da Bacia Lusitánica. Registos paleontológicos com importância para a valorização do património geológico português. *Tese de Mestrado em Geociências não publicada*, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, 121.
- Paredes, R., Comas-Rengifo, M.J., Duarte, L.V. 2012. Recognition of pseudoplanktonic bivalve communities in the Upper Sinemurian organic-rich series of the Lusitanian Basin (W Iberia, Portugal). 56th Annual Meeting of Palaeontological Association. *The Palaeontology Newsletter*, **81**, 83.
- Paredes, R., Comas-Rengifo, M.J., Duarte, L.V., 2013. Braquiópodes do Sinemuriano superior da região de S. Pedro de Moel e de Peniche (Bacia Lusitánica, Portugal). *In: Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C.* (Eds), *Fácies carbonatadas ricas em matéria orgânica do Jurássico da Bacia Lusitánica. Novos contributos paleontológicos, sedimentológicos e geoquímicos. Comunicações Geológicas*, **100**, Especial I, 29-35.
- Röhl, H.-J., Schmid-Röhl, A., Oschmann, W., Frimmel, A., Schwark, L., 2001. The Posidonia Shale (Lower Toarcian) of SW-Germany: An oxygen depleted ecosystem controlled by sea level and palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **165**, 27-52.
- Sharpe, D., 1850. On the secondary district of Portugal which lies on the north of the Tagus. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **6**, 135-201.
- Wignall, P., Simms, M., 1990. Pseudoplankton. *Palaeontology*, **33**, 359-378.

Estampa 1

Plate 1

1. *Palaeoneilo elliptica* (GOLDFUSS, 1837); OU71.85, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro; espécime articulado, vista lateral externa (x1,5). 2. *Modiolus (Cyranus) hillanus* (J. SOWERBY, 1818); 2a, OU36.7, Cz. Oxynotum, espécime articulado, vista lateral externa (x1,5); 2b, OU36.7, vista posterior externa (x1,5). 3. *Parallelodon* sp.; OU207.8, Cz. Raricostatum (Sbcz. Macdonnelli), Pedra do Ouro, valva esquerda, vista lateral externa (x1,5). 4. *Grammatodon* sp.; OU107b.1, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, valva esquerda, vista lateral externa (x1,5). 5-8. *Pseudomytiloides aff. dubius* (J. SOWERBY, 1823); 5. OU107t.102, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro; valva esquerda, vista lateral externa (x0,5); 6. OU197.87, Cz. Raricostatum (Sbcz. Raricostatum), Pedra do Ouro; valva direita, vista lateral externa (x0,5); 7. OU207b.26, Cz. Raricostatum (Sbcz. Macdonnelli), Pedra do Ouro; valva direita, vista lateral externa (x0,5); 8. OU196t1.68, Cz. Raricostatum (Sbcz. Raricostatum), Pedra do Ouro; valva direita, vista lateral externa (x0,5). 9. *Gryphaea obliquata* J. SOWERBY, 1815; 9a, OU85b.6, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, espécime articulado, vista lateral externa da valva direita (x0,5); 9b, OU85b.6, vista posterior externa (x0,5). 10. *Gryphaea arcuata* LAMARCK, 1801; OU87.1, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, espécime articulado, vista lateral externa da valva direita (x0,5). 11. *Gryphaea mccullochi* J. de C. SOWERBY, 1826; 11a, OU79.10, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, espécime articulado, vista lateral externa da valva direita (x0,5); 11b, OU79.10, vista posterior externa (x0,5). 12. *Steinmannia aff. bronni* (VOLTZ in ZIETEN, 1833); OU208.11, Cz. Raricostatum (Sbcz. Macdonnelli), Pedra do Ouro, valva esquerda, vista lateral externa (x0,5). 13-14. *Camptonectes subulatus* (MÜNSTER, 1836); 13, OU57.36, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum) Pedra do Ouro, valva esquerda, vista lateral externa (x1,5); 14, SIN215.1, Cz. Raricostatum (Sbcz. Aplanatum), Papôa - Portinho da Areia, valva direita, vista lateral externa (x1,5). 15. *Pseudopecten (Pseudopecten) equivalvis* (J. SOWERBY, 1816); OU85.30, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, espécime articulado, vista lateral externa da valva direita (x1,5). 16. *Pseudolimea koninckana* (CHAPUIS & DEWALQUE, 1853); OU71.21, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, valva direita, vista lateral externa (x2). 17. *Pseudolimea hettangiensis* (TERQUEM, 1855); OU53. 2, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, valva direita, vista lateral exterior (x1,5). 18. *Ctenostreon* sp.; SIN213, Cz. Raricostatum (Sbcz. Aplanatum), Papôa - Portinho da Areia; valva direita, vista lateral externa (x1,5). 19-20. *Oxytoma inequalvis* (J. SOWERBY, 1819); Cz. Raricostatum (Sbcz. Raricostatum); 19, OU196.1, Pedra do Ouro, valva esquerda, vista lateral externa (x1,5); 20, MG.s/n, Polvoeira, valva esquerda, vista lateral externa (x1,5). 21. *Plagiostoma punctatum* J. SOWERBY, 1815; OU189.1, Cz. Raricostatum (Sbcz. Raricostatum), Pedra do Ouro, valva esquerda, vista lateral externa (x1,5). 22. *Tutcheria submulticostata* (d'ORBIGNY, 1850); MG.s/n, Polvoeira, valva esquerda, vista lateral externa (x1,5). 23. *Meleagrinnella aff. substriata* (MÜNSTER, 1831); GP11.7, Cz. Raricostatum (Sbcz. Aplanatum), Praia de Água de Madeiros, espécime articulado, vista externa da valva direita e vista interna da valva esquerda (x0,75). 24. *Entolium lunare* (RÖEMER, 1839); OU73.17, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, valva direita, vista lateral exterior (x1,5). 25. *Cardinia listeri* (J. SOWERBY, 1817); OU85.29, Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), Pedra do Ouro, espécime articulado, vista lateral externa da valva direita (x1,5). 26. *Mesomiltha* sp.; Cz. Raricostatum (Sbcz. Aplanatum), Praia de Água de Madeiros; 26a, GP13.25, espécime articulado, vista lateral exterior da valva esquerda (x0,75); 26b, GP13.25, vista dorsal externa (x0,75). 27. *Mactromya cardioides* (PHILLIPS, 1829); Cz. Oxynotum (Sbcz. Oxynotum), 27a, OU96t.1, Pedra do Ouro, espécime articulado, vista lateral externa da valva esquerda (x0,75); 27b, OU96t.1, vista dorsal externa (x0,75).

Abreviaturas: Cz. - Cronozona, Sbcz. - Subcronozona.

1. *Palaeoneilo elliptica* (GOLDFUSS, 1837); OU71.85, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, articulated specimen, external lateral view (x1.5). 2. *Modiolus (Cyranus) hillanus* (J. SOWERBY, 1818); 2a, OU36.7, Oxynotum Cz., articulated specimen, external lateral view (x1.5); 2b, OU36.7, external posterior view (x1.5). 3. *Parallelodon* sp.; OU207.8, Raricostatum Cz. (Macdonnelli Sbcz.), Pedra do Ouro, left valve, external lateral view (x1.5). 4. *Grammatodon* sp.; OU107b.1, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, left valve, external lateral view (x1.5). 5-8. *Pseudomytiloides aff. dubius* (J. SOWERBY, 1823); 5. OU107t.102, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, left valve, external lateral view (x0.5). 6. OU197.87, Raricostatum Cz. (Raricostatum Sbcz.), Pedra do Ouro, right valve, external lateral view (x0.5). 7. OU207b.26, Raricostatum Cz. (Macdonnelli Sbcz.), Pedra do Ouro, right valve, external lateral view (x0.5). 8. OU196t1.68, Raricostatum Cz. (Raricostatum Sbcz.), Pedra do Ouro, right valve, external lateral view (x0.5). 9. *Gryphaea obliquata* J. SOWERBY, 1815; 9a, OU85b.6, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, articulated specimen, right valve external lateral view (x0.5); 9b, OU85b.6, external posterior view (x0.5). 10. *Gryphaea arcuata* LAMARCK, 1801; OU87.1, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, articulated specimen, right valve, external lateral view (x0.5). 11. *Gryphaea mccullochi* J. de C. SOWERBY, 1826; 11a, OU79.10, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, articulated specimen, right valve, external lateral view (x0.5); 11b, OU79.10, external posterior view (x0.5). 12. *Steinmannia aff. bronni* (VOLTZ in ZIETEN, 1833); OU208.11, Raricostatum Cz. (Sbcz. Macdonnelli), Pedra do Ouro, left valve, external lateral view (x0.5). 13-14. *Camptonectes subulatus* (MÜNSTER, 1836); 13, OU57.36, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.) Pedra do Ouro, left valve, external lateral view (x1.5); 14, SIN215.1, Raricostatum Cz. (Aplanatum Sbcz.), Papôa - Portinho da Areia, right valve, external lateral view (x1.5). 15. *Pseudopecten (Pseudopecten) equivalvis* (J. SOWERBY, 1816); OU85.30, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, articulated specimen, right valve, external lateral view (x1.5). 16. *Pseudolimea koninckana* (CHAPUIS & DEWALQUE, 1853); OU71.21, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, right valve, external lateral view (x2). 17. *Pseudolimea hettangiensis* (TERQUEM, 1855); OU53. 2, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, right valve, external lateral view (x1.5). 18. *Ctenostreon* sp. SIN213, Raricostatum Cz. (Aplanatum Sbcz.), Papôa - Portinho da Areia, right valve, external lateral view (x1.5). 19-20. *Oxytoma inequalvis* (J. SOWERBY, 1819); Raricostatum Cz. (Raricostatum Sbcz.); 19, OU196.1, Pedra do Ouro, left valve, external lateral view (x1.5). 20, MG.s/n, Polvoeira, left valve, external lateral view (x1.5). 21. *Plagiostoma punctatum* J. SOWERBY, 1815; OU189.1, Raricostatum Cz. (Raricostatum Sbcz.), Pedra do Ouro, left valve, external lateral view (x1.5). 22. *Tutcheria submulticostata* (d'ORBIGNY, 1850); MG.s/n, Polvoeira, left valve, external lateral view (x1.5). 23. *Meleagrinnella aff. substriata* (MÜNSTER, 1831); GP11.7, Raricostatum Cz. (Aplanatum Sbcz.), Praia de Água de Madeiros, articulated specimen, right valve external view and left valve internal view (x0.75). 24. *Entolium lunare* (RÖEMER, 1839); OU73.17, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, right valve, external lateral view (x1.5). 25. *Cardinia listeri* (J. SOWERBY, 1817); OU85.29, Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), Pedra do Ouro, articulated specimen, right valve external lateral view (x1.5). 26. *Mesomiltha* sp.; Raricostatum Cz. (Aplanatum Sbcz.), Praia de Água de Madeiros; 26a, GP13.25, articulated specimen, left valve external lateral view (x0.75); 26b, GP13.25, external dorsal view (x0.75). 27. *Mactromya cardioides* (PHILLIPS, 1829); Oxynotum Cz. (Oxynotum Sbcz.), 27a, OU96t.1, Pedra do Ouro, articulated specimen, left valve external lateral view (x0.75); 27b, OU96t.1, external dorsal view (x0.75).

Abbreviations: Cz. - Chronozona; Sbcz. - Subchronozona.

