

Foraminíferos bentônicos da passagem Jurássico Inferior - Médio do sector central da Bacia Lusitânica: o perfil de Zambujal de Alcaria

Benthonic Foraminifera from the Lower - Middle Jurassic transition of the central sector of the Lusitanian Basin: the Zambujal de Alcaria section

Vera Lúcia Esteves de Figueiredo | Maria Helena Paiva Henriques | María Luisa Canales Fernández

resumo

No presente trabalho, descrevem-se as associações de foraminíferos bentônicos registradas no intervalo estratigráfico Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*) – Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*) – Aaleniano Médio (Biozona *Bradfordensis*) do Perfil de Zambujal de Alcaria (sector central da Bacia Lusitânica, Portugal). Ao longo do intervalo estratigráfico estudado foram recolhidas 20 amostras, das quais se obtiveram 5.291 foraminíferos, que permitiram conhecer a composição das associações de foraminíferos e analisar a sua evolução.

Do ponto de vista taxonômico, reconheceram-se cinco subordens, 13 famílias, 25 gêneros e 57 espécies, sendo que, nas associações, os representantes da Subordem Lagenina, Família Vaginulinidae, gênero *Lenticulina* e espécie *Lenticulina toarcense* Payard são muito abundantes.

Do ponto de vista bioestratigráfico, a presença de *Astacolus dorbignyi* (Roemer) permite a correlação do perfil estudado com as escalas bioestratigráficas baseadas em foraminíferos estabelecidas para o Hemisfério Norte. Da análise das espécies presentes

em cada associação, bem como da sua evolução ao longo do perfil, é possível individualizar quatro grupos de espécies e destacar a ocorrência de alguns eventos marcantes, reconhecíveis através da primeira ou da última ocorrência de uma determinada espécie ou por meio de variações na frequência de uma espécie.

A análise quantitativa das associações de foraminíferos bentônicos permitiu avaliar a sua diversidade, bem como a sua evolução ao longo do intervalo estratigráfico estudado. Dos valores obtidos (decorrentes da aplicação de vários índices de diversidade) é possível concluir que, em geral, as associações são escassas, mas relativamente variadas.

Do ponto de vista paleoecológico, as associações de foraminíferos registradas ao longo do Perfil de Zambujal de Alcaria ocupariam zonas de plataforma marinha, com salinidade normal e bem oxigenadas. Os foraminíferos teriam modos de vida bentônicos, infaunais e epifaunais. Todas as associações estudadas são características do domínio boreal e são típicas de plataformas carbonatadas do Jurássico.

Palavras-chave: foraminíferos | Jurássico Inferior – Médio | Zambujal de Alcaria | Bacia Lusitânica | bioestratigrafia | paleoecologia

abstract

The present work describes the benthonic foraminifera assemblages recorded in the Upper Toarcian (Aalensis Biozone) – Lower Aalenian (Opalinum Biozone) – Middle Aalenian (Bradfordensis Biozone) from the Zambujal de Alcaria Section (Central Sector of the Lusitanian Basin, Portugal). Over the studied stratigraphic range, 20 samples, from which 5.291 foraminifera were obtained, which have enabled the determination of the foraminiferal assemblages composition, as well as the analysis of their evolution.

From the taxonomic point of view, 5 suborders, 13 families, 25 genera and 57 species were recognized; the most abundant specimens in the assemblages belong to the Lagenina Suborder, Vaginulinidae Family, Lenticulina genera and Lenticulina toarcense Payard species.

From the biostratigraphic point of view, the presence of Astacolus dorbignyi (Roemer), allows the correlation of the section with other biostratigraphic scales based in foraminifera, established for the northern hemisphere. The analysis of the species present in each association and their evolution along the section, enable the differentiation of four groups of species and highlight the presence of some key events, recognized by the first or last occurrence of some species or by the increase of the relative abundance of one species.

The quantitative analysis of the benthonic foraminifera assemblages enabled the evaluation of their diversity, as well as their evolution over the studied stratigraphic range. The resulting values, based on the application of several diversity indices, indicate that the assemblages are, in general, scarce, but relatively diverse.

From the paleoecological point of view, the foraminifera assemblages registered along the Zambujal de Alcaria Section would occupy zones of the marine platform, with normal salinity and well-oxygenated. The foraminifera would have had benthonic, infaunal and epifaunal modes of life. All the studied assemblages are characteristic of the boreal realm and are typical of Jurassic carbonate platforms.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

Keywords: foraminifera | Lower – Middle Jurassic | Zambujal de Alcaria | Lusitanian Basin | biostratigraphy | paleoecology

introdução

O presente trabalho refere-se ao estudo das associações de foraminíferos bentônicos registradas na passagem Jurássico Inferior – Jurássico Médio no Perfil de Zambujal de Alcaria (sector central da Bacia Lusitânica). Por meio deste estudo, pretende-se conhecer a composição das associações de foraminíferos registradas ao longo do intervalo Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*) – Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*) – Aaleniano Médio (Biozona *Bradfordensis*), bem como analisar a sua evolução.

A partir das unidades bioestratigráficas definidas no Perfil de Zambujal de Alcaria por meio das associações registradas de *Ammonoidea* (Henriques, 2000), pretende-se definir associações de foraminíferos bentônicos com o mesmo enfoque bioestratigráfico. As associações propostas neste trabalho serão correlacionadas da seguinte forma: a) as de outros perfis da Bacia Lusitânica (Cabo Mondego, Bacia Lusitânica; Canales e Henriques, 2008); b) as do perfil onde o estratotipo do Aaleniano foi estabelecido (Fuentelsaz, Cordilheira Ibérica; Canales, com. pess.) e c) outras escalas zonais estabelecidas em diferentes bacias do Hemisfério Norte.

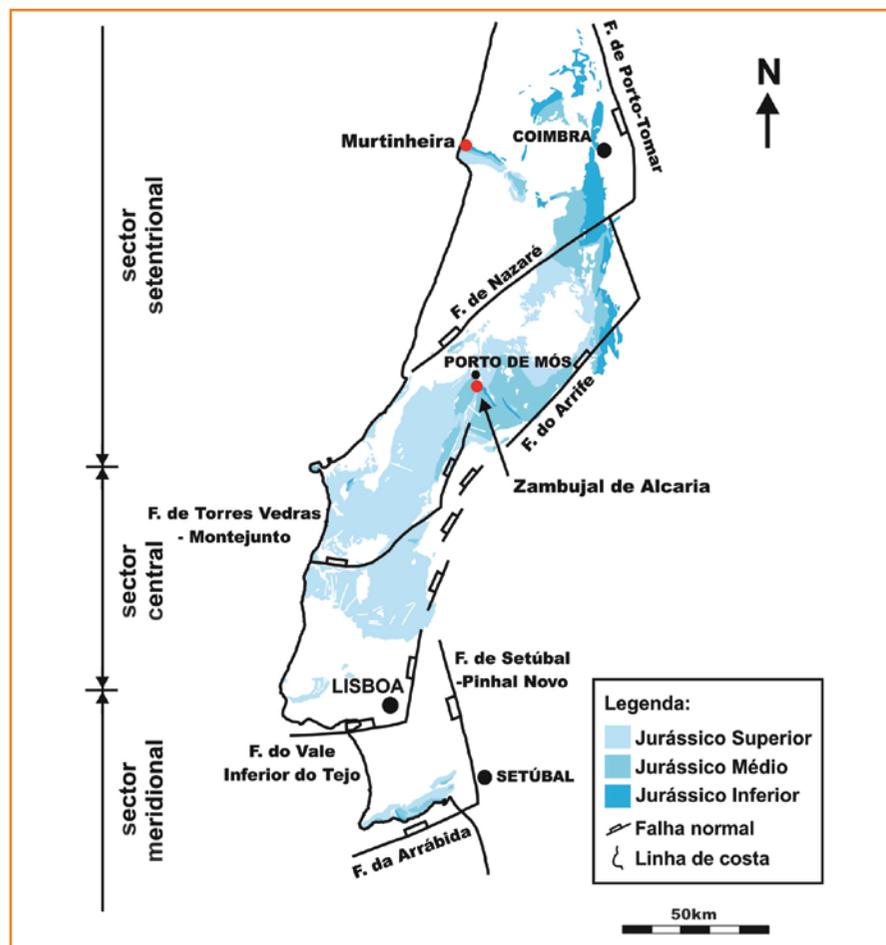
O estudo qualitativo e quantitativo das associações permitiu analisar a sua abundância e diversidade, assim como a evolução destes parâmetros ao longo do intervalo estratigráfico considerado. A comparação entre os dados obtidos no Perfil de Zambujal de Alcaria e os já descritos no Perfil de Cabo Mondego permitiu detectar eventuais relações entre a distribuição espacial das espécies e as respectivas fácies.

enquadramento geográfico e geológico da Bacia Lusitânica

A Bacia Lusitânica situa-se na margem ocidental da Península Ibérica, sendo uma bacia sedimentar cuja gênese e evolução foram determinadas pelo processo de formação do Atlântico Norte. Apresenta orientação NE-SW, com uma extensão de aproximadamente 300km por 150km, incluindo a área submersa. A espessura máxima do registro sedimentar está estimada em aproximadamente 5km. A leste, a bacia contata com o embasamento hercínico através

de acidentes tectônicos maiores, nomeadamente a Falha Porto – Tomar. Mais a sul, o limite inflecte para SW, através da Falha do Arrife e com a zona de Falha do Vale Inferior do Tejo e novamente para SE, com a Falha de Setúbal – Pinhal Novo. A oeste, a bacia é limitada tectonicamente pelos *horsts* do embasamento, aflorantes nos ilhéus das Berlengas e Farilhões (Ribeiro *et al.*, 1979; Wilson, 1988; Wilson *et al.*, 1989) (fig. 1).

A gênese da Bacia Lusitânica teve o seu início no final do Triássico, período durante o qual se deu a primeira fase de rifte, que culmina no Jurássico Inferior (Sinemuriano). Esta fase está representada por depósitos essencialmente aluvio-fluviais, que passam lateral e superiormente a sedimentos pelítico-carbonatados e evaporíticos (fig. 2). Durante o Jurássico Inferior (Sinemuriano), regista-se a primeira grande influência marinha, traduzida em uma sedimentação de baixa energia que progride no Toarciano para um ambiente de rampa carbonatada homoclinal representada por uma série marga-calcária (fig. 2), monótona e rítmica, com fácies que sugerem que a deposição ter-se-á realizado em um ambiente marinho, progressivamente de maior profundidade para NW (Duarte, 1995, 1997, 2000). Durante a passagem Jurássico Inferior – Jurássico Médio, aumenta a diferenciação da rampa proximal/rampa distal, com decréscimo gradual do espaço disponível para a deposição (Duarte, 1997). Durante a passagem Aaleniano – Bajociano, acentua-se gradualmente a tendência regressiva, com ocorrência cada vez mais significativa de fácies de pequena/média profundidade a E/SE (Maciço Calcário Estremenho) e retração das fácies mais externas para W/NW (Cabo Mondego, Baleal), definindo-se uma rampa carbonatada em plena progradação, que atinge a sua máxima expressão durante o Bajociano – Caloviano (Azerêdo *et al.*, 2003). A transição Caloviano Superior – Oxfordiano Inferior está materializada por uma lacuna de expressão bacinal (fig. 2), resultado de regressão na Península Ibérica (Ribeiro *et al.*, 1979; Wilson, 1979; Wilson *et al.*, 1989), sugerindo exposição da plataforma (Pena dos Reis *et al.*, 1992). A segunda fase de rifte na Bacia Lusitânica ocorreu durante o Oxfordiano Médio – Aptiano Inferior, altura em que a bacia se torna geograficamente mais estreita, sendo seu enchimento caracterizado pela presença de materiais provenientes do desmantelamento da antiga plataforma carbonatada, instalada sobre o Maciço Hespérico (Wilson, 1979; Kullberg, 2000). A partir do Cretáceo Superior, assiste-se à inversão tectônica da bacia, decorrente de movimentos



compressivos da Orogenia Alpina que afetaram particularmente a parte norte da bacia. A tectônica compressiva bética (Miocênico) afetou maioritariamente a parte central e sul da bacia (Rasmussen *et al.*, 1998).

localização geográfica e enquadramento geológico do Perfil de Zambujal de Alcaria

O Perfil de Zambujal de Alcaria localiza-se no sector central da Bacia Lusitânica, na região leste do Maciço Calcário Estremenho, a 5km a SSW de Porto de Mós e a 1km de Zambujal de Alcaria (Coordenadas UTM Datum WGS 84 (Fuso 29): 377761,78; 4093981,18) (fig. 1). Constitui um dos perfis de referência da zona central da Bacia Lusitânica, designadamente pela representatividade do registro estratigráfico do Toarciano, Aaleniano e Bajociano nele aflorante (Manuppella *et al.*, 2000), materializado por uma espessa série de margas calcárias e calcários margosos, com fácies típicas de ambientes proximais.

Figura 1
Enquadramento geológico do Perfil de Zambujal de Alcaria (modificado da Carta Geológica à escala 1/500.000 e adaptado de Kullberg, 2000).

Figure 1
Geological framework of the Zambujal de Alcaria Section (modified from Geological Map, scale 1/500,000 and adapted from Kullberg, 2000).

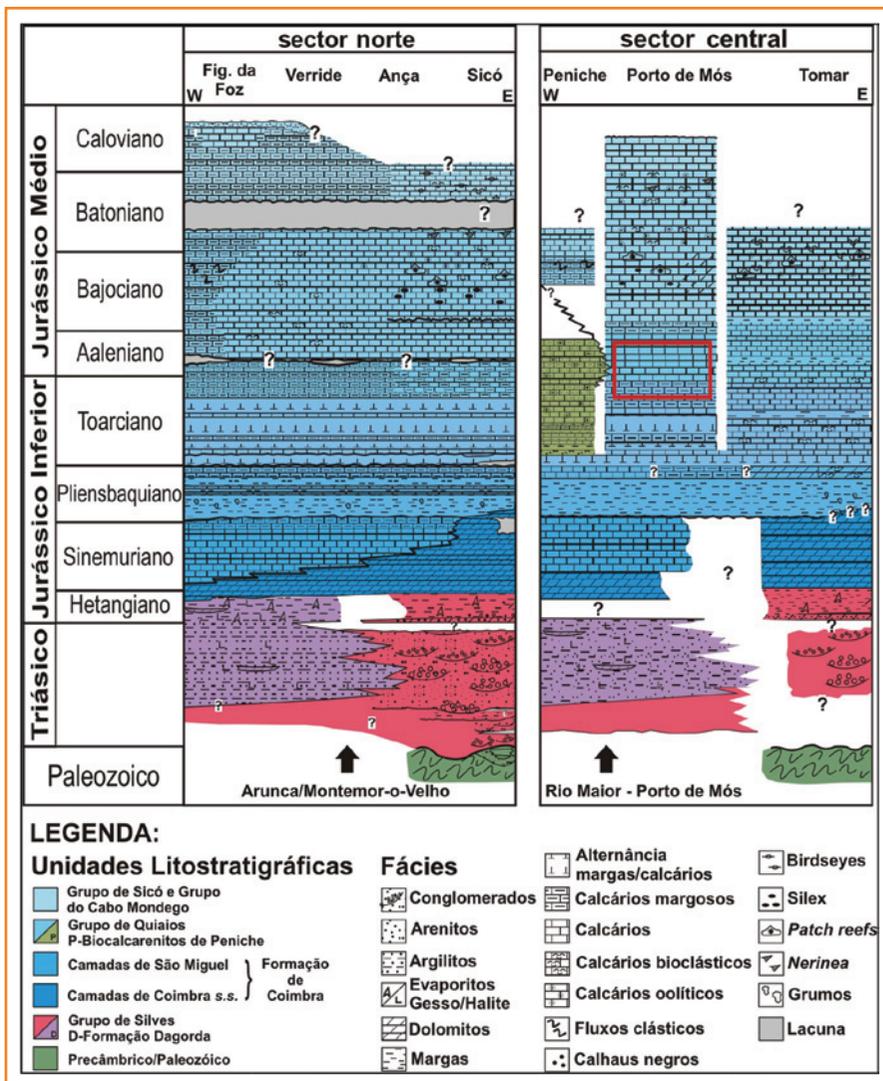


Figura 2
Unidades litoestratigráficas dos sectores setentrional e central da Bacia Lusitânica no intervalo Triássico – Jurássico Médio (adaptado de Kullberg et al., 2006).

Figure 2
Lithostratigraphic units of northern and central sectors of the Lusitanian Basin, ranging from Triassic to Middle Jurassic (adapted from Kullberg et al., 2006).

Do ponto de vista litoestratigráfico, o intervalo amostrado corresponde à Formação Calcários Margosos e Margas da Fórnea (Manuppella et al., 2000) ou Formação de Fórnea (Azerêdo et al., 2003; Azerêdo, 2007) e à unidade suprajacente Margas e Calcários Margosos de Zambujal (Manuppella et al., 2000) ou “Formação de Barranco do Zambujal (Azerêdo et al., 2003; Azerêdo, 2007) (fig. 2). A Formação de Fórnea é caracterizada por apresentar alternâncias de calcários margosos e margas de cor cinzenta em bancadas pouco espessas, com abundante macrofauna nectônica (amonoides, belemnoides). Nesta formação, é possível diferenciar sete membros que correspondem às unidades definidas para o sector norte da Bacia Lusitânica (Soares et al., 1993) que são: Margas e Margo – Calcários de Vale das Fontes, Calcários Margosos de Lemedo, Margo – Calcários de S. Gião e Calcários Margosos de Póvoa da Lomba (Manuppella et al., 2000). Sobre a Formação de Fórnea assenta a Formação do Barranco de Zambujal,

caracterizada por uma alternância rítmica de margas, calcários margosos e calcários argilosos de cor cinzenta a creme em camadas pouco espessas na parte inferior, tornando-se progressivamente para o topo mais calcárias e mais espessas, perdendo, conseqüentemente, o carácter margoso (Azerêdo et al., 2003; Azerêdo, 2007). O limite inferior desta formação corresponde à descontinuidade observada na base da seqüência ZA-1, que coincide com o limite entre as Subzonas *Opalinum* e *Comptum* da Biozona *Opalinum* (Aaleniano Inferior) (Manuppella et al., 2000).

bioestratigrafia

A seguir, apresenta-se a composição das associações de foraminíferos bentônicos registradas nas unidades bioestratigráficas reconhecidas ao longo do intervalo Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*) – Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*) – Aaleniano Médio (base da Biozona *Bradfordensis*) no Perfil de Zambujal de Alcaria, analisando-se a sua evolução no tempo. Por fim, compara-se a composição das associações e a distribuição estratigráfica das espécies reconhecidas as já conhecidas do Perfil da Murtinheira (Cabo Mondego; Bacia Lusitânica) e as de outras bacias da Península Ibérica (Canales, 1998, 2001).

associações de foraminíferos registradas no Perfil de Zambujal de Alcaria

As associações de foraminíferos bentônicos observadas resultam de amostragem realizada no Perfil de Zambujal de Alcaria (sector central da Bacia Lusitânica). Nele, é reconhecido um registro paleontológico abundante e diversificado, que permitiu o estabelecimento de uma escala zonal com base nas associações registradas de *Ammonoidea* (Henriques, 2000). No total, foram recolhidas 20 amostras em todas as subzonas reconhecidas em Henriques (2000) e sempre considerando-se a espessura das subzonas, bem como a litologia e as condições de exposição do afloramento. A amostragem realizou-se nos níveis estratigráficos relativos ao Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*; subzonas *Mactra* e *Aalensis*) – Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*; subzonas *Opalinum* e *Comptum*) – Aaleniano Médio (Biozona

Bradfordensis). Foram abrangidos, portanto, os níveis ZB-2 a ZA-94, descritos em Henriques (2000) (figs. 3a e 3b). Nas 20 amostras estudadas, foi obtido um total de 5.291 exemplares, correspondentes a cinco subordens, 13 famílias, 25 gêneros e 57 espécies.

Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*; Subzona *Mactra*)

Na Subzona *Mactra* foram recolhidas três amostras (ZB-2, ZB-6 e ZB-10), das quais se obteve um total de 712 foraminíferos, a maioria correspondendo a representantes da Subordem Lagenina. Verifica-se, também, baixa presença de representantes das subordens Miliolina e Robertinina, que podem até estar ausentes (amostra ZB-2). O gênero e a espécie mais abundantes são *Lenticulina* e *Lenticulina toarcense* Payard, respectivamente. Quanto ao número de foraminíferos/grama triado, registram-se valores baixos, muito similares nas amostras ZB-2 e ZB-6, com 18 foraminíferos/grama triado. Na Subzona *Mactra* reconheceram-se, no total, 28 espécies de foraminíferos, repartidas por 18 espécies na amostra ZB-2, 21 espécies na amostra ZB-6 e 10 espécies na amostra ZB-10 (figs. 3a e 3b).

Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*; Subzona *Aalensis*)

Na Subzona *Aalensis* foram recolhidas três amostras (ZB-12, ZB-18 e ZB-28), das quais se obteve um total de 792 exemplares, sendo a maioria (708 exemplares) referente à amostra ZB-18. A Subordem Lagenina é a que tem melhor representação. As subordens Spirillinina e Robertinina apenas foram reconhecidas na amostra ZB-18. Novamente, o gênero e a espécie mais frequentes são *Lenticulina* e *Lenticulina toarcense* Payard, respectivamente. Quanto ao número de foraminíferos/grama triado, registram-se valores muito contrastantes, com a amostra ZB-18 apresentando 77 foraminíferos/grama triado, enquanto as amostras restantes apresentam valores muito baixos. É de salientar a amostra ZB-18 por registrar um elevado número de exemplares, de espécies, de gêneros e de subordens. Na Subzona *Aalensis* identificaram-se, no total, 33 espécies, nas quais se reconheceu a presença de nove espécies na amostra ZB-12, 33 na amostra ZB-18 e 5 na amostra ZB-28 (figs. 3a e 3b).

Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*; Subzona *Opalinum*)

Na Subzona *Opalinum* foram recolhidas cinco amostras (ZB-34, ZB-36, ZB-46, ZB-64 e ZB-72), das

quais se obteve um total de 1.632 exemplares pertencentes a 4 subordens diferentes. Pela primeira vez, não se reconheceu nestas amostras qualquer foraminífero correspondente à Subordem Miliolina. Novamente, a Subordem Lagenina é a mais frequente, com valores superiores a 95% em todas as amostras. O gênero e espécie mais comuns continuam a ser *Lenticulina* e *Lenticulina toarcense* Payard, respectivamente. Nos 406 exemplares obtidos na amostra ZB-46, reconhecem-se as subordens *Spirillinina* e *Lagenina*. Quanto ao número de foraminíferos/grama triado, os valores são irregulares. Como exemplo, a amostra ZB-34 apresenta 22 foraminíferos/grama triado (valor esse mais de duas vezes superior ao da amostra ZB-36: nove foraminíferos/grama triado). Na Subzona *Opalinum*, identificaram-se 34 espécies no total, que se distribuem em 21 espécies na amostra ZB-34, 18 na amostra ZB-36, 16 na amostra ZB-46, 17 na amostra ZB-64 e 18 na amostra ZB-72 (figs. 3a e 3b).

Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*; Subzona *Comptum*)

Na Subzona *Comptum*, foram recolhidas oito amostras (ZA-4, ZA-10, ZA-20, ZA-26, ZA-32, ZA-68, ZA-78 e ZA-90), de onde se obteve um total de 2.132 exemplares. Foram reconhecidas cinco subordens, pertencendo a maioria dos exemplares à Subordem Lagenina. A Subordem Miliolina não foi reconhecida na maior parte das amostras, estando apenas representada em duas delas (ZA-26 e ZA-32). O gênero e a espécie mais abundantes continuam a ser *Lenticulina* e *Lenticulina toarcense* Payard, respectivamente. Quanto às abundâncias, obtiveram-se valores irregulares. Assim, por exemplo, a amostra ZA-10 apresenta 47 foraminíferos/grama triado, um valor muito superior comparado ao restante desta subzona. No total, identificaram-se 32 espécies de foraminíferos na amostra ZA-4, 22 na amostra ZA-10, 9 na amostra ZA-20, 14 na amostra ZA-26, 16 na amostra ZA-32, 18 na amostra ZA-68, 19 na amostra ZA-78 e 11 na amostra ZA-90 (figs. 3a e 3b).

Aaleniano Médio (base da Biozona *Bradfordensis*; Subzona *Bradfordensis*)

Foi recolhida uma amostra (ZA-94) na Subzona *Bradfordensis*, da qual se obtiveram 23 exemplares: 22 pertencentes à Subordem Lagenina e um exemplar pertencente à Subordem Textulariina. O gênero mais

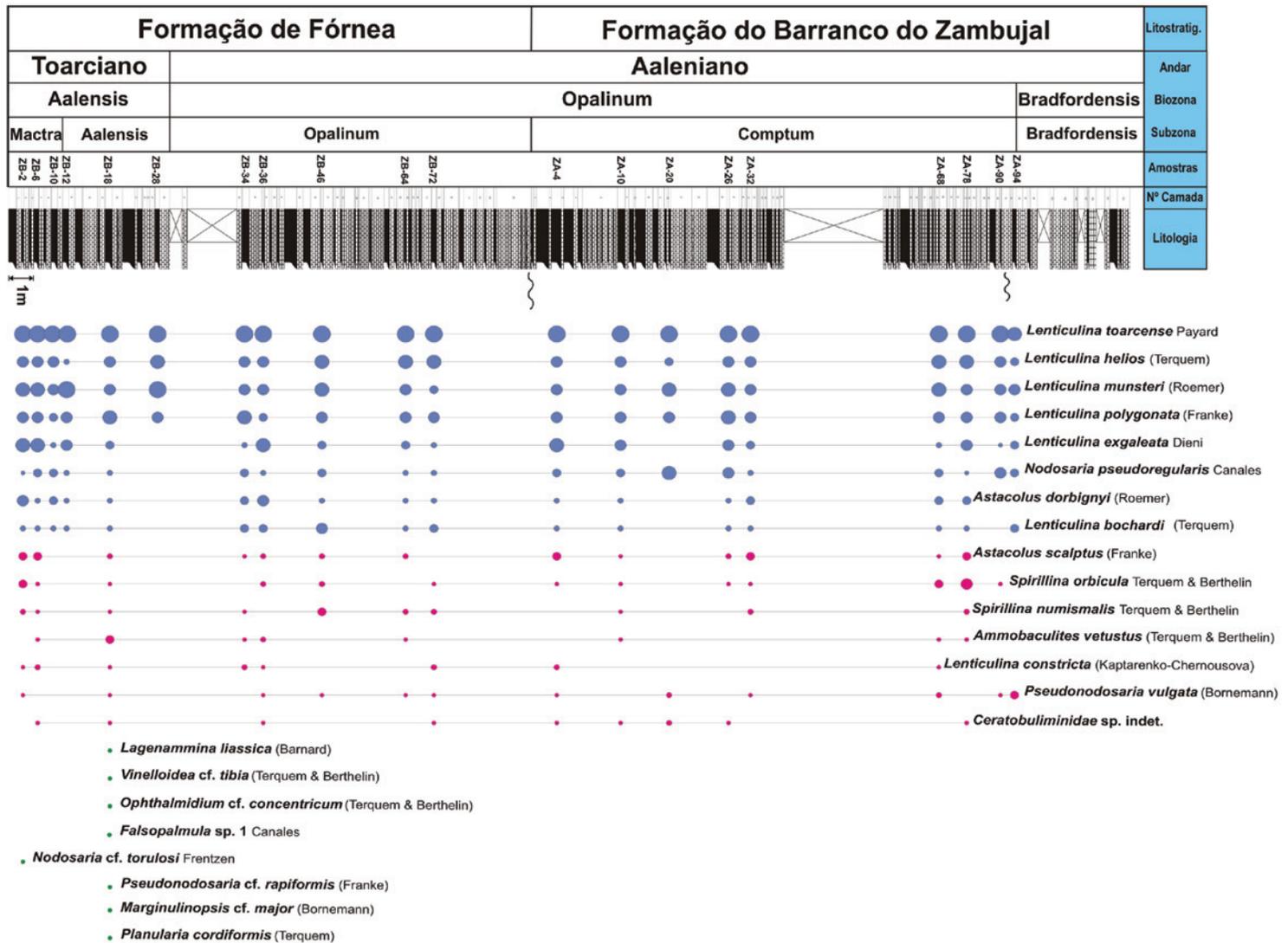


Figura 3a – Perfil estratigráfico de Zambujal de Alcaria e respectivas unidades bioestratigráficas (Henriques, 2000). Localização das amostras estudadas ao longo do intervalo estratigráfico Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*) – Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*) – Aaleniano Médio (Biozona *Bradfordensis*). Representação das ocorrências e frequência de cada espécie identificada em cada associação de foraminíferos. As cores correspondem a cada um dos grupos reconhecidos. O 1º grupo (violeta) inclui espécies com uma ampla distribuição, um registro contínuo e uma elevada frequência. O 2º grupo (rosa) é composto por espécies com uma distribuição relativamente ampla, mas com aparecimento mais descontínuo. O 3º grupo (verde) é constituído apenas por espécies identificadas no intervalo estratigráfico relativo ao Toarciano Superior.

Figure 3a – Stratigraphic profile of the Zambujal de Alcaria section and respective biostratigraphical units (Henriques, 2000). Location of the samples studied over the Upper Toarcian (*Aalensis* Biozone) - Lower Aalenian (*Opalinum* Biozone) - Middle Aalenian (*Bradfordensis* Biozone) stratigraphic range. Representation of occurrences and relative abundance of each species identified in each foraminifera assemblage. The colors correspond to each of the recognized groups. The 1st group (purple) includes species displaying wide distribution, a continuous record and high frequency. The 2nd group (pink) is composed of species displaying a fairly broad distribution, but a more discontinuous occurrence. The 3rd group (green) consists only of species identified in the Upper Toarcian.

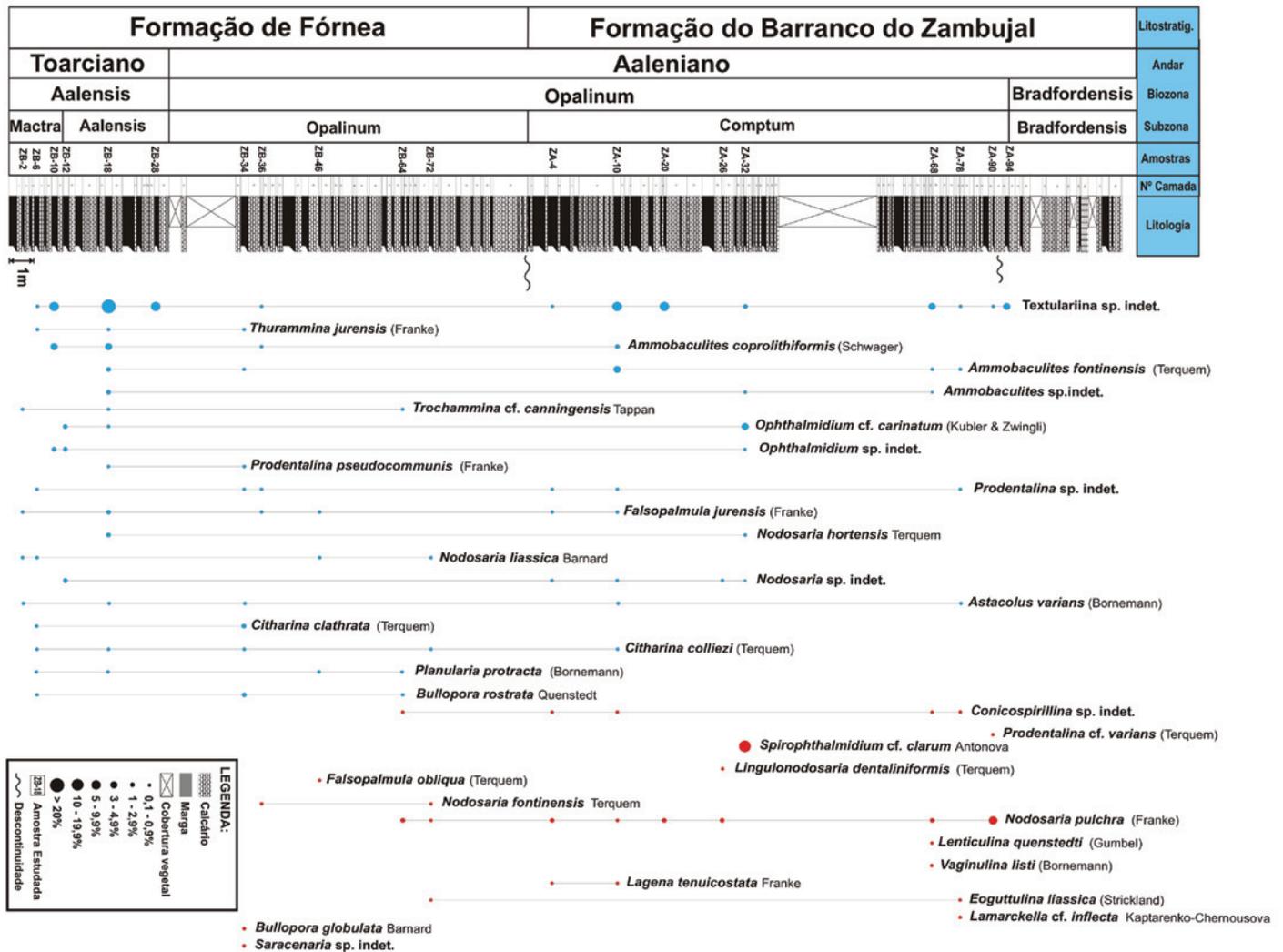


Figura 3b - Perfil estratigráfico de Zambujal de Alcaria e respectivas unidades bioestratigráficas (Henriques, 2000). Localização das amostras estudadas ao longo do intervalo estratigráfico Toarciano Superior (Biozona Aalensis) – Aaleniano Inferior (Biozona Opalinum) – Aaleniano Médio (Biozona Bradfordensis). Representação das ocorrências e frequências de cada espécie identificada em cada associação de foraminíferos. As cores correspondem a cada um dos grupos reconhecidos. O 4º grupo (vermelha) é composto apenas por espécies identificadas ao longo do intervalo estratigráfico correspondente ao Aaleniano Inferior – Aaleniano Médio. As restantes espécies de foraminíferos (azul) não constituem um grupo, pois apresentam distribuição estratigráfica e frequência variáveis.

Figure 3b – Stratigraphic profile of the Zambujal de Alcaria section and respective biostratigraphical units (Henriques, 2000). Location of the samples studied over the Upper Toarcian (Aalensis Biozone) - Lower Aalenian (Opalinum Biozone) - Middle Aalenian (Bradfordensis Biozone) stratigraphic range. Representation of occurrences and relative abundances of each species identified in each foraminifera assemblage. The colors correspond to each of the recognized groups. The 4th group (red) is composed only of species identified over the stratigraphic range corresponding to Lower Aalenian - Middle Aalenian. Other species of foraminifera (blue) do not make up a group because they have variable stratigraphic distribution and relative abundances.

frequente é *Lenticulina*, mas, em relação à espécie, a maioria dos exemplares corresponde à *Lenticulina* sp. indet. As abundâncias são muito baixas, sendo necessário triar mais de 2gr para obter um exemplar. Nesta amostra, foi identificado um total de nove espécies de foraminíferos (figs. 3a e 3b).

considerações bioestratigráficas

As associações de foraminíferos registradas apresentam composição, distribuição estratigráfica e frequência variáveis. Com base nas diferenças de distribuição estratigráfica e frequência, as espécies

que as constituem podem ser diferenciadas em quatro grupos distintos (figs. 3a e 3b).

O primeiro grupo inclui espécies com ampla distribuição, registro contínuo e elevada frequência, que conferem às associações um carácter bastante homogêneo, *a priori*. Neste grupo, incluem-se as espécies *Lenticulina toarcense* Payard, *Lenticulina helios* (Terquem), *Lenticulina münsteri* (Roemer), *Lenticulina polygonata* (Franke), *Lenticulina exgaleata* Dieni, *Nodosaria pseudoregularis* Canales, *Astacolus dorbignyi* (Roemer) e *Lenticulina bochari* (Terquem) (fig. 3a).

O segundo grupo é composto por espécies com distribuição relativamente ampla, mas com ocorrências mais descontínuas. Na maioria dos casos, apresentam valores mais baixos nas suas frequências quando comparados aos do grupo anterior. As espécies que se incluem neste grupo são: *Astacolus scalptus* (Franke), *Spirillina orbicula* Terquem e Berthelin, *Spirillina numismalis* Terquem e Berthelin, *Ammobaculites vetustus* (Terquem e Berthelin), *Lenticulina constricta* (Kaptarenko-Chernousova), *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann) e representantes da Família *Ceratobulminidae* (fig. 3a).

O terceiro grupo é constituído por espécies identificadas apenas no intervalo estratigráfico relativo ao Toarciano Superior, sendo constituído por: *Lagenammia jurassica* (Barnard), *Vinelloidea* cf. *tibia* (Terquem e Berthelin), *Ophthalmidium* cf. *concentricum* (Terquem e Berthelin), *Falsopalmula* sp. 1 Canales, *Nodosaria* cf. *torulosi* Frentzen, *Pseudonodosaria* cf. *rapiformis* (Franke), *Marginulinopsis* cf. *major* (Bornemann) e *Planularia cordiformis* (Terquem) (fig. 3a). A maioria destas espécies foram originalmente descritas em sedimentos do Jurássico Inferior. Posteriormente, foram reconhecidas em depósitos do Jurássico Médio.

O quarto grupo é composto por espécies apenas identificadas ao longo do intervalo estratigráfico correspondente ao Aaleniano Inferior – Aaleniano Médio e é constituído por: *Conicospirillina* sp. indet., *Spirophthalmidium* cf. *clarum* Antonova, *Lingulonodosaria dentaliniformis* (Terquem), *Prodentalina* cf. *varians* (Terquem), *Falsopalmula obliqua* (Terquem), *Nodosaria fontinensis* Terquem, *Nodosaria pulchra* (Franke), *Lenticulina quenstedti* (Gümbel), *Saracenaria* sp. indet., *Vaginulina listi* (Bornemann), *Lagena tenuicostata* Franke, *Eoguttulina liassica* (Strickland), *Bullopora globulata* Barnard e *Lamarckella inflecta* Kaptarenko-Chernousova (fig. 3b). Na Biozona *Opalinum* (Subzona *Opalinum*), regista-se, simultaneamente, a primeira ocorrência e a

extinção local de algumas espécies, como é o caso de *Falsopalmula obliqua* (Terquem), *Nodosaria fontinensis* Terquem, *Saracenaria* sp. indet. e *Bullopora globulata* Barnard. Nos táxones *Conicospirillina* sp. indet. e *Nodosaria pulchra* (Franke), verifica-se igualmente que após a sua primeira ocorrência apresentam a tendência de aumentar progressivamente a sua frequência.

Ao longo do intervalo estratigráfico estudado, destaca-se a ocorrência de alguns eventos marcantes, identificados a partir da primeira ou da última ocorrência de uma determinada espécie ou por meio de variações na frequência de um táxone (fig. 4).

Neste contexto, salienta-se a primeira ocorrência de *Nodosaria pulchra* (Franke) na Subzona *Opalinum* (amostra ZB-64) e de *Lenticulina quenstedti* (Gümbel) na parte superior da Subzona *Comptum* (amostra ZA-68). Outro evento que se destaca é a última ocorrência de *Planularia protracta* (Bornemann) na parte superior da Subzona *Opalinum* (amostra ZB-64) e a última ocorrência de *Nodosaria liassica* Barnard e de *Bullopora rostrata* Quenstedt no topo da Subzona *Opalinum* (amostras ZB-72 e ZB-64, respectivamente). Destaca-se, igualmente, um aumento significativo nas frequências de *Spirillina orbicula* Terquem e Berthelin na Subzona *Opalinum*, que atinge o seu valor máximo na Subzona *Comptum* (amostra ZA-78). É também notório um aumento da frequência de *Nodosaria pulchra* (Franke) ao longo da Biozona *Opalinum*, que atinge o seu valor mais elevado no topo desta biozona (amostra ZA-90) (fig. 3b). Em todo o intervalo estratigráfico, as espécies mais comuns foram reconhecidas em quase todas as associações, o que demonstra uma certa homogeneidade entre as mesmas. No entanto, verifica-se o progressivo desaparecimento de espécies características do Jurássico Inferior (*Lagenammia jurassica* (Barnard), *Thurammia jurensis* (Franke), *Ophthalmidium* cf. *concentricum* (Terquem e Berthelin), *Prodentalina pseudocommunis* (Franke), *Nodosaria liassica* Barnard, *Citharina clathrata* (Terquem), *Planularia cordiformis* (Terquem) e o progressivo aparecimento de espécies mais características do Jurássico Médio (*Spirophthalmidium* cf. *clarum* Antonova, *Lingulonodosaria dentaliniformis* (Terquem), *Nodosaria fontinensis* Terquem, *Lenticulina quenstedti* (Gümbel) e *Lamarckella* cf. *inflecta* (Kaptarenko-Chernousova) (figs. 3a e 3b). Destaca-se que é na Biozona *Opalinum* (Subzona *Opalinum*) que se reconhece o maior número de espécies (34) neste perfil.

Analisando-se a composição das associações e a distribuição estratigráfica das espécies de foraminíferos bentônicos, verificam-se algumas semelhanças

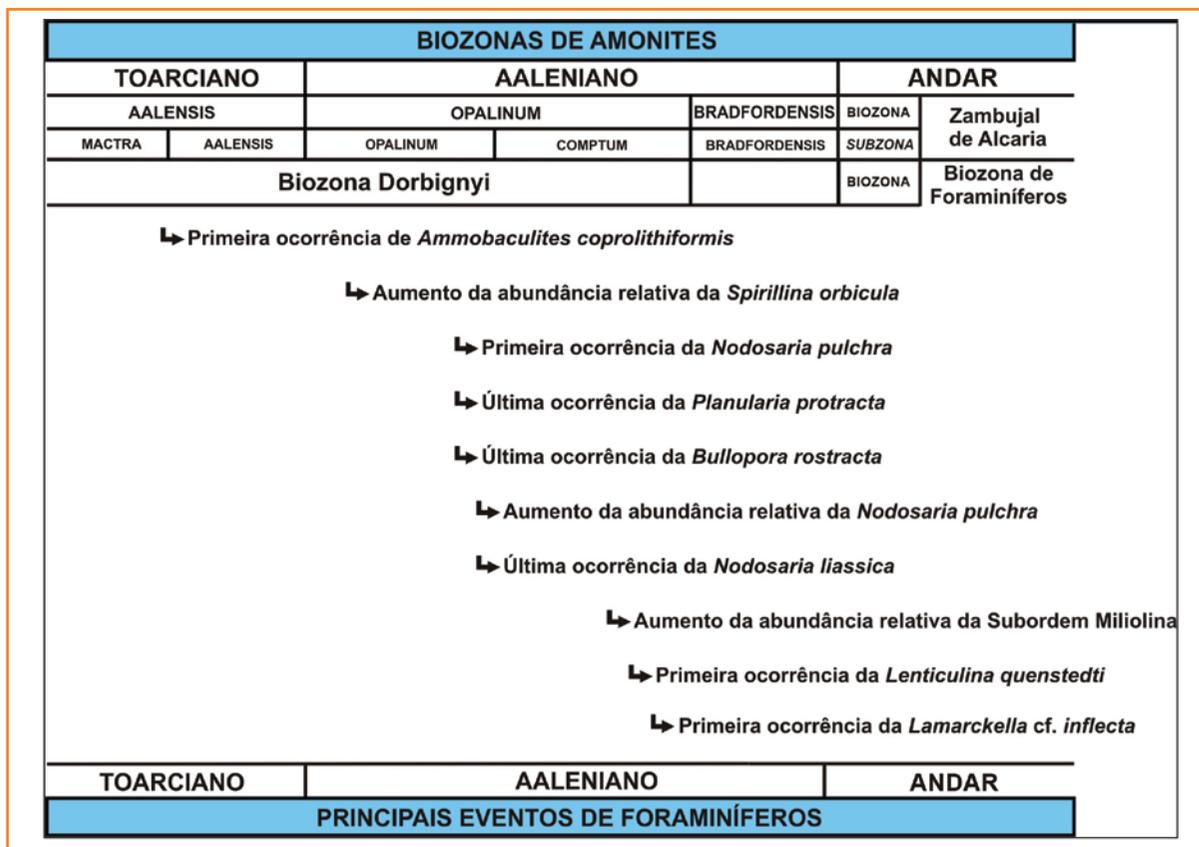


Figura 4
Reconhecimento de alguns bioeventos nas associações estudadas de foraminíferos no Perfil de Zambujal de Alcaria ao longo do intervalo estratigráfico estudado.

Figure 4
Bioevents based on the foraminifera assemblages recognized in the Zambujal de Alcaria section over the studied stratigraphic range.

com as descritas para os perfis da Murtinheira (Cabo Mondego; Bacia Lusitânica) e de Fuentelsaz (Cordilheira Ibérica; Espanha) para o mesmo intervalo estratigráfico. Dentre as semelhanças, salienta-se a ocorrência das mesmas espécies na sua maioria. De igual modo, as associações estudadas nos três perfis são dominadas por representantes da Subordem Lagenina (Canales, 2001; Canales e Henriques, 2007, 2008) e em todas as associações o gênero mais abundante é *Lenticulina*. Por outro lado, é possível reconhecer algumas particularidades nas associações do Perfil de Zambujal de Alcaria: a espécie com maior frequência é *Lenticulina toarcense* Payard, enquanto no Perfil da Murtinheira é *Lenticulina münsteri* (Roemer) e em Fuentelsaz é *Lenticulina helios* (Terquem). Todavia, constata-se que nos três perfis os representantes da Subordem Spirillinina apresentam valores máximos de frequências na Subzona *Comptum* (Canales, 2001; Canales e Henriques, 2007, 2008). Os representantes da Subordem Textulariina estão presentes nos três perfis, porém, de forma distinta. Em Zambujal de Alcaria, o valor mais elevado de frequência é atingido na Subzona *Comptum*, enquanto na Murtinheira eles são pouco importantes nas associações registradas e em Fuentelsaz são escassos na maior parte das amostras estudadas (Canales, 2001; Canales e Henriques,

2007, 2008). Os representantes das subordens Robertinina e Miliolina são minoritários nos três perfis. No Perfil de Zambujal de Alcaria, estas subordens só são reconhecidas em algumas amostras e quase sempre com valores baixos em termos de frequência, à exceção da Subordem Miliolina que, na amostra ZA-32, atinge percentagens significativas (18,77%). No Perfil de Fuentelsaz, a Subordem Robertinina só foi reconhecida em algumas amostras, mas sempre com percentagens baixas e os representantes da Subordem Miliolina ocorrem apenas em uma amostra. No Perfil da Murtinheira, estas subordens só foram constatadas de forma pontual (Canales, 2001; Canales e Henriques, 2007, 2008).

No presente estudo, foram analisadas igualmente as espécies de foraminíferos que apresentam uma distribuição ampla, contínua e com frequência regular. Verificou-se que algumas espécies se encontram presentes nos três perfis: *Lenticulina helios* (Terquem), *Lenticulina münsteri* (Roemer), *Lenticulina exgaleata* Dieni, *Lenticulina polygonata* (Franke) e *Astacolus dorbignyi* (Roemer). Também registram-se semelhanças entre os três perfis, no que se refere às espécies com distribuição estratigráfica relativamente ampla, mas com um aparecimento mais descontínuo e valores mais baixos nas suas frequências – *Spirillina*

numismalis Terquem e Berthelin, *Nodosaria pulchra* (Franke), *Nodosaria pseudoregularis* Canales, *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann), *Astacolus varians* (Bornemann) e *Ceratobuliminidae* sp. indet. Algumas espécies reconhecidas ao longo do intervalo estratigráfico Aaleniano Inferior – Aaleniano Médio no Perfil de Zambujal de Alcaria também se reconhecem no Perfil da Murtinheira e em Fuentelsaz, tais como: *Nodosaria fontinensis* Terquem, *Lenticulina quenstedti* (Gümbel) e *Eoguttulina liassica* (Strickland). Na sua maioria, as associações registradas nos três perfis revelam as mesmas categorias supragenéricas.

A maior parte das escalas zonais estabelecidas para o intervalo estratigráfico Toarciano Superior – Aaleniano Inferior propõe a Biozona *Lenticulina d'orbigny* (Wernli e Septfontaine, 1971; Gradstein, 1977, 1978; Exton e Gradstein, 1984; Copestake e Johnson, 1984; Boutakiout, 1990; Tyszka, 1999) (fig. 5). Bartenstein e Brand (1937) estabeleceram a Biozona *Cristellaria* (*Lenticulina*) *d'orbigny* e Canales (1998, 2001) propôs o Biozona *Dorbigny* para o intervalo Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*) – Aaleniano Médio (Biozona *Murchisonae*) (fig. 5). No entanto, outros autores estabeleceram diferentes escalas zonais. Para a parte superior do Jurássico Inferior, Frentzen (1941) estabeleceu o Horizonte *Pseudoglandulina pulchra* e para a parte inferior do Jurássico Médio estabeleceu o Horizonte *Thuramina jurensis* e *Nodosaria annulifera*. Barbieri (1964) propõe a Subzona *Pleurocythere* – *Citharina* para todo o Aaleniano e Norling (1972) propõe a Zona *Chitarina clathrata* desde o limite Pliensbaquiano – Toarciano até a parte superior do Aaleniano. Na Espanha, Mira (1986) estabeleceu a Zona *Lenticulina tenuistriata* para o intervalo estratigráfico entre o Toarciano Superior e o Aaleniano Inferior; Copestake e Johnson (1989) propõem uma escala zonal para o limite Toarciano – Aaleniano, na qual definiram a Zona JF 16. Alguns anos mais tarde, Ohmert *et al.* (1991) estabeleceram para o intervalo estratigráfico Toarciano Superior – Aaleniano Inferior uma escala zonal com três horizontes (Horizonte *Traubensis*, Horizonte *Dreheri* e Horizonte *Dorbigny* ssp.). Mais tarde, Ohmert (1996) estabeleceu os mesmos horizontes para o mesmo intervalo. Mais recentemente, Grigelis e Norling (1999) estabeleceram, na Suécia, uma escala bioestratigráfica em que definiram as Zonas *Saracenaria trigona* e *Citharina clathrata*.

No Perfil de Zambujal de Alcaria, a espécie *Astacolus dorbigny* (Roemer) apresenta uma distribuição

quase contínua desde a Subzona *Mactra* até o topo da Subzona *Comptum*. Até esta subzona, a espécie representa uma componente importante nas associações. No entanto, a partir da parte superior da Subzona *Comptum*, o seu registro não foi reconhecido (fig. 3a). Tyszka (1999) definiu a Biozona *Lenticulina quenstedti* no Bajociano (a partir da parte superior da Biozona *Sauzei*) e Canales (1998, 2001) estabeleceu a Biozona *Quenstedti* para o intervalo entre a parte inferior da Subzona *Bradfordensis* e a Biozona *Laeviuscula* (Bajociano Inferior) (fig. 5). No Perfil da Murtinheira, *Lenticulina quenstedti* (Gümbel) foi reconhecida no topo da Subzona *Gigantea*, e constitui uma importante componente das associações na parte superior do intervalo estratigráfico estudado (Canales e Henriques, 2007, 2008). No entanto, no Perfil de Zambujal de Alcaria, *Lenticulina quenstedti* (Gümbel) foi encontrada de forma pontual na amostra ZA-78, correspondente à parte superior da Subzona *Comptum*. Com os dados disponíveis, a utilização desta espécie – índice na Bacia Lusitânica para efeitos bioestratigráficos – parece possível, mas tal carece de confirmação, o que depende da realização de estudos análogos em outros perfis da bacia.

Desta forma, o registro abundante e contínuo de *Astacolus dorbigny* (Roemer) no intervalo estratigráfico analisado em Zambujal de Alcaria confirma a utilidade bioestratigráfica desta espécie – índice utilizado em outras bacias do Hemisfério Norte. Localmente, alguns bioeventos reconhecidos nas associações e anteriormente referidos podem contribuir para valorizar as aplicações bioestratigráficas dos foraminíferos (fig. 4). O aumento das frequências do gênero *Spirillina* na Subzona *Comptum* (Aaleniano Inferior; Biozona *Opalinum*) pode ser considerado um bioevento com valor aparentemente bacinal, pois também foi reconhecido no Perfil da Murtinheira (Canales e Henriques, 2007, 2008).

paleoecologia

Apresenta-se um estudo qualitativo e quantitativo das associações de foraminíferos bentônicos com o propósito de analisar a frequência, a riqueza e a diversidade de tais associações, bem como a evolução destes parâmetros ao longo do intervalo estratigráfico em foco. A comparação entre os dados obtidos no Perfil de Zambujal de Alcaria e

		TOARCIANO		AALENIANO							BAJOCIANO		
		AALENSIS		OPALINUM		MURCHISONAE		BRADFORDENSIS		CONCAVUM		DISCIT.	LAEV.
		Aalensis	Buckmani	Opalinum	Comptum	Haugi	Murchis.	Bradfordensis	Gigantea	Concavum	Limitatum		
(Suécia) Grigelis & Norling (1999)	Zona	Saracenaria trigona e Citharina clathrata											
Oeste dos Cárpatos Tyszka (1999)	Subz.	Falsopalmula tenuistriata											
	Zona	Lenticulina d'orbigny											
Bacia Vasco-Cantábrica (N de Espanha) Canales (1998)	Bloh.	Exgaleata			Uretae		Herrerae						
	Bloz.	Dorbigny						Quenstedti					
Wittnau (Alemanha) Ohmert (1996)	Horizonte	Traubensis		Dreheri		Subaequalis							
Wittnau (Alemanha) Ohmert <i>et al.</i> (1991)	Horizonte	Traubensis		Dreheri		Dorbigny							
Rift Sul (Marrocos) Boutakiout (1990)	Biozona	Spectre d'orbigny Nodosaria pulchra										Lenticulina quenstedti mg Lenticulina	
Grã-Bretanha Copestake & Johnson (1989)	Zona	JF 16											
Cadeia Bética (S Espanha) Mira (1986)	Zona	Lenticulina tenuistriata											
		ZONA DE INTERVALO											
Mochras (N País de Gales) Copestake & Johnson (1984)	Subz.	Palmula tenuistriata - Nodosaria regularis robusta											
	Zona	Lenticulina d'orbigny											
B. Lusitânica (Portugal) Grande Bancos (Canadá) Exton & Gradstein (1984)	Zona	Lenticulina d'orbigny											
		ZONA DE ASSOCIAÇÕES											
Grande Bancos (Canadá) Gradstein (1977; 1978)	Zona	Lenticulina d'orbigny										Garantella spp.	
		ZONA DE INTERVALO											
Scania (S Suécia) Norling (1972)	Zona	Citharina clathrata							Reinholdella dreheri Epistomina parastelligera				
Monte Jura (França) Pré-Alpes (Suíça) Wernli & Septfontaine (1971) Septfontaine (1971)	Zona	Lenticulina d'orbigny										Vaginulina sp. A Tritaxis fusca	
		ASSOCIAÇÃO I										ASSOCIAÇÃO II	
Sicília (Itália) Barbieri (1964)	Sítio	Citharina										Lenticulina quenstedti	
SW Alemanha Frentzen (1941)	Zona	Pseudoglandulina pulchra		Thurammina jurensis e Nodosaria annulifera							Epistomina mosquensis e Epistomina stelligera		
NW Alemanha Bartenstein & Brand (1937)	Subzona	Cristellaria (Lenticulina) d'orbigny											

Figura 5
Principais escalas bioestrati-
gráficas baseadas em fora-
miníferos estabelecidas no
Hemisfério Norte (modificado
de Canales, 1998, 2001).

Figure 5
Main biostratigraphic scales
based on foraminifera es-
tablished in the Northern
Hemisphere (modified from
Canales, 1998, 2001).

os já descritos no Perfil de Cabo Mondego permitiu detectar relações entre a distribuição espacial das espécies (associações) e as respectivas fácies.

frequências

Para cada associação registrada, calcularam-se as frequências por subordens, famílias, gêneros e espécies. Estas frequências são expressas em percentagem, a partir do número de exemplares atribuídos a cada uma destas categorias taxonômicas, em relação ao número total de exemplares. Em relação à subordem, verifica-se que todas as associações mostram um claro predomínio da Subordem Lagenina, com percentagens que ultrapassam sempre os 65%, podendo atingir os 98,9%. As outras subordens mostram proporções variáveis, mas geralmente muito menores quando comparadas as da anterior. Na maioria das associações, foram também reconhecidas as subordens Textulariina e Spirillinina, sendo, em geral, a Textulariina mais frequente que a Spirillinina. Em geral, os exemplares incluídos na Subordem Robertinina são escassos e seus valores de frequência são igualmente baixos, não ultrapassando 1,7%. Finalmente, a Subordem Miliolina aparece representada em poucas associações e com percentagens pequenas, à exceção da amostra ZA-32, na qual atinge valores de 18%. As percentagens correspondentes às várias famílias reconhecidas são muito distintas. A Família Vaginulinidae é a dominante, com valores acima dos 73% em todas as amostras, chegando mesmo a atingir os 100% (amostra ZB-28). Segue-se a Família Nodosariidae, que atinge os 14,5% na amostra ZA-20. Relativamente às percentagens dos gêneros, é notório um claro predomínio de *Lenticulina* em todas as associações, com percentagens que variam entre 66,1% e 100%. Outros gêneros que apresentam uma percentagem relativamente alta são *Astacolus*, *Nodosaria*, *Ammobaculites* e *Spirillina*. Os gêneros *Lagenamma*, *Lingulonodosaria*, *Marginulinopsis* e *Lamarckella* podem ser considerados minoria. As espécies dos gêneros *Lenticulina*, *Astacolus* e *Spirillina* revelam maior frequência, enquanto as demais espécies apresentam baixas percentagens. *Lenticulina toarcense* Payard é a espécie mais comum em todas as associações, sempre com percentagens acima dos 22% (à exceção da amostra ZA-94), chegando a atingir os 50,6% na amostra ZB-10. Seguem-se *Lenticulina münsteri* (Roemer) e *Lenticulina helios* (Terquem).

diversidade

Neste trabalho, utilizaram-se alguns índices de diversidade que se podem agrupar em dois tipos: índices de riqueza específica e índices baseados na dominância de espécies (Hammer e Harper, 2006).

Os índices de riqueza de espécies medem o número de espécies de uma unidade de amostra definida. Dentro deste grupo, aplicaram-se o Índice α de Fisher e o Índice de Riqueza de Margalef. Os valores obtidos para o Índice α de Fisher nas associações estudadas variam entre 2,25 e 7,72 (fig. 6, coluna A). Na Biozona *Aalensis* registra-se uma oscilação dos valores, que variam entre 2,5 e 7,7 mas, ao longo da Biozona *Opalinum*, reconhece-se uma certa homogeneidade (fig. 6, coluna A). No entanto, verifica-se uma nova oscilação dos valores na passagem entre a Biozona *Opalinum* e a Biozona *Bradfordensis*, com um valor saindo completamente fora deste intervalo (16 na amostra ZA-94) (fig. 6, coluna A). Murray (1991) defende que as associações de foraminíferos bentônicos com valores de α baixos e instáveis representam ambientes marinhos marginais. Já valores de α maiores e estáveis traduzem ambientes marinhos normais. No caso particular de Zambujal de Alcaria, os valores obtidos são variáveis na Biozona *Aalensis*. Estes dados podem refletir mudanças ambientais inibidoras do desenvolvimento normal de algumas associações. A partir da parte inferior da Subzona *Opalinum* até à parte superior da Subzona *Comptum* (camada ZA-78), os valores de α são maiores e variam pouco. Em geral, este fato pode refletir condições ambientais mais estáveis e adequadas ao desenvolvimento das comunidades de foraminíferos. Na passagem entre a Biozona *Opalinum* e a Biozona *Bradfordensis*, verifica-se uma nova oscilação nos valores de α , resultantes de uma diminuição no número de exemplares e de espécies, que traduzem novas mudanças nas condições ambientais. Nas associações, os valores do Índice de Riqueza de Margalef variam entre 1,4 e 5,08 (fig. 6, coluna B). Na Biozona *Aalensis*, tais valores oscilam entre 1,4 e 5,08, refletindo condições ambientais instáveis, conforme dito anteriormente. No entanto, os valores obtidos ao longo da Biozona *Opalinum* permanecem relativamente constantes, variando entre 2,1 e 3,7, o que traduz condições ambientais mais estáveis, permitindo o desenvolvimento de comunidades com elevada riqueza. No intervalo entre a Biozona *Opalinum* e a Biozona *Bradfordensis*, registra-se uma pequena oscilação nos valores, que parecem revelar que as condições ambientais não

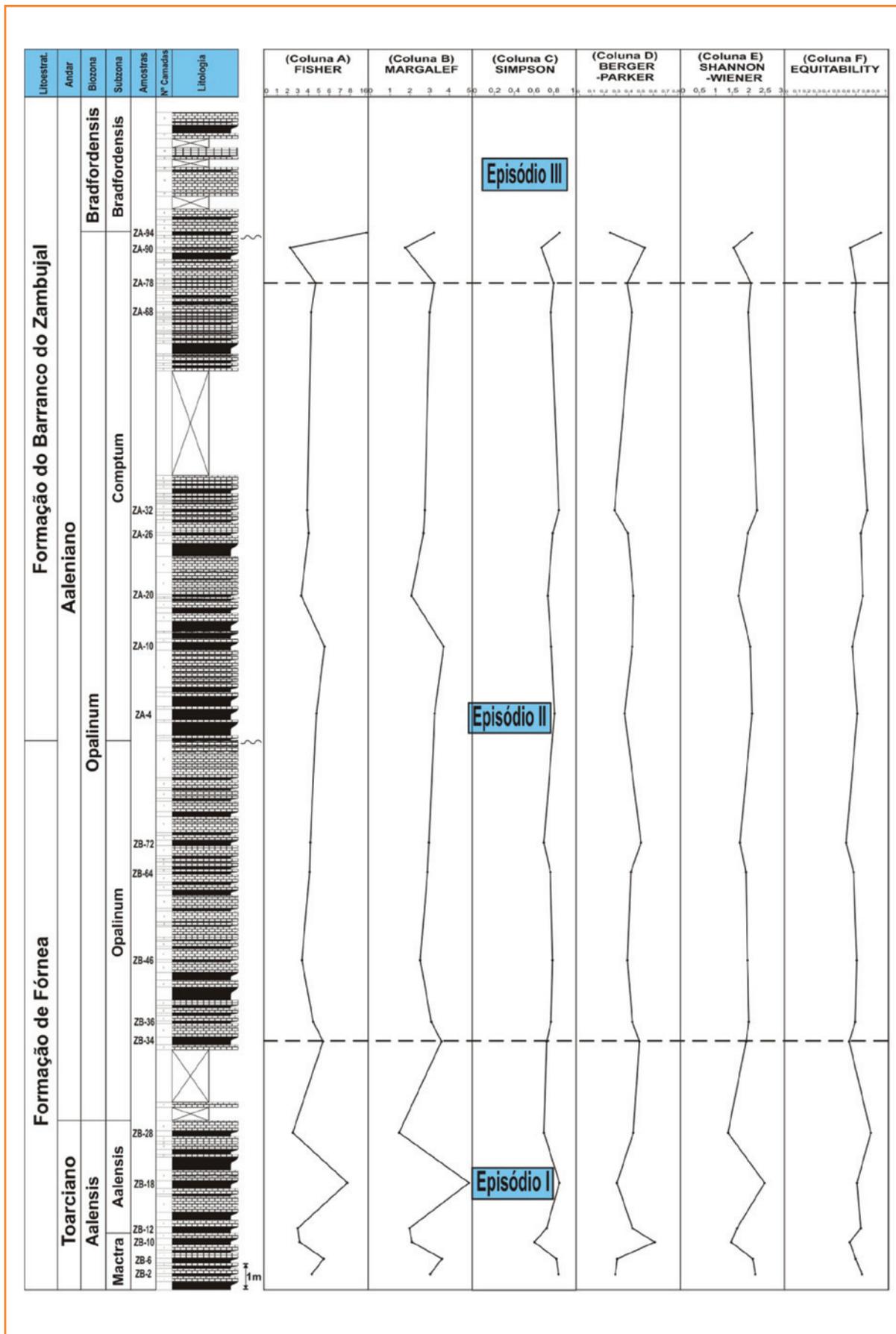


Figura 6
 Representação gráfica dos valores dos índices de diversidade. Coluna A) Valores do índice α de Fisher; Coluna B) valores do Índice de Riqueza de Margalef; Coluna C) valores do Índice de Simpson; Coluna D) valores do Índice de Berger – Parker; Coluna E) valores do Índice de Shannon e Wiener e Coluna F) valores do Índice de equitabilidade de Pielou. A análise dos valores dos índices de diversidade obtidos permite diferenciar três episódios ao longo do intervalo estratigráfico estudado.

Figure 6
 Graphical representation of the values of the diversity indices. Column A) Values of Fisher's α index; Column B) values of the Margalef's Diversity Index; Column C) values of the Simpson index; Column D) values of the Berger - Parker index; Column E) values of the Shannon and Wiener index and Column F) values of the Pielou's Evenness Index. The analysis of the values of the diversity indices obtained enabled to differentiate three episodes over the studied stratigraphic range.

eram as mais adequadas para o desenvolvimento normal das comunidades de foraminíferos (fig. 6, coluna B). Contudo, esta apreciação necessita de dados complementares, obtidos a partir da análise de mais amostras ao longo da Biozona *Bradfordensis* que permitam confirmá-la.

Dos índices baseados na dominância de espécies, os que mais frequentemente se aplicam ao estudo dos foraminíferos são o Índice de Simpson, o Índice de Berger Parker, o Índice de Shannon e Wiener e o Índice de Equitabilidade de Pielou (Canales, 1998, 2001; Canales e Henriques, 2007, 2008). Os valores obtidos para o Índice de Simpson variam entre 0,61 e 0,86 nas diferentes associações (fig. 6, coluna C). Na maioria delas, os valores tendem a ser altos, com $\lambda > 0,7$. Somente em duas associações (ZB-10 e ZA-90) o valor é inferior a 0,7, situando-se em 0,6. Os valores obtidos indicam que a diversidade é reduzida e que em algumas amostras há um certo domínio de uma espécie (*Lenticulina toarcense* Payard) em todas as associações. Os valores obtidos na aplicação do Índice de Berger - Parker mostram oscilações entre 0,25 e 0,61 (fig. 6, coluna D). No geral, estes valores são baixos e apresentam oscilações pouco significativas. Este índice reforça o carácter abundante e, às vezes, predominante de *Lenticulina toarcense* Payard. Os valores do Índice de Shannon e Wiener obtidos permanecem relativamente constantes ao longo de todo o intervalo estratigráfico, variando entre 1,37 e 2,5 (fig. 6, coluna E). Em geral, são valores relativamente elevados, mas as variações que apresentam permitem o reconhecimento dos mesmos três intervalos já diferenciados com a análise dos valores dos índices precedentes. Assim, os valores são irregulares na Biozona *Aalensis*, devido à presença de associações que mostram diferentes padrões de diversidade. Na Biozona *Opalinum*, os valores tendem a ser mais constantes, refletindo condições ambientais mais estáveis que permitiram o desenvolvimento de associações diversas. Na passagem Biozona *Opalinum* – Biozona *Bradfordensis*, os valores são novamente variáveis, em consequência de oscilações nas diversidades das associações. Por outro lado, e caso se atente ao preconizado por Beerbower e Jordan (1969), os valores deste índice obtidos ao longo do Perfil de Zambujal de Alcaria indicariam que todas as associações apresentam uma diversidade alta. Considerando o que foi estabelecido por Murray (1991) e tendo em conta evidências litológicas, sedimentológicas e paleontológicas do registro sedimentar, os valores obtidos com este índice indicam que as associações se desenvolveram em condições

ambientais de plataforma marinha com salinidade normal. O Índice de Equitabilidade de Pielou alcança valor 1 quando as espécies estão distribuídas da mesma maneira, ou seja, quando todas as espécies têm o mesmo número de exemplares em uma associação (Haynes, 1981), o que significa que não existe dominância de uma espécie em relação à outra. Este autor considera que se a equitabilidade nas associações for baixa, tal indicador evidencia condições de elevado *stress* ambiental. No Perfil de Zambujal de Alcaria, os valores da equitabilidade variam entre 0,6 e 0,95 (fig. 6, coluna F). Ao longo de todo o intervalo estratigráfico, estes valores permanecem praticamente constantes, sem variações significativas, à excepção da associação presente na amostra ZA-94, que atinge o valor de 0,95. Considerando que os valores obtidos da equitabilidade são elevados e relativamente constantes, admite-se que durante a sedimentação não houve qualquer *stress* ambiental.

discussão

No Perfil de Zambujal de Alcaria, para o intervalo estratigráfico Toarciano Superior – Aaleniano Inferior – Aaleniano Médio, foram recolhidas 20 amostras, das quais se obteve um total de 5.291 exemplares de foraminíferos. A sua distribuição nas associações é irregular e, na maioria dos casos, o número de 300 exemplares por associação não foi atingido. Em geral, os exemplares não apresentam um bom estado de conservação, já que em alguns casos se observam recristalizações. Contudo, estas parecem não ter interferido na quantidade de exemplares presentes em cada associação. Assim, o reduzido número de exemplares obtidos em algumas das amostras deve-se provavelmente à atuação de fatores paleoambientais adversos que afetaram as comunidades em desenvolvimento.

No que diz respeito à composição das associações, a Subordem Lagenina é a mais abundante, apresentando percentagens que alcançam 89,9%. De acordo com Johnson (1976), a Subordem Lagenina atingiu o máximo de diversidade na parte interna e central das plataformas durante o Jurássico. Considerando que os exemplares desta subordem apresentam testas calcárias, pode inferir-se uma profundidade deposicional localizada acima do nível de compensação da calcita. Nas associações de foraminíferos do Jurássico que se desenvolveram em ambientes anaeróbicos, observam-se composições taxonômicas muito diferentes das obtidas no perfil estudado. Neste sentido, a microfauna descrita

por Scheibnerová (1968) nos depósitos do Aaleniano Inferior (oeste dos Cárpatos), desenvolvida em condições anóxicas, inclui uma percentagem elevada de formas aglutinadas (40%) e escassas espécies de paredes lisas (*Lenticulina*). Tyszka (1994a) indica que as amostras de sedimentos com os níveis de oxigênio mais baixos contêm microfauna pobre, dominada por foraminíferos aglutinados. Outras subordens registradas são *Textulariina* e *Spirillinina*, sendo os representantes da primeira mais abundantes que os da segunda. Murray (1989) refere que as associações dominadas por pequenos gêneros aglutinados (por exemplo, *Ammobaculites*) indicam águas salobras e, provavelmente, com um certo déficit de oxigênio. No caso de associações com grandes formas aglutinadas, estas seriam características de áreas profundas. Assim sendo, visto que nas associações reconhecidas os gêneros de formas aglutinadas de pequenas dimensões não são dominantes em nenhum caso, descarta-se a possibilidade de as associações terem se desenvolvido em águas salobras e com um déficit de oxigênio. Por outro lado, a ausência de grandes formas aglutinadas é indicativa de que o desenvolvimento das associações teve lugar em áreas relativamente pouco profundas. Os representantes das subordens Miliolina e Robertinina podem ser considerados, na maioria dos casos, componentes secundários no perfil investigado. Murray (1989) assinala que a presença de exemplares do gênero *Ophthalmidium* indica condições marinhas relativamente rasas e bem oxigenadas. Em relação à Subordem Robertinina, este autor indica que, em geral, ela é característica de condições marinhas normais. A presença de representantes destas subordens contribui para reforçar as interpretações acerca do tipo de condições paleoambientais em que se desenvolveram, isto é, condições marinhas normais e bem oxigenadas. Haynes (1981) refere que, durante o Jurássico, o gênero mais característico é *Lenticulina*. De modo semelhante, Murray (1989) considera que as associações de foraminíferos das plataformas internas do Jurássico Médio são dominadas por *Lenticulina*, *Citharina* e *Nodosaria*. Nas associações analisadas no Perfil de Zambujal de Alcaria, o gênero mais abundante é *Lenticulina*, seguido de *Nodosaria* e de *Astacolus*. *Lenticulina* é um dos gêneros menos especializados e, portanto, os seus representantes poderiam viver em uma grande variedade de substratos (Haynes, 1981). Durante o Jurássico, este gênero mostra compatibilidade com uma ampla escala de habitats a profundidades variáveis, incluindo modos de vida epifaunais, parcialmente infaunais e infaunais (Tyszka, 1994b). O fato de o gênero *Lenticulina* ser ubíquo explica a sua constante e predomi-

nante presença em todas as associações reconhecidas. A presença de representantes do gênero *Spirillina* indica condições marinhas normais, relativamente rasas e bem oxigenadas. Tyszka (2001) considera que *Spirillina* pode ocorrer em uma ampla variedade de paleoambientes em quase todas as profundidades, mas que este gênero normalmente domina associações de zonas interiores e meios neríticos. Em Zambujal de Alcaria, as percentagens de *Spirillina* são baixas quando comparados as de outros gêneros. Contudo, a sua presença reforça a interpretação acerca das condições paleoambientais em que se desenvolveram, inferidas a partir da análise da composição taxonômica referente à subordem.

A análise dos valores obtidos na aplicação dos índices de diversidade permite a diferenciação de três episódios ao longo do intervalo estratigráfico estudado (fig. 6). Cada um destes episódios reflete condições ambientais diferentes de estabilidade ou instabilidade, que condicionaram a riqueza e a diversidade das comunidades. No primeiro (Biozona *Aalensis* até à parte inferior da Subzona *Opalinum*), os índices mostram valores irregulares, que poderão traduzir condições ambientais instáveis. No segundo (parte inferior da Subzona *Opalinum* até à parte superior da Subzona *Comptum*), os valores dos índices são mais estáveis e homogêneos, traduzindo condições ambientais igualmente estáveis. No terceiro episódio (passagem Biozona *Opalinum* – Biozona *Bradfordensis*), os valores dos índices referentes a apenas duas amostras são oscilantes. Estes valores podem refletir condições ambientais relativamente desfavoráveis, que provavelmente dificultaram o desenvolvimento destas comunidades, especialmente no caso da associação da amostra ZA-90. Os dados paleoecológicos obtidos no Perfil de Zambujal de Alcaria, nomeadamente os dois primeiros episódios, são igualmente reconhecíveis no Perfil da Murtinheira (Canales e Henriques, 2007, 2008) para o mesmo intervalo estratigráfico.

Por fim, as associações de foraminíferos registradas no Perfil de Zambujal de Alcaria ao longo do intervalo estratigráfico Toarciano Superior – Aaleniano Inferior – Aaleniano Médio ocupariam zonas de plataforma marinha, com salinidade normal, bem oxigenadas e localizadas a profundidades situadas acima do nível de compensação da calcita. São constituídas por organismos com modos de vida bentônicos, tanto epifaunais como infaunais. Pouco abundantes, relativamente diversas e com uma certa dominância dos representantes da Subordem Lagenina, do gênero *Lenticulina* e da espécie *Lenticulina toarcense* Payard,

as associações correspondem ao domínio boreal e são típicas das plataformas carbonatadas do Jurássico (Hallam, 1969; Gordon, 1970; Canales, 1998, 2001).

conclusões

O presente trabalho focou-se no estudo dos foraminíferos ao longo do intervalo estratigráfico Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*) – Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*) – Aaleniano Médio (Biozona *Bradfordensis*) do Perfil de Zambujal de Alcaria (sector central da Bacia Lusitânica). Ao longo do intervalo estratigráfico, foram recolhidas 20 amostras, das quais se obtiveram um total de 5.291 exemplares, que permitiram conhecer a composição das associações de foraminíferos e analisar a sua evolução.

Do ponto de vista taxonômico, foram reconhecidas cinco subordens no total, 13 famílias, 25 gêneros e 57 espécies de foraminíferos. As associações são dominadas pela presença de representantes da Subordem Lagenina, da Família *Vaginulinidae* e do gênero *Lenticulina*, sendo a espécie *Lenticulina toarcense* Payard a mais abundante em todas elas.

A análise das espécies presentes em cada associação e a sua evolução ao longo do intervalo estratigráfico estudado permitiu diferenciar quatro grupos de espécies. O primeiro inclui espécies com um registro contínuo e uma elevada frequência. No segundo, incluem-se espécies cujo registro é contínuo, mas as espécies são pouco frequentes nas associações. O terceiro, agrupa as espécies cujo registro está limitado ao Toarciano Superior. No último, incluem-se as espécies cuja primeira ocorrência em Zambujal de Alcaria apenas se reconhece no Aaleniano Inferior e Médio.

Do ponto de vista bioestratigráfico, a presença da espécie *Astacolus dorbignyi* (Roemer) permite o reconhecimento da Biozona *Dorbignyi* e a sua correlação com as escalas bioestratigráficas baseadas em foraminíferos, estabelecidas para o Hemisfério Norte. Além disso, foram identificados alguns bioeventos – reconhecíveis através da primeira ou da última ocorrência de uma determinada espécie ou através de variações na frequência – que contribuem para atribuir valor bioestratigráfico a este grupo de microfósseis no perfil estudado. As associações de foraminíferos reconhecidas no Perfil de Zambujal de Alcaria são correlacionáveis com as descritas para o mesmo intervalo estratigráfico nos perfis da Murtinheira (Cabo Mondego; Bacia Lusitânica;

Portugal) e de Fuentelsaz (Cordilheira Ibérica; Espanha). As associações descritas nos três perfis são dominadas por representantes da Subordem Lagenina, tal como em outras bacias europeias de domínio boreal, apresentando as mesmas espécies, na sua maioria. Contudo, foi possível reconhecer algumas particularidades, pois a espécie com maior frequência no perfil investigado é *Lenticulina toarcense* Payard, enquanto no Perfil da Murtinheira é *Lenticulina münsteri* (Roemer) e em Fuentelsaz é *Lenticulina helios* (Terquem).

Do ponto de vista paleoecológico, é possível reconhecer que as associações ocupariam zonas de plataforma marinha relativamente pouco profundas, com salinidade normal e bem oxigenadas. Os exemplares teriam modos de vida bentônicos, infaunais e epifaunais. Todas as associações correspondem ao domínio boreal e são típicas das plataformas carbonatadas do Jurássico. Realizou-se, igualmente, a análise quantitativa das associações de foraminíferos, com o propósito de avaliar a sua riqueza e a sua diversidade, bem como a sua evolução ao longo do intervalo estratigráfico. Os valores obtidos, decorrentes da aplicação de vários índices (α de Fisher, Riqueza de Margalef, Simpson, Berger - Parker, Shannon e Wiener e Equitabilidade de Pielou), permitem considerar que as escassas associações estudadas são, em geral, relativamente diversas. A escassez de exemplares nas associações não parece resultar de mecanismos de alteração tafonômica, sendo, portanto, reflexo das condições ambientais em que se desenvolveram. Concernente à evolução das associações durante a sedimentação no Jurássico Inferior - Médio, a aplicação dos índices de diversidade permite diferenciar igualmente três episódios. O primeiro (Biozona *Aalensis* e parte inferior da Subzona *Opalinum*) apresenta oscilações nos valores dos índices que refletem condições ambientais instáveis. O segundo (parte inferior da Subzona *Opalinum* até a parte superior da Subzona *Comptum*) apresenta valores homogêneos que refletem condições ambientais mais estáveis. No último (passagem Biozona *Opalinum* – Biozona *Bradfordensis*), os valores são irregulares, refletindo condições ambientais novamente instáveis.

Até ao presente, foram realizados poucos estudos na Bacia Lusitânica acerca de foraminíferos bentônicos do Jurássico. Assim, este trabalho contribui para o melhor conhecimento das associações de foraminíferos registradas na passagem Jurássico Inferior – Jurássico Médio da Bacia Lusitânica, circunscrevendo-se, contudo, a um único perfil estratigráfico. Por ora, os resultados obtidos devem ser considerados como tendo valor

local, relevando o interesse na ampliação deste tipo de pesquisa a outros perfis e/ou sondagens da Bacia Lusitânica e a outros intervalos estratigráficos do seu Jurássico. Dessa forma, seria possível o estabelecimento de uma escala zonal baseada neste grupo de microfósseis válida para a Bacia Lusitânica, ferramenta essencial na datação e correlação de sondagens, cujo interesse é incontornável no âmbito da prospecção de hidrocarbonetos.

índice taxonômico

A seguir, apresenta-se o índice taxonômico das espécies de foraminíferos bentônicos identificados ao longo do intervalo estratigráfico Toarciano Superior (Biozona *Aalensis*) – Aaleniano Inferior (Biozona *Opalinum*) – Aaleniano médio (Biozona *Bradfordensis*) do Perfil de Zambujal de Alcária. A nível supragenérico, as determinações foram estabelecidas segundo a classificação de Loeblich e Tappan (1988), e quanto a espécie, através da base de dados Ellis e Messina (1940-1990). As espécies mais representativas encontram-se figuradas nas Estampas I (fig. 7) e II (fig. 8).

- Phylum SARCODINA Schmarda, 1871
- Classe RHYZOPODEA Von Siebold, 1845
- Ordem FORAMINIFERIDA Eichwald, 1830
- Subordem TEXTULARIINA Delage e Hérouard, 1896
 - Textulariina sp. indet.
- Superfamília ASTORRHIZACEA Brady, 1881
- Família SACCAMMINIDAE Brady, 1884
- Subfamília SACCAMMININAE Brady, 1884
- Gênero *Lagenammina* Rhumbler, 1911
 - Lagenammina jurassica* (Barnard, 1959)
- Subfamília THURAMMININAE Miklukho-Maklay, 1963
- Gênero *Thurammina* Brady, 1879
 - Thurammina jurensis* (Franke, 1936) (Figura 7.1)
- Superfamília LITUOLACEA De Blainville, 1827
- Família LITUOLIDAE De Blainville, 1827
- Subfamília AMMOMARGINULININAE Podobina, 1978
- Gênero *Ammobaculites* Cushman, 1910
 - Ammobaculites coprolithiformis* (Schwager, 1867)
 - Ammobaculites fontinensis* (Terquem, 1870a) (Figura 7.2)
 - Ammobaculites vetustus* (Terquem e Berthelin, 1875)
 - Ammobaculites* sp. indet.
- Superfamília TROCHAMMINACEA Schwager, 1877

- Família TROCHAMMINIDAE Schwager, 1877
- Subfamília TROCHAMMININAE Schwager, 1877
- Gênero *Trochammina* Parker e Jones, 1859
 - Trochammina* cf. *canningensis* Tappan, 1955 (Figura 7.3)
- Subordem SPIRILLININA Hohenegger e Piller, 1975
- Família SPIRILLINIDAE Reuss e Fritsch, 1861
- Gênero *Conicospirillina* Cushman, 1927
 - Conicospirillina* sp. indet.
- Gênero *Spirillina* Ehrenberg, 1843
 - Spirillina numismalis* Terquem e Berthelin, 1875 (Figura 7.4)
 - Spirillina orbicula* Terquem e Berthelin, 1875 (Figura 7.5)
- Subordem MILIOLINA Delage e Hérouard, 1896
- Superfamília CORNUSPIRACEA Schultze, 1854
- Família NUBECULARIIDAE Jones, 1875
- Subfamília NUBECULINELLINAE Avnimelech e Reiss, 1954
- Gênero *Vinelloidea* Canu, 1913
 - Vinelloidea* cf. *tibia* (Terquem e Berthelin, 1875)
- Família OPTHALMIDIIDAE Wiesner, 1920
- Gênero *Ophthalmidium* Kübler e Zwingli, 1866
 - Ophthalmidium* cf. *carinatum* (Kubler e Zwingli, 1866)
 - Ophthalmidium* cf. *concentricum* (Terquem e Berthelin, 1875) (Figura 7.6)
 - Ophthalmidium* sp. indet.
- Gênero *Spirophthalmidium* Cushman, 1927
 - Spirophthalmidium* cf. *clarum* Antonova, 1958
- Subordem LAGENINA Delage e Hérouard, 1896
- Superfamília ROBULOIDACEA Reiss, 1963
- Família ICHTHYOLARIIDAE Loeblich e Tappan, 1986
- Gênero *Lingulonodosaria* Silvestri, 1903
 - Lingulonodosaria dentaliniformis* (Terquem, 1870b)
- Gênero *Prodentalina* Norling, 1968
 - Prodentalina pseudocommunis* (Franke, 1936) (Figura 7.7)
 - Prodentalina* cf. *varians* (Terquem, 1866a)
 - Prodentalina* sp. indet.
- Família ROBULOIDIDAE Reiss, 1936
- Gênero *Falsopalmula* Bartenstein, 1948
 - Falsopalmula jurensis* (Franke, 1936) (Figura 7.8)
 - Falsopalmula obliqua* (Terquem, 1864)
 - Falsopalmula* sp. 1 Canales, 2001 (Figura 7.9)
- Superfamília NODOSARIACEA Ehrenberg, 1838
- Família NODOSARIIDAE Ehrenberg, 1838
- Subfamília NODOSARIINAE Ehrenberg, 1838
- Gênero *Nodosaria* Lamarck, 1812
 - Nodosaria fontinensis* Terquem, 1870b
 - Nodosaria hortensis* Terquem, 1866b (Figura 7.10)

Nodosaria liassica Barnard, 1950b
Nodosaria pseudoregularis Canales, 2001 (Figuras 7.11 e Figura 7.12)
Nodosaria pulchra (Franke, 1936)
Nodosaria cf. *torulosi* Frentzen, 1941
Nodosaria sp. indet.

Gênero *Pseudonodosaria* Boomgaard, 1949
Pseudonodosaria cf. *rapiformis* (Franke, 1936)
Pseudonodosaria vulgata (Bornemann, 1854) (Figura 7.13)

Família VAGINULINIDAE Reuss, 1860
Subfamília LENTICULININAE Chapman, Parr e Collins, 1934
Gênero *Lenticulina* Lamarck, 1804
Lenticulina bochari (Terquem, 1863) (Figura 7.14)
Lenticulina constricta (Kaptarenko-Chernousova, 1961) *sensu* Jendryka-Fuglewicz, 1975 (Figura 7.15)
Lenticulina exgaleata Dieni, 1985 (Figura 7.16)
Lenticulina helios (Terquem, 1870a) (Figura 8.1)
Lenticulina münsteri (Roemer, 1839) (Figura 8.2)
Lenticulina polygonata (Franke, 1936) (Figura 8.3)
Lenticulina quenstedti (Gümbel, 1862)
Lenticulina toarcense Payard, 1947 (Figura 8.4)
Lenticulina sp. indet.

Gênero *Marginulinopsis* Silvestri, 1904
Marginulinopsis cf. *major* (Bornemann, 1854)

Gênero *Saracenaria* Defrance, 1824
Saracenaria sp. indet. (Figura 8.5)

Subfamília MARGINULININAE Wedekind, 1937
Gênero *Astacolus* De Montfort, 1808
Astacolus dorbignyi (Roemer, 1839) (Figura 8.6)
Astacolus scalptus (Franke, 1936) (Figura 8.7)
Astacolus varians (Bornemann, 1854)

Subfamília VAGINULININAE Reuss, 1860
Gênero *Citharina* d'Orbigny, 1839
Citharina clathrata (Terquem, 1863) (Figura 8.8)
Citharina colliezi (Terquem, 1866a) (Figura 8.9)

Gênero *Planularia* Defrance, 1826
Planularia cordiformis (Terquem, 1863) (Figura 8.10)
Planularia protracta (Bornemann, 1854) (Figura 8.11)

Gênero *Vaginulina* d'Orbigny, 1826
Vaginulina listi (Bornemann, 1854) (Figura 8.12)

Família LAGENIDAE Reuss, 1862
Gênero *Lagenella* Walker e Jacob, 1798
Lagenella tenuicostata Franke, 1936

Família POLYMORPHINIDAE d'Orbigny, 1839
Subfamília POLYMORPHININAE d'Orbigny, 1839
Gênero *Eoguttulina* Cushman e Ozawa, 1930
Eoguttulina liassica (Strickland, 1846)

Subfamília WEBBINELLINAE Rhumbler, 1904

Gênero *Bulloporella* Quenstedt, 1856
Bulloporella globulata Barnard, 1950a (Figura 8.13)
Bulloporella rostrata Quenstedt, 1858 (Figuras 8.14)

Subordem ROBERTININA Loeblich e Tappan, 1984
Superfamília CERATOBULMINACEA Cushman, 1927
Família CERATOBULMINIDAE Cushman, 1927
Ceratobulminidae sp. indet. (Figura 8.15 e Figura 8.16)

Subfamília REINHOLDELLINAE Sieglie e Bermúdez, 1965
Gênero *Lamarckella* Kaptarenko-Chernousova, 1956
Lamarckella cf. *inflecta* Kaptarenko-Chernousova, 1956

Estampa I

7.1 *Thurammia jurensis* (Franke, 1936). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x400).
7.2 *Ammobaculites fontinensis* (Terquem, 1870a). Biozona Aalensis, Subzona Mactra (x100).
7.3 *Trochammia* cf. *canningensis* Tappan, 1955. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x300).
7.4 *Spirillina numismalis* Terquem e Berthelin, 1875. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x250).
7.5 *Spirillina orbicula* Terquem e Berthelin, 1875. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x400).
7.6 *Ophthalmidium* cf. *concentricum* (Terquem e Berthelin, 1875). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x300).
7.7 *Prodentalina pseudocommunis* (Franke, 1936). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x130).
7.8 *Falsopalmula jurensis* (Franke, 1936). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x100).
7.9 *Falsopalmula* sp. 1 Canales, 2001. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x300).
7.10 *Nodosaria hortensis* Terquem, 1866b. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x100).
7.11 *Nodosaria pseudoregularis* Canales, 2001. Biozona Opalinum, Subzona Comptum (x120).
7.12 *Nodosaria pseudoregularis* Canales, 2001. Biozona Opalinum, Subzona Comptum (x120).
7.13 *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann, 1854). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x150).
7.14 *Lenticulina bochari* (Terquem, 1863). Biozona Opalinum, Subzona Comptum (x120).
7.15 *Lenticulina constricta* (Kaptarenko-Chernousova, 1961). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x120).
7.16 *Lenticulina exgaleata* Dieni, 1985. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x300).

Plate I

7.1 *Thurammia jurensis* (Franke, 1936). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x400).

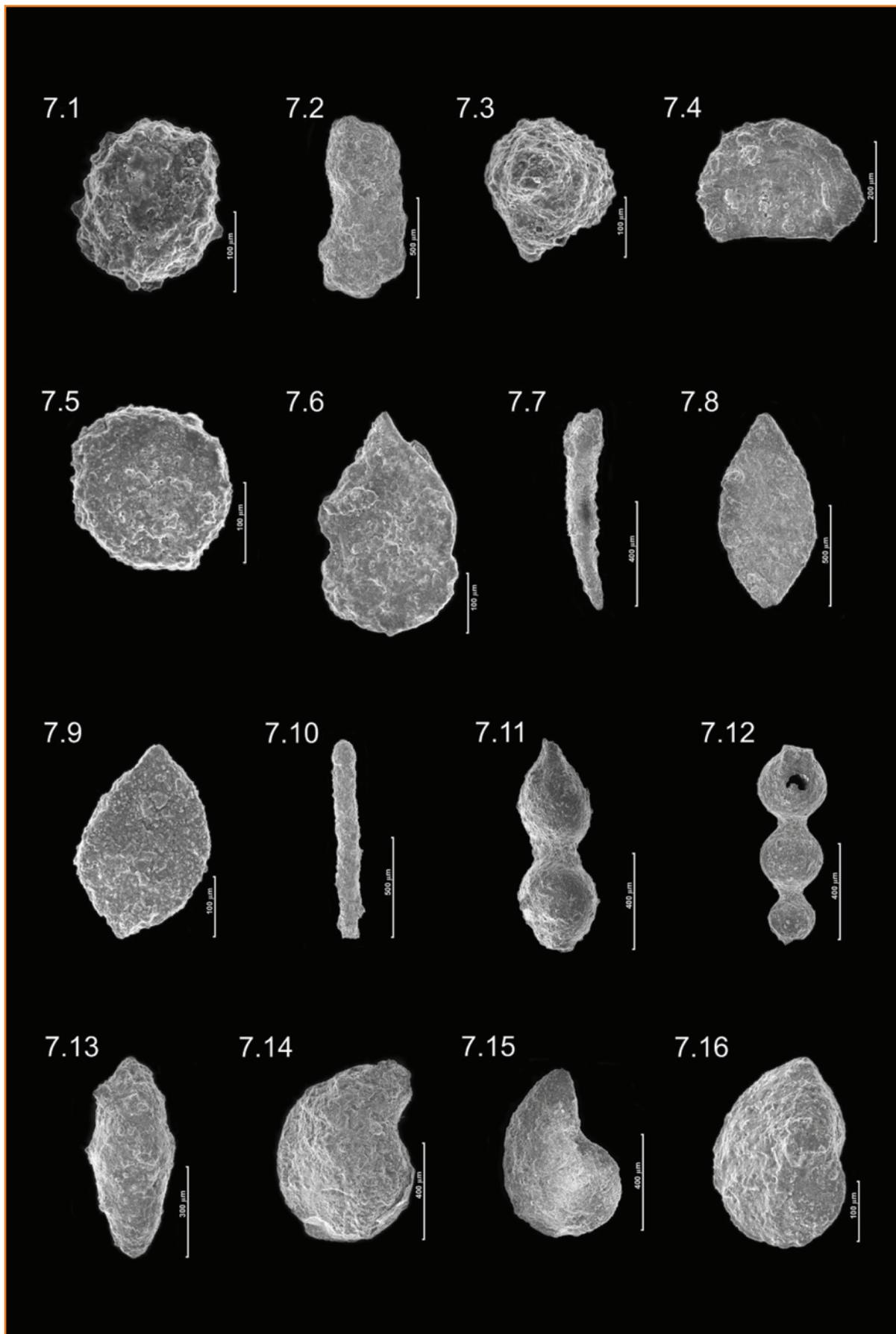


Figura 7
 Estampa de foraminíferos bentônicos da passagem Jurássico Inferior – Médio do Perfil de Zambujal de Alcaria.

Figure 7
 Plate of the benthonic foraminifera from the Lower - Middle Jurassic transition of the Zambujal de Alcaria Section.

7.2 *Ammobaculites fontinensis* (Terquem, 1870a). Aalensis Biozone, Mactra Subzone (x100).

7.3 *Trochammina* cf. *canningensis* Tappan, 1955. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x300).

7.4 *Spirillina numismalis* Terquem e Berthelin, 1875. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x250).

7.5 *Spirillina orbicula* Terquem e Berthelin, 1875. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x400).

7.6 *Ophthalmidium* cf. *concentricum* (Terquem e Berthelin, 1875). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x300).

7.7 *Prodentalina pseudocommunis* (Franke, 1936). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x130).

7.8 *Falsopalmula jurensis* (Franke, 1936). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x100).

7.9 *Falsopalmula* sp. 1 Canales, 2001. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x300).

7.10 *Nodosaria hortensis* Terquem, 1866b. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x100).

7.11 *Nodosaria pseudoregularis* Canales, 2001. Opalinum Biozone, Comptum Subzone (x120).

7.12 *Nodosaria pseudoregularis* Canales, 2001. Opalinum Biozone, Comptum Subzone (x120).

7.13 *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann, 1854). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x150).

7.14 *Lenticulina bochari* (Terquem, 1863). Opalinum Biozone, Comptum Subzone (x120).

7.15 *Lenticulina constricta* (Kaptarenko-Chernousova, 1961). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x120).

7.16 *Lenticulina exgaleata* Dieni, 1985. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x300).

Estampa II

8.1 *Lenticulina helios* (Terquem, 1870a). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x120).

8.2 *Lenticulina münsteri* (Roemer, 1839). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x150).

8.3 *Lenticulina polygonata* (Franke, 1936). Biozona Opalinum, Subzona Comptum (x120).

8.4 *Lenticulina toarcense* Payard, 1947. Biozona Opalinum, Subzona Comptum (x150).

8.5 *Saracenaria* sp. indet. Biozona Opalinum, Subzona Opalinum (x100).

8.6 *Astacolus dorbignyi* (Roemer, 1839). Biozona Opalinum, Subzona Comptum (x120).

8.7 *Astacolus scalptus* (Franke, 1936). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x250).

8.8 *Citharina clathrata* (Terquem, 1863). Biozona Aalensis, Subzona Mactra (x120).

8.9 *Citharina colliezi* (Terquem, 1866a). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x90).

8.10 *Planularia cordiformis* (Terquem, 1863). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x150).

8.11 *Planularia protracta* (Bornemann, 1854). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x150).

8.12 *Vaginulina listi* (Bornemann, 1854). Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x120).

8.13 *Bullopora globulata* Barnard, 1950a e *Bullopora rostrata* Quenstedt, 1858. Biozona Opalinum, Subzona Opalinum (x60).

8.14 *Bullopora rostrata* Quenstedt, 1858. Biozona Aalensis, Subzona Mactra (x60).

8.15 Ceratobuliminidae sp. indet. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x250).

8.16 Ceratobuliminidae sp. indet. Biozona Aalensis, Subzona Aalensis (x400).

Plate II

8.1 *Lenticulina helios* (Terquem, 1870a). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x120).

8.2 *Lenticulina münsteri* (Roemer, 1839). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x150).

8.3 *Lenticulina polygonata* (Franke, 1936). Opalinum Biozone, Comptum Subzone (x120).

8.4 *Lenticulina toarcense* Payard, 1947. Opalinum Biozone, Comptum Subzone (x150).

8.5 *Saracenaria* sp. indet. Opalinum Biozone, Opalinum Subzone (x100).

8.6 *Astacolus dorbignyi* (Roemer, 1839). Opalinum Biozone, Comptum Subzone (x120).

8.7 *Astacolus scalptus* (Franke, 1936). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x250).

8.8 *Citharina clathrata* (Terquem, 1863). Aalensis Biozone, Mactra Subzone (x120).

8.9 *Citharina colliezi* (Terquem, 1866a). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x90).

8.10 *Planularia cordiformis* (Terquem, 1863). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x150).

8.11 *Planularia protracta* (Bornemann, 1854). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x150).

8.12 *Vaginulina listi* (Bornemann, 1854). Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x120).

8.13 *Bullopora globulata* Barnard, 1950a e *Bullopora rostrata* Quenstedt, 1858. Opalinum Biozone, Opalinum Subzone (x60).

8.14 *Bullopora rostrata* Quenstedt, 1858. Aalensis Biozone, Mactra Subzone (x60).

8.15 Ceratobuliminidae sp. indet. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x250).

8.16 Ceratobuliminidae sp. indet. Aalensis Biozone, Aalensis Subzone (x400).

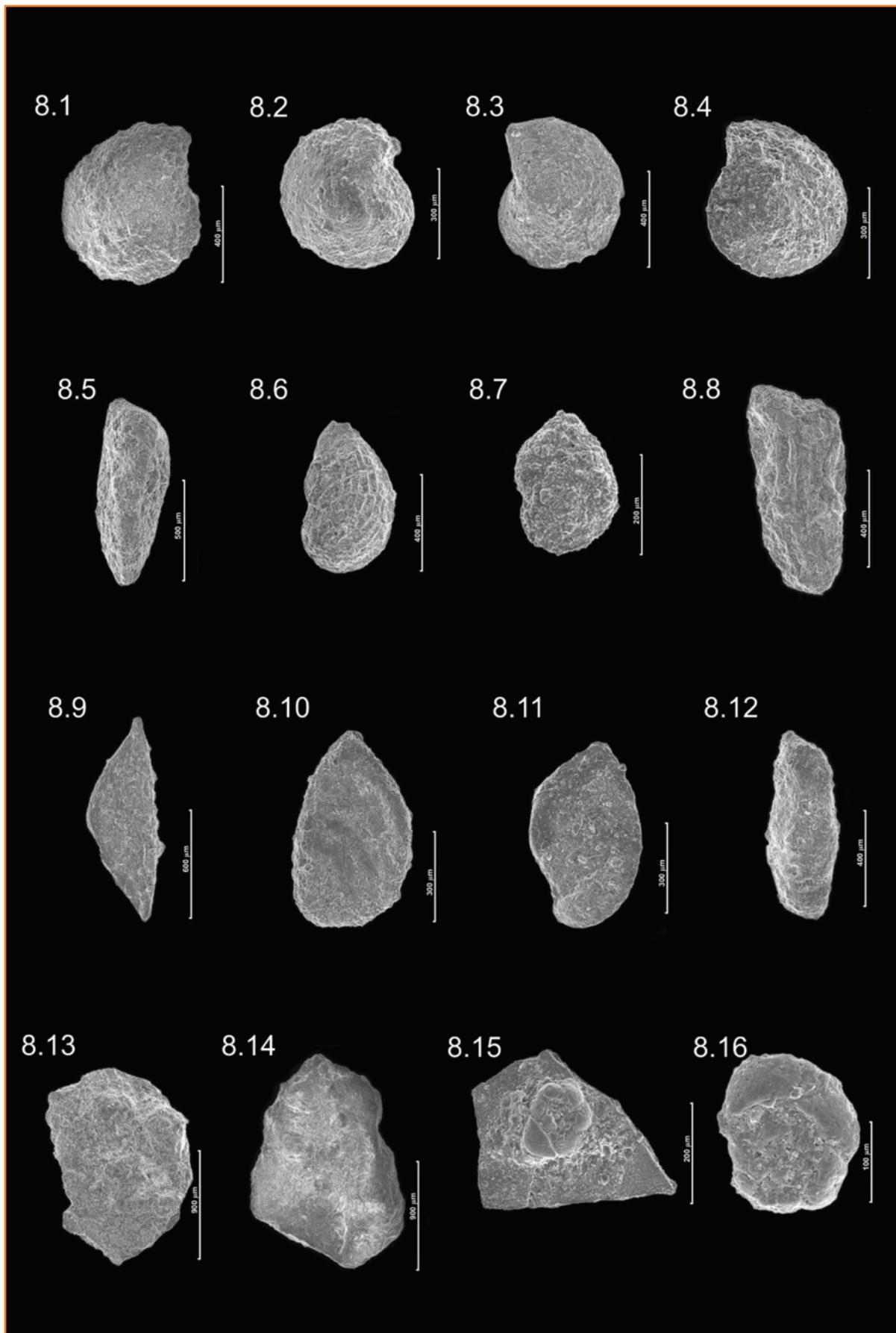


Figura 8
 Estampa de foraminíferos bentônicos da passagem Jurássico Inferior – Médio do Perfil de Zambujal de Alcaria.

Figure 8
 Plate of the benthonic foraminifers from the Lower - Middle Jurassic transition of the Zambujal de Alcaria Section.

agradecimentos

As autoras agradecem à Petrobras, que aceitou a publicação deste trabalho, bem como aos seus revisores, pela criteriosa revisão e pelas sugestões de melhoria do texto. O trabalho insere-se nas actividades dos projectos: CGL2011-23947 - "Taxones Submediterraneos y Cambios Paleobiogeográficos en el Jurásico Medio de la Cordillera Ibérica" e CGL2008-03112 - "Crisis bióticas mesozoicas, entre el Triásico Superior y el Jurásico Medio, en el sistema de plataformas ibéricas. Eventos de extinción-renovación y cambios climáticos asociados", do Ministerio de Educación y Ciencia (Espanha). As autoras agradecem também ao Centro Nacional de Microscopia Electrónica (Madrid, Espanha) pelas fotografias realizadas.

referências bibliográficas

AZERÊDO, A. C. Formalização da litostratigrafia do Jurássico Inferior e Médio do Maciço Calcário Estremenho, Bacia Lusitânica. **Comunicações Geológicas**, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa, v. 94, p. 29-51, 2007.

AZERÊDO, A. C.; DUARTE, L. V.; HENRIQUES, M. H.; MANUPPELLA, G. Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. **Cadernos de Geologia de Portugal**, Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 2003. 43 p.

BARBIERI, F. Micropaleontologia del Lias e Dogger del pozzo Ragusa 1 (Sicilia). **Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia**, v. 70, n. 4, p. 709-830, 1964.

BARTENSTEIN, H.; BRAND, E. **Mikro-paläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwest-deutschen Lias und Doggers**. 1937. 224 p. (Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, v. 439).

BEERBOWER, J. R.; JORDAN, D. Application of information theory to paleontologic problems: I Taxonomic diversity. **Journal of Paleontology**, v. 43, n. 5, p. 1184-1198, 1969.

BOUTAKIOUT, M. Les foraminifères du Jurassique des Rides sud-rifaines et des régions voisines (Maroc). Lyon: Villeurbanne, Centre des sciences de la terre, Université Claude Bernard. **Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon**, v. 112, p. 1-247, 1990.

CANALES, M. L. **Foraminíferos del Aalenense en la Cuenca Vasco-Cantábrica**. 1998. 759 f. Tesis (Doctoral) – Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Paleontología, Madrid, 1998.

CANALES, M. L. Los foraminíferos del Aalenense (Jurásico Médio) en la Cuenca Vasco-Cantábrica (N de España). **Revista Española de Micropaleontología**, v. 33, n. 3, p. 253-438, 2001.

CANALES, M. L.; HENRIQUES, M. H. Análisis Cuantitativo de los Foraminíferos del Aalenense (Jurásico Médio) de la Sección de Murtinheira (Cabo Mondego, W de Portugal). Consideraciones Paleoecológicas: In: CARVALHO, I. S.; CASSAB, R. C. T.; SCHWANKE, C.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, A. C. S.; RODRIGUES, M. A. C.; CARVALHO, M. S. S.; ARAI, M.; OLIVEIRA, M. E. Q. (Eds.) **Paleontologia: cenários de vida**. Interciência, 2007. v. 2, p. 382-393.

CANALES, M. L.; HENRIQUES, M. H. Foraminifera from the Aalenian and the Bajocian GSSP (Middle Jurassic) of Murtinheira section (Cabo Mondego, West Portugal): biostratigraphy and paleoenvironmental implications. **Marine Micropaleontology**, v. 67, n. 1-2, p. 155-179, 2008.

INSTITUTO GEOLÓGICO DE PORTUGAL (Lisboa). **Carta Geológica de Portugal**. Escala 1:500.000. Serviços Geológicos de Portugal, 1992. 2 f. Lisboa.

COPESTAKE, P.; JOHNSON, B. The Hettangian to Toarcian. In: JENKINS, D. G.; MURRAY, J. W. (Eds.) **Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera**. 2 ed. Ellis Horwood Limited, Chichester, p. 129-188, 1989. (British Micropaleontological Society Series).

COPESTAKE, P.; JOHNSON, B. Lower Jurassic (Hettangian-Toarcian) Foraminifera from the Mochras Borehole, North Wales (UK) and their application to a worldwide biozonation. In: OERTLI, H. J. (Ed.) **Elf Aquitaine, Esso REP and Total CFP. BENTHOS'83, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BENTHIC FORAMINIFERA**, 2., 1983. Pau and Bordeaux, 1984. p. 183-184.

- DUARTE, L. V. **O Toarciano da Bacia Lusitaniana. Estratigrafia e Evolução Sedimentogenética.** 1995. 349 f. 14 estampas. Tese (Doutorado) – Universidade de Coimbra, Centro de Geociências, Departamento de Ciências da Terra, 1995.
- DUARTE, L. V. Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian – Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). **Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro**, Lisboa, v. 83, p. 65-94, 1997.
- DUARTE, L. V. Calcários margosos e margas de Fórnea (Jurássico Inferior e Médio). In: MANUPPELLA, G. (COORD.) ANTUNES, A. T.; ALMEIDA, C. A. C.; AZERÊDO, A. C.; BARBOSA, B.; CARDOSO, J. L.; CRISPIM, J. A.; DUARTE, L. V.; HENRIQUES, M. H.; MARTINS, L. T.; RAMALHO, M. M.; SANTOS, V.; TERRINHA, P. **Carta Geológica de Portugal.** Notícia Explicativa da Folha 27-A (Vila Nova de Ourém). Escala 1:50.000, 2 ed. 2000. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 2000. p. 21-26.
- ELLIS, B. F.; MESSINA, A. **Catalogue of Foraminifera.** New York: Museum of Natural History, 1940-1990.
- EXTON, J.; GRADSTEIN, F. M. Early Jurassic stratigraphy and micropaleontology of the Grand Banks and Portugal. In: WESTERMANN, G. E. G. (Eds.) **Jurassic-Cretaceous Biochronology and Paleogeography of North America.** Canada: Geological Association of Canada, Special Paper, v. 27, p. 13-30, 1984.
- FRENTZEN, K. **Die Foraminiferenfaunen des Lias, Doggers und unteren Malms der Umgegend von Blumberg (Oberes Wutachgebiet).** Macklot, 1941. 278 p.
- GORDON, W. A. Biogeography of Jurassic Foraminifera. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 81, p. 1689-1704, 1970.
- GRADSTEIN, F. M. Biostratigraphy and biogeography of Jurassic Grand Banks foraminifera. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BENTHONIC FORAMINIFERA OF CONTINENTAL MARGINS. PART B: PALEOECOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY, Halifax, 1975. **Maritime Sediments**, Special Publication, v. 1, p. 557-583, 1977.
- GRADSTEIN, F. M. Jurassic Grand Banks foraminifera. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 8, n. 2, p. 97-109, 1978.
- GRIGELIS, A.; NORLING, E. **Jurassic geology and foraminiferal faunas in the NW part of the East European Platform:** a Lithuanian-Swedish geotraverse study. Geological Survey of Sweden, 1999, 101 p.
- HALLAM, A. Faunal realms and facies in the Jurassic. **Palaeontology**, v. 12, n. 1, p. 1-18, 1969.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T. **Paleontological Data Analysis.** Oxford: Blackwell Publishing, 2006. 351 p.
- HAYNES, J. R. **Foraminifera.** London: Macmillan, 1981. 433 p.
- HENRIQUES, M. H. Aalenian of the Zambujal de Alcaria section (Central Lusitanian Basin, Portugal): advances in Jurassic research. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE JURASSIC SYSTEM, 5., Vancouver, 1998. **Proceedings...** Canada: Trans Tech Publications, Zurich, v. 6, p. 85-94, 2000.
- JOHNSON, B. Ecological ranges of selected Toarcian and Domerian (Jurassic) foraminiferal species from Wales. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BENTHONIC FORAMINIFERA OF CONTINENTAL MARGINS, 1., 1975. Halifax, 1975. **Maritime Sediments** Special Publication, 1976. v. 1, p. 545-556.
- KULLBERG, J. C. **Evolução Tectónica Mesozóica da Bacia Lusitaniana.** 2000. 280 f. Tese (Doutorado) – Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal, 2000.
- KULLBERG, J. C.; ROCHA, R. B.; SOARES, A. F.; REY, J.; TERRINHA, P.; CALLAPEZ, P.; MARTINS, L. A Bacia Lusitaniana: estratigrafia, paleogeografia e tectónica. In: DIAS, R., ARAÚJO, A., TERRINHA, P.; KULLBERG, J. C. (Ed.). **Geologia de Portugal no contexto da Ibéria.** Évora: Universidade Évora, 2006. p. 317-368.
- LOEBLICH, A. R.; TAPPAN, H. **Foraminifera genera and their classification.** New York: Van Nostrand Reinhold Company, v. 2, 1988, 970 p.

- MANUPPELLA, G.; ANTUNES, A. T.; ALMEIDA, C. A. C.; AZERÊDO, A. C.; BARBOSA, B.; CARDOSO, J. L.; CRISPIM, J. A.; DUARTE, L. V.; HENRIQUES, M. H.; MARTINS, L. T.; RAMALHO, M. M.; SANTOS, V.; TERRINHA, P. **Carta Geológica de Portugal**. Notícia Explicativa da Folha 27-A (Vila Nova de Ourém). Escala 1:50.000. 2 ed. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro, 2000. 156 p.
- MIRA, F. J. **Foraminíferos del Lías margoso de las Cordilleras Béticas. Zona Subbética**. 1986. 242 f. Tesis (Doctoral) – Universidad de Granada, Departamento de Estratigrafía y Paleontología, España, 1986.
- MURRAY, J. W. Syndepositional Dissolution of Calcareous Foraminifera in Modern Shallow-water Sediments. **Marine Micropaleontology**, v. 15, n. 1-2, p. 117-121, 1989.
- MURRAY, J. W. **Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera**. New York: John Wiley, 1991. 397 p.
- NORLING, E. Jurassic stratigraphy and foraminifera of Western Scania, southern Sweden. **Sveriges Geologiska Undersökning**, v. 47, p. 1-120, 1972.
- OHMERT, W. Erdgeschichtliche Bedeutung der Schichtenfolge bei Wittnau. **Informationen der Geologisches Landesamt Baden-Württemberg**, v. 8, p. 7-42, 1996.
- OHMERT, W., PRAUSS, M., WEISS, M. The Toarcian-Aalenian boundary at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany), a possible boundary stratotype for the Aalenian. In: MORTON, N. (Eds.) (Proceedings of) **Conference on Aalenian and Bajocian Stratigraphy, Isle of Skye**. Scotland: Birbeck College, University of London, p. 7-31, Apr. 1991.
- PENA DOS REIS, R.; CORROCHANO, A.; BERNARDES, C.; CUNHA, P. P.; DINIS, J. L. O Meso-Cenozóico da margem atlântica portuguesa. In: CONGRESSO GEOLÓGICO DE ESPAÑA, 3.; CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 8., 1992. **Guias de las excursiones geológicas**. Espanha: Universidad de Salamanca, 1992. p. 115-138.
- RASMUSSEN, E. S.; LOMHOLT, S.; ANDERSEN, C.; VEJBAEK, O. V. Aspects of the structural evolution of the Lusitanian Basin in Portugal and the shelf and slope area offshore Portugal. **Tectonophysics**, v. 300, n. 1-4, p. 199-225, Dec. 1998.
- RIBEIRO, A.; ANTUNES, M. T.; FERREIRA, M. P.; ROCHA, R. B.; SOARES, A. F.; ZBYSZEWSKI, G.; MOITINHO DE ALMEIDA, F. M.; CARVALHO, D.; MONTEIRO, J. H. **Introduction à la géologie générale du Portugal**. Portugal: Serviços Geológicos de Portugal, 1979. 114 p.
- SCHEIBNEROVÁ, V. On the discovery of Microfauna in the Opalinus Beds (Klippen Belt, West Carpathians). **Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung. Paläontologie und Historische Geologie**, v. 8, p. 51-65, 1968.
- SOARES, A. F.; ROCHA, R. B.; ELMI, S.; HENRIQUES, M. H.; MOUTERDE, R.; ALMERAS, Y.; RUGET, C.; MARQUES, J.; DUARTE, L. V.; CARAPITO, M. C.; KULLBERG, J. Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen: histoire d'un rift avorté. C. R. **Académie Science Paris**, série 2, v. 317, p. 1659-1666, 1993.
- TYSZKA, J. Paleoenvironmental implications from ichnological and microfaunal analyses of Bajocian Spotty Carbonates, Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. **Palaios**, v. 9, n. 2, p. 175-187, 1994a.
- TYSZKA, J. Response of Middle Jurassic benthic foraminiferal morphogroups to dysoxic/anoxic conditions in the Pieniny Klippen Basin, Polish Carpathians. **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 110, n. 1-2, p. 55-81, July 1994b.
- TYSZKA, J. Foraminiferal Biozonation of the Early and Middle Jurassic in the Pieniny Klippen Belt (Carpathians). **Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences**, v. 47, n. 1, p. 27-46, 1999.
- TYSZKA, J. Microfossil assemblages as bathymetric indicators of the Toarcian/Aalenian Fleckenmergel-facies in the Carpathian Pieniny Klippen Belt. **Geologica Carpathica**, v. 52, n. 3, p. 147-158, 2001.
- WERNLI, R.; SEPTFONTAINE, M. Micropaléontologie comparée du Dogger du Jura méridional (France) et des Préalpes Médiannes Plastiques romandes (Suisse). **Eclogae geologicae Helvetiae**, v. 64, n. 3, p. 437-458, 1971.

WILSON, R. C. L. A reconnaissance study of Upper Jurassic sediments of the Lusitanian Basin. **Ciências da Terra (UNL)**, n. 5, p. 53-85, 1979.

WILSON, R. C. L. Mesozoic development of the Lusitanian Basin, Portugal. **Revista de la Sociedad Geológica de España**, v. 1, n. 3-4, p. 393-407, 1988.

WILSON, R. C. L.; HISCOTT, R. N.; WILLIS, M. G.; GRADSTEIN, F. M. The Lusitanian Basin of West Central Portugal: Mesozoic and Tertiary Tectonic, Stratigraphic, and Subsidence History. In: TANKARD, A. J.; BALKWILL, H. (Eds.) **Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic margins**. Tulsa: AAPG, 1989. p. 341-361. (AAPG Memoir, 46).

expanded abstract

The present work describes the benthonic foraminifera assemblages recorded in the Upper Toarcian (Aalensis Biozone) – Lower Aalenian (Opalinum Biozone) – Middle Aalenian (Bradfordensis Biozone) from the Zambujal de Alcaria Section (central sector of the Lusitanian Basin, Portugal). Over the studied stratigraphic range, 20 samples, from which 5.291 foraminifera were obtained, which have enabled the determination of the foraminiferal assemblages composition, as well as the analysis of their evolution.

From the taxonomic point of view, five suborders, 13 families, 25 genera and 57 species were recognized; the most abundant specimens in the assemblages belong to the Lagenina Suborder, Vaginulinidae Family, Lenticulina Genus and Lenticulina toarcense Payard Species.

From the biostratigraphic point of view the analyses of the species present in each association and their evolution along the studied interval, enable the differentiation of four groups of species. The first group is characterized by species with a continuous record and a high relative abundance. The second one includes species for which registration is ongoing, but the species are not abundant in pools. The third group is represented by species displaying a record limited to the Upper Toarcian. The last one includes those species whose first occurrence in the Zambujal de Alcaria section can be recognized only in the Lower and Middle Aalenian. The presence of some key events can also be highlighted, through the first or last occurrence of some species, or based on the increase of the relative abundance of one species. The presence of *Astacolus dorbignyi* (Roemer) allows the correlation of the studied section with the Murtinheira and Fuentelsaz sections, as well as with

other biostratigraphic scales based on foraminifera, established for the Northern Hemisphere.

In order to accomplish some paleoecological considerations a quantitative analysis of the foraminiferal assemblages were carried out which enabled the evaluation of their diversity, as well as their evolution over the studied stratigraphic range. The resulting values, based on the application of several diversity indexes (Fisher's α , Margalef richness, Simpson, Berger - Parker, Shannon e Wiener and Equitability Pielou's), indicate that the studied assemblages are, in general, scarce, but relatively diverse. Regarding the evolution of the assemblages, over time, based on the application of diversity indices three episodes can also be distinguished. The first (Aalensis Biozone and Lower part of Opalinum Subzone) shows variations in the values of the indices that reflect unstable environmental conditions. The second (from the base of Opalinum Subzone to the top of Comptum Subzone) shows homogeneous values that reflect more stable environmental conditions. In the last (Opalinum Biozone - Bradfordensis Biozone transition), the values are uneven, reflecting again unstable environmental conditions.

From the paleoecological point of view, the foraminifera assemblages registered along the Zambujal de Alcaria Section, developed in a normal salinity and in a well-oxygenated shelf basin. The specimens would have had benthonic, infaunal and epifaunal modes of life. All the studied assemblages are characteristic of the Boreal realm and are typical of Jurassic carbonate platforms.

This paper is a contribution to the development of micropaleontological studies of the Jurassic of the Lusitanian Basin, as foraminifera represent a crucial fossil group which application in the exploration of sedimentary basins displaying hydrocarbon potential is by all recognized.

autores



Vera Lúcia Esteves de Figueiredo
Universidade de Coimbra
Centro de Geociências
Laboratório Nacional de Energia e Geologia

verfigueiredo@gmail.com

Vera Lúcia Esteves de Figueiredo é licenciada em Geologia e mestre em Geociências (Geologia do Petróleo) pela Universidade de Coimbra. Desde 2007, desenvolve trabalhos na área da cartografia geológica digital (GIS) no Laboratório Nacional de Energia e Geologia e colabora com o Centro de Geociências da Universidade de Coimbra, onde desenvolve trabalhos na área da Micropaleontologia de Foraminíferos, de que resultaram quatro publicações em reuniões científicas nacionais e internacionais.



María Luisa Canales Fernández
Universidade Complutense de Madrid
Faculdade de Ciências Geológicas
Departamento de Paleontologia

mcanales@geo.ucm.es

María Luisa Canales Fernández é doutorada em Paleontologia pela Universidade Complutense de Madrid (Espanha), onde lecciona Geologia e Paleontologia desde 1992 no Departamento Paleontologia da Faculdade de Ciências Geológicas. Especialista em foraminíferos do Jurássico, é autora ou coautora de mais de 40 capítulos de livros e artigos científicos fundamentalmente relacionados à bioestratigrafia de alta resolução.



Maria Helena Paiva Henriques
Universidade de Coimbra
Centro de Geociências
Faculdade de Ciências e Tecnologia

hhenriq@dct.uc.pt

Maria Helena Paiva Henriques nasceu em Lisboa em 28 de fevereiro de 1960. Pela Universidade de Coimbra, licenciou-se em Geologia em 1983 e em Jornalismo em 2000. Doutorou-se em Paleontologia em 1992 e fez a agregação em 2004. Desde 1983 lecciona e/ou supervisiona projetos de mestrado, de doutoramento e de pós-doutoramento em Paleontologia, Micropaleontologia e Estratigrafia no Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Especialista em amonoides do Jurássico, é autora ou coautora de mais de 80 capítulos de livros e artigos científicos, fundamentalmente relacionados à bioestratigrafia de alta resolução. Coordena o Laboratório de Geologia Sedimentar e Registo Fóssil, bem como a unidade de investigação homônima do Centro de Geociências da Universidade de Coimbra.

