

Estratigrafia Química (COT, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) e Nanofósseis Calcários na Passagem Pliensbaquiano–Toarciano no Perfil de Peniche (Portugal): Resultados Preliminares

LUIZ CARLOS VEIGA DE OLIVEIRA¹; LUIS VITOR DUARTE²; NICOLA PERILLI³; RENÉ RODRIGUES⁴ & VALESCA B. LEMOS⁵

1. Petrobras/Cenpes, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-598, Rio de Janeiro, Brasil, email:lcveiga@petrobras.com.br
2. Centro Geociências, F.C.T. Universidade de Coimbra, 3000-272 Coimbra, Portugal.
3. Dipartimento Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa, Via S. Maria, 53, 56100 Pisa, Italia.
4. Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil,
5. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91501-970, Porto Alegre, Brasil

(Recebido em 04/05. Aceito para publicação em 10/05)

Abstract- The marl-limestone succession that encompasses the Pliensbachian–Toarcian Stage Boundary (Lower Jurassic) and crops out at Peniche (Lusitanian Basin, Portugal), was chosen as one of the candidates for the establishment of Toarcian GSSP. Chemostratigraphy analyses, of the Upper Pliensbachian (*spinatum* Zone)-Lower Toarcian (*levisoni* p.p. Zone) portion, were based on total organic carbon (TOC) (68 samples), the isotope carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and oxygen ($\delta^{18}\text{O}$) (38 samples) on the whole rock sample. Presenting an absolute variation of around -2.0‰, the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values decrease from the middle part up to the uppermost part of *spinatum* Zone, with smaller values in the lowermost part of the *polymorphum* Zone. In the Lower Toarcian the $\delta^{13}\text{C}$ data shows a positive trend (spread of + 2.0‰) with a maximum value in the middle-upper portion of the *polymorphum* Zone and a minimum in the lowermost part of the *levisoni* Zone. The $\delta^{18}\text{O}$ values show a general tendency to decrease within the *polymorphum* Zone, with the smallest values observed in the lower portion of the *levisoni* Zone. In general the TOC values are low, around 0.2%, in the *spinatum* Zone, upwards they increase to 0.5% in the *polymorphum* Zone, whilst they decrease again to 0.2% in the lowermost *levisoni* Zone. Calcareous nannofossils assemblages were investigated in 12 slides of marly samples collected around the Pliensbachian – Toarcian Stage Boundary that, according to the adopted zonation, proposed for NW European, lies in the NJ5b biozone. Abundant and well preserved nannofossils assemblages comprise 12 genera and 18 species. The genera *Schizosphaerella* and *Lotharingius* are dominant. *Calcivascularis jansae*, a characteristic *taxon* of the Lower Jurassic tethyan nannofossils assemblages, is abundant in the whole investigated interval. *Biscutum grande* is the other tethyan *taxon* present in studied succession. The occurrences of *C. jansae* and *B. grande* support the tethyan affinity of the calcareous nannofossils assemblages recovered from the Pliensbachian – Toarcian transition sampled at Peniche section.

Keywords- Chemostratigraphy, Calcareous Nannofossils, Jurassic, Portugal

INTRODUÇÃO

A Bacia Lusitânica, em Portugal (Fig.1), localizada na borda oeste da Placa Ibérica, é uma bacia oceânica marginal que teve sua formação iniciada no Triássico. A sua orientação é NE-SW com cerca de 300 km de comprimento e 150 km de largura, incluindo-se a parte submersa, com espessura máxima de 5 km. Esses sedimentos abrangem o intervalo Triássico Superior – Cretáceo Superior, com cobertura do Terciário, sendo a maioria de idade jurássica. O Jurássico inferior está particularmente bem representado na Bacia Lusitânica,

com destaque para a região de Peniche que apresenta uma exposição contínua de sedimentos carbonáticos, possuindo mais de 450 metros de espessura, e de idade entre o Sine-muriano e o Toarciano (Mouterde, 1955; Wright & Wilson, 1984; Duarte, 1995, 2003 e 2004). Em termos litoestratigráficos correspondem as formações Água de Madeiros, Vale das Fontes, Lemedé e Cabo Carvoeiro (Duarte & Soares, 2002). Durante o Pliensbaquiano e o Toarciano inicial da região de Peniche, a deposição foi controlada por uma rampa homoclinal, com inclinação para oeste (Duarte, 1997).

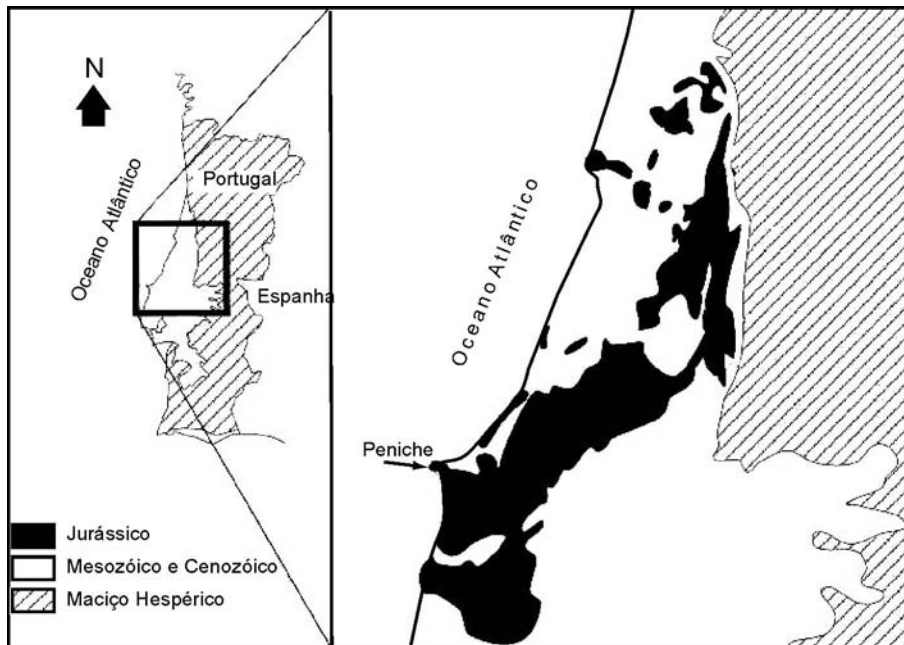


Figura 1 – Localização geográfica e carta geológica simplificada do setor central de Portugal onde se insere a região de Peniche.

Com exceção das suas extremidades (Sinemuriano inferior e Toarciano superior), toda a coluna é controlada por uma bioestratigrafia de amonites de resolução à escala de Zona. Neste contexto sedimentar e estratigráfico, insere-se a passagem Pliensbaquiano-Toarciano, incluída numa sucessão margo-calcária que abrange a parte terminal da Formação de Lemed e a parte basal da Formação do Cabo Carvoeiro (Fig. 2). A definição deste limite é baseada em bioestratigrafia de amonites coincidindo com a passagem entre as Zonas *spinatum* (Pliensbaquiano superior) e *polymorphum* (Toarciano inferior). Esta localidade foi recentemente apontada como um dos principais candidatos ao estabelecimento do GSSP (Global Stratotype Sections and Points) do Toarciano (Elmi *et al.*, 1996; Elmi, 2002; Elmi *in* Duarte *et al.*, 2004b).

Este trabalho apresenta a análise quimiostratigráfica, baseada no registro do conteúdo de carbono orgânico e na evolução dos isótopos estáveis de carbono e oxigênio, em rocha total, e a distribuição da assembléia de nanofósseis calcários, através da passagem Pliensbaquiano-Toarciano em Peniche.

A estratigrafia química envolve a aplicação dos dados de geoquímica na caracterização e correlação de camadas em seqüências sedimentares carbonáticas e siliciclásticas. Com base em assinaturas geoquímicas diagnósticas, estas seqüências podem ser subdivididas em unidades quimiostratigráficas distintas, permitindo sua correlação com alta resolução sobre amplas áreas. Para isto podem ser utilizados dados de geoquímica orgânica e inorgânica,

como, por exemplo, razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, carbono orgânico total (COT), elementos químicos maiores, menores e traços e isótopos estáveis do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) (Rodrigues, 2005). Normalmente os dados isotópicos de oxigênio em rocha total, são pouco utilizados em correlações estratigráficas devido à possibilidade de ocorrência de alterações diagenéticas. No entanto, mesmo reconhecendo estas limitações, freqüentemente eles apresentam as mesmas tendências dos dados isotópicos baseados em fósseis que não foram afetados pela diagênese. Assim, a utilização de dados isotópicos em rocha total, como no presente estudo, é válida desde que considerados como valores relativos (Rodrigues, 2005).



Figura 2 – Localidade da Ponta do Trovão em Peniche. Limite Pliensbaquiano – Toarciano assinalado pela linha contínua. A linha pontilhada indica o limite entre as formações Lemed e Cabo Carvoeiro. Coordenadas UTM: 29S, M-0466.082, P-4358.005.

A utilização dos nanofósseis calcários na bioestratigrafia de bacias jurássicas marinhas é bem difundida e os artigos de Bown (1987 e 1996), Kaenel *et al.* (1996), Bown & Cooper (1998) e Mattioli & Erba (1999) possuem revisões dos principais trabalhos disponíveis na literatura, assim como os diferentes zoneamentos propostos para diversas áreas. Atualmente existem dois arcabouços bioestratigráficos utilizados como referências: um para o Noroeste da Europa (Bown & Cooper, 1998) e outro para a região do Mediterrâneo (Mattioli & Erba, 1999). Especificamente para o Pliensbaquiano e Toarciano da Península Ibérica destacam-se os estudos de Perilli (1999, 2000), Perilli *et al.* (2004) e Perilli & Comas-Rengifo (2002), que estudaram os nanofósseis calcários da Bacia Basco – Cantábrica, e os de Perilli & Duarte (2003) e Duarte *et al.* (2004a) que apresentam a distribuição dos nanofósseis calcários do Toarciano para alguns setores da Bacia Lusitânica.

METODOLOGIA

Estratigrafia Química: As análises foram realizadas em 71 amostras coletadas ao longo de 25 metros da seção (Quadro 2 e Tab. 1). Todas as amostras foram pulverizadas, em partículas menores do que 80 mesh. Destas, 68 amostras foram submetidas às análises de carbono orgânico total (COT) e em 38 foram obtidos os valores de isótopos estáveis do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) da fração carboná-tica da amostra total (Tab.1). As análises foram realizadas nos laboratórios do Centro de Pesquisas da PETROBRAS (Cenpes, Brasil). As determinações dos teores de COT foram feitas com o equipamento LECO-SC444 e as análises isotópicas foram realizadas usando-se a unidade automática de preparação Kiel Carbonate Device III, acoplado a um espectrômetro de massa MAT 252 ThermoFinnigan. Os resultados, de isótopos estáveis do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$), foram registrados em partes por mil (‰), em relação ao padrão internacional PDB (Belemnite da Formação Peedee,

Cretáceo Superior da Carolina do Sul, EUA) e calibrados pelo padrão NBS-19 ($\delta^{13}\text{C}=1.95\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}=-2,20\text{‰}$). A precisão foi de $\pm 0,05$ para $\delta^{13}\text{C}$ e $\pm 0,08$ for $\delta^{18}\text{O}$. Já os resultados de carbono orgânico total foram expressos em percentagem (%) sendo que para cada dez amostras analisadas foi realizada uma análise em amostra duplicada. O equipamento foi calibrado diariamente com padrões, antes e após as análises.

Nanofósseis calcários: Para as análises de nanofósseis calcários foram selecionadas 12 amostras provenientes de camadas de margas 3 metros abaixo e 7 metros acima do limite Pliensbaquiano – Toarciano (Tab. 1). A preparação foi realizada nos laboratórios de Bioestratigrafia e Paleoecologia do Centro de Pesquisas da PETROBRAS, de acordo com a metodologia padrão da empresa (Antunes, 1997 e Oliveira, 1997). Resumidamente esta preparação consiste em: 1) colocar cerca de 1 grama de sedimento, previamente moído, em um tubo de ensaio, adicionar água e homogeneizar com o emprego de uma haste de vidro; 2) deixar em repouso por cerca de 7 minutos; 3) pingar duas a três gotas da suspensão em uma lamínula disposta sobre uma placa aquecedora.

Acrescentar algumas gotas de água desmineralizada. 4) esperar que a água seque totalmente; 5) colar a lamínula sobre a lâmina, com bálsamo do Canadá, na placa aquecedora.

A análise da nanoflora foi realizada em um microscópio ZEISS, Axioplan 2 imaging, com um aumento de 1600 vezes. Em cada lâmina foram examinados 500 campos de visão. As estimativas de abundância relativa da amostra e de cada espécie, foram baseadas no esquema apresentado por Conchery & Wise Jr. (2001) e que estão detalhados na tabela 2. Para a indicação do tipo de preservação (Quadro. 1) utilizou-se a classificação de Roth & Thierstein (1972).

As fotografias dos fósseis foram obtidas com uma câmera digital ZEISS AxioCam MRc com o auxílio do programa de computador Axionvision 4.

Tabela 1 - Lista das amostras com espessuras acumuladas e resultados das análises de carbono orgânico total (COT), resíduo insolúvel (RI) e isótopos estáveis de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$), zona de nanofósseis, litoestratigrafia, cronoestratigrafia e zonas de amonites.

Amostra	Espessura acumulada (cm)	COT	Resíduo insolúvel	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	Bioestratigrafia		Litoestr.	Cronostr.
						Zona nanofósseis	Zona amonites		
P 0039	2536								
P 0036	2503	0,594	73				<i>levisoni</i>	Cabo Carvoeiro Membro 2	
P 0034	2458	0,362	80						
P 0031	2436	0,21	84	-3,36	-0,32				
P 0030T	2431	0,191	60						
P 0030	2420	0,4	72						
P 0029	2416	0,143	42	-3,23	-0,49				
P 0028M	2400	0,14	64	-4,52	0,05				
P 0027	2351	0,263	80						
P 0024T	2161	0,79	48						
P 0024	2100	0,623	46	-3,98	1,91				
P 0023	2081	0,5	58						
P 0022M	2030	0,52	58						
P 0020T	1941	0,284	32	-4,06	1,98				
P 0020M	1900	0,73	38						
P 0020B	1860	0,47	42	-3,72	2,08				
P 0019	1841	0,562	58			NJ5b			
P 0018	1791	0,502	48						
P 0017	1741	0,52	42						
P 0016	1641	0,36	28	-3,2	1,9				
P 0015T	1631	0,54	48						
P 0015M	1600	0,392	48			NJ5b	<i>polymorphum</i>	Cabo Carvoeiro Membro 1	Toarciano
P 0015B	1550	0,64	52						
P 0998/14	1506	0,184	23	-3,22	0,68				
P 0013T	1492	0,621	40						
P 0013M	1450	0,812	60						
P 0013B	1400					Nj5b			
P 0012	1367	0,151	23	-3,48	1,02				
P 0010	1329	0,46	50	-3,66	0,74				
P 0009	1324	0,5	48						
P 0008	1309	0,29	28	-3,86	1,26				
P 0007	1300	0,51	48						
P 0005T	1264	0,53	44			Nj5b			
P 004	1247	0,26	42	-3,9	0,55	Nj5b			
P 002	1187	0,134	23	-2,53	0,01				
P 001	1177	0,19	50	-3,34	-0,88	Nj5b			
PE 0984	1173	0,12	15	-2,79	0,49				
PE 0983T	1157	0,17	42	-3,48	-0,66	Nj5b			
PE 0982	1142	0,124	42	-3,72	0,07				
PE 0981	1132	0,123	32	-3,46	0,32				
PE 0980	1125	0,079	15	-3,33	0,37				
PE 0979	1114	0,261	46	-3,53	0,07	Nj5b			
PE 0978	1099	0,12	20	-3,54	0,6				
PE 0977	1087	0,241	44	-3,03	-0,22				
PE 0976	1067	0,18	24	-3,44	0,44				
PE 0975	1061	0,19	44			Nj5b	<i>spinatum</i>	Lemede	Pliensbaquiano
PE 0974	1047	0,13	19	-3,42	0,96				
PE 0972	1030	0,065	16	-3,41	0,89				
PE 0970	1019	0,171	28	-3,42	0,9				

Tabela 1 – Cont.

Amostra	Espessura acumulada (cm)	COT	Resíduo insolúvel	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	Bioestratigrafia		Litoestr.	Cronostr.
						Zona nanofósseis	Zona amonites		
PE 0965	983	0,19	36	-3,24	0,43	Nj5b			
PE 0962	958	0,122	15	-3,53	1,12				
PE 0951/961XT	938	0,663	46	-3,09	-0,43	Nj5b			
PE 0951/961XB	920	0,234	54	-2,92	-0,33				
PE 0950/960X	914	0,14	16	-3,12	0,9	Nj5b			
PE 0949	907	0,33	42	-3,25	-0,17				
PE 0948	877	0,13	16	-3,21	0,67	Nj5b			
PE 0947	870	0,132	27	-2,81	-0,07				
PE 0946X	863	0,2	12	-2,75	0,62		<i>spinatum</i>	Lemede	Pliensbaquiano
PE 0945	848	0,108	28						
PE 0943	784	0,3	36						
PE 0939	740	0,201	40						
PE 0938	720			-2,32	0,7				
PE 0934	637			-3,14	0,92				
PE 0930	575	0,173	36						
PE 0926	514			-2,56	0,78				
PE 0925T	496	1,11	42						
PE 0923B	432	0,48	31						
PE 0921	406	0,088	42						
PE 0917	309	0,13	28						
PE 0913	241	0,18	36						
PE 0907	129	0,214	36						
PE 0905	101	0,18	48						
PE 0903	58	0,12	52						
PE 0900	12								

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados aqui apresentados são preliminares e fazem parte de um conjunto de estudos, em andamento, que incluem análises de isótopos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ e elementos maiores e menores em rocha total e belemnites, bem como estudos com base em nanofósseis calcários e palinomorfos, estendendo-se por todo o Pliensbaquiano e o Toarciense inferior de Peniche. Neste artigo, discute-se os resultados das análises concluídas até o momento de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, em rocha total, e nanofósseis calcários.

Estratigrafia Química

Na seção que abrange a passagem Pliensbaquiano-Toarciense em Peniche, os valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e de $\delta^{18}\text{O}$ decrescem, gradativamente, da parte média para o topo da Zona *spinatum*, com os menores valores situando-se na

base da Zona *polymorphum* (Quadro 2). Variações semelhantes foram observadas por Van de Schootbruggé *et al.* (2005) e Rosales *et al.* (2004), no furo geológico Llanbedr Mochras Farm (País de Gales) e na Bacia Basco-Cantabrica, respectivamente. Apesar do presente estudo ter sido realizado apenas em amostras de rocha e os trabalhos de Van de Schootbruggé *et al.* (2005) e Rosales *et al.* (2004) terem utilizado belemnites, em termos de variação absoluta, os dados obtidos possuem, aproximadamente, a mesma ordem de grandeza, ou seja $-2,0\text{‰}$.

Os valores isotópicos obtidos para as amostras do Toarciense apresentam um comportamento inverso aos da porção do Pliensbaquiano estudado (parte média a superior da Zona *spinatum*). Os dados de $\delta^{13}\text{C}$ revelam um evento isotopicamente positivo (amplitude de $2,0\text{‰}$), com valores máximos (cerca de $+2,0\text{‰}$) na porção média a superior da Zona *polymorphum* e mínimo na base da Zona *levisoni* ($-0,49\text{‰}$). Estas variações foram anteriormente evi-

Quadro 1 – Tabela de distribuição dos nanofósseis observados.

Cronoestratigrafia	Bioestratigrafia		Amostra	Abundância na amostra	Preservação	ESPÉCIES																					
	Zona amonites	Zona nanofósseis Bown & Cooper (1998)				<i>Lotharingius hauffii</i>	<i>Schizosphaerella</i> spp.	<i>Calcivascularis jansae</i>	<i>Tubirhabdus patulus</i>	<i>Lotharingius</i> aff. <i>L. velatus</i>	<i>Biscutum finchii</i>	<i>Crepidolithus crassus</i>	<i>Crepidolithus granulatus</i>	<i>Biscutum grande</i>	<i>Lotharingius sigillatus</i>	<i>Crepidolithus impontus</i>	<i>Mitrolithus elegans</i>	<i>Biscutum dubium</i>	<i>Biscutum novum</i>	<i>Similiscutum cruciatus</i>	<i>Bussoniis prinsii</i>	<i>Calyculus</i> spp.	<i>Orthogonoides hamiltoniae</i>	<i>Similiscutum orbiculus</i>	<i>Axopodorhabdus atavus</i>		
Toarciano inferior	<i>polymorphum</i>	NJ5b	P 0019	A	B																						
			P 0015M	A	B																						
			P 0013B	A	B/M																						
			P 0005T	A/C	B/M																						
			P 004	A	B																						
Pliensbaquiano superior	<i>spinatum</i>		P 001	A	B																						
			PE 0983T	A	B																						
			PE 0979	A	B																						
			PE 0975	A	B																						
			PE 0965	A	B																						
			PE 0951	A	B																						
			PE 0947	A	B																						

Abundância relativa das espécies em cada amostra

MR = Muito raro (1 espécime por 201 – 500 campos de visão)
 R = Raro (1 espécime por 51 – 200 campos de visão)
 F = Frequente (1 espécime por 11 – 50 campos de visão)
 C = Comum (1 espécime por 2 – 10 campos de visão)
 A = Abundante (1-10 espécimes por campos de visão)
 As mesmas definições acima são utilizadas para a estimativa da abundância total dos nanofósseis na amostra.

Estimativas de preservação

P = Pobre. Dissolução severa e intensa recristalização. A maioria das feições primárias pode estar destruída.
 M = Moderada. A dissolução e a recristalização presentes impedem que mais de 25% dos exemplares sejam identificados ao nível de espécie.
 B = Boa. Baixa intensidade de dissolução e recristalização. As características diagnósticas estão preservadas e todos os espécimes podem ser identificados.
 E = Excelente. Sem sinais de dissolução ou recristalização.

denciadas na região de Coimbra (Duarte *et al.*, 2004a), sugerindo que estes dois eventos tenham representatividade à escala da bacia. As modificações geoquímicas, observadas nas amostras do Toarciano inferior de Peniche (Zona *polymorphum*), provavelmente estão relacionados ao evento transgressivo de segunda ordem que caracteriza esta parte da seção. De fato, segundo Duarte *et al.* (2004b), o Membro Cabo Carvoeiro 1 representa o início de uma seqüência transgressiva, que é corroborado pelo relativo aumento dos valores de COT e $\delta^{13}C$ (Quadro 2).

Os teores de $\delta^{18}O$, apesar das excursões positivas após a passagem Pliensbaquiano-Toarciano, revelam uma tendência geral de diminuição ao longo da Zona *polymorphum*, com os menores valores posicionando-se na base da Zona *levisoni* (-4,5‰), sendo que logo a seguir, ocorre rápida reversão para valores isotópicos mais elevados (em torno de -3,3‰). Comportamento isotópico semelhante foi constatado por Rosales *et al.* (2004)

para a Bacia Basco – Cantabrica, sugerindo uma boa correlação entre os perfis de Peniche e do norte da Espanha, sendo que os mínimos isotópicos obtidos na porção inferior da Zona *levisoni* seriam correspondentes aos baixos valores registrados na base da Zona *serpentinus* da seção espanhola. Sendo conhecida a termodependência dos isótopos de oxigênio, esta similitude de comportamento do $\delta^{18}O$ parece assim indiciar, igualmente para a Bacia Lusitânica, um progressivo aumento de temperatura durante a parte superior do Pliensbaquiano e a seção basal do Toarciano, tal como o sugerido por Rosales *et al.* (2004) para a bacia espanhola.

Em relação ao COT, embora pouco elevados, os teores apresentam a mesma tendência dos dados de $\delta^{13}C$ (Quadro 2): estão em torno de 0,2% na Zona *spinatum*, aumentam para 0,5% na Zona *polymorphum* e diminuem novamente para 0,2% na base da Zona *levisoni*. Os baixos valores de COT registrados não coincidem com aqueles observados por Jenkyns *et al.* (2002) em relação ao evento anó-

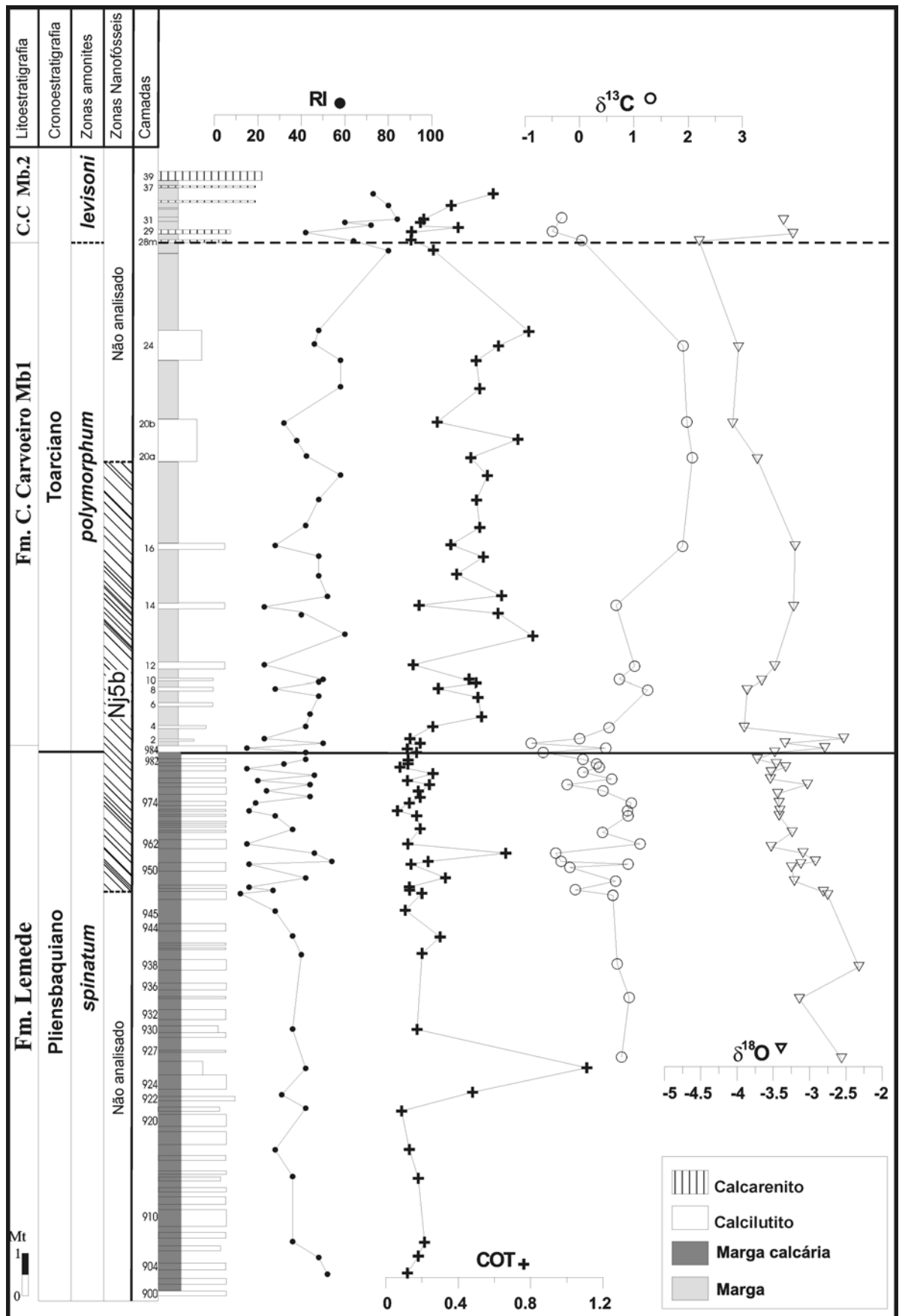


Figura 3 – Resíduo insolúvel (RI), carbono orgânico total (COT) e isótopos estáveis de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) e carbono ($\delta^{13}\text{C}$), em rocha total, na passagem Pliensbaquiano–Toarciano em Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). Dados bioestratigráficos de amonites baseados em Mouterde (1955) e Elmi in Duarte *et al.* (2004a). Biozona de nanofósseis de acordo com este trabalho.

xico do Toarciano inferior à escala norte-européia, de grande expressão. Na Bacia Lusitânica, a ausência de fácies com elevados teores de COT pode estar associada a condições locais particulares que não propiciaram a acumulação ou preservação da matéria orgânica durante o período representado pela porção inicial da Zona *levisoni* (Duarte, 1997; Duarte *et al.* 2004a, 2004b). Entretanto, a elevação relativa dos valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e de COT na porção média a superior da Zona *polymorphum* poderia ser, mesmo que depletado, uma indicação do evento anóxico que, devido ao diacronismo existente entre as Zonas de amonites boreais e tetianas, é posicionado, ora na Zona *tenuicostatum* ora na Zona *falciferum* ou no limite entre ambas.

Nanofósseis calcários

Atualmente existem dois zoneamentos bioestratigráficos de nanofósseis calcários que abrangem o Pliensbaquiano-Toarciano: Bown & Cooper (1998) para o Jurássico do NW da Europa e Mattioli & Erba (1999) para o Jurássico inferior-médio da Itália e região sul da França. Na figura 4, correlaciona-se a porção Pliensbaquiano superior – Toarciano inferior destes arcaibouços, assim como os refinamentos implementados por Perilli *et al.* (2004) para a Bacia Basco-Cantabrica. Nestes zoneamentos, o limite Pliensbaquiano – Toarciano está inserido na Zona *Lotharingius hauffii*, definida pelo código NJ5 por Bown & Cooper (1998) e por NJT5 em Mattioli & Erba (1999). Os limites da Zona *Lotharingius hauffii* são reconhecidos pelos surgimentos sucessivos de *Lotharingius hauffii* e *Carinolithus superbus* (Fig. 4), sendo que o surgimento de *Crepidolithus impontus* foi utilizado por Bown & Cooper (1998) para definir a sua divisão nas subzonas NJ5a e NJ5b. Perilli *et al.* (2004) registram que, na Bacia Basco-Cantabrica, a primeira ocorrência comum (POC) de *L. hauffii* teria ocorrido próximo ao limite das subzonas NJ5a e Nj5b podendo ser, nesta região, um *datum* auxiliar na identificação destas subzonas. Como tanto a POC de *L. hauffii* quanto o surgimento de *C. impontus* foram posicionados no final do Pliensbaquiano superior, o limite Pliensbaquiano – Toarciano estaria posicionado na subzona NJ5b.

Já Mattioli & Erba (1999) preferiram a primeira ocorrência de *Lotharingius sigillatus* para dividir a Zona NJT5 (NJT5a e NJT5b), sendo que para estas autoras este *datum* seria do início do Toarciano, enquanto que Bown & Cooper (1998) assinalam que *L. sigillatus* teria surgido no final do

Pliensbaquiano (Fig. 4). Assim, no zoneamento de Mattioli & Erba (1999) o limite Pliensbaquiano – Toarciano estaria na subzona NJT5a.

Todas as amostras analisadas apresentaram abundante conteúdo nanofossilífero e preservação variando entre moderada e boa. Foram identificadas 18 espécies distribuídas em 12 gêneros (Apêndice 1, Tab. 2 e Fig. 3 e 4). Verificou-se que os gêneros *Schizosphaerella* e *Lotharingius* dominam numericamente a assembléia e que neste último predomina a espécie *Lotharingius hauffii*. Como *Lotharingius umbriensis* e *L. hauffii* não foram diferenciados neste trabalho, as indicações de *L. hauffii* inclui ambas as espécies. *Calvasularis jansae* também apresentou ocorrência abundante enquanto que *Tubirhabdus patulus* teve ocorrência freqüente e distribuição contínua. *Lotharingius* aff. *L. velatus*, *Biscutum finchii*, *Crepidolithus crassus*, *Crepidolithus granulatus* e *Biscutum grande* apresentaram distribuição contínua, sendo que nos três primeiros a ocorrência variou entre freqüente e raro e nos dois últimos foi de freqüente a muito raro. Exemplares de *Lotharingius sigillatus* tiveram ocorrência rara a muito rara nas amostras representativas do Pliensbaquiano superior, passando para freqüente a comum na porção superior da seção analisada que está inserida no Toarciano inferior (Tab. 2). *Biscutum dubium*, *Biscutum novum*, *Bussonius prinsii*, *Calculus* spp., *Crepidolithus impontus*, *Mitrolithus elegans*, *Orthogonoides hamiltoniae*, *Similiscutum orbiculus* e *Similiscutum cruciulus* apresentaram ocorrência entre rara e muito rara e distribuição descontínua.

O posicionamento das amostras analisadas na Zona NJ5 (Bown & Cooper, 1998) é balizado pela ocorrência de *L. hauffii*, cujo surgimento define a base desta Zona, e pela ausência de exemplares de *Carinolithus superbus* (surgimento define topo da NJ5) que só estão presentes em camadas superiores a este intervalo. A presença de *C. impontus* e a ocorrência abundante de *L. hauffii* indicam que a seção estudada está inserida na subzona NJ5b (Fig. 4 e Fig. 6).

C. jansae, que é abundante em todas as amostras estudadas, é relatado como sendo o principal componente das assembléias da parte oeste do Tétis e do Proto – Atlântico Norte durante o Jurássico inicial, enquanto que é raro nas seções do noroeste da Europa (Bown & Cooper, 1998). *B. grande* é outro fóssil presente nos sedimentos analisados que também é considerado como sendo predominantemente tetiano. Portanto, as presenças concomitantes de *C. jansae* e *B. grande* sugerem forte influência de águas do Tétis, na assembléia de

Quadro 3 – Correlação das porções correspondentes ao Pliensbaquiano superior – Toarciano inferior dos arcabouços bioestratigráficos de nanofósseis calcários propostos para o Jurássico inferior (modificado de Perilli *et al.*, 2004).

BACIA BASCO-CANTABRICA (Perilli <i>et al.</i> , 2004)			NW da EUROPA (Bown & Cooper, 1998)			ITÁLIA e S. da FRANÇA (Mattioli & Erba, 1999)								
Subandar	Amonites		Nanofósseis Calcários		Amonites	Nanofósseis Calcários		Amonites	Nanofósseis Calcários					
	Zonas	Subzonas	Zonas	Bioeventos		Zonas	Subzs.		Bioeventos	Zonas	Subzs.	Bioeventos		
Toarciano Inferior	Bifrons	Semipolium	NJ7	JD. striatus	Bifrons	NJ7	D. striatus	Bifrons	NJ7	D. striatus	NJ7a	D. striatus	NJ7	Bifrons
		Bifrons												
		Sublevisoni												
	Serpentinus	Falciferum	NJ6	JD. striatus	Falciferum	NJ6	C. superbus	JD. striatus	Falciferum	NJ6	C. superbus	NJ6	C. superbus	Serpentinus
		Strangewaysi												
	Tenuicostatum	Semicelatum	NJ5	JC. superbus	Tenuicostatum	Tenuicostatum	NJ5	L. hauffii	Tenuicostatum	NJ5	L. hauffii	NJ5a	L. hauffii	Tenuicostatum
		Mirabile												
		Hawskerense												
		Solare												
Spinatum		L. hauffii	L. hauffii	Spinatum	Spinatum	NJ5	L. hauffii	Spinatum	NJ5	L. hauffii	NJ5a	L. hauffii	Spinatum	
	Margaritatus													
	Stokesi													
Pliensbaquiano Superior	Stokesi	Celebratum	NJ4	L. hauffii	Margaritatus	NJ4	L. hauffii	Margaritatus	NJ4	L. hauffii	NJ4b	L. hauffii	Stokesi	
		Monestieri												
Pliensbaquiano Superior	Margaritatus	Gibbosus	NJ4	L. hauffii	Margaritatus	NJ4	L. hauffii	Margaritatus	NJ4	L. hauffii	NJ4b	L. hauffii	Margaritatus	
		Subnodosus												
Pliensbaquiano Superior	Stokesi		NJ4	L. hauffii	Margaritatus	NJ4	L. hauffii	Margaritatus	NJ4	L. hauffii	NJ4b	L. hauffii	Stokesi	

J ou L - Primeira ocorrência J - Última ocorrência UOC - Última ocorrência comum POC - Primeira ocorrência comum Subzs. - Subzonas

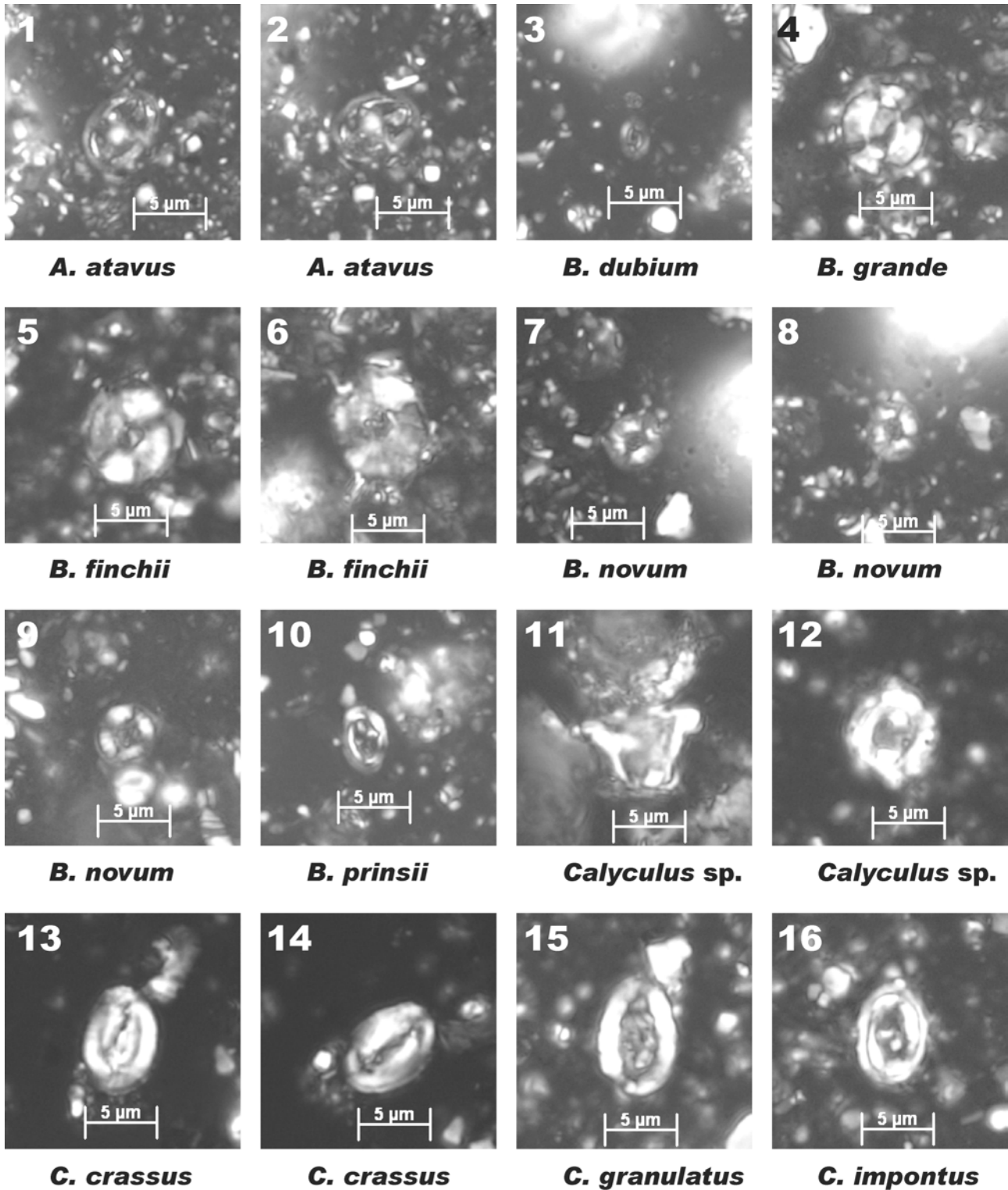


Figura 3 – Nanofósseis identificados no Perfil Peniche.

Escala = 5µm, barra de referência em cada foto. Foto 1 – *Axopodorhabdus atavus*, amostra P5T.; Foto 2 – *Axopodorhabdus atavus*, mesmo exemplar da foto 1 com rotação.; Foto 3 – *Biscutum dubium*, amostra P4.; Foto 4 – *Biscutum grande*, amostra P4.; Foto 5 – *Biscutum finchii*, amostra P5T.; Foto 6 – *Biscutum finchii*, amostra P4.; Foto 7 – *Biscutum novum*, amostra P4.; Foto 8 – *Biscutum novum*, mesmo exemplar da foto 7 com rotação.; Foto 9 – *Biscutum novum*, amostra P1.; Foto 10 – *Bussonius prinsii*, amostra P4.; Foto 11 – *Calyculus* sp., vista lateral, amostra P4.; Foto 12 – *Calyculus* sp., vista planar, amostra P4.; Foto 13 – *Crepidolithus crassus*, amostra PE 951.; Foto 14 – *Crepidolithus crassus*, mesmo exemplar da foto 13 com rotação.; Foto 15 – *Crepidolithus granulatus*, amostra P4.; Foto 16 – *Crepidolithus impontus*, amostra P4. Todas as fotografias foram realizadas com nicóis cruzados.

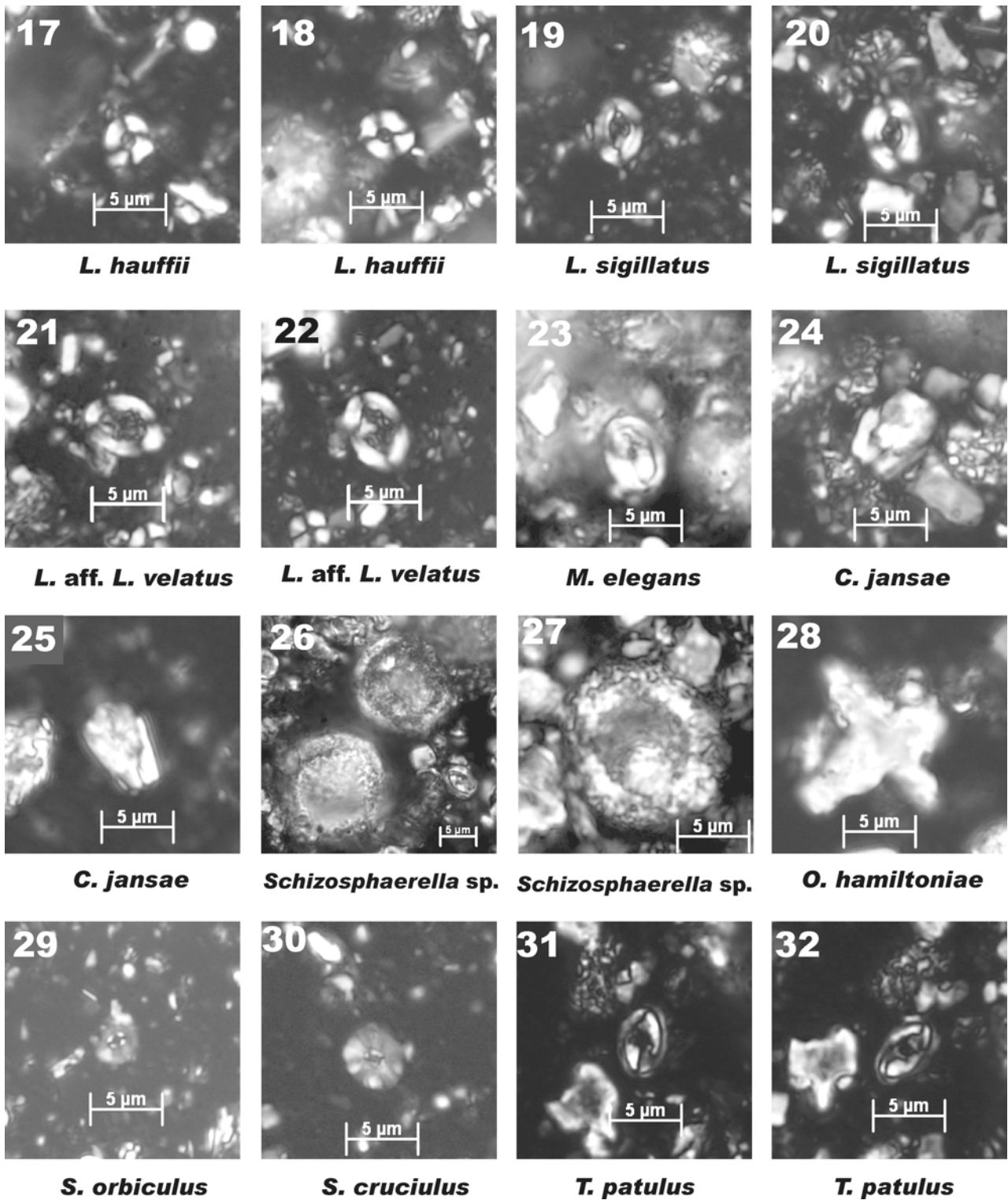


Figura 4 – Nanofósseis identificados no Perfil Peniche.

Escala = 5µm, barra de referência em cada foto. Foto 17 – *Lotharingius hauffii*, amostra P4.; Foto 18 – *Lotharingius hauffii*, amostra P4.; Foto 19 – *Lotharingius sigillatus*, amostra P5T.; Foto 20 – *Lotharingius sigillatus*, amostra P13B.; Foto 21 – *Lotharingius* aff. *L. velatus*, amostra P4.; Foto 22 – *Lotharingius* aff. *L. velatus*, mesmo exemplar da foto 21 com rotação.; Foto 23 – *Mitrolithus elegans*, amostra PE951.; Foto 24 – *Calcivascularis jansae*, amostra P13B.; Foto 25 – *Calcivascularis jansae*, amostra P4.; Foto 26 – *Schizosphaerella* sp., amostra PE965.; Foto 27 – *Schizosphaerella* sp., amostra PE979.; Foto 28 – *Orthogonoides hamiltoniae*, amostra P4.; Foto 29 – *Similiscutum orbiculus*, amostra P4.; Foto 30 – *Similiscutum cruciulus*, amostra P4.; Foto 31 – *Tubirhabdus patulus*, amostra PE947.; Foto 32 – *Tubirhabdus patulus*, mesmo exemplar da foto 31 com rotação. Todas as fotografias foram realizadas com nicóis cruzados.

nanofósseis calcários presente na seção que inclui o limite Pliensbaquiano – Toarciano em Peniche.

Apêndice 1 – Lista dos fósseis observados.

Referências bibliográficas destas espécies podem ser obtidas em Brown & Cooper (1998).

Axopodorhabdus atavus (Grün et al., 1974) Bown, 1987

Biscutum dubium (Noel, 1965) Grün in Grün et al., 1974

Biscutum finchii (Crux, 1979) Bown, 1987

Biscutum grande Bown, 1987

Biscutum novum (Goy, 1979) Bown, 1987

Bussonius prinsii (Noel, 1973) Goy, 1979

Calcivascularis jansae Wiegand, 1984

Calyculus spp.

Crepidolithus crassus (Deflandre, 1954) Noel, 1965

Crepidolithus granulatus Bown, 1987

Crepidolithus impontus (Grün et al., 1974) Goy, 1979

Lotharingius hauffii Grün & Zweili, 1980 in Grün et al., 1974

Lotharingius sigillatus (Stradner, 1961) Prins in Grün et al., 1974

Lotharingius aff. L. velatus

Mitrolithus elegans Deflandre in Deflandre & Fert 1954

Orthogonoides hamiltoniae Wiegand, 1984b

Similiscutum cruciulus de Kaenel & Bergen, 1993

Similiscutum orbiculus de Kaenel & Bergen, 1993

Schizosphaerella spp.

Tubirhabdus patulus Prins 1969 ex Rood, Hay & Barnard, 1973

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do caráter preliminar deste estudo, que se refere ao estudo da passagem Pliensbaquiano-Toarciano em Peniche, algumas considerações podem ser feitas em relação a estratigrafia química (com base em COT, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$) e a bioestratigrafia de nanofósseis.

Em relação ao primeiro tópico, foi possível observar comportamentos diferentes nos parâmetros geoquímicos na seção analisada. O COT mostra um claro incremento entre o Pliensbaquiano terminal e o Toarciano inferior, quase triplicando os valores na Zona *polymorphum*, comparativamente à Zona *spinatum*; apesar desta tendência, os valores são relativamente baixos, sendo inferiores a 1%. Em re-

lação aos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$, ambos decrescem em direção ao topo do Pliensbaquiano, sendo que a base do Toarciano (base da Zona *polymorphum*) é caracterizada por anomalias nos valores isotópicos, ou seja, teores relativamente mais negativos de $\delta^{13}\text{C}$ e mais positivos de $\delta^{18}\text{O}$. Para a maior parte da Zona *polymorphum*, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ revelam um evento positivo com ápice na parte média-superior da Zona *polymorphum*. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ mostram a mesma tendência, mas com os valores mais elevados antecedendo aqueles observados no isótopo de carbono. Apesar do número limitado de análises na Zona *levisoni* não permitir uma grande discussão dos resultados (apenas a base foi amostrada), é marcante a anomalia observada no $\delta^{13}\text{C}$, através de uma brusca diminuição dos valores. Esta mesma tendência, também assinalada na região de Coimbra (Duarte *et al.*, 2004a), sugere uma variabilidade controlada tanto à escala regional (ver discussão in Duarte *et al.*, 2004a) como global (ver discussão in Jenkyns *et al.*, 2002).

No caso dos nanofósseis calcários, todas as amostras observadas apresentaram abundante conteúdo nanofossilífero e boa preservação. A assembléia mostrou-se bem diversificada, sugerindo que este grupo fóssil tem grande potencial bioestratigráfico aplicável aos estratos do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica. Outra possibilidade foi demonstrada pela variabilidade de abundância de algumas espécies, sugerindo que análises quantitativas poderão ser utilizadas para refinar a bioestratigrafia de nanofósseis dessa seção.

Utilizando-se o zoneamento de Bown & Cooper (1998), constatou-se que o limite Pliensbaquiano - Toarciano em Peniche posiciona-se na Zona NJ5, entre os surgimentos sucessivos de *Lotharingius hauffii* e *Carinolithus superbus*. Já a presença de *Crepidolithus impontus*, mesmo que rara, indica a subzona NJ5a para esta seção. Em termos do zoneamento definido para a Bacia Basco – Cantabrica (Perilli *et al.*, 2004) todas as amostras analisadas estão na zona NJ5, entre a primeira ocorrência comum (POC) de *L. hauffii* e a última ocorrência comum (UOC) de *Calcivascularis jansae*. Já o arcabouço estabelecido por Mattioli & Erba (1999) não parece ser o mais adequado para a Bacia Lusitânica. Para estas autoras o surgimento de *Lotharingius sigillatus* estaria acima do limite Pliensbaquiano –Toarciano, fato que não foi constatado na seção analisada. Entretanto, observou-se que existe um incremento significativo de exemplares de *L. sigillatus* nos estratos basais do Toarciano inferior, fato que talvez tenha correlação com o surgi-

mento desta espécie na região do Mediterrâneo. Além disso, não deve ser descartada a possibilidade do diacronismo e endemismo das zonas de amonites, entre as regiões NW e sul da Europa, estar refletido nos zoneamentos de nanofósseis que nelas são calibradas. Outra hipótese seria que os autores dos zoneamentos estariam utilizando critérios taxonômicos diferentes para a identificação de *L. sigillatus*, causando assim um aparente diacronismo.

Em termos paleoceanográficos, devido a abundante presença de *Calcivascularis jansae* e ocorrência comum de *Biscutum grande*, se pode afirmar que durante o Pliensbaquiano terminal e o Toarciano inicial a influência do Tétis na região de Peniche era acentuada.

Agradecimentos- Os autores são gratos a Edison Milani, Heriberto V. dos Santos, Gilton B. de Aquino Filho, Delano S. Salgado, José Airton de Almeida Filho, Seirin Shiambukuro, Rogério L. Antunes e Mário G. da Silva, da PETROBRAS/CENPES/PDEXP/BPA e Luiz Antonio F. Trindade, M. Fátima B. de Almeida, Lúcia J. L. Aquino, Jorge T. da Silva, Eduardo S. A. Conde, Leandro Maurieli e Jussara M. Dias Cortes da PETROBRAS/CENPES/PDEXP/GEO pelo apoio e auxílio na execução deste artigo e as instituições PETROBRAS, Centro de Geociências e Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra e Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro pelo suporte técnico a este estudo.

REFERÊNCIAS

- Antunes, R.L. 1997. Introdução ao estudo dos nanofósseis calcários, Monografia **Série Didática** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 115p.
- Bown, P.R. 1987. Taxonomy, evolution, and biostratigraphy of Late Triassic-Early Jurassic calcareous nannofossils. **Paleontology Association, Special Papers in Paleontology**, London, 38, 118p.
- Bown, P.R. 1996. Recent advances in Jurassic Calcareous nannofossil Research. In: Riccardi A.C. (ed.) **Advances in Jurassic Research**, GeoResearch Forum, 55-66.
- Bown, P.R. & Cooper, M. K. E. 1998. Jurassic. In: Bown, P.R. (eds.). **Calcareous Nannofossil Biostratigraphy**. British Micropaleontological Society Series. Chapman & Hall, Cambridge, 34-85.
- Concheryo, A. & Wise, S.W., Jr. 2001. Jurassic calcareous nannofossil from prerift sediments drilled during ODP Leg 173, Iberia Abyssal Plain, and their implications for rift tectonics. In: Beslier, M.O., Whitmarsh, R.B., Wallace, P.J., and Girardeau, J. (eds.), **Proceedings of the ODP, Scientific Results**, 173, 1-24.
Disponível em:
http://www.odp.tamu.edu/publications/173_SR/VOLUME/CHAPTERS/SR173_07.PDF
Acesso em 16 de março de 2004.
- Duarte, L. V. 1995. **O Toarciano da Bacia Lusitânica. Estratigrafia e Evolução Sedimentogenética**. Coimbra, 349p. Tese de doutorado. Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.
- Duarte, L. V. 1997. Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian-Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). **Comunicação do Instituto Geológico e Mineiro**, Lisboa, 83, 65-94.
- Duarte, L. V. 2003. Variações de fácies, litostratigrafia e interpretação seqüencial do Liássico médio e superior ao longo da transversal Tomar – Peniche (Portugal). **Ciências da Terra (UNL)**, Lisboa, V, CD-ROM: A53-A56.
- Duarte, L. V. 2004. The Geological Heritage of the Lower Jurassic of Central Portugal: Selected Sites, Inventory and Main Scientific Arguments. **Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia**, Milano, 110, 381-387.
- Duarte, L. V. & Soares A F. 2002. Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). **Comunicação do Instituto Geológico e Mineiro**, Lisboa, 89, 115-134.
- Duarte, L.V.; Perilli, N.; Dino, R.; Rodrigues, R. & Paredes, R. 2004a. Lower to Middle Toarcian from the Coimbra region (Lusitanian Basin, Portugal): Sequence Stratigraphy, Calcareous Nannofossils and stable-isotope evolution. **Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia**, Milano, 110, 115-127.
- Duarte, L. V. (coordinator); Wright, V. P.; Fernández-López, S.; Elmi, S.; Krautter, M.; Azerêdo, A. C.; Henriques, M. H.; Rodrigues, R. & Perilli, N. 2004b. Early Jurassic carbonate evolution in the Lusitanian Basin: facies, sequence stratigraphy and cyclicity. In: Duarte, L. V. & Henriques, M. H. (eds.). Carboniferous and Jurassic Carbonate Platforms of Iberia. 23RD IAS MEETING OF SEDIMENTOLOGY, Coimbra 2004, **Field Trip Guide Book**, I, 45-71.
- Elmi, S. 2002. Some general data on the Pliensbachian – Toarcian boundary (problems of biostratigraphic correlations). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE JURASSIC SYSTEM, 6, 2002, Palermo, Italy. **Abstract...**, Palermo, 56-57.
- Elmi, S.; Mouterde, R.; Rocha, R. & Duarte, L.V. 1996. La limite Pliensbachien – Toarcien au Portugal: intérêt de la coupe de Peniche. In: **International Subcommission on Jurassic Stratigraphy, Meeting on Toarcian and Aalenian Stratigraphy**, Fuentelsaz and Freiburg, 1996. **Aalenews**, 6, 33-35.
- Jenkyns, H. C.; Jones, C. E.; Gröcke, D. R.; Hesselbo, S. P. & Parkinson, D. N. 2002. Chemostratigraphy of the Jurassic System: applications, limitations and implications for palaeoceanography. **Journal of Geology Society of London**, London, 159, 351-378.
- Kaenel, E.; Bergen, J. A. & von Salis Perch-Nielsen, K. 1996. Jurassic calcareous nannofossil biostratigraphy of western Europe. Compilation of recent studies and calibration of bioevents. **Bulletin de la Société Géologique de France**, 167 (1), 15-28.
- Mattioli, E. & Erba, E. 1999. Synthesis of calcareous nannofossil events in the Tethyan Lower and Middle Jurassic successions. **Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia**, 105 (3), 343-376.
- Mouterde, R. 1955. Le Lias de Peniche. **Comunicação do Serviço Geológico de Portugal**, Lisboa, 36, 87-115.
- Oliveira, L. C. V. 1997. **Arcabouço estratigráfico do Albo-Maastrichtiano da Bacia de Campos: Um estudo com base em nanofósseis calcários e suas relações com marcadores elétricos - estratigráficos e a estratigrafia química**. Porto Alegre. 181p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Perilli, N. 1999. Calibration of early – middle Toarcian nannofossil in two expanded and continuous sections from the

- Basque-Cantabrian area (Northern Spain). **Rivista Española de Micropaleontología**, 31 (3), 393-401.
- Perilli, N. 2000. Calibration of early – middle Toarcian nannofossil events based on high-resolution ammonite biostratigraphy in two expanded sections from the Iberian Range (East Spain). **Marine Micropaleontology**, 39, 293-308.
- Perilli, N. & Comas-Rengifo, M. J. 2002. Calibration of the Pliensbachian Calcareous Nannofossil events in two ammonite-controlled sections from northern Spain (Basque-Cantabrian Area). **Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia**, 108 (1), 133-152.
- Perilli, N. & Duarte, L.V. 2003. Dating of the Toarcian succession from the Lusitanian Basin based on calcareous nannofossil. **Ciências da Terra (UNL)**, Lisboa, V, CD-ROM: A-122-A125.
- Perilli, N.; Comas-Rengifo, M. J. & Goy, A. 2004. Calibration of the Pliensbachian-Toarcian calcareous nannofossil zone boundaries based on ammonites (Basque-Cantabrian area, Spain). **Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia**, 110 (1), 97-107.
- Rodrigues, R. 2005. Chemostratigraphy. *In*: Koutsoukos, E. (eds.). **Applied Stratigraphy**, Springer, 165-178.
- Roth, P. H. & Thierstein, H. 1972. Calcareous nannoplankton; Leg 14 of the Deep Sea Drilling Project. *In*: Hayes, D. E., Pimm, A. C., *et al.*, **Initial Reports DSDP**, 14: Washington (U. S. Govt. Printing Office), 421-485.
- Rosales, I.; Quesada, S. & Robles, S. 2004. Paleotemperature variations of Early Jurassic seawater recorded in geochemical trends of belemnites from the Basque – Cantabrian basin, northern Spain. **Palaeogeography**, 203, 253-275.
- Van de Schootbrugge, B.; Bailey, T.R.; Rosenthal, Y.; Katz, M.E.; Wright, J.D.; Feist-Burkhardt, S.; Miller, K. G.; Falkowski, P. G. 2005. Early Jurassic Climate change and the radiation of organic-walled phytoplankton in the Thetys Ocean. **Paleobiology**, 31 (1), 73-97.
- Wright, V. P. & Wilson, R. C. L. – 1984 – A carbonate submarine-fan sequence from the Jurassic of Portugal. **Journal of Sedimentology and Petrology**, 54, 394-412.