

Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal)

Lithostratigraphy of the Lower Jurassic marly limestone units from the Lusitanian Basin (Portugal)

L. V. DUARTE* & A. F. SOARES*

Palavras-chave: Litostratigrafia, Margo-calcários, Jurássico inferior, Bacia Lusitânica, Portugal.

Resumo: São apresentadas formalmente as unidades litostratigráficas do Jurássico inferior margo-calcário (acima da Formação de Coimbra) da Bacia Lusitânica. Estas unidades são justificadas através de uma definição estratigráfica e de uma caracterização sedimentar de acordo com os Guias Internacionais de Nomenclatura Estratigráfica. O óptimo controlo biostratigráfico de amonites para estas formações, disponível na maioria dos sectores da Bacia Lusitânica, permite uma boa correlação e a apresentação de um quadro representativo à escala de toda a bacia. Este contempla as seguintes unidades: Formação de Água de Madeiros (Sinemuriano superior), Formação de Vale das Fontes (Carixiano inferior-Domeriano inferior), Formação de Lemedé (Domeriano superior-base do Toarciano) e Formação de S. Gião (Toarciano inferior a superior). As características sedimentares próprias do Toarciano nas regiões de Tomar e de Peniche impõem a definição, respectivamente, das Formações do Prado (Toarciano-Aaleniano inferior) e do Cabo Carvoeiro (Toarciano-Aaleniano/Bajociano?). Algumas das formações são subdivididas em vários membros, com limites definidos à escala da subzona.

Key-words: Lithostratigraphy, Marly limestones, Lower Jurassic, Lusitanian Basin, Portugal.

Abstract: Formal lithostratigraphic units for the Lower Jurassic marly-limestone successions (above Coimbra Formation) of the Lusitanian Basin are presented. These units are justified by a stratigraphic definition and a sedimentary characterization according to the International Stratigraphic Guide. The accurate ammonite biostratigraphic control, available for these successions in most sectors of the Lusitanian Basin, allows a good correlation and the presentation of a chart representative the whole of basin. This one consider the following units: Água de Madeiros Formation (Late Sinemurian), Vale das Fontes Formation (Early Carixian-Early Domerian), Lemedé Formation (Late Domerian-Early Toarcian) and S. Gião Formation (Early to Late Toarcian). The particular sedimentary characteristics of the Toarcian succession in the Tomar and Peniche regions, impose the definition of the Prado Formation (Early Toarcian-Early Aalenian) and the Cabo Carvoeiro Formation (Early Toarcian-Aalenian/Early Bajocian?), respectively. Some of these formations are subdivided into several members, with boundaries defined at subzone level.

INTRODUÇÃO

O Jurássico inferior da Orla Mesocenozóica Ocidental de Portugal corresponde à fase inicial de enchimento carbonatado da Bacia Lusitânica. Entre os sedimentos do Lias, destacam-se espessas séries margo-calcárias, atribuídas temporalmente à parte terminal do Sinemuriano até ao final do Toarciano. A sua expressão cartográfica é bastante vasta, ocupando largas áreas territoriais, de que são exemplo as faixas de afloramento contínuo Anadia-Tomar e Mealhada-Figueira da Foz (Fig. 1). No entanto, outros importantes sectores são definidos, embora com

afloramentos mais localizados, mas, nem por isso, menos decisivos para o entendimento da variabilidade sedimentar ocorrida na bacia, nomeadamente nas imediações das povoações de Soure, S. Pedro de Moel, Porto de Mós, Maceira, Serra d'El-Rei, Peniche e Arrábida-Sesimbra.

Decorrente desta diferenciação e de um conhecimento detalhado das séries sedimentares, os grandes objectivos do presente trabalho são a apresentação de um quadro litostratigráfico formal (formações e, quando possível, membros) para o Lias margo-calcário, capaz de sintetizar toda a informação estratigráfica, sedimentológica e paleontológica disponível.

* Departamento de Ciências da Terra, Centro de Geociências da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 3000-272 Coimbra, Portugal. Email: lduarte@ci.uc.pt

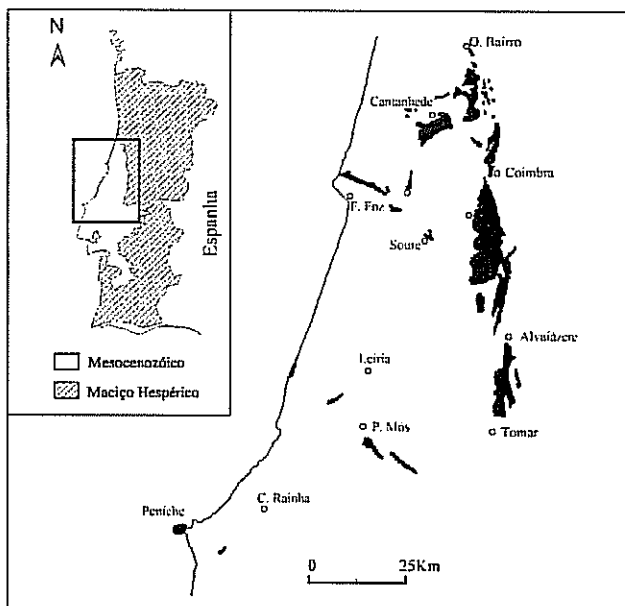


Fig. 1 – Localização geográfica dos afloramentos margo-calcários liásicos na Bacia Lusitânica.

– Location of the Liassic marly limestone outcrops in the Lusitanian Basin.

A SEDIMENTAÇÃO MARGO-CALCÁRIA LIÁSICA E O SEU CONTEXTO SEDIMENTAR

No que concerne ao estudo da dinâmica sedimentar subjacente à acumulação margo-calcária ocorrida na Bacia Lusitânica, entre o Sinemuriano superior e o Toarciano superior, deverá conjugar-se toda a informação disponível, enquadrada no contexto da primeira fase de abertura do Atlântico Norte (1.^a fase de “rifting”, WILSON *et al.*, 1989; SOARES *et al.*, 1993; SOARES & DUARTE, 1995, 1997). Esta etapa, que abrange mais de 50 Ma, engloba toda a série de sedimentos compreendida entre os depósitos siliciclásticos de cor vermelha do final do Triásico (Formação da Conraria; PALAIN, 1976; ROCHA *et al.*, 1990; GOMES, 1996) e os sedimentos carbonatados do Caloviano terminal (SOARES *et al.*, 1993; SOARES & DUARTE, 1997; WILSON *et al.*, 1989). No contexto deste ciclo maior e no seguimento da acumulação detrítica do Triásico superior e das fácies dolomíticas do Hetangiano/Sinemuriano, os sedimentos do Pliensbaquiano/Toarciano correspondem aos períodos de maior influência marinha. Este facto comprova a abertura da bacia ao meio marinho, iniciada parcialmente durante o Sinemuriano superior (Lotaringiano). Estas séries, por vezes intensamente fossilíferas e com uma variação lateral de fácies muito ténue, são entendidas como resultantes de uma deposição realizada, genericamente, em condições

de baixa energia, em ambiente de rampa carbonatada homoclinal (DUARTE, 1995, 1997, 2000). As fácies sugerem que a deposição ter-se-á realizado numa morfologia de fundo marinho, inclinada para a porção noroeste da bacia, o que terá potenciado, como mais adiante se demonstrará, uma maior deposição de sedimentos neste último quadrante. Toda esta fase de acumulação margo-calcária precede uma outra de construção progradante (rampa de pente distal), que caracteriza o enchimento carbonatado ocorrido, essencialmente, durante o Bajociano-Batoniano (*vide* AZERÊDO, 1993, 1998; SOARES *et al.*, 1993; SOARES & DUARTE, 1997).

A variação vertical de fácies e a organização sequencial patente na série compreendida entre o Lotaringiano e o Toarciano superior evidencia uma série de descontinuidades sedimentares de 2.^a e 3.^a ordens, de valor bacinal. Estas traduzem uma interposição de mecanismos tectónicos e/ou eustáticos, conforme os argumentos apontados em trabalhos anteriormente publicados (*vide* SOARES & DUARTE, 1995, 1997; DUARTE, 1997, 2000; DUARTE *et al.*, 2001). Algumas destas descontinuidades delimitam o quadro litostratigráfico aqui apresentado, não sendo o seu valor objecto de discussão no presente trabalho.

ANTECEDENTES

Apesar dos primeiros trabalhos relacionados com o Liásico da Orla Mesocenozóica Ocidental remontarem ao século XIX e aos primórdios do século XX (*vide* SHARPE, 1850; CHOFFAT, 1880, 1903-1904, 1905, 1908, 1927), só a partir da segunda metade deste último se regista um grande incremento no seu conhecimento. Na verdade, sob a orientação de R. MOUTERDE, foram efectuados e publicados trabalhos dirigidos especificamente para a biostratigrafia das amonites de pontos importantes da Bacia Lusitânica (MOUTERDE, 1955, 1967; CAMARATE FRANÇA & MOUTERDE, 1965; MOUTERDE *et al.*, 1964-1965, 1971, 1978, 1980; MOUTERDE & RUGET, 1967a, 1967b, 1975; MOUTERDE & ROCHA, 1983). Nesta perspectiva inserem-se, ainda, os trabalhos de geologia regional, efectuados na faixa longitudinal entre Mealhada e Tomar, a sua maioria com a apresentação de cartografia geológica de base cronostratigráfica: DURONSOY (1961), PONS (1961), CHARNAY (1962), DUPLAN (1963), SAINT-SUZANNE (1963), BAILLEAU (1965), COURBOULEIX (1972), COURBOULEIX *et al.* (1974), ROSSET & MOUTERDE (1971) e ROSSET *et al.* (1971, 1975). Neste âmbito salienta-se, igualmente, o trabalho de geologia regional de ROMARIZ (1960) sobre a região de Soure e todos os trabalhos subjacentes à Carta Geológica de Portugal (à escala 1/50 000), dirigidos pelos

Serviços Geológicos de Portugal, que terão beneficiado com os estudos biostratigráficos anteriormente realizados nas respectivas regiões: Folhas 38B/Setúbal (ZBYSZEWSKI *et al.*, 1965), 30A/Lourinhã (CAMARATE FRANÇA *et al.*, 1961), 27A/V. Nova de Ourém (ZBYSZEWSKI *et al.*, 1974), 26C/Peniche (CAMARATE FRANÇA *et al.*, 1960), 22D/Marinha Grande (ZBYSZEWSKI & ASSUNÇÃO, 1965), 19C/Figueira da Foz (ROCHA *et al.*, 1981) e 16C/Vagos (BARBOSA, 1981).

Com a excepção do trabalho de HALLAM (1971), só a partir da década de oitenta é que se começaram a desenvolver os estudos referentes às questões sedimentológicas, ao conhecimento da natureza dos sedimentos a diversas escalas de observação e à interpretação da sua variação lateral e vertical. O ponto de partida para que se comesçassem a utilizar os princípios consagrados da litostratigrafia e da alostratigrafia, de modo a justificarem os trabalhos de cartografia geológica e a ser possível demonstrar a evolução do registo sedimentar em termos dos ambientes deposicionais, parece ter sido dado com o trabalho de SOARES *et al.* (1985). Todavia, a perspectiva de formalização litostratigráfica foi secundarizada em função de um interesse maior, no reconhecimento das descontinuidades sedimentares como integradoras de uma análise sequencial hierarquizável (*vide* WRIGHT & WILSON, 1984; GUERY, 1984; GUERY *et al.*, 1986; SOARES & ROCHA, 1984; SOARES *et al.*, 1985, 1993; DUARTE, 1990, 1991, 1995, 1997, 1998a, b, c, 2000; DUARTE & SOARES, 1993; SOARES & DUARTE, 1995, 1997; ROCHA *et al.*, 1996; KULLBERG *et al.*, 1997).

Na sequência do trabalho pioneiro referente à região de Coimbra (SOARES *et al.*, 1985), foi apresentado pelos mesmos autores um primeiro esboço de uniformização litostratigráfica (informal), aplicado ao sector norte da bacia (ROCHA *et al.*, 1990), integrando a informação contida na Folha 19A (Cantanhede) da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000 (BARBOSA *et al.*, 1988). Esta foi a primeira carta geológica dos então Serviços Geológicos de Portugal a conter uma definição litostratigráfica para as unidades liásicas da bacia, embora sem enquadrar os requisitos de formalização necessários.

LITOSTRATIGRAFIA DAS UNIDADES DO LOTARINGIANO-TOARCIANO SUPERIOR

Os estudos de natureza paleontológica e biostratigráfica, conforme o referido anteriormente, retardaram a aplicação dos princípios da litostratigrafia no reconhecimento das séries sedimentares. O trabalho pioneiro a introduzir alguns dos parâmetros necessários à apresentação de unidades litostratigráficas surge com os estudos das pesquisas petrolíferas, que incluem toda a porção

margo-calcária do Lias na (mega) **formação de Brenha** (WITT, 1977). Só mais tarde, já na década de oitenta, é que os trabalhos de cartografia regional vieram revelar uma preocupação na definição de unidades litostratigráficas, embora sem o rigor e a formalização, requisitos implícitos nos princípios consagrados nos códigos/guias internacionais de nomenclatura estratigráfica (I. S. S. C., 1994, 1999). Várias foram as designações então sugeridas para apelar as diversas unidades ocorrentes no Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (*vide* TEIXEIRA *et al.*, 1979; SOARES *et al.*, 1985; BARBOSA *et al.*, 1988; ROCHA *et al.*, 1990; DUARTE, 1990, 1991; SOARES & DUARTE, 1995, 1997; MANUPPELLA & AZERÊDO, 1996; MANUPPELLA *et al.*, 1985, 2000) (Fig. 2). O carácter restrito de algumas delas, justificadas através de cartografia geológica local, e a dificuldade de visualizar com detalhe os corpos sedimentares na sua expressão vertical, noutros casos, obrigam a uma reflexão crítica, devido à multiplicidade de termos utilizados para o mesmo corpo sedimentar. É neste âmbito que se apresenta um quadro-síntese das unidades litostratigráficas à escala de toda a bacia, devidamente fundamentado (Fig. 3). Nele, é notória a preocupação em manter algumas das designações já existentes, embora seja evidente que os corpos sedimentares previamente definidos nesses locais não sejam passíveis de uma análise sedimentar (e consequentemente estratigráfica) conveniente, como resultado de condições deficientes de afloramento. Incluem-se, nesta situação, as designações atribuídas para as regiões de Coimbra (SOARES *et al.*, 1985) e de Cantanhede (BARBOSA *et al.*, 1988), largamente difundidas na bibliografia, mas onde são marcantes os aspectos restritivos tão diversos como cobertura vegetal, complexidade tectónica e/ou grande densidade urbanística.

Por outro lado, as variações laterais de fácies ocorridas na bacia durante o 1.º ciclo jurássico, principalmente ao nível do Toarciano, permitem definir vários sectores com características sedimentares distintas (Figs. 3 e 4). Devido à especificidade das suas fácies, com esquemas de articulação vertical, por vezes, mesmo exclusivos, são reconhecidos para a sedimentação liásica na Bacia Lusitânica, os sectores de Arrábida (MANUPPELLA & AZERÊDO, 1996; KULLBERG *et al.*, 2001), Tomar (MOUTERDE *et al.*, 1971; DUARTE, 1995, 1997), S. Pedro de Moel (MOUTERDE, 1967; ANTUNES *et al.*, 1981; DUARTE, 1995) e Peniche (MOUTERDE, 1955; GUERY, 1984; WRIGHT & WILSON, 1984; ELMI *et al.*, 1988; DUARTE, 1995, 1997, 1998b; FERNANDEZ-LOPEZ *et al.*, 2000). Nos restantes locais da bacia, apesar da diferenciação em termos de espessura, é evidente uma homogeneização lateral de fácies (Fig. 4). Com esta disposição justificam-se, para as diversas posições da bacia, esboços paleogeográficos parcelares (tempo-

Cronostratigrafia		Generalidade da Bacia (Teixeira et al., 1979)		Coimbra (Soares et al., 1985)	Cantanhede (Barbosa et al., 1988)	Sector N da Bacia (Rocha et al., 1990; Soares & Duarte, 1997)	Porto de Mós (Manuppella et al., 2000)	Arrábida (Manuppella & Azerêdo, 1996)		
DOGGER	AALEMIANO	J ₁	Calcários e Calcários margosos com <i>Letoceras</i>	Margas e calcários margosos de Pedruha	Calcários margosos de Pedruha	Calcários margosos de Póvoa da Lomba	Calcários margosos de Póvoa da Lomba	Formação Calcários Margosos e Margas da Fômea		
LIÁSICO	TOARCIANO	Superior	Calcários e margas com <i>Pleydella</i> , <i>Hanmatoceras</i> e <i>Irodieia</i>		Margas e calcários margosos de Eiras	Margas e calcários margosos de Adémio	Margas calcárias de S. Gião		Margas calcárias de S. Gião	Margas dolomíticas e calcários dolomíticos com braquiópodes da Meia Velha
		Médio	Calcários margosos e margas com <i>Hildoceras</i>							
		Inferior	Calcários e calcários margosos com <i>Hildites</i> , <i>Bouleceras</i> e <i>Dactyloceras</i>							
	PLIENSBAQUIANO	Domeriano	J ₁	Calc. com <i>Pleuroceras</i> e <i>Emaciatoceras</i>	Calcários marg. Loreto	Calc. marg. Lameda	Calcários de Lameda	Margas dolomíticas e calcários dolomíticos com braquiópodes da Meia Velha		
		Carixiano	J ₁	Calc., margas e xistos betuminosos com <i>Amalithus</i> e <i>Fucintoceras</i>	Margas de Eiras	Margas e calcários margosos de Vale das Fontes	Margas de Vale das Fontes			
	SINEMURIANO	Superior (Lotaringiano)	J ₁	Calc. em bancos espessos com <i>Deroceatídeos</i>	Camadas de Coimbra	Camadas de S. Miguel	Camadas de Coimbra s. s.	Camadas de Coimbra	Dolomitos em plaquetas	
J ₁			Calcários e c. margosos com <i>Echtoceras</i> , <i>Asteroceras</i> , <i>T. rihetrol</i>	Camadas de Coimbra s. s.						
	Inferior	J ₁	Complexo carbonatado (dolomitos e calcários dolomíticos)					Dolomitos de Sesimbra		

Fig. 2 – Unidades litostratigráficas informais propostas por diversos autores para o Sinemuriano-Toarciiano superior de diferentes sectores da Bacia Lusitânica.

– Sinemurian to Upper Toarcian stratigraphic units proposed by previous authors for diverse sectors of the Lusitanian Basin.

rais) muito semelhantes (*vide*, por exemplo, MOUTERDE & RUGET, 1975; MOUTERDE *et al.*, 1979; DUARTE, 1995, 1997), à excepção dos referidos pontos de observação.

Considerando que o objecto em análise se circunscreve a sedimentos margo-calcários, apenas o sector de Arrábida-Sesimbra é excluído da presente apresentação litostratigráfica formal, mantendo-se as designações informais recentemente propostas e fundamentadas em MANUPPELLA & AZERÊDO (1996). Por outro lado, para além de apresentar um enquadramento sedimentar maioritariamente de natureza calcária e dolomítica (ambiente de plataforma interna), é definida para aquele sector uma importante lacuna, abrangendo grande parte do Toarciiano (médio e superior) e do Aaleniano (Fig. 3). Assim, para a série margo-calcária liásica da bacia, consideram-se seis formações (três delas equivalentes e com valor regional/local; Fig. 3), que abrangem desde a base do Lotaringiano até ao Toarciiano superior: Formação de Água de Madeiros, Formação de Vale das Fontes, Formação de Lameda, Formação de S. Gião, Formação do Prado e

Formação do Cabo Carvoeiro. As unidades apresentadas enquadram-se entre a unidade calco-dolomítica do Sinemuriano (Camadas de Coimbra s. s. in SOARES *et al.*, 1985, 1993) e os Calcários margosos de Póvoa da Lomba (in BARBOSA *et al.*, 1988), do Toarciiano superior (Bizona Meneghinni)-Bajociano inferior. A grande riqueza em amonóides, patente em toda a série margo-calcária liásica, permite uma boa definição biostratigráfica (segundo os quadros de ELMI *et al.*, 1989 e de ROCHA *et al.*, 1996) dos diversos limites litostratigráficos. Estes correspondem sempre a paraconformidades, já que a sedimentação é aparentemente contínua, com ausência de hiatos significativos.

Formação de Água de Madeiros

Origem do nome: Arribas das praias envolventes ao lugar de Água de Madeiros (S. Pedro de Moel), nomeadamente, Água de Madeiros e Polvoeira. Esta designação é proposta pela primeira vez neste trabalho.

Cronostratigrafia e Biozonas de Amonites			Unidades litostratigráficas propostas neste trabalho					Arrábida (Manuppella & Azerêdo, 1996)				
			Generalidade da Bacia		Peniche/S. Pedro de Moel		Tomar					
LIÁSICO	SUPERIOR	AALENIANO	Opalinum	<u>Calcários de Póvoa da Lomba</u>					Fm. do Prado	Fm. do Prado		
				TOARCIANO	Superior	Fm. de S. Gião	Margas e margas calcárias com braquiópodes	Fm. do Cabo Carvoeiro			mb. C. Carvoeiro 5	
					Médio		Margas e calcários margosos com bioconstruções de espongiários					mb. C. Carvoeiro 4
		TOARCIANO	Médio	Gradata	Fm. de S. Gião	Margas e calcários margosos com <i>Hildoceras</i>	mb. C. Carvoeiro 3					
				Bifrons		C. nodul. em plaquetas						
			Inferior	Levisoni		Margo-calcários com fauna de <i>Leptaena</i>						
	MÉDIO	PLIENSBAQUIANO	Domeriano	Spinatum	Fm. de Lemedo					Margas dolomíticas e Calcários dolomíticos com braquiópodes da Meia Velha		
				Margaritatus	Fm. de Vale das Fontes	Margo-calcários com níveis betuminosos	Fm. de Vale das Fontes	Margo-calcários com níveis betuminosos	Fm. de Vale das Fontes			
		Carixiano	Ibex	Margas e calcários grumosos		Margas e calcários grumosos						
		Jamesoni	Margas e calcários com <i>Uptonia</i> e <i>Pentacrinus</i>	Margas e calcários com <i>Uptonia</i> e <i>Pentacrinus</i>	Mb. Praia Pedra Lias							
INFERIOR	SINEMURIANO	Superior (Lotaringiano)	Raricostatum	Formação de Coimbra	Camadas de S. Miguel	Fm. de Água de Madeiros	Membro de Polvoeira	Formação de Coimbra	Dolomitos de Sesimbra			
			Oxynotum							Camadas de Coimbra s.s.	Camadas de Coimbra s.s.	
Inferior												

Fig. 3 – Unidades litostratigráficas propostas neste trabalho. As unidades sublinhadas carecem de formalização.

– Lithostratigraphical chart proposed in this work. Underlined units require formal definition.

Idade: Lotaringiano médio/superior (Biozonas *Oxynotum*?/*Raricostatum*) à base do Carixiano inferior.

Designações informais equivalentes: Equivalente parcial de *Camadas com Gryphaea obliqua* (CHOFFAT, 1880); *Camadas de S. Miguel*, definida para a região de Coimbra (SOARES *et al.*, 1985); parte superior das *Camadas de Coimbra*, definida para a região de Cantanhede (BARBOSA *et al.*, 1988).

Corte-tipo: Perfil composto entre os diversos afloramentos da região de S. Pedro de Moel: base da unidade observável junto à praia de Polvoeira (cerca de 4 km a sul de S. Pedro de Moel); tecto visível na praia de Água de Madeiros (Fig. 5).

Principais cortes alternativos: Papôa (Peniche), Vale das Fontes (Figueira da Foz) e pedra do Mota (Montemor-o-Velho).

Unidade subjacente: A Formação de Água de Madeiros assenta sobre a Formação de Coimbra (*Camadas de Coimbra s. s. sensu* SOARES *et al.*, 1985). Esta unidade, observável nas falésias contíguas ao farol de S. Pedro de Moel (Penedo da Saudade) e em Polvoeira, é composta nesta região por uma sucessão calcária de natureza bioclástica (biomicritos/wackestone-packstone), com cerca de 70 m de espessura. Estes níveis são caracterizados por uma bioturbação intensa (exemplos de *Rhizocorallium* e *Thalassinoides*), bem como por uma grande diversidade macrofaunística (braquiópodes, lamelibrânquios e gastrópodes), não raras vezes constituindo verdadeiras lumachelas (*Terebratula ribeiroi* CHOFFAT, *Nerinella ficalhoi* CHOFFAT, *Ceratomya cf. petricosa* (SIMPSON) (*vide* MOUTERDE & ROCHA, 1981). Associados aos níveis superiores da Formação de Coimbra, ocorrem na região de S. Pedro de Moel, *Asteroceratídeos* tal como *Asteroceras obtusum* (SOW.), *Pompeckioceras*

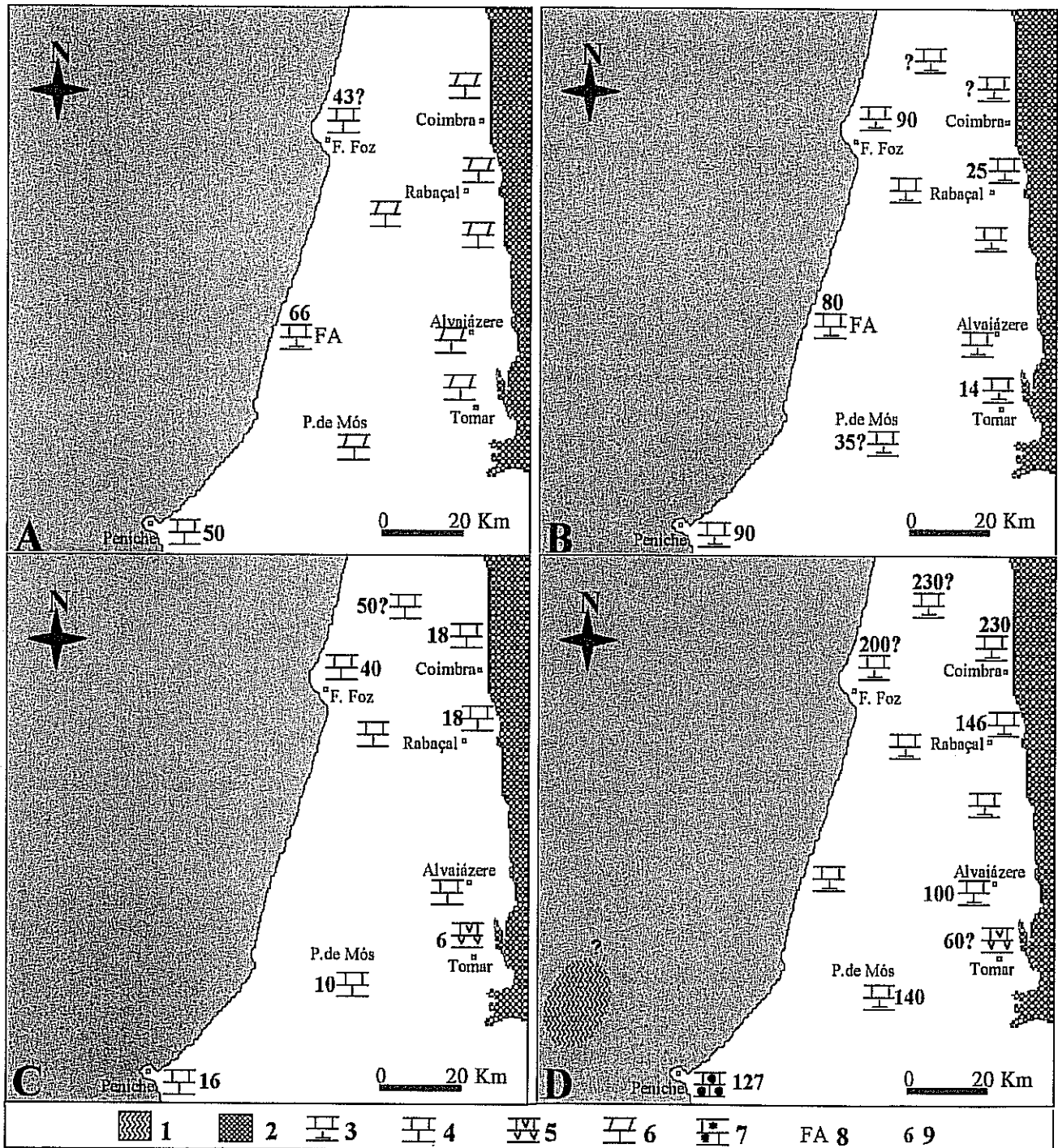


Fig. 4 – Mapas de fácies e variação de espessura na Bacia Lusitânica para cada uma das formações liásicas. A: Formação de Água de Madeiros; B: Formação de Vale das Fontes; C: Formação de Lemede; D: Formação de S. Gião (as espessuras nas regiões de Tomar e de Peniche correspondem, respectivamente, às Formações de Prado e do Cabo Carvoeiro). 1: Bloco emerso; 2: Maciço Hespérico (parcialmente submerso durante o Liásico médio e superior); 3: Fácies margo-calciárias; 4: Fácies calciárias; 5: Fácies bioclásticas; 6: Fácies calco-dolomíticas; 7: Fácies oolíticas e detríticas; 8: Fácies betuminosas; 9: Espessura (metros).

– Facies maps and thickness variation of each Liassic formation in the Lusitanian Basin. A: Água de Madeiros Formation; B: Vale das Fontes Formation; C: Lemede Formation; D: S. Gião Formation (in the regions of Tomar and Peniche, thickness corresponds to the Prado and Cabo Carvoeiro Formations, respectively). 1: Emerged block; 2: Hesperic Massif (partially submerged during the Middle-Late Liassic); 3: Marly facies; 4: Calcareous facies; 5: Bioclastic facies; 6: Calco-dolomitic facies; 7: Detrital and oolitic facies; 8: Bituminous facies; 9: Thickness (metres).

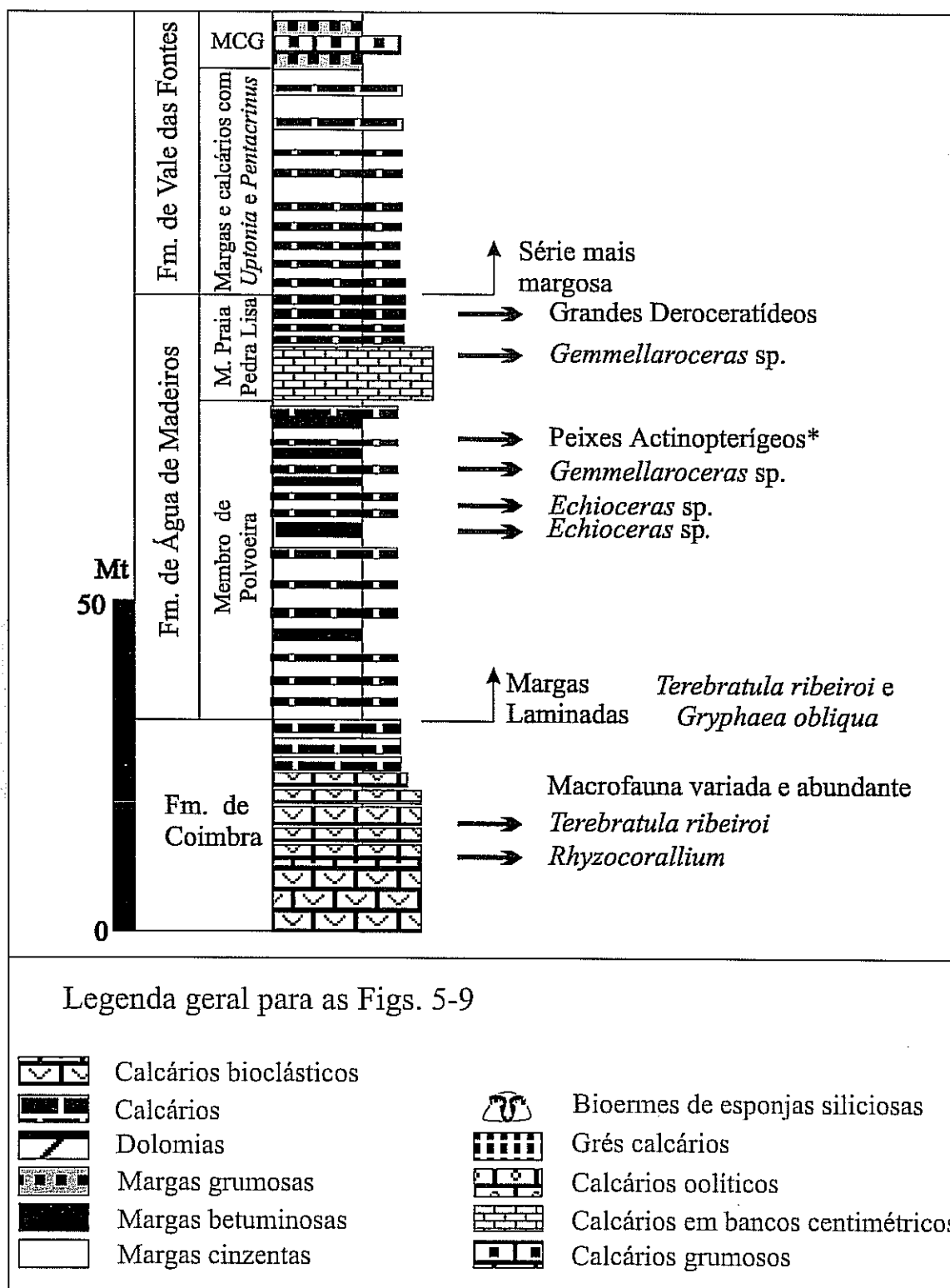


Fig. 5 – Perfil esquemático e principais marcadores cartográficos da Formação de Água de Madeiros na região de S. Pedro de Moel. MCG – Margas e calcários grumosos.

– Summary stratigraphic log and main cartographic markers for the Água de Madeiros Formation in the S. Pedro de Moel region. MCG – Marls and lumpy limestones.

oncocephalus (POMP.) e *Epophioceras* sp., indicadores da base do Lotaringiano (Biozona Obtusum, MOUTERDE, 1967; MOUTERDE & RUGET, 1975; MOUTERDE & ROCHA, 1981). No contexto da bacia, estas ocorrências são muito importantes, uma vez que constituem as primeiras referências de amonites jurássicas.

Definição: A Formação de Água de Madeiros é constituída por uma grande variabilidade de litótipos, que incluem alternâncias de margas calcárias, margas laminadas e betuminosas, com calcários margosos, micríticos e bioclásticos. A base da unidade é definida no primeiro nível de marga mais marcante (mais espessa) que sucede aos calcários das **Camadas de Coimbra**. A variação observada entre as duas unidades é gradual, assistindo-se, igualmente, a uma diminuição do carácter bioclástico. A associação vertical das litofácies permite subdividir a Formação de Água de Madeiros em dois membros:

Membro de Polvoeira

É composto por alternâncias de margas e calcários margosos de cor cinzenta, na base por vezes muito ricos em lamelibrânquios (*Gryphaea obliqua*) e braquiópodes (*Terebratula ribeiroi*). No topo desta sucessão (últimos 16 m), bem visível nas falésias de Água de Madeiros, são notáveis alguns horizontes de amonóides densamente acumulados, onde se destacam os géneros *Echioceras* e *Gemmellaroceras*. Ainda nesta porção da unidade definem-se fácies de margas negras laminadas, às vezes betuminosas. Estes níveis, frequentemente ricos em restos de peixes actinoptérgios (ANTUNES *et al.*, 1981), denunciam uma fase de aprofundamento deposicional. Aliás, estas fácies anóxicas são bem desenvolvidas em todo o Pliensbaquiano da região de S. Pedro de Moel, o que realça a importância deste sector nas reconstituições paleogeográficas. Equivalentes a estes níveis da Biozona Raricostatum, mas sem fácies betuminosas, são os margo-calcários que constituem a base da Formação de Água de Madeiros na região de Peniche. No perfil de Papôa-Portinho da Areia, estes sedimentos encerram vários espécimes de *Echioceras* (*Echioceras nodotianum* in MOUTERDE, 1955), associados a uma fauna particularmente rica e variada (*Gryphaea cymbium* LMK, *Terebratula punctata* SOW., *Homeorhynchia ranina* SUESS e vários tipos de Pholadomídeos, in MOUTERDE, 1955).

Idade: Lotaringiano médio (?) a superior (Biozonas Oxynotum?- Raricostatum).

Espessura: Os perfis parciais de Polvoeira e de Água de Madeiros permitem estimar uma espessura de cerca de 48/50 m para o sector de S. Pedro de Moel; diminui consi-

deravelmente em Peniche, onde se circunscribe a 10 m. Observações parciais desta unidade podem ser feitas em Vale das Fontes (Figueira da Foz) e Montemor-o-Velho.

Membro da Praia de Pedra Lisa (= Calcários maciços com Deroceras, in ANTUNES *et al.*, 1981)

O topo da Formação de Água de Madeiros é materializado por uma série fundamentalmente calcária, intervalada ocasionalmente por leitões margosos milimétricos a centimétricos. Apesar desta tendência, existe uma clara diferenciação de fácies entre os sectores de Peniche e de S. Pedro de Moel. No primeiro caso, mesmo que a fracturação não possibilite uma avaliação correcta da unidade, a sucessão é consideravelmente mais espessa (valores próximos dos 40 m) e bioclástica (biomicritos/wackestone). Em Água de Madeiros, este membro expressa-se na base por uma sucessão de calcários microspartíticos (cerca de 8 m), de superfícies irregulares e em bancos delgados (5 a 10 cm); no topo, sucede um conjunto de calcários decimétricos, intercalado de margas cinzentas centimétricas, numa sucessão estratonomica regular (cerca de 8 m). A presença de Deroceratídeos nestes últimos níveis levaram MOUTERDE (1967) (*vide* também ANTUNES *et al.*, 1981) a posicioná-los no topo da Biozona Raricostatum. De acordo com DOMMARGUES (1987), a presença de *Apodero-ceras* do grupo *nodogigas* (QUENST) obriga a colocar o topo deste membro (e consequentemente da Formação de Água de Madeiros), na base do Carixiano inferior.

Idade: Final do Lotaringiano superior (topo da Biozona Raricostatum) à base do Carixiano inferior (base da Biozona Jamesoni).

Geometria e Espessura: A Formação de Água de Madeiros assenta em paraconformidade sobre as Camadas de Coimbra *s. s.* (in SOARES *et al.*, 1985). É definida, somente, nos afloramentos mais ocidentais da bacia, exibindo aí espessuras bastante variáveis (entre cerca de 66 m em S. Pedro de Moel e de 50 m em Peniche) (Fig. 4). Este facto é uma consequência directa do forte diacronismo observável no Sinemuriano da bacia, entre fácies dolomíticas e calcárias (*vide* MOUTERDE *et al.*, 1971; MOODY, 1972; SOARES *et al.*, 1993). Por essa razão, a Formação de Água de Madeiros equivale lateralmente (para Oriente) e parcialmente às Camadas de Coimbra (Camadas de S. Miguel no sector de Coimbra, SOARES *et al.*, 1985). Esta unidade é constituída na sua base por uma série de calcários dolomíticos e micríticos, pouco fossilíferos; para o topo, e de forma regular, os calcários alternam com níveis centimétricos de marga cinzenta. Apesar da boa informação paleontológica disponível (ROCHA *et al.*, 1990), que permite posicionar as Camadas de S. Miguel

entre as Biozonas Oxynotum/Raricostatum e o Carixiano inferior (Biozona Jamesoni), a definição formal desta unidade encerra alguns problemas que resultam da ausência de um bom corte-tipo, de modo a definir os seus limites e, com isso, a avaliação correcta da sua espessura.

Formação de Vale das Fontes

Origem do nome: Vale das Fontes, localizada no flanco sul da Serra da Boa Viagem. Designação atribuída inicialmente na Folha 19A-Cantanhede da Carta Geológica de Portugal (BARBOSA *et al.*, 1988).

Idade: Pliensbaquiano (Carixiano inferior-Domeriano inferior).

Designações informais equivalentes: Margas de Eiras (SOARES *et al.*, 1985); Margas e calcários margosos de Vale das Fontes (BARBOSA *et al.*, 1988); parte inferior de Calcários e margas de Quiaios (BARBOSA *et al.*, 1988); parte inferior da Formação Calcários margosos e margas da Fórnea (membro *Fórnea 1* in MANUPPELLA *et al.*, 2000).

Corte-tipo: Definido na península de Peniche, entre Papôa e o Portinho da Areia (Fig. 6); nos taludes da EN nº 109, junto à povoação de Brenha, pode observar-se com muito bom detalhe a maior parte da sua porção superior.

Principais cortes alternativos: S. Pedro de Moel (cerca de 80 m), Serra da Boa Viagem, Rabaçal-Alcalamouque (cerca de 25 m), Alvaiázere, Porto de Mós e Tomar (14 m em Ovelheiras; 21 m em Vale Venteiro).

Definição: Esta unidade é composta em toda a sua extensão lateral por margas e margas calcárias decimétricas, que alternam com bancos de calcário margoso e que muito raramente ultrapassam os dois decímetros de espessura; uma das características dominantes é a sua grande diversidade paleontológica, mais precisamente macrofaunística (amonóides, belemnites, lamelibrânquios, crinóides, braquiópodes, gastrópodes) (*vide* MOUTERDE *et al.*, 1983); estas características evidenciam uma deposição, generalizada a toda a bacia, em ambiente de rampa distal.

No bordo SE da Bacia, concretamente na região a norte de Tomar (Pedreira e Vale Venteiro), as fácies contêm uma macrofauna bentónica assinalável (*Pecten acuticosta* LAM, *Harpax pectinoides* LAM, *Gibbirhynchia* cf. *curviceps* (QUENST), *Tetrahynchia* gr. *tetrahedra* (SOW), *Terebratula thomarensis* CHOFFAT, *Pentacrinus basaltiformis* (MIL.), entre outros géneros como *Modiola*, *Zeilleria*, *Pholadomya* e *Ostrea*). Contrariamente a todos os outros sectores da bacia, os amonóides são particularmente raros, dificultando uma seriação biostratigráfica mais precisa (*vide* MOUTERDE *et al.*, 1971). Todavia, as

associações de amonóides permitem datar esta unidade, na generalidade dos casos, do Carixiano inferior (Biozona Jamesoni) ao topo do Domeriano inferior (topo da Biozona Margaritatus). Na região de Tomar, a dolomitização característica das **Camadas de Coimbra s. s.** parece ultrapassar claramente o Sinemuriano, afectando o Carixiano inferior e parte do Carixiano médio (*vide* MOUTERDE & ROCHA, 1983).

Geometria e Espessura: As suas características, predominantemente margosas, permitem alargar a definição desta unidade a toda a bacia, onde se registam espessuras desde 14 m, em Tomar, até 90 m, em Peniche e Brenha (Fig. 4). Nestes últimos dois sectores, assim como em S. Pedro de Moel (posições da bacia onde esta unidade se encontra particularmente desenvolvida), a **Formação de Vale das Fontes** pode ser decomposta em três membros:

Membro Margas e calcários com *Uptonia* e *Pentacrinus*

Composto por alternâncias de margas e calcários margosos, numa sucessão bastante rítmica, apresentando, por vezes, superfícies de estratificação muito irregulares, justificadas pela presença de estruturas de deformação sin-sedimentar. Este membro mostra uma componente fossilífera diversificada, mas particularmente rica de artícu-los de crinóides (*Pentacrinus subteres* (MUNSTER) in MOUTERDE *et al.*, 1978) e belemnites. Uma maior concentração destes elementos confere aos sedimentos uma litofácies bioclástica de textura wackestone.

Idade: Os amonóides permitem datar este membro como pertencente à Biozona Jamesoni.

Espessura: 26 m em Peniche.

Membro Margas e calcários grumosos

Esta sucessão é composta por margas, margas calcárias, margas e calcários grumosos, com intercalações de margas laminadas, às vezes bem expressivas e levemente betuminosas. As fácies grumosas, que têm suscitado enorme interesse do ponto de vista genético e sedimentar (*vide* HALLAM, 1971; DOMMERGUES *et al.*, 1981; DROMART & ELMI, 1986; ELMI *et al.*, 1988; FERNANDEZ-LOPEZ *et al.*, 2000), correspondem a pequenas concreções nodulares subangulosas, centimétricas, de micrite castanho-escura (intraclastos) com recristalizações microesféricas (radio-lários?), espículas de espongiários siliciosos e moluscos. Estes elementos são particularmente expressivos nos sectores ocidentais e constituem um óptimo indicador cartográfico da base do Pliensbaquiano.

Idade: Este membro reparte-se temporalmente pela porção terminal da Biozona Jamesoni até à Biozona Ibex (Subzona Luridum, topo do Horizonte Rotundum, in PHELPS, 1985).

Espessura: 29 m em Peniche.

Membro Margo-calcários com níveis betuminosos

É composto por margas laminadas (“xistentas”) cinzentas, alternando com calcários margosos, num conjunto intensamente ferruginoso (limonítico). A análise de fácies deste membro demonstra uma acumulação resultante de uma fase de aprofundamento da bacia, potenciando a criação de condições de anoxia. Prova disso, constitui a escassez de registos de organismos macrobentónicos, por oposição à ocorrência abundante de macrofauna neotónica (amonóides e belemnites). Este tipo de fácies não está presente nos sectores proximais de Tomar-Ansião.

Idade: Do ponto de vista biostratigráfico, este membro abrange a parte terminal da Biozona Ibex (Subzona Luridum, Horizonte Crassum) até ao topo da Biozona Margaritatus.

Espessura: Cerca de 35 m em Peniche.

Formação de Lemedede

Origem do nome: Povoação de Lemedede, 3,5 km a sudoeste de Cantanhede; designação atribuída pela primeira vez na Folha 19A-Cantanhede da Carta Geológica de Portugal (BARBOSA *et al.*, 1988).

Idade: Domeriano superior (Biozona Spinatum) à base do Toarciano (base da Biozona Polymorphum).

Designações informais equivalentes: Calcários margosos do Loreto (SOARES *et al.*, 1985); Calcários margosos de Lemedede (BARBOSA *et al.*, 1988); membro *Fórnea 2* da Formação Calcários margosos e margas da *Fórnea* (in MANUPPELLA *et al.*, 2000).

Corte-tipo: Cabo Carvoeiro (Peniche), entre as praias de Portinho da Areia e do Abalo (Fig. 6).

Principais cortes alternativos: Pedreira e Vale Venteiro (Tomar) (6 m), Zambujal de Alcaria (Porto de Mós), Alvaiázere, Alvorge, Montemor-o-Velho, Lemedede, Peniche (16 m), Rabaçal (cerca de 18 m), Bairro do Loreto em Coimbra (cerca de 18 m) e Brenha (30 m).

Definição: De claro domínio calcário, é composta por uma sucessão de calcários margosos e micríticos em bancos decimétricos, alternantes com margas calcárias cinzentas, centimétricas. A fauna é aqui extremamente abundante e diversa, sendo notável em alguns horizontes a riqueza em amonites (Amalteídeos, Harpoceratídeos e, no topo, Dactylioceratídeos), belemnites, braquiópodes (Spiriferínídeos, Rinconelídeos e Terebratulídeos) e lamelibrânquios (*Harpax pectinoides* LMK.); menos frequentes são as ocorrências de crinóides, espículas de equinídeos e gastrópodes. Uma das características emblemáticas desta unidade deve-se à presença massiva de belemnites, um dos elementos que melhor identificam esta formação.

Com este contexto margo-calcário, contrasta a região de Tomar-Alvaiázere, onde as fácies chegam a ser exclusivamente calcárias, vindo mesmo a atingir um pólo bioclástico (biomicritos a biosparitos/grainstone). Na região de Tomar, a unidade é composta por um pequeno conjunto (cerca de 6 m de espessura) de estratos bioclásticos amarelados, levemente dolomíticos e com uma espessura média de 25 cm, sendo grande a diversidade macrofaunística bentónica (*Pecten*, *Harpax*, *Lobothyris*, *Spiriferina*, *Zeilleria*, entre outros).

A fauna de amonites toarciana (*Eodactylites* sp.), encontrada no último nível desta formação (visível, por exemplo, nas regiões de Rabaçal, Coimbra, Peniche e Tomar), permite incluir esta unidade entre o Domeriano superior (Biozona Spinatum) e a base do Toarciano inferior (Biozona Polymorphum).

Geometria e Espessura: Esta unidade é reconhecida em toda a bacia. A espessura varia entre os 6 m, em Tomar, até cerca de 30 m, em Brenha. No sector de Arrábida-Sesimbra, a Formação de Lemedede é equivalente do termo D da Formação Margas dolomíticas e calcários dolomíticos com Braquiópodes da Meia Velha (MANUPPELLA & AZEREDO, 1996).

Unidades Toarcianas

A partir da base do Toarciano, identificam-se dois sectores distintos (Tomar e Peniche) em relação ao resto da bacia. Esta diferenciação, justificada do ponto de vista paleogeográfico, por diferentes associações de fácies (vide DUARTE, 1995, 1997), obriga à definição de três formações, lateralmente equivalentes: Formação de S. Gião, Formação do Prado e Formação do Cabo Carvoeiro.

Formação de S. Gião

Origem do nome: Depósito de água de Lemedede, junto ao marco geodésico de S. Gião (cerca de 1 km a sul de Lemedede). Designação atribuída inicialmente na Folha 19A-Cantanhede da Carta Geológica de Portugal (BARBOSA *et al.*, 1988).

Idade: Base do Toarciano inferior-Toarciano superior (Biozona Polymorphum-base da Biozona Meneghinii).

Designações informais equivalentes: Margas e Margo-calcários de Adémia (SOARES *et al.*, 1985); Margo-calcários de S. Gião (BARBOSA *et al.*, 1988); engloba os membros *Fórnea 3* até a parte de *Fórnea 7* da Formação Calcários margosos e margas da *Fórnea* (MANUPPELLA *et al.*, 2000).

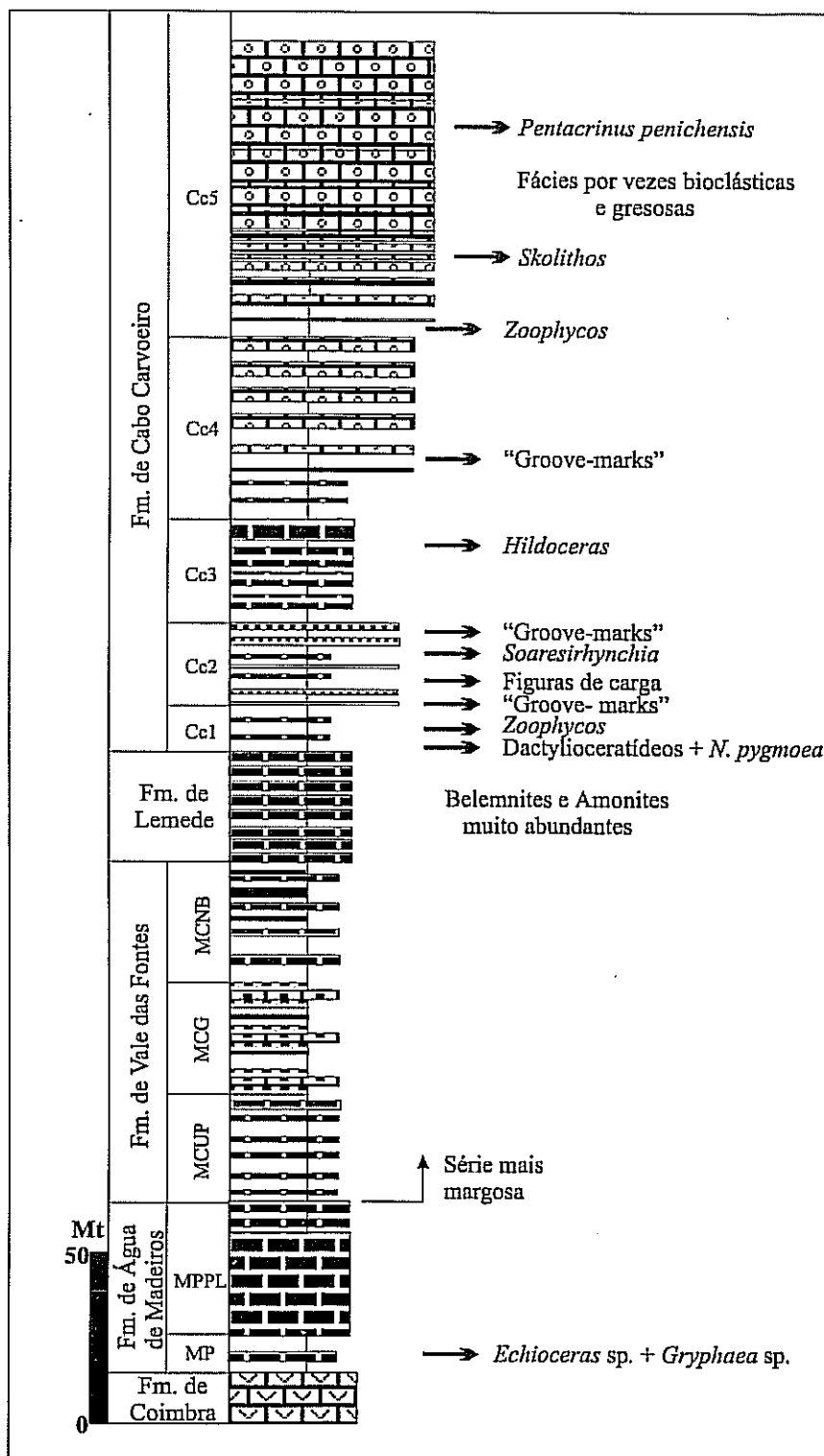


Fig. 6 – Perfil esquemático e principais marcadores cartográficos das Formações de Vale das Fontes, Lemedo e do Cabo Carvoeiro na região de Peniche. MP – Membro de Polvoeira; MPPL – Membro da Praia de Pedra Lisa; MCUP – Margas e calcários com *Uptonia* e *Pentacrinus*; MCG – Margas e calcários grumosos; MCNB – Margas calcárias com níveis betuminosos; Cc1 a Cc5 – Cabo Carvoeiro 1 a 5.

– Summary stratigraphic log and main cartographic markers for the Vale das Fontes, Lemedo and Cabo Carvoeiro Formations in the Peniche region. MP – Polvoeira Member; CPPL – Praia de Pedra Lisa Member; MCUP – Marls and limestones with *Uptonia* and *Pentacrinus*; MCG – Marls and lumpy limestones; MCNB – Marly limestones with bituminous levels; Cc1 to Cc5 – 1 to 5 Cabo Carvoeiro members.

Corte-tipo: Maria Pares (Rabaçal) (Fig. 7); base com coordenadas UTM M-546,500; P-4434,000 (*in* DUARTE, 1990, 1995).

Principais cortes alternativos: EN nº 109, junto à povoação de Brenha, Serra da Boa Viagem, Coimbra (composição de vários perfis parciais), Zambujal de Alcaria (P. Mós) e Alvaiázere; perfis parciais possíveis, embora muito localizados estratigraficamente, nos sectores de Montemor-o-Velho, S. Gião (Cantanhede), S. Pedro de Moel, Maceira, Serra d'El-Rei e Ansião.

Unidade suprajacente: A Formação de S. Gião contacta superiormente com a Formação de Póvoa da Lomba (= Calcários margosos de Póvoa da Lomba, *in* BARBOSA *et al.*, 1988; = Calcários margosos da Pedrulla *in* SOARES *et al.*, 1985). Esta unidade caracteriza a porção terminal do Toarciano (Biozonas Meneghinni e Aalensis) e do Aaleniano de grande parte da Bacia Lusitânica (*vide* HENRIQUES, 1992; DUARTE, 1995). Sectores particulares como Porto de Mós e Figueira da Foz impõem uma definição litostratigráfica local.

Definição: Esta unidade é margo-calcária em toda a sua extensão lateral; contudo, o sector mais sudeste da bacia (Chãos-Alvaiázere) mostra uma maior acumulação calcária, de natureza bioclástica. Além da grande variabilidade em termos de espessura, reconhecida nos diversos pontos da bacia (afloramentos e sondagens), são marcantes variações verticais de fácies evidenciadas em todos os sectores, o que permite subdividir a formação em cinco membros (*vide* DUARTE, 1995, 1997). A falta de referências geográficas não permitem a formalização destes membros.

Membro Margo-Calcários com Fauna de *Leptaena* (= MST1 *in* DUARTE, 1995, 1997)

Esta unidade é predominantemente margosa e extremamente fossilífera. É composta por alternâncias de margas decimétricas com bancos de calcário margoso centimétrico, muito ricos em Dactylioceratídeos (frequentemente piritosos), pequenos braquiópodes (*Nannirhynchia pygmaea* (MOR.), *Kingena deslongchampsii* (DAVID), *Koninckella liasina* (BOUCH.), *Spiriferina villosa* (QU.) belemnites, lamelibrânquios (*Plicatula* sp.) e Zoophycos).

Idade: Insere-se no Toarciano inferior, sendo exclusivo da Biozona Polymorphum.

Geometria e Espessura: Este membro é reconhecido em toda a bacia à excepção de Tomar (equivale lateralmente ao mb. *Cabo Carvoeiro 1* da Formação do Cabo Carvoeiro). A espessura é bastante variável, aumentando consideravelmente para norte, como comprovam as espessuras em Porto de Mós (cerca de 6m) e no sector norte de Coimbra (cerca de 20 m).

Cortes com expressão total do membro: Rabaçal (vários), Ansião, Fornos e Marmeleira (Coimbra), Zambujal de Alcaria (Porto de Mós). Na Serra da Boa Viagem a unidade é observada parcialmente.

Membro Calcários nodulosos em plaquetas (= MST2A *in* DUARTE, 1995, 1997)

É composto por alternâncias regulares, centimétricas, de calcários micríticos, microcristalinos e calcissilíticos (finas películas quartzosas e micáceas) e de margas castanho-acinzentadas muito pobres em carbonato (inferiores a 20 %). A base da unidade é consideravelmente mais margosa, sendo mais expressiva e acastanhada no sector norte da bacia (fácies margas chocolate *in* CHARNAY, 1962; SOARES *et al.*, 1993; DUARTE & SOARES, 1993; DUARTE, 1995, 1997). Os elementos macrofaunísticos são extremamente raros; ocorrem esporadicamente algumas amonites do género *Hildaïtes*. Por outro lado, a bioturbação é intensa, com belos exemplares de *Thalassinoides* e de *Chondrites*.

Idade: Insere-se no Toarciano inferior, sendo exclusivo da base da Biozona Levisoni.

Geometria e Espessura: Este conjunto é observável em todos os sectores da bacia (incluindo Tomar), com excepção da região de Peniche; mostra uma espessura que se mantém basicamente uniforme (à volta de 8 a 10 m).

Cortes com expressão total do membro: Rabaçal, Fornos e Eiras (Coimbra), Brenha, Cantanhede, Montemor-o-Velho e Zambujal de Alcaria (Porto de Mós).

Membro Margas e calcários margosos com *Hildaïtes* e *Hildoceras* (= MST2B *in* DUARTE, 1995, 1997)

É composto por alternâncias de margas e margas calcárias em bancadas por vezes métricas, com calcários margosos e micríticos; estes últimos, em plaquetas centimétricas. Verticalmente, apesar da ocorrência irregular de amonóides e esporádica de taxa de outros grupos, é notória uma diferenciação de fácies e macrofaunística.

Na base, é típica a associação de braquiópodes (essencialmente *Soaresirhynchia bouchardi*, *Soaresirhynchia flamandi*, *Telothyris jauberti* DESLONGCHAMPS) com várias espécies do género *Hildaïtes* (*H. levisoni* (SIMPSON), *H. borealis* (SEEBACH) e *H. gr. serpentinus* (REINECKE)).

Na parte intermédia (à volta da passagem do Toarciano inferior a médio), e essencialmente nas regiões mais setentrionais da bacia, definem-se horizontes com bivalves de concha fina (género *Bositra*); estes níveis, incluídos em fácies com grande componente margosa, são considerados como posições estratigráficas de maior nível marinho, devido a um conjunto de argumentos apresentados em DUARTE (1997, 1998d).

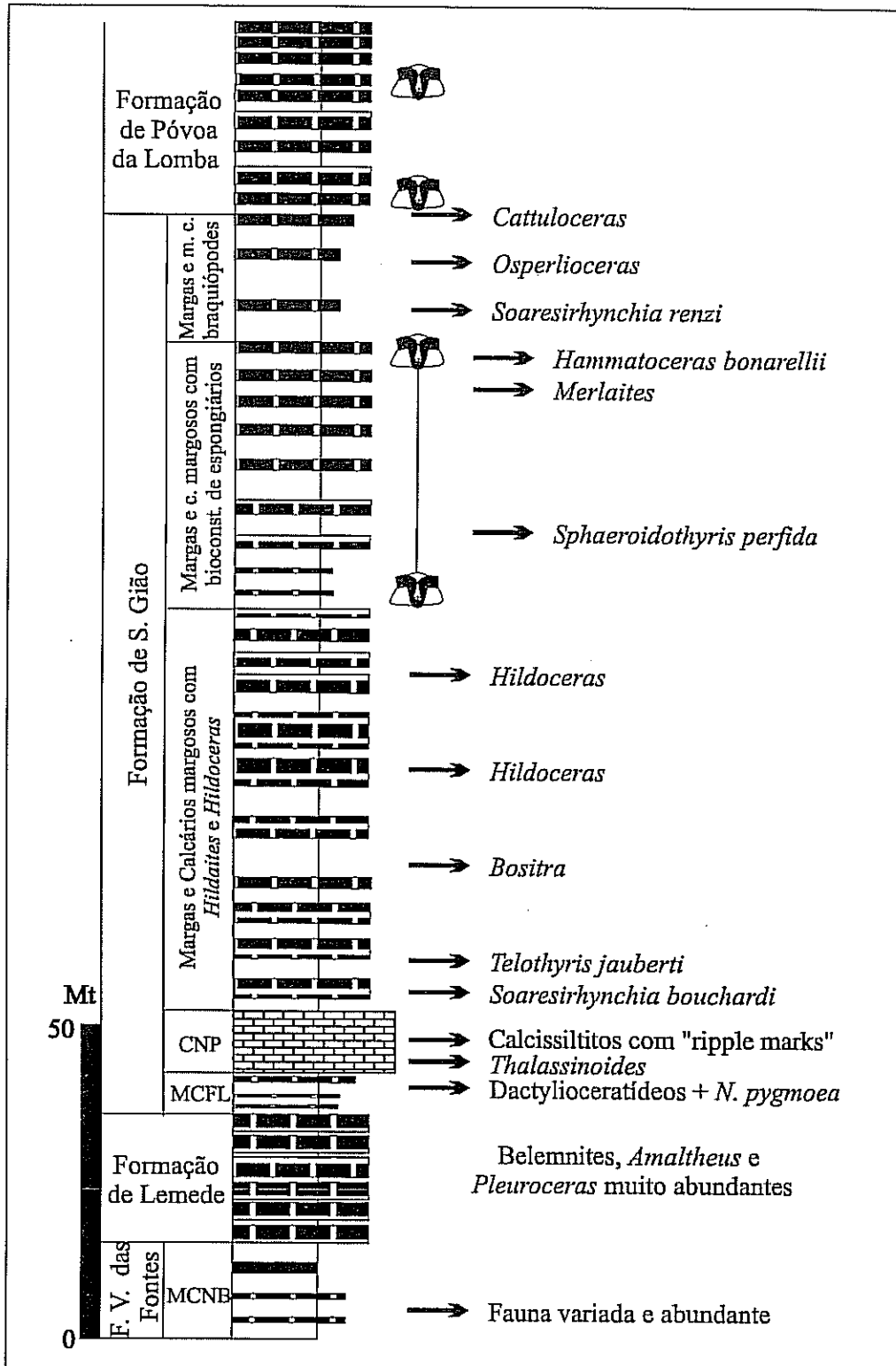


Fig. 7 – Perfil esquemático e principais marcadores cartográficos da Formação de S. Gião na região de Rabaçal. MCNB – Margo-calcários com níveis betuminosos; MCFL – Margo-calcários com fauna de *Leptaena*; CNP – Calcários nodulosos em plaquetas.

– Summary stratigraphic log and main cartographic markers for the S. Gião Formation in the Rabaçal region. MCNB – Marly limestones with bituminous levels; MCFL – Marly limestones with *Leptaena* fauna; CNP – Nodular thin-bedded limestones.

No topo, consideravelmente mais calcário, salienta-se apenas a ocorrência de horizontes muito ricos em Hildoceratídeos (*Hildoceras sublevisoni* FUCINI e *Hildoceras lusitanicum* MEISTER).

Idade: Topo do Toarciano inferior-base do Toarciano médio; engloba o intervalo entre grande parte da Biozona Levisoni e a Subzona Bifrons (Biozona Bifrons).

Geometria e Espessura: À excepção de Tomar, está presente em toda a bacia, incluindo no sector de Peniche (mb. *Cabo Carvoeiro 3* da **Formação do Cabo Carvoeiro**). Constitui o membro do Toarciano com maior representatividade cartográfica, devido à sua grande espessura. Varia entre 43 m em Alvaiázere, e cerca de 95 m em Coimbra.

Cortes com expressão total do membro: Rabaçal, Ansião e Zambujal de Alcaria (Porto de Mós). Brenha, Montemor-o-Velho e Coimbra mostram partes parciais da unidade.

Membro Margas e calcários margosos com bioconstruções de espongiários (= MST3 in DUARTE, 1995, 1997)

Em geral, corresponde a alternâncias regulares marga calcária/calcário margoso, num conjunto acinzentado e numa relação muito próxima de 3:1. As superfícies de estratificação são, por vezes, muito irregulares, intercalando fácies mais bioclásticas (biomicritos/packstone). Uma das características que individualiza esta unidade tem a ver com a presença de bioconstruções de espongiários siliciosos ("mud mounds"), em pequenos bioermes de expressão decimétrica a métrica (*vide* DUARTE, 1997; DUARTE *et al.*, 2000a, 2000b, 2001). Nestes corpos define-se uma grande diversidade macrofaunística, embora essa particularidade não seja evidente na sucessão marga/calcário. Porém, e sempre ubíquos, os amonóides são particularmente abundantes na parte superior da unidade, com níveis de importância cartográfica muito ricos em Hamatoceratídeos e no género *Merlaites*.

Idade: Toarciano médio à base do Toarciano superior; engloba o intervalo entre a parte terminal da Biozona Bifrons (Subzona Semipolimum) e a Biozona Bonarellii.

Geometria e Espessura: Presente em toda a bacia à excepção de Tomar (*vide* **Formação de Prado**) e de Peniche (*vide* **Formação do Cabo Carvoeiro**). A sua espessura varia entre os 28 m, em Alvaiázere, e cerca de 60 m, em Coimbra e Brenha.

Cortes com expressão total do membro: Rabaçal (43 m), Ansião (40 m), Alvaiázere (28 m) e Porto de Mós (35 m). Em Brenha, Coimbra e Cantanhede tem-se uma visão parcial da unidade.

Membro Margas e margas calcárias com braquiópodes (= MST4A in DUARTE, 1995, 1997)

Corpo essencialmente margoso, atingindo muito raramente o pólo calcário (margoso); onde quer que aflore é facilmente identificável pela sua configuração geomorfológica. A presença de pequenos braquiópodes (*Soaresirhynchia renzi*, *Nannirhynchia cotteri*, *Zeilleria sharpei*), principalmente na base do membro, constitui a componente fossilífera mais saliente de toda a unidade, paralelamente à ocorrência de amonóides (*Osperlioceras* e *Hamatoceratídeos*).

Idade: Toarciano superior; engloba a Biozona Speciosum até à base da Biozona Meneghinii.

Geometria e Espessura: Toda a bacia, à excepção das regiões de Porto de Mós (equivalente lateral da base do membro *Fórnea 7* da **Formação Calcários margosos e margas da Fórnea**, in MANUPPELLA *et al.*, 2000), Peniche e imediações de Tomar. Mostra uma espessura que varia entre 3 m em Casas Velhas (8 km a norte de Tomar), 10 m em Alvaiázere e 42 m em Coimbra e Cantanhede. Nos afloramentos mais próximos da cidade de Tomar (Fábrica do Prado e Ponte da Milheira), este membro é equivalente a uma série bioclástica (biomicritos/packstone-grainstone).

Cortes com expressão total do membro: Rabaçal (22 m), Casas Velhas (Norte de Tomar) (3 m), Alvaiázere (10 m), Ansião (15 m), Coimbra (42 m), Brenha (29 m) e Cantanhede (42 m).

Formação do Prado

Origem do nome: Lugar de Prado, cerca de 5 km a norte de Tomar. Esta designação é proposta pela primeira vez neste trabalho.

Idade: Base do Toarciano inferior (Biozona Polymorphum)-Aaleniano inferior (?).

Designações informais equivalentes: Parte superior de **Calcários e margas de Tomar** (in Carta Geológica de Portugal, SGP, 1992).

Corte-tipo: A cerca de 100 m da ponte sobre o rio Nabão, ao longo da EN nº 526, no sentido da Póvoa, é visível o contacto desta formação sobre a **Formação de Lemedo**. Mais acima, na mesma estrada (base com coordenadas UTM: M-551,500; P-4388,780), é possível observar-se o perfil mais completo do Toarciano nesta região (Fig. 8).

Principais cortes alternativos: Ao longo da EN nº 526 podem observar-se diversas porções desta formação. Anotam-se, por exemplo, os casos de Fonte Quente (coordenadas UTM: M-550,660; P-4385,900), Pedreira (com coordenadas UTM: M-551,610; P-4388,720) e junto ao

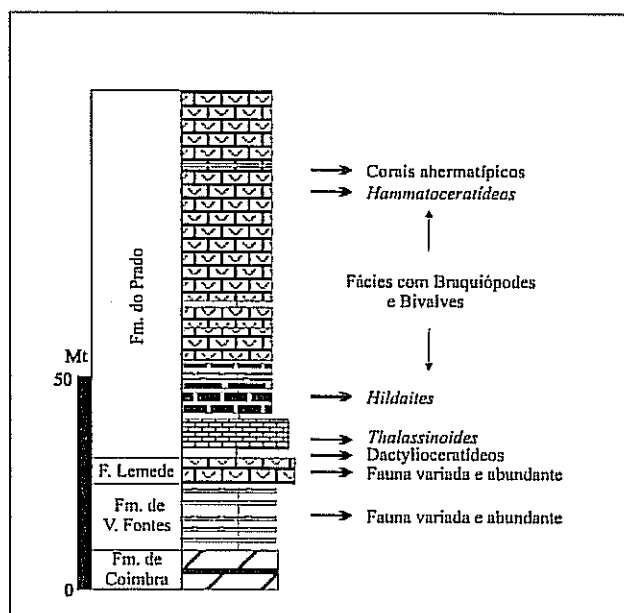


Fig. 8 – Perfil esquemático e principais marcadores cartográficos da Formação do Prado na região de Tomar.

– Summary stratigraphic log and main cartographic markers for the Prado Formation in the Tomar region.

marco da povoação de Póvoa, imediatamente a seguir à ponte da Milheira (coordenadas UTM: M-551,210; P-4389,590).

Definição: Esta formação individualiza-se pela sua componente bioclástica, numa sucessão eminentemente calcária e francamente mais grosseira para o topo. Assenta sobre calcários bioclásticos amarelados (levemente dolomíticos), do topo da Formação de Lemedede, através de uma pequena sucessão (cerca de 2 m de espessura) de margas e margas calcárias amarelo-acastanhadas. Apesar de ser o equivalente lateral do mb. *Margo-Calcários com Fauna de Leptaena*, aquele corpo margoso (MSTT1 in DUARTE, 1995) mostra uma componente macrofaunística que se distingue pela raridade e muito baixa diversidade (apenas espécimes de braquiópodes dos géneros *Gibbirhynchia* e *Lobothyris*, in MOUTERDE et al., 1971).

Sucedem cerca de 70 m de calcários micríticos, bioclásticos (biomicritos), intraclásticos e de margas “xistosas”, frequentemente organoclásticas (MSTT2 a MSTT4 in DUARTE, 1995). A componente margosa, pouco expressiva, ocupa apenas a parte inferior da unidade, desaparecendo por completo no topo. Todavia, na base, regista-se uma sequência composta por estratos centimétricos de calcário micrítico, raramente siltoso, que alterna, praticamente na mesma proporção, com margas de cor castanho-acinzentada. O aspecto noduloso deste pequeno corpo (cerca de 5 m de espessura) possui algumas seme-

lhanças macroscópicas com o mb. *Calcários em plaquetas nodulosas* da Formação de S. Gião.

Ao nível macrofaunístico definem-se, na porção inferior a média da unidade, horizontes extraordinariamente ricos em braquiópodes (a designada “Fácies Espanhol” de CHOFFAT, 1880), em particular de *Rhynchonella lusitânica*, *Soaresirhynchia bouchardi*, *Telothyris jauberti* e *Sphaeroidothyris perfida*, que se associam com alguns lamelibrânquios (*Gonomya* sp., *Entolium* sp. e *Pholadomya* sp.), moldes internos de gastrópodes e artigos de crinóides; a esta fauna associam-se raras *Hildaites* e *Hildoceratídeos*. Na parte superior deste conjunto, o registo de braquiópodes diminui consideravelmente (alguns rinconelídeos, *Terebratula submaxillata* (DAV.) in MOUTERDE et al., 1971), embora a diversidade se acentue (*Trigonia* sp., *Astarte* sp., *Plagiostoma* sp., grandes pectinídeos, radíolas de equinídeos, artigos de crinóides, moldes de gastrópodes e corais ahermatípicos). Nas juntas de estratificação, praticamente milimétricas, ocorrem alguns exemplares de *Hammatoceratídeos*, com uma ganga bioclástica idêntica à litologia dominante.

A parte superior da formação carece de uma observação pormenorizada, a partir de um corte contínuo. No entanto, alguns afloramentos dispersos, localizados na zona de Póvoa, mostram um corpo margoso de cor castanho-esverdeada a sobrepor-se a litofácies muito semelhantes da Formação do Prado. Este tipo de variação sedimentar é observado um pouco a norte, na região de Alvaiázere (vide DUARTE, 1995, 1997), sendo datado da base do Aaleniano.

Formação do Cabo Carvoeiro

Origem do nome: Falésias do Cabo Carvoeiro, nas imediações de Peniche. Esta designação é proposta neste trabalho pela primeira vez.

Idade: Base do Toarciano inferior (Biozona *Polymorphum*)-Aaleniano/Bajociano?

Designações informais equivalentes: Parte superior de calcários e margas de Peniche (in Carta Geológica de Portugal, SGP, 1992).

Corte-tipo e único: Nas arribas do Cabo Carvoeiro, desde a Praia do Abalo até à Cidadela de Peniche (Fig. 6). A base do perfil (com coordenadas UTM M-466,950; P-4358,230) tem o seu limite numa pequena enseada a sul da Ponta do Travão, correspondendo ao nível dos horizontes 15F e 16A de MOUTERDE (1955).

Definição: Esta unidade tem a sua individualidade num conjunto de fácies de natureza detrítica, oolítica e bioclásti-

ca que caracteriza todo o Toarciano da península de Peniche. Estas características têm suscitado um interesse acrescido, tendo sido este sector objecto de estudos pormenorizados no âmbito da análise sedimentar e sequencial (veja-se ROMARIZ, 1959; GUERY, 1984; GUERY *et al.*, 1986; WRIGHT & WILSON, 1984; DUARTE, 1995, 1997, 1998b). Os esquemas sequenciais definidos nesta sucessão toarciana são tradutores de ambientes deposicionais gravíticos (WRIGHT & WILSON, 1984; GUERY, 1984), associados a um sistema de cone submarino desenvolvido na dependência do soerguimento do bloco hercínico da Berlenga (*vide* WRIGHT & WILSON, 1984; DUARTE, 1995, 1997), iniciado a partir da primeira metade do Toarciano inferior. Do ponto de vista litostratigráfico é possível subdividir esta formação em cinco membros, embora dificuldades de ordem geográfica não possibilitem a sua formalização.

Membro Cabo Carvoeiro 1 (= MSTP1 *in* DUARTE, 1995, 1997, 1998b)

Composto por margas cinzento-esverdeadas, decimétricas, por vezes micáceas e laminadas e que alternam com calcários margosos (biomicritos argilosos/wackestone). Este membro é, em todas as suas características, semelhante e equivalente ao mb. *Margo-Calcários com Fauna de Leptaena*, da **Formação de S. Gião**. A abundância e a diversidade macrofaunística constituem, à semelhança desta última unidade, uma característica igualmente preponderante.

Idade: Insere-se no Toarciano inferior, sendo exclusivo da Biozona Polymorphum.

Espessura: Cerca de 12/13 m.

Membro Cabo Carvoeiro 2 (= MSTP2A *in* DUARTE, 1995, 1997)

Mostra uma associação vertical de fácies que engloba litologias tão variadas como margas cinzentas, betuminosas, siltosas e arenosas, calcários margosos, micríticos e gresosos, grés e microconglomerados subarcóicos com cimento carbonatado. As fácies detríticas mostram espessuras muito variáveis (inferiores a 75 cm), apresentando aspectos de organização estrutural variados, como granosselecção positiva, "groove-casts", marcas de objectos e figuras de carga. Estas características sugerem uma deposição de natureza turbidítica (*vide* WRIGHT & WILSON, 1984). As estruturas erosivas presentes na base das camadas permitem evidenciar paleocorrentes com direcção variável entre os azimutes N80 e N130. O registo fossilífero de toda a unidade é pobre, restringindo-se a alguns amonóides (género *Hildaites*) e braquiópodes (*Soaresirynchia bouchardi*).

Idade: Insere-se no Toarciano inferior, sendo exclusivo da Biozona Levisoni.

Espessura: Cerca de 24 m.

Membro Cabo Carvoeiro 3 (= MSTP2B *in* DUARTE, 1995, 1997)

Sucede ao último nível verdadeiramente calcarenítico da unidade anterior. A base é composta, de forma regular, por calcários margosos, finamente quartzosos e micáceos (siltosos), que alternam com margas cinzentas decimétricas. Para o topo, tal como o observado no mb. *Margas e calcários margosos com Hildaites e Hildoceras* da **Formação de S. Gião**, regista-se um domínio de calcários. Apesar do forte grau de bioturbação das fácies, os macrofósseis bentónicos são raros (apenas alguns braquiópodes).

Idade: Engloba a parte terminal do Toarciano inferior e a base do Toarciano médio (Subzona Bifrons).

Espessura: Cerca de 30 m.

Membro Cabo Carvoeiro 4 (= MSTP3 *in* DUARTE, 1995, 1997)

A base desta unidade, essencialmente margosa, inicia uma série espessa de calcários oolíticos e peloidais (oosparitos a oopelsparitos/grainstone), progressivamente mais grosseiros (granocrescentes), mais espessos (estratocrescentes) e gresosos para o topo. As margas são cinzento-esverdeadas, sendo notória nelas a presença de matéria orgânica carbonosa e de pequenos nódulos piritosos. Na base dos níveis oolíticos, quase sempre com limites rectilíneos, detectam-se estruturas erosivas de pequena escala (tipo "gutter" e "groove-casts") que sugerem paleocorrentes com atitude N70 a N90. O tecto desses níveis mostra normalmente superfícies muito irregulares e onduladas, quase sempre com forte bioturbação.

A macrofauna é pouco relevante nesta unidade. As amonites ocorrem com alguma frequência na base (*Pero-noceras* sp.), rareando para o topo; nestes níveis definem-se alguns horizontes com pequenos braquiópodes (género *Soaresirynchia* nov. e *Namirhynchia delgadoi* *in* ALMERAS, 1994) e artigos de crinóides. *Zoophycos* e *Skolithos* constituem os icnogéneros mais característicos deste membro.

Idade: Engloba a parte terminal da Biozona Bifrons até ao Toarciano superior (Biozona Bonarellii?).

Espessura: Cerca de 54 m.

Membro Cabo Carvoeiro 5 (= MSTP4 *in* DUARTE, 1995, 1997)

Com uma base fundamentalmente margosa, ainda que pouco expressiva (5 a 6 m), é composta por calcários oolíticos (oosparitos e oopelsparitos/grainstone), com forte componente siliciclástica, sendo cada vez mais grosseiros (granocrescente) e com camadas mais espessas (estratocrescente) para o topo. Aqui, perde definitiva-

mente a componente argilosa, podendo a dimensão da fracção siliciclástica (grés calcários) atingir um pólo conglomerático. Nestes casos, os sedimentos chegam a definir figuras de canal de grande escala (*vide* WRIGHT & WILSON, 1984).

O conteúdo paleontológico é típico de um ambiente litoral. Na base, a macrofauna é rara, registando-se os últimos exemplares de amonóides que apresentam sinais de remobilização; no topo, é composta por lamelibrânquios, equinóides, crinóides (horizontes muito ricos) e fragmentos de coral. A icnofácies segue a tendência verificada no membro anterior: *Zoophycos* na base e *Skolithos* no topo.

Idade: Toarciano superior (Biozona Speciosum)-Aaleniano/Bajociano (?). A ausência de amonóides não permite uma definição biostratigráfica precisa.

Espessura: Superior a 90 m.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grande objectivo do presente trabalho é o de sintetizar toda a informação disponível com vista à formalização das unidades litostratigráficas das séries margo-calciárias (acima da **Formação de Coimbra**) do Jurássico

inferior (Lotaringiano-Toarciano superior) da Bacia Lusitânica. Tendo por base as recomendações dos Guias Internacionais de Nomenclatura Estratigráfica são, assim, apresentados todos os argumentos capazes de caracterizar um quadro litostratigráfico geral para toda a bacia, fundamentado em termos de formações e membros. Para além do quadro geral representativo de toda a bacia, definem-se dois sectores geográficos particulares (Tomar e Peniche), onde os requisitos sedimentares impõem a definição de um quadro litostratigráfico local (regional). A escassez de referências geográficas, disponíveis nas áreas de definição do corte-tipo de cada formação, obrigou que, à excepção da **Formação de Água de Madeiros**, os restantes membros aqui propostos não sigam integralmente o disposto nos Guias Internacionais de Nomenclatura Estratigráfica.

As referências biostratigráficas de amonóides disponíveis para os diversos sectores proporcionam uma boa correlação entre as diversas unidades, tal como é apresentado na Fig. 9.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prof.^a Ana Azerêdo (Universidade de Lisboa) pela leitura crítica do manuscrito.

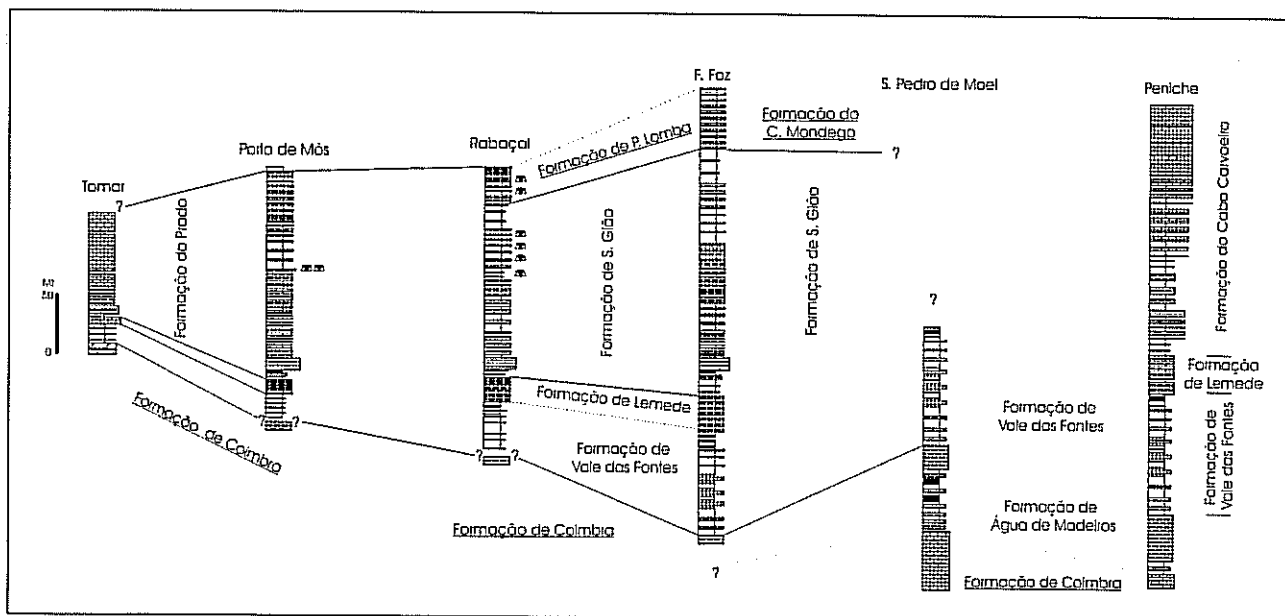


Fig. 9 – Expressão vertical e variação lateral das unidades litostratigráficas do Sinemuriano superior-Toarciano superior na Bacia Lusitânica. As unidades sublinhadas carecem de formalização.

– Distribution and lateral relationship of the Upper Sinemurian-Upper Toarcian lithostratigraphic units in the Lusitanian Basin. Underlined units require formal definition.

BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES, M. T.; ROCHA, R. B. & WENZ, S. (1981) – Faunule ichtyologique du Lias inférieur de São Pedro de Moel, Portugal. *Ciências da Terra*, Univ. Nov. Lisboa, Lisboa, 6, pp. 101-116.
- AZERÉDO, A. C. (1993) – *Jurássico Médio do Maciço Calcário Estremenho (Bacia Lusitânica): análise de fácies, micropaleontologia, paleogeografia*. Tese de doutoramento (não publicada), Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 366 p. + 36 ests. (2 vols.).
- (1998) – Geometry and facies dynamics of Middle Jurassic carbonate ramp sandbodies, West-Central Portugal. In: V. P. Wright & T. Burchette (eds), *Carbonate Ramps*. Geol. Soc., London, *Spec. Publ.*, 149, pp. 281-314.
- BAILLEAU, M. (1965) – *Étude géologique dans la région de Tomar (Province de Ribatejo – Portugal)*. Dipl. d'Ét. Sup., Université de Lyon, 128 p..
- BARBOSA, B. (1981) – *Carta geológica de Portugal, na escala 1/50000. Notícia Explicativa da folha 16-C (Vagos)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 60 p..
- BARBOSA, B.; SOARES, A. F.; ROCHA, R. B.; MANUPPELLA, G. & HENRIQUES, M. H. (1988) – *Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000. Notícia explicativa da Folha 19-A (Cantanhede)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 60 p..
- CAMARATE FRANÇA, J. & MOUTERDE, R. (1965) – Observations sur le Lias de Maceira. *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 48, pp. 37-47.
- CAMARATE FRANÇA, J.; ZBYSEWSKI, G. & ALMEIDA, F. M. (1960) – *Carta geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da folha 26-C (Peniche)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 33 p..
- (1961) – *Carta geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da folha 30-A (Lourinhã)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 27 p..
- CHARNAY, C. (1962) – *Contribution à l'étude géologique de la région du Nord de Coimbra (Portugal)*. Dipl. d'Ét. Sup., Faculté des Sciences de Lyon, 173 p..
- CHOFFAT, P. (1880) – Etude stratigraphique et paléontologique des terrains jurassiques du Portugal. Première livraison. Le Lias et le Dogger au Nord du Tage. *Mem. Secção Trab. Geol. Portugal*, Lisboa, XIII, 72 p.
- (1903-1904) – L'Infralias et le Sinemurien du Portugal. *Comun. Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, V, pp. 49-114, 4 tabl..
- (1905) – Supplement à la description de l'Infralias et du Sinemurien en Portugal. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, VI, pp. 123-143.
- (1908) – Contribution à la connaissance du Lias et du Dogger dans la région de Tomar. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, VII, pp. 140-167.
- (1927) – *Cartas e cortes geológicos dos distritos de Leiria e de Coimbra*. Serv. Geol. de Portugal, Lisboa, Pub. póstuma.
- COURBOULEIX, S. (1972) – *Étude géologique des régions de Anadia et de Mealhada au Nord de Coimbra (Portugal)*. Dipl. d'Ét. Sup. Sc. Nat., Fac. Sc. Lyon, 342 p., pls. I-IX.
- COURBOULEIX, S.; MOUTERDE, R. & RUGET, C. (1974) – Étude géologique des régions de Anadia et de Mealhada, III — Le Lias. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LXVIII, pp. 47-89.
- DOMMERGUES, J.-L. (1987) – L'évolution chez les Ammonitina du Lias Moyen (Carixien, Domerien Basal) en Europe Occidentale. *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 98, 297 p., 12 pl..
- DOMMERGUES, J. L.; ELMI, S.; MOUTERDE, R. & ROCHA, R.B. (1981) – Calcaire grumeleux du Carixien portugais. In: A. Farinacci & S. Elmi (eds.), *Rosso Ammonitico Symposium Proceedings*, Edizioni Tecnoscienza, Roma, pp. 199-206.
- DROMART, G. & ELMI, S. (1986) – Développement de structures cryptalgaires en domaine pélagique au cours de l'ouverture des bassins jurassiques (Atlantique Central, Téthys occidentale). *C. R. Acad. Sc. Paris*, Paris, 303, pp. 311-316.
- DUARTE, L. V. (1990) – *Estudo sedimentológico das unidades calcomargosas toarcianas na região de Rabaçal-Condeixa*. Provas APCC, Centro de Geociências da Univ. Coimbra, 168 p., 10 est..
- (1991) – Os Margo-calcários do Toarciano na região de Rabaçal-Condeixa: Caracterização sedimentológica e evolução sequencial. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 112, pp. 15-36.
- (1995) – *O Toarciano da Bacia Lusitaniana. Estratigrafia e Evolução Sedimentogenética*. Tese de doutoramento (não publicada), Centro de Geociências, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, 349 p. + 14 ests.
- (1997) – Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian-Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). *Comun. Inst. Geol. Mineiro*, Lisboa, 83, pp. 65-94.
- (1998a) – O Liásico superior da região de Porto de Mós. Contribuição para o seu estudo estratigráfico e sequencial. Actas do V Congresso Nacional de Geologia, Lisboa, *Comun. Inst. Geol. Mineiro*, Lisboa, 84 (1), pp. A60-A63.
- (1998b) – O Liásico superior de Peniche: Modelos de sedimentação autogenética versus alogénica. In: Oliveira, J. & Dias, R. (eds): *Livro Guia das Excursões do V Congresso Nacional de Geologia*, IGM, Lisboa, pp. 21-25.
- (1998c) – Hierarquização sequencial em sedimentos margo-calcários alternantes: o Toarciano da região do Rabaçal. In: Oliveira, J. & Dias, R. (eds): *Livro Guia das Excursões do V Congresso Nacional de Geologia*, IGM, Lisboa, pp. 47-51.
- (1998d) – Clay minerals and geochemical evolution in the Toarcian-Lower Aalenian of the Lusitanian Basin. *Cuadernos de Geología Iberica*, Madrid, 24, pp. 69-98.
- (2000) – Sequence stratigraphy applied to homoclinal ramps: example of the Lower Jurassic of Portugal. *Abstract volume of the 31st International Geological Congress*, Abstracts CDROM, Rio de Janeiro.
- DUARTE, L. V.; KRAUTTER, M.; JORDAN, K. & BAISCH, V. (2000a) – Natureza e tipologia das bioconstruções com espongiários siliciosos do Toarciano da região de Ansião (Portugal). *Actas do I Congresso Ibérico de Paleontologia/XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontologia*, Évora, pp. 72-73.
- DUARTE, L. V.; KRAUTTER & SOARES, A. F. (2000b) – Faciès à spongiaires dans le Lias terminal du Bassin lusitanien (Portugal): Contexte sédimentologique et paléogéographique. *Strata, Actes du Laboratoire de Géologie Sédimentaire et Paléontologie de l'Université Paul-Sabatier*, Toulouse, série 1, vol. 10, pp. 86-88.

- (2001) – Bioconstructions à spongiaires siliceux dans le Lias terminal du Bassin lusitanien (Portugal): stratigraphie, sédimentologie et signification paléogéographique. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, 172 (5), pp. 637-646.
- DUARTE, L. V. & SOARES, A. F. (1993) – Eventos de natureza tempestífica e turbidítica no Toarciano inferior da Bacia Lusitânica (Sector Norte). *Cadernos de Geografia*, Fac. Let. Univ. Coimbra, 12, pp. 89-95.
- DUPLAN, G. (1963) – *Recherches géologiques sur la région située au Nord de Tomar*. Faculté des Sciences de Lyon, 146 p..
- DURENSOY, C. (1961) – *Étude géologique de la région d'Ansião (province de Beira Litoral)*. Dipl. d'Et. Sup., Lyon.
- ELMI, S.; GOY, A.; MOUTERDE, R.; RIVAS, P. & ROCHA, R. B. (1989) – Correlaciones biostratigráficas en el Toarciense de la Península Ibérica. *Cuad. Geol. Ibérica*, Madrid, 13, pp. 265-277.
- ELMI, S.; ROCHA, R. B. & MOUTERDE, R. (1988) – Sédimentation pelagique et encroûtements cryptalgaires: les calcaires grumeleux du Carixien portugais. *Ciências Terra*, Univ. Nov. Lisboa, Lisboa, 9, pp. 69-90.
- FERNANDEZ-LOPEZ, S.; DUARTE, L. V. & HENRIQUES, M. H. (2000) – Ammonites from lumpy limestones in the Lower Pliensbachian of Portugal: taphonomic analysis and palaeoenvironmental implications. *Rev. Soc. Geol. España*, Madrid, 13 (1), pp. 3-15.
- GOMES, C. S. R. (1996) – *Observações paleomagnéticas no quadro da Bacia Lusitânica (1.ª fase de rifting)*. Tese de doutoramento (não publicada), Centro de Geociências, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, 254 p..
- GUERY, F. C. (1984) – *Évolution sédimentaire et dynamique du bassin marginal ouest-portugais au Jurassique (Province d'Estremadura, secteur de Caldas da Rainha-Montejunto)*. Thèse Doctorat (inédit), Univ. Claude Bernard, Lyon, 477 p.
- GUERY, F. C.; MONTENAT, C. & VACHARD, D. (1986) – Évolution tectono-sédimentaire du bassin Portugais au Mésozoïque suivant la transversale de Peniche (Estrémadure). *Bull. Centre Rech. Explor.-Product. Elf-Aquitaine*, Pau, 10, pp. 83-94.
- HALLAM, A. (1971) – Facies analysis of the Lias in West Central Portugal. *N. Jb. Geol. Abh.*, Stuttgart, 139 (2), pp. 226-265, 8 tab..
- HENRIQUES, M. H. (1992) – *Biostratigrafia e Paleontologia (Ammonoidea) do Aaleniano em Portugal (Sector Setentrional da Bacia Lusitânica)*. Tese de doutoramento (não publicada), Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, 301 p. + 7 est..
- INTERNATIONAL SUBCOMMISSION ON STRATIGRAPHIC CLASSIFICATION OF IUGS (1994) – *International Stratigraphic Guide*. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure, International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS, International Commission on Stratigraphy, Second edition, Amos Salvador (Ed.), Geological Society of America, 214 p..
- (1999) – *International Stratigraphic Guide – An abridged version*. International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS, International Commission on Stratigraphy, Michael Murphy & Amos Salvador (Eds.), *Episodes*, 22 (4), pp. 255-271.
- KULLBERG, J. C.; MOUTERDE, R. & ROCHA, R. (1997) – Réinterprétation de l'histoire stratigraphique et tectonique de la structure de Serra de El-Rei (Portugal). *Cahiers Univ. Catho Lyon*, 10, pp. 191-208.
- KULLBERG, J. C.; OLÓRIZ, F.; MARQUES, B.; CAETANO, P. S. & ROCHA, R. B. (2001) – Flat-pebble conglomerates: a local marker for Early Jurassic Seismicity related to syn-rift tectonics in the Sesimbra area (Lusitanian Basin, Portugal). *Sedimentary Geology*, 139, pp. 49-70.
- MANUPPELLA, G.; ANTUNES, M.; ALMEIDA, C. A.; AZERÉDO, A. C.; BARBOSA, B.; CARDOSO, J.; CRISPIM, J. A.; DUARTE, L. V.; HENRIQUES, M. H.; MARTINS, L. T.; RAMALHO, M. M. & TERRINHA, P. (2000) – *Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da Folha 27-A (Vila Nova de Ourém)*. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 156 p..
- MANUPPELLA, G. & AZERÉDO, A. C. (1996) – Contribuição para o conhecimento da geologia da região de Sesimbra. *Comun. Inst. Geol. Mineiro*, Lisboa, 82, pp. 37-50.
- MANUPPELLA, G.; MOREIRA, J. C. B.; COSTA, J. R. G. & CRISPIM, J. A. (1985) – Calcários e dolomitos do Maciço Calcário Estremenho. *Estudos Notas e Trabalhos, S. F. M.*, Porto, 27, pp. 3-48, 1 carta geológica.
- MOODY, R. T. (1972) – *An analysis of the Coimbra facies and time-related carbonates of West Central Portugal*. Unpublished report, Union Texas Petroleum, 85 p..
- MOUTERDE, R. (1955) – Le Lias de Peniche. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, XXXVI, pp. 87-115.
- (1967) – Le Lias moyen de São Pedro de Moel (Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LII, pp. 185-208.
- MOUTERDE, R.; DOMMERGUES, J. L. & ROCHA, R. B. (1983) – Atlas des fossiles caractéristiques du Lias portugais. II.- Carixien. *Ciências Terra*, Univ. Nov. Lisboa, Lisboa, 7, pp. 187-254.
- MOUTERDE, R. & ROCHA, R. B. (1981) – Atlas des fossiles caractéristiques du Lias portugais. I. – Lias inférieur. *Ciências Terra*, Univ. Nov. Lisboa, Lisboa, 6, pp. 49-76.
- (1983) – Le Lias de la Région de Rio de Couros. *Bol. Soc. Geol. de Portugal*, Lisboa, 22, pp. 209-220.
- MOUTERDE, R.; ROCHA, R. B. & RUGET, C. (1971) – Le Lias moyen et supérieur de la région de Tomar. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LV, pp. 55-86.
- (1978) – Stratigraphie et faune du Lias et de la base du Dogger au Nord du Mondego (Quiaios et Brenha). *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LXIII, pp. 83-103.
- (1980) – Stratigraphie et faune du Lias et de la base du Dogger au Nord du Mondego (Quiaios et Brenha) (parties 2 à 4). *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LXVI, pp. 79-97.
- MOUTERDE, R.; ROCHA, R. B.; RUGET, C. & TINTANT, H. (1979) – Faciès, biostratigraphie et paléogéographie du Jurassique portugais. *Ciências da Terra*, Univ. Nov. Lisboa, Lisboa, 5, pp. 29-52.
- MOUTERDE, R. & RUGET, C. (1967a) – Stratigraphie du Lias de la région d'Alvaiázere. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LI, pp. 153-168.
- (1967b) – Le Lias des environs de Porto de Moz (SW du plateau de Fátima) - Étude du Barranco de Zambujal de Alcaria. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LI, pp. 253-281.
- (1975) – Esquisse de la paléogéographie du Jurassique inférieur et moyen au Portugal. *Bull. Soc. Géol. France*, Paris, (7), XVII (5), pp. 779-786.

- MOUTERDE, R.; RUGET, CH. & MOITINHO DE ALMEIDA, F. (1964-65) – Coupe du Lias au Sud de Condeixa. *Commun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, XLVIII, pp. 61-91.
- PALAIN, C. (1976) – Une série détritico terrigène, les "Grés de Silves": Trias et Lias inférieur du Portugal. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, N. S., Lisboa, 25, 377 p.
- PHELPS, R. (1985) – A refined ammonite biostratigraphy for the Middle and Upper Carixian (Ibex and Davoei zones, Lower Jurassic) in North-West Europe and stratigraphical details of the Carixian-Domerian boundary. *Geobios*, Lyon, 18, pp. 321-362.
- PONS, A. S. (1961) – *Description géologique de la carte d'Espinhal (Penela)*, Portugal. Fac. Sciences de Lyon, 110 p..
- ROCHA, R. B. (coord.); MARQUES, B.; KULLBERG, J. C.; CAETANO, P.; LOPES, C.; SOARES, A. F.; DUARTE, L. V.; MARQUES, J.; GOMES, C. and COLLABORATORS (1996) – *The 1st and 2nd rifting phases of the Lusitanian Basin: stratigraphy, sequence analysis and sedimentary evolution*. C. E. C. Project MILUPOBAS, Contract n.º JOU2-CT94-0348 (unpublished report), Lisboa, 4 vols.
- ROCHA, R. B.; MARQUES, J. & SOARES, A. F. (1990) – Les unités lithostratigraphiques du Bassin Lusitanien au Nord de l'accident de Nazaré (Trias-Aalénien). *Cahiers Univ. Cathol. Lyon, sér. Sci.*, Lyon, 4, pp. 121-126.
- ROCHA, R. B.; MANUPPELLA, G.; MOUTERDE, R.; RUGET, C. & ZBYSZEWSKI, G. (1981) – *Carta geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da Folha 19-C (Figueira da Foz)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 126 p..
- ROMARIZ, C. (1959) – Estudo petrográfico de alguns calcarenitos do Liássico superior de Peniche. *Rev. Fac. Ciências Univ. Lisboa*, 2.ª série Ciências Naturais, VII, pp. 13-52, 10 est..
- (1960) – Estudo geológico e petrográfico da área tifónica de Soure. *Commun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, XLIV, pp. 1-219, 1 mapa.
- ROSSET, J. & MOUTERDE, R. (1971) – La tectonique du Lias au Nord de Tomar. *Commun. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, LV, pp. 49-53.
- ROSSET, J.; MOUTERDE, R. & ROCHA, R. (1971) – Existence d'une tectonique tangentielle dans le Lias sur les feuilles d'Alvaiázere, d'Ancião et d'Espinhal au 25 000e.. *Com. Serv. Geol. Portugal*, Lisboa, 55, pp. 97-103.
- (1975) – Structure du Jurassique sur les feuilles de Coimbra sud et de Figueiró dos Vinhos au 50 000ème depuis Cernache jusqu'à Serra de Mouro. *Bol. Soc. Geol. Portugal*, 19 (3), pp. 103-115.
- SAINTE-SUZANNE, J. L. (1963) – *Étude géologique de la région d'Alvaiázere (province de Beira-Litoral – Portugal)*. Dipl. d'Ét. Sup., Université de Lyon, 155 p.
- SHARPE, D. (1850) – On the secondary district of Portugal with the Lias of the north of the Tagus. *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, VI, parte 1.ª, pp. 135-200.
- SOARES, A. F. & DUARTE, L. V. (1995) – A organização da Bacia Lusitaniana. O ciclo Trias-Caloviano e o espectro das influências tectónicas e eustáticas. Resumos alargados do IV Congresso Nacional de Geologia, Porto, *Memórias Museu Lab. Min. Geol. Fac. Ciências Univ. Porto*, Porto, 4, pp. 139-142.
- (1997) – Tectonic and eustatic signatures in the Lower and Middle Jurassic of the Lusitanian Basin. *Comunicaciones IV Congreso de Jurásico de España*, Alcañiz, pp. 111-114.
- SOARES, A. F.; MARQUES, J. F. & ROCHA, R. B. (1985) – Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Geol. Univ. Coimbra, Coimbra, 100, pp. 41-71, 1 mapa.
- SOARES, A. F. & ROCHA, R. B. (1984) – Algumas reflexões sobre a sedimentação jurássica na Orla Meso-Cenozóica Ocidental de Portugal. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 97, pp. 133-143.
- SOARES, A. F.; ROCHA, R. B.; ELMI, S.; HENRIQUES, M. H.; MOUTERDE, R.; ALMERAS, Y.; RUGET, C.; MARQUES, J.; DUARTE, L.; CARAPITO, C. & KULLBERG, J. C. (1993) – Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen: histoire d'un "rift avorté". *C. R. Acad. Sci. Paris*, Paris, 317, série II, pp. 1659-1666.
- TEIXEIRA, C.; PAIS, J. & ROCHA, R. (1979) – *Quadros das unidades estratigráficas e da estratigrafia portuguesa*. INIC, 31 p..
- WILSON, R. C. L.; HISCOTT, R. N.; WILLIS, M. G. & GRADSTEIN, F. M. (1989) – The Lusitanian Basin of West-Central Portugal: Mesozoic and Tertiary tectonic, stratigraphic and subsidence history. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 46, pp. 341-362.
- WITT, W. G. (1977) – *Stratigraphy of the Lusitanian Basin*. Relatório não-publicado, Shell Prospex Portuguesa, 61 p..
- WRIGHT, V. P. & WILSON, R. C. L. (1984) – A carbonate submarine-fan sequence from the Jurassic of Portugal. *Journ. Sediment. Petrol.*, 54, pp. 394-412.
- ZBYSZEWSKI, G. & ASSUNÇÃO, C. T. (1965) – *Carta geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia explicativa da Folha 22-D (Marinha Grande)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 45 p..
- ZBYSZEWSKI, G.; FERREIRA, O. D.; MANUPPELLA, G. & ASSUNÇÃO, C. T. (1965) – *Carta geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia explicativa da Folha 38-B (Setúbal)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 134 p..
- ZBYSZEWSKI, G.; MANUPPELLA, G.; VEIGA FERREIRA, O. (1974) – *Carta geológica de Portugal, na escala 1/50 000. Notícia Explicativa da Folha 27-A (Vila Nova de Ourém)*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 82 p..