

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA DO MESOZÓICO NA AML E ASPECTOS RELATIVOS À NORMALIZAÇÃO

José C. Kullberg (a,1), Susana Machado (b,2)

a - Centro de Investigação em Geociências Aplicadas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Quinta da Torre, 2829-516 Caparica, Portugal.

b - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Estrada de Portela, Zambujal – Alfragide, 2720-866, Amadora, Portugal

1 - jck@fct.unl.pt; 2 – susana.machado@ineti.pt

Palavras-chave: Cartografia Geológica; Mesozóico; geodinâmica, normalização

Resumo

Apresenta-se uma síntese de trabalhos que envolveram a revisão de folhas da carta geológica de Portugal à escala 1:50 000, conducente à produção de formato digital em diferentes escalas, para a AML. O caso de estudo refere-se às unidades do Mesozóico. Além de uma breve introdução histórica dos levantamentos geológicos do Mesozóico nesta área, apontam-se as metodologias adoptadas para a elaboração desta cartografia, as dificuldades inerentes à cartografia e às correlações das unidades litostratigráficas derivados das diferenciações locais, bem como os aspectos relativos ao processo de normalização e agrupamento daquelas unidades para a publicação da cartografia a diferentes escalas. Apresenta-se o enquadramento geodinâmico da Bacia Lusitaniana que contextualiza o exposto.

Abstract

This paper presents a synthesis of the work related to the revision of sheets of the 1:50 000 geological map of Portugal for the production of a digital version, at different scales, for the Area of Lisbon. Our case study refers to the Mesozoic units. Besides a short introductory approach to previous works carried out by field geologists on the past, considerations about methodologies and difficulties related to the activity of surveying are discussed; in particular, what concerns the correlations between lithostratigraphic units derived from local differentiations and the need of normalization in the process of production of geological maps, at different scales. A brief geodynamic framework of the Lusitanian Basin where those units concern is presented, in order to contextualize the discussion.

Introdução

No projecto de desenvolvimento da Cartografia Geológica da Área Metropolitana de Lisboa (AML), recentemente concluído, foram fornecidos àquela entidade 49 cartas geológicas na escala 1:25 000, 13 na escala 1:50 000 e 2 na escala 1:100 000, que abrangem a área daquela área metropolitana.

Os levantamentos geológicos do Mesozóico da AML

A actual cartografia geológica da AML, fornecida em formato digital no âmbito do protocolo celebrado, resultou de vários levantamentos efectuados por diversos autores desde o século XIX e ao longo do século XX e XXI. Os levantamentos iniciais, naturalmente bastante simples e incompletos, foram sendo pormenorizados, actualizados e adaptados aos novos conhecimentos entretanto adquiridos. Como é próprio da cartografia geológica, a nova informação sucessivamente incorporada nas várias cartas que foram sendo produzidas, foi reflectindo a evolução de metodologias e de conhecimentos provenientes de diferentes áreas do saber. Ela reflecte o próprio perfil dos geólogos que nelas intervieram, no que respeita à sua

formação de base e também à sua forma de interpretar a dimensão espaço-temporal das unidades geológicas que definiram, descreveram e cartografaram.

Pelos seus contributos mais extensivos referem-se os geólogos do final do século XIX, início do século XX, Paul Choffat e José Berkeley-Cotter que se dedicam principalmente às unidades do Mesozóico e do Cenozóico (principalmente o Miocénico), respectivamente. Em especial nas décadas de 40 a 60 do século passado, Georges Zbyszewski redefine algumas anteriormente utilizadas e desenvolve especialmente o Quaternário. Na década de 70, Jacques Rey efectua nova cartografia do Cretácico Inferior com base em novas unidades por si definidas e Giuseppe Manuppella, entre as décadas de 70 e 90 refaz o levantamento das unidades jurássicas. De referir, pela sua relevância, quanto mais não seja pelo simbolismo de que se reveste, Fernando Moitinho de Almeida produz a Carta Geológica do Concelho de Lisboa à escala 1:10 000. Em contribuição com outros autores, muitos deles pertencentes a universidades, novos levantamentos foram sendo incorporados e novas cartas geológicas publicadas, sucessivamente pelos Serviços Geológicos de Portugal, Instituto Geológico e Mineiro e pelo actual Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, resultando no produto que actualmente se disponibilizou no âmbito do projecto referido.

Breve referência histórica

Os primeiros levantamentos geológicos do Mesozóico da AML datam do século XIX, tendo havido posteriormente inúmeras contribuições de diferentes geólogos, que a seguir de referem sucintamente (com base em REBELO, 1999), para o estado actual da cartografia do Mesozóico daquela área.

Foi o geólogo inglês Daniel Sharpe, que, em 1841, num estudo intitulado "The Geology of neighbourhood of Lisbon", publicou a primeira carta dos arredores de Lisboa elaborando, em 1849, no contexto de um estudo idêntico, a primeira carta dos arredores do Porto.

P. Choffat, geólogo suíço contratado pela então "Secção dos Trabalhos Geológicos", inicia, no fim do século XIX, o levantamento sistemático do Mesozóico da área da grande Lisboa e área a Norte. No entanto, só nas décadas de 30 a 50, já após o seu desaparecimento, estes levantamentos foram publicados pelo pessoal técnico dos então Serviços Geológicos de Portugal, orientados pelo conservador R. de Matos, nas 4 cartas dos arredores de Lisboa (folhas de Sintra, Loures, Cascais e Lisboa) na escala 1:50 000. Em 1940 tinha sido já publicada a carta de Lisboa na escala 1:20 000 a partir de levantamentos daquele geólogo.

Os levantamentos que P. Choffat efectuou na área a norte de Lisboa, se bem que mais localizados quando comparados com os que efectuou na região de Lisboa, serviram também de base, juntamente com os levantamentos de R. de Matos, para a publicação de diversas cartas que foram levantadas sob a orientação de G. Zbyszewski, durante as décadas de 50 e 60, com a colaboração de O. Veiga Ferreira e J. Camarate França. A Companhia Portuguesa de Petróleos, efectuou diversos trabalhos de prospecção de petróleo na Bacia Lusitânica, contribuindo também para os trabalhos de cartografia da maioria das cartas do sector central e norte da bacia.

A 1ª edição das cartas na escala de 1:50 000 do sector norte da AML, foram então publicadas em 1954 (Torres Vedras), 1962 (Alenquer) e 1965 (Bombarral) com contribuições de diversos autores.

A 1ª edição da carta de Setúbal foi publicada em 1964 sob coordenação de G. Zbyszewski.

A partir de 1965, data em que a área correspondente ao Mesozóico da AML ficou totalmente coberta por cartografia publicada, que diversos critérios e métodos da cartografia desta região foram redefinidos. G. Manuppella inicia, poucos anos depois da edição da última carta, a revisão do Jurássico da Bacia Lusitânica, embora com diversas interrupções, introduzindo de forma sistemática o critério litostratigráfico na definição das unidades, em vez do cronostratigráfico utilizado pelos geólogos de gerações anteriores (excepções feitas, por exemplo e curiosamente aos geólogos mais antigos como D. Sharpe e P. Choffat (*vide* R. B. Rocha, neste volume).

Além dos geólogos dos Serviços Geológicos de Portugal, variados autores, essencialmente vindos de universidades nacionais e estrangeiras, colaboram na cartografia do Mesozóico desta região, entre eles J. Rey (Univ. de Toulouse) que no início da década de 70 efectua o levantamento geológico do Cretácico Inferior do sector sul e parte do central da Bacia Lusitaniana, R. Leinfelder (Univ. Stuttgart) que trabalhou no Jurássico Superior, P. Y. Berthou (Univ. Paris) no Cretácico Superior e M. C. Kullberg (Univ. Lisboa) que contribui com levantamentos da região de Sintra, entre outros.

Apenas em 1981 é publicada a primeira 2ª edição de folhas à escala 1:50 000 abrangendo o Mesozóico da AML, mais precisamente a carta de Loures (folha 34 - B), ainda sob a orientação de G. Zbyszewski. Foram posteriormente publicadas, sob a coordenação de G. Manuppella as 2ªs edições das folhas de Sintra (34 - A em 1991), Setúbal (38 - B em 1994) e Cascais (34 - C em 1999) estando actualmente a folha de Lisboa (34 - D) a ser ultimada.

O projecto de fornecimento de cartografia para a AML

As folhas das cartas geológicas recentemente fornecidas à AML nas escalas 1:25 000, 1:50 000 e 1:100 000 foram adaptadas das anteriormente publicadas pelos ex-Serviços Geológicos de Portugal e ex-Instituto Geológico e Mineiro, com as diversas actualizações entretanto efectuadas. As folhas das quais ainda não tinham sido publicadas as 2ªs edições foram as que sofreram, como seria de esperar, maiores actualizações, nomeadamente ao nível dos critérios de separação das unidades, agora litostratigráficos, que se reflectiram, geralmente, na maior pormenorização da cartografia.

O detalhe e cartografia dos acidentes tectónicos foi também uma das grandes alterações em relação às anteriores edições. De facto, estas apresentavam uma tectónica muito simplificada, fruto da pouca importância, ou sensibilidade que os geólogos da época davam a esta disciplina das Geociências; a Estratigrafia e a Petrografia das várias unidades representadas sempre assumiram, por tradição histórica, uma maior relevância, quer ao nível da representação gráfica nas folhas, quer ao nível da descrição nas respectivas notícias explicativas.

O primeiro trabalho de base que foi efectuado, ao nível de todas as unidades estratigráficas aflorantes na AML, foi o da adaptação dos seus limites às novas bases topográficas fornecidas pelo Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), nas diferentes escalas. A grande maioria das cartas tinham sido levantadas à escala 1:25 000, sobre bases topográficas do antigo Instituto Geográfico e Cadastral (actual Instituto Geográfico Português) que, por se encontrarem desactualizadas e utilizarem diferentes métodos de aquisição e projecção de informação, não coincidiam com as actuais bases fornecidas pelo IGeoE. Neste processo, as unidades mais recentes foram, naturalmente, alvo de maiores adaptações.

Foi necessário também rever e, por vezes, refazer uma série de actualizações na cartografia, nomeadamente a adaptação da cartografia cedida por vários autores, em particular a do Cretácico Inferior efectuada por J. Rey que implicou um trabalho, por vezes moroso e difícil, de adaptação à cartografia já existente e à nova base topográfica. Várias visitas ao terreno foram feitas para esclarecer dúvidas relativas a estas adaptações e a outras questões que entretanto surgiam ou que prevaleciam há muito, já que as últimas edições de algumas folhas à escala 1:50 000 já existiam há mais de 30 anos (ex.: folhas de Lisboa, Torres Vedras, Bombarral e Alenquer).

Nas folhas de Lisboa e Loures foi adaptada a cartografia dos níveis piroclásticos do Complexo Vulcânico de Lisboa, fornecida por António Serralheiro, da Universidade de Lisboa.

Foi efectuado um processo de normalização das unidades estratigráficas, ainda incompleto e seu posterior agrupamento para a elaboração das cartas síntese na escala 1:100 000, que se descreve em capítulo posterior neste trabalho.

Enquadramento geodinâmico da Bacia Lusitaniana

A evolução da bacia está intimamente associada às primeiras fases de abertura do oceano Atlântico, relacionada com a fragmentação da Pangeia (ciclo alpino), que começa a ocorrer no início do Mesozóico. Ela desenvolve-se ao longo de parte da margem ocidental ibérica, em regime distensivo, com direcção predominante E-W, reactivando estruturas tardi-variscas, principalmente sub-meridianas, algumas delas que vêm a constituir os bordos principais da bacia: a Oeste a falha do bordo de bacia limita um relevo marginal designado por *horst* da Berlenga situado na actual plataforma imersa e, a Este a falha de Porto-Tomar, com prolongamento para sul difícil de estabelecer uma vez que o limite oriental da Bacia Lusitaniana se encontra parcialmente coberto por sedimentos cenozóicos pertencentes à Bacia do Tejo. Outra direcção de falhas, ENE-WSW; assume papel importante ao nível da estruturação interna, da bacia, nomeadamente porque algumas vão delimitar, pelo menos em determinados períodos de evolução da bacia, sectores com características estruturais e sedimentares distintas. Referimo-nos, de Norte para Sul, às falhas da Nazaré, do Arrife-Montejunto-Torres Vedras, do Tejo e, na extremidade meridional da bacia, a falha da Arrábida a Sul da Península de Setúbal (Figura 1).

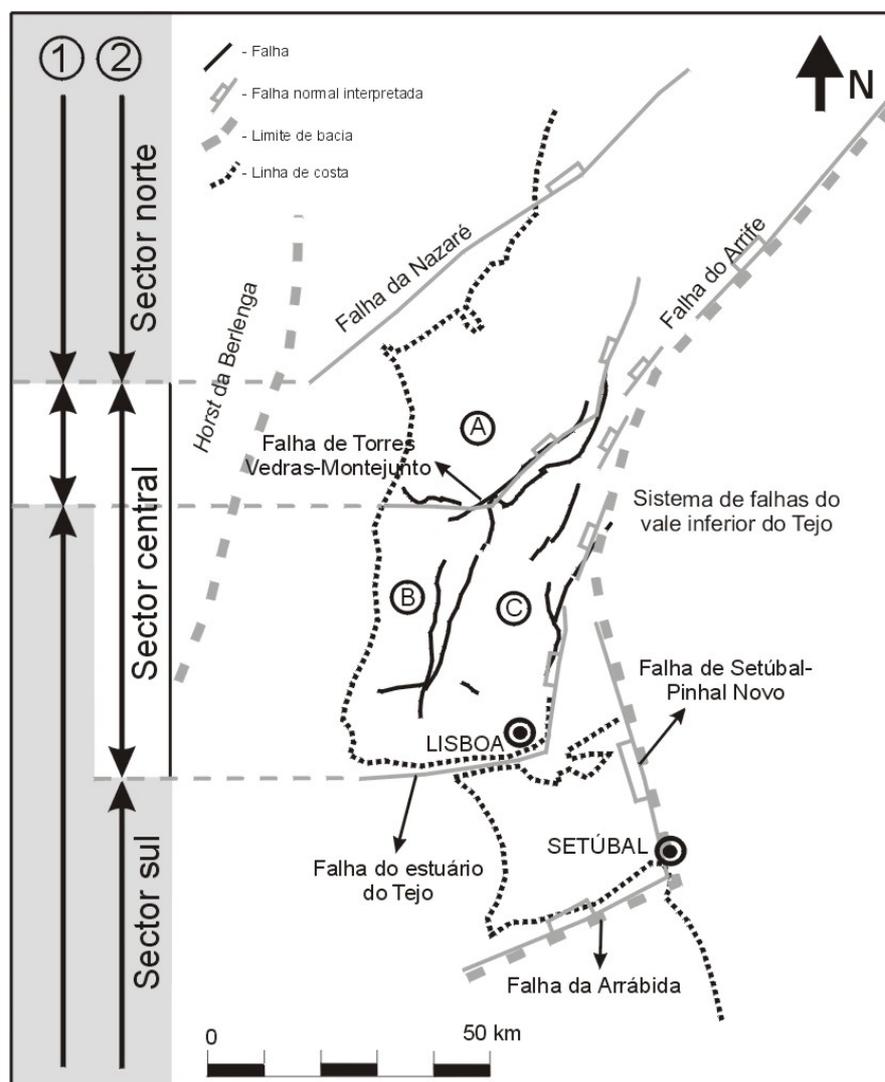


Figura 1 – Localização dos limites da Bacia Lusitaniana e de falhas que constituem fronteiras internas importantes ao longo da sua evolução. Divisão da bacia em sub-bacias (A) sub-bacia de Bombarral (B) sub-bacia de Turcifal e (C) sub-bacia de Arruda. Divisão da bacia em sectores (1) segundo R. B. ROCHA e A. F. SOARES (1984) e (2) segundo A. RIBEIRO *et al.* (1996). (Adaptado de KULLBERG, 2000).

Os limites temporais da bacia, enquanto um espaço de sedimentação condicionado por tectónica distensiva no contexto regional já referido, evolui desde o Triásico Superior (?) até o Cretácico Inferior (Aptiano).

Neste intervalo têm sido considerados 3 ou 4 episódios de *rifting* conforme os autores e que não importa aqui discutir de forma aprofundada. Também com algumas discrepâncias relativamente aos intervalos durante os quais se desenvolveram, de forma muito genérica, poder-se-á considerar um primeiro episódio principal desde o Triásico até ao Jurássico Superior, outro durante o Jurássico Superior e o último episódio de *rifting* durante o Cretácico Inferior até o momento da oceanização no Aptiano (*breakup unconformity*, materializada superiormente pela Formação do Rodízio). A partir deste momento, a distensão intra-continental transfere-se para a crista médio-oceânica recém formada no Atlântico Norte, frontal à margem ocidental ibérica. Os autores que propõem a existência de uma quarta fase de *rifting* subdividem a primeira enunciada, considerando existir evidências nas unidades do Jurássico Inferior mostrando importantes transformações na bacia controladas por modificações quer na geometria quer na sua cinemática. De qualquer forma, dada a escassez de afloramentos desta idade e a grande dificuldade na sua datação na região da AML, trata-se de aspecto pouco relevante para ser aqui desenvolvido.

As principais transformações que a bacia sofre na sua evolução, registados no conteúdo sedimentar, relacionam-se, por um lado, com a evolução genérica, progressiva, para ambientes mais abertos que é evidenciado, por exemplo, pela facilidade de circulação de amonites, com tendência para a mistura de forma tethisianas e boreais.

Por outro lado, a distribuição geográfica dos principais corpos líticos está também associada às diferentes geometrias que a bacia vai assumindo. Inicialmente, em especial até o final do Hetangiano, a bacia estrutura-se segundo um fosso sub-meridiano, relativamente estreito mas por vezes atingindo subsidência importante com a conseqüente deposição de espessa sequência de argilas evaporíticas (a Formação de Dagorda) responsável pela formação, mais tarde, de várias estruturas diapíricas salinas das quais duas se encontram representadas na área de estudo: o diapiro de Matacães e o de Sesimbra. Na extremidade Noroeste da folha 30B (de Bombarral) aflora ainda uma pequena área da Formação de Dagorda pertencentes à extremidade sul do maior diapiro aflorante da Bacia Lusitaniana, o diapiro de Caldas da Rainha.

Até ao início do Jurássico Superior a bacia evolui como um *half-graben*, comprovado pelas fácies carbonatadas, com carácter nitidamente mais detrítico a Oeste do que a Este. No Jurássico Superior, a partir do Kimeridgiano, após a Formação de Montejunto e unidades correlacionáveis, a entrada brusca de espessas sequências siliciclásticas, a Este e a Oeste, revelam a reactivação do soco hercínico, parcialmente recoberto por unidades mesozóicas no bordo Este. A bacia assume assim uma geometria aproximadamente simétrica (geometria em *graben*), o que leva ao seu maior confinamento, do ponto de vista geográfico, segundo a sua dimensão latitudinal. É na área abrangida pela AML que esta importante modificação da bacia Lusitaniana se encontra melhor expressa, nomeadamente através da Formação de Abadia, das Arcoses de Castanheira e, na região da Arrábida (folha 38B), pelos Conglomerados de Comenda.

É também neste intervalo que a bacia atinge um maior grau de diferenciação, com a formação no sector central de várias sub-bacias: a Norte a de Bombarral, a Sudoeste a de Turcifal e a Sudeste a de Arruda (Figura1). Esta nova geometria vai contribuir largamente para a dificuldade em estabelecer as várias unidades litostratigráficas e, também, as suas correlações.

Já no final do Jurássico Superior e, em especial, durante o Cretácico Inferior, a bacia, se bem que sofrendo novo episódio distensivo menos intenso dos que os anteriores, vai assistindo a um certo confinamento em forma de golfo, aberto para sul na região de Lisboa. O esquema proposto por J. REY (1999) é disso perfeitamente ilustrativo.

Após a descontinuidade de rotura do Albiano, a evolução da bacia, no que respeita à sua progressiva colmatação, tem a ver sobretudo com movimentos verticais, nomeadamente

eustáticos. Exemplo são os calcários da Formação de Bica, do Cenomaniano, que representam as unidades sedimentares (*sensu strictum*) mais recentes do Mesozóico representadas na AML.

O afloramento ao nível da superfície topográfica actual, de unidades mesozóicas deve-se a dois processos geodinâmicos de natureza, idade e abrangência geográfica distintas. Com efeito, as unidades do Jurássico Superior e Cretácico aflorantes na região de Sintra-Cascais devem-se à formação do Maciço Eruptivo de Sintra no final do Cretácico Superior e, na restante área, até à falha da Nazaré (RIBEIRO *et al*, 1990), a inversão tectónica devida ao movimento convergente entre as placas africana e euro-asiática. Esta fase compressiva já se verifica pelo menos desde o início do Cenozóico nas regiões mediterrânicas mais centrais (assistindo-se ao fecho progressivo do Mar de Tethys), mas que se faz sentir na margem ocidental ibérica apenas no Miocénico inferior: Burdigaliano, seg. ANTUNES *et al.* (1995), baseados em tecnologias recentes de datações isotópicas; Serravaliano seg. Choffat (1908), a partir da biostratigrafia de moluscos efectuada por J. Berkeley-Cotter. A discordância angular associada ao levantamento da Arrábida, que leva a compreender a posição geométrica da unidade datadora, encontra-se representada em notável sequência de perfis, que mostram um conhecimento profundo, antecipado de mais de 50 anos, sobre detalhes em geral mais facilmente detectáveis pelos actuais geólogos estruturalistas.

É de interesse referir que, durante o Mesozóico, se observa um conjunto de ocorrências especiais relacionadas com processos geodinâmicos de natureza muito específica. Referimo-nos aos corpos ígneos aflorantes (se bem que em elevado número, globalmente não ocupem área muito significativa), cuja ocorrência na área da Bacia Lusitaniana praticamente se confina à AML. De acordo com os 3 ciclos magmáticos definidos por L. MARTINS (1991), eles podem ser, de forma muito sucinta, descritas da seguinte forma: Complexo Vulcano Sedimentar, intercalado entre a Formação de Dagorda e a dos Dolomitos de Sesimbra correspondendo provavelmente a manifestações distais de vulcanismo que ocorream naquele período na Bacia do Algarve, correspondente ao 1º ciclo toleítico. As principais evidências de magmatismo encontram-se circunscritas geneticamente ao 3º ciclo, alcalino, e têm expressão no:

- Complexo de diques radiais de Mafra (centrado na fronteira entre as folhas 30C (Torres Vedras) e 34A (Sintra) predominando rochas básicas, cujas datações isotópicas publicadas até à data apontam para idade entre os c. de 100 M.a. e 90 M.a.;
- Maciço Eruptivo de Sintra predominando granitos, sienitos e gabros no interior do maciço e um cortejo filoniano periférico com geometrias associadas a intrusões forçadas com injeções no maciço encaixante. As únicas rochas metamórficas (metamorfismo térmico) aflorantes na AML encontram-se na orla do maciço; as datações isotópicas apontam para idades entre os c. de 80 a 72 M.a.;
- Complexo Vulcânico de Lisboa (e Runa), composto essencialmente por basaltos em escoadas, com intercalações de camadas de piroclastos; está também cartografado elevado número de chaminés, diques e algumas soleiras.

É neste contexto, muito variado e complexo do ponto de vista geodinâmico, que se desenvolve a margem ocidental ibérica, concentrando-se uma série de processos particulares na área abrangida pela cartografia agora revista e migrada para formato digital.

Não se torna fácil, pois, estabelecer regras generalistas de cartografia, nomeadamente no que se refere às unidades litostratigráficas, dadas as fortes possibilidades de variações laterais de fácies e de diacronismo nos respectivos limites. O estabelecimento de unidades cartográficas de base, as formações, com valor regional são, assim, difíceis de estabelecer.

As unidades/Formações geológicas do Mesozóico da AML e a sua diferenciação regional

As várias unidades litostratigráficas contidas na área geográfica da AML foram individualizadas de acordo com as suas características líticas, a sua individualização vertical e horizontal relativamente a unidades adjacentes e a possibilidade de serem cartografadas. A estas

unidades é atribuível um contexto genético. Foram, desta forma, nomeadas como “Formação” unidade estratigráfica formal, observável, que constituem a unidade base da cartografia geológica face ao Código Estratigráfico Internacional.

As dificuldades atrás apontadas, decorrentes da variabilidade geológica da região (como ressalta da leitura do capítulo anterior), conduz a que a distribuição das unidades cartografadas seja fundamentalmente reflexo dos inúmeros enquadramentos geodinâmicos vigentes na bacia, principalmente na altura da sua deposição, pelo que as sucessões litostratigráficas, apesar de, muitas vezes, serem correlacionáveis ao nível da idade, adquirem características próprias em diferentes regiões da bacia.

As dificuldades são acrescidas quando consideramos as possíveis interferências a que, por exemplo, o magmatismo na região de Sintra-Cascais conduziu, especialmente pela sua dimensão. A orla de metamorfismo é considerável, afectando uma espessura não negligenciável de unidades do encaixante sedimentar, o que leva a alguma dificuldade em estabelecer correlações, nomeadamente porque algumas delas não apresentam continuidade cartográfica. Apesar disto, no caso vertente, algumas idades foram possíveis de estabelecer (ex: RAMALHO, 1971) facilitando pois correlações e interpretações de carácter paleogeográfico regional.

Mais ainda: como foi referido, a área geográfica da AML abrange dois dos sectores atrás definidos para a Bacia Lusitaniana: o sul e o central. A diferenciação entre eles é bastante notória, quer ao nível da estruturação tectónica, quer do ponto de vista das unidades litostratigráficas neles presentes. Em especial, para as unidades do Jurássico, as correlações não são fáceis de estabelecer, essencialmente por três ordens de razões:

- por um lado, a dificuldade de datação precisa, mesmo nas unidades representativas de ambientes marinhos, particularmente as do sector sul, aflorantes na margem meridional da Península de Setúbal, dada a raridade de amonites recolhidas ao longo de mais de um século de trabalhos desenvolvidos por especialistas (por exemplo, P. Choffat, H. Tintan, R. Mouterde e R. Rocha);
- por outro, a ocorrência de unidades de fácies marinhas e continentais, com todas as dificuldades inerentes ao estabelecimento de correlações entre as respectivas escalas biostratigráficas e, logo, a enorme dificuldade em compreender os possíveis diacronismos associados às várias formações;
- por outro ainda, a ausência de continuidade de afloramento entre as unidades mesozóicas, particularmente as da região da Arrábida (extremidade meridional da Bacia Lusitaniana) e as do sector central, a Norte do Tejo.

Algumas destas dificuldades podem ser exemplificadas através de diferentes cartas revistas no âmbito do projecto, em especial as respectivas legendas.

O caso das sub-bacias

A falha de Torres Vedras-Montejunto, que corresponde provavelmente a uma série de troços de falhas unidas por *soft-links*, com movimento normal para Norte é, durante o Jurássico Superior e o Cretácico Inferior, responsável por diferenciação entre a sub-bacia de Bombarral, no bloco mais subsidente, e as sub-bacias do Turcifal e de Arruda a Sul.

Esta separação de natureza tectónica funciona durante a sedimentação também como barreira paleogeográfica, diferenciando ambientes de sedimentação. A falha materializa o limite meridional de afloramento da Formação de Bombarral constituída por sequências siliciclásticas continentais, e da Formação de Alcobaça (de fácies calcária). Para sul, esta estrutura limita setentrionalmente a Formação de Sobral (apesar desta apresentar equivalentes laterais de ambiente mais profundo na região a NW de Bombarral – unidades de Nadrupe, Castelhanos e Miragaia) e a Formação de Freixial, de fácies continental, que são equivalentes laterais da Formação de Bombarral (Figura 2).

Já no Cretácico esta diferenciação não é observável, uma vez que as unidades localizadas no designado sinclinal do Ramalhal são contínuas do ponto de vista do conteúdo e dos limites com as aflorantes a sul da falha de Torres Vedras-Montejuento, o que demonstra uma diminuição da sua actividade neste período.

O caso das unidades encaixantes do Maciço Eruptivo de Sintra

As unidades jurássicas que afloram na periferia do Maciço Eruptivo de Sintra foram depositadas em ambiente de plataforma carbonatada prevalecente nesta região no Jurássico Superior. A instalação deste maciço no final do Cretácico sobreimpôs a estas unidades características particulares, produzindo uma auréola de metamorfismo de contacto que deu origem a: i) calcários muito compactos, por vezes mármore (Formação de S. Pedro) e ii) calcoxistos, calcários bandados e margas xistificadas (Formação de Ramalhão) (RAMALHO *et al.*, 1993).

As datações que foram possíveis de obter, apesar do metamorfismo que as unidades sedimentares sofreram, permitem estabelecer correlações com outras da bacia, como foi referido em capítulo anterior. Desta forma pode afirmar-se com alguma segurança que: i) a primeira é correlativa das formações de Cabaços e Montejuento aflorantes mais a Norte na região de Montejuento e as unidades de Azóia e Arrábida mais a Sul, na península de Setúbal e ii) as segundas são correlativas de uma série de unidades que mostram o início da grande variabilidade das sub-bacias, mas de que se destacam a Formação de Abadia e as Arcoses de Castanheira a Norte e os Conglomerados de Comenda na região da Arrábida.

Aspecto relevante que decorre desta análise é a aparente heterocronia da base das unidades superiores nas diferentes áreas referidas. Para além disto elas evidenciam, como referido por exemplo em M. Ramalho *et al.* (*op. cit.*) um “progressivo preenchimento da zona mais profunda e com maiores influências marinhas da vasta bacia de sedimentação estremenha” que, aliás, continua no Cretácico Inferior. Vistas de forma descontextualizada, mesmo que apoiadas numa boa base biostratigráfica, as unidades em causa podem, no extremo, vir a ser de difícil comparação em termos de posicionamento paleogeográfico. No entanto, conhecendo os principais eventos geodinâmicos de natureza tectónica, que moldam a geometria da bacia, será mais fácil de compreender o carácter distal da Formação de Ramalhão relativamente, por exemplo, aos Conglomerados da Comenda ou às Arcoses de Castanheira que se encontram adjacentes a um bordo activo de *rift*. A assinatura sedimentar, distal, do *rift shoulder* é também, necessariamente, tardia. Daí a heterocronia da base destas unidades.

O caso do “isolamento” cartográfico de sectores da bacia

Os afloramentos mesozóicos da extremidade Sul da Península de Setúbal encontram-se isolados dos da restante Bacia Lusitaniana. Este aspecto torna difícil a correlação de unidades entre sectores, dificuldade acrescida na região da Arrábida pela quase ausência de bons fósseis de idade (amonites), tendo de se recorrer ao estudo de outros grupos cujos métodos de trabalho envolvem uma maior morosidade (caso dos foraminíferos) muitas vezes sem resultados tão precisos.

Ainda assim, exceptuando algumas situações duvidosas relacionadas com unidades dolomíticas e outras detríticas continentais, as idades têm vindo a ser precisadas ao longo do tempo, com a realização de inúmeros trabalhos cujos resultados têm vindo a ser incorporados pelo menos nas 2 edições já publicadas da folha 38B (Setúbal).

Apesar do “isolamento” cartográfico, um exemplo que ilustra a relevância da região da Arrábida para um melhor conhecimento da evolução da Bacia Lusitaniana, prende-se exactamente com o caso focado no final do ponto B) No Jurássico Superior, mais exactamente no intervalo Kimeridgiano-Titoniano ressalta uma mancha cartográfica contínua da extremidade oriental até à ocidental da Península. Trata-se do conjunto, de Este para Oeste, das unidades da Comenda e de Vale da Rasca, passando lateralmente à unidade dos Arenitos e argilas de transição e, a Oeste, os Calcários, grés e margas de Espichel (Figura 3). Estas unidades correspondem exactamente aos equivalentes proximais da Formação de Ramalhão. Aqui é verificável um

conjunto de ambientes de sedimentação que sucessivamente passam de leques aluviais associados ao dismantelamento de relevos estruturais do bordo de bacia (Kullberg *et al*, 2000), até ambientes de transição, com sucessivos avanços e recuos da linha de costa, mais ou menos geograficamente constrangidos ao meridiano de Sesimbra, até unidades marinhas, embora ainda com alguma influência continental, na região do Cabo Espichel. A expressão mais distal, registada nos sedimentos, deste contexto paleotectónico e paleogeográfico encontrar-se-á, como foi referido em unidade actualmente aflorante em sector distinto, sem ligação cartográfica ao longo da área actualmente emersa.

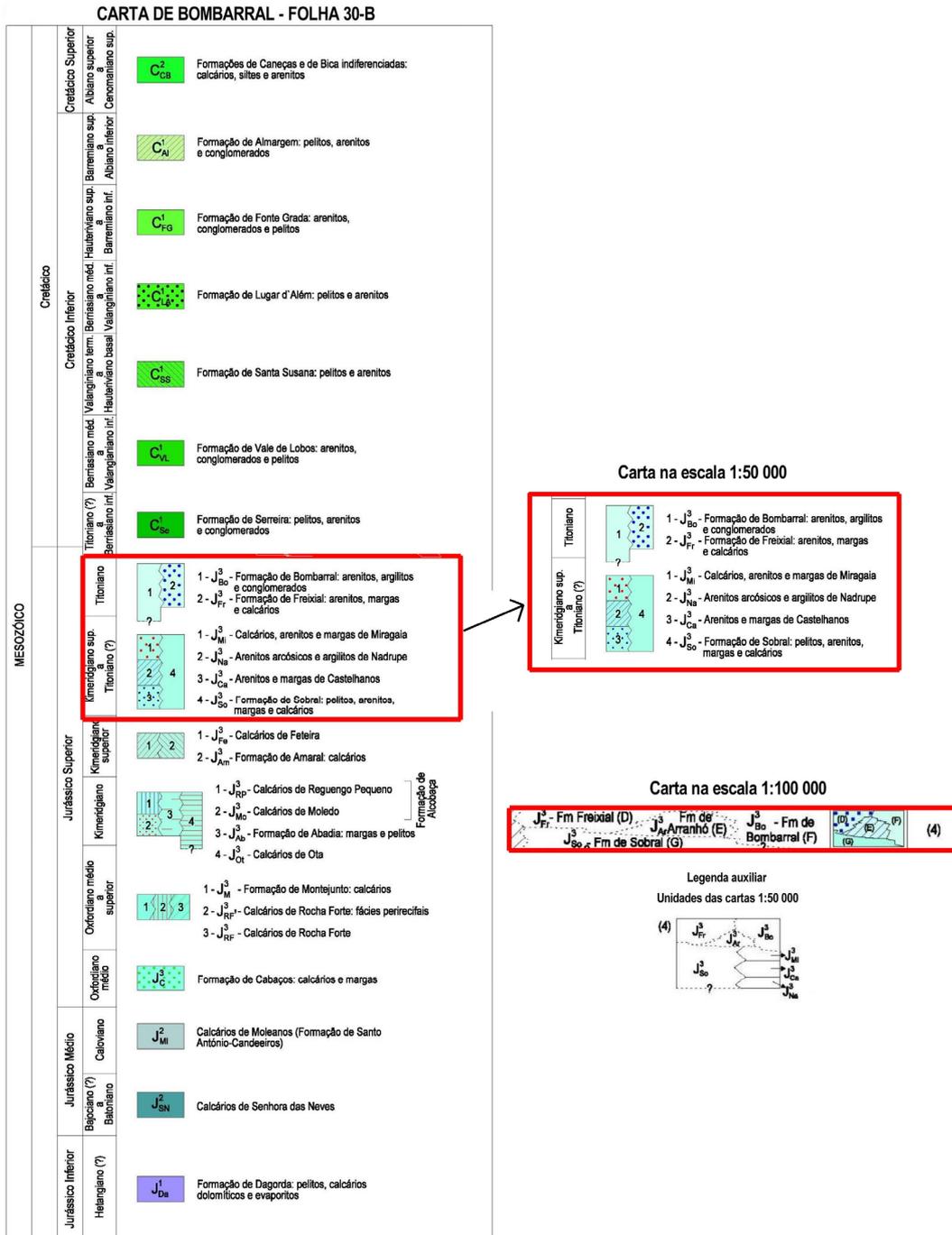


Figura 2 – Extracto da legenda da folha 30-B (Bombarral) da carta geológica à escala 1:50000 representativa do Mesozóico, apresentada na versão produzida no âmbito do projecto (à esquerda) e extracto da legenda (e legenda auxiliar) da carta na escala 1:100 000 referente às Formações de Bombarral, Sobral e Freixial.

Normalização e agrupamento das unidades do Mesozóico da AML

Algumas das dificuldades inerentes à cartografia geológica, nomeadamente no que se refere à definição de (novas) unidades litostratigráficas prendeu-se muitas vezes com a ocorrência objectiva de dificuldades como algumas (e outras) das atrás enunciadas. Outras dificuldades, de carácter diverso, têm a ver, por exemplo com a avaliação, necessariamente subjectiva, que o geólogo de campo efectua sobre as unidades que observa no campo. E essa avaliação sendo dessa natureza, diferirá do geólogo responsável de uma carta para o geólogo responsável pela carta imediatamente adjacente.

Deste ponto de vista, qualquer normalização, em especial no que se refere ao estabelecimento das unidades litostratigráficas, principalmente dos seus limites, será de todo impraticável e mesmo, provavelmente, desprovida de sentido; mas já voltamos a este assunto.

A normalização passa em primeiro lugar, e desde logo, pela adopção de regras muito claras e duradouras no que se refere:

- à coerência da nomenclatura;
- ao cumprimento das normas estabelecidas pelo Código Estratigráfico Internacional, nomeadamente quanto à definição formal das unidades adoptadas na cartografia;
- à uniformidade da simbologia e das legendas.

Ao longo do tempo e das várias edições de folhas da carta geológica à escala 1:50 000, alguns passos positivos têm sido dados nesse sentido, se bem que, em nossa opinião, o maior e mais rápido tenha sido agora com a revisão relacionada com o projecto da produção da cartografia digital da Área Metropolitana de Lisboa. Efectivamente esse avanço qualitativo prendeu-se, na nossa opinião, com: i) a oportunidade que surgiu para a revisão de uma quantidade substancial de folhas num mesmo instante; ii) essas folhas abrangerem uma área “geográfica proporcionada” (não se tratou, por exemplo, de uma fiada extremamente alongada); iii) do ponto de vista geológico, particularmente no que se refere ao período mesozóico, abranger sectores expressivos e representativos da evolução da Bacia Lusitaniana e, como tal, sobre os quais já incidiram inúmeros estudos tematicamente muito diversificados, mas todos eles com contributos importantes para um melhor conhecimento da evolução de uma bacia sedimentar; iv) a revisão ter sido efectuada em formato digital, com recurso a base de dados georeferenciada, logo com alguma facilidade de parametrização, por exemplo de símbolos cartográficos; v) e sobre uma base topográfica actualizada.

A cartografia geológica, por definição, nunca está terminada; nem todas as revisões, sobretudo relacionadas com as unidades litostratigráficas foram realizadas ao longo deste projecto, bastante limitado no tempo. No entanto, o formato utilizado, permitirá seguramente actualizações com maior frequência e com custos bastante menores.

Um dos produtos finais do projecto foi a edição de 2 folhas à escala 1:100 000 abrangendo toda a AML, que poderá constituir um material de “charneira” entre as cartas de grande escala (1:25 000 e 1:50 000) e as de pequena escala (1:200 000 e 1:500 000).

A elaboração e edição simultânea e sequencial de várias cartas geológicas adjacentes, e a posterior compilação das mesmas numa única carta numa escala mais pequena (1:100 000), envolveu um trabalho de homogeneização e normalização das unidades geológicas utilizadas nas escalas maiores. Ora, as cartas geológicas de base agora actualizadas, foram publicadas ao longo de um grande intervalo de tempo (cerca de 50 anos), por diferentes autores, dando origem a uma multiplicação de unidades estratigráficas que, ao longo do tempo foram sendo correlacionadas à medida que cartas mais recentes iam sendo publicadas.

Para o presente trabalho de fornecimento da cartografia da AML foi revista e refeita, quando necessária, a correlação e integração daquelas unidades com base em critérios crono e litostratigráficos, procedendo-se à homogeneização da nomenclatura das várias unidades

estratigráficas. A continuidade cartográfica dos limites das unidades entre as várias cartas foi também revista e corrigida.

Para o agrupamento das unidades do Mesozóico utilizadas na carta à escala 1:100 000 foram utilizados os seguintes critérios:

- Significado geodinâmico regional de cada unidade;
- Uniformidade geográfica e paleogeográfica;
- Legibilidade na escala 1:100 000.

Deste agrupamento resultaram as unidades que se apresentam na legenda (Figura 3) das 2 cartas síntese produzidas. A organização desta legenda em 3 sectores (sul, central e norte) reflecte diferentes sectores e sub-sectoros da Bacia Lusitaniana durante o Mesozóico que levaram à deposição de unidades estratigráficas litologicamente diferenciadas mas correlacionáveis de um ponto de vista genético.

Reflexões sem conclusões

A normalização foi o tema condutor deste trabalho, no caso dedicado à cartografia geológica das unidades do Mesozóico da Área Metropolitana de Lisboa. Propositadamente uma reflexão ficou por fazer, relacionada com o sentido que faz, ou não, a normalização referente a aspectos que se aproximam de um carácter de avaliação subjectiva do geólogo de campo, e que é inerente ao desempenho do seu trabalho.

Como vimos, também, essa subjectividade, levada a um extremo, pode conduzir à impossibilidade de “colagem” de uma carta com qualquer outra vizinha.

Por outro lado, todos sabemos que as rochas são os factos, os materiais concretos, e os modelos são o corolário de formulações intelectuais em patamares sucessivos de abstracção.

Desta forma, para se retirar algum carácter subjectivo à actividade do geólogo de campo (como aquele que pode levar a situações extremas de “ilegibilidade”), parece fundamental estar-se ciente do contexto geológico sobre o qual se está a produzir cartografia. Ou seja, deve ter-se uma clara noção de conjunto, uma correcta localização espaço-temporal relativamente à bacia no seu todo (no presente caso), a uma escala formal ou informal mais abrangente. Hoje, a evolução da qualidade da cartografia deve apoiar-se, exactamente nesta dualidade de abordagem e interacção permanente entre diferentes escalas.

É exactamente a este nível que a escala cartográfica (formal) intermédia, por exemplo 1:100 000, pode e deve desempenhar um papel relevante, em especial quando fundamentada numa legenda que tenha subjacente um conceito geodinâmico.

Em síntese, a normalização do “tangível”, para além de necessária e desejável é concretizável; a “normalização” do conceptual, se bem que de difícil concretização, é também necessária. Algum contributo nesse sentido parece ter sido dado na concretização do projecto de revisão e digitalização de cartografia geológica para a Área Metropolitana de Lisboa.

LEGENDA AUXILIAR DO MESOZOÍCO
Unidades das Cartas 1:50 000

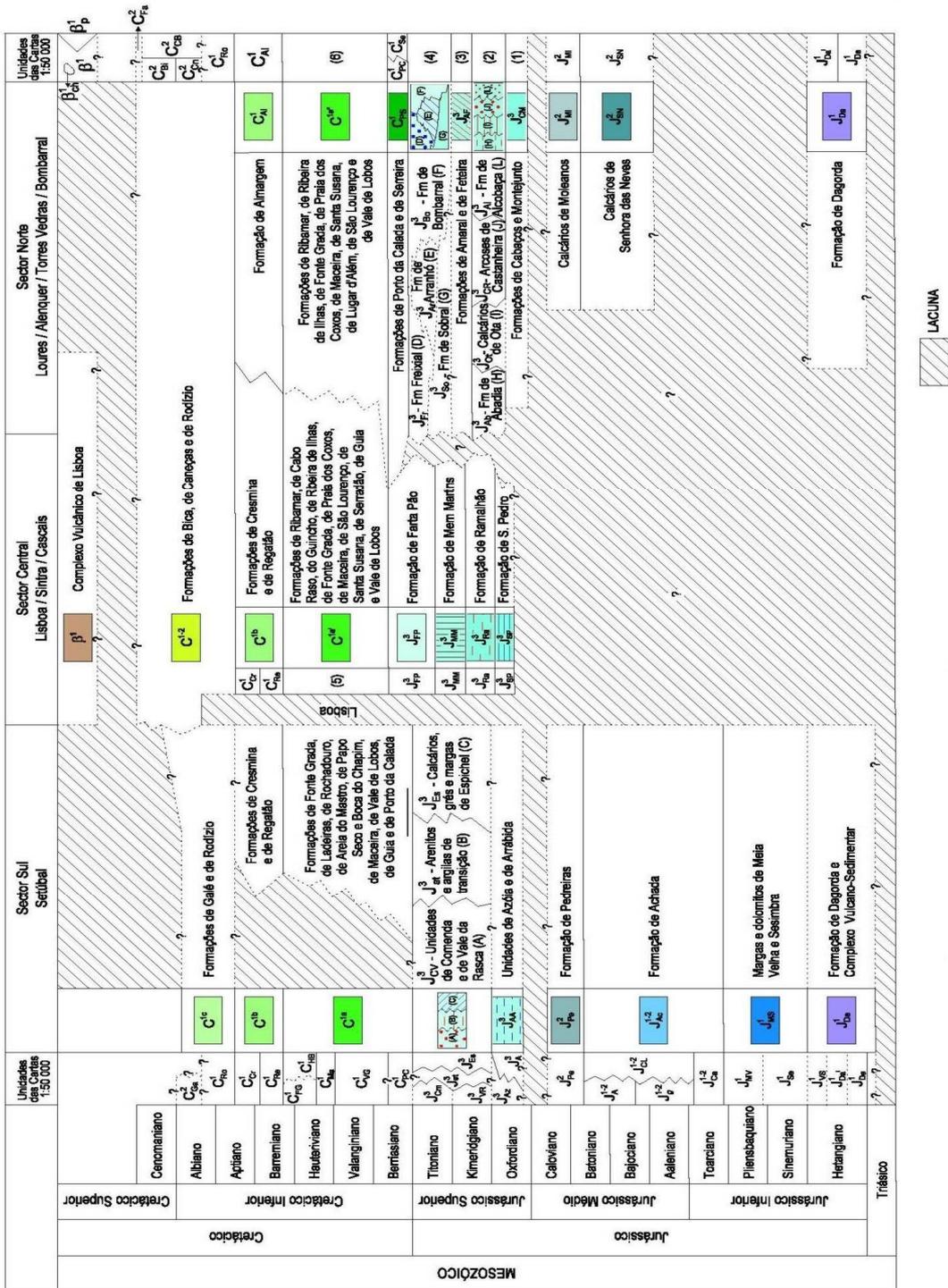


Figura 3 – Legenda do Mesozóico das cartas síntese na escala 1:100 000 da AML.

Bibliografia

- ANTUNES, M. T.; ELDERFIELD, H.; LEGOINHA, P. e PAIS, J. (1995) - Datações isotópicas com Sr do Miocénico do flanco Sul da Serra da Arrábida. *Com. Inst. Geol. e Mineiro, Lisboa*, 81: 73-78.
- CHOFFAT, P. (1908) - Essai sur la tectonique de la chaîne de l'Arrabida. *Mem. Com. Geol. Portugal, Lisboa*, pp. 1-89.
- KULLBERG, J. C. (2000) - Evolução tectónica mesozóica da Bacia Lusitaniana. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Doutor em Geologia, UNL, Lisboa.
- KULLBERG, M. C.; KULLBERG, J. C. e TERRINHA, P. (2000) - Tectónica da Cadeia da Arrábida. *Memórias Geociências, Museu Nac. Hist. Nat. Univ. Lisboa*, nº 2, pp. 35-84.
- MANUPPELLA, G.; ANTUNES, M. T.; PAIS, J.; RAMALHO, M. M. e REY, J. (1999) - Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000 – 38-B (Setúbal). Dep. de Geologia, *Instituto Geológico e Mineiro*, Lisboa.
- MARTINS, L. T. (1991) - *Actividade ígnea mesozóica em Portugal (contribuição petrológica e geoquímica)*. Tese de Doutoramento (não publicada), Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, 418 pp.
- RAMALHO, M. M. (1971) - *Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieure et du Crétacé inférieure des environs de Lisbonne (Portugal)*. *Mem. Serv. Geol. Portugal*, 19, 212 pp.
- RAMALHO, M. M.; PAIS, J.; REY, J.; BERTHOU, P. Y.; ALVES, C. A. M.; PALÁCIOS, T.; LEAL N. e KULLBERG, M. C. (1993) – Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000 – 34-A (Sintra). *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa.
- REBELO, J. (1999) – *As cartas geológicas ao serviço do desenvolvimento*. Publ. integrada nas comemorações dos 150 anos da criação da I Comissão Geológica. Instituto Geológico e Mineiro.
- REY, J. and DINIS, J. (2004) – Field trip guidebook. *Cretaceous and Cenozoic Events in West Iberia Margin. Vol 2. 23rd IAS Meeting of Sedimentology*, Coimbra- Portugal. IAS.
- RIBEIRO, A.; KULLBERG, M. C.; KULLBERG, J. C.; MANUPPELLA, G. and PHIPPS, S. (1990) - A review of Alpine Tectonics in Portugal: Foreland detachment in basement and cover rocks. *Tectonophysics*, Amsterdam, nº 184, pp. 357-366.
- RIBEIRO, A.; SILVA, J. B.; CABRAL, J.; DIAS, R.; FONSECA, P.; KULLBERG, M. C.; TERRINHA, P.; KULLBERG, J. C. and PHIPPS, S. P. (1996) – Tectonics of the Lusitanian Basin. Contribution to the MILUPOBAS Project – EC Contract no. JOU2-CT94-0348.
- ROCHA, R. B. e SOARES, A. F. (1984) – Algumas reflexões sobre a sedimentação jurássica na orla meso-cenozóica ocidental de Portugal. *Mem. Not.*, Coimbra, vol. 97, pp. 133-142.