

MARTIM PORTUGAL V. FERREIRA
Coordenação

A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos

VOL. 1 • GEOLOGIA DE ENGENHARIA



Coimbra • Imprensa da Universidade

CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES LÍTICAS CARBONATADAS NA REGIÃO DE COIMBRA

A. OLIVEIRA TAVARES ¹

PALAVRAS-CHAVE: unidades líticas, rochas carbonatadas, caracterização *in situ*, propriedades físicas, instabilidade.

KEY WORDS: lithological units, carbonate rocks, *in situ* characterization, physical properties, instability.

RESUMO

Na região de Coimbra estão representadas unidades litostratigráficas Jurássicas, predominantemente carbonatadas, que têm constituído o suporte da ocupação antrópica. O levantamento cartográfico, a caracterização do estado *in situ*, a determinação das propriedades físicas e mecânicas e o registo das manifestações de instabilidade permitiram individualizar oito unidades líticas, no âmbito da geologia de engenharia. Com este estudo faz-se a sistematização, para cada unidade, das características e propriedades bem como dos processos relacionados com a geodinâmica externa.

ABSTRACT: Characterization of the carbonate lithological units in the region of Coimbra

Lithostratigraphic Jurassic units are recognized in Coimbra region. These carbonate units have been the support of the anthropogenic occupation. The cartography of pelitic and calco-dolostones or marl-limestones alternation areas, *in situ* characterization, physical and mechanical properties analysis made possible the identification of eight lithological units with engineering geology relevance.

¹ Departamento de Ciências da Terra, FCTUC; Centro de Geociências da Univ. de Coimbra; Largo Marquês de Pombal, 3000-272 Coimbra; atavares@ci.uc.pt.

The instability processes evaluation and description shown the connection with the identified units. This study describes the lithological units and the related instability processes.

ENQUADRAMENTO

Na região de Coimbra aparecem representadas unidades litostratigráficas do Jurássico Inferior a Médio com fácies predominantemente carbonatada e que têm sido objecto de numerosos estudos entre os quais os produzidos por P. CHOFFAT (1903/1904, 1905), G. S. CARVALHO (1949, 1951), C. CHARNAY (1962), J. ROSSET, MOUTERDE & ROCHA (1975), F. Soares, MARQUES & ROCHA (1985), L. DUARTE (1995), L. DUARTE & SOARES (2002).

Estas unidades constituíram parcialmente o suporte físico da ocupação tradicional e forneceram muito dos recursos minerais utilizados na construção antrópica (SOARES, 1990; TAVARES & SOARES, 2002). Nas últimas décadas a relevância destas unidades, enquanto espaço preferencial de expansão e consolidação urbana, tem aumentado, assim como, têm sido envolvidas na construção de importantes equipamentos e infra-estruturas viárias.

Para um melhor conhecimento destas unidades estabeleceu-se um trabalho de cartografia, uma metodologia de caracterização *in situ* e avaliação das propriedades físicas e mecânicas o que possibilitou a distinção de oito unidades líticas. Estas unidades, do âmbito da geologia da engenharia e baseadas no critério litogenético, constituem domínios de homogeneidade relativamente à composição, textura e estrutura, mas em que são variáveis as características de estado *in situ*, e as propriedades físicas e mecânicas são representadas por valores médios.

Na observação das unidades líticas ressaltaram processos de instabilidade relacionados com a geodinâmica externa na dependência das características *in situ*, das propriedades físicas, para além do enquadramento morfológico, estrutural ou hidrológico.

METODOLOGIA DE ANÁLISE

A identificação e descrição das unidades líticas baseiam-se nos pressupostos definidos em IAEG (1981), ISRM (1981a) e ISRM (1981b) e incluem a caracterização da natureza e estrutura lítica com quantificação da espessura dos termos integrantes, descrição dos aspectos texturais e composicionais relevantes. No estado *in situ* avalia-se a resposta à percussão, a resistência à compressão simples, o estado de alteração e quantifica-se a distribuição e características geométricas das descontinuidades. Na análise física e mecânica avalia-se a

resistência à carga pontual, a porosidade e o índice de vazios nos estratos carbonatados. Aspecto determinante constituiu a avaliação do comportamento decisivo dos termos pelíticos através da obtenção do índice de plasticidade, expansão livre, da superfície específica e mineralogia da fracção argilosa; pontualmente a partir destes materiais determinou-se o valor médio da coesão e ângulo de atrito. Os valores de caracterização e amostragem baseam-se num volume representativo traduzido por perfis com espessura mínima de 3m.

A descrição dos processos de instabilidade relacionados com os movimentos de massa baseia-se na metodologia apresentada em D. J. VARNES (1978), D. CRUDEN & VARNES (1996), R. DIKAU *et al.* (1996) e R. FANNIN & ROLLERSON, (1993), sendo identificadas mais de duzentas manifestações em diferentes estados e actividades de acordo com UNESCO/WPWL (1993).

DESCRIÇÃO DAS UNIDADES

Na figura 1 aparece representada a expressão cartográfica das unidades líticas objecto de descrição, as unidades de substrato enquadrantes, assim como as unidades superficiais. A representação das unidades faz-se segundo um corredor aproximadamente meridiano, sendo que a expressão é frequentemente limitada por elementos tectónicos maiores.

De acordo com a natureza e estrutura lítica foram estabelecidos dois agrupamentos de unidades cujas características *in situ* e propriedades físicas e mecânicas aparecem sintetizadas na Tabela I e Tabela II. Assim, na base, aparecem representadas duas unidades, genericamente pelíticas e calco-dolomíticas, a que se sobrepõem seis unidades calco-margosas marcadas pelo carácter alternante entre fácies.

UNIDADES PELÍTICAS E CALCO-DOLOMÍTICAS

Engloba as unidades com a expressão cartográfica representada na figura 1: (I) Arenitos, pelitos, dolomias e calcários dolomíticos e (II) Calcários dolomíticos e margosos.

(I) Esta unidade representada por arenitos médios e grosseiros, pelitos, dolomias e calcários dolomíticos e é considerada equivalente às Camadas de Pereiros de P. CHOFFAT (1905), G. S. CARVALHO (1949 e 1951) e F. SOARES, MARQUES & ROCHA (1985) ou ainda às megasequências $B_2+C_1+C_2$ definidas por C. PALAIN (1975) para o Grés de Silves.

Com uma expressão topográfica geralmente deprimida, aparece representada a Sul de Coimbra como uma mancha contínua em que a espessura apresenta um valor máximo de 60 ± 10 m; a Norte do Mondego a expressão cartográfica é condicionada pela tectónica, sendo que, a espessura máxima deve rondar 50 ± 10 m.

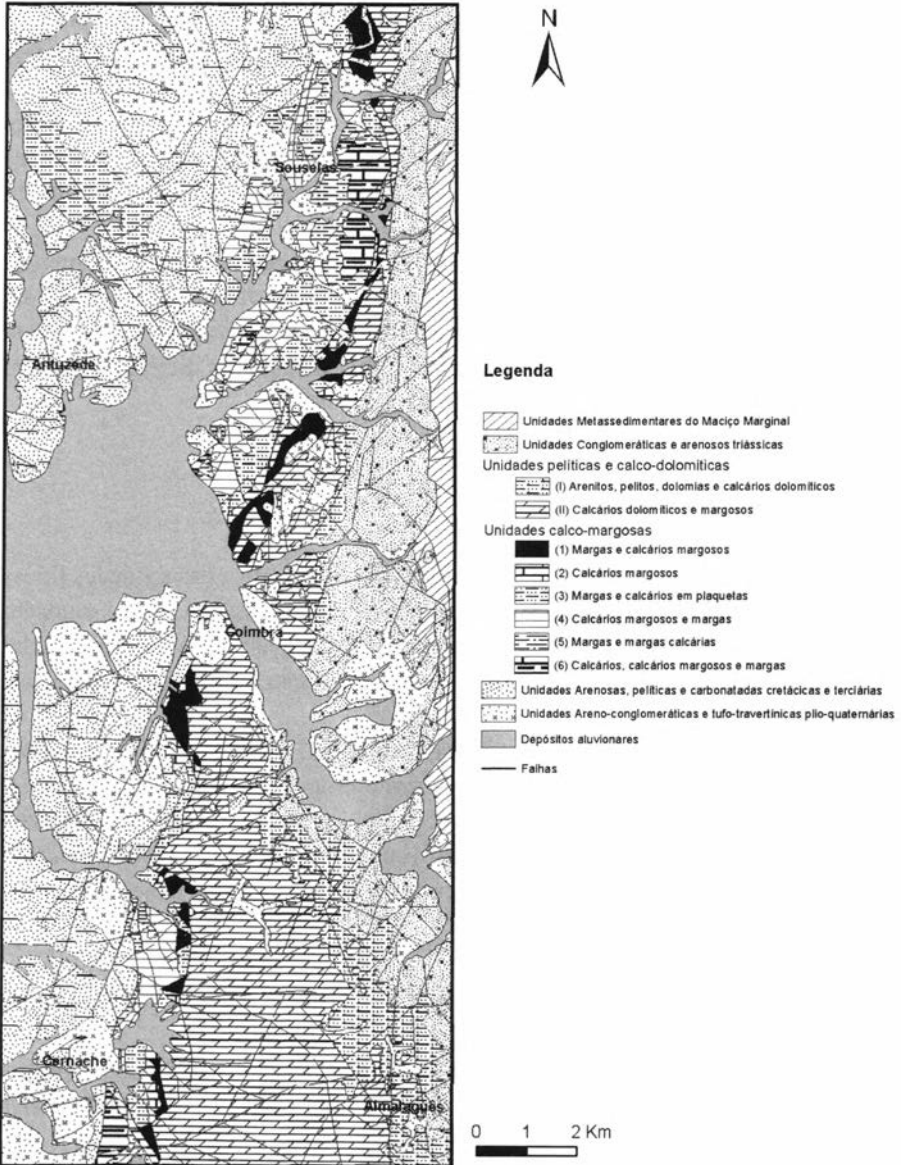


Fig. 1 – Expressão cartográfica das unidades líticas carbonatadas, unidades enquadrantes de substrato e superficiais e dos elementos tectónicos.

Marcada pela alternância entre termos carbonatados e termos pelíticos laminados com espessuras diversas; verifica-se uma maior concentração dos primeiros para o topo da unidade e o aparecimento na base de termos arenosos médios a grosseiros carbonatados; salienta-se no conjunto da unidade, a espessura

dos termos pelíticos com valores $<6\text{cm}$ no topo e entre 60 e 180cm na zona intermédia; de realçar ainda, que 70% dos estratos carbonatados apresentam uma espessura $\leq 20\text{cm}$.

O levantamento de 42 perfis mostra que: os termos pelíticos aparecem referenciados em todos os perfis à que corresponde uma representação volumétrica média de 52%; os termos calcários dolomíticos, dolomias e calcários margosos representam volumetricamente cerca de 40%; os arenitos apareceram representados em somente em 20% dos perfis a que corresponde uma expressão volumétrica de 8%.

Na Tabela 1 aparecem sintetizadas as características de estado *in situ* e as propriedades físicas e mecânicas obtidas em ensaios de campo e laboratório. Esta unidade apresenta uma elevada susceptibilidade aos processos de instabilidade, sendo de realçar os deslizamentos rotacionais, com diferentes estados de actividade, pelos elevados volumes envolvidos.

(II) A unidade representada pelos “Calcários dolomíticos e margosos” tem uma elevada representação cartográfica na área em estudo, podendo localmente, e em especial a norte do Mondego, ver-se afectada pelo rejogo tectónico; atinge uma espessura máxima de cerca de $120\pm 20\text{m}$. É considerada equivalente às camadas de calcários dolomíticos de G. S. CARVALHO (1951), à Formação Camadas de Coimbra (s.s.) + Camadas de S. Miguel de F. Soares, MARQUES & ROCHA (1985) ou à Formação de Coimbra de L. DUARTE & SOARES (2002).

Sendo uma unidade predominantemente carbonatada, a análise de 36 perfis permitiu encontrar a seguinte representação volumétrica para os diferentes termos: calcários dolomíticos amarelados e calcários margosos bejes, rosados ou cinzentos, $75\pm 5\%$; brechas carbonatadas $5\pm 2\%$; corpos pelíticos com tons variegados, $20\pm 5\%$. A base da unidade (primeiros $25\pm 5\text{m}$) é caracterizada pelo carácter dolomítico mais homogéneo, pela presença de bancadas métricas brechóides e ainda por corpos pelíticos localmente espessos; o topo da unidade ($30\pm 10\text{m}$) é caracterizado pelo aparecimento de termos carbonatados margosos, granulometricamente diferenciados, alternando com termos pelíticos.

Apresenta formas de carsificação com grande desenvolvimento lateral e em profundidade, parciais ou totalmente preenchidas, com diferentes materiais (TAVARES, 1999) a que se associam frequentemente processos de desprendimento de blocos com volumes $>100\text{m}^3$.

A quantificação da espessura dos estratos carbonatados permite classificar a unidade de espessa a pouco espessa, com preponderância dos menores valores para o topo da unidade; os termos pelíticos apresentam desde termos centimétricos a corpos com 5m de espessura e grande continuidade lateral.

Na Tabela 1 aparecem sintetizadas as características de estado *in situ* e as propriedades físicas e mecânicas.

Tabela I – Características de estado *in situ* e as propriedades físicas e mecânicas das unidades pelíticas e calco-dolomíticas

Unidades	Organização dos termos líticos	Outras características	Espessura média dos estratos	Espessura máxima dos termos pelíticos (cm)	Resposta à percussão	Grau de alteração	Espaçamento médio das descontinuidades	Processos de instabilidade característicos		
Arenitos, pelitos, dolomias e calcários dolomíticos	Heterogeneidade na sequência litica e alternância de estratos	Presença de níveis gipsíferos	L ₄₅	180	Muito a pouco compacto	W ₁₂ a W ₃	F ₃₄₅	Deslizamentos rotacionais, fluxos, expansão lateral e desprendimentos		
Calcários dolomíticos e margosos	Heterogeneidade na sequência litica, parcial alternância de estratos	Carsificação	L ₂₃₄	500	Muito a compacto	W ₁₂ a W ₃	F ₂₃	Desprendimentos e ocasionais deslizamentos translacionais		
Unidades	Resistência à compressão uniaxial dos arenitos e calcários	Porosidade n (%) e Índice de vazios Iv (%)	Índice de plasticidade (%)	Superfície específica (m ² /g)	Expandibilidade livre (%)	% CaCO ₃	Mineralogia argilosa		Coesão efectiva (KPa/cm ²)	Ângulo de atrito (°)
Estratos carbonatados			Níveis pelíticos							
Arenitos, pelitos, dolomias e calcários dolomíticos	S23	-	5,1 a 15,8	73,4 a 150,7	6,3 a 17,1	7,6 a 51,0	Ilite, caulinite, esmectite, clorite e vermiculite		25	28
Calcários dolomíticos e margosos	S23	5,7 a 27,2 e 1,3 a 12,9	5,5 a 12,3	46,0 a 69,1	3,4 a 7,3	14,4 a 39,9	Ilite e caulinite		-	-

UNIDADES CALCO-MARGOSAS

Representadas por seis unidades líticas diferenciadas que mantêm em comum o carácter alternante entre as fácies margosa e calcária, embora com representatividade volumétrica diferente. Apresentam no conjunto uma espessura aproximada de 300m, com expressão cartográfica diversa e frequentemente marcada pela imposição tectónica.

338

(1) A unidade litica “Margas e calcários margosos” apresenta uma expressão superficial limitada e uma espessura máxima rondando 50m.

Equivalente à unidade Margas de Eiras de F. SOARES, MARQUES & ROCHA (1985) do Carixiano-Domeriano inferior a médio (?), ou à Formação de Vale das Fontes de L. DUARTE & SOARES (2002).

Constituída por margas, frequentemente concrecionadas, margas calcárias e pelitos alternando com calcários margosos e bioclásticos de tons esbranquiçados, cinzentos ou azulados representando esta última fácies cerca de 30% do volume da unidade. Este carácter alternante genérico apresenta, contudo, pólos mais

carbonatados função da maior espessura dos estratos calcários, presença de margas calcárias ou de concreções carbonatadas. Os estratos calcários apresentam-se pouco espessos com valores médios entre 10 e 12cm. Os corpos margosos e pelíticos podem atingir valores de 2,5m de espessura organizados em níveis milimétricos ou estratos decimétricos.

São observadas formas de carsificação profundas, preenchidas por materiais gresosos diversos, frequentemente associadas a zonas de fracturação intensa.

Na Tabela II aparecem representadas as características de estado *in situ*, as propriedades físicas e mecânicas da unidade, bem como a diversidade de processos de instabilidade, predominantemente activos e inactivos latentes e envolvendo volumes muito diferenciados.

(2) A unidade “Calcários margosos” apresenta uma espessura máxima de 20m e limitada expressão cartográfica de acordo com a figura 1. Considerada equivalente aos Calcários margosos do Loreto de F. SOARES, MARQUES & ROCHA (1985) ou à Formação de Leme de L. DUARTE & SOARES (2002) ou representando os calcários azuis compactos com fractura esquirolosa de C. CHARNEY (1962) do Domeriano superior.

A unidade é representada por calcários margosos e calcários bioclásticos com tons cinzentos, rosados ou bejes e ainda por níveis margosos, localmente concrecionados, com tons acinzentados, negros ou amarelados. O carácter alternante entre bancadas carbonatadas espessas (localmente >200cm) e níveis margosos (centimétricos a 40cm) revelam uma representação volumétrica média de $85\pm 5\%$ para os calcários e $15\pm 5\%$ para as margas, sendo que a fácies margosa pode atingir 30% no topo da unidade.

São observados frequentes aspectos de dissolução preenchidos por recristalização de calcite; localmente observam-se concentrações férricas nos calcários e nas margas concrecionadas.

Os estratos calcários apresentam espessura dominante e espaçamento entre descontinuidades entre 20 e 60cm, e a que corresponde uma elevada continuidade, com abertura muito estreita a apertada para os planos de descontinuidade. Estas características e outras de estado *in situ*, assim como as propriedades físicas e mecânicas transparecem na Tabela II.

(3) A unidade referenciada na figura 1 por “Margas e calcários em plaquetas” tem uma expressão cartográfica limitada e atinge uma espessura máxima estimada de 50m. Considerada equivalente à base da unidade Margas e Margo-Calcários de Adémia de F. SOARES, MARQUES & ROCHA (1985) ou aos Margo-calcários com fauna *Leptaena* + Calcários nodulosos em plaquetas + Margas e Calcários margosos com *Hildaites* e *Hildceras* (p.p.) de L. DUARTE & SOARES (2002), é marcada pela heterogeneidade volumétrica da alternância entre os termos carbonatados e os termos margosos.

Relativamente às unidades subjacente e suprajacente individualiza-se por apresentar no conjunto um carácter alternante mais marcado e no qual a representação volumétrica margosa, baseada em 44 perfis, tem um valores médios de 65%.

Na base da unidade a fácies margosa, finamente laminada, é dominante a que se associam concreções carbonatadas; para o topo os conjuntos margosos podem atingir espessuras de 200cm. Os calcários com granulometria média a fina, com pontuações fêrricas e piritosas, apresentam espessuras de estratos com claro domínio dos valores ≤ 6 cm.

As características de estado *in situ* variam em função dos termos constituintes, sendo que: na base da unidade são os termos margosos e, nomeadamente a fracção argilosa, que determinam o comportamento; no volume intermédio é o carácter alternante entre materiais com diferente competências na qual os estratos carbonatados apresentam uma blocometria tabular muito compartimentada; no topo é determinante o carácter mais carbonatado dos termos margosos e a maior espessura dos termos carbonatados. Na Tabela II aparecem referenciadas as características e as propriedades mecânicas.

(4) A unidade lítica “Calcários margosos e margas” apresenta um espessura máxima na área de estudo de 35m, sendo topograficamente bem referenciadas pelas colinas em que a forma é determinada pelo pendor dos estratos.

A representação cartográfica é descontínua e marcada pelos acidentes tectónicos. Considerada em parte equivalente à unidade Margas e Margo-Calcários de Adémia de F. SOARES, MARQUES & ROCHA (1985) ou às Margas e Calcários margosos com *Hildaites* e *Hildceras* (p.p.) de L. DUARTE & SOARES (2002).

Unidade alternante calco-margosa em que a representação dos calcários, a partir da análise de 33 perfis, se revela dominante com uma expressão volumétrica de cerca de 75% e em que os estratos são mais espessos relativamente às unidades enquadrantes. Constituída por calcários margosos cinzentos e brancos, com patine de alteração, e por conjuntos margosos e margo-calcários com tons cinzentos, amarelados, acastanhados e esverdeados.

340

Os termos carbonatados organizam-se em bancadas que podem atingir 200cm de espessura e alternam com níveis margosos laminados centimétricos ou com conjuntos que podem atingir 160cm. Na Tabela II aparecem representadas as características de estados *in situ* bem como as características obtidas em ensaios de campo e laboratoriais.

(5) A unidade lítica “Margas calcárias e calcários” tem uma reduzida expressão cartográfica, uma espessura máxima aproximada de 60m, sendo facilmente referenciada pelas formas de erosão hídrica sob a forma de sulcos e ravinas.

Considerada equivalente à parte superior das Margas e Margo-Calcários de Adémia de F. SOARES, MARQUES & ROCHA (1985), e às Margas e calcários margosos com bioconstruções de espongiários + Margas e margas calcárias com braquiópodes de L. DUARTE & SOARES (2002).

Constituída por margas calcárias, cinzentas ou amareladas, frequentemente com aspecto concrecionado, alternando com calcários ou calcários margosos cinzentos ou esbranquiçados. A observação de 19 perfis fez salientar o domínio das margas calcárias com expressão média de 70%.

A espessura dos níveis margo-calcários e dos estratos calcários varia entre valores de 1cm a 18cm, podendo classificar-se de pouco espessos.

Tabela II – Características de estado *in situ* e as propriedades físicas e mecânicas das unidades calco-margosas

Unidades	Organização dos termos líticos	Outras características	Espessura média dos estratos	Espessura máxima dos termos margosos e pelíticos (cm)	Resposta à percussão dos termos carbonatados	Grau de alteração	Espaçamento médio das descontinuidades	Processos de instabilidade característicos			
Margas e calcários margosos	Heterogeneidade na sequência litica, alternância de estratos	Carsificação, margas com concreções	L ₄	250	Muito a medianamente compacto	W ₁₂ a W ₄₅	F ₁	Deslizamentos rotacionais, desprendimentos, movimentos complexos, fluxos, expansão lateral e ravinamento			
Calcários margosos	Bancadas, parcial alternância	Nódulos férricos, patine de alteração	L ₃	40	Muito a medianamente compacto	W ₁₂	F ₃₄	Sem manifestações			
Margas e calcários em plaquetas	Heterogeneidade na sequência litica, alternância de estratos	Blocometria tabular muito pequena, margas com concreções	L ₅	200	Muito a compacto	W ₁₂ a W ₄	F ₄₅	Deslizamentos rotacionais, desprendimentos, e ravinamento			
Calcários margosos e margas	Alternância de estratos	-	L ₄	160	Muito a medianamente compacto	W ₁₂ a W ₃₄	F ₃₄	Desprendimentos, deslizamentos rotacionais, e ravinamento			
Margas calcárias e calcários	Alternância de estratos	Aspecto concrecionado	L ₄₅	130	Muito a medianamente compacto	W ₂ a W ₄	F ₄₅	Ravinamento, desprendimentos, e movimentos complexos			
Calcários, calcários margosos e margas	Heterogeneidade na sequência litica, alternância de estratos	-	L ₃₄	125	Muito a compacto	W ₁ a W ₃	F ₃₄	Desprendimentos deslizamentos translacionais			
Unidades	Resistência à compressão uniaxial	Porosidade m (%) e índice de vazios Iv (%)	Índice de Plasticidade (%)	Superfície específica (m ² /g)	Expansibilidade livre (%)	% CaCO ₃	Mineralogia argilosa	Coesão efectiva (KPa/cm ²)	Ângulo de atrito (°)	Termos carbonatados	
										Termos margosos e pelíticos	
Margas e calcários margosos	S ₃	-	12,0 a 23,5	59,1 a 94,1	8,8 a 13,3	20,3 a 40,4	Ilite, caulinite e esmectite	32	30		
Calcários margosos	S ₃	-	-	-	-	-	-	-	-		
Margas e calcários em plaquetas	S ₂₃	-	13,9 a 27,5	60,8 a 112,7	7,5 a 16,4	28,1 a 58,6	Ilite, caulinite e esmectite	30	25		
Calcários margosos e margas	S ₂₃	5,38 a 25 e 0,75 a 11,36	6,9 a 18,5	36,6 a 100,3	8,3 a 14,2	27,5 a 64,7	Ilite, caulinite, esmectite, e vermiculite	-	-		
Margas calcárias e calcários	S ₃	7,5 a 17,8 e 1,7 a 8,0	4,1 a 10,9	40,3 a 94,8	4,1 a 9,3	46,9 a 73,2	Ilite, caulinite e esmectite	38	33		
Calcários, calcários margosos e margas	S ₂	-	5,2 a 7,4	38,8 a 62,9	3,3 a 10,0	39,3 a 75,5	Ilite	-	-		

Esta unidade evidencia nas características de estado *in situ* uma menor diferenciação do carácter alternante (as margas-calcárias apresentam %CaCO₃ entre 46,7 e 73,2%) em que não existe uma separação entre pólo margoso e pólo carbonatado. Os valores de porosidade e índice de vazios apresentam espectros largos de variação com valores moderados a elevados na porosidade e valores de absorção à água baixos a altos. Estes elementos e outras características físicas e mecânicas da unidade figuram na Tabela II.

(6) A unidade lítica “Calcários, calcários margosos e margas” evidencia-se na paisagem por relevos resistentes à erosão e pode atingir valores máximos de 60±10 a Norte do Mondego e 100±10 a Sul. É considerada equivalente aos Calcários Margosos da Pedrulha de F. SOARES, MARQUES & ROCHA (1985) ou aos Calcários da Póvoa da Lomba de L. DUARTE & SOARES (2002).

Constituída por calcários e calcários margosos com tons acinzentados, azulados ou amarelados, alternando com margas e margas calcárias acinzentadas ou amarelas-esverdeadas. A sequência genérica manifesta, da base para o topo, um incremento da representação volumétrica dos calcários, acompanhada do aumento de espessura dos estratos. Assim, enquanto que na base da unidade, a representação volumétrica dos estratos de calcário é de 50% para o topo pode atingir 70%.

A espessura dos estratos de calcário pode variar entre 2 e 50cm, com valor médio no intervalo [15-25cm], se organizados em bancadas podem atingir 150cm; os níveis margosos e margo-calcários têm uma variação média de espessura no intervalo [10-25cm].

Na Tabela II aparecem sintetizadas as características *in situ* e as propriedades físicas da unidade.

CONCLUSÕES

Salienta-se na descrição das unidades a dependência das características físicas e mecânicas em relação à heterogeneidade na sequência lítica e ao carácter alternante entre termos com diferentes competências e respectiva representação volumétrica. Aspectos como a espessura dos estratos carbonatados e o volume dos corpos pelíticos (silto-argilosos ou margosos) condicionam as características *in situ* e o comportamento das unidades, com tradução no tipo de instabilidade presente e volume envolvido. A mineralogia argilosa e a %CaCO₃ determinam o comportamento plástico das unidades e condicionam o volume envolvido nos movimentos de massa e a geometria da incisão da erosão hídrica.

BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO G.S. (1949) – Um perfil geológico da região de Coimbra. *Memórias e Notícias*. Mus. Lab. Min. Geológico Univ. Coimbra, nº 23, pp.9-18.
- CARVALHO G.S. (1951) – A geologia do Baixo Mondego nos arredores de Coimbra (Estado actual do seu conhecimento). *Memórias e Notícias*. Mus. Lab. Min. Geológico Univ. Coimbra, nº 29, pp. 1-36.
- CHARNEY C. (1962) – *Contribution à l'étude géologique de la région du Nord de Coimbra (Portugal)*. Dipl. d'Études Sup. Univ., Lyon.
- CHOFFAT P. (1903/1904) – L'Infralias et le Sinémurien du Portugal. *Com. Serv. Geológicos de Portugal*, V, pp. 49-112.
- CHOFFAT P. (1905) – Supplement à la description de l'Infralias et du Sinémurien en Portugal. *Com. Serv. Geológicos de Portugal*, VI, pp. 123-143.
- CRUDEN, D.M., VARNES, D.J. (1996) – *Landslides types and processes*. Turner, A.K., Schuster, R.L. Eds., Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board, National Research Council, pp. 36-75, Special Report 247, Washington DC.
- DIKAU, R.; BRUNSDEN R.; SCHROTT, L. ; IBSEN, M.-L. (1986) – *Landslides recognition. Identification, movement and causes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- DUARTE L.V. (1995) – *O Toarciano da Bacia Lusitaniana. Estratigrafia e Evolução Sedimentológica*. Dissertação Univ. Coimbra.
- DUARTE L.V.; SOARES A.F. (2002) – Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da bacia Lusitânica (Portugal). *Com. Inst. Geol. e Mineiro*, Tomo 89, pp. 115-134.
- FANNIN, R.J., ROLLERSON, T.P., 1993 – Debris flows: some physical characteristics and behaviour. *Canadian Geotechnical Journal*, 30, pp. 71-81.
- IAEG (1981) – Rock and soil description and classification for Engineering Geological Mapping Geotechnique. Rep. IAEG Comission on Eng. Geological Mapping. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, nº24, pp. 235-274.
- ISRM (1981a) – *Rock characterization testing & monitoring. ISRM Suggested Methods*. (ed. E. T. Brown) Comission on Testing Methods. ISRM, Permamon Press Lda, London.
- ISRM (1981b) – Basic Geotechnical description of Rock Masses (BGD). *International Journal Rock Mechanics Mining, Science & Geomechanics Abstracts*, vol. 18, pp. 55-110.
- PALAIN, C. (1975) – *Une série détritique terrigène, les «Grès de Silves». Trias et Lias inférieur du Portugal*. Thèse Univ. Nancy.
- ROSSET J.; MOUTERDE R.; ROCHA R.B. (1975) – Structure du Jurrassique sur les feuilles de Coimbra sud et de Figueiró dos Vinhos au 50000^{ème} depuis Cernache jusqu'à Serra de Mouro. *Sep. Bol. Soc. Geol. Portugal*, Vol. XIX (3), pp. 103-115.
- SOARES A.F. (1990) – Apontamentos sobre a Geologia de Coimbra. *Livro de Homenagem a Carlos Romariz*. Secç. Geol. Econ. e Aplicada, Fac. Ciências Univ. Lisboa, pp. 311-331.
- SOARES A.F.; MARQUES J.F.; ROCHA R.B. (1985) – Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*. Mus. Lab. Min. Geológico Univ. Coimbra, nº 100, pp. 41-71.
- TAVARES A. O.; SOARES A. F. (2002) – Instability relevance on land use planning in Coimbra municipality (Portugal). *Int. Conf. Instability, planning and management* (ed. R. McInnes & J. Jakeways), pp. 29-41, London.

- TAVARES, A.O. (1999) – *Condicionantes físicas ao planeamento. Análise da susceptibilidade no espaço do concelho de Coimbra*. Dissertação Univ. Coimbra.
- UNESCO/WPWL (1993) – *Multilingual landslide glossary*. International Geotechnical Societies, Canadian Geotechnical Society, Richmond.
- VARNES, D.J. (1978) – *Slope movements : type and processes*. Schuster, R.L. Krizek, R.J. Eds., Landslides Analysis and Control. Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, pp. 11-35, Special Report 176.