

## **Cartografia e caracterização tipológica de argilas comuns na região de Tábua (Portugal)**

J. V.V. Lisboa; J. M.F. Carvalho e A. Oliveira

Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Estrada da Portela, Bairro do Zambujal –

Alfragide. Apartado 7586, 2720-866 Amadora

E-mail: [vitor.lisboa@lneg.pt](mailto:vitor.lisboa@lneg.pt); [jorge.carvalho@lneg.pt](mailto:jorge.carvalho@lneg.pt); [alvaro.oliveira@lneg.pt](mailto:alvaro.oliveira@lneg.pt)

### **RESUMO**

As argilas comuns constituem um importante recurso com elevadas reservas em Portugal, que no entanto carecem de estudo e ordenamento, de modo a garantir o conhecimento da qualidade das matérias-primas e a sua protecção para uma exploração sustentável. Constituíram objectivos deste trabalho, a cartografia dos recursos em argila comum existentes na região de Tábua (zona Centro de Portugal), simultânea com a sua valorização, através da caracterização químico-mineralógica e tecnológica e, estabelecer uma coluna tipológica das argilas. Delimitaram-se entre as litologias cartografadas, dois litótipos argilosos, correspondentes a uma unidade tipológica superior e uma inferior, respectivamente, com menor e melhor aptidão cerâmica. Estas unidades permitem identificar as argilas da região, com um número de ensaios limitado. Acresce a vantagem de prever a existência ou não, de níveis com potencialidade e uma primeira caracterização daqueles, do ponto de vista cerâmico.

**Palavras Chave:** Argila, Cartografia, Litótipo, Recurso, Unidade Tipológica.

## **Mapping and typological assessment of common clays in the Tabua region (Portugal)**

### **ABSTRACT**

Common clays are an important non metallic mineral resource with high reserves in Portugal, which nevertheless should be reliant on planning, to ensure their protection and knowledge in terms of the quality of raw materials. The main objectives of this work encompass common clay resources mapping in the Tabua region (Portugal), laboratory assessment including chemical, mineralogical and technological characterization and, the definition of the typological column of the area. Among the mapped lithologies, the limits of two clayey lithotypes were set. They match to two typological units, top and bottom, with smaller and higher ceramic aptitude, respectively. These units allow identifying with any of them, clays sampled in the region, with a limited array of tests. In addition, there is the advantage of anticipating the existence or not, of potential clay layers, besides an initial characterization of those, from a ceramic standpoint.

**Key Words:** Clay, Mapping, Lithotype, Resources, Typological Unit.

## INTRODUÇÃO

Entre as matérias-primas cerâmicas, as argilas comuns detêm uma reconhecida importância no desenvolvimento dos países. Estas argilas têm aplicação na Indústria do Barro Vermelho, incluída na designada Cerâmica de Construção, cujos produtos mais comuns são: telha, tijolo e abobadilha, além da tijoleira e mosaico de grés. De acordo com Gomes (2002), os produtos de cerâmica vermelha ou barro vermelho devem representar cerca de 80% da globalidade de todos os tipos cerâmicos produzidos em Portugal. As reservas deste recurso, embora elevadas são todavia esgotáveis e a sua exploração é, amiúde, conflituosa com outros valores do património comum. Importa portanto, garantir a sua protecção, em termos de ordenamento do território, face a situações que possam inviabilizar uma futura exploração.

Nesse sentido, a cartografia de matérias-primas argilosas constitui um factor crucial, visto o sector da Indústria Extractiva depender dos espaços definidos para aquela actividade, ao nível dos instrumentos de Ordenamento do Território. Por outro lado, para satisfazer as exigências do mercado da indústria cerâmica actual é essencial, não só o fornecimento de matéria-prima, mas também manter uma qualidade controlada dos *stocks*, de modo a garantir também, a constância da qualidade dos produtos finais. Para cumprir esta necessidade é fundamental conhecer a composição mineralógica, parâmetros texturais e as propriedades tecnológicas médias do recurso, a fim de garantir ao longo da sua exploração a possibilidade de preparar *stocks* de qualidade continuada. Para satisfazer estes requisitos recorre-se ao conceito da tipologia das unidades produtivas e à elaboração da coluna tipológica. Esta, elaborada a partir da

coluna litostratigráfica é mais abrangente, já que as unidades tipológicas se definem em função das litofácies e suas afinidades granulométricas, químico-mineralógicas e tecnológicas.

A área de estudo localiza-se a leste da cidade de Coimbra, na região de Tábua, onde existe uma indústria do barro vermelho activa desde o início do século XX. A relevância do trabalho desenvolvido decorre dos seus objectivos, que correspondem à elaboração de uma cartografia dos recursos em argila comum existentes na região de Tábua, a par com a valorização desses recursos, através de uma caracterização químico-mineralógica e tecnológica, que permita estabelecer uma coluna tipológica da área, indiciadora da viabilidade das argilas como matérias-primas cerâmicas. É assim possível, diferenciar as zonas com maior potencial cerâmico.

## ENQUADRAMENTO

A geologia da área estudada representada na figura 1 compreende depósitos continentais siliciclásticos de fácies fluvial e aluvial de idade Cenozóico, que assentam em discordância angular sobre granitóides, a norte, e metassedimentos do Grupo das Beiras (Silva *et al.*, 1987-89), a sul. Esses depósitos cenozóicos englobam a Formação de Coja e o Grupo da Serra de Sacões.

A Formação de Côja (Cunha, 1999, Cunha & Reis, 1991), a unidade mais antiga (Eocénico médio a Oligocénico) tem nesta área possança reduzida, biselando para norte. Distinguem-se nela dois membros sucessivos: o inferior, Membro de Casalinho de Cima (arcoses grosseiras maciças) e o superior, Membro de Monteiro (corpos argilosos maciços). A escassez nesta região, das arcoses grosseiras da Formação de Côja, sempre presentes na

base das bacias a sul, sugere que parte deste sector do soco terá sofrido provavelmente um levantamento relativo, entre o Oligocénico e, pelo menos, até ao Tortoniano. O Grupo da Serra de Sacões (Cunha, 1999) abrange sedimentos mais recentes (Miocénico superior-Pliocénico

superior) e integra, da base para o topo, as formações de Campelo, Telhada e Santa Quitéria. A Formação de Campelo é a unidade mais representada na área, sendo constituída por fácies conglomeráticas predominantes e lutíticas, traduzindo sedimentação em cones aluviais.

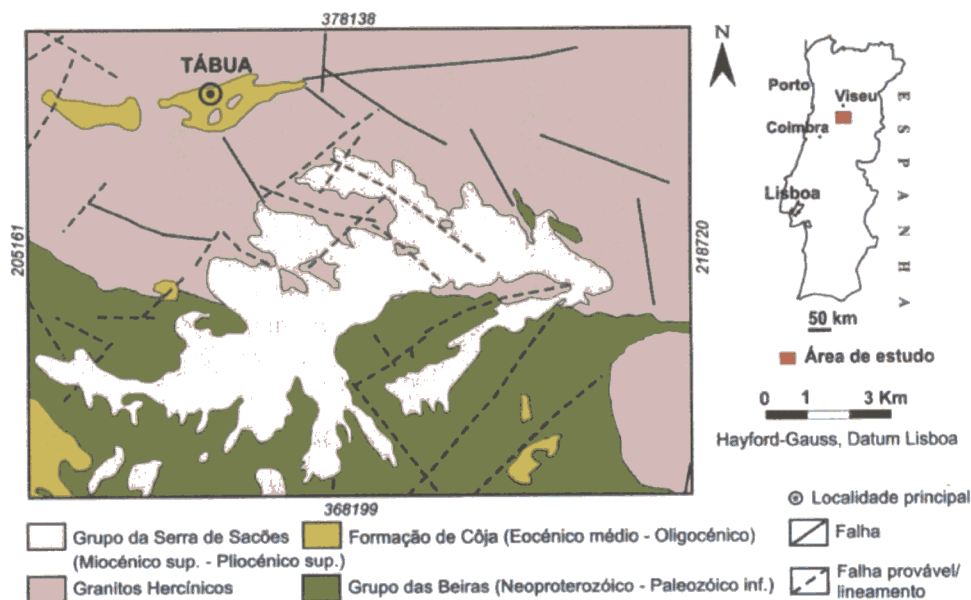


Figura 1. Enquadramento geológico da área estudada (modificado de Cunha, 1999 e cartografia inédita do autor).

## METODOLOGIA

Na cartografia efectuada, as características litológicas constituíram o principal critério para a definição das litótipos, embora tendo em consideração as unidades litostratigráficas formalizadas a nível regional. A escala de trabalho adoptada foi de 1/10.000 e a do mapa final 1/25.000.

Foram colhidas 18 amostras de materiais argilosos, com potencial para utilizar na formulação de pastas cerâmicas. Os materiais integram a Formação de Campelo e o Membro de Monteira.

Através da investigação laboratorial, além de se obter a caracterização químico-

mineralógica e tecnológica dos materiais amostrados, pretendeu-se adquirir indicações composicionais, que funcionassem como guias e possibilitassem a posterior aferição das sequências identificadas cartograficamente. Estas indicações foram importantes, pois além das dificuldades inerentes à cartografia, devidas à escassez de afloramentos, também existem, por vezes, incertezas na sua correlação estratigráfica e interpretação estrutural.

Tomando em consideração a posição estratigráfica das amostras colhidas, o resultado do estudo laboratorial e o conhecimento adquirido, definiu-se a

coluna tipológica representativa dos depósitos argilosos da área em estudo. As unidades tipológicas definiram-se com base em intervalos de valores de parâmetros mineralógicos e tecnológicos seleccionados.

Os ensaios analíticos sobre as amostras foram realizados no laboratório de LNEG e são descritos em Lisboa (2009). Considerando que as metodologias analíticas não constituem o cerne deste trabalho, referem-se aqui unicamente, os ensaios efectuados neste estudo:

- Análise mineralógica da amostra integral e fracção <math><2\mu\text{m}</math>, por difracção de raios X (difratómetro Philips, com gerador PW1830, goniómetro PW1820, radiação Co K $\alpha$ ; condições operacionais: 40 kV, 40 mA). A abundância relativa de minerais presentes foi estimada semi-quantitativamente pelo método dos poderes reflectores (Schultz, 1964; Thorez, 1976; Brindley & Brown, 1980).
- Análise química (óxidos dos elementos maiores), por espectrometria de fluorescência de raios X sobre as amostras integrais, em discos fundidos (espectrómetro sequencial Philips PW 2404, ampola de Rh, tensão 40 kV e corrente de 60 mA). A perda ao rubro (PR) foi determinada por calcinação a 1050 °C por 1 hora.
- Determinação do pH (medidor de pH Sentron 2001) pelo método de eléctrodos selectivos. Duas medições por amostra: ao fim de 1 minuto e após 15 minutos, a fim de estabilizar o pH.
- Determinação da cor (parâmetros cromáticos CIE L\*, a\*, b\*), em seco e após cozedura cerâmica a 900 °C (colorímetro DR. Lange, modelo Micro Color Data Station).
- Distribuição de tamanho de partículas por difracção de raios laser (granulómetro Coulter LS 130). O procedimento adoptado pressupõe que quando a percentagem em peso da fracção superior a 354  $\mu\text{m}$  da amostra é maior que 10%, é efectuada uma análise granulométrica por peneiração a seco dessa fracção.
- Determinação dos limites de liquidez (LL), de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP=LL-LP), pelo método de Casagrande (1947).
- Determinação da resistência mecânica à flexão (RMF) em seco (tensómetro Z010 Zwick com célula de carga de 2 kN, condições operacionais: 10 cm de espaçamento entre cutelos de suporte, velocidade de carga de 10 mm/minuto) e após a queima (condições operacionais idênticas às do teste verde/seco, mas com célula de 10 kN), retracção linear (R) após secagem e cozedura e, capacidade d absorção de água (CAH<sub>2</sub>O), tendo todos os ensaios seguido procedimentos standardizados. O tratamento térmico das amostras foi realizado num forno marca Fornocerâmica modelo KS63/1400°C, com cozeduras cerâmicas a 900 °C.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relativamente à cartografia, foram definidos litótipos que integram o substrato, nomeadamente, xistos e grauvaques, granitos e filões e, os litótipos da cobertura sedimentar (figura 2). Estes integram corpos tabulares subhorizontais e coincidem, pelo menos em parte, com unidades litoestratigráficas formais já conhecidas. Seguidamente, descreve-se a sequência normal, do topo para a base, daqueles litótipos.

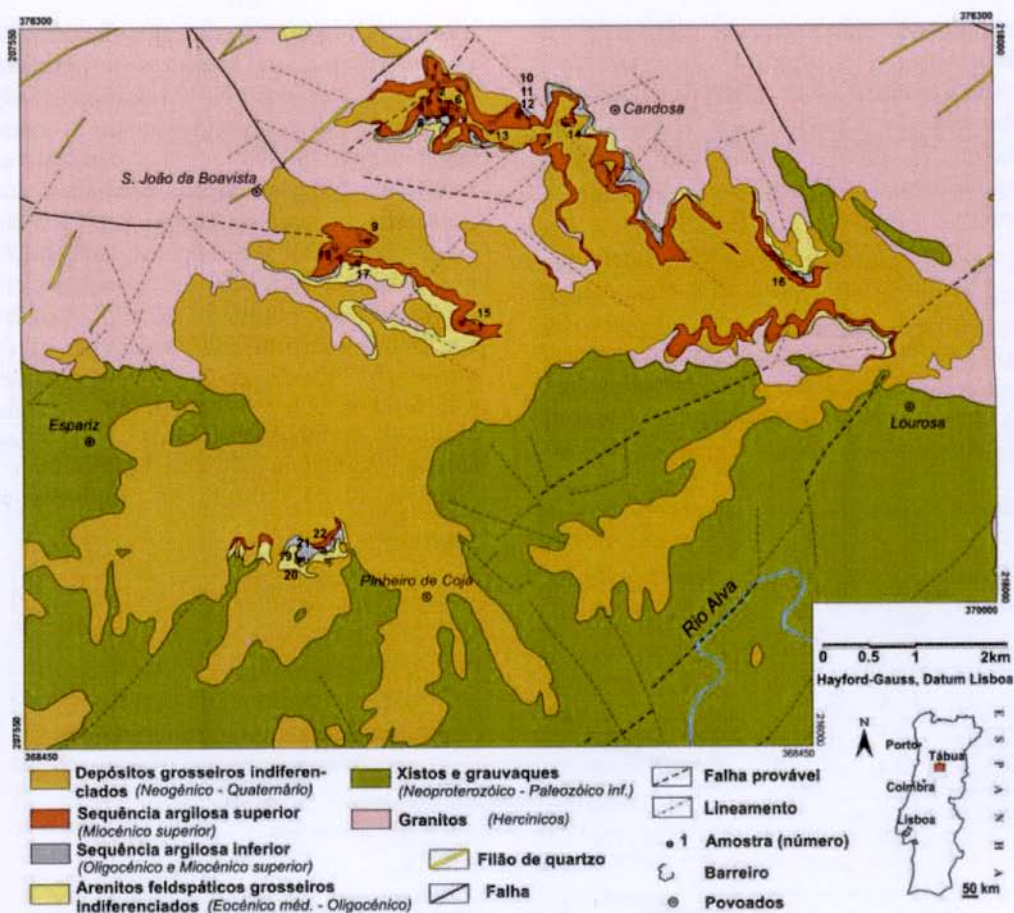


Figura 2. Mapa de recursos argilosos da região de Tábua.

**Depósitos grosseiros indiferenciados:** Correspondem, predominantemente, a fácies conglomeráticas e arenosas, com intercalações de níveis silto-argilosos. De um modo geral, correspondem à Formação de Campelo, mas compreendem também, a cobertura superficial de material remobilizado e cascalheiras de quartzito e quartzo predominantes, bem como os depósitos de vertente. Este litótipo ocupa a maior superfície, constituindo, em geral, uma cobertura mais ou menos espessa, sobre os outros litótipos.

**Sequência argilosa superior:** Siltes e argilas de cores avermelhadas predominantes, por vezes com intercalações arenosas. Integram fácies lutíticas da Formação de Campelo.

**Sequência argilosa inferior:** Siltes e argilas de cores acinzentadas ou amareladas. Esta sequência integra o Membro de Monteiro e provavelmente níveis inferiores da Formação de Campelo.

**Arenitos feldspáticos grosseiros indiferenciados:** quando presente, esta litofácies tem uma espessura reduzida e

encontra-se, geralmente, subjacente à *Sequência argilosa superior*, correspondendo com maior frequência ao Membro do Casalinho de Cima. Neste litótipo foram incluídas areias remobilizadas, resultantes da alteração do granito.

A composição mineralógica média das amostras (Tabela I) evidencia como fases mais importantes a ilite/mica e o quartzo. A caulinite constitui também uma fase importante, com acentuado enriquecimento na fracção argila. A composição química (Tabela I) reflecte a composição

mineralógica quartzosa. Do ponto de vista granulométrico, as amostras evidenciam uma acentuada homogeneidade correspondendo maioritariamente a siltes, cujas curvas granulométricas cumulativas mostram composições medianamente graduadas e fraca calibração (figura 3 a). As propriedades tecnológicas (Tabela II) apresentam variação acentuada, em especial a RMF, com valores tendencialmente baixos, sobretudo após queima. Os materiais argilosos caracterizam-se também por plasticidade em geral significativa, elevada  $CA_{H_2O}$ , cor vermelha após cozedura e pH ácido.

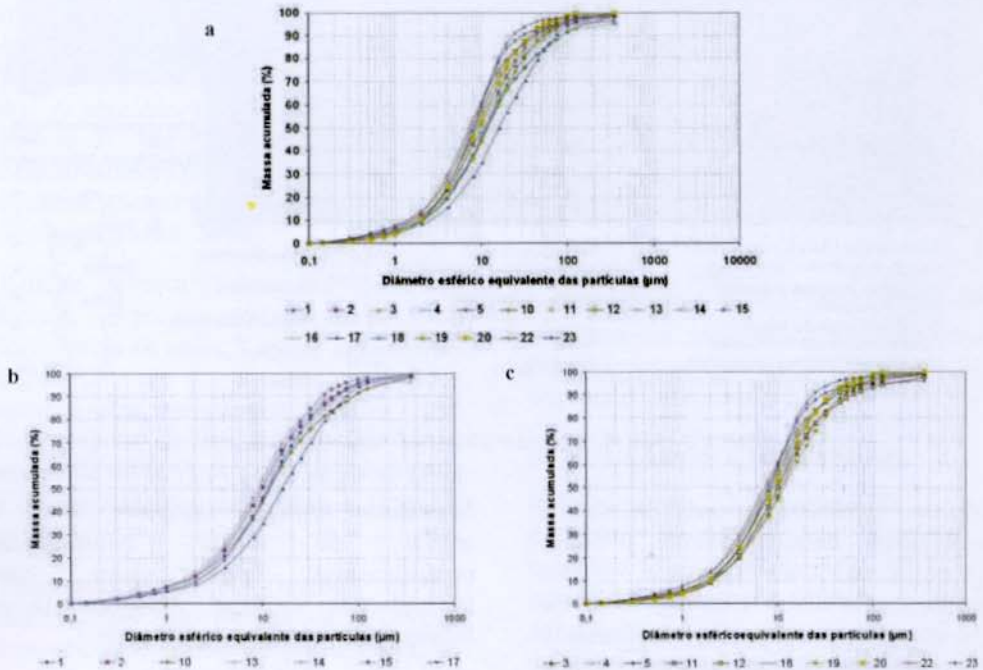


Figura 3. Curvas granulométricas cumulativas das amostras estudadas. a) total da amostragem; b) grupo inferior; c) grupo superior.

**Tabla I.** Composição mineralógica semi-quantitativa e composição química avaliadas nas amostras (n=18).

	Mineralogia (%)		Óxidos principais na amostra integral	
	Amostra integral	fracção < 2µm		
	x ± d.p.	x ± d.p.		
Illite/mica	35 ± 6	41 ± 7	SiO <sub>2</sub>	63 ± 4
Caulinite	19 ± 7	38 ± 16	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18 ± 2
Es/EsCl	6 ± 7	17 ± 17	Fe total	6 ± 1
Quartzo	35 ± 7	4 ± 4	MgO	1 ± 1
Feldspato	3 ± 2		K <sub>2</sub> O	3 ± 1
Hematite	2 ± 1		TiO <sub>2</sub>	1
			P.R.	7,6 ± 1,4

x - média; d.p. - desvio-padrão; Es/EsCl-esmectite e minerais interstratificados de esmectite/clorite

**Tabla II.** Classes granulométricas e propriedades tecnológicas médias nas amostras integrais (n=18).

	x	d.p.		x	d.p.
<2 µm	10,61	1,55	L*	69,84	7,65
2-63 µm	81,50	3,11	a*	14,91	10,23
>63 µm	7,88	3,37	b*	26,69	7,33
CA <sub>H2O</sub>	19,91	5,05	L* <sub>c</sub>	58,29	3,73
LP	32,31	7,17	a* <sub>c</sub>	26,52	4,81
LL	49,30	13,69	b* <sub>c</sub>	28,33	1,91
IP	16,99	7,23	pH (1')	5,62	0,73
RMF <sub>v/s</sub>	22	16	pH (15')	5,42	0,67
RMF <sub>s/c</sub>	92	69			
R <sub>v/s</sub>	7	2			
R <sub>s/c</sub>	1	1			
R <sub>t</sub>	8	3			

RMF<sub>v/s</sub>-resistência mecânica à flexão verde/seco; RMF<sub>s/c</sub>-resistência mecânica à flexão seco/cozido; R<sub>v/s</sub>-retração verde/seco; R<sub>s/c</sub>-retração seco/cozido; R<sub>t</sub>-retração total; L\*, L\*<sub>c</sub>, a\*, a\*<sub>c</sub>, b\*, b\*<sub>c</sub> (seco e após queima 900°C)-parâmetros de cor CIE Lab, respectivamente, eixos branco/preto, verde/vermelho, amarelo/azul; pH (1')- medição após 1 minuto ; pH (15')- após 15 minutos.

No conjunto de amostras individualizaram-se dois grupos, em termos da sua posição relativa na coluna sedimentar da região, que correspondem às duas sequências argilosas cartografadas.

Essa individualização teve como base, as curvas granulométricas, a mineralogia e as características cerâmicas. Assim, ao nível da granulometria (figura 3 b e c) verifica-se que ao grupo inferior correspondem curvas

ligeiramente mais verticalizadas que as do grupo superior, o que traduz composições melhor calibradas por parte das amostras do grupo inferior. Por outro lado, o grupo superior apresenta-se melhor graduado, com granularidades mais grosseiras. Ao nível da mineralogia e de algumas propriedades tecnológicas, a diferenciação entre os dois grupos de amostras é mais notável (Tabela III):

• O grupo de amostras inferior engloba na amostra integral, ilite/mica e quartzo predominantes e em menores teores caulinite, esmectite e interestratificados; na fracção  $<2\mu\text{m}$  há um enriquecimento da caulinite relativamente à ilite e, naturalmente, forte redução do teor de quartzo.

• O grupo de amostras superior, comparativamente mais caulinitico e quartzoso, praticamente não contém minerais argilosos expansivos, sendo também a quantidade de feldspato

potássico menor; na fracção  $<2\mu\text{m}$  a caulinite é mais abundante que a ilite.

• Ao nível das características tecnológicas, o grupo superior tem uma maior capacidade de absorção de água (900 °C) e, uma cor em cru mais avermelhada ou alaranjada que o grupo inferior; este tem pH ligeiramente mais básico, plasticidade e valores de RMF em cru e após cozedura, bastante mais elevados, bem como retracção verde-seco e total, também superiores.

**Tabla III.** Mineralogia da amostra integral, mineralogia da fracção argila e propriedades tecnológicas de dois grupos de amostras (superior e inferior) estabelecidos na região de Tábua.

Grp	Amostra integral						Fracção $<2\mu\text{m}$					
	Es/EsCl	Ilite/mica	Cal	Q	Flds	H	Es/EsCl	Ilite/mic	Cal	Q	H	
Sup	x	0	35	24	37	2	2	1	44	52	2	1
	d.p.	1	5	4	6	1	1	3	6	6	1	0
Inf	x	10	35	15	34	5	1	26	39	29	6	0
	d.p.	6	6	6	7	2	1	14	7	12	5	0

Grp	f $>63\text{mm}$	CA <sub>H2O</sub>	a*	b*	a*(900°C)	b*(900°C)	pH(15')	IP	RMF <sub>vs</sub>	RMF <sub>slc</sub>	R <sub>vs</sub>	R <sub>i</sub>	
Sup	x	9,81	25,05	25,21	32,57	30,26	29,40	5,04	10,26	7	20	5	6
	d.p.	3,00	2,30	2,86	3,16	1,59	1,80	0,59	6,47	4	16	1	1
Inf	x	6,66	16,64	8,35	22,95	24,14	27,64	5,67	21,28	33	138	9	10
	d.p.	3,11	3,16	7,16	6,76	4,67	1,72	0,63	3,44	12	44	2	2

Grp.- Grupo; Sup- Superior; Inf- Inferior; x - média aritmética; d.p. - desvio-padrão; Cal- caulinite; Flds- feldspatos; Hem- hematite; Q- Quartzo.

Esta diferenciação traduz-se, numa sequência superior com menor aptidão e uma inferior, com melhor aptidão cerâmica, correspondendo os corpos argilosos que as integram, a uma unidade tipológica

superior e inferior. Na figura 4 apresentam-se os parâmetros e os respectivos intervalos de valores considerados para a definição destas unidades.

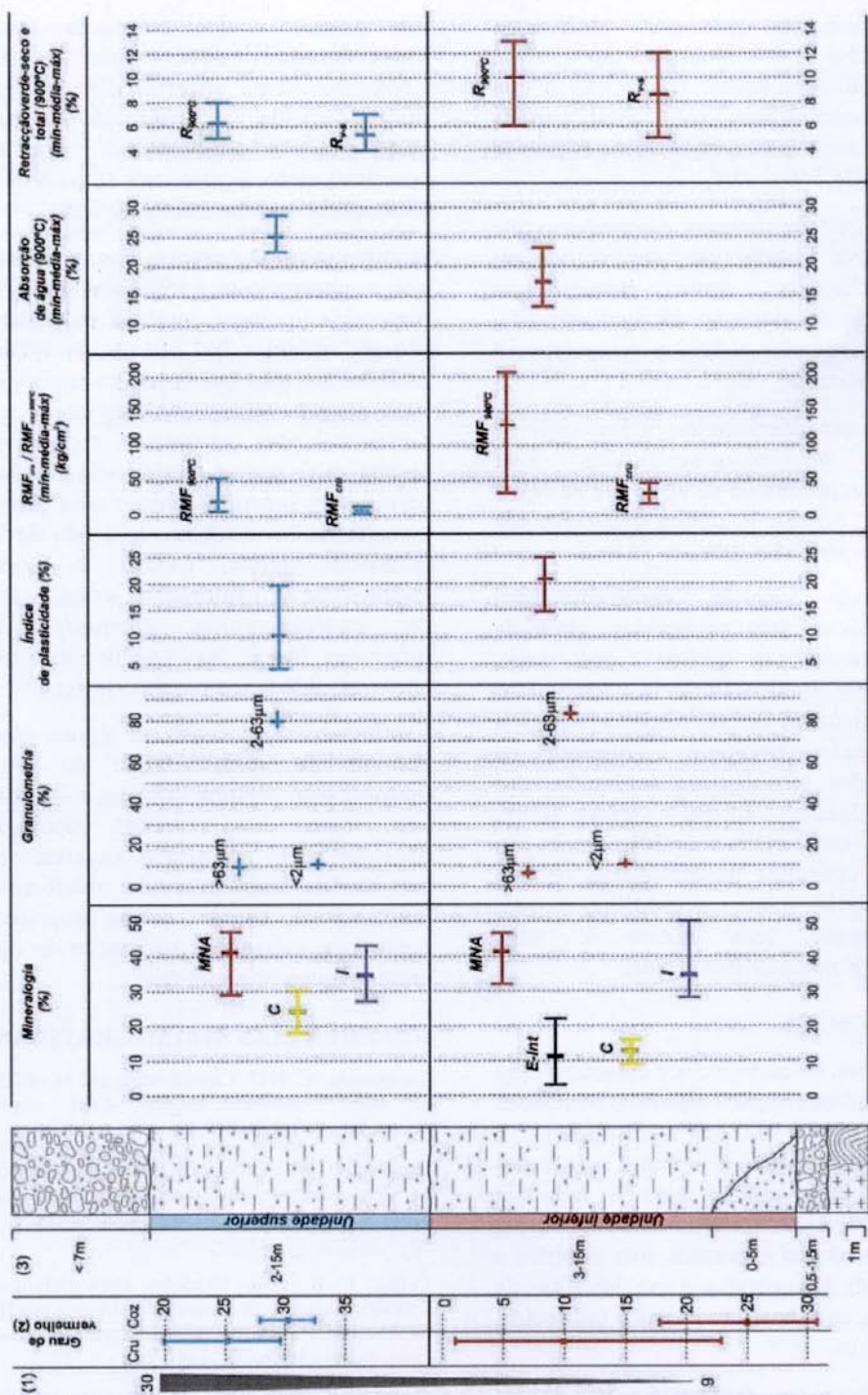


Figura 4. Coluna típica para a região de Tabua.

(1) tendência da concentração de caulinite de acordo com a posição relativa na coluna sedimentar tipo, com valores semi-quantitativos máximo e mínimo observados; (2) parâmetro  $a^*$  (CIE Lab); (3) espessuras mínimas e máximas observadas. MNA -minerais não argilosos; I - ilite; C - caulinite; E-Int - esmectite e interstratificados; R - retração verde seco (v-s) e total a 900°C (900°C)

Em síntese, os principais parâmetros considerados conjuntamente, que distinguem as unidades tipológicas e que permitem identificar com essas, níveis argilosos encontrados em diferentes pontos da região de Tábua são:

- Para a unidade superior, a ocorrência não significativa ( $\leq 5\%$ ) de esmectite ou interstratificados deste mineral, a capacidade de absorção de água elevada, em geral, superior a 22% e a cor em cru com parâmetro  $a^* > 20\%$ .
- Para a unidade inferior, a presença de esmectite ou interstratificados deste mineral, a capacidade de absorção de água, em geral, inferior a 22% e a cor em cru com parâmetro  $a^* \leq 20\%$ .

A unidade superior, decorrente das características atrás enunciadas, além de exibir plasticidade e RMF, em geral, baixas, tem aptidão limitada a cerâmicos como o tijolo. Já no que respeita às argilas da unidade tipológica inferior, as propriedades tecnológicas sobretudo, das quais se destaca a média a elevada RMF, traduzem uma melhor aptidão cerâmica, podendo constituir matéria-prima não só para tijolo e abobadilha mas, eventualmente, para fabrico de telha quando apropriadamente lotada.

## CONCLUSÕES

Os trabalhos de cartografia e caracterização laboratorial de recursos argilosos realizados na região de Tábua permitiram a delimitação de duas diferentes sequências argilosas com aptidão para a indústria cerâmica. Essa delimitação teve como base, não só os corpos aflorantes, mas também a previsão da sua ocorrência sob depósitos de cobertura, com base em indícios indirectos, mas seguros.

Com base na tendência de alguns parâmetros composicionais e tecnológicos,

foi possível distinguir na coluna litostratigráfica tipo, duas unidades tipológicas: uma superior com aplicação mais adequada na preparação de pastas para tijolo e uma inferior, que pode constituir matéria-prima não só para tijolo e abobadilha, mas também para telha.

A metodologia apresenta como vantagens que, conhecendo-se a sequência litológica e respectiva tipologia, também se conhece a posição relativa na coluna de qualquer material argiloso amostrado na região, se as suas características se integrarem numa destas unidades tipológicas. Acresce-se a vantagem de prever a existência ou não, de níveis com potencialidade e uma primeira caracterização daqueles, do ponto de vista cerâmico. Deste modo, é possível racionalizar as explorações, criando *stocks* de matérias-primas adequadas para diferentes fins e favorecendo uma maior sustentabilidade temporal do jazigo.

Finalmente, a execução de alguns ensaios comuns de caracterização de argilas, permite com alguma confiança identificar com uma das unidades tipológicas, qualquer nível amostrado na área, sendo previsíveis num intervalo relativamente conhecido de valores, outras propriedades cerâmicas, evitando a realização de outros ensaios numa primeira fase.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casagrande, A. 1947. Classification and identification of soils. *American Society Civil Engineers Proceedings*, 73, 783-810.
- Brindley, G. W. e Brown, G. 1980. Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification. Mineralogical Society, London, Monograph, 5, 495. pp
- Cunha, P. P. 1999. Unidades litostratigráficas do Terciário na região de Miranda do Corvo-Viseu (Bacia do Mondego, Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 86, 143-196.
- Cunha, P. P. e Reis, R. P. 1991. Proposta de definição formal de unidades litostratigráficas no registo

arcósico, paleogénico e miocénico, do bordo NE da Bacia Lusitaniana - região a NE de Coimbra. 3º Congresso Nacional de Geologia (Resumos), Coimbra, 99 pp.

Gomes, C. F. 2002. Argilas. Aplicação na Indústria. Aveiro, 337 pp.

Lisboa, J. V. 2009. Matérias-primas da Plataforma do Mondego para Cerâmica. Tese de Doutoramento. Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Portugal, 246 pp.

Silva, A. F., Rebelo, J. A. e Ribeiro, M. L. 1987-89. Notícia Explicativa da Folha 11-C Torre de Moncorvo. Serviços Geológicos de Portugal, 65 pp.

Schultz, L. G. 1964. Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-Ray and chemical data for the Pierre Shale. U.S. Geological Survey Professional Paper, 391-C, 1-31.

Thorez, J. 1976. Practical identification of clay minerals. Ed. G. Lelotte, Belgique, 90 pp.

---

Revisado:

Rúben Sílvio Varela do Santos Martins  
Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Portugal e GeoBioTec Centro de  
Investigação, FCT  
rubevm@uevora.pt

---