

# Argilas comuns em Portugal Continental: ocorrência e características

José Vítor Vieira Lisboa<sup>1</sup>

**Resumo:** As argilas comuns são o recurso mineral abastecedor da cerâmica de construção e olaria, correspondentes aos produtos geralmente de cerâmica vermelha, que constituem o mais antigo e importante setor cerâmico, em termos de volumetria dos recursos envolvidos (cerâmica de construção). Em Portugal conhecem-se desde há muito, áreas gerais de ocorrência de recursos em argilas comuns, mas o seu enquadramento litostratigráfico, caracterização e registo das áreas onde se exploram carece de atualização. O estudo da informação existente, sob a forma de relatórios, publicações e em sistema de informação geográfica do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), relativo a ocorrências de argila e atividade extrativa, permitiu obter os seguintes resultados: definição das formações geológicas com maior potencial para ocorrência de argilas para cerâmica de construção e olaria, das quais aquelas do Cretácico Inferior e Cenozoico se revelam as mais importantes em termos de montante de recursos (particularmente para a cerâmica de construção); enquadramento geográfico das ocorrências conhecidas de argilas ou das formações potenciais; características composicionais/cerâmicas de argilas e, identificação dos principais núcleos de produção cerâmica. A interpretação destes resultados permite relacionar a diversidade composicional e aptidão cerâmica, identificar novas áreas com aptidão para a exploração, além das áreas de exploração atuais e do passado recente; é possível também traçar uma evolução geral em termos geográficos da atividade extrativa e desde o início do século passado e constatar a tendência para a sua agregação em núcleos de exploração/transformação. Há portanto, uma contribuição para o conhecimento dos recursos em argilas comuns no país, o que constitui um instrumento passível de ser utilizado no ordenamento territorial para uma gestão sustentável destes recursos, evitando a sua depauperação.

**Palavras-chave:** Argila comum, Núcleo de exploração, Potencial, Recursos, Cerâmica de construção

**Abstract:** Common clays are the mineral resource supplier for the building ceramics and pottery industries. These usually consist of red ceramic products, which constitute the oldest and most important ceramic sector in terms of mineral resources amount used (building ceramics) and generation of revenue. In Portugal broad areas of occurrence of common clays resources are known since long ago, but its lithostratigraphic framework, characterization and registration of the exploiting areas needs updating. The study of existing information, in the form of reports, publications and geographical information from the Portuguese Geological Survey (National Laboratory of Energy and Geology, LNEG) on the occurrences of clay and exploitation activity, yielded the following results: definition of geological formations with higher potential for occurrence of clays for building ceramics and pottery, of which those of Cretaceous and Cenozoic age prove to be the most important in resources amount (particularly for building ceramics); geographical location of known clay occurrences or potentially clay-rich formations; compositional/ceramic features of clays, and the identification of the main ceramic mining camps. The interpretation of these results

<sup>1</sup>Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, 777, 2610-999 Amadora, Portugal. E-mail: vitor.lisboa@lneg.pt

allows to relate the compositional diversity and the ceramic aptitude, and to identify new suitable areas for exploitation beyond the today or recent past areas. It is also possible to trace a general trend of the mining activity in geographical terms, from the beginning of the last century and to observe its tendency to nucleate in exploitation/processing camps. Thus, there is a contribution to the knowledge in common clay resources in the country, which constitutes a tool that can be used in land use planning for sustainable management of these resources, preventing its depletion.

**Keywords:** Common clay, Mining camp, Potential, Resources, Construction ceramics

## **1. Introdução**

Portugal tem recursos abundantes em argilas, que ocorrem maioritariamente nas orlas meso-cenozoicas e nas bacias interiores mais importantes (Figura 1A); ocorrências menores distribuem-se um pouco por todo o maciço Hespérico, em depósitos de cobertura ou resultantes da alteração de granitos ou metassedimentos.

As argilas comuns e o caulino, entre as designadas argilas especiais, têm uma longa e importante tradição de exploração e de fabrico em Portugal, em diferentes subsectores cerâmicos. O setor da cerâmica representa uma importante indústria no tecido económico e empresarial, bem como um dos sectores mais dinâmicos de toda a economia portuguesa caracterizado por um forte grau de concentração regional, um elevado nível de especialização e uma participação crescente nos mercados internacionais (Campos 2010).

Em 2010 laboravam 343 empresas na indústria cerâmica, distribuídas pelos subsectores de construção, utilitária e decorativa e técnica. Relativamente à localização de empresas, o tecido empresarial encontra-se distribuído por todo o país, identificando-se uma maior concentração nas regiões Norte, Lisboa e Vale do Tejo, e Centro, com forte tradição e destaque nos distritos de Aveiro (43% das empresas) e Leiria (26%) (INE 2010).

Entre as matérias-primas argilosas, este trabalho foca-se nas argilas comuns, classificação que se baseia no tipo de utilização industrial destas argilas, em cerâmica de construção e utilitária de terracota.

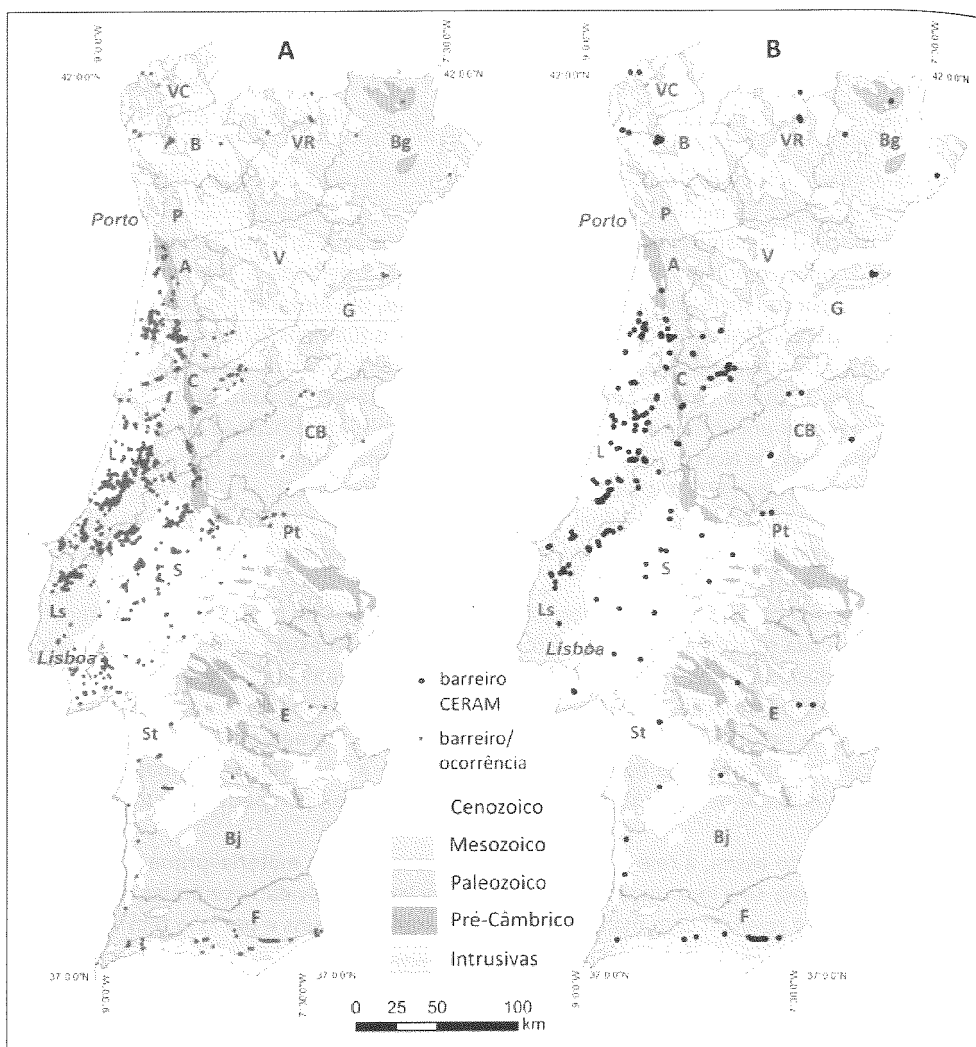
Embora seja conhecido um número significativo de áreas de ocorrência destes recursos e, por vezes, a sua relação com unidades litostratigráficas, não existe um levantamento atualizado, que relacione estas unidades com o seu potencial em argilas e ocorrências nelas conhecidas. Esta informação é importante em várias vertentes: para interpretação da informação geológica na ótica destes recursos, sua gestão e ordenamento da indústria extrativa, proveniência de cerâmicos de construção, relação entre a necessidade de matérias-primas argilosas e a qualidade destas (exigida nas indústrias a jusante), perspectivas futuras de consumo, etc.

Considerando assim, a relevância económica e social desta matéria-prima argilosa, neste trabalho assinala-se a localização dos principais núcleos de atividade cerâmica, as unidades geológicas que se revelam com maior potencial em argilas comuns e por isso têm vindo a ser alvo de exploração e, as principais características composicionais e tecnológicas das argilas.

## **2. Classificação e características gerais das argilas comuns**

As argilas comuns são as mais abundantes, caracterizando-se por uma complexidade e variabilidade composicional superior às designadas argilas especiais, em que se inclui o caulino. Têm portanto um valor unitário baixo, sendo utilizadas no fabrico de produtos cerâmicos de menor valor comercial. Contudo, estas são as argilas mais importantes em termos de volumes comercializados e também, em termos económicos. Em Portugal continental integram depósitos, maioritariamente do Terciário e do Quaternário, de origem fluvial sobretudo, e por vezes marinha.

Os dois tipos principais de argila comum compreendem: argila para olaria (*pottery clay*) utilizada na produção de cerâmica utilitária de terracota e a argila para cerâmica de constru-



**Figura 1.** Inventariação de ocorrências de argila comum: A. Registo de barreiros e ocorrências (1964-2010, Base de dados de Recursos Minerais não Metálicos, URMG, LNEG)- B/ Registo de barreiros constantes na base de dados CERAM em 1999. Simbologia de distritos: VC- Viana do Castelo, B- Braga, VR- Vila Real, Bg- Bragança, P- Porto, A- Aveiro, V- Viseu, G- Guarda, C- Coimbra, L- Leiria, ÇB- Castelo Branco, S- Santarém, Pt- Portalegre, Ls- Lisboa, St- Setúbal, E- Évora, Bj- Beja, F- Faro.

**Figure 1.** Registry of common clay occurrences: A. clay pits and clay occurrences (1964-2010, Non-Metallic Mineral Resources Database, URMG, LNEG); B. clay pits according to 1999 survey, CERAM 1999 database. Symbols: VC- Viana do Castelo, B- Braga, VR- Vila Real, Bg- Bragança, P- Porto, A- Aveiro, V- Viseu, G- Guarda, C- Coimbra, L- Leiria, ÇB- Castelo Branco, S- Santarém, Pt- Portalegre, Ls- Lisboa, St- Setúbal, E- Évora, Bj- Beja, F- Faro.

ção (brick clay), com que se produz tijolo, abobadilha, telha, tijoleira e mosaico (Gomes 2002).

A argila para olaria (*pottery clay*) é uma argila plástica facilmente moldável no torno dos oleiros, podendo apresentar cores variadas: cinzento a esverdeado, castanho ou castanho avermelhado. A sua mineralogia pode incluir quartzo, feldspato, mica (moscovite e biotite), óxidos e hidróxidos de ferro (hematite, goethite), pirite, carbonatos (calcite e dolomite, geralmente em baixos teores), caulinite, ilite, montmorilonite (pouco abundante), clorite (pouco abundante), vermiculite e interestratificados. A argila de olaria possui teores baixos em  $Al_2O_3$  (15-25%), teores baixos e médios em  $Fe_2O_3$  (<10%) e quando queimada proporciona corpos cerâmicos de cor variada desde o cinzento ao amarelo-ocre, castanho ou vermelho, cores dependentes dos minerais presentes portadores de ferro, titânio e outros. Na queima desta argila verifica-se uma região de vitrificação pouco ampla, entre 1000 e 1100°C, e uma fusão acentuada, entre 1150 e 1330°C.

Argila para cerâmica de construção (*brick clay*) é uma argila grosseira possuindo grande quantidade de silte e areia e com cores predominantes vermelho a amarelo, castanho e cinzento. O teor em fração argilosa da argila para tijolo é baixo, mas suficiente para permitir o desenvolvimento da plasticidade necessária para a moldagem dos corpos cerâmicos, plasticidade que aumenta com a relação minerais argilosos/minerais não argilosos. Na sua composição participam assim, minerais argilosos (ilite, caulinite, esmectite, clorite e interestratificados) e não argilosos (quartzo, mica, calcite, dolomite, gesso, pirite, óxidos e hidróxidos de ferro, também sob forma não cristalina), fragmentos líticos e matéria orgânica. Os teores em  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ , CaO e  $Na_2O+K_2O$  são elevados. O ferro e os metais alcalinos e calco-alcalinos promovem a vitrificação. A argila para tijolo é queimada em atmosfera oxidante, a temperatura em regra não superior a 950° C, e os corpos cerâmicos após queima apresentam cor vermelha. Todavia, se a argila for calcária, a cor vermelha que naturalmente seria devida ao ferro é atenuada fortemente por efeito do CaO, resultando uma cor acastanhada.

### **3. Núcleos de produção cerâmica**

Os produtos fabricados com argila comum são os mais antigos, remontando ao Neolítico os cerâmicos de olaria. Os romanos e posteriormente os árabes exerceram grande influência na cerâmica ibérica e tiveram uma importância fundamental e no futuro desenvolvimento da olaria e da azulejaria portuguesa (Feio 1998). Na Idade Média regista-se a existência de vários tipos regionais de cerâmica, dos quais alguns perduram até ao presente, mas o grande desenvolvimento da cerâmica acontece nos séculos XVII e XVIII, especialmente neste último, com o surgimento das primeiras fábricas importantes por todo o território, em parte relacionadas com as políticas de desenvolvimento do Marquês de Pombal, e existência de ceramistas importantes (Feio 1998, Campos 2010).

A produção de tijolo e telha, artesanal desde a Antiguidade até ao século XIX, passa no seguimento da revolução industrial, a partir da segunda metade desse século, a processar-se industrialmente. A partir desta altura começa também a fabricar-se tijolo furado, com vantagens de rendimento, leveza e possibilidade de novas formas de acabamento (Gomes 2002). Surgem sobretudo a partir de finais do século XIX, fábricas com produção industrial, que se localizam um pouco por todo o país em função da ocorrência de matéria-prima. Nas décadas de 60 e 70 do século passado assiste-se a um crescimento do número de fábricas com linhas

de produção mais avançadas, que determinam a extinção de unidades pré-existentes e por vezes, a fusão com outras menos qualificadas. O choque petrolífero e as posteriores crises, recorrentes entre períodos mais ou menos longos de crescimento económico durante as décadas de 80 e 90, aliadas a um planeamento deficiente no sector cerâmico, têm vindo a determinar a diminuição do número de unidades fabris. Prevalecem as que se adaptam a novas condições de mercado, optam pela modernização de linhas de produção e são sustentáveis, nomeadamente quanto à proximidade e volume de reservas. Este é o caso de muitas das fábricas que a partir da década de 20 do século passado iniciaram a atividade e se encontram ainda em laboração, na proximidade das explorações que as originaram.

A distribuição de explorações de argila comum no território continental à data do último levantamento nacional de barreiros em atividade, em 1999 (Ceram 1999), abrangia todos os distritos à exceção do Porto, com 323 registos em situação de lavra ativa, suspensa ou abandonada (Figura 1B). Os distritos de Bragança, Guarda, Portalegre, Évora e Beja contavam apenas 3 explorações cada. Embora não se disponha de registo atualizado, o número de explorações em atividade é significativamente menor. O total de pedreiras ativas em Portugal continental desde o final da década de 70 do século XX (Tabela1) evidencia a tendência de diminuição, com uma

**Tabela 1.** Evolução do número de pedreiras em atividade nos distritos de Portugal continental no período 1978-2012. No período 2001-2012 não se dispõe de informação diferenciada por distrito. Origem de dados: Moreira e Moura 1985 (1978-1982); Ceram 1999 (1999); Sobreiro 2006 (2001-05); DGEG 2013 (2008-12, dados provisórios em 2012); Costa e Henriques 2002 (2002 para distrito de Faro)

**Table 1.** Evolution of the number of active quarries in the districts of mainland Portugal in the period 1978-2012. For the period 2001-2012 there is no information available by district. Data source: Moreira and Moura 1985 (1978-1982); Ceram 1999 (1999); Sobreiro 2006 (2001-05); DGEG 2013 (2008-12, provisional data for 2012); Costa and Henriques 2002 (2002, Faro district)

Distritos	Nº de pedreiras em atividade															
	1978	1979	1980	1981	1982	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Aveiro	39	35	29	30	26	18										
Beja	-	-	-	-	-	3										
Braga	-	-	-	-	-	6										
Bragança	4	3	3	3	3	1										
C. Branco	6	6	6	6	6	7										
Coimbra	22	23	22	22	21	20										
Évora	-	-	-	-	-	3										
Faro	9	10	10	9	8	20		6								
Guarda	2	2	2	2	2	3										
Leiria	98	100	103	106	109	48										
Lisboa	10	9	11	8	11	14										
Portalegre	-	-	-	-	-	4										
Porto	1	1	-	-	-	0										
Santarém	83	85	89	90	93	25										
Setúbal	20	20	20	6	5	8										
V. Castelo	4	4	4	4	1	3										
Vila Real	4	8	7	6	3	3										
Viseu	7	7	8	5	2	4										
TOTAL	309	313	314	297	290	190	85	94	95	90	98	78	76	83	69	64

relativa estabilização na primeira década deste século. Ressalta também a concentração da atividade extrativa nos distritos de Leiria, Santarém, Coimbra e Aveiro. Embora a comparação entre os dados apresentados tenha valor relativo, devido a diferentes origens e métodos de classificação, a diminuição de explorações ativas a partir da década de 80 (séc. XX) é notória.

Atualmente persistem explorações e fábricas de cerâmica dispersas pelo território de norte a sul, mas verifica-se, independentemente dos períodos de crise, uma tendência para a concentração da indústria em núcleos, aqui entendidos como áreas onde se concentram várias explorações e unidades transformadoras e também, no caso dos principais núcleos, atividade industrial relacionada com o setor. Naturalmente, estes núcleos de exploração tendem a delimitar áreas principais de ocorrência das matérias-primas argilosas e portanto, há uma centralização da atividade no litoral centro do país, onde os recursos assumem maior expressão.

Os núcleos de exploração de argilas comuns para cerâmica de construção aqui considerados, correspondem a áreas onde existe ou existiu concentração de atividade extrativa recente; alguns desses núcleos, pela sua reduzida dimensão e condicionantes de natureza económica estão presentemente inativos, mas têm potencial em recursos. A identificação destes núcleos do ponto de vista da atividade extrativa tem uma validade temporal limitada, pois devido às características e contingências inerentes à atividade estão sujeitos a alterações, sobretudo geográficas, em especial os menos importantes. A caracterização apresentada seguidamente é efetuada com base nas entidades intermunicipais definidas na Lei nº 75/2013, de 12 de setembro.

Na região Norte, os núcleos de exploração são em geral, de pequena dimensão e têm recursos limitados. Em Trás-os-Montes destacam-se os núcleos de Chaves e Sendim – Vimioso (município de Miranda do Douro)- os recursos dos depósitos de Bragança e Macedo de Cavaleiros – Mirandela são muito limitados. Em Alto Minho, referem-se os núcleos de S. Pedro da Torre (Vila Nova de Cerveira – Valença) e na Comunidade Intermunicipal (CIM) do Cávado a atividade centra-se em Prado (Vila Verde – Barcelos) e Alvarães (Viana do Castelo), cuja relevância principal é para o caulino.

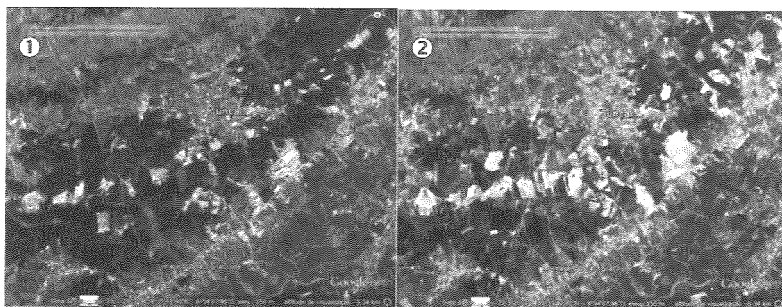
Na região Centro a atividade extrativa centra-se na Bacia Lusitaniana. Na CIM Região de Aveiro, com uma forte tradição cerâmica, a ocupação antrópica tem vindo a inviabilizar áreas tradicionalmente de exploração de barro: Aveiro, Vagos, Ílhavo, Oliveira do Bairro, Aguada e Anadia. Atualmente podem considerar-se os seguintes núcleos de exploração: Bustos-Palhaça e Avelãs de Cima – Aguada e, com menos atividade extrativa, Anadia.

Na Região de Coimbra regista-se o núcleo de Taveiro – Anobra (Coimbra/Condeixa a Nova). Entre Lamarosa e Portunhos, cobrindo o carso dos Calcários de Andorinha (Bajociano? -Batoniano) ocorrem argilas brancas hiperaluminosas (Gomes 1965, 1966, 1968, 1970) e vermelhas. As primeiras estão praticamente esgotadas (Barbosa *et al.* 1988, 2008) e as vermelhas já não são exploradas. A leste de Coimbra, na plataforma do Mondego, geralmente preservados em zonas de afundimento tectónico, tem-se os núcleos de Mortágua e Tábua-Candosa-Côja, o mais importante nas bacias interiores. Nesta região, ainda a considerar um pequeno núcleo em Miranda do Corvo; o antigo núcleo de Pampilhosa e o de Arganil estão extintos, assim como a norte, Barreiro de Besteiros (Tondela), na CIM Viseu Dão Lafões.

A Região de Leiria constitui a área de maior concentração da atividade. Embora esta seja dispersa, distinguem-se os seguintes núcleos: Redinha – Soure (parte da área, na Região de Coimbra), Albergaria dos Doze -Pombal-Colmeias, Maceira-Azoia-Batalha (Leiria/Batalha) e Juncal-Calvaria, o mais importante núcleo na região Centro (Figura 2). Existe ainda atividade em

Aguda-Avelar (Ansião/Figueiró dos Vinhos). Na freguesia de Juncal, a zona da Cruz da Léguas constitui um dos principais polos de indústria cerâmica de construção do País, estando aí instaladas várias empresas que consomem argilas na ordem das 500.000 t/ano. Os barreiros existentes localizam-se numa faixa que se desenvolve na direção E-W, a W do Juncal, inflétindo para NE até Calvaria. Existiam em 1999, 14 unidades fabris em laboração. É notório, neste núcleo, o aumento das áreas de exploração no período de 2003 a 2012 (Figura 2).

Nas CIM's interiores Beiras e Serra da Estrela e Beira Baixa, respetivamente áreas de Marofa (Figueira de Castelo Rodrigo) e Sarzedas (Castelo Branco) a atividade extrativa é atualmente reduzida ou nula.



**Figura 2.** Núcleo de exploração de Juncal – Calvaria: (1) aspeto em 2003, (2) aspeto em 2012. Imagens obtidas do Google Earth.

*Figure 2. Juncal - Calvaria Mining Camp: (1) image dated from 2003, (2) image dated from 2012. Images from Google Earth.*

Na região de Lisboa e Vale do Tejo tem-se como maior núcleo de atividade, Ramalhal – Outeiro da Cabeça (Torres Vedras / Bombarral). Os núcleos de Atalaia – Asseiceira – S. Pedro de Tomar (Tomar) e Alcanede – Amiais, no presente têm atividade reduzida. Existem outras áreas onde há alguma concentração de barreiros das quais se destacam, Coruche, Ulme (Chamusca), Castelo de Sesimbra e Santiago (Alcácer do Sal).

No Alentejo não existem núcleos de exploração atualmente, no âmbito da cerâmica de construção. Verifica-se em geral, ausência de recursos elevados e de qualidade, embora localmente exista esse potencial. Tiveram importância local, os depósitos de Grândola e de S. Teotónio (Odemira). A extração de argila para olaria origina polos de exploração intermitentes em diversos locais, como em Nisa, Grândola (Melides), Santiago do Cacém (Abela), Viana do Alentejo, Redondo ou Reguengos de Monsarraz.

No Algarve existem atualmente três pequenos núcleos em Algoz (Silves), Tunes – Mem Moniz (Silves/Albufeira) e Tôr (Loulé). Em Tavira (Santa Catarina da Fonte do Bispo) existe um conjunto de pequenos barreiros que extraem argila para cerâmica artesanal. Outras ocorrências antes referenciadas (Moreira e Moura 1985, Moreira 1997) atualmente estão abandonadas (Aljezur) ou já não são visíveis em: Vila do Bispo, Lagos (Barão de S. João, S. Sebastião e Odiáxere), Portimão, Loulé (Almansil e Salir), Faro (Sta. Bárbara de Nexe), S. Brás de Alportel e Vila Real de Santo António.

## 4. Unidades geológicas potenciais em argilas cerâmicas

As argilas comuns exploradas em Portugal correspondem maioritariamente a sedimentos de carácter fluvial e estuarino, sendo do ponto de vista genético, argilas sedimentares ou secundárias. As argilas de origem marinha e as resultantes de alteração (geralmente *in situ*) de metassedimentos de carácter argiloso têm menor importância, em especial as últimas.

Estas argilas ocorrem nas orlas meso-cenozóicas e no interior, em bacias geralmente com condicionamento tectónico, em depósitos detríticos de idade Meso-Cenozóica, especialmente do Jurássico Superior, Cretácico, Paleogénico, Miocénico e Pliocénico -Plistocénico, sendo por vezes as três últimas séries indiferenciadas. A distribuição em termos geográficos das ocorrências de argilas por grande parte do território, decorre da diversificação estratigráfica das mesmas.

A potencialidade em argila de uma unidade geológica é aqui atribuída em função dos seguintes fatores principais: litofácies predominantes, eventual conhecimento da sua composição e/ou potencial cerâmico baseado em trabalhos anteriores ou indícios conhecidos e, perspetiva de recursos existentes. Deste modo, assinalam-se as unidades/formações geológicas que têm sido e são alvo da atividade extrativa ou apresentam elevado potencial para conterem recursos em argilas para cerâmica. Quando se designa o potencial como baixo, referimo-nos a recursos insuficientes para abastecimento da indústria cerâmica de construção, o que não invalida o potencial em argila para olaria ou cerâmica de construção artesanal. Quando as unidades em causa não estão formalmente definidas, refere-se a estratigrafia, com base nas Folhas da Carta Geológica de Portugal (escala 1: 50.000) publicadas, respetivas Notícias Explicativas ou outros estudos existentes.

### 4.1. Unidades do Paleozoico e base do Mesozoico

As formações metassedimentares (e.g. Grupo do Douro, Grupo das Beiras) aflorantes em vasta extensão do país e correspondentes a xistos argilosos, por alteração podem originar localmente, recursos em argila para uso cerâmico. As argilas resultantes de alteração *in situ* de xistos argilosos do Grupo das Beiras e do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo no Algarve têm frequentemente fração arenosa elevada e foram exploradas em áreas bastante circunscritas para produção artesanal de cerâmica vermelha ou para lotação de argilas gordas para cerâmica de construção (e.g., Bensafirim), mas atualmente a sua exploração é residual.

Também as fácies argilosas do Grupo de Silves<sup>1</sup> (Soares et al. 1985, Rocha et al. 1987) e a Formação de Dagorda<sup>2</sup> (Rocha et al. 1996, Azerêdo et al. 2003) foram exploradas para cerâmica de construção e olaria, como sucede na área a SW de Leiria, mas a qualidade destas argilas não satisfaz geralmente, as necessidades atuais do setor cerâmico de construção. Continuam contudo, a ser localmente exploradas para olaria.

Na bacia algarvia, as argilas vermelhas intercaladas no Complexo Margo Carbonatado de Silves e série Vulcano sedimentar associada [Triásico Superior-Hetangiano] (Rocha 1976, Kullberg et al. 2013) ou Complexo Pelítico Carbonatado-Evaporítico [Retiano-Hetangiano] (Manuppella

<sup>1</sup>Também designado por "Grès de Silves" (Choffat 1887, Palain 1976) ou Grés de Silves (Rocha 1976, Rocha in Ribeiro et al. 1979, Soares et al. 1993)

<sup>2</sup>Margas de Dagorda (Choffat 1882, Mouterde et al. 1972, Soares et al. 1993), o mesmo que Infralias.

1992) foram extraídas em pequenas explorações entre Santa Catarina da Fonte do Bispo e Julião, Vila do Bispo, para a produção artesanal de cerâmica estrutural (“tijolo burro”, tijoleiras e telhas). Presentemente estão abandonadas, mas mantem-se o potencial para olaria.

## 4.2. Unidades do Jurássico

Neste sistema as unidades potenciais são do Jurássico Superior, abrangendo o Jurássico Médio apenas no Algarve, mas com baixa importância. Compreendem depósitos siliciclásticos com intercalações de siltitos e argilas, de cor em geral avermelhada ou púrpura a cinzenta, característicos de ambientes margino-litorais.

A sub-bacia do Bombarral (Kullberg *et al.* 2013) constitui a área onde a série do Jurássico Superior assume maior potencial. A parte superior da Formação de Lourinhã [Titoniano] (Hill 1988, Leinfelder e Wilson 1989, Rocha *et al.* 1996) e a Formação de Serreira [Titoniano? - Berriasiano Inf. ?] (Rey 1992, 1999, 2006) a teto, apresentam forte e antiga implantação da atividade extrativa, sobretudo a primeira, mais espessa. Estas fácies foram no conjunto depositadas em ambientes de linhas de água meandriformes que atravessam áreas deltaicas ou aluviais. Ambas as formações integram a matéria-prima explorada no núcleo de Ramalhal – Outeiro da Cabeça.

A série do Jurássico Superior tem também potencial noutras áreas, nomeadamente na região de Caldas da Rainha, Rio Maior e Alcobaça (Cruz da Léguas), encontrando-se descrita como Jurássico Superior indiferenciado (França e Zbyszewsky 1963), Argilas e Arenitos do Bombarral (Manuppella *et al.* 2000) ou Grés superiores (Choffat 1882, 1901, Marques *et al.* 1992). As ocorrências de argila têm menor continuidade do que na sub-bacia do Bombarral e atualmente, as explorações são escassas ou encontram-se abandonadas.

Na área de Albergaria dos Doze (Pombal) destacam-se as argilas vermelhas ou cinzentas do Complexo de Vale de Lagares (Lusitaniano superior, Teixeira e Zbyszewsky 1968) que têm sido alvo de exploração (Matias e Pacheco 2001) nos núcleos de Albergaria dos Doze -Pombal-Colmeias e Maceira-Azoia-Batalha.

Foram exploradas na região a norte de Faro (Sta. Bárbara de Nexe, Estói), argilas calcárias na Formação de Telheiro ou Calcários margosos e margas de Telheiro [Caloviano] (Manuppella e Rocha *in* Oliveira *et al.* 1987-88, 1992), mas o potencial atual é baixo.

## 4.3. Unidades do Cretácico

As unidades do Cretácico, em especial da série do Cretácico Inferior, correspondem àquelas onde a atividade extrativa mais tem incidido, devido ao seu elevado potencial, a par com as unidades do Cenozóico. Os leitos de argila ocorrem em intercalação com arenitos, geralmente originados em ambiente fluvial meandriforme.

A norte, na área de Aveiro – Vagos - Oliveira do Bairro, a formação *Argilas de Vagos*<sup>4</sup> [Santoniano? – Maestrichtiano] (Barbosa 1981), constituída por camadas de argilas esverdeadas e avermelhadas, com intercalações arenosas e por vezes carbonatadas foi alvo de explo-

<sup>3</sup> Cam. com *Lima pseudoalternicosta* + Pteroceriano +Freixialiano (Choffat 1901, Mouterde *et al.* 1972) ou Formação de Bombarral (Leinfelder 1986).

<sup>4</sup> Arenitos e Argilas de Aveiro (Teixeira e Zbyszewski 1976).

ração em vários locais, mas atualmente apenas se destaca o núcleo de exploração de Bustos - Palhaça. Também foram exploradas argilas comuns para cerâmica de construção integradas na formação Grés da Palhaça<sup>5</sup> [Aptiano? – Albiano – Cenomaniano] (Barbosa 1981), constituída por arenitos de grão médio a grosseiro, por vezes argilosos, com intercalações de argilas, frequentemente margosas; atualmente não se conhece atividade extrativa nesta formação.

Entre Cantanhede e Figueira da Foz constituem unidades potenciais para exploração de argilas comuns, os grés onde ocorrem leitões argilosos. Os Arenitos e Argilas de Viso [Campaniano -Maastrichtiano] (Choffat 1900, Soares *et al.* 1982) têm potencialidade para barros vermelhos, nas áreas de Liceia e Viso (Barbosa *et al.* 2008). Ambas as unidades têm sido pouco aproveitadas para fins cerâmicos, não se conhecendo atividade extrativa significativa na área. A argila ocorrente em zonas de enriquecimento na formação Arenitos Finos de Lousões [Emscheriano] (Romariz 1960, Soares *et al.* 1982) tem potencialidades para cerâmica estrutural; igualmente na formação Arenitos de Carrascal [Aptiano – Cenomaniano] (Barbosa *et al.* 2008) ocorrem argilas com potencialidades para o mesmo fim. Atualmente as explorações ativas são reduzidas.

Tem importante e reconhecido potencial em argilas vermelhas, a formação Conglomerados de Caranguejeira<sup>5</sup> [Aptiano-Albiano a Cenomaniano] (Manuppella *et al.* 2000) e seu equivalente lateral Arenitos de Amiais<sup>5</sup> [Aptiano-Albiano a Cenomaniano] (Manuppella *et al.* 2006), que ocorrem respetivamente no Sinclinal de A-dos-Francos e na região Alcanede – Amiais de Baixo. Estas áreas integram dois importantes núcleos de exploração e fabrico cerâmicos, respetivamente Juncal-Calvaria e Alcanede – Amiais, embora o segundo tenha perdido a relevância adquirida no século XX. Os Conglomerados de Caranguejeira (espessura de 150 a 295m, Dinis 1999) possuem intercalações argilosas acastanhadas e avermelhadas mais frequentes numa faixa de 15 a 30m, situada entre 10 e 40m da base, que é explorada para cerâmica (Pereira 1998).

Na sub-bacia do Bombarral as argilas ocorrentes na Formação de Vale de Lobos (Valanginiano) (Rey 1992) também foram alvo de exploração, mas atualmente apenas são extraídas as argilas do Titoniano, de melhor qualidade.

A sul, na área de Sintra, Vale de Lobos, as argilas nos arenitos do Valanginiano (Formação de Guia, Kullberg *et al.* 2013) e no equivalente lateral da Formação de Vale de Lobos na área do Cabo Espichel (Cotovia, Sesimbra), grés grosseiros caulíníticos (Kullberg *et al.* 2013) foram pontualmente exploradas, mas o potencial em argilas vermelhas é baixo. Ambas as formações se depositaram em ambiente estuarino e fluvial. Em condições semelhantes na região de Loures e Montachique, a Formação de Serreira, equivalente ao topo das formações de Lourinhã e Bombarral, também foi no passado alvo de explorações.

No Algarve as fácies siliciclásticas com argilas, do Cretácico Inferior (Berriasiano Superior -Barremiano) são exploradas nos núcleos de Algoz e Mem Moniz-Tunes, onde a unidade litotratigráfica com maior potencial corresponde à Formação de Fonte da Matosa (Rey 2006, Kullberg *et al.* 2013). Em Mem Moniz-Tunes o pendor acentuado dos estratos limita a expansão das áreas de exploração. No caso de Algoz, as camadas apresentam um pendor mais suave e os recursos são mais elevados.

---

<sup>5</sup> Grés Belasianos (Choffat 1900).

## 4.4. Unidades do Cenozoico

Afloram na bacia Lusitaniana e do Algarve, bacias cenozoicas do Douro, Mondego, Baixo Tejo, Guadiana, Alvalade, Moura e plataforma litoral alentejana, tendo início o enchimento das bacias, a partir do Eocénico Médio (Pais *et al.* 2012).

As formações atribuídas aos períodos e épocas do Cenozoico, por vezes não estão cartograficamente diferenciadas em unidades litostratigráficas, pelo que são referidas pela nomenclatura constante na cartografia geológica publicada.

### 4.4.1. Unidades do Paleogénico

As unidades do Paleogénico têm, em geral, potencial limitado para a ocorrência de corpos argilosos com elevada continuidade lateral/vertical. São predominantemente siliciclásticas grosseiras, arcósicas e de origem fluvial.

Destacam-se na Bacia do Mondego: as argilas da Formação de Taveiro<sup>6</sup> (Soares *et al.* 2007, Cunha *et al.* 2009, Pais *et al.* 2013) na área entre Taveiro e Condeixa -a-Nova (Ega), onde se localiza o núcleo de Taveiro – Anobra e, as argilas do Membro da Monteiro da Formação de Côja [Eocénico Médio-Superior] (Cunha 1999), que são exploradas a NE de Coimbra, na região de Coja (Lisboa 2009a, 2013) no núcleo Tábua-Candosa-Côja e em pequenas depressões tectónicas na plataforma do Mondego entre Barreiro de Besteiros e Tondela; nesta última área, a atividade cessou. Na Formação de Bom Sucesso (Reis 1981, 1983), equivalente distal, não se tem conhecimento de atividade extrativa, embora no passado se verificasse alguma atividade entre Almagreira, Louriçal e Paião.

Na região de Pombal, as argilas do “Paleogénico” e do complexo “Miocénico e Paleogénico indiferenciados” (Manuppella *et al.* 1978) são exploradas, respetivamente, em Souto de Carpalhosa e Louriçal.

A Formação de Cabeço do Infante [Eocénico médio a Oligocénico superior] (Cunha 1992, 1996, Cunha *et al.* 2009) na região de Nisa – Amieira do Tejo (Bacia do Baixo Tejo) contém nos níveis estratigraficamente superiores, argilas que foram exploradas para cerâmica estrutural, mas os recursos são limitados; presentemente apenas são exploradas para olaria.

Na Bacia de Alvalade (Pais *et al.* 2012) a Formação de Vale do Guizo (Antunes 1983, Gonçalves e Antunes 1992, Pimentel 1998a) tem pontualmente potencial em argilas vermelhas, que não são exploradas. Na bacia do Sado houve exploração de argila nesta formação, em Alcácer do Sal (Barrosinha).

As formações do Paleogénico na Bacia do Douro (Trás -os-Montes e Nave de Haver) têm potencial muito limitado.

### 4.4.2. Unidades do Miocénico

Estes sedimentos têm o seu potencial em argila condicionado pela predominância de fácies areníticas e conglomeráticas constituindo as fácies predominantemente argilosas do Miocénico Superior, os principais recursos. Afloram em extensas áreas, sobretudo nas bacias do Baixo Tejo e Mondego, frequentemente indiferenciados do Pliocénico e Quaternário.

---

<sup>6</sup>Arenitos e Argilas de Taveiro [Maastrichtiano -Eocénico] (Soares 1966, Soares *et al.* 1982, Reis 1983).

Na região de Trás-os-Montes (Bacia do Douro) os depósitos cenozoicos têm menor expressão relativa, mas assumem importância pelos recursos em minerais não metálicos que constituem (Gonçalves *et al.* 2003). O Membro de Castro da Formação de Bragança [Miocénico terminal-Zancleano?] (Pereira 1997, 1998, 1999, Pereira *et al.* 2000) constitui a unidade de maior potencial em argilas comuns. Destacam-se na área de Bragança as manchas de Castro e de Atalaia e na área de Vimioso – Mogadouro, a mancha de Sendim – Águas Vivas – Prado Gatão (Moreira 1983), onde se localiza o núcleo de Sendim – Vimioso, não obstante o potencial em argilas de outras manchas (Moreira 1983, Gonçalves *et al.* 2003). Têm também relevância as intercalações de corpos argilosos em areias e conglomerados que são exploradas na zona Chaves (núcleo de Chaves), em depósitos com controlo tectónico na dependência da falha Verin-Penacova. Os depósitos existentes a sul, em Figueira de Castelo Rodrigo, também alvo de atividade extrativa serão contemporâneos dos depósitos anteriores.

Na Bacia do Mondego, a Formação de Campelo [Tortoniano Superior - Messiniano] (Cunha 1999), constitui o equivalente estratigráfico do Membro de Castro/ As fácies pelíticas desta formação, denominadas Membro da Arroça (Cunha *op. cit.*) ou Argilas da Fábrica do Pisco (Soares *et al.* 1983, Daveau *et al.* 1985/86), as últimas caracterizadas na área de Miranda do Corvo, assim como a unidade sobrejacente, a Formação de Telhada [Messiniano terminal - Zancleano] (Cunha 1999), têm elevado potencial em argilas (Lisboa 2009a, 2013), sendo utilizadas na cerâmica de construção e olaria da região. A exploração destas argilas tem incidido na depressão tectónica de Mortágua (núcleo de Mortágua), na área de Tábua (núcleo de Tábua-Candosa-Côja, o mais importante nas bacias interiores) e no setor SW da bacia da Louçã (núcleo em Miranda do Corvo).

No sector NE da Bacia do Baixo Tejo, destacam-se: a Formação de Silveirinha dos Figos [Miocénico Inferior - Superior] (Cunha 1992, 1996), a SE de Idanha-a-Nova, quase exclusivamente constituída por areias arcólicas e lutitos e, as fácies areno-lutíticas da Formação de Torre [Tortoniano superior - Messiniano] (Cunha 1992, 1996, 2000), na região de Sarzedas. Nestas áreas, as fácies finas de ambas as formações têm potencialidade como matérias-primas para cerâmica de construção, tendo sido alvo de atividade extrativa.

No setor intermédio da Bacia do Tejo a Formação de Alcoentre [Miocénico Inferior a Médio] (com várias designações anteriores; Dias e Pais 2009) aflora em vasta área no Ribatejo, com potencial reconhecido nas áreas de Coruche, Almeirim, Vila Nova da Barquinha (Entroncamento), Tramagal e Abrantes, incidindo a exploração na margem esquerda do Tejo (freguesias de Bemposta, S. Miguel do Rio Torto e Tramagal), onde os níveis argilosos são mais extensos.

A Formação de Tomar<sup>7</sup> [Miocénico Médio a Superior. (Cunha *et al.* 2009, Pais *et al.* 2013) tem potencialidades elevadas em argilas vermelhas na região de Tomar. Esta área constitui tradicionalmente um núcleo de exploração (Atalaia – Asseiceira – S. Pedro de Tomar), como se pode verificar pela existência de antigas cerâmicas em Santa Cita e Grou, e outras mais recentes, inativas. Atualmente encontra-se em laboração apenas uma fábrica (Cerâmica de Castelo de Bode).

Na cidade de Lisboa as áreas de afloramento das Argilas dos Prazeres (Aquitano inferior) e Argilas do Forno do Tijolo (Burdigaliano), exploradas até à primeira

<sup>7</sup>Argilas de Tomar (Antunes e Mein 1979, Barbosa 1995).

metade do século XX (e.g., antiga Fábrica Lusitânia no Campo Pequeno), assim como das Argilas azuis de Xabregas [Langhiano superior e Serravaliano] (Pais *et al.* 2006), também exploradas no concelho de Almada, encontram-se inviabilizadas pela ocupação urbana.

Na Bacia de Alvalade, os depósitos da Formação de Esbarrondadoiro [Messiniano terminal – Zancleano inicial] (Teixeira 1952, Antunes e Mein 1995, Balbino 1995, Antunes *et al.* 1999a, Antunes e Balbino 2004, 2006, Pimentel 1998b) são mais argilosos que os da Formação de Vale do Guizo, a muro (Pereira 1982), mas ambas as unidades são potenciais para a ocorrência de argilas com interesse económico nos concelhos de Grândola e Ferreira do Alentejo. Contudo, não são exploradas argilas na área.

A sul, no fosso tectónico de Aljezur, ocorrem argilas no preenchimento sedimentar de ambiente costeiro de pouca profundidade e acarreios detríticos que, de acordo com Pimentel e Amaro (2000) pode ser integrado na Formação de Lagos-Portimão e Miocénico de Aljezur (Burdigaliano- base do Tortoniano). No presente estas argilas não são exploradas.

#### 4.4.3. Pliocénico e Quaternário

Estes depósitos siliciclásticos, predominantemente areníticos, sobretudo de origem continental, constituem importantes recursos em argilas comuns. Nas bacias Lusitânica e do Tejo, as unidades geológicas potenciais cobrem vastas áreas, correspondendo os corpos argilosos a variações de fácies, cuja continuidade lateral e vertical determina a sua potencialidade. Deste modo, nas unidades mais relevantes e com maior extensão aflorante são assinaladas áreas restritas onde a informação existente denota potencial em argilas para a atividade extrativa.

A norte, na bacia do Minho, exploram-se argilas nos lutitos da Formação de Barrocas (núcleo de S. Pedro da Torre) do Plio-Plistocénico (Alves e Pereira 2000, Pais *et al.* 2012). Têm maior potencialidade na área de Monção e Valença – S. Pedro da Torre (Moreira e Moura 1985, Moreira 1997).

Na bacia sedimentar de Alvarães (núcleo de Alvarães, Viana do Castelo), os sedimentos da Formação de Alvarães [Pliocénico superior] (Alves 1999) consistem principalmente em argilas vermelhas na base (Membro da Chasqueira), argilas caulíníticas e areias caulíníticas a topo (Membro de Teodoro). Além do aproveitamento dos caulinos e areia, as argilas vermelhas têm aplicação em Cerâmica Estrutural. A oeste, nos terraços do rio Cávado (Quaternário) da área de Ucha (Barcelos) e Oleiros (Vila Verde) são tradicionalmente exploradas argilas (núcleo de Prado) intercaladas em níveis arenosos, por vezes, de cascalheira.

A sul do rio Douro, entre Espinho e Aveiro, há registos de ocorrências ou explorações, todas abandonadas, nos concelhos de Santa Maria da Feira (freguesias de Mozelos, Fiães e S. João de Ver), Ovar (freguesias de S. João e Ovar), Oliveira de Azeméis (freguesia de Oliveira de Azeméis e Vale do Salgueiro), Estarreja (freguesia de Beduido) e Albergaria -a-Velha (freguesia de Branca). O potencial será baixo.

No vale do rio Cértima (áreas de Águeda, Aguada, Oliveira do Bairro e Anadia) as unidades Argilas de Boialvo e Argilas e Conglomerados de Anadia<sup>8</sup> [Plistocénico inferior] (Dinis 2004) constituem as formações potenciais em argilas vermelhas com exploração ativa (núcleo de Avelãs de Cima – Aguada), embora nesta área seja atualmente mais importante a extração

<sup>8</sup> Parte da Formação Gândara (Grade e Moura 1980, 1980-81).

de argilas especiais do Barro Negro de Aguada<sup>8</sup> (Dinis 2004). A cartografia e caracterização destes recursos do ponto de vista cerâmico foi efetuada por Grade e Moura (1980, 1980 -81) e Oliveira (2010).

Na região de Pombal, o complexo Plio-Plistocénico indiferenciado (Manuppella *et al.* 1978), além de potencial em argilas especiais, tem também importantes recursos em argilas comuns. Referem-se nesta região os núcleos de Redinha, Barracão e Pombal. Os barreiros dos dois últimos exploram a unidade Argilas de Barracão (Barbosa 1983) que engloba argilas do tipo comum e especial (na base), do Pliocénico de fácies continental, estando as argilas cobertas por areias grosseiras, com seixos (Barbosa 1983, Moura e Grade 1983, Moreira 1991).

A Formação de Ulme<sup>9</sup> [Pliocénico] (Cunha *et al.* 2009, Pais *et al.* 2013) no setor intermédio da Bacia do Tejo (Ribatejo e Alto Alentejo) e a Formação de Santa Marta [Pliocénico terminal], (Azevêdo 1982a, b) unidade equivalente, à qual a primeira passa gradualmente no setor distal (Lisboa e península de Setúbal), ocupam vasta superfície na Bacia do Tejo. Apesar da litofácies predominante ser constituída por areias feldspáticas médias a grosseiras, localmente tem potencial em argilas comuns, como é comprovado por atividade extrativa recente ou antiga, nomeadamente em Cruz do Campo, Cartaxo (Grés e argilas de Cruz do Campo), Moita/Montijo/Rio Frio e Pegões, Apostiça (Sesimbra) e S. Sebastião (Setúbal).

Ao longo da plataforma litoral alentejana e na sua proximidade para o interior, registam-se algumas ocorrências de argilas comuns em depósitos de areias e cascalheiras do Plio-Quaternário, nomeadamente junto a Melides (Silha), nos arredores de Grândola, em Sines a este de S. Torpes, Santiago do Cacém (freguesia de Abela) e no concelho de Odemira (freguesia de S. Luís). No fosso tectónico de S. Teotónio (Arrifoias) ocorrem argilas de fácies continental resultantes de alteração de xistos, provavelmente do Pliocénico inferior (Feio 1951). As ocorrências no litoral alentejano foram exploradas no passado mais ou menos recente, mas atualmente o seu interesse industrial é reduzido ou nulo.

No Algarve, em depósitos e terraços fluviais do Quaternário [Formação de Ludo (Moura e Boski, 1994)] foram exploradas intercalações de argilas em níveis de areia, nas imediações de Tôr, existindo também uma área eventualmente com potencial para exploração, em Paderne.

## **5. Características composicionais e cerâmicas de argilas exploradas**

A caracterização composicional e tecnológica genérica das argilas comuns baseou-se na informação relativa a amostragens efetuadas em 44 locais/áreas de Portugal continental, grande parte desses, tradicionalmente com implantação da atividade extrativa (Figura 3). A análise das amostras foi realizada maioritariamente no Laboratório do LNEG, constando os resultados em publicações e relatórios técnicos (Grade e Moura, 1985, Manuppella *et al.* 1985, Grade e Moura 1987, Carvalho *et al.* 1999a, Carvalho *et al.* 1999b, Lisboa 2009a, 2009b, Lisboa *et al.* 2010, Oliveira 2010, Lisboa *et al.* 2012); excetuam-se os trabalhos laboratoriais realizados no Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (Coroado 2000) e no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro (Marques 2007). Esta informação consta nas tabelas 2 e 3 e figuras 4 e 5.

<sup>9</sup>Arenitos de Ulme (Azevêdo 1986, 1997, Barbosa e Reis 1989, Barbosa 1995, Barbosa e Reis 1996).





**Tabela 2.** Composição química e mineralógica de argilas comuns portuguesas utilizadas na indústria da cerâmica de construção (fontes: referidas na legenda da Figura 3).

**Table 2.** Chemical and mineralogical composition of Portuguese common clays used in the construction ceramics industry (source: listed in the Figure 3 caption).

Amostra (área)	Formação e/ou idade	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Análise química (%)				TiO <sub>2</sub>	P.R.	Composição mineralógica Amostra integral
					CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
sp-(S.P. Torre)	F. de Barrocas (Plio.- Plistocénico)	61.36	21.16	5.36	0.10	0.31	0.26	1.84	0.48	9.00	K, I, Oz (felds, go)
alv-(Alvarães)	F. de Alvarães (Plio. Sup. – Plistocénico)	63.26	21.23	3.57	0.13	0.35	0.26	2.39	0.41	8.05	K, I, Oz (felds, go)
rc-(Ucha-Prado)	Quaternário	62.38	18.63	5.96	0.17	0.85	0.42	2.90	0.40	7.91	K, I, Oz (go, felds)
ch-(Chaves)	Plio.- Plistocénico	68.37	14.72	4.52	0.39	0.86	0.75	3.53	0.35	6.04	I, K (Oz, felds)
br-(Bragança)	Neogénico e Quaternário	62.98	16.29	6.05	0.17	1.09	0.32	2.76	0.92	9.14	I, Oz, K, Mo, (felds, Cc)
br1-(Bragança)	F. Bragança, M. de Castro (Neogénico)	60.90	14.91	6.51	1.22	1.95	0.77	2.76		9.32	I, Oz, K, Mo (felds)
ca-(Carvalhais, Mirandela)	F. Bragança, M. de Castro (Neogénico)	58.65	17.45	7.45	0.26	1.67	1.39	3.93	0.43	8.50	I, K, Oz, Mo, felds (go)
Sendim (M. do Douro)	F. Bragança, M. de Castro (Neogénico)	-	15.50	-	1.20	-	0.70	3.00	-	6.50	a) Mo, Oz, K, I b) Cc, Mo, Oz, K, I c) Oz, K, I
for -Maroia (F. de Castelo Rodrigo)	Neogénico	60.93	18.51	7.39	0.22	0.72	0.48	2.76	0.56	8.60	Mo, K, I, Oz (felds, go)
av-(Aveiro)	Arenitos e argilas de Aveiro (Cret. Sup.)	59.51	17.76	4.58	0.43	1.96	0.28	5.05	-	10.0	I, Oz (K, felds)
il -Ilhavo	Arenitos e argilas de Aveiro (Cret. Sup.)	52.67	18.24	6.04	0.40	1.96	0.39	4.87	-	11.5	I, Oz (K, felds, go)
va-(Vagos)	Argilas de Vagos (Cret. Sup.)	64.11	15.98	3.72	0.41	1.56	0.37	4.62	-	9.87	I, Oz (K, Mo, felds)
s-Av -(setor Aveiro)	Argilas de Aveiro (Cret. Sup.)	59.83	18.35	5.80	0.79	2.46	0.41	5.56	0.74	5.56	
ag -(Aguada)	Argilas de Boialvo (Quaternário)	66.18	19.09	3.17	0.08	0.36	0.23	3.12	0.84	6.38	I, K, Oz (Ox/hidro Fe)
mo-(Monsarros)	Argilas e Congl. de Anadia (Plio.- Plist.)	65.81	18.52	3.98	0.28	0.24	0.23	2.86	0.74	6.61	Oz, I, K, (felds, Mo, tff(Mo), Ox Fe)
an -(Anadia)	Argilas e Congl. de Anadia (Plio.- Plist.)	66.29	18.00	4.61	0.06	0.54	0.28	2.85	0.96	6.08	Oz, I, K (fk, Ox Fe)
ar -(Arganil)	F. Campelo (Neogénico)	62.34	16.35	6.67	0.17	1.70	0.46	3.20	0.54	8.20	I, Cl, Oz (Mo, felds)
c-Ne -(Coja)	F. Campelo (Neogénico)	65.41	15.18	5.75	0.14	1.93	0.98	2.72	0.79	6.75	Oz, I, Mo, K (felds, Ox Fe)
c-Eo -(Coja)	F. Coja (Paleogénico)	65.65	16.13	4.63	0.17	1.58	0.93	3.71	0.69	6.07	Oz, I, felds, Mo, K, Cl (Ox Fe)
m-Ne -(M Corvo)	F. Campelo (Neogénico)	52.98	22.31	7.38	0.16	1.39	0.21	4.34	0.63	10.0	I, K, Oz (felds, Ox Fe)
t-Ne -(Tábua)	F. Campelo (Neogénico)	64.68	18.29	6.03	0.04	0.44	0.24	2.65	1.09	6.28	Oz, I, K (felds, Ox Fe)
t-Eo -(Tábua)	F. Coja (Paleogénico)	61.89	17.9	5.95	0.09	1.26	0.28	3.06	0.88	8.43	Oz, I, K, Mo (felds, Ox Fe)
tav -(Taveiro)	F. Taveiro (Cret. Sup. – Paleogénico)	77.38	11.30	2.98	0.24	0.72	0.30	1.99	0.72		Oz, I, K, Mo (felds, Ox Fe)
tav1 -(Sebal)	F. Taveiro (Cret. Sup. – Paleogénico)	75.05	12.55	4.32	0.08	0.24	0.21	1.14	0.98	5.23	Oz, K, I (Ox Fe, felds)

Argilas comuns em Portugal Continental: ocorrência e características

po-(Pombal)	Argilas de Barração (Plio.-Plist.)	70.49	15.97	2.70	0.13	0.58	0.22	2.04	0.66	7.45	Qz, K, I (felds)
ba-(Barração, Leiria)	G. de Barração (Pliocénico)	68.70	16.92	2.15	0.13	0.26	0.23	1.44	0.63	8.03	Qz, K, I (felds)
c1 -C. Léguas a)	Congl. de Caranguejeira (Cret. Inf.)	66.86	16.69	5.14	0.19	0.34	0.11	1.35	1.13	7.74	Qz, K, I (felds, he, go, AR)
c2 -C. Léguas b)	Congl. de Caranguejeira (Cret. Inf.)	75.29	12.71	4.01	0.08	0.29	0.10	1.73	0.73	4.62	Qz, K, I (felds, he, go, AR)
c3 -C. Léguas c)	Congl. de Caranguejeira (Cret. Inf.)	73.35	13.28	4.82	0.13	0.35	0.16	1.85	0.80	4.75	Qz, K, I (felds, he, go, AR)
al-(Alcobça-Rio Maior) <sup>1</sup>	F. Lourinhã (Titoniano)	55.70	16.43	6.29	4.03	1.73	0.39	3.21	0.85	10.8	I, Qz, K, Mo (felds, Ox Fe, Cc)
to-(Tomar)	F. Tomar (Neogénico)	64.69	15.83	5.60	0.17	1.16	0.45	3.20	0.65	7.80	I, Qz, K (Mo, felds)
s-To-(setor Norte)	F. Tomar (Neogénico)	62.22	18.19	6.32	0.46	1.42	0.41	4.13	0.95	5.30	-
s-Sa-(setor Sul)	F. Tomar (Neogénico)	61.47	19.47	5.90	0.27	1.43	0.24	2.85	0.97	8.09	-
sa-(Santarém)	F. Alcoentre (Neogénico)	62.63	18.05	6.33	0.23	0.55	0.19	2.07	0.93	9.04	K, Qz, I (felds, Mo)
tv-(Bombarral-T. Vedras)	F. Lourinhã (Titoniano)	63.29	17.15	6.08	0.50	1.17	0.32	3.61	0.51	7.00	I, Qz, K (felds)
TVB-(O. Cabeça)	F. Lourinhã (Titoniano), F. Serreira (Titon.-Cret. Inf.)	59.92	19.08	7.38	0.13	0.96	0.15	3.35	1.2	7.56	K, Qz, I (felds, Ox Fe)
li-(Lisboa)	Miocénico	64.71	15.75	5.36	0.70	1.34	0.83	3.61	0.50	6.90	I, Qz, K, felds
me-(Mesquita, Sesimbra)	F. Santa Marta (Pliocénico)	59.51	20.11	4.29	0.21	1.12	0.62	3.57	0.35	9.80	I, K, Qz (felds, go, Mo)
Ni-(Nisa)	F. Cabeço do Infante (Paleogénico)	62.94	18.07	5.70	0.07	0.99	0.27	2.32	0.94	8.49	Qz, K, I (Mo, felds, Ox Fe)
A-PI-(Aljezur)	Pliocénico	54.39	16.89	7.27	4.96	1.14	0.64	3.07	0.45	10.9	I, Qz
A-Cb-(Bensafrim)	G. Flysch do Baixo Alentejo (Carbónico)	59.87	20.14	7.59	0.1	0.68	0.77	3.46	0.52	6.43	Qz, I
A-He-(Budens, Odiáxere, S.B. A'portel)	C. margo-carbonatado Silves (Reciano-Hetangiano)	52.31	14.89	6.28	4.70	4.24	0.50	4.22	0.47	12.5	I, K, Cc-Do
A-Ci-(Estói)	Caloviano inferior	31.24	12.61	5.49	22.1	1.78	0.48	2.42	0.42	23.8	Cc, I
pa-(Pademe, Albufeira)	F. Fonte da Matosa (?) (Cret. Inf. - Médio?)	67.65	15.65	4.98	0.28	0.91	2.58	2.58	0.47	6.62	I, Qz, K (go, felds)
A-Cr-(Algoz-Tunes)	F. de Fonte da Matosa (Cretácico Inferior)	66.65	14.06	5.30	1.44	1.25	0.41	2.45	0.49	7.34	I, Qz
lo-(Loulé)	Quaternário	58.42	15.83	6.76	0.13	0.68	0.65	2.71	0.56	7.42	I, Qz, K (felds)
A-Q-(Loulé)	Quaternário	61.39	17.00	8.01	0.28	0.92	0.64	2.82	0.55	7.16	I, Qz

(-) não foram aplicados os respetivos ensaios ou análises.

P.R.: perda ao rubro; Qz: quartzo; I: mica (ilite); K: caulinite; Mo: esmectite (montmorillonite); V: vermiculite; Ci: clorite; Pk: palygorskite; Cc: calcite; Do: dolomite; go: goetite; he: hematite; It: interstratificados; felds: feldspato potássico e/ou feldspato calco-sódico; AR: anatase e/ou rútilo-R. rútilo; () minerais acessórios entre parêntesis.

(-) the analysis was not carried out.

PR: loss on ignition; Qz: quartz; I: mica (illite); K: kaolinite; Mo: smectite (montmorillonite); V: vermiculite; Cl: chlorite; Pk: palygorskite; Cc: calcite; Do: dolomite; go: goethite; he: hematite; It: interstratified; felds: K-feldspar and/or plagioclase; AR: anatase and/or rutile, R: rutile; () accessory minerals in brackets.

**Tabela 3.** Medidas da tendência central e dispersão principais relativas índice de plasticidade (IP), à resistência mecânica à flexão em seco ( $RMF_{seco}$ ) e após cozedura cerâmicas ( $RMF_{950}$ ,  $RMF_{1050}$ ) e retração linear em seco ( $R_{verde/seco}$ ) e total ( $Rt_{950}$ ,  $Rt_{1050}$ ) das argilas.

**Table 3.** Measures of central tendency and dispersion concerning the plasticity index (IP), the dry ( $RMF_{seco}$ ) and fired bending strength ( $RMF_{950}$ ,  $RMF_{1050}$ ) and dry ( $R_{verde/seco}$ ) and total linear shrinkage ( $Rt_{950}$ ,  $Rt_{1050}$ ) of clays (firing temperatures 950 and 1050°C).

	IP	$RMF_{seco}$	$RMF_{950}$	$RMF_{1050}$	$R_{verde/seco}$	$Rt_{950}$	$Rt_{1050}$
<b>Jurássico Superior</b>							
Média	18,76	31	104	149	8	9	10
Desvio-padrão	0,64	1	33	83	0	1	2
Mediana	18,76	31	104	149	8	9	10
<b>Cretácico Inferior</b>							
Média	17,10	30	62	168	6	6*	7
Desvio-padrão	5,52	13	37	40	2	-	-
Mediana	16,49	36	50	168	6	6	7
<b>Cretácico Superior</b>							
Média	19,51	68	282*	212*	9	9	11
Desvio-padrão	5,94	31	-	-	1	1	1
Mediana	19,90	50	-	-	9	9	11
<b>Paleogénico</b>							
Média	16,17	23	80	-	7	9	-
Desvio-padrão	4,81	9	42	-	2	2	-
Mediana	16,70	24	83	-	7	9	-
<b>Miocénico</b>							
Média	21,47	49	97	175	7	8	9
Desvio-padrão	5,34	32	41	75	1	2	1
Mediana	22,54	49	90	157	7	7	9
<b>Pliocénico e Quaternário</b>							
Média	19,46	30	83	143	6	7	8
Desvio-padrão	5,36	19	62	120	1	1	2
Mediana	20,77	27	47	106	7	7	7
<b>Total</b>							
Média	18,98	39	96	165	7	8	9
Desvio-padrão	5,27	25	57	87	1	2	2
Mediana	18,51	35	91	163	7	8	9

\* valor único disponível

## 5.1. Caraterização granulométrica

Relativamente à textura das argilas comuns, a distribuição das classes dimensionais do grão mostra que, a maioria são siltosas, por vezes com fração areia significativa (Figura 4). A distribuição de areia-silte-argila permite diferenciar os campos silto-arenoso, silto-argiloso e argilo-siltoso. As argilas silto-arenosas englobam as provenientes de terraços, destacando-se nestas, por carácter mais arenoso e deficiente em argila, várias amostras da região Norte (alv, sp, rc, ca). A argila proveniente de xistos do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo (Algarve) sai fora do campo, pois é essencialmente arenosa (Figura 4). O campo silto-argiloso destaca-se do anterior e engloba as argilas da Bacia do Algarve, os ritmos mais argilosos dos Conglomerados da Caranguejeira, a Formação de Campelo (Arganil e Miranda do Corvo), as argilas da Formação de Taveiro e Formação da Lourinhã (Torres Vedras). No campo argilo -siltoso, mais

disperso, caem as amostras médias pertencentes às unidades Argilas de Aveiro e Argilas de Tomar .

Estas características granulométricas diferem daquelas observadas noutras regiões da Europa, designadamente em Itália, onde as argilas comuns exploradas para cerâmica de construção, segundo Dondi *et al.* (1998), caem maioritariamente no domínio da argila siltosa ou silte argiloso.

## **5.2. Caraterização mineralógica**

Na composição mineralógica das argilas comuns envolvidas neste estudo (Tabela 2), os minerais principais observados são illite, quartzo e caulinite, os mais abundantes e, esmectite ou interestratificados com esmectite, variando a ordem de importância destes minerais. A clorite está também representada em algumas argilas comuns, sendo outros minerais argilosos, como a vermiculite e minerais fibrosos (paligorskite e sepiolite), pouco frequentes. Entre minerais não argilosos, além do quartzo, acessoriamente ocorrem feldspatos com predominância para os feldspatos potássicos, óxidos e hidróxidos de ferro e óxidos de titânio, estes em geral, vestigiais. Os carbonatos constituem uma fase menos frequente nas argilas comuns exploradas em Portugal, relativamente a outros dos principais produtores desta matéria-prima, como Espanha ou Itália (p. ex., Fabbri e Fiori 1985, Dondi 1999).

## **5.3. Caraterização química**

A composição química da generalidade das argilas consideradas, com teores elevados de sílica e preferencialmente baixos de alumina (em geral inferior a 20%) reflete, na maior parte, uma composição quartzosa. Nos teores de óxidos de outros elementos maiores das amostras evidencia-se reduzida percentagem de cálcio e magnésio na maioria das argilas, assim como de sódio (Tabela 2), que está de acordo com a mineralogia referida.

A projeção dos dados da análise química num diagrama triangular de vértices  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e soma de outros óxidos mais relevantes (Fabbri e Fiori, 1985) evidencia os campos de composição típica para matérias-primas com determinados campos de aplicação (Figura 5). O campo composicional original (a cheio) foi delineado com base em análises químicas de argilas ílítico-cloríticas italianas. A título comparativo inseriu-se o campo dos caulinos portugueses (tracejado fino).

As amostras mais siliciosas (cl1, cl2, po, ba, cl3) correspondem maioritariamente a fácies quartzosas e caulínicas, atribuídas às unidades Argilas de Barracão (Plio-Quaternário) e Conglomerados da Caranguejeira (Cretácico Inferior). As amostras ba, alv, po e ag com os menores teores de Fe posicionam-se próximo do campo da Cerâmica Branca, cozendo em princípio, com cores mais claras. A maioria das amostras é próxima nos teores de óxidos definindo um campo de argilas ílítico-caulínicas e quartzosas (tracejado). Este sobrepõe-se parcialmente ao campo das argilas italianas para cerâmica vermelha (a cheio), embora haja algum défice de elementos alcalino-terrosos e alumina e, excesso de sílica.

## **5.4. Caraterização tecnológica**

Na Tabela 3 estão representadas algumas propriedades relevantes para a caraterização tecnológica das argilas para cerâmica, que se agruparam nos sistemas ou séries estratigráficas

em que se inserem.

Relativamente às propriedades relacionadas com os limites de consistência, as argilas comuns consideradas apresentam, em média, plasticidade elevada ( $IP > 15$ ) e aptidão à extrusão e trabalhabilidade, satisfatória a boa.

As propriedades mecânicas refletem, como as propriedades anteriores, a composição dimensional do grão, química e mineralógica.

A resistência mecânica à flexão (RMF) apresenta valores em seco bastante satisfatórios em argilas com reduzido teor de minerais argilosos, facto que é atribuído sobretudo, à presença de esmectite, mesmo quando esta é mineral acessório.

Após cozedura, os valores da RMF manifestam uma variação acentuada. Verifica-se por vezes, que o aumento da RMF não é muito significativo, devido à textura grosseira das argilas, à predominância do quartzo e ao teor reduzido de minerais argilosos.

O valor da retração verde-seco é moderado e, após as cozeduras mostra um incremento muito baixo, na maioria das argilas exploradas, mais uma vez, especialmente em relação com a composição pobre em minerais argilosos.

Na cor das argilas em cru, predominam as tonalidades avermelhadas, amarelo a acastanhado e cinzentas e, após cozedura, a cor é vermelha.

## 6. Discussão - Diversidade composicional e aptidão cerâmica

Quando comparadas as características das argilas em termos estratigráficos, em geral, não se verificam diferenças muito distintas (Tabelas 2 e 3). A complexidade e variabilidade composicional (granulometria, química e mineralogia) ao nível das séries estratigráficas implica que nestas ocorram valores extremos frequentes (elevado desvio-padrão), devendo ser considerados com reserva, os valores médios obtidos que em geral, não se distanciam significativamente. Mesmo ao nível intraformacional, da variação vertical e lateral de fácies, resulta a necessidade de lotação das matérias-primas na exploração.

É contudo possível, em termos de ambientes sedimentares, evidenciar-se alguma diferenciação nos depósitos e conseqüentemente também a nível geográfico. Entre as argilas consideradas, destacam-se os seguintes depósitos:

Nos depósitos de terraços (Quaternário), sobretudo na região Norte é notória a preponderância de fração silto-arenosa, da caulinite nos minerais argilosos e os baixos teores de carbonatos, o que se pode atribuir a uma contribuição preponderante da alteração dos maciços graníticos.

As argilas do Neogénico, por vezes indiferenciadas com o Quaternário, depositaram-se predominantemente em ambientes regressivos e fluviais e evidenciam composição ílítico (predominante)-caulinítica, por vezes quartzosa, caindo nos domínios silto-argiloso e silto-arenoso. Caracterizam-se também pela presença de esmectite, responsável pelos valores acentuados de RMF e retração (seco e após cozedura).

Na bacia de Aveiro, as Argilas de Aveiro (*s.l.*) (Cretácico Superior) depositadas essencialmente em ambientes margino-litorais (Rocha 1993) diferenciam-se pelo baixo teor de areia, composição ílítica, teores de CaO e MgO acima da média, refletindo a presença de carbonatos e frequentemente de esmectite, que contribui para a mais acentuada resistência mecânica à flexão e retração (em seco e após tratamento térmico) verificada na média das amostras.

No Sinclinal de A-dos-Francos, as argilas do Cretácico Inferior depositaram-se em ambiente continental e têm composição quartzo-caulinítica e ílitica, por vezes com plasticidade deficiente, que reflete, em média, baixa RMF e retração (Tabela 3).

Na Bacia do Algarve as argilas ocorrentes depositaram-se sobretudo em ambiente margino-litoral ou provêm da remobilização de sedimentos marinhos (Manuppella et al. 1985). Têm em comum a ilite como principal componente mineralógico, teor geralmente baixo de caulinite e rara esmectite; a presença de carbonatos é frequente e é manifesta por teores mais elevados de CaO e perda ao rubro (Tabela 2). A plasticidade é por vezes deficiente, mas as propriedades mecânicas são satisfatórias.

As argilas resultantes de alteração dos xistos são geralmente arenosas, o que normalmente se reflete em baixa plasticidade e propriedades mecânicas deficientes.

Em síntese, as argilas comuns exploradas em Portugal Continental, diferindo regional ou localmente, apresentam no global as seguintes características:

- são predominantemente siltosas, por vezes com excesso de areia e, com mais frequência, são deficientes na fração argila;
- os componentes minerais principais são ilite, quartzo e caulinite, podendo ocorrer esmectite também como mineral essencial e, mais raramente, outros minerais argilosos ou feldspatos; na maioria das argilas comuns exploradas no país, o teor de carbonatos é muito reduzido (<0.2%) ou vestigial;
- após cozedura, os valores da RMF são variáveis, por vezes baixos e os de retração verde-seco moderados, com um incremento muito baixo após as cozeduras, o que se deve à textura grosseira das argilas, à predominância do quartzo e à composição pobre em minerais argilosos.

Na tabela 4 apresentam-se alguns valores de referência de parâmetros tecnológicos para pastas destinadas ao fabrico de cerâmicos de construção. Como se constata, as propriedades cerâmicas manifestadas pelas argilas comuns estudadas permitem o seu encaminhamento para a cerâmica de construção, geralmente recorrendo a processos de lotação simples.

**Tabela 4.** Valores de referência de parâmetros tecnológicos das pastas cerâmicas, para o fabrico de tijolo, abobadilha e telha (Martins 2007).

*Table 4. Reference values of technological parameters of ceramic pastes regarding brick, vaulted brick and tile manufacturing (Martins 2007).*

Parâmetros	Tijolo	Abobadilha	Telha
RMF <sub>seco</sub>	45-50kg/cm <sup>2</sup>	50-60kg/cm <sup>2</sup>	70-90kg/cm <sup>2</sup>
R <sub>verde/seco</sub> (valor máximo)	5%	5%	6%
Ciclo de Secagem	24-48 h	24-36 h	48 h
Temp. Cozedura	900°C ± 50°C		1000°C ± 50°C
RMF <sub>coz</sub>	≥100kg/cm <sup>2</sup>	≥130kg/cm <sup>2</sup>	≥160kg/cm <sup>2</sup>
R <sub>t</sub>	5 – 6%		

## 7. Conclusões

O conhecimento da relação entre unidades geológicas e o seu potencial em argilas comuns é importante não só para o conhecimento destes recursos e suas áreas de ocorrência, mas também para o ordenamento da indústria extrativa, já que o desconhecimento destes aspetos, aliado às condicionantes aplicáveis à atividade extrativa, perspetiva a delapidação dos recursos existentes, podendo gerar problemas ao abastecimento de matéria-prima para a indústria cerâmica. Nesse sentido, é fundamental o ordenamento da indústria extrativa, salvaguardando estes recursos geológicos, que vão sendo, sucessivamente, inviabilizados pelos condicionamentos impostos por outros usos, nomeadamente, o urbano.

Os núcleos de extração existentes desde cerca do início do século XX, em geral associados a uma tradição cerâmica regional mais antiga, não diferem significativamente dos atuais, embora, por vezes com forte variação de importância; É evidente uma “migração” da atividade extrativa, para as áreas potenciais do litoral, com conseqüente diminuição da atividade localizada no interior do país. Contudo, a informação a este nível é escassa e dispersa, pelo que é importante além de uma centralização desta informação, um levantamento de antigos barreiros ou zonas de exploração, junto das câmaras municipais, sobretudo nas áreas mais relevantes em termos de tradição cerâmica.

A existência de verdadeiros núcleos de exploração de argila, em particular para cerâmica de construção, só se verifica após o início da industrialização, já que antes os requisitos ao nível de reservas e composição da matéria-prima eram menos exigentes. A atual obrigatoriedade de constituir lotes de matéria-prima com características que permitam obter cerâmicos de qualidade constante, que cumpram certificações, não se aplicava e portanto, as áreas que satisfaziam os requisitos para a extração de argila distribuíam-se por grande parte do país. A modernização dos sistemas de fabrico e o intenso desenvolvimento das redes viárias a partir da década de 90 contribuíram para a concentração da atividade extrativa e transformadora em núcleos de produção cerâmica, geralmente coincidentes com áreas onde há perspetiva de recursos elevados.

Pela sua importância em termos de volume de recursos em argilas comuns explorados, destacam-se os núcleos de Avelãs de Cima – Aguada, Juncal-Calvaria (Leiria) e Ramalhal – Outeiro da Cabeça. Nas bacias interiores, o núcleo mais importante é o de Tábua -Candosa-Côja.

A identificação das unidades geológicas potenciais, quando possível, de acordo com as respetivas definições formais, facilita a interpretação da bibliografia (nomeadamente mapas geológicos), do ponto de vista destes recursos e permite um conhecimento mais abrangente das áreas favoráveis à ocorrência de argilas comuns.

A definição de indicadores composicionais característicos de unidades geológicas, pode contribuir para o conhecimento da proveniência das matérias-primas, embora com limitações, pois a variação desses indicadores é em geral elevada, facto intrínseco à própria definição de argila comum.

As argilas para olaria, ao contrário das argilas para cerâmica de construção, abastecem uma indústria geralmente artesanal, que requer pequenas quantidades de matéria-prima, sendo compatível com recursos relativamente baixos. Daí decorre uma multiplicidade de locais com potencial em argilas para olaria, que torna impraticável a demarcação de formações potenciais, que incluem as mesmas referidas para as argilas para cerâmica de construção.

Assim, até ao início da produção industrializada, a exploração de argilas em Portugal continental existia na dependência da necessidade local de matéria-prima, que ocorre dispersa praticamente por todo o país. Na ausência dos recursos abundantes na região litoral, podia sempre recorrer-se aos depósitos de cobertura, terraços e aluviões, dependendo a seleção dos locais para a extração, de contingências geomorfológicas, que evidenciassem a matéria-prima. Sempre que possível a argila utilizada em cerâmicos de construção era obtida na proximidade do local onde aqueles cerâmicos eram requeridos e não transportada, quer em bruto ou como produto manufaturado (tijolo ou telha), para o local de construção.

## Referências

- Alves M.I.C. 1999. Definição formal da Formação de Alvarães. (Placenciano da região do Minho – NW de Portugal). *Comunicações Inst. Geol. e Mineiro* 86: 197-212.
- Alves M.I.C., Pereira D.I. 2000. A sedimentação e a gliptogénese no registo cenozóico continental do Minho (NW Portugal). *Ciências da Terra* 14: 99-110.
- Antunes M.T. 1983. Carta geológica de Portugal na escala 1:50.000, Notícia explicativa da folha 39 -C, Alcácer do Sal. *Serv. Geol. Portugal, Lisboa*.
- Antunes M.T., Mein P. 1979. Le gisement de Freiria de Rio Maior, Portugal, et sa faune de mammifères; nouvelle espèce de *Rotundomys*, conséquences stratigraphiques. *Geobios* 12: 913-919.
- Antunes M.T., Balbino A.C. 2004. The Carcharhiniformes (*Chondrichthyes Neoselachii*) from the Alvalade Basin (Portugal). *Revista Española de Paleontología* 19: 73-92.
- Antunes M.T., Balbino A.C. 2006. Latest Miocene Myliobatids (*Batoidei, Selachii*) from the Alvalade Basin, Portugal. *Cainozoic Research* 4: 41-49.
- Antunes M.T., Mein P. 1995. Nouvelles données sur les petits mammifères du Miocène terminal du Bassin de Alvalade, Portugal. *Comunicações Inst. Geol. e Mineiro* 81: 85-96.
- Antunes M.T., Balbino A.C., Cappetta H. 1999a. Sélaciens du Miocène terminal du Bassin d'Alvalade (Portugal); Essai de synthèse. *Ciências da Terra* 13: 115-129.
- Azerêdo A.C., Duarte L.V., Henriques M.H., Manuppella G. 2003. Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico Inferior e Médio. *Cad. Geol. Portugal, Inst. Geol. e Mineiro, Lisboa*.
- Azevêdo M.T. 1982a. As formações quaternárias continentais da Península de Setúbal e sua passagem às formações litorais. *Cad. Lab. Xeol. Laxe* 3: 287-303.
- Azevêdo M.T. 1982b. O sinclinal de Albufeira, evolução pós -miocénica e reconstituição paleogeográfica. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa.
- Azevêdo M.T. 1986. Reconstituição paleogeográfica do Tejo no Plio -Quaternário. *Actas do I Congresso do Tejo. Assoc. Amigos do Tejo, Lisboa*.
- Azevêdo M.T. 1997. Depositional Architecture of the sedimentary infilling of the Pre -Tejo river in the upper Pliocene. *ECSA Meeting 1997 Estuarine and Coastal Sciences Assoc. Inst. Oceanografia, Lisboa*.
- Balbino A.C. 1995. Seláceos (Pisces) do Miocénico terminal da Bacia de Alvalade (Portugal). Sistemática, ecologia, paleoambientes, comparação com faunas actuais. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora.
- Barbosa B. 1981. Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000, folha 16-C, Vagos. *Serv. Geol. Portugal, Lisboa*.
- Barbosa B. 1983. Argilas especiais de Barracão-Pombal. Prospecção, sondagens e cálculo de reservas. *Estudos, Notas e Trabalhos* 25: 3-4.
- Barbosa B.P. 1995. Alostratigrafia e litostratigrafia das unidades continentais da Bacia terciária do Baixo Tejo. Relações com o eustatismo e a tectónica. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa.
- Barbosa B., Reis R.P. 1989. Litostratigrafia e modelo deposicional dos sedimentos aluviais do Neogénico superior da Bacia do Tejo (Tomar -Lavre), Portugal. *Comun. Serv. Geol. Portugal* 75: 89-97.

- Barbosa B., Reis R.P. 1996. Geometrias de enchimento, sistemas deposicionais e organização estratigráfica do pliocénico continental da Bacia Terciária do Baixo Tejo (Portugal). *Comun. Serv. Geol. Portugal* 82: 51 - 86.
- 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*.
- Barbosa B.P., Soares A.F., Rocha R.B., Manuppella G., Henriques M.H. 2008. Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50.000, Notícia explicativa da folha 19-A, Cantanhede. *INETI, Lisboa*.
- Moura D., Boski T. 1994. Ludo Formation -a new lithostratigraphic unit in quaternary of central Algarve. *GAIA* 9: 41-47.
- Campos C.M.P. 2010. Determinantes de IDE: uma aplicação à indústria cerâmica portuguesa. Tese de mestrado, Universidade de Aveiro.
- Carvalho C., Grade J., Moura A.C. 1999a. Classificação tipológica de argilas. Uma contribuição para o conhecimento do jazigo de Monsarros (Anadia). *Estudos, Notas e Trabalhos* 41: 49-58.
- Carvalho C., Oliveira A.F., Grade J. 1999b. Argilas da região da Cruz da Léguas. Caracterização químico-mineralógica e tecnológica e ensaio de classificação tipológica. *Estudos, Notas e Trabalhos* 41: 59-82.
- Ceram 1999. Sistema de Informação de Matérias-Primas Minerais com Utilização na Indústria Cerâmica (CERAM). LNEG. <http://geoportal.lneg.pt/geoportal/egeo/bds/ceram/?&lg=pt>
- Choffat P. 1882. Note sur les vallées tiphoniques et les éruptions d'ophite et de teschenites en Portugal. *Bull. Soc. Géol. France* 10 (3e sér.): 267-295.
- Choffat P. 1887. Recherches sur les terrains secondaires au Sud du Sado. *Com. Trab. Geol. Portugal* 1 (2): 222-312.
- Choffat P. 1900. Recueil de monographies stratigraphiques sur le Système Crétacique du Portugal - Deuxième étude - Le Crétacé supérieur au Nord du Tage. *Dir. Serv. Géol. Portugal, Lisboa*.
- Choffat P. 1901. Notice préliminaire sur la limite entre le Jurassique et le Crétacique en Portugal. *Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol.* 15: 111-140.
- Coroado J.P.F. 2000. Propriedades cerâmicas das argilas das unidades litoestratigráficas "Argilas de Aveiro" e "Argilas de Tomar". Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Costa P.F., Henriques P. 2002. Carta de Ordenamento Sectorial da Região do Algarve na escala 1:200.000 - Nota Explicativa. Relatório interno. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- Cunha P.P. 1992. Estratigrafia e sedimentologia dos depósitos do Cretácico Superior e Terciário de Portugal Central, a leste de Coimbra. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.
- Cunha P.P. 1996. Unidades litoestratigráficas do Terciário da Beira Baixa (Portugal). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro* 82: 87-130.
- Cunha P.P. 1999. Unidades litoestratigráficas do Terciário na região de Miranda do Corvo -Viseu (Bacia do Mondego - Portugal). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro* 86: 143-196.
- Cunha P.P., Pais J., Legoinha P. 2009. Evolução geológica de Portugal continental durante o Cenozóico - sedimentação aluvial e marinha numa margem continental passiva (Ibéria ocidental). 6º Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico MIA09, Oviedo.
- Daveau S., Birot P., Ribeiro O. 1985/1986. Les bassins de Lousã et Arganil. Recherches géomorphologiques et sédimentologiques sur le massif ancien et sa couverture à l'Est de Coimbra. *Mem. Centro de Est. Geográficos* 8(1/2), Lisboa.
- DGEG 2013. Estatística dos Recursos Geológicos, Pedreiras - Estabelecimentos em Actividade, Número de Estabelecimentos com Boletins Estatísticos, DGEG, Lisboa.
- Dias R.P., Pais J. 2009. Homogeneização da cartografia geológica do Cenozóico da Área Metropolitana de Lisboa. *Comunicações Geológicas* 96: 39-50.
- Dinis J. 1999. Estratigrafia e sedimentologia da Formação de Figueira da Foz. Aptiano a Cenomaniano do sector norte da Bacia Lusitânica. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.

- Dinis P.A. 2004. Evolução Pliocénica e Quaternária do Vale do Cértima. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.
- Dondi M. 1999. Clay materials for ceramic tiles from the Sassuolo District (Northern Apennines, Italy). *Geology, composition and technological properties. Applied Clay Science* 15: 337-366.
- Dondi M., Fabbri B., Guarini G. 1998. Grain size distribution of Italian raw materials for structural clay products: a reappraisal of the Winkler diagram. *Clay Minerals* 33: 435-442.
- Fabbri B., Fiori C. 1985. Clays and complementary raw materials for stoneware tiles. In: Pozzoli, A. (Ed.), *Proc. Clays Clay Minerals, First Italian-Spanish Congress 1984*, Inst. Miner. Petrogr. Univ. Bologna. *Mineralogica et Petrographica Acta* 29-A: 535-545.
- Feio M. 1951. A evolução do relevo do Baixo Alentejo e Algarve. *Com. Serv. Geol. Portugal* 32: 303-477.
- Feio P.A. 1998. Território e Competitividade - Uma Perspectiva Geográfica do Processo de Internacionalização do Sector Cerâmico, Edições Colibri, Lisboa.
- França J.C., Zbyszewski G. 1963. Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000, Notícia explicativa da folha 26 - B, Alcobça. *Serv. Geol. Portugal, Lisboa*.
- Gomes C.S.F. 1965. On the hyperaluminous clays of Andorinha (Cantanhede, Portugal). *Memórias e Notícias* 60: 55-57.
- Gomes C.S.F. 1966. Electro-optical data of anthigenic anatase, hematite and goethite from a portuguese clay. *Memórias e Notícias* 61: 81-84.
- Gomes C.S.F. 1968. On the Sr and Al basic phosphate-sulphate close to Svanbergite, occurring in a portuguese clay. *Memórias e Notícias* 66: 29-39.
- Gomes C.S.F. 1970. Clino-chrosotile in a portuguese karst-type bauxite clay. *Memórias e Notícias* 76: 23-25.
- Gomes C.S.F. 2002. Argilas. Aplicações na Indústria. Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Gonçalves F., Antunes M.T. 1992. Carta geológica de Portugal na escala 1:50 000, Notícia explicativa da folha 39 -B, Torrão. *Serv. Geol. Portugal, Lisboa*.
- Gonçalves L., Alves M.I.C., Pereira D.I. 2003. Depósitos Cenozóicos do Planalto Mirandês (Trás -os-Montes). Potencialidades dos recursos minerais não metálicos. *Ciências da Terra N° Esp. V: F34 -F37*.
- Grade J., Moura A.C. 1980. Geologia, características e potencialidades do jazigo sedimentar de Aguada de Cima. Congresso 80 da Ordem dos Engenheiros. Tema 5, Comun. 12, 23-29 Março, Coimbra.
- Grade J.M., Moura A.C. 1980-1981. Le bassin sédimentaire d'Aguada de Cima (Centre du Portugal), *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal* 22: 197-207.
- Grade J.M., Moura A.C. 1985. Catálogo de Argilas Portuguesas utilizadas na Indústria Cerâmica. Direcção Geral de Geologia e Minas do Ministério da Indústria e Energia, Lisboa.
- Grade J., Moura A.C. 1987. Argilas da região de Bragança. Alguns aspectos químico-mineralógicos e tecnológicos. *Estudos, Notas e Trabalhos* 29: 53-57.
- Hill G. 1988. The Sedimentology and Lithostratigraphy of the Upper Jurassic Lourinhã Formation, Lusitanian Basin, Portugal. Tese de Doutoramento, Open University.
- INE 2010. Estatísticas da Produção Industrial – 2010. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.
- Kullberg J.C., Rocha R.B., Soares A.F., Rey J., Terrinha P., Azeredo A.C., Callapez P., Duarte L.V., Kullberg M.C., Martins L., Miranda R., Alves C., Mata J., Madeira J., Mateus O., Moreira M., Nogueira C.R. 2013. A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal, Vol. II – Geologia Meso-cenozóica de Portugal*. Escolar Editora, Lisboa: 195-347.
- Leinfelder R.R. 1986. Facies, Stratigraphy and Paleogeographic Analysis of Upper? Kimmeridgian to Upper Portlandian Sediments in the Environs of Arruda dos Vinhos, Estremadura, Portugal. *Münchener Geowiss. Abhandl.* 7, München.
- Leinfelder R.R., Wilson R.C.L. 1989. Seismic and sedimentologic features of Oxfordian-Kimmeridgian syn-rift sediments on the eastern margin of the Lusitanian Basin. *Geol. Rundschau* 78: 81-104.

- Lisboa J.V.V. 2009a. Matérias -primas da Plataforma do Mondego para Cerâmica. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Lisboa J.V.V. 2009b. Relatório de prospecção geológica de matérias -primas cerâmicas - Área de Sebal (Condeixa -A-Nova). Relatório confidencial. Dep. Prosp. Rochas e Minerais não Metálicos, INETI.
- Lisboa J.V.V., Carvalho J.M.F., Cunha P.P.C., Oliveira A. 2013. Typological classification of clayey raw materials regarding ceramics manufacture, in the Tábua region (central Portugal). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 72: 225-232.
- Lisboa J.V.V. (Coord.) 2010. Recursos Geológicos e Hidrogeológicos do Município de Nisa (Acordo de Cooperação entre a Câmara Municipal de Nisa e o Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P.). Relatório Técnico. LNEG.
- Lisboa J.V.V. (Coord.) 2012. Cartografia e caracterização de recursos minerais da região de Torres Vedras – Bombarral. Relatório Técnico. LNEG.
- Manuppella G. 1992. Carta geológica da região do Algarve na escala 1:100.000, Notícia explicativa da Carta Geológica da região do Algarve. Serv. Geol. Portugal, Lisboa.
- Manuppella G., Zbyszewski G., Ferreira O.V. 1978. Carta geológica de Portugal na escala de 1:50000, Notícia explicativa da folha 23-A, Pombal. Serv. Geol. Portugal, Lisboa.
- Manuppella G., Moreira J.C.B., Grade J.M.C., Moura A.C.C. 1985. Contribuição para o conhecimento das características das argilas do Algarve. *Estudos, Notas e Trabalhos* 27: 59-76.
- Manuppella G., Antunes A.T., Almeida C.A.C., Azerêdo A.C., Barbosa B., Cardoso J.L., Crispim J.A., Duarte L.V., Henriques M.H., Martins L.T., Ramalho M.M., Santos V., Terrinha P. 2000. Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000, Notícia explicativa da folha 27-A, Vila Nova de Ourém (2ª edição). Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- Manuppella G., Barbosa B., Azerêdo A.C., Carvalho J., Crispim J., Machado S., Sampaio J. 2006. Carta Geológica de Portugal, escala 1:50.000. Notícia explicativa da Folha 27 -C Torres Novas (2.ª edição). INETI, Lisboa.
- Marques B., Oloriz F., Caetano P.S., Rocha R.B., Kullberg J.C. 1992. Upper Jurassic of the Alcobaça Region. *Stratigraphic Contributions*. Comun. Serv. Geol. Portugal 78: 63-69.
- Marques R.M.S. 2007. Geoquímica e mineralogia de argilas do Cretácico de Taveiro e Aveiro, Portugal. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.
- Martins R.V. 2007. Investigação científica e tecnológica de matérias-primas minerais de Santiago do Cacém (Alentejo) e das suas potencialidades para a Indústria Cerâmica. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Matias R.L.S., Pacheco F.A.L. 2001. Da extracção de argilas vermelhas à exploração integrada dos Grés Belasianos, em Albergaria dos Doze, Pombal. *Actas do II Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território*, 20-22 de Setembro, Vila Real.
- Moreira J.C.B. 1997. Matérias-primas não metálicas – Situação actual e perspectivas. *Boletim de Minas* 34: 379-432.
- Moreira J.C.B., Moura A.C. 1985. Plano Mineiro Nacional – Argilas comuns. Monografia. Direcção Geral de Geologia e Minas do Ministério da Indústria e Energia, Lisboa.
- Moreira J.D. 1983. Depósitos argilosos de Trás os Montes. Estudo das suas potencialidades como fontes de matéria-prima para a cerâmica de construção. Relatório interno. LNEG.
- Moreira J.D. 1991. Argilas especiais Barracão-Pombal. Áreas A e B. *Estudos, Notas e Trabalhos* 33: 49-70.
- Moura A.C., Grade J. 1983. Argilas especiais dos jazigos de Pombal e Barracão: química, mineralogia e tecnologia. *Estudos, Notas e Trabalhos* 25: 213-226.
- Mouterde R., Ramalho M., Rocha R.B., Ruget C., Tintant H. 1972. Le Jurassique du Portugal. *Esquisse stratigraphique et zonale*. *Bol. Soc. Geol. Portugal* 18: 73-104.
- Oliveira A. 2010. Estudo dos depósitos lutíticos da orla ocidental – Matérias-primas minerais. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.

- Oliveira J. (Coord.) 1987-1988. Carta Geológica de Portugal na escala 1:200.000, folha 8. Serv. Geol. Portugal, Lisboa.
- Oliveira J.(Coord.) 1992. Carta Geológica de Portugal na escala 1:200.000. Notícia explicativa da folha 8. Serv. Geol. Portugal, Lisboa.
- Pais J., Moniz C., Cabral J., Cardoso J.L., Legoinha P., Machado S., Morais M.A., Lourenço C., Ribeiro M.L., Henriques P, Falé P. 2006. Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000, Notícia explicativa da folha 34 -D, INETI, Lisboa.
- Pais J., Cunha P.P., Pereira D.I., Legoinha P., Dias R., Moura D., Silveira A.B., Kullberg J.C., Gonzalez -Delgado J.A. 2012. The Paleogene and Neogene of Western Iberia (Portugal): A Cenozoic Record in the European Atlantic Domain. SpringerBriefs in Earth Sciences, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Pais J., Cunha P.P., Legoinha P., Dias R.P., Pereira D.I., Ramos A. 2013. Cenozóico das Bacias do Douro (sector ocidental), Mondego, Baixo Tejo e Alvalade. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds.), Geologia de Portugal:Vol. II – Geologia Meso-cenozóica de Portugal. Escolar Editora, Lisboa: 461-532.
- Pereira D.I. 1997. Sedimentologia e Estratigrafia do Cenozóico de Trás -os-Montes oriental (NE Portugal). Tese de Doutoramento, Universidade do Minho.
- Pereira D.I. 1998. Enquadramento estratigráfico do Cenozóico de Trás -os-Montes oriental. Comun. Inst. Geol. e Mineiro 84: A126-A129.
- Pereira D.I. 1999. Terciário de Trás-os-Montes oriental: evolução geomorfológica e sedimentar. Comun. Inst. Geol. e Mineiro 86: 213-226.
- Pereira D.I., Alves M.I.C, Araújo M.A., Cunha P.P. 2000. Estratigrafia e interpretação paleogeográfica do Cenozóico continental do norte de Portugal. Ciências da Terra 14: 73 -84.
- Pereira V.B. 1982. Substâncias minerais não metálicas na Bacia Terciária do Sado: contribuição para o seu conhecimento. Relatório interno. Direção Geral de Geologia e Minas, Serviço de Fomento Mineiro.
- Pereira V.P. 1998. Prospecção de argilas comuns da região da cruz da Légua, flanco sul do sinclinal de Alpedriz - Porto Carro. Comun. Serv. Geol. de Portugal 84: F.54 -F.57.
- Pimentel N.L. 1998a. A Formação de Vale do Guizo (Paleogénico) a Sul de Alcácer do Sal. Comun. Inst. Geol. Mineiro 84: A149-A152.
- Pimentel N.L. 1998b. A Formação de Esbarrondadoiro (Miocénico superior, Bacia do Sado), sedimentologia e paleogeografia. Comun. Inst. Geol. e Mineiro 84: A152–A156.
- Pimentel N.L., Amaro H. 2000. Contribuição para a análise tectono-sedimentar do Fosso de Aljezur (SW de Portugal). Ciências da Terra 14: 233 –242.
- Reis R.P. 1981. La sédimentation continentale du Crétacé terminal au Miocène sur la Bordadure Occidentale du Portugal entre Coimbra et Leiria. Tese de Doutoramento, Univ. Nancy.
- Reis R.P. 1983. A sedimentologia de depósitos continentais. Dois exemplos do Cretácico Superior —Miocénico de Portugal. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.
- Rey J. 1992. Les unités lithostratigraphiques du Crétacé inférieur de la région de Lisbonne. Comun. Serv. Geol. Portugal 78: 103-124.
- Rey J. 1999. Lower Cretaceous Depositional Sequences in the Cascais Area. European Palaeont. Assoc. Workshop, Field trip A, Lisboa.
- Rey J. 2006. Stratigraphie sequentielle et séquences de dépôt dans le Crétacé inférieur du Bassin Lusitanien. Ciências Terra vol. esp. VI. UNL, Lisboa.
- Ribeiro A., Antunes M.T., Ferreira M.P., Rocha R.B., Soares A.F., Zbyszewski G., Almeida F.M., Carvalho D., Monteiro J.H. 1979. Introduction à la Géologie Générale du Portugal. Serv. Geol. Portugal, Lisboa.
- Rocha F. 1993. Argilas aplicadas a estudos litoestratigráficos e paleoambientais na bacia sedimentar de Aveiro. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Rocha R.B. 1976. Estudo estratigráfico e paleontológico do Jurássico do Algarve ocidental. Ciências Terra 2. UNL, Lisboa.

- Rocha R.B., Mouterde R., Soares A.F., Elmi S. 1987. Excursion A Biostratigraphie et évolution séquentielle du Bassin au Nord du Tage au cours du Lias et du Dogger. 2nd Int. Symp. Jur. Strat., Lisboa.
- Rocha R.B. (coord.), Marques B.L., Kullberg J.C., Caetano P.C., Lopes C., Soares A.F., Duarte L.V., Marques J.F., Gomes C.R. 1996. The 1st and 2nd rifting phases of the Lusitanian Basin: stratigraphy, sequence analysis and sedimentary evolution. Final Report C.E.C. Proj. MILUPOBAS, Lisboa.
- Romariz C. 1960. Estudo geológico e petrográfico da área tifónica de Soure. *Comun. Serv. Geol. Portugal* 44: 1 -219.
- Soares A.F., Barbosa B.P., Reis R.P. 1982. Esboço de enquadramento cronostratigráfico das unidades líticas pós - Jurássicas da Orla Meso-Cenozóica Ocidental entre os paralelos de Pombal e Aveiro. *Memórias e Notícias* 93: 77-91.
- Soares A.F., Reis R.P., Daveau S. 1983. Tentativa de correlação das unidades litostratigráficas da região do Baixo Mondego com as das Bacias de Lousã e Arganil. *Memórias e Notícias* 96: 3- 19.
- Soares A.F., Marques J.F., Rocha R.B. 1985. Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias* 100: 41-71.
- Soares A.F., Rocha R.B., Elmi S., Henriques M.H., Mouterde R., Almeras Y., Ruget C., Marques J., Duarte L.V., Carapito M.C., Kullberg J. 1993. Le sous-bassin nord-lusitanien (Portugal) du Trias au Jurassique moyen: histoire d'un "rift avorté". *C. R. Acad. Sci. Paris* 317 (2<sup>e</sup> série ): 1659 -1666.
- Soares A.F., Marques J.F., Sequeira A.J. 2007. Carta Geológica de Portugal, escala 1:50.000. Notícia explicativa da Folha 19-D Coimbra-Lousã. INETI, Lisboa.
- Sobreiro M.J. 2006. A Indústria Extrativa em Portugal Continental no período de 2001 a 2005 – Elementos Estatísticos. *Boletim de Minas* 41: 187-223.
- Teixeira C. 1952. Flora fóssil do Miocénico de Esbarrondadoiro, Odivelas. *Comun. Serv. Geol. Portugal* 33: 93 -97.
- Teixeira C., Zbyszewski G. 1968. Carta geológica de Portugal na escala 1:50.000. Notícia explicativa da folha 23 - C, Leiria. *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa.
- Teixeira C., Zbyszewski G. 1976. Carta Geológica de Portugal na escala 1:50.000, Notícia explicativa da folha 16 - A, Aveiro. *Serv. Geol. Portugal*, Lisboa.