

MARTIM PORTUGAL V. FERREIRA  
Coordenação

# A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos

VOL. 2 • RECURSOS GEOLÓGICOS E FORMAÇÃO



Coimbra • Imprensa da Universidade

## MINERAIS INDUSTRIAIS: SITUAÇÃO ACTUAL EM PORTUGAL DAS ARGILAS COMERCIAIS

C. DE SOUSA FIGUEIREDO GOMES<sup>1</sup>

**PALAVRAS-CHAVE:** argilas comuns e especiais, argilas comerciais, geologia, propriedades, aplicações industriais, produções, mercados.

**KEY WORDS:** common and special clays, commercial clays, geology, properties, industrial applications, productions, markets.

### RESUMO

É apresentada informação vária sobre argilas comerciais portuguesas, classificadas como argilas comuns e argilas especiais. Referem-se algumas notas sobre a ocorrência, a geologia e as reservas dos depósitos destas argilas e salientam-se algumas das propriedades com interesse para determinadas aplicações industriais, particularmente para aplicações cerâmicas. Na indústria cerâmica salienta-se a importância das argilas comuns e especiais para o fabrico de produtos variados, cujas produções e mercados são igualmente tratados no presente trabalho. Referem-se também algumas especificidades e constrangimentos que em Portugal afectam a actividade extractiva dos minerais industriais, em geral, e das argilas comuns e especiais, em particular.

**ABSTRACT: Industrial minerals: present situation in Portugal of the commercial clays**

Several data corresponding to Portuguese commercial clays, classified as common and special clays, are disclosed in the presented paper, such as occurrences

<sup>1</sup> Centro de Investigação "Minerais Industriais e Argilas" da FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) – Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal, cgomes@geo.ua.pt.

and the geological features and reserves of their deposits. Some relevant properties interesting for industrial applications, particularly in ceramics, are emphasised as well. In fact, both types of commercial clays referred to are raw materials of paramount importance particularly for the ceramic industry, allowing the manufacturing of varied products, whose productions and markets are dealt with in the present paper. Some particularities and restrictions that in Portugal condition the extractive activities of commercial clays are pointed out too.

## INTRODUÇÃO

Em conceito lato, os minerais industriais incluem, quer minerais ou associações de minerais não metálicos, quer minerais ou associações de minerais metálicos, que tenham interesse efectivo na indústria, de qualquer tipo que esta seja. Assim sendo, constituem matérias primas minerais essenciais para o fabrico de produtos (papéis, tintas, plásticos, materiais de construção, etc.) de uso fundamental para o desenvolvimento sócio-económico das sociedades humanas, após processamento industrial, simples ou mais ou menos complexo.

Actualmente, em Portugal, os minerais industriais considerados não metálicos sobrepõem-se largamente, em termos económicos, aos minerais industriais considerados metálicos. Todavia, no passado e aproximadamente até à década de setenta do século passado, igualmente em termos de importância económica relativa, os minerais metálicos sobrepuseram-se aos minerais não metálicos.

A referida importância relativa dos minerais não metálicos, é devida, sobremaneira, quer em termos de volumes extraídos e comercializados, quer em termos sócio-económicos, a dois minerais industriais principais: argilas e agregados.

Os agregados (areia, cascalho e brita), actualmente o recurso mineral mais importante de Portugal, em termos de volumes extraídos e importância sócio-económica, são vulgarmente denominados inertes, designação que realça a inércia química respectiva.

Ao contrário dos agregados, as argilas de modo algum são quimicamente inertes (os minerais argilosos componentes essenciais de todo o tipo de argilas, são filossilicatos hidratados de grão extraordinariamente fino e grau de ordem-desordem estrutural variado, que possuem propriedades químicas importantes, tais como: fixação reversível de iões, actividade pozolânica, e intercalação ou incorporação irreversível de iões ou moléculas. Por exemplo, a fixação reversível de iões é responsável pela propriedade denominada capacidade de troca iónica, a qual nos solos é fundamental para o desenvolvimento vegetativo, e que nas suspensões e pastas cerâmicas condiciona propriedades importantes, tais como, reologia e trabalhabilidade. Em Portugal, as argilas comuns são consideradas, por vezes, em termos de gestão de recursos, como sendo inertes. As chamadas *argilas comuns* distinguem-se das chamadas *argilas especiais*, pelo facto dos depósitos das primeiras

terem ocorrência mais generalizada, e terem maior dimensão. Por outro lado, para serem utilizadas, as argilas comuns requerem tratamentos de beneficiação relativamente mais simples. Também, são mais baixos os valores unitários das argilas comuns comercializadas e dos produtos respectivos.

São as argilas comuns, matérias primas básicas para a chamada cerâmica vermelha e, dentro desta, para a chamada cerâmica estrutural, as argilas comerciais que em Portugal são mais importantes, quer em termos de volumes extraídos e de toneladas comercializadas (estimadas em 7-8 Mt/ano), quer em termos económicos, tendo em consideração a variedade e a aplicabilidade dos materiais ou produtos com elas fabricados. Estes produtos: telha, tijolo, abobadilha, tijoleira, ladrilho e mosaico, servem a importante indústria de construção civil.

Tendo em conta a globalidade de todos os tipos de produtos cerâmicos produzidos em Portugal, os produtos de cerâmica vermelha devem representar cerca de 80 %, enquanto que em Espanha representam cerca de 70 %.

Os principais depósitos de argilas comuns situam-se em terrenos datados do Jurássico Superior, do Paleogénico, do Miocénico e do Plio-Pleistocénico.

Também no Cretácico terminal se formaram extensos depósitos de argilas apresentando fácies estuarina, como são os casos das argilas de Taveiro, localidade próxima de Coimbra, e das argilas de Aveiro-Ilhavo-Vagos.

Relativamente aos principais depósitos de argilas especiais, caulino e “ball-clay” ou argila plástica e refractária, eles situam-se em terrenos distribuídos particularmente pela orla Atlântica da Meseta Ibérica, os quais, na maior parte, têm idade atribuída ao Terciário.

Os primeiros estudos publicados sobre a aptidão para aplicações cerâmicas de matérias primas argilosas de vários depósitos nacionais devem-se a Charles LEPIERRE (1912). Desde então muitos outros estudos foram realizados, divulgados em revistas científicas ou constando de relatórios internos de certas instituições, Instituto Geológico Mineiro, Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro e algumas Universidades Portuguesas.

As notas que constam a seguir, relativas a determinados depósitos em Portugal de argilas comuns e também de argilas especiais, foram extraídas em boa parte, do livro “*Argilas: aplicações na indústria*” (GOMES, 2002), e do “*Catálogo das Argilas Portuguesas utilizadas na Indústria Cerâmica*” (CASAL MOURA e GRADE, 1985) editado pela Direcção-Geral de Geologia e Minas do Ministério da Indústria e Energia.

## PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS DE ARGILAS COMUNS COMERCIAIS

Os principais depósitos de argila comum correspondem a sedimentos de carácter fluvio-estuarino, relacionados com rios, tais como: Minho, Lima, Cávado, Mondego, Vouga, Tejo e Sado.



Na região do Minho merecem destaque os depósitos de S. Pedro da Torre em Valença, Vila Nova de Cerveira, Alvarães e Barcelos, de idade atribuída ao Plio-Plistocénico ou Plistocénico. Todos estes depósitos estão relacionados com terraços fluviais de cotas compreendidas entre 70 e 30 metros, uns de argila comum com teor de  $Al_2O_3$  que ronda 20 % e teor de  $Fe_2O_3$  que em média se situa um pouco acima de 4 %, outros com argila especial com teor de  $Al_2O_3$  que ronda 30 %, e teor de  $Fe_2O_3$  que em média se situa abaixo de 2 %, sendo uns e outros produtos da meteorização e erosão de granitos e xistos regionais.

Relativamente aos depósitos de Alvarães, eles correspondem essencialmente a terraços fluviais do rio Lima situados a cotas equivalentes às referidas para os terraços do rio Minho. Na base destes terraços ocorrem argilas comuns de coloração avermelhada às quais se sobrepõem argilas especiais sob a forma de estratos lenticulares de argila caulínica e de areia caulínifera, de coloração branca ou cinzenta. Na areia caulínifera podem encontrar-se pseudomorfoses de caulinite depois de fibrolite (silimanite). As reservas prováveis de argila comum comercial estão estimadas em cerca de 1,5 Mt. Três empresas cerâmicas do sector do barro vermelho utilizam argilas destes depósitos. Todavia, na bacia de Alvarães, o próprio granito que esteve ou que ainda está recoberto pelos depósitos sedimentares, está fortemente meteorizado, resultando disso a formação de depósitos de caulino residual.

Os depósitos do rio Cávado, localizados no Prado, Espinheira e Barreiras, do ponto de vista geológico são equivalentes aos referidos para os rios Minho e Lima. A argila extraída é argila comum.

Em Trás-os-Montes os principais depósitos situam-se nas regiões de Chaves, Mogadouro, Miranda do Douro, Bragança e Macedo de Cavaleiros. Trata-se de argilas comuns que ocorrem em lenticulas, mais argilosas ou mais arenosas, em depósitos de terraço fluvial, do Plio-Plistocénico, nalguns casos possivelmente do Paleogénico.

Os depósitos de Chaves, do Plio-Plistocénico, preenchem uma zona tectonicamente depressionada determinada por influência da falha Régua-Verim. Na globalidade, as reservas prováveis dos depósitos referidos são consideradas elevadas, estimadas em cerca de 7 Mt.

Na Beira Alta e na Beira Baixa ocorrem os depósitos argilosos da Marofa (Figueira de Castelo Rodrigo), Arganil, Mortágua e Castelo Branco. São depósitos continentais do Plio-Plistocénico e Terciário, que preenchem depressões topográficas, desenvolvidas particularmente no Terciário Inferior, relacionadas com acidentes tectónicos.

Em regra, na base dos depósitos referidos ocorre uma unidade onde a argila é constituída pela associação esmectite, palygorskite e carbonatos, à qual se sobrepõem duas outras unidades, uma com argila constituída por esmectite e ilite, e outra com argila constituída por caulinite e ilite. Esta sequência revela a

progressiva mudança das condições de sedimentação, de início acentuadamente químicas de carácter básico passando para detríticas.

Os depósitos da Marofa e de Arganil possuem reservas elevadas, mas ainda não quantificadas.

Uma referência muito particular para os pequenos depósitos de argila íltica-caulinítica de Canas de Santa Maria e Molelinhos, no concelho de Tondela. Com esta argila é fabricada a típica louça de barro negro, utilitária e decorativa, de Molelos.

A cor negra dos produtos deve-se tão só ao processo de fabrico. Utiliza-se para o efeito um forno a lenha, que compreende uma estrutura em tijolo montada numa cova aberta em terreno seco, sob a qual é colocada e queimada lenha verde, ramos de pinheiro e caruma.

A cobertura do forno é constituída pelo chamado torrão composto por musgo e terra, ficando um orifício, o respiro, no topo. O fumo desenvolvido e a atmosfera redutora conferem a cor negra à louça.

O brilho apresentado pelas peças cerâmicas resulta do processo de brunimento no qual cada peça, antes de ser cozida, é polida com um seixo de rio. Louça do mesmo tipo é produzida em Bisalhães, Vila Real.

Na Beira Litoral destacam-se os depósitos de argila comum de Aveiro-Ilhavo-Vagos e de Taveiro já referidos, e os depósitos de Aguada de Cima (Águeda), Pampilhosa, Tavadede, Soure, Pombal, Leiria, Alcobaça, Porto de Mós e Rio Maior.

A composição química das argilas de Aveiro-Ilhavo-Vagos varia, lateralmente e verticalmente, entre os limites seguintes:  $\text{SiO}_2$  (57 %-62 %);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (17 %-19 %);  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (4 %-6 %);  $\text{CaO}$  (4 %-5 %);  $\text{MgO}$  (1,5 %-2 %);  $\text{Na}_2\text{O}$  (0,3 %-0,5 %);  $\text{K}_2\text{O}$  (4,5 %-5,5 %), P.R. (10 %-12 %).

Texturalmente, as argilas de Aveiro-Ilhavo-Vagos são argilas finas pois que, os valores médios do teor da fracção  $<2 \mu\text{m}$  variam entre 60 %-70 %. Mineralogicamente são argilas ílticas-cauliníticas-esmectíticas e os teores das três espécies minerais, ilite, caulinite e esmectite, variam também verticalmente e lateralmente. O teor de ilite varia entre 40 % e 60 %, o teor de caulinite varia entre 15 % e 30 %, e o teor de esmectite varia entre 10 % e 20 %.

Na formação “Argilas de Aveiro-Ilhavo-Vagos”, para sudoeste, mais precisamente na região de Bustos, o teor de esmectite sobe podendo atingir valores da ordem de 50-60 %. A parte restante da fracção argilosa é constituída por interestratificados ilite-esmectite e ilite-vermiculite e, no que respeita a minerais não argilosos, as argilas contêm quartzo, feldspatos e carbonatos (calcite e dolomite).

As propriedades composicionais referidas aliadas a propriedades tecnológicas, tais como: boa plasticidade e trabalhabilidade, boa resistência mecânica em verde, em seco e em cozido, e ainda baixa resistência piros cópica, fazem com que as argilas de Aveiro-Ilhavo-Vagos sejam adequadas para o fabrico de telha, tijolo e mosaico de revestimento. Para o efeito, a temperatura de cozedura situa-se entre 900 °C e 1.000 °C.

Segundo COROADO (2000), na cozedura, estas argilas evidenciam forte retracção linear e elevada resistência mecânica à flexão para ciclos de cozedura lentos e para temperaturas baixas (800 °C-875 °C), enquanto que para ciclos de cozedura mais rápidos evidenciam apetência para entrar em sobrecozedura. Ainda segundo o mesmo autor, as argilas de Aveiro-Ilhavo-Vagos necessitam de quantidades de água de extrusão relativamente elevadas, evidenciam forte sensibilidade à reabsorção de humidade após secagem e após cozedura, com conseqüente expansão volumétrica e prejuízo considerável para as propriedades cerâmicas, e proporcionam também a formação de eflorescências, particularmente sensíveis quando a cozedura tem lugar às temperaturas mais baixas.

As argilas de Aveiro-Ilhavo-Vagos contém teores significativos de F, Cl e S que, em grande parte, são emitidos para a atmosfera quando os corpos cerâmicos com elas produzidos são cozidos, contribuindo para a precipitação de chuvas ácidas.

Nos depósitos de Aguada de Cima, argila comum da “Formação Gandra” do Quaternário sobrepõe argila especial do tipo “ball-clay”, ílítica/caulinítica, plástica e refractária, da “Formação Aguada” do Pliocénico. As reservas de argila especial são da ordem de 3 Mt.

Nos depósitos do Barracão/Pombal, também argila comum sobrepõe argila especial do tipo “ball-clay”, plástica e refractária, constituída pela associação caulinite/ilite onde predomina a caulinite. Matéria orgânica figurada e não figurada, por vezes em teores elevados, acompanha os minerais argilosos. As reservas estimadas destas argilas são superiores a 2 Mt. Trata-se de depósitos de origem fluvial/lacustre e do Plio-Plistocénico e Pliocénico, respectivamente.

A composição química das argilas especiais do Barracão/Pombal é expressa do modo seguinte: SiO<sub>2</sub> (52 %-54 %); Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (29 %-30 %); Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2 %-3 %); TiO<sub>2</sub> (0,9 %-1 %); MnO (0,01 %-0,02 %); CaO (0,1 %-0,2 %); MgO (0,3 %-0,4 %); Na<sub>2</sub>O (0,3 %-0,5 %); K<sub>2</sub>O (2 %-2,5 %); P.R. (10 %-12 %).

Nos depósitos de Leiria ocorrem, igualmente, argila comum e argila especial do tipo “ball-clay”. Trata-se de argilas semelhantes às de Pombal, igualmente cauliníticas/ilíticas, de idade Plio-Plistocénico e Pliocénico, respectivamente.

Nos depósitos de Rio Maior, argila do tipo comum sobrepõe depósitos de areias siliciosas, e anda muitas vezes associada a diatomitos. Na sua constituição participa a associação caulinite/ilite/esmectite, havendo estratos mais ricos em caulinite e outros mais ricos em esmectite. É-lhes atribuída idade Pliocénico.

No Ribatejo salientam-se depósitos vários nas regiões de Tomar, Assesseira, Benavente Chamusca e Santarém, sendo uns de idade Miocénico, e outros de idade Pliocénico. Por exemplo, a unidade litoestratigráfica conhecida por “Argilas de Tomar” é considerada como sendo do Miocénico Superior.

A composição mineral das argilas da referida unidade varia com a situação geográfica dos depósitos, desde composições à base de ilite (maioritária) e caulinite até composições onde, para além dos minerais argilosos referidos, a esmectite ocorre

também, por vezes com participação maioritária. Texturalmente são argilas de grão fino a médio (os valores dos teores médios da fracção <2 µm variam entre 35 % e 45 %). Trata-se de argilas comuns depositadas na bacia sedimentar do Tejo. As reservas prováveis destes depósitos são consideráveis.

Segundo COROADO (2000), as argilas de Tomar apresentam plasticidades médias, valores médios de água de extrusão e de retracção linear e resistência mecânica à flexão em seco, e ainda valores médios de retracção linear e valores elevados de resistência mecânica à flexão e de absorção de água, quando cozidas a baixas temperaturas (800 °C- 950 °C). Ainda segundo o mesmo autor, as argilas de Tomar apresentam apetência média para expansão por humidade após secagem e após cozedura.

Na Senhora da Saúde e no Vale de Santarém (Santarém) a formação produtiva de argila comum, caulínica/ilítica tendo esmectite como mineral acessório, tem idade Pliocénico.

Na Estremadura ocorrem argilas comuns na região de Alcobaça, particularmente em áreas das povoações Juncal e Cruz da Légua. CARVALHO *et al.* (1999) apresentam a caracterização químico-mineralógica e tecnológica destas argilas, e com base nos resultados obtidos propõem uma classificação tipológica para as argilas do Cretácico Inferior da região da Cruz da Légua. Trata-se de argilas ilíticas-caulínicas cujas características composicionais e tecnológicas permitiram classificar três tipos ou lotes para os quais se propõem campos de aplicação diferenciados, lote para telha + acessórios, lote para tijolo, e lote intermédio. Segundo os mesmos autores, existe na região um dos principais pólos da indústria cerâmica de barro vermelho, produtor de telha e tijolo, sendo a tonelagem das argilas extraídas estimada em 500.000 t/ano.

Há ainda ocorrências importantes de argilas comuns na região de Torres Vedras (particularmente na área de Outeiro da Cabeça), na região de Lisboa, na região de Setúbal (em Azeitão e Palmela) e na região de Alcácer do Sal.

Na região de Alcobaça, a formação produtiva de argila comum, ilítica/caulínica com esmectite como mineral argiloso acessório, é do Jurássico Superior (Kimeridgiano-Portlandiano), e foi depositada num sinclinal aberto, conhecido por sinclinal de A-dos-Francos, sendo constituída por uma sequência de estratos de argila siltosa e grés argiloso.

Na região de Torres Vedras, a formação produtiva de argila comum, ilítica/caulínica, é do Jurássico Superior, mais precisamente do Portlandiano e ocorre no chamado sinclinal do Bombarral. As reservas prováveis da formação argilosa são consideráveis.

Na região de Sintra/Lisboa, as formações produtivas de argila comum pertencem ao Miocénico, mais precisamente ao Burdigaliano-Aquitano Superior. A argila é constituída pela associação ilite/caulinite, acompanhada por alguma esmectite.

Na região de Setúbal, mais precisamente em Mesquita (Sesimbra) a formação produtiva de argila comum, essencialmente ilítica/caulinítica, tem idade Pliocénico e as reservas prováveis são consideráveis. Em Alcácer do Sal há argilas comuns do Mio-Pliocénico, do Cretácico Superior e do Jurássico Superior.

No Alentejo todos os depósitos de argila conhecidos são restritos e de pequena dimensão. Todavia, há importantes ocorrências de xistos Paleozóicos, particularmente do Devónico e do Carbónico, caracterizados por apresentarem baixo metamorfismo e cor castanho claro, que podem revelar-se interessantes como substitutos da argila comum para aplicações cerâmicas.

No Algarve ocorrem depósitos de argila comum nas regiões de: Aljezur (do Pliocénico), Silves (do Retiano-Hetangiano), Portimão (do Quaternário), Lagos (do Carbónico e Retiano-Hetangiano), Albufeira (do Quaternário), Loulé próximo da povoação Tôr (do Quaternário), Faro (do Caloviano Inferior), Olhão, Tavira (Retiano-Hetangiano) e Vila Real de Santo António (do Quaternário) sobre os quais são escassos os conhecimentos sobre composições, propriedades, e reservas.

Há argila comum também em Paderne (Albufeira) sendo a formação produtiva de argila comum, ilítica/caulinítica, do Cretácico Inferior, constituída por uma série de estratos de argila siltosa e grés argiloso.

Em Portugal existem cerca de 280 unidades industriais do sector da cerâmica que laboram com o chamado "*barro vermelho*" e produzem cerâmicos de pasta vermelha, indústrias localizadas, maioritariamente, nos distritos de Santarém, Leiria, Aveiro e Lisboa.

A maior empresa que em Portugal produz tijolo e telha é a Lusoceram que compreende duas unidades industriais, uma maior situada em Outeiro da Cabeça (Torres Vedras), que explora argilas do Portlandiano com reservas estimadas para durarem cerca de 50 anos ao ritmo de exploração actual, e que produz uma média de 1.500 toneladas de tijolo/dia e de 150.000 telhas/dia, outra mais pequena situada em Bustos (Aveiro), que explora argilas da formação "*Argilas de Aveiro-Ílhavo-Vagos*" do Campaniano-Maestrichtiano, e que produz uma média de 50.000 telhas/dia.

Actualmente, em Portugal, a produção de materiais cerâmicos fabricados com "*barro vermelho*" está estimada em cerca de 6 milhões de toneladas/ano, correspondendo-lhe um valor estimado em cerca de 12 milhões de euros (cerca de 60 milhões de contos).

## PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS DE ARGILAS ESPECIAIS COMERCIAIS

Das argilas especiais, as argilas plásticas e refractárias do tipo "*ball-clay*" estão representadas por depósitos extensos de argilas brancas, cinzentas, negras e amareladas, finas e plásticas, situados na região entre Pombal e Leiria, e pelos depósitos de Almas da Areosa, Aguada de Cima (Águeda) e do Vale da Erva, Avelãs

de Caminho (Anadia). Estas argilas são matérias primas importantes para a cerâmica de pasta branca: faiança e grés sanitário.

Os depósitos de Aguada de Cima situam-se numa zona de abatimento tectónico, de idade Pliocénico-Plistocénico, cujas reservas estimadas em 1973 em cerca de 6,5 Mt, estão quase esgotadas, particularmente por efeito de desordenada sobre-extracção.

Na região do Barracão (Leiria) as reservas de argilas especiais devem ser, actualmente, inferiores a 1 Mt, quando em 1976 foram avaliadas em cerca de 3 Mt. Na região que engloba os locais Alto dos Crespos e Maranhão (Pombal) as reservas também são da ordem de 1 Mt. Nestas regiões as argilas são essencialmente cauliniticas (sendo muito fraca a ordem estrutural ou cristalinidade da caulinite associada a uma granularidade muito fina), e contêm ilite e matéria orgânica, esta algumas vezes figurada, e que pode atingir teores da ordem de 5 %.

Outras argilas especiais, os caulinos, ocorrem em vários depósitos, do tipo residual, e do tipo sedimentar ou redepositado.

Actualmente, dos vários depósitos de caulino residual conhecidos, todos situados numa zona próxima do litoral, caracterizada por ser uma zona de flexura da Meseta Ibérica fortemente afectada pela acção de importantes fracturas, cisalhamentos e carreamentos. Esta zona estende-se desde um pouco a norte de Aveiro até Viana do Castelo, e nela apenas três depósitos estão sendo explorados actualmente: um no Outeiro (S. Vicente de Pereira Jusã, Válega), outro no Bustelo (Oliveira de Azeméis), e outro ainda em Campados (Esposende).

Actualmente, está desactivado o depósito de caulino residual de Alvarães que foi objecto de exploração durante vários anos e cujo caulino era comercializado para cerâmica e papel (como carga em papéis para fotocópia).

Entre os depósitos conhecidos de caulino sedimentar, são muitos os que estão em exploração: Chasqueira (Alvarães), Barqueiros (Esposende), Alhadas (Figueira da Foz), Arazede (Cantanhede), Olho Marinho (Vila Nova de Poiares), Casal dos Braçais (Peniche), Mosteiros (Alcanede) e Rio Maior. Neste último depósito o caulino constitui matriz, que representa em média 8 % em peso, de areias siliciosas com grande interesse industrial e, portanto, resulta como subproduto da extracção e tratamento dessas areias siliciosas, ou melhor quartzosas. Estas, dependendo do grau de tratamento, são comercializadas, quer para o fabrico de vidro cristal, quer para vidro plano e para contentores, quer ainda para o fabrico de cerâmicos de pasta branca, e de outros produtos.

Há ainda depósitos de caulino em certos locais de Santarém, Seixal e Barreiro, onde o caulino ocorre igualmente como matriz de areias siliciosas.

Os caulinos dos tipos sedimentar e residual de Alvarães ocorrem na Zona Centro Ibérica (ZCI) do Maciço Hespérico, numa bacia sedimentar que corresponde a uma depressão tectónica, e na sua bordadura. A referida bacia está situada junto do litoral Atlântico, mais precisamente entre o estuário do rio Lima a norte e o estuário do rio Neiva a sul.



Os caulinos de Alvarães estão dispersos por uma área estimada em cerca de 30 km<sup>2</sup>. O caulino residual teria resultado da caulinização, promovida de início pela acção de fluidos hidrotermais, com base em argumentos mineralógicos e geoquímicos, e prosseguida e desenvolvida pela acção dos agentes meteóricos, de granitóides de duas micas de idade contemporânea da orogenia Hercínica, os quais apresentam duas fácies distintas: equigranular de grão médio a grosseiro e pegmatítica.

A caulinização, posterior à intrusão dos granitóides, teria afectado igualmente a rocha regional representada por micaxistos do Silúrico que haviam sido intruídos pelos granitóides. O caulino sedimentar teria resultado do dismantelamento, no Pliocénico Superior-Plistocénico, duma espessa capa de meteorização do tipo ferralítico que se teria desenvolvido sobre os granitóides de duas micas e sobre os micaxistos, provavelmente durante o Miocénico.

Os produtos de meteorização, erodidos em regime climático caracterizado por forte precipitação, teriam sido transportados a curta distância em meio fluvial torrencial e depositados na bacia de Alvarães.

Os depósitos consistem de argilas vermelhas, argilas-siltes caulíniferos, e areias e calhaus mal rolados com matriz caulínifera, dispostos por esta ordem de baixo para cima. Trata-se da ordem inversa da posição destes materiais no perfil de meteorização, que nalguns locais da região apresentaria características próprias das de um perfil laterítico que teria adquirido grande desenvolvimento no Miocénico, em condições favoráveis, quer climáticas (existência de duas estações contrastantes, uma quente e húmida, outra mais fria e seca), quer geomorfológicas (vertentes de pendores acentuados que facilitariam a lixiviação dos metais alcalinos e calco-alcalinos). As condições climáticas teriam sido igualmente favoráveis à implantação duma cobertura vegetal densa.

Outros depósitos de caulino residual e sedimentar existem a sul do rio Neiva, como são os casos do caulino residual de Campados, localizado entre as povoações de Abelheira e Sobreiro, a cerca de 5 km a NE de Esposende e do caulino sedimentar de Barqueiros, localizado próximo e a SE de Esposende. O granito de grão médio leucocrático cuja alteração tardi e pós-magmática e hidrotermal teria estado na origem do caulino de Campados está muito tectonizado. Os caulinos de Campados e de Barqueiros, tal como os caulinos de Alvarães, situam-se na ZCI e junto do litoral, entre duas importantes "*shear zones*", uma passando por Porto-Tomar e que constitui o bordo ocidental setentrional da ZCI, outra passando por Vigo-Régua, ambas com atitude NW-SE.

Na Galiza, mais precisamente nas regiões de Vigo e Pontevedra, ocorrem também depósitos de caulino, quer do tipo residual, quer também do tipo sedimentar, com geologia e génese semelhantes às que caracterizam os depósitos de Alvarães. Existem portanto, condicionantes estruturais idênticas que justificam o alinhamento NW-SE de todos os depósitos de caulino do Noroeste de Portugal e da Galiza.

Na proximidade de Alvarães, os limites dos contactos entre os granitóides Hercínicos com duas micas e os micaxistos do Silúrico concordam também com o alinhamento referido. Na própria bacia de Alvarães, a zona Chasqueira-Vila Fria onde a caulinição dos granitóides é mais desenvolvida, de tal modo que ela está reconhecida a 30-40 metros de profundidade, tem também a orientação NW-SE.

Efectivamente, todos os depósitos de caulino residual Portugueses que se situam na faixa marginal Atlântica do Maciço Hespérico, entre os paralelos de Aveiro e de Viana do Castelo, distribuem-se na direcção NW-SE por cerca de 120 km.

A Sul do rio Douro referem-se os depósitos de caulino do Bustelo e de S. Vicente de Pereira, porque são os únicos que, actualmente, são objecto de exploração, embora outros depósitos de caulino existam mas sem trabalhos extractivos.

Todos os depósitos de caulino residual que ocorrem a Sul do rio Douro se situam na Zona de Ossa Morena (ZOM) sobre migmatitos e gneisses, e a sua génese foi condicionada igualmente por uma zona de cisalhamento com carreamentos associados que passa por Porto-Tomar-Badajoz.

Existem em Portugal cerca de 150 unidades industriais do sector da cerâmica, de grande e média dimensão, que laboram com o chamado "*barro branco*", localizadas maioritariamente nos distritos de Leiria, Aveiro e Coimbra.

Para além do caulino e da argila do tipo "ball-clay", o feldspato é matéria prima indispensável para o fabrico de quase todos os tipos de cerâmicos de pasta branca. Estes consomem, anualmente, cerca de 175.000 toneladas de fundentes feldspáticos, a que corresponde o valor de cerca de 6,5 milhões de euros. Cerca de 25 % da tonelagem referida é importada da França, Espanha, Turquia, Índia e Noruega.

Em Portugal, só uma pequena parte do feldspato, todavia a que possui melhor qualidade, é extraída de filões pegmatíticos. A maior parte do feldspato que se produz em Portugal corresponde a areias feldspáticas (misturas de feldspato e quartzo). A produção de feldspato dos filões pegmatíticos pode considerar-se residual, porque os depósitos principais estão, por assim dizer, esgotados.

Importa referir, que o Instituto Geológico Mineiro, recentemente, revelou e caracterizou um importante depósito de areias feldspáticas (arcoses) onde o feldspato é essencialmente potássico, o depósito da Catraia (Arganil), ainda não em lavra, para o qual estimou reservas avaliadas em cerca de 30 Mt.

A porcelana, é o sector mais exigente em termos da qualidade dos fundentes feldspáticos, mas é o sector que menos feldspato consome em termos relativos (5,5 %) enquanto que, o grés para pavimento consome cerca de 60 % (essencialmente areias feldspáticas), o grés porcelânico cerca de 13 %, e o grés sanitário cerca de 12 %. O feldspato para porcelana é o que atinge preços mais altos, entre 50-150 euros/t.

Em Portugal, os depósitos produtores de feldspato situam-se maioritariamente nos distritos de Viseu, Guarda, Braga e Viana do Castelo.

Relativamente a bentonites, outras argilas especiais de muito interesse comercial e económico, os depósitos portugueses desta matéria prima resumem-se aos que ocorrem na Ilha do Porto Santo, mais precisamente na Serra de Dentro, todos de pequena dimensão, e que resultam da alteração, inicialmente em meio submarino, e depois em meio subaéreo, de tufos e brechas vulcânicas do Miocénico. Nunca estes depósitos foram explorados, salvo diminutas extracções que têm tido lugar tendo em vista o revestimento com argila da cobertura dos telhados de caniço das denominadas “casas de salão”, as quais são já extraordinariamente raras, e também para o revestimento da base de reservatórios de água.

Para além da esmectite, o mineral essencial da bentonite do Porto Santo, ocorrem titanomagnetite e apatite como minerais acessórios.

Entendidas as bentonites no sentido lato como sendo argilas ricas em esmectites, também as argilas esmectíticas de Aviz, resultantes da alteração meteórica de quartzodioritos, podem ser consideradas bentonites ou, talvez com mais propriedade, argilas bentoníticas. A dimensão destes depósitos é igualmente pequena, estando as respectivas reservas avaliadas em cerca de 2 Mt. Também estes depósitos nunca foram explorados. Acessoriamente, em certos níveis, associados à esmectite ocorrem palygorskite e vivianite (fosfato de ferro). Portugal importa quantidades importantes de bentonite, utilizadas para lamas de sondagem, aterros sanitários, moldes de fundição, paredes moldadas, e outras aplicações.

No que se refere a argilas fibrosas (importantes para lamas de sondagem em meio submarino, e para o fabrico de agregados absorventes para camas de animais de estimação), por enquanto, não se conhece em Portugal qualquer depósito que reúna condições para poder ser explorado. Todavia, conhecem-se várias ocorrências de argilas fibrosas, particularmente de palygorskite ou atapulgite, de idade atribuída ao Paleogénico. São os casos das ocorrências em certos locais das bacias Terciárias dos rios Tejo, Sado e Guadiana, e de outras bacias Terciárias de origem tectónica localizadas no interior da Meseta Ibérica.

Pelas informações disponíveis, os principais depósitos de palygorskite conhecidos situam-se nas regiões seguintes: Alcanede-Rio Maior (DIAS,1993; DIAS & PRATES,1993), Sarzedas-Castelo Branco (CUNHA & REIS,1985) e Vendas Novas-Brotos-Pavia. Nestes depósitos a palygorskite, em teores que podem atingir 30 % - 50 %, ocorre em camadas cuja espessura máxima pode atingir 50 cm. Em regra, a palygorskite ocorre associada a sedimentos margosos, calcretes, arcoses e conglomerados.

DIAS (1998) refere dois locais, Monte dos Inventos (Malpica do Tejo) e Ribeira Alfrívada, da bacia de Castelo Branco onde ocorrem depósitos de palygorskite associada a alguma esmectite que considera poderem ter potencialidades para eventuais explorações. A mesma autora considera igualmente interessante o depósito da Boiça, situado entre Rio Maior e Assentiz. Todos os depósitos referidos pertencem ao Paleogénico.

DIAS (1998) tendo por base o enquadramento geológico, a mineralogia e a génese dos depósitos portugueses com palygorskite estudados pela autora propõe a sua classificação em quatro grupos:

- 1) tipo Benfica onde a palygorskite é diagenética, fazendo parte de sedimentos detríticos, sob efeito de soluções ricas em magnésio em condições semi-áridas ou mesmo áridas;
- 2) tipo Alcanede onde a palygorskite resulta de precipitação directa ou da transformação de ilite-esmectite, e está associada a calcretos, envolvendo processos pedogenéticos;
- 3) tipo bacia de Castelo Branco onde a palygorskite resulta da alteração de ilite e clorite existentes em rochas xistosas, sob condições ácidas e subsequente fixação de magnésio na bacia em meio alcalino;
- 4) tipo Pavia onde a palygorskite resulta da transformação de esmectite constituinte de solos residuais sobre granito, sob condições alcalinas.

Para além das ocorrências de palygorskite referidas muitas outras se conhecem, nas bacias dos rios Douro, Tejo e Guadiana.

Por enquanto, em Portugal, só há referência a ocorrências de sepiolite em depósitos do Terciário Inferior da região de Aveiro (ROCHA, 1993) e em alterações do gabro da pedreira de Ribamar, Ericeira (GOMES, 1992).

Em Portugal, as reservas de argilas comuns são grandes mas, globalmente, estão indeterminadas, enquanto que as reservas de argilas especiais estão estimadas em cerca de 30 Mt de caulino lavado e em cerca de 5 Mt de argilas plásticas e refractárias.

Actualmente, estima-se em mais de 8 milhões de toneladas a produção anual de argilas comuns.

COOPE (1997) refere que na UE, em 1995, a produção de argila + xisto argiloso dirigida para o fabrico de materiais de construção foi estimada em 108.650 Mt.

Actualmente, a produção de argilas especiais, plásticas e refractárias, ronda em Portugal, as 100.000 toneladas/ano, e a produção de caulino regula por 200.000 toneladas/ano.

#### **ESPECIFICIDADES E CONSTRANGIMENTOS, EM PORTUGAL, DA EXPLORAÇÃO DE DEPÓSITOS MINERAIS EM GERAL, E DE DEPÓSITOS DE ARGILA EM PARTICULAR**

Um Plano de Ordenamento do Território tem de procurar compatibilizar as políticas de desenvolvimento com a exploração dos recursos das regiões e, para o efeito, as regiões devem ser ordenadas em domínios de recursos bem caracterizados, tais como: recursos minerais, recursos faunísticos, recursos florísticos, recursos agrícolas, recursos hídricos, recursos paisagísticos, etc. E, entre todos esses recursos, são os minerais os que, em regra, merecem menos interesse por parte das entidades

responsáveis, Comissões de Coordenação Regionais (CCR's) e Autarquias, e também dos técnicos planeadores, dado o desconhecimento generalizado da sua importância para a economia nacional, quando certas indústrias básicas que fabricam produtos de uso quotidiano, necessitam, por exemplo, de areias, argilas, britas, etc.

Como alguém dizia, "*os recursos são como o ar, sem grande importância até se sentir a sua falta*".

Os depósitos minerais em geral, e os depósitos de matérias primas cerâmicas em particular, possuem três características fundamentais: 1) *amobilidade* (não podem ser deslocados do local de ocorrência para outro local); 2) *exauribilidade* (após extração não se refazem ou renovam); 3) *singularidade* (cada depósito possui características muito próprias).

Há recursos minerais que, tendo em conta os baixos volumes utilizados e os altos valores unitários comerciais respectivos, em termos de matéria prima e em termos dos produtos fabricados, podem ser importados; mas há outros que possuindo baixos valores comerciais unitários, e por serem utilizados em grandes volumes (caso das areias e argilas comuns, britas, etc.), não podem ser importados nem podem circular, em termos de mercados internos, de região para região.

Por exemplo, actualmente, em termos de tonelagem produzida (aproximadamente  $50 \times 10^6$  t) e valor económico (aproximadamente  $300 \times 10^6$  de euros), as britas constituem o principal mineral industrial de Portugal.

Também, o volume total de areias, comuns e especiais, extraídas para construção civil, cerâmica e vidro, deve corresponder a cerca de 15 Mt, e o volume de argilas comuns e especiais extraídas deve representar cerca de 10 Mt.

Não poderá haver maior desenvolvimento sócio-económico sem se recorrer cada vez mais aos minerais industriais. Em Portugal, o consumo de minerais industriais não metálicos, a curto prazo, aproximar-se-á do valor 100 milhões de toneladas/ano.

Consequência das actividades extractivas referidas, são os conflitos que se verificam frequentemente entre industriais do sector da indústria extractiva e as populações, bem como a inutilização e o comprometimento dos recursos por falta de informação e planeamento. A imagem que as populações têm relativamente à indústria extractiva é muito negativa, por motivo da exploração não planeada e desenfreada, dos incómodos produzidos, da poluição provocada, e da não reposição, em termos morfológicos e de coberto vegetal, dos locais onde teve lugar a extração.

Por outro lado, em regra, os depósitos são desmantelados para deles se aproveitar apenas uma matéria prima, caulino por exemplo, ficando o estéril desaproveitado amontoado em escombrelas formadas na proximidade do local da extração, quando poderia ser aproveitado, caso de areia, por exemplo, para a construção civil ou para outras funções, fazendo assim diminuir os custos da exploração.

É sempre recomendável fazer a exploração integral do depósito, através da aplicação de projectos integrados de exploração, produzindo a maior variedade de

matérias primas que for possível, e para cada uma o maior número de graus de qualidade que for possível. As escombreyras inviabilizam tantas vezes a expansão ou a retoma duma lavra. Importa maximizar as reservas existentes, minimizar os impactes ambientais, e valorizar o mais possível os recursos minerais preparando-os para poderem ser utilizados nas aplicações com maior impacto em termos sócio-económicos.

Também a indústria transformadora produz resíduos que nem sempre são reciclados. Isto sucede principalmente porque o custo das matérias primas minerais na estrutura dos custos da produção, por exemplo no caso da indústria cerâmica, representa apenas uma pequena percentagem.

No caso do fabrico da telha e tijolo, em Portugal, o custo da matéria prima representa cerca de 0,5 % do preço de venda do produto, quando na Alemanha representa cerca de 5 %.

Nos produtos cerâmicos os custos da mão de obra e da comercialização são os factores de custo mais importantes, representando cerca de 20 % cada um.

O sector da Indústria Extractiva está limitado a explorar áreas que os Planos Directores Municipais (PDM) tenham classificado como sendo de interesse para o sector. Mas, essa classificação depende, antes de mais, da existência de cartografia dos minerais e rochas industriais, a qual, efectivamente, não existe ainda em Portugal.

Para além dos PDM também outras figuras de planeamento, Planos Regionais de Ordenamento do Território (PROT), Reserva Agrícola Nacional (RAN) e Reserva Ecológica Nacional (REN) colocam condicionantes ao aproveitamento dos recursos geológicos nacionais.

Não obstante, importa cartografar as zonas com potencialidades em termos de determinados recursos geológicos, e caracterizar tecnologicamente esses mesmos recursos, para se poderem definir as suas reservas e as suas propriedades, tendo em vista a definição das funções mais adequadas.

Em regra, projectos de novas urbanizações, vias rodoviárias e complexos comerciais e turísticos são considerados mais interessantes e importantes do que quaisquer projectos de aproveitamento de recursos minerais.

No distrito de Leiria, por exemplo, depósitos de argilas especiais do tipo "*ball clay*" viram comprometidas eventuais explorações por desconsideração destes importantes e raros recursos quando as vias rodoviárias estruturantes foram projectadas e construídas.

## **CARACTERIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA SÓCIO-ECONÓMICA DA INDÚSTRIA CERÂMICA PORTUGUESA**

Em Portugal, a indústria cerâmica é muito importante em termos económicos e sociais. Segundo dados da APICER (Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica) relativos a 1998, a produção anual do sector é de cerca de 8 Mt/ano



valendo cerca de 1.000 milhões de euros, cerca de metade deste valor correspondendo a materiais exportados. Cerca de 32.000 pessoas trabalham na indústria cerâmica Portuguesa, considerada dividida em dois grandes sectores produtivos: cerâmica de construção e cerâmica utilitária e decorativa.

O sector da cerâmica para construção, que compreende a cerâmica estrutural, a cerâmica de revestimentos e pavimentos, e a cerâmica de louça sanitária, é representado por 236 unidades industriais, distribuídas em maior número pelos distritos de Leiria (48), Santarém (44) e Aveiro (35). A produção deste sector, em 1999, valeu cerca de 700 milhões de euros.

O sector da cerâmica utilitária (porcelana e faiança) e decorativa (porcelana e faiança) cujo valor bruto da produção anual vale, actualmente, cerca de 80 milhões de contos, emprega cerca de 19.000 pessoas e é representado por 560 empresas, sedeadas maioritariamente nos distritos de Leiria (176), Braga (120), Lisboa (82) e Aveiro (56). Os quatro distritos referidos compreendem cerca de 78 % do total das empresas do país. A exportação de cerâmica utilitária e decorativa vale, actualmente, cerca de 300 milhões de euros, cerca de 50 milhões correspondentes a porcelanas, e cerca de 250 milhões correspondentes a faianças.

O sector da cerâmica utilitária e decorativa para além dos produtos de porcelana e faiança, compreende produtos de grés fino (louça para ir ao forno, e para serviço de cozinha e de mesa) e de olaria de barro comum (em terracota) para uso doméstico.

É usual a produção cerâmica em Portugal estar dividida por seis subsectores:

1 – cerâmica técnica; 2 – cerâmica utilitária e decorativa; 3 – telha; 4 – tijolo e abobadilha; 5 – cerâmica de pavimento e revestimento; 6 – cerâmica sanitária.

Corresponde ao subsector do tijolo + abobadilha a produção da maior tonelagem (5.500 mt), logo seguido dos subsectores do pavimento + revestimento (800 mt) e da telha (650 mt). O subsector da cerâmica estrutural, em 1999, apresentou um volume de vendas que valeu 275 milhões de euros, dos quais 200 milhões de euros se deveram ao tijolo + abobadilha, e 75 milhões de euros se deveram à telha. A produção Portuguesa destina-se, essencialmente, ao mercado interno. Todavia, importa salientar que se tem vindo a verificar concorrência crescente das empresas espanholas.

Estão registadas em Portugal 765 empresas cerâmicas, sendo os sectores da louça decorativa e utilitária (555) e dos materiais de construção (210) os que reúnem maior número de empresas. No primeiro caso, cerca de 40 empresas, e no segundo caso, cerca de 35 empresas, são responsáveis por mais de metade das produções respectivas. O subsector da louça sanitária compreende 9 empresas localizadas nos distritos de Aveiro, Coimbra, Porto, Leiria, Lisboa e Viseu, que empregam cerca de 3.500 trabalhadores. A produção de louça sanitária, em 1999, representou um volume de vendas ligeiramente superior a 125 milhões de euros. Da produção nacional, cerca de 75 % tem lugar em empresas certificadas. Em 1999, as

exportações de louça sanitária proporcionaram cerca de 85 milhões de euros, sendo os mercados externos mais importantes Espanha, Alemanha, França, Grécia, EUA e Holanda. No mesmo ano o valor das importações cifrou-se em cerca de 18 milhões de euros, sendo Espanha o principal mercado de origem.

A produção de louça decorativa e utilitária é a mais valiosa em termos de valores de vendas (cerca de 400 milhões de euros, 90 % dos quais corresponde a materiais exportados), logo seguida da produção de pavimento + revestimento (60 milhões de m<sup>2</sup> a que corresponde o valor de 300 milhões de euros, 50 % dos quais corresponde a materiais exportados), da produção de tijolo + abobadilha (cerca de 150 milhões de euros), da produção de louça sanitária (cerca de 125 milhões de euros) e da produção de telha (cerca de 70 milhões de euros). À produção anual de porcelanas, onde a participação do caulino intervém, em média, com 50% em peso, corresponde o valor de cerca de 100 milhões de euros.

No subsector dos cerâmicos de pavimento e revestimento laboram em Portugal cerca de 40 unidades industriais, todas de pequena e média dimensão, que empregam cerca de 5.000 trabalhadores e que estão localizadas principalmente nos distritos de Aveiro e Coimbra, sendo cerca de 60 % da produção nacional obtida em empresas certificadas.

Na UE, Portugal situa-se na quinta posição, depois da Itália, Espanha, Alemanha e França entre os países principais produtores de cerâmicos de pavimento e revestimento.

Portugal importa actualmente louça utilitária e decorativa, importação a que corresponde um valor à volta de 40 milhões de euros/ano.

Em 1999, o sector da cerâmica de construção, que compreende o subsector da cerâmica estrutural, o subsector da cerâmica de pavimento e revestimento e o subsector da cerâmica de louça sanitária, foi responsável por um valor bruto de produção estimado em cerca de 700 milhões de euros (64 % dos quais atribuídos à indústria cerâmica nacional), e pelo emprego de cerca de 14.000 trabalhadores.

A louça de porcelana tem nos EUA, na Alemanha e no Reino Unido os principais mercados, enquanto que a louça de faiança tem na França, nos EUA e na Alemanha os principais mercados.

O valor da produção de cerâmica técnica ou especial, que se deve a 6 empresas, está estimado em cerca de 25 milhões de euros/ano, representando cerca de 75 % deste número o valor das exportações.

Cerca de 95 % do mosaico de pavimento + revestimento, cerca de 90 % da telha, cerca de 80 % da louça decorativa + louça utilitária, cerca de 70 % do tijolo + abobadilha, 100 % da louça sanitária e 100 % dos cerâmicos técnicos ou especiais são produzidos nos distritos de Aveiro, Coimbra, Leiria, Santarém, Lisboa e Setúbal.

O que acaba de ser exposto põe em evidência a grande importância sócio-económica das argilas comerciais, sejam argilas comuns, sejam argilas especiais.

## AGRADECIMENTO

O autor agradece a formação académica científica e humana que recebeu do Professor Doutor J. M. Coteló Neiva.

## BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, C. *et al.* (1999) – Argilas da região da Cruz da Légua: caracterização químico-mineralógica e tecnológica e ensaio de classificação tipológica. Estudos, Notas e Trabalhos, IGM, Porto, tomo 41, 59-82.
- CASAL MOURA, A. A & GRADE, J. M. C. (1985) – Catálogo das Argilas Portuguesas utilizadas na Indústria Cerâmica. Ministério da Indústria e Energia, Direcção Geral de Geologia e Minas, Lisboa.
- COOPE, B. (1997) – European Industrial Minerals: world class but under threat. *Industrial Minerals*, August, 55-59.
- 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, 364 p.
- CUNHA, P.M. & REIS, R. P. (1985) – A sedimentologia duma sucessão aluvial intracratónica. O Terciário arcósico do sector sudeste da bacia de Sarzedas (Beira Baixa-Portugal). *Memórias e Notícias Univ. Coimbra*, 100, 173-191.
- DIAS, M. I. M. (1993) – Contribuição para o estudo das argilas do bordo NW da bacia Terciária do Tejo, entre Rio Maior e Assentiz. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa.
- DIAS, M. I. M. (1998) – Caracterização mineralógica e tecnológica de argilas especiais de bacias Terciárias Portuguesas. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia, 333 p.
- DIAS, M. I. M & PRATES, S. (1993) – As palygorskites do bordo NW da bacia Portuguesa do Tejo. *Bol. Soc. Esp. Mineralogia*, 16-1,98-100.
- GOMES, C. S. F. (1992) – Occurrence of ferriferous sepiolite in the gabbro quarry of Ribamar, Ericeira (Portugal). *Actas del III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología*, Tomo 3, 134-137.
- GOMES, C. S. F. (2002) – Argilas: aplicações na indústria, C. Gomes (ed.), *O Liberal-Empresa de Artes Gráficas, Lda, Câmara de Lobos*, 337p.
- LEPIERRE, Ch. (1912) – Estudo químico e tecnológico sobre cerâmica Portuguesa moderna (2ª ed). *Boletim do trabalho Industrial*, nº 78, Direcção Geral do Comércio e da Indústria, Lisboa.
- ROCHA, F. J. F. T. (1993) – Argilas aplicadas a estudos litoestratigráficos e paleoambientais na bacia sedimentar de Aveiro. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.