

CARTOGRAFIA E CARACTERIZAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS DA REGIÃO DE TORRES VEDRAS – BOMBARRAL

RELATÓRIO FINAL 2012



Barreiros da Lusoceram, S.A., Outeiro da Cabeça

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Aspetos de produção	1
2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOMORFOLÓGICO	3
3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	4
4. METODOLOGIA	8
4.1. Trabalho de campo	9
4.2. Trabalho laboratorial	9
5. DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS, PERFIS E SÍTIOS DE AMOSTRAGEM	10
6. CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS ARGILOSAS	15
6.1. Textura e composição	15
6.1.1. Caracterização granulométrica	15
6.1.2. Caracterização mineralógica	17
6.1.3. Caracterização química	22
6.1.4. pH	23
6.2. Propriedades e comportamento cerâmico	24
6.2.1. Propriedades relacionadas com distribuição dimensional do grão, limites de consistência e plasticidade	24
6.2.2. Resistência mecânica à flexão e retração linear após secagem	27
6.2.3. Resistência mecânica à flexão, retração linear e capacidade de absorção de água após cozedura cerâmica (850°C, 950°C E 1050°C)	27
7. CARTOGRAFIA DOS RECURSOS ARGILOSOS POTENCIAIS	31
8. ESTIMATIVA DE RECURSOS	33
9. CONCLUSÕES	34
ORÇAMENTO	35
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

A região de Torres Vedras – Bombarral constitui uma das principais áreas do país com potencial em recursos argilosos para cerâmica de construção. Esse potencial é manifesto desde há largo tempo pela importante actividade afecta ao sector da indústria extractiva para cerâmica. Estas matérias-primas são as argilas comuns (vermelhas) do Jurássico superior e os arenitos caulíniferos do Cretácico inferior. Estes têm reduzida aptidão como recursos para a indústria do barro vermelho, constituindo actualmente importante fonte de recursos arenosos e conglomeráticos para agregados usados na construção civil. Apresentam igualmente, potencial para fabrico de grés cerâmico e produção de caulino para pastas cerâmicas.

A área afeta ao estudo foi anteriormente alvo de estudos de reconhecimento e amostragem com objetivo de identificar e cartografar recursos argilosos (Pereira, 2003). Esses objectivos não foram concretizados, pelo que, dada a importância destes recursos na região, se pretendeu dar continuidade àquele projecto, a fim de caracterizar as matérias-primas cerâmicas ali ocorrentes e suas aplicações, daí resultando o presente trabalho de cartografia de recursos argilosos da região de Torres Vedras - Bombarral.

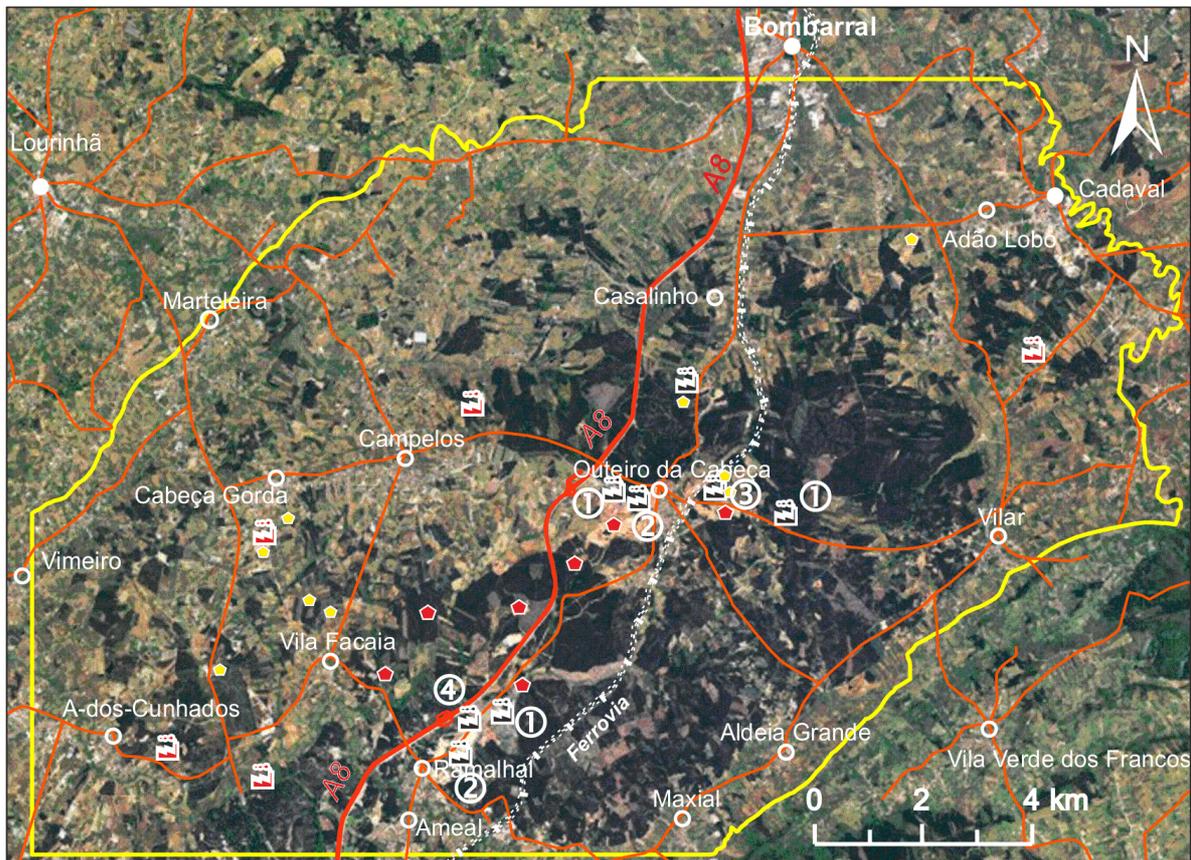
Assim, a realização do projecto decorreu entre 2010 e 2012, no âmbito da missão do LNEG de valorização dos recursos minerais nacionais. O período decorrido para a concretização do projecto, deve-se ao envolvimento dos signatários noutros trabalhos decorrentes das suas funções e aos constrangimentos financeiros que condicionaram as missões de campo, pelo que a actividade se desenvolveu de modo intermitente.

1.1. Aspetos de produção

A extração de argila vermelha para cerâmica de construção constitui uma actividade tradicional na região de Torres Vedras – Bombarral, desde o segundo quartel do Século XX, tendo-se a maior parte das cerâmicas em actividade na área, instalado nas décadas de 60 e 70 do século passado. Na figura 1.1 tem-se a localização das unidades cerâmicas activas e inactivas na região.

As cerâmicas atualmente com maiores produções, Torreense e Lusoceram, localizam-se na área de Outeiro da Cabeça, concelho de Torres Vedras e transformam, respetivamente, cerca de 400 e 300.000t/ano de argila para produção de telha e acessórios, tijolo furado, face à vista e abobadilha. Estas são as empresas com maior número de colaboradores: cerca de 200 e 180, respetivamente. As outras cerâmicas em laboração na área, Cerâmica Avelar (Ramalhal), Cerâmica Outeiro do Seixo (Campelos), no concelho de Torres Vedras e, Cerâmica da Floresta já no concelho de Cadaval, produzem tijolo e abobadilha, e têm menor dimensão, com produções em 2010 entre 90 e 150.000t. O número de colaboradores é inferior a 40.

A opção pelo fabrico de produtos cerâmicos menos exigentes em termos de qualidade da matéria-prima, como é o caso do tijolo e abobadilha, está relacionada geralmente com aspetos industriais e económicos e não com a própria matéria-prima.



 Cerâmica em atividade
  Cerâmica inativa/abandonada
  Barreiro ativo
  Barreiro inativo/abandonado

Unidades cerâmicas ativas:

① Lusoceram
 ② Cerâmica Torreense
 ③ Cerâmica da Floresta
 ④ Cerâmica Avelar

Fig. 1.1. Enquadramento da área com rede viária, actividade extractiva e unidades cerâmicas (limite da área estudada a amarelo)

A matéria-prima utilizada pela maioria destas unidades é explorada em barreiros contíguos à fábrica ou provém de distâncias inferiores a 5 km desta.

Tal como na maioria dos núcleos produtores tradicionais do país, a produção de cerâmica vermelha nesta região, sofreu uma forte retração, sobretudo a partir de 2007. Os valores da matéria-prima total extraída dos barreiros das 5 principais cerâmicas da região, em 2003, de acordo com relatório anterior (Pereira, 2003), foram da ordem de 2Mt baixando para 0.8 Mt em 2010 e 2011. A produção total das cerâmicas em laboração na área será próxima de 1Mt. Esta forte diminuição da produção está certamente associada à crise que tem assolado o sector da construção civil nos últimos anos. De forma a contrariar essa crise, as empresas do sector têm diversificado a sua oferta e têm-se voltado para mercados externos, nomeadamente Europa, Médio Oriente, norte de África, o que levou a um considerável aumento do volume de produtos cerâmicos exportados, sobretudo os de maior valor acrescentado.

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOMORFOLÓGICO

A zona a que se refere este relatório enquadra-se, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP 2012.1 IGP) no distrito de Lisboa, mais concretamente nos municípios de Torres Vedras, Lourinhã e Cadaval. Parte da área está também abrangida pelo distrito de Leiria, nomeadamente pelo município do Bombarral.

No que diz respeito a vias de transporte (Fig. 1.1), toda a área é atravessada (em direcção norte-sul) pela autoestrada A8 e pela da linha ferroviária do oeste. É também abrangida por uma extensa rede rodoviária complementar, que estabelece ligações entre as principais povoações. A área de trabalho dista cerca de 70 km de Lisboa, o que faz com que esteja relativamente próxima do principal mercado consumidor de produtos de cerâmica estrutural.

A região está enquadrada, do ponto de vista geomorfológico, pela Serra de Montejunto, a sudeste, e pela Serra dos Candeeiros, a nordeste. A paisagem característica está representada por relevos ondulados, onde as variações altimétricas são pequenas e os declives suaves. As formas topográficas características da região são os cabeços e os vales pouco pronunciados (Fig. 2.1).

A visualização dos aspectos referidos seguidamente pode ser seguida no mapa (Anexo 1). Em termos altimétricos, as elevações mais pronunciadas verificam-se na área de Outeiro da Cabeça, a sudeste (vértices geodésicos de Outeiro da Cabeça - 180m e Cabeça Gorda 1 - 165m) e no limite da área cartografada a SE, no alinhamento da Serra de Montejunto (NE-SW) já fora da área. As zonas mais deprimidas localizam-se na área W e NW do mapa e correspondem aos vales dos principais rios e ribeiras: Ribeira de Alcabrichel, desde A-dos-Cunhados até próximo do Ramalhal, onde as cotas são geralmente inferiores a 40 m. Outras zonas deprimidas da área em estudo são o vale do Rio Grande (a NW da área de trabalho) e os vales do Rio Real, a sul do Bombarral, ambas as zonas com cotas inferiores a 50 m.



Fig. 2.1. Aspeto do relevo característico da região. Ao centro, antiga cerâmica abandonada próximo do v.g. Vale dos Francos, área de Casalinho

As linhas de água formam um sistema dendrítico, muito ramificado e onde várias dessas são de escorrência sazonal. Os principais cursos de água são o Rio Grande, a Ribeira de Alcabrichel, e os correspondentes subsidiários, que fluem em sentido este-oeste e, o Rio Corga e o Rio Real, que se instalaram-se segundo a direcção sul-norte.

3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região alvo deste relatório, representada na figura 3.1, integra-se no sector central da Bacia Lusitaniana, sub-bacia de Bombarral (Kullberg et al., 2006), onde afloram unidades litostratigráficas datadas do Jurássico Superior e Cretácico. Confina com as sub-bacias de Turcifal, a sudoeste, e de Arruda, a sudeste, através da Falha de Torres Vedras-Montejunto (Montenat et al., 1988; Kullberg, 2006). De acordo com Kullberg et al. (2006), a diferenciação da Bacia Lusitaniana nestas sub-bacias é resultante da forte estruturação que a afetou durante o Jurássico Superior e para a qual as falhas atrás mencionadas terão, certamente, contribuído.

Outros acidentes maiores recortam esta região segundo as direcções NNE-SSW e NNW-SSE (figura 3.1). Os orientados segundo NNE-SSW, associados às fases extensionais mesozóicas, terão sido reativados em desligamento esquerdo durante a compressão Alpina (Ribeiro et al., 1990). De entre estes acidentes destaca-se a Falha de Lourinhã que se presume a continuação para sul da estrutura diapírica de Caldas da Rainha. Os orientados segundo NNW-SSE terão funcionado como desligamentos direitos após o Cretácico.

A sub-bacia de Bombarral abrange duas macrosequências estratigraficamente distintas (Kullberg et al. 2006): uma corresponde à deposição de sedimentos siliciclásticos margino-litorais, associados a margas e calcários, do Jurássico superior (Titoniano), que ocupa a mais vasta área, outra constituída por

sedimentos siliciclásticos essencialmente fluviais que se depositou em descontinuidade sobre a anterior, no Cretácico inferior (Berriasiano a Barremiano superior).

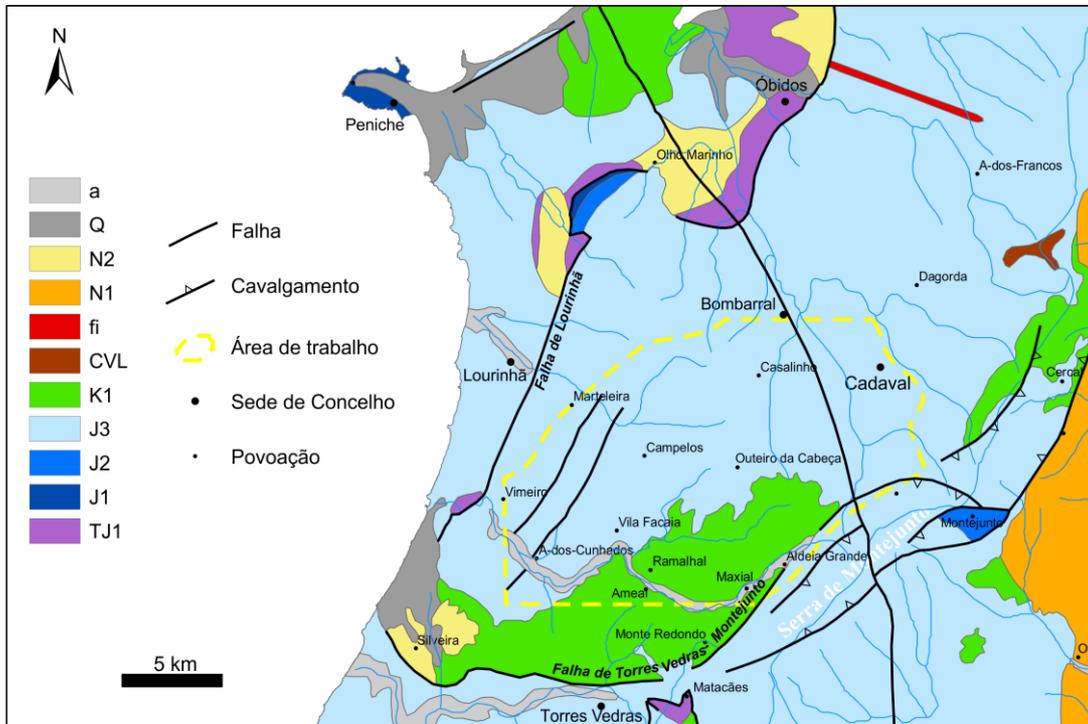


Fig. 3.1. Enquadramento geológico da região de Torres Vedras – Bombarral. Adaptado da Carta Geológica de Portugal à escala de 1:1.000.000 (LNEG, 2010); a – Holocénico; Q – Quaternário; N1 + N2: Neogénico; fi – Filão básico; CVL – Cretácico Superior; K1 – Cretácico Inferior; J3 – Jurássico Superior; J2 – Jurássico Médio; J1 – Jurássico Inferior; TJ1 – Triásico Superior

Os depósitos jurássicos fazem parte da Formação de Lourinhã, atribuída ao Titoniano (Hill, 1988 in Kullberg et al., 2006) e que na sub-bacia de Bombarral apresenta espessura muito variável, entre 600 a 1100 m (Hill, 1988; Leinfelder & Wilson, 1989; Rocha *et al.*, 1996). Numa sondagem para pesquisa de hidrocarbonetos realizada na área de Campelos (Campelos 1, GPEP, 1980/81) a Formação de Lourinhã registou 878m (localização no mapa anexo). Esta formação é constituída, na parte inferior, por sequências de margas, calcários margosos e calcários detríticos ricos de bivalves. A parte superior compreende sequências de depósitos siliciclásticos margino-litorais, associados a margas e calcários.

Tendo em conta os trabalhos de reconhecimento geológico agora realizados, na área abrangida pelo presente estudo é a parte superior da Formação de Lourinhã que aflora. Litologicamente está essencialmente representada por arenitos finos a grosseiros (exibindo estratificação horizontal, entrecruzada, figuras de canal) com calhaus rolados, possuindo intercalações lenticulares de siltes e argilas mais ou menos siltíticas, que apresentam tonalidades que vão do vermelho arroxeadado ao castanho amarelado e cinzento (Fig. 3.2). No geral, as camadas apresentam estratificação inclinada para os quadrantes sul, com pendores inferiores a 10°.



Fig. 3.2. Aspeto característico da Formação da Lourinhã com tonalidades vermelhas dominantes e alternância de corpos argilosos e areníticos, no barreiro da Cerâmica Torreense, na área de A-dos-Cunhados

De acordo com Montenat et al., 1988; Hill, 1988, a unidade terá sido depositada em áreas deltaicas ou aluviais e em linhas de água meandriformes, em que os acarreios siliciclásticos tiveram origem nos quadrantes ocidental e oriental da bacia.

Durante o Cretácico inferior, o Maciço Hespérico, a Este, constitui a principal fonte de sedimentos clásticos devido ao seu levantamento e erosão, mas com importante contribuição do *horst* marginal granito-gnáissico da Berlenga, a Oeste (Montenat et al. 1988; Kullberg et al. 2006).

Os depósitos cretácicos que afloram na área de estudo assentam discordantemente sobre os do Jurássico e compreendem a Formação de Serreira (Rey, 1992, 1999) e o Grupo de Torres Vedras (Rey, 1993).

A unidade mais antiga é a Formação de Serreira, atribuída parcialmente ao Cretácico inferior (Turoniano? - Berriasiano Inf?) (Rey, 1992, 1999). Os reconhecimentos de campo confirmam as observações de Rey (op. cit.) que afirma que esta unidade é constituída por alternâncias de conglomerados e arenitos cinzentos, amarelos e vermelhos, exibindo estratificação entrecruzada e interestratificados com argilas mais ou menos siltíticas, vermelhas e violáceas (Fig. 3.3). Estes depósitos, característicos de ambiente fluvial meandriforme (30m de espessura), organizam-se em sequências fluviais granodecrescentes com espessura de 2 a 5m e, litologicamente, não diferem substancialmente da Formação de Lourinhã, a muro.



Fig. 3.3. Aspeto da Formação de Serreira, no barreiro da Cerâmica da Floresta, área de Outeiro da Cabeça

As formações correspondentes ao Grupo de Torres Vedras apresentam, de acordo com Rey, 1993, a seguinte organização sequencial: Formação de Vale de Lobos (Berriasiano superior - Valanginiano); Formação de São Lourenço (Valanginiano); Formação de Santa Susana (Valanginiano - Hauteriviano); Formação de Lugar d' Além (Hauteriviano); Formação de Fonte Grada (Hauteriviano - Barremiano inferior) e Formação de Almargem (Barremiano superior – Aptiano). Ocorrem no bordo a sul e sudeste da área do mapa (Anexo 1) e, globalmente, apresentam cores esbranquiçadas, amareladas e acinzentadas e são constituídas por arenitos de granulometria variável, frequentemente grosseiros, arcósicos, caulíniferos, por vezes ferruginosos, com algumas intercalações de siltes e argilas variegadas, siltíticas a arenosas e, bancadas conglomeráticas (Fig. 3.4). A génese destes arenitos relaciona-se com ambientes fluviais meandriformes ou ambientes pantanosos marginais/litorais.

Na cartografia desta mancha, optou-se pelo agrupamento de formações integrantes do Grupo de Torres Vedras, por nelas prevalecerem fácies arenosas e, as fácies argilosas serem destituídas de interesse, do ponto de vista de argilas de construção.

Na área afloram também sedimentos Plio-Plistocénicos em terraços antigos, constituídos por areias e cascalheiras, formando pequenos retalhos. Níveis de terraço mais recentes, Pliocénicos, ocorrem segundo o mesmo padrão de afloramento. As formações aluviais actuais (Holocénico) correspondem geralmente a areias associadas a lodos siltosos e ocorrem junto das linhas de água (Manuppella et al. 1999; Zbyszewsky et al., 1966)).



Fig. 3.4. Aspeto dos sedimentos do Grupo de Torres Vedras, Formação de Vale de Lobos, na pedreira da *Inerlena*, área de A-dos-Cunhados. Predominam tonalidades claras, amareladas; a topo, observa-se um paleocanal com enchimento predominantemente argiloso

4. METODOLOGIA

As tarefas empreendidas para cumprir os objectivos propostos compreenderam, compilação da informação existente, trabalho de campo e trabalho laboratorial. O desenvolvimento do projecto decorreu entre o último semestre de 2010 e o fim de 2012.

A primeira fase compreendeu:

- pesquisa bibliográfica na biblioteca (LNEG) e arquivo técnico (URMG), em que se incluiu a consulta de um conjunto de 73 descrições de sondagens (Pereira 2003);
- observação e interpretação de fotografias aéreas verticais a preto e branco do IPCC na escala 1:15.000, fiadas 9, 10, 11-C, 12-C e 13-D (voos de 1989), para uma melhor percepção das estruturas que pudessem ocorrer na área de estudo;
- inventariação da actividade extractiva (realizada com base na observação de fotografia aérea, consulta de processos de EIA do sector da indústria extractiva, base de dados interna de pedreiras e trabalho de campo);
- contactos com as empresas cerâmicas a operarem na região, para obtenção de informações relevantes para o projecto, nomeadamente, a Cerâmica da Floresta Lda., a Lusoceram, S.A., a Cerâmica Avelar, S.A., a Cerâmica Torreense, Lda., a Cerâmica Outeiro do Seixo, S.A. e a Inerlena – *Extracção e Comércio de Inertes, S.A.*

4.1. Trabalho de campo

Como base cartográfica para o reconhecimento geológico foram utilizadas as folhas da Carta Militar de Portugal (à escala 1:25.000) nº 349 (Lourinhã), 350 (Bombarral), 361 (A-dos-Cunhados, Torres Vedras), 362 (Ramalhal, Torres Vedras).

A base geológica utilizada foi a Folha 30-A (Lourinhã) e 30-B (Bombarral) da Carta Geológica de Portugal, 1:50.000. Foram também consultadas a Carta Geológica de Portugal na escala 1:500.000 e 1:1.000.000.

Os estudos no terreno compreenderam, depois de um reconhecimento geológico regional, a identificação e cartografia na escala (1:25.000), das sequências de níveis argilosos, com descrição de perfis litológicos, em locais considerados importantes para a compreensão e definição da geologia e da coluna sedimentar.

Depois de concluído o levantamento geológico, procedeu-se à digitalização da cartografia e edição do mapa litológico e de recursos argilosos da área de Torres Vedras – Bombarral (Anexo 1) utilizando o package ArcGIS versão 9.3 da ESRI, nomeadamente as aplicações ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox. Com base no mapa foram realizados cortes geológicos interpretativos, para uma melhor compreensão da estrutura dos depósitos.

A amostragem das fácies argilosas, para caracterização químico-mineralógica e tecnológica realizou-se durante os trabalhos de cartografia, tendo em consideração a sua articulação sequencial. Foram colhidas 14 amostras, localizadas no mapa (Anexo 1). Foi utilizado o método de amostragem em canal, segundo o qual a amostra é colhida em “roços” contínuos verticais envolvendo sempre que possível a totalidade do nível ou bancada diferenciada macroscopicamente. Os afloramentos são, em vastas áreas, escassos, o que condicionou a distribuição geográfica da amostragem, às frentes de exploração dos principais barreiros, devido à exposição privilegiada das sequências sedimentares.

4.2. Trabalho laboratorial

A caracterização das amostras e das fácies que elas representam, em termos geoquímicos, mineralógicos e tecnológicos foi efetuada tendo em vista, a referência estratigráfica dos litótipos argilosos com maior potencial cerâmico. Pretendeu-se, igualmente, contribuir para o conhecimento dos padrões genéticos das fácies representadas.

O trabalho de Laboratório é indispensável para a elaboração de uma proposta de classificação tipológica das unidades geológicas amostradas. Os ensaios e as técnicas analíticas seguidamente expostos foram realizados no Laboratório do LNEG. Os procedimentos referentes aos ensaios foram efetuados de acordo com normas nacionais, internacionais ou desenvolvidas pelo Laboratório. Realizaram-se as seguintes análises e ensaios:

- Análise granulométrica;
- Análise mineralógica, por difração de raios X e análises térmicas diferencial e ponderal;
- Análise química por fluorescência de raios X e determinação do pH;

- Ensaio cerâmicos de caracterização tecnológica:
 - colorimetria de pós em seco e após cozedura a 850, 950, 1050°C (a realizar posteriormente),
 - plasticidade (limites de Atterberg e índice de plasticidade),
 - avaliação da retracção verde/seco, seco/cozido e retracção total a 850, 950, 1050°C,
 - resistência mecânica à flexão em cru e após cozedura a 900°C,
 - determinação da capacidade de absorção de água após cozeduras a 850, 950, 1050°C,

Nos ensaios cerâmicos realizados, as amostras foram aquecidas até temperatura máxima de queima de 1050°C, pois de acordo com as suas propriedades tecnológicas, composição químico-mineralógica e, essencialmente, cor (todas as amostras cozem vermelho àquelas temperaturas), estes materiais não são adequados para cerâmica branca.

Com a opção pelas temperaturas de queima de 850°C, 950°C e 1050°C pretendeu-se abarcar a gama de temperaturas utilizada nas unidades cerâmicas da área em estudo, geralmente entre 920 e 940°C para as unidades que produzem tijolo e alvenaria.

A investigação laboratorial forneceu indicações composicionais quanto às argilas, que funcionaram como guias mineralógicos e contribuíram para a aferição da sequência argilosa identificada cartograficamente. Esta contribuição foi importante, para a clarificação de incertezas, na correlação estratigráfica dos níveis de argilas e sua interpretação estrutural. Entre as causas destas incertezas, destacam-se a frequente semelhança textural e cromática dos ritmos argilosos e a presença de séries monótonas sem níveis de referência. Por ritmo argiloso entende-se uma sequência de níveis de argila onde podem ocorrer estreitas intercalações de material mais grosseiro, arenítico em geral, mas podendo ocorrer também conglomerados.

5. DESCRIÇÃO DE AFLORAMENTOS, PERFIS E SÍTIOS DE AMOSTRAGEM

O reconhecimento geológico efectuado cobre uma área aproximadamente de 75 km², (abrangendo os depósitos das formações de Lourinhã e Serreira) localizada a norte da vila do Ramalhal (concelho de Torres Vedras) e a sul da cidade de Bombarral, tendo em vista a identificação de argilas comuns com aptidão cerâmica.

Por razões de planeamento do trabalho a desenvolver, estabeleceram-se 4 áreas geográficas com reconhecido potencial em argilas comuns: Outeiro da Cabeça, A-dos-Cunhados, Casalinho e Adão Lobo. Estas correspondem a sectores onde é possível verificar continuidade lateral e vertical dos corpos ou níveis argilosos ali observados.

A relativa homogeneidade da sequência sedimentar ao nível de cada um destes sectores permitiu estabelecer colunas litológicas tipo, representadas na figura 5.1.

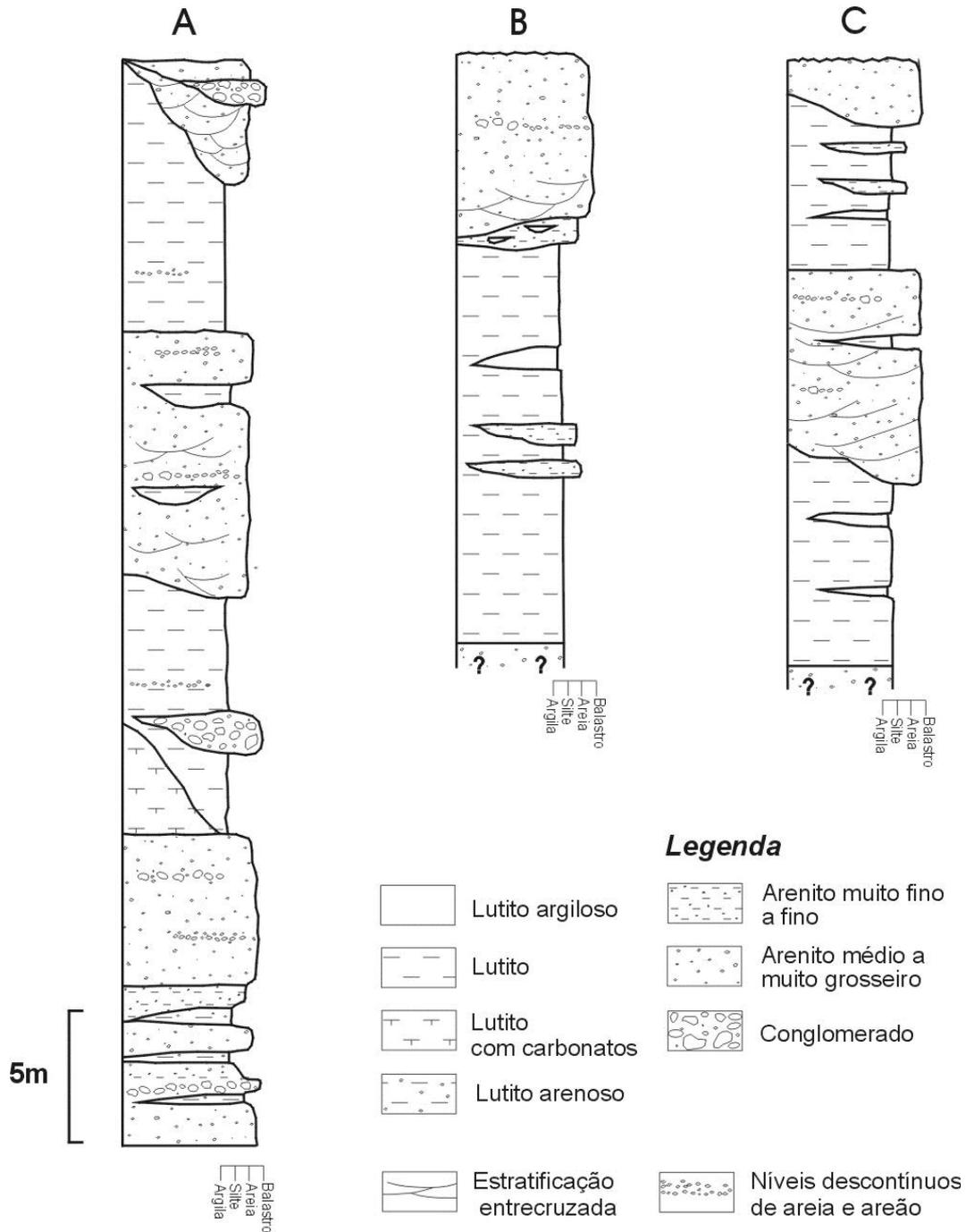


Fig. 5.1. Colunas litológicas tipo das áreas potenciais em argilas de Outeiro da Cabeça (A), Adão Lobo (B) e A dos Cunhados (C)

A área de Outeiro da Cabeça aparenta ser aquela com maior potencial e a sucessão tipo, observada nos barreiros da Lusoceram, caracteriza-se pela ocorrência de 2 ritmos argilosos principais, separados por uma camada arenítica (Fig. 5.2).

Nesta área tem-se do topo para a base:

- depósitos superficiais e aluvionares pouco espessos;

- corpo areno-siltoso com conglomerados de elementos arredondados, de cor avermelhada e espessura variável; as estruturas sedimentares de estratificação entrecruzada são bem marcadas, com grandes figuras de canal frequentes.
- a muro, o primeiro ritmo argiloso é constituído por arenitos finos, por vezes micáceos, siltes e argilas de cor vermelho escuro, com laivos cinzentos e brancos (atinge mais de 10m espessura);
- corpos areníticos, geralmente grosseiros, com conglomerados de elementos redondos, de cor amarelada e acastanhada; ocorrem intercalações de siltes e argilas avermelhadas. São visíveis estruturas sedimentares de estratificação, mais frequentemente laminação sub-horizontal. A espessura destes corpos, variável, geralmente não excede 10m;
- segundo ritmo argiloso, com características texturais próximas do primeiro, mas geralmente mais compactas e com níveis de argilas carbonatadas de cor cinzenta, por vezes arroxeadas. A sua espessura máxima observada é também próxima de 10m. A muro tem-se uma sucessão de corpos predominantemente grosseiros, com intercalações areníticas e silto-argilosas.



Fig. 5.2. Frente ativa de exploração da Lusoceram (Outeiro da Cabeça): a- solo e argilas superficiais, b- nível arenítico, c- nível argiloso superior, d- nível arenítico, e- nível argiloso inferior; 1- paleocanal, 2- argilas com carbonatos rejeitadas, ocorrentes no nível argiloso inferior

As argilas do primeiro ritmo são as que têm melhor aptidão cerâmica, devido à compacidade elevada que as argilas do ritmo inferior frequentemente têm e, sobretudo, à ocorrência de carbonatos, que penalizam estas argilas. Na área de Outeiro da Cabeça estão instaladas duas das principais fábricas de cerâmica na área. A oeste da área dos barreiros da Lusoceram, verifica-se uma tendência, para um incremento de clastos grosseiros dispersos nos corpos argilosos, que os penaliza. Este aspeto pode estar relacionado com remobilização de níveis mais grosseiros na base ou de barras laterais, relacionadas com paleocanais fluviais de orientação E-W a NE-SW.

Na área de A-dos-Cunhados a sucessão sedimentar caracteriza-se também pela ocorrência de ritmos argilosos principais com características distintas, embora se observem por vezes mais que dois ritmos, com 5-8m de espessura média, cor avermelhada e possuindo intercalações silto-arenosas, e um ritmo

inferior, que normalmente se caracteriza por cor avermelhada com variações laterais a tons cinzentos e de espessura indeterminada, devido a lacuna de observação do limite inferior (2-5m visível). Os corpos argilosos são intercalados por corpos predominantemente arenosos com conglomerados e intercalações silto-argilas (Fig. 5.3).

As sucessões observadas são menos homogêneas que na área de Outeiro da Cabeça, ocorrendo acentuadas variações laterais de fácies; também as intercalações de níveis areníticos com conglomerados nos ritmos argilosos são mais frequentes. As evidências de campo sugerem que os corpos argilosos inferiores sejam, por vezes, mais espessos.



Fig. 5.3. Aspeto parcial (oeste) do barreiro da Cerâmica Outeiro do Seixo (área de A-dos-Cunhados) com dois ritmos argilosos em contato erosivo com um corpo arenítico intercalar com estrutura em canal

Na região de Adão Lobo os afloramentos são muito escassos. Efectuou-se a coluna litológica num barreiro inactivo, onde se observou um corpo argiloso (espessura média de 15m, segundo informação do proprietário) com intercalações de grés fino, muito micáceo, de espessura inferior a 1m. O corpo argiloso é constituído por siltes argilosos, micáceos, com intercalações métricas de argila cinzenta. Sobre este assentam corpos areníticos lenticulares, por vezes com bolsadas de argila e com estruturas côncavas e planares, menos frequentes (Fig. 5.4).



Fig. 5.4. Frente do barreiro existente na área de Adão Lobo (trator à direita tem 2.40m de altura)

Na área de Casalinho, os níveis argilosos aflorantes são de tons laranja avermelhados, geralmente com 3 a 5m de espessura (quando visível), por vezes com intercalações métricas de argilas cinzentas muito plásticas (Fig. 5.5). Em taludes na auto-estrada A8 foram observadas intercalações de corpos argilosos com arenitos avermelhados a esbranquiçados, que aparentam ter continuidade lateral significativa (Fig. 5.6).



Fig. 5.5. Frente de barreiro inativo na área de Casalinho e pormenor do contato erosivo entre siltes argilosos vermelhos com laivos cinzentos e arenitos de cor amarelada



Fig. 5.6. Talude na autoestrada A8 (área de Casalinho) onde é evidente a possança dos corpos argilosos e sua continuidade lateral

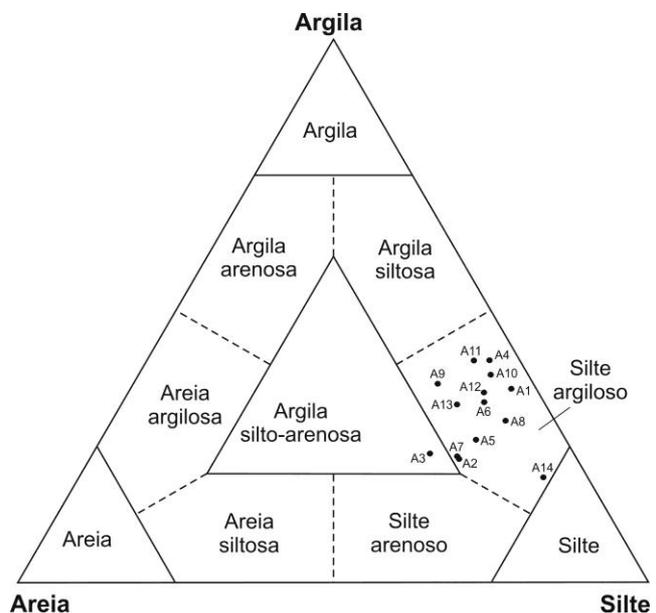
6. CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS ARGILOSAS

6.1. Textura e composição

6.1.1. Caracterização granulométrica

A análise granulométrica indica que na generalidade, as amostras correspondem a silte argiloso, de acordo com a classificação de Shepard (1954), verificando-se portanto, uma acentuada homogeneidade dimensional do grão (Fig. 6.1). Apenas a amostra A14 se encontra próxima do campo silte e a A3 posiciona-se no campo da argila silto-arenosa.

Fig. 6.1. Diagrama ternário (Shepard, 1954) da distribuição dimensional do grão dos materiais amostrados



Da análise das curvas de distribuição granulométrica cumulativa da totalidade das amostras estudadas retêm-se as seguintes ilações (Fig. 6.2):

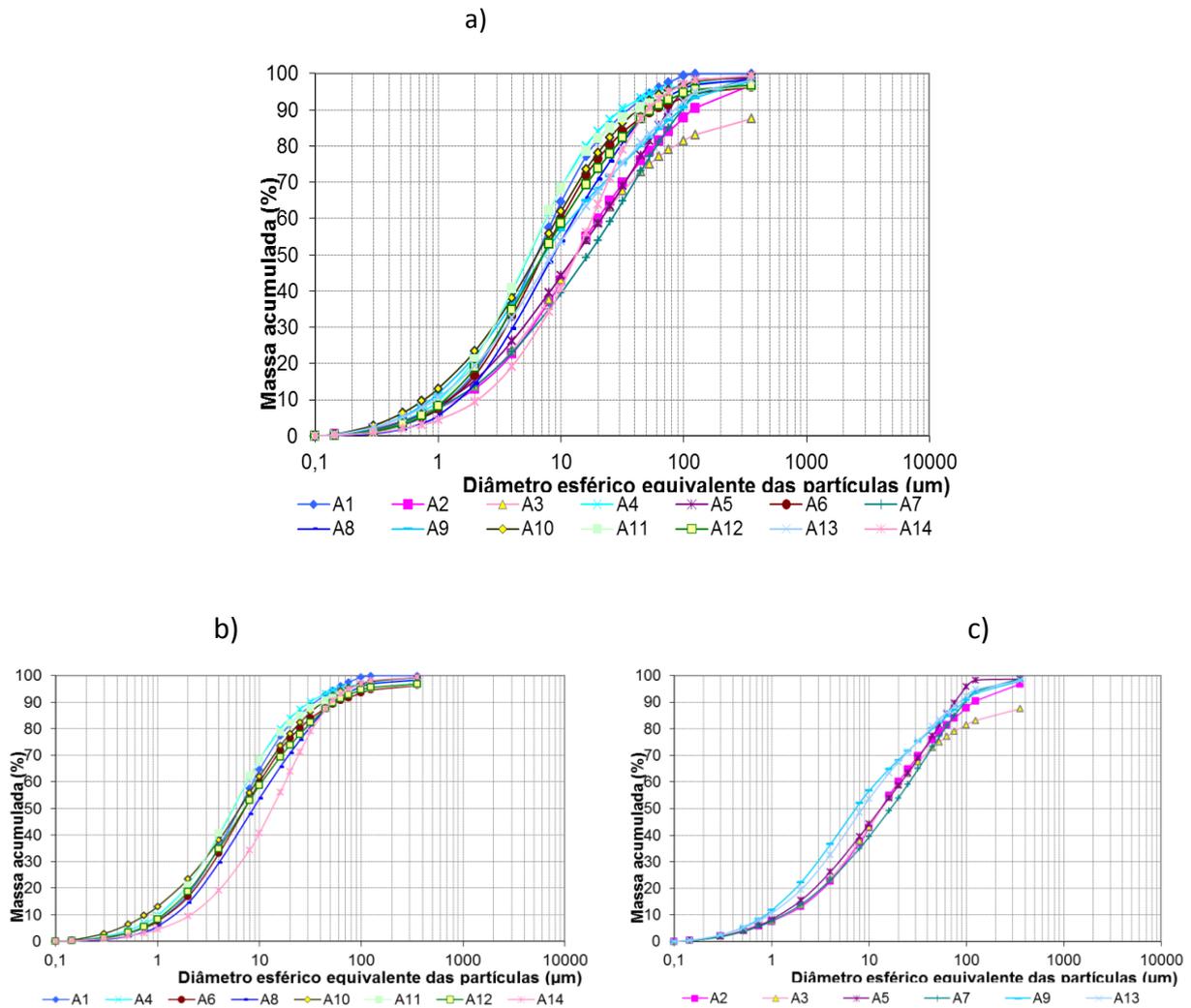


Fig. 6.2. Curvas de distribuição granulométrica da totalidade das amostras estudadas: a) total de amostras, b) e c) diferenciação textural em dois grupos de amostras

a. As curvas cumulativas apresentam tendência parabólica. A maioria das curvaturas revelam composições medianamente graduadas e calibração baixa, dada a escassez de sectores verticalizados das curvas. A graduação e calibração das amostras é relativamente homogénea, mas pode diferenciar-se um grupo com amostras de composição melhor calibrada, muito similar (excetuando a amostra A14), e outro grupo com amostras de composição mais graduada e menos calibrada. Neste grupo a fração inferior a 20µm representa 55 a 67% e no grupo anterior 70 a 84%.

- b. A fracção argila ($<2\mu\text{m}$) situa-se aproximadamente entre 12 e 23%, verificando-se os valores mais elevados preferencialmente no grupo de amostras melhor calibradas; a fracção $<1\mu\text{m}$, em geral, não excede 10% do total de partículas nos dois grupos.
- c. A percentagem de elementos de diâmetro superior a $50\mu\text{m}$ é, em geral, inferior a 20%. A maioria das amostras tem 50% das partículas com d.e.e. máximo entre 6 e $15\mu\text{m}$.
- d. O sector da curva correspondente à fracção $<1\mu\text{m}$ é pouco inclinado, na maioria das amostras, denotando boa graduação, mas um contributo muito reduzido das fracções granulométricas inferiores àquela dimensão.

6.1.2. Caracterização mineralógica

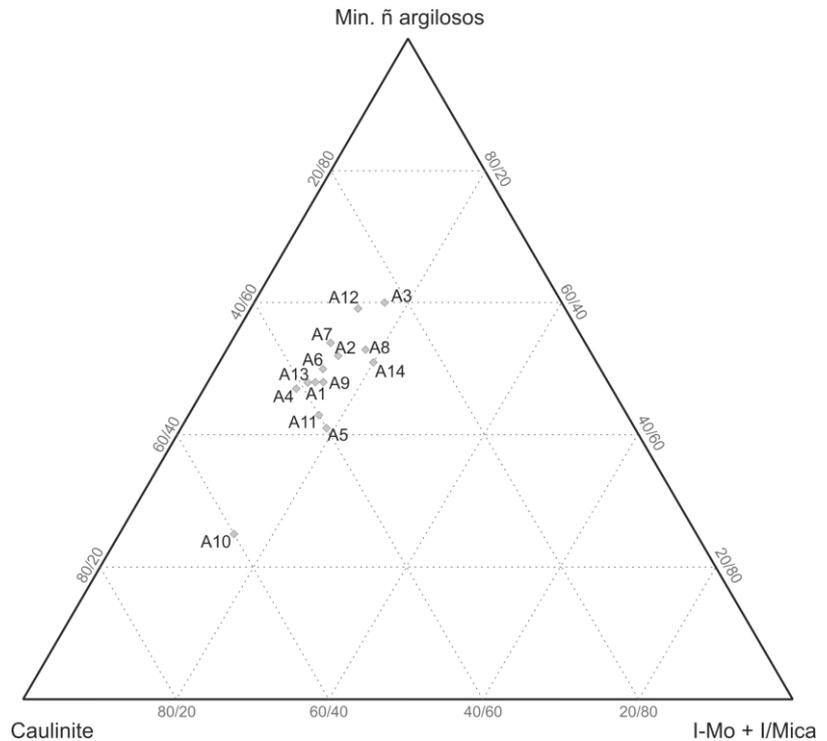
A composição dos materiais estudados consiste de filossilicatos, na maioria em percentagem superior a 50%, e minerais não argilosos, dos quais o quartzo é predominante. Na figura 6.3 tem-se difratograma exemplificativo de uma amostra onde não se identificaram minerais argilosos com máximos de difração característicos entre 2° e 10° (2θ) na amostra orientada. No difratograma correspondente à amostra total, as reflexões mais intensas são as do quartzo, com espaçamentos d estimados em $4,26\text{Å}$ (100) e $3,35\text{Å}$ (011), embora a última reflexão esteja em sobreposição com a reflexão (003) da ilite/mica. A caulinite é a par com a ilite/mica componente maior, representado por reflexões basais de $7,1-7,2\text{Å}$ e $3,55\text{Å}$, sendo a última mais intensa que as reflexões a $7,1-7,2\text{Å}$. Os feldspatos estão representados por feldspato potássico, identificado pela reflexão principal com $d= 3,24-3,25\text{Å}$ e pela reflexão com $d= 6,50\text{Å}$. Os máximos de reflexão da hematite ($2,69\text{Å}$) e goethite ($4,18\text{Å}$) têm baixa intensidade relativa, sendo o seu reconhecimento, por vezes, não conclusivo. No difratograma da amostra orientada ($<2\mu\text{m}$), a reflexão do quartzo é muito pouco intensa, consequência do reduzido teor neste mineral, sendo portanto de assumir que a intensidade das reflexões a $31^\circ 2\theta$ e $53,5^\circ 2\theta$, se devem à reflexão da ilite/mica.

Os resultados da análise semiquantitativa da composição mineralógica das amostras integrais moídas a dimensão de grão inferior a 200mesh ($74\mu\text{m}$) constam no quadro 6.1.

As amostras, globalmente, em termos médios, são constituídas em proporções próximas, por caulinite e quartzo, com predomínio da caulinite e em menor quantidade por ilite/mica, que se apresenta com teores bastante homogéneos ($x_m=15\pm 2\%$). Interestratificados de ilite/montmorilonite foram detectados vestigialmente nesta fracção, em 4 amostras. Relativamente a outros minerais acessórios não argilosos, o feldspato alcalino ocorre em todas as amostras em teores significativos ($x_m=8\pm 3\%$), assim como os óxidos de ferro, geralmente sob a forma de espécies “amorfas”, também em teores elevados ($x_m=8\pm 2\%$).

Relativamente à concentração dos minerais argilosos, verifica-se que a caulinite apresenta uma dispersão maior que a mica/ilite, que tem uma distribuição mais homogénea nas amostras (Fig. 6.4). As razões caulinite/ilite nas amostras integrais ($x_m=2.4\pm 0.7$) e na fracção argila ($x_m=1.0\pm 0.2$) traduzem também a uniformidade composicional.

Fig. 6.4. Diagrama ternário baseado nas características mineralógicas das amostras integrais estudadas: Minerais não argilosos / Caulinite / Illite + interestratificados



Na composição mineralógica semiquantitativa da fracção argila ($2\mu\text{m}$) há naturalmente um enriquecimento nos minerais argilosos das amostras, que não diferem substancialmente dos minerais identificados nas amostras integrais correspondentes (Quadro 6.1). Constata-se haver um aumento mais significativo da proporção de mica relativamente à caulinite, em relação aos valores da fracção integral, pelo que se deduz este mineral concentrar-se na fracção argila.

As argilas são ílítico-cauliníticas ou caulinitico-ílticas. Entre outros minerais argilosos observados, os interestratificados de illite/montmorilonite ocorrem na quase totalidade das amostras, em muito pequena quantidade e, a montmorilonite e clorite, apenas na amostra A14. Esta composição diferenciada das outras amostras pode ser indicador de um corpo argiloso depositado em condições ambientais diversas das anteriores, provavelmente com características de maior confinamento. Relativamente aos minerais não argilosos, os feldspatos estão quase ausentes nesta fracção, mas o quartzo, embora com redução acentuada tem uma representação significativa, assim como os minerais de ferro, provavelmente predominando sob forma “amorfa”.

Quadro 6.1. (página seguinte) Composição química (FRX), dos elementos maiores (%) das amostras integrais; composição mineralógica semiquantitativa (DRX) das amostras totais e fracção $<2\mu\text{m}$; propriedades tecnológicas cerâmicas. LL- limite de liquidez, LP- limite de plasticidade, IP- índice de plasticidade

Amostra	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
SiO ₂		61,6		57,44		60,06	62,4	63,76		54,7				59,51
Al ₂ O ₃		18,7		19,49		19,12	17,84	17,89		22,17				18,38
Fe ₂ O ₃		7,58		8,25		7,36	6,86	6,01		8,72				6,87
MnO		0,05		0,05		0,04	0,06	0,02		0,03				0,06
CaO		0,07		0,2		0,11	0,08	0,12		0,11				0,23
MgO		0,72		1,09		0,96	0,81	0,66		0,76				1,74
Na ₂ O		<0,2		<0,2		<0,22	<0,23	<0,2		<0,2				<0,2
K ₂ O		3,39		2,98		3,47	3,56	3,39		3,01				3,67
TiO ₂		1,06		1,42		1,26	1,2	1,08		1,34				1,04
P ₂ O ₅		0,05		0,04		0,04	0,04	0,04		0,04				0,07
PR		6,49		8,75		7,25	6,78	6,67		8,91				8,1
<u>SiO₂/Al₂O₃</u>		<u>3,29</u>		<u>2,95</u>		<u>3,14</u>	<u>3,50</u>	<u>3,56</u>		<u>2,47</u>				<u>3,24</u>
Fração integral														
Ilite-montm.	Vest.								Vest.		Vest.	Vest.		
Mica	14	15	17	12	19	14	13	18	15	15	17	14	13	20
Caulinite	38	33	23	41	40	36	33	29	37	60	40	27	39	29
Quartzo	27	29	47	31	28	33	34	32	33	15	29	46	34	38
Feld K	10	16	9	4	6	8	8	11	7	3	5	6	7	8
Min de Fe	11	7	4	12	7	9	12	10	8	7	9	7	7	5
<u>K/Ilite</u>	<u>2,7</u>	<u>2,2</u>	<u>1,4</u>	<u>3,4</u>	<u>2,1</u>	<u>2,6</u>	<u>2,5</u>	<u>1,6</u>	<u>2,5</u>	<u>4,0</u>	<u>2,4</u>	<u>1,9</u>	<u>3,0</u>	<u>1,5</u>
Fração <2 µm														
Clorite														7
Montmorilonite														4
Ilite-montm.	1		1	2	1	1	1	1	1		2	2	1	
Mica	39	49	40	41	35	40	41	41	43	44	46	45	42	49
Caulinite	42	43	47	42	50	42	44	45	49	48	36	34	47	29
Quartzo	11	4	9	10	13	12	10	10	4	6	10	15	6	6
Feld K	1	1	Vest.					Vest.	1		1		1	1
Min. de Fe	6	3	3	5	1	5	4	3	2	2	5	4	3	4
<u>K/Ilite</u>	<u>1,1</u>	<u>0,9</u>	<u>1,2</u>	<u>1,0</u>	<u>1,4</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>	<u>0,8</u>	<u>0,8</u>	<u>1,1</u>	<u>0,6</u>
<2µm	17,76	13,09	13,64	21,29	15,45	16,82	13,88	14,46	22,14	23,51	20,98	18,80	19,48	9,44
2-63µm	78,27	68,29	63,54	73,93	70,19	73,74	67,30	77,73	62,66	70,60	71,70	72,61	66,54	83,55
>63µm	3,97	18,62	22,82	4,78	14,36	9,44	18,82	7,81	15,20	5,89	7,32	8,59	13,98	7,01
Ab água 850°C	15,48	16,93	16,26	13,95	16,85	15,04	16,26	14,03	15,53	15,41	14,63	14,54	15,88	17,18
Ab água 950°C	14,40	15,72	15,51	12,55	15,80	13,05	15,44	12,09	14,27	14,62	12,98	13,66	15,32	15,33
Ab água 1050°C	12,07	14,44	14,54	9,16	14,55	12,40	14,01	11,08	13,10	12,37	10,10	10,88	13,62	14,02
pH _{1'}	7,40	7,19	7,54	7,53	7,49	7,32	7,65	7,34	7,52	7,08	6,82	7,53	7,68	7,80
pH _{15'}	7,49	7,32	7,55	7,41	7,46	7,35	7,67	7,13	7,47	7,06	6,89	7,49	7,60	7,76
RMF cru	35	19	19	22	20	45	29	48	24	36	33	36	26	37
RMF 850°C	50	46	26	37	54	54	33	116	83	107	51	48	38	117
RMF 950°C	124	73	120	171	80	249	91	161	95	135	117	180	48	136
RMF 1050°C	215	131	131	294	181	259	151	180	191	270	183	272	172	264
Ret v ₅	6	6	9	7	9	7	5	11	10	8	8	9	7	8
Ret tot 850°C	6	6	9	8	9	8	5	14	11	8	9	11	8	8
Ret tot 950°C	8	9	10	10	12	10	8	15	11	9	11	12	9	9
Ret tot 1050°C	8	9	10	11	13	11	8	16	11	10	11	12	10	9
LL	46,97	39,81	36,03	55,04	39,16	49,80	36,41	67,72	42,15	53,41	54,75	48,08	38,55	46,91
LP	27,92	25,63	22,23	29,63	24,87	30,09	23,89	41,16	25,79	29,35	33,96	30,32	23,60	30,19
IP	19,05	14,19	13,80	25,42	14,29	19,71	12,52	26,56	16,36	24,06	20,79	17,76	14,94	16,72

Da análise da correlação entre os minerais argilosos e as frações granulométricas areia, silte e argila, constata-se correlações significativas entre a caulinite – fração <2 µm e mica/ilite - fração 2-63 µm, o que sugere, respetivamente, concentração da caulinite na fração argila e da mica no silte.

Interpretação das curvas térmicas obtidas por análise térmica diferencial e gravimétrica

Durante a cozedura, as transformações térmicas ocorridas são relativamente homogéneas nos materiais argilosos estudados (Fig. 6.5). Verifica-se a ocorrência de um primeiro pico endotérmico a temperatura inferior a 100°C, correspondente à água higroscópica ou humidade que preenche capilares no material. Este pico precede outros até próximo de 200°C durante o qual se dá a continuação da libertação da água higroscópica ou de água zeolítica. Os efeitos endotérmicos deste fenómeno manifestam-se através de picos mais ou menos intensos na dependência da composição, respectivamente, mais ou menos ilítica das amostras. A observação de picos duplos, característicos da montmorilonite, não é perceptível devido aos teores vestigiais deste mineral. A perda de massa relacionada com a libertação da água higroscópica e zeolítica varia entre 0.76% (amostra A2) e 3.35% (amostra A8).

A reacção endotérmica entre 294°C e 311°C é explicada pela desidroxilação de hidróxidos de ferro e é observável em todos os diagramas, demonstrando os significativos teores de ferro. A perda de massa nesta reacção não ultrapassou 0.5 %, nas amostras estudadas.

Entre 496-508°C verificam-se picos endotérmicos correspondentes à reacção de desidroxilação dos minerais argilosos. O comportamento termodiferencial destes picos é influenciado pela relação do teor em ilite/mica e caulinite, com temperaturas mais elevadas e picos mais intensos nas amostras mais caulínicas. As perdas de massa entre aproximadamente 436 e 557°C, atribuídas à desidroxilação, entre 1.92% (A3) e 3.25% (A10) confirmam as observações baseadas nas curvas termodiferenciais. Existe uma marcada correlação entre a caulinite e a ilite/mica e, as perdas de massa verificadas naquele intervalo de temperatura.

Os picos a temperatura superior relacionados com a desidroxilação da caulinite (pico endotérmico) e formação de fases de alta temperatura (pico exotérmico) não são perceptíveis.

Os picos endotérmicos verificados nas amostras, à exceção da A8, entre 567-572°C, correspondem à inversão do quartzo $\alpha \rightarrow \beta$, cujo pico característico se verifica a 573°C. Este facto traduz o teor significativo em quartzo, na generalidade dos materiais em estudo.

A percentagem de perda total de massa aumenta com o enriquecimento em minerais argilosos e com a redução granulométrica do material. Os valores observados variam entre 5.28% (A13) e 10.62% (A8), correspondente a um material argiloso com baixa percentagem de elementos grosseiros (>63µm).

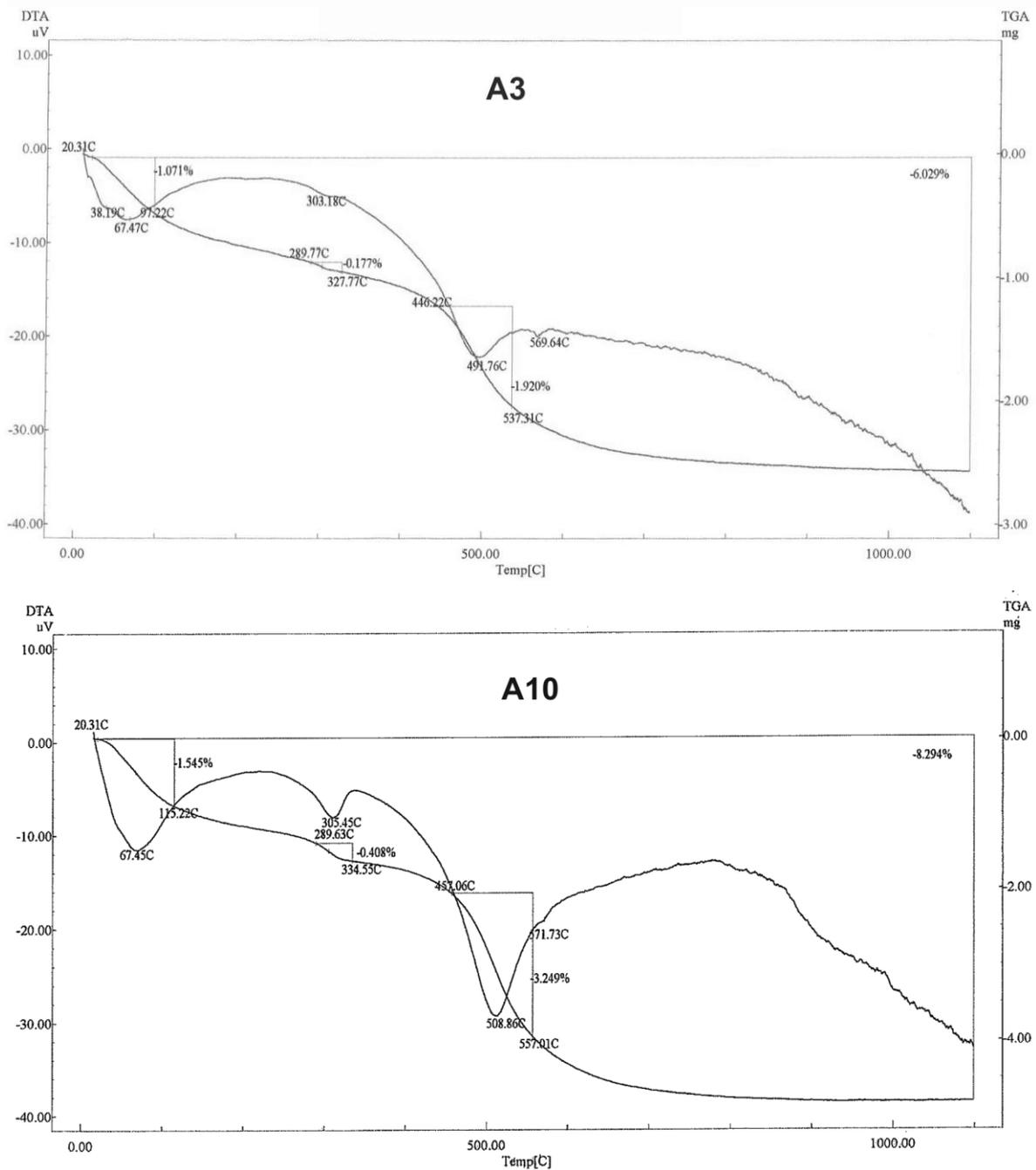


Fig. 6.5. Diagramas de ATD/ATG exemplificativos das amostras estudadas aquecidas até 1200°C (amostras A3 e A10)

6.1.3. Caracterização química

No grupo de amostras estudadas, os resultados da análise química por fluorescência de raios X (Quadro 6.1), revelam conteúdo acentuado de sílica (min=54.7%) e conteúdo relativamente baixo de alumina (max=22.17%).

Os teores dos óxidos dos principais elementos correlacionam-se com as características mineralógicas observadas, através das técnicas analíticas utilizadas. Nomeadamente, a sílica e a alumina, os principais óxidos, apresentam valores que são concordantes com os teores de quartzo e minerais argilosos reconhecidos nas amostras.

A sílica com um valor médio de $59.92\% \pm 3.09$ reflecte o teor em quartzo das amostras e a relativa homogeneidade dos valores encontrados.

Para a alumina obteve-se um valor médio de $19.08\% \pm 1.49$, indicativo também da homogeneidade deste óxido. Os valores de Al_2O_3 mais elevados relacionam-se com as amostras mais argilosas, em especial cauliníticas, caso do máximo observado na amostra A10 (22.2% de Al_2O_3).

A razão SiO_2/Al_2O_3 é em geral elevada (média=3.16) e concordante com composições ricas em quartzo e feldspatos. Os resultados obtidos para aquela razão são compatíveis com o tipo de argilas em estudo, argilas comuns.

Os teores de ferro são elevados (min=6.01; max=8.25%), muito superiores aos valores médios desejados para argilas de qualidade (Grade & Moura, 1980; Carvalho et al., 1999), mas adequados para argilas comuns (teor médio de Fe total de 7.38 %). Admite-se que parte do ferro se encontre em óxidos amorfos ou criptocristalinos e, ainda, na rede cristalina dos minerais argilosos, nomeadamente da illite, montmorilonite, clorite, interestratificados e feldspato, já que os minerais de ferro, hematite e goethite não foram claramente identificados.

As quantidades reduzidas de óxidos de cálcio e magnésio reflectem a ausência de minerais carbonatados, gesso ou talco. Os teores ligeiramente superiores de MgO estarão relacionados com a presença de pequenas quantidades de montmorilonite ou interestratificados deste argilomineral (amostra A14 e A4).

Nos alcalis o K_2O é predominante, devido à componente íltica das amostras e também, devido aos teores frequentemente significativos de feldspato-K.

Os valores de óxido de titânio estarão relacionados com a estrutura cristalina da mica moscovite, da caulinite e possivelmente com vestígios de rútilo associado ao quartzo. Nos difractogramas não foi reconhecido rútilo ou anatase. As quantidades de titânio são cerca de 1% ou ligeiramente superiores, pelo que podem influir na cor da argila (Santos, 1975).

Os teores de outros óxidos, Na_2O , MnO e P_2O_5 , estão abaixo do limite de deteção ou são muito baixos.

Os valores de P.R. reflectem a composição argilosa e também os hidróxidos existentes. Tendem para valores inferiores nas amostras siliciosas e ílticas, aumentando quando a percentagem dos minerais argilosos, sobretudo caulinite, aumenta relativamente à dos não argilosos.

6.1.4. pH

Os valores de pH de todas as amostras integrais (Quadro 6.1) evidenciam elevada homogeneidade, entre 6.89 e 7.76 (pH medido ao fim de 15 minutos), com $x_m = 7.40 \pm 0.24$. Este valor é ligeiramente

superior ao normal em argilas cerâmicas (em geral, 4 a 6), o que se explicará pela presença de pequenas quantidades de sais solúveis.

Devido à homogeneidade do pH, as correlações estudadas são geralmente fracas. Relativamente à relação entre o pH e os óxidos dos elementos maiores, verificam-se correlações mais fortes com o Mn e com os óxidos dos elementos alcalinos e alcalino-terrosos, sendo a maior, com o magnésio ($r=0.71$). Entre os minerais semi-quantificados, a caulinite exibe a mais forte correlação, negativa, com o pH.

Os catiões dos elementos susceptíveis de troca na estrutura dos minerais argilosos variam essa capacidade de troca, condicionando propriedades como a plasticidade e a viscosidade (Kirsch, 1968). De modo a verificar a eventual influência do pH nas propriedades tecnológicas, estudou-se a existência ou não, de correlação entre os valores estimados de pH das suspensões argilosas e os limites de consistência, a RMF e a absorção de água dos provetes cozidos, no conjunto das amostras. Verifica-se uma correlação negativa entre o pH, os limites de consistência e a RMF. Este facto poderá estar relacionado com maior quantidade relativa de caulinite, em que as forças de atracção entre partículas provocam floculação quando o pH é baixo (Gori, 1994). Pelo contrário, verifica-se correlação positiva entre pH e a capacidade de absorção de água.

6.2. Propriedades e comportamento cerâmico

6.2.1. *Propriedades relacionadas com distribuição dimensional do grão, limites de consistência e plasticidade*

As matérias-primas argilosas utilizadas na cerâmica estrutural englobam uma vasta gama de distribuições dimensionais de grão, que têm uma particular influência nos processos de moldagem e secagem dos corpos cerâmicos, bem como nas suas propriedades mecânicas após cozedura (Dondi *et al.*, 1998).

A distribuição de classes dimensionais do grão presentes nas matérias-primas usadas na cerâmica estrutural, depende do produto cerâmico em vista, mas se nos referenciarmos à classificação de Shepard (1954), em princípio, a classe do silte argiloso permite boas possibilidades de diversificação do fabrico de produtos cerâmicos, por lotação com outras matérias-primas.

Para investigar, em termos granulométricos, a aplicabilidade em cerâmica de construção dos materiais amostrados, projectaram-se no diagrama de Winkler (1954) os pesos das classes granulométricas das amostras, consideradas neste diagrama de referência (Fig. 6.6). Como se verifica, parte significativa das amostras cai fora dos campos definidos. Algumas amostras enquadram-se no campo do tijolo maciço (com maior fração areia) e no campo do tijolo furado. Da interpretação directa do diagrama deduz-se um défice, da generalidade das amostras, simultaneamente em fração argila e areia e que, a aplicação dos materiais representados em cerâmica de construção implicaria, na sua maioria, lotação.

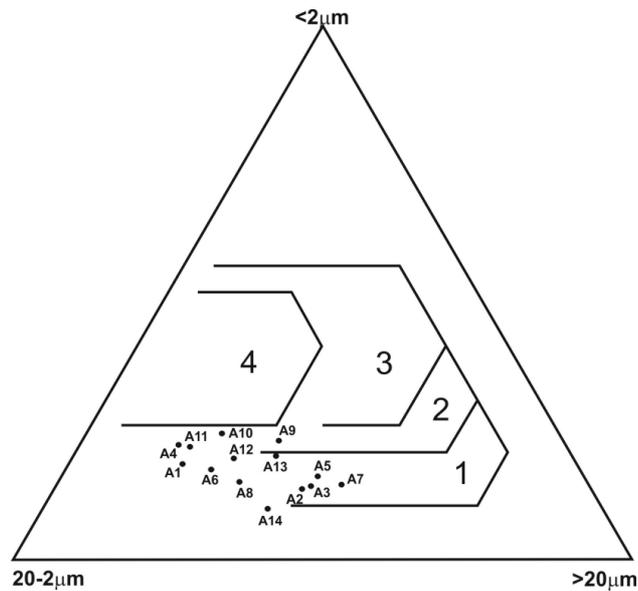


Fig. 6.6. Diagrama de Winkler (1954) com a classificação tecnológica de matérias-primas para cerâmica estrutural: 1- tijolo maciço; 2- tijolo furado; 3- telha; 4- tijoleira

A facilidade de conformação das pastas, bem como a aptidão destas à extrusão, são também factores fundamentais para a caracterização cerâmica. Neste sentido, o índice de plasticidade é frequentemente utilizado como guia indicativo para o conhecimento da trabalhabilidade e extrudabilidade dos materiais argilosos.

No Quadro 6.1 figuram os limites de consistência de Atterberg e os índices de plasticidade das amostras estudadas.

Bain & Highley (1978) propõem um gráfico com base no índice de plasticidade definindo dois campos de trabalhabilidade (moldabilidade), óptima e aceitável. O outro parâmetro considerado, o limite de plasticidade, é indicativo pela sua posição no gráfico, da retracção verde-seco qualitativa provável. A projecção das amostras no gráfico (Fig. 6.7) mostra que a generalidade das amostras terá uma trabalhabilidade aceitável. Outras ilacções se podem tirar da observação do gráfico: parte das amostras correspondentes a areia siltosa e silte arenoso terão baixa coesão, sendo portanto, inadequadas *per si*, ao fabrico de cerâmica estrutural.

Apenas uma amostra (A8) apresenta limite de plasticidade acima do campo de trabalhabilidade aceitável e a que corresponderá uma retracção crescente, o que de facto se verifica.

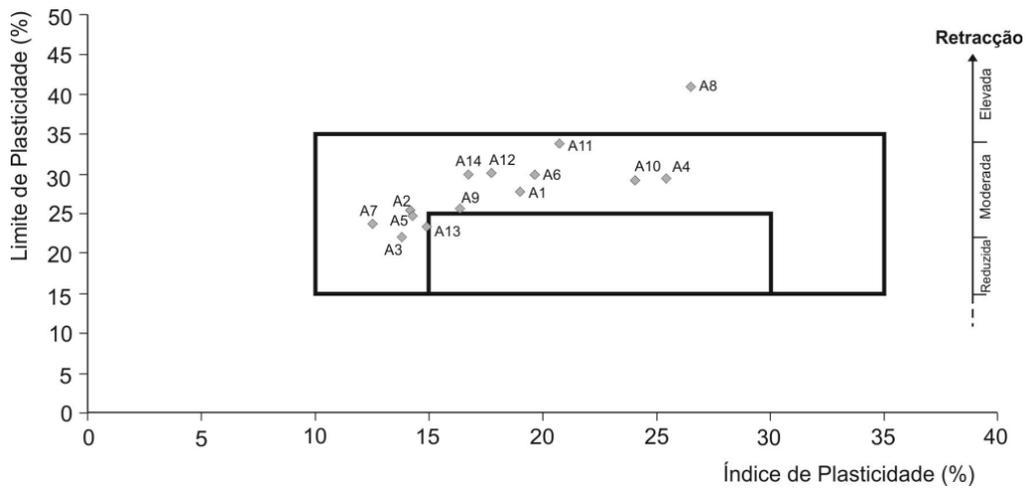


Fig. 6.7. Diagrama de trabalhabilidade de argilas adaptado de Bain & Highley (1978): aceitável (rectângulo maior) e óptima (rectângulo interno)

Com base nos campos definidos por Gippini (1969) no diagrama de Casagrande (Fig. 6.8), os dados de plasticidade mostram que a grande maioria das amostras se situa como seria de esperar, abaixo da linha *a* (siltes inorgânicos) e no campo da extrusão óptima e satisfatória. Considerando os valores do limite de liquidez e do índice de plasticidade de Atterberg, é de esperar menor apetência para a extrusão, nas amostras que caem fora dos campos definidos.

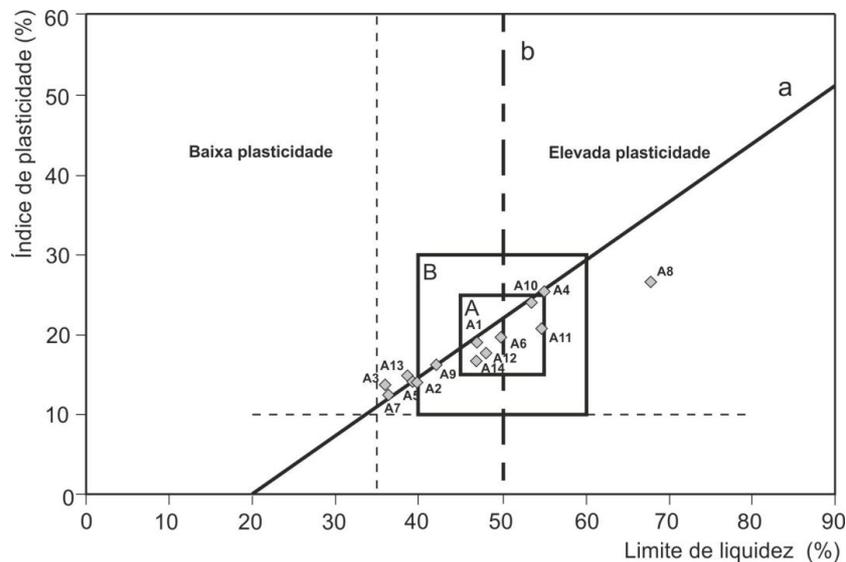


Fig. 6.8. Diagrama de Casagrande com os domínios relativos à extrusão de matérias-primas cerâmicas segundo Gippini (1969): A-ótimo, B-satisfatório; a linha *a* corresponde a uma fronteira empírica que separa as argilas inorgânicas (acima da linha) dos siltes inorgânicos e solos orgânicos; a linha *b* faz a separação entre os materiais com baixa e elevada plasticidade

6.2.2. Resistência mecânica à flexão e retração linear após secagem

Admite-se que os factores mais determinantes nos valores da resistência mecânica à flexão (RMF) sejam a natureza mineralógica, tamanho relativo dos grãos e o consequente empacotamento. Embora a moagem das amostras (<60 mesh) atenua o efeito granulométrico natural do material ensaiado (Fig. 6.1), as amostras com fracção argila mais elevada são as que geralmente apresentam RMF mais elevada. Relativamente à RMF em cru, os valores calculados são moderados ($x_m=31 \pm 9 \text{ kg/cm}^2$). A probabilidade de ocorrência de heterogeneidades nos provetes depois da extrusão e conformação poderá contribuir também para a dispersão verificada, particularmente na RMF, com uma variação significativa (CV = 0.3). Os valores mais baixos da RMF correspondem às amostras mais arenosas. As correlações mais importantes com outras propriedades, para a distribuição total de amostras (n=14) verifica-se com o LP (r=0,77) e LL (r=0,70), RMF em cozido a 950°C (r=0,66) e fracção silte (r=0,65).

De acordo com Santos (1985), a resistência mecânica à flexão em seco (valor médio=31kg/cm²) satisfaz os valores mínimos exigidos para o fabrico de tijolo (RMF_{seco}>15 kg/cm²) e em parte das amostras os exigidos para o fabrico de telha (RMF_{seco}>30 kg/cm²).

A retração que um corpo argiloso sofre, quer após secagem, quer após cozedura, é normalmente superior quando as argilas são mais plásticas e apresentam maior quantidade de partículas de dimensão coloidal, no entanto, não foi possível estabelecer um critério de variação deste parâmetro, cuja correlação com outras propriedades tecnológicas, para a distribuição total de amostras (n=14) não é significativa; a retracção linear após secagem, apenas tem uma correlação elevada com a retracção total após as cozeduras efectuadas (r>0.80).

No conjunto, os valores de retracção verde-seco das amostras são moderados a altos ($x_m=8 \pm 2\%$). Os valores mais elevados deste parâmetro podem estar relacionados, com a maior quantidade de minerais argilosos, principalmente, ilite ou esmectite.

Importa referir que os valores obtidos para a RMF em cru têm de ser considerados subestimados, pois os provetes ensaiados foram extrudidos num aparelho sem dispositivo de vácuo. Este condicionamento também se reflecte na obtenção de valores mais elevados da retracção linear, embora a sobrestimação dos valores desta propriedade seja, relativamente à RMF, em geral, menos significativa.

6.2.3. Resistência mecânica à flexão, retração linear e capacidade de absorção de água após cozedura cerâmica (850°C, 950°C E 1050°C)

Os valores de RMF da totalidade das amostras após cozeduras cerâmicas evidenciam heterogeneidade, ao contrário da registada para os valores observados desta propriedade em seco, onde as variações são menos significativas, para a mesma população. Os minerais argilosos têm uma importância crucial neste parâmetro, que se reflecte particularmente através das correlações positivas RMF₉₅₀ – IP e RMF₁₀₅₀ – IP.

Os valores obtidos para a resistência mecânica à flexão após cozedura a 850°C (valor médio=61kg/cm²) satisfazem para algumas amostras, os valores mínimos exigidos, segundo Santos (*op. cit.*), para o fabrico de tijolo (RMF_{cozido}>55kg/cm²) e até de telha (RMF_{cozido}>65 kg/cm²). Esses valores de referência são ultrapassados para a generalidade das amostras a 950°C (valor médio=127kg/cm²). Apenas a amostra A13 apresenta valores inferiores (Quadro 6.1).

Relativamente à retracção, tal como sucedia após secagem dos corpos de prova, também depois dos tratamentos térmicos não foi possível estabelecer correlação significativa entre esta e outras propriedades.

Depois de cozedura a 850°C verifica-se que os valores médios de retração seco-cozido são, em geral, baixos ($x_m=1\%$). Às temperaturas crescentes ensaiadas (950°C, 1050°C) os incrementos médios na retracção são semelhantes (1%). Uma maior retracção seco-cozido está normalmente associada, como no caso da retracção verde-seco, à esmectite e interestratificados de ilite/esmectite, geralmente vestigiais nas amostras ensaiadas e, de modo geral, a uma proporção maior dos minerais argilosos relativamente ao quartzo e feldspato. Estas características implicam uma perda de água mais lenta e portanto maior retracção total (seco-cozido), do que nas amostras analisadas.

As cozeduras cerâmicas dos materiais amostrados proporcionam para as temperaturas ensaiadas, produtos finais com porosidade decrescente, com médias de capacidade de absorção de água, entre 15.6% (850°C) e 12.6% (1050°C).

A elevada absorção de água observada deve-se, principalmente, às características granulométricas das amostras, que são siltosas, e possuem frequentemente baixa percentagem de fracção argila. A diminuição da capacidade de absorção de água a temperaturas crescentes é também influenciada pela presença significativa de minerais de ferro “amorfo” que actuando como fundentes contribuem para a vitrificação. No domínio da cerâmica de construção, considerando os valores médios obtidos para esta propriedade, os materiais ensaiados têm aptidão para produzir tijolo e abobadilha necessitando, na generalidade, de ser lotados com outras argilas para o fabrico de telha ou outros produtos cerâmicos mais nobres.

Na figura 6.9 é apresentada uma análise comparativa do comportamento das amostras representadas, relativamente a parâmetros cerâmicos estudados (resistência mecânica à flexão, retracção linear e capacidade de absorção), às temperaturas de cozedura seleccionadas.

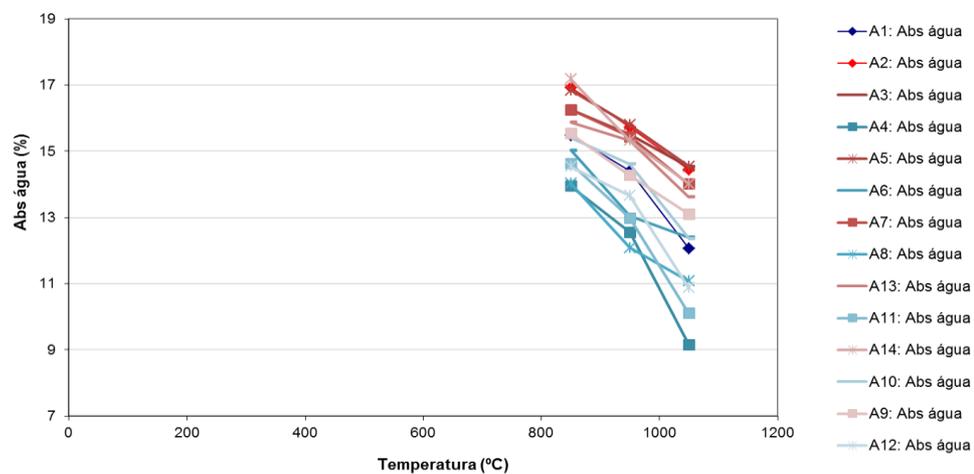
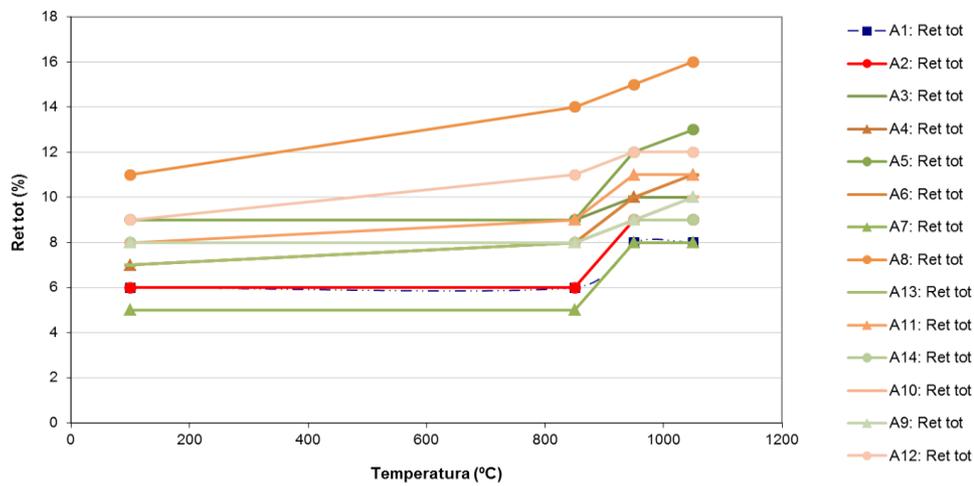
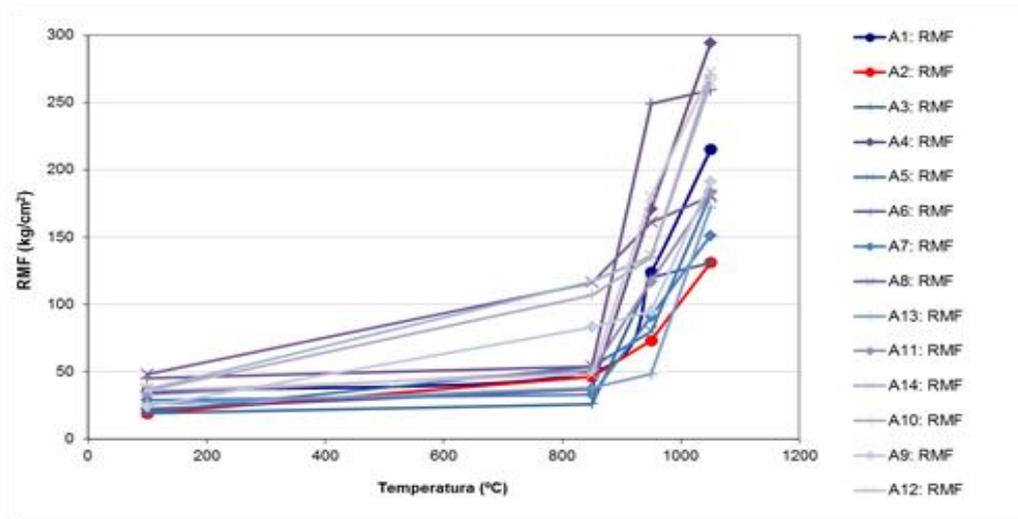


Fig. 6.9. Propriedades cerâmicas após cozedura das amostras na região de Torres Vedras – Bombarral. a) Resistência mecânica à flexão (RMF), b) Retracção linear total (Ret tot), c) Capacidade de absorção de água (Abs água)

Quanto à RMF, verifica-se que esta tem um incremento diferenciado, dependendo das amostras estudadas, desde 100°C (seco) até 1050°C. Entre 100°C e 850°C, constatou-se que a maioria das amostras tem variação pouco significativa de RMF, tendendo depois a ter forte aumento a 950°C. Apenas as amostras A8, A9, A10 e A14 têm incremento significativo a 850°C. Em duas amostras (A3 e A6), observa-se uma subida acentuada da RMF no intervalo 850 a 950°C, apresentam, em seguida, um comportamento relativamente estacionário até 1050°C.

O aumento pouco significativo de RMF seco-cozido (850°C) em parte significativa das amostras traduz que a esta temperatura, nesses materiais, a fase vítrea formada é ainda incipiente.

Por outro lado, nas amostras onde o aumento mais significativo de RMF ocorre no intervalo 850 a 950°C, sem variação tão significativa entre 950 e 1050°C, existiria já a 950°C, uma fase vítrea mais ou menos importante.

Para o aquecimento entre 850°C e 1050°C, os parâmetros cerâmicos estudados nem sempre mostram comportamento proporcional entre si.

Deste modo, as amostras que têm uma variação pouco significativa de RMF, entre 850 e 950°C, e uma subida acentuada nos valores desta propriedade até 1050°C, tendem a registar uma redução menos significativa de capacidade de absorção de água entre 850 e 950°C, do que entre 950 e 1050°C, embora esta relação nem sempre se verifique. A retração seco-cozido manifesta um incremento ligeiramente superior no intervalo 850-950°C; a variação na retracção linear total às diferentes temperaturas, não tem geralmente correlação significativa com a RMF às temperaturas correspondentes. Atribui-se este comportamento a um conjunto de factores concorrentes, como seja, o número reduzido de amostras e similaridade composicional dos materiais, que se manifesta em: relativa homogeneidade dos valores de capacidade de absorção de água e retracção (esta regista maior variação) e, dispersão nos valores de RMF (sobretudo após tratamento térmico). Nesta propriedade, a dispersão de valores está também relacionada com condicionantes do próprio processo de ensaio.

A formação de vidro e da mulite (esta geralmente a temperatura superior a 1000°C), com preenchimento de vazios, é responsável pela diminuição da capacidade de absorção de água e incremento mais ou menos significativo da retracção.

Tal como sucede no caso dos ensaios após secagem, pela mesma razão, também após cozeduras os valores têm de ser considerados subestimados no caso da RMF e sobrestimados para a retracção linear e capacidade de absorção de água. A maior probabilidade de ocorrência de heterogeneidades na extrusão e conformação, poderá contribuir também para a variação elevada, particularmente na RMF. Considerando que por vezes a diferença de valores obtida segundo os dois métodos se aproxima de 50% e que os valores obtidos são geralmente satisfatórios, as argilas ensaiadas podem considerar-se no conjunto, como argilas de qualidade para cerâmica de construção.

7. CARTOGRAFIA DOS RECURSOS ARGILOSOS POTENCIAIS

A cartografia geológica dos níveis argilosos da região teve como objetivo a representação dos recursos existentes, realçando sempre que possível, as zonas com maior interesse económico, tendo-se assim uma carta previsora de potencialidade.

As características litológicas (mineralogia, textura, cor) constituíram o principal critério para a definição das litótopos representados, tendo em consideração as unidades litostratigráficas anteriormente definidas pelos autores citados, cujos limites se adaptaram ao critério cartográfico seguido neste trabalho. Também a investigação laboratorial forneceu indicações composicionais, quanto aos níveis ou ritmos argilosos identificados, possibilitando a aferição de alguns deles, como níveis guia.

Relativamente à elaboração da cartografia, a interpretação estrutural e dimensional dos níveis argilosos foi dificultada pelos depósitos de cobertura e vegetação, que revestem grande parte da sequência sedimentar. Também os métodos de desmonte dos barreiros, locais preferenciais de realização dos perfis, por vezes não permitem uma percepção da coluna sedimentar, fornecendo apenas uma exposição parcial. Deparam-se, geralmente, três situações:

- Nas frentes do barreiro, os níveis argilosos que são explorados sazonalmente são cobertos nos intervalos de inatividade;
- Finda a extração de argilas na base do barreiro, a reposição de terras é quase imediata para a recuperação topográfica;
- Alguns dos barreiros foram explorados há muito tempo, fazendo com que se encontrem cobertos por densa vegetação.

Assim, devido à inexistência de afloramentos em grandes superfícies da área cartografada e dado não se dispor de logs de sondagens para a generalidade da área, as tipologias argilosas representadas no mapa foram inferidas com base em: relações estratigráficas e reconhecimento da profundidade das argilas em barreiros ou indiretamente, através da informação dos responsáveis daqueles.

Considerando estas dificuldades e de modo a expor no mapa a máxima informação existente, optou-se por representar, além dos afloramentos, áreas de ocorrência provável de recursos em argilas, não aflorantes, mas com elevada probabilidade de existirem a profundidade viável de exploração (<10m, dependendo da topografia). Estas áreas definiram-se, com base em sondagens e correlação estratigráfica de afloramentos e indícios (afloramentos não assinalados por ausência de expressão cartográfica à escala adotada e informação oral). Pressupõe-se que em várias situações, os corpos argilosos não aflorantes tenham continuidade e por isso, também as manchas assinaladas que os incluem, mas pelo critério de profundidade de exploração (<10m), essas manchas são interrompidas.

Relativamente a acidentes estruturais, além daqueles que já tinham sido referenciados na cartografia geológica publicada, foram foto-interpretados lineamentos, que poderão corresponder a falhas ocultas a partir do soco, mas as raras evidências observadas no campo destes acidentes, não têm geralmente expressão cartográfica.

Os litótopos propostos para o mapa compreendem os depósitos siliciclásticos que integram as formações formalmente definidas na bibliografia, aflorantes na área, e argilas, ocorrentes em ritmos ou níveis argilosos, diferenciados nos depósitos siliciclásticos. Nas argilas destaca-se a sua tipologia, em termos de afinidades composicionais e quanto ao carácter distintivo de algumas propriedades tecnológicas:

Depósitos aluvionares – correspondem aos depósitos fluviais recentes, constituídos por lodos siltosos e cascalheiras, na base. Estes depósitos encontram-se relacionados com as principais linhas de água e, os mais importantes na área estudada são os dos rios Grande, Corga, Real e Alcabrichel, onde podem atingir cerca de 20m de espessura (Manuppella et al. 1999).

Areias e cascalheiras – sob esta designação englobam-se conjuntos predominantemente arenosos acastanhados a amarelados, apresentando por vezes níveis com conchas, e cascalheiras. Integram os depósitos do Plio-Plistocénico e do Plistocénico, onde se incluem terraços fluviais.

Arenitos e conglomerados avermelhados – esta fácies integra arenitos finos a grosseiros e conglomerados, com matriz argilosa e cor predominante avermelhada. Podem ocorrer intercalações lenticulares de siltes e argilas mais ou menos siltíticas com tonalidades que vão do vermelho arroxeadado ao castanho amarelado e cinzento, mas cuja limitada continuidade lateral e/ou vertical, não lhes confere potencial como argilas cerâmicas. O litótipo compreende as fácies predominantemente grosseiras da Formação de Lourinhã e da Formação de Serreira, constituindo recurso geológico com potencial para agregados para construção civil.

Argilas – este litótipo corresponde aos corpos argilosos, com representação cartográfica à escala adotada. O litótipo compreende as fácies argilosas da Formação de Lourinhã e Formação de Serreira, que se identificaram no campo. Em termos de tipologia, as argilas caracterizam-se composicionalmente, por serem caulínico-quartzo-ilíticas, silto-argilosas, com fração areia variável, com teor de Fe (total) elevado (>6%) e, em termos tecnológicos, por capacidade de absorção de água (média) de 15%, resistência mecânica à flexão em cru de 30kg/cm² e plasticidade geralmente média a elevada (>12%). Apresentam características tecnológicas que apontam para uma utilização no sector do tijolo e abobadilha e também da telha, ainda que necessitando correcção.

Na área de Outeiro da Cabeça, observa-se uma diferenciação nos ritmos argilosos da sequência sedimentar, intercalando uma camada arenítica com ocorrências conglomeráticas (Fig. 5.2):

- **Ritmo argiloso superior** – argilas vermelhas com laivos esbranquiçados, por vezes siltosas e com níveis areníticos.
- **Ritmo argiloso inferior** – argila cinzenta esverdeada, siltosa, micácea, passando a argila avermelhada na base e nível arenítico.

Arenitos e conglomerados de cores claras – esta litofácies integra arenitos finos a grosseiros predominantes, feldspáticos, de cor dominante branca, amarelada a acinzentada, por vezes com laivos ferruginosos e com algumas intercalações de argilas arenosas pouco espessas, com calhaus dispersos, também de cores claras e níveis conglomeráticos. Este litótipo compreende as unidades litostratigráficas do Grupo de Torres Vedras (Berriasiano Superior a Aptiano). As argilas que o integram não têm aptidão para cerâmica de construção, mas os arenitos caulíniferos têm potencial em caulino. Destaca-se também o potencial dos arenitos, como agregados para construção civil.

8. ESTIMATIVA DE RECURSOS

A reduzida expressão dos afloramentos argilosos em grande parte da área, explica as escassas manchas cartográficas de argilas assinaladas.

Esta circunstância dificulta o cálculo de recursos em argila, que assim corresponde a uma estimativa, que é formulada, de acordo com a morfologia e geometria dos corpos argilosos, observada ou interpretada, sempre com o grau de incerteza inerente. Para o cálculo, considerou-se a espessura média mínima dos níveis argilosos nas áreas de ocorrência dos afloramentos pelos sectores antes referidos.

Na área de Outeiro da Cabeça - Campelos, os corpos argilosos apresentam notável continuidade lateral constituindo a oeste de Outeiro da Cabeça, uma mancha aflorante ou com cobertura reduzida (<1m), para a qual se estima um volume total de recursos da ordem de 61 milhões de m³ de argila, excluindo as áreas em exploração e recuperadas (já exploradas), especialmente importantes na área envolvente de Outeiro da Cabeça, onde a atividade extrativa se concentra. Acresce 9.2 milhões de m³, da mancha a oeste.

Na continuidade desta área para sul, a área de A-dos-Cunhados tem também um potencial comprovado elevado, estimando-se um volume de recursos em argila de 39.4 milhões de m³, por explorar.

A avaliação dos recursos no sector de Casalinho, de 9.9 milhões de m³ de argila, é dificultada pelas deficientes condições de afloramento das argilas (exceto ao longo de taludes do traçado da autoestrada A8), e o valor das reservas nesta área diminui substancialmente, pela afetação causada pelo traçado da autoestrada.

Na área de Adão Lobo a ausência de afloramentos também condiciona a validade da estimativa efetuada de 5.9 milhões de m³ de argila.

Além das áreas referidas, não se exclui a possibilidade de existência de depósitos argilosos significativos, ainda não reconhecidos, especialmente a norte de Campelos nas margens do rio Grande, onde se verificaram alguns afloramentos.

Verificam-se por vezes também, afloramentos argilosos distanciados entre si, mas a cotas, que de acordo com a atitude geral das camadas, e apesar seu do carácter lenticular, parecem traduzir a continuidade dos corpos argilosos, o que constitui forte indício de recursos avultados.

Exposto isto, estima-se um volume total de recursos argilosos na região de Torres Vedras – Bombarral da ordem de 125 milhões de m³. Este valor será na realidade superior, dado as estimativas serem feitas por defeito. Se atribuirmos um valor médio 2, à densidade dos depósitos argilosos, obteremos um total mínimo de 250 milhões de toneladas para o recurso.

O total de argilas até agora extraído nas áreas já exploradas (recuperadas ou não) e em exploração, embora elevado é pouco significativo ao nível global, dada a volumetria de recursos estimados na região.

Em síntese, se considerarmos os valores actuais do consumo de matéria-prima nas unidades cerâmicas da área em estudo (90.000 a 400.000 t/ano e um total de cerca de 1Mt), os recursos estimados permitem antever reservas efectivas, para muitas décadas de laboração, daí se comprovando a relevância dos recursos em argila vermelha nesta área, a nível nacional.

9. CONCLUSÕES

Os afloramentos de argila na região de Torres Vedras – Bombarral definem uma faixa segundo NE-SW, que abrange a parte superior da Formação da Lourinhã e a Formação de Serreira. Por este facto infere-se que os principais depósitos de argilas ocorrerão preferencialmente no topo da sequência do Titoniano. Verifica-se uma homogeneidade muito significativa nas características composicionais e propriedades da generalidade das argilas amostradas, diferenciando-se a argila colhida na área de Adão Lobo, a norte das restantes. Este facto sugere uma acentuada continuidade lateral e vertical de fácies para os corpos argilosos e, conseqüentemente, a mesma proveniência, assim como ambiente de sedimentação e posterior processo de compactação/diagenese, nas mesmas condições. A norte, na área da Adão Lobo, embora a proveniência seja provavelmente a mesma, os processos que levaram à génese das argilas terão obedecido a diferentes condições sedimentares e/ou diagenéticas, como evidencia a presença de esmectite e clorite.

Também ao nível da distribuição granulométrica das amostras se constatou dois conjuntos diferindo apenas ligeiramente, no grau de calibração. Verifica-se que as amostras representando níveis sucessivos da mesma coluna sedimentar, alternam quanto ao grau de calibração, o que indica variações de condições de energia, embora no conjunto as condições ambientais não tenham diferido, o que novamente traduz a importante continuidade lateral dos corpos argilosos na área e por isso, a expectativa de vastas reservas.

Relativamente à aptidão cerâmica das argilas, as características composicionais e tecnológicas avaliadas permitiram concluir que as matérias-primas estudadas têm maioritariamente boa aptidão à extrusão e trabalhabilidade e o seu comportamento em termos de propriedades tecnológicas confere-lhes aplicação em vários segmentos da Cerâmica de Construção. Para este fim, as argilas têm geralmente deficiência em areia, a qual pode ser suprida através do aproveitamento do níveis areníticos

intercalares. A matéria-prima é adequada para o fabrico de tijolo, abobadilha, alvenaria em geral e telha.

Estimaram-se recursos geológicos no valor de 125 milhões de m³. A estimativa deste volume, perante os dados disponíveis, reveste-se de um grau de incerteza elevado. No entanto, mesmo considerando que o volume de reservas úteis será significativamente menor que o estimado, essas reservas fazem da região de Torres Vedras – Bombarral uma das mais importantes para a indústria do barro vermelho a nível nacional.

Por tudo o exposto, o presente trabalho de caracterização e cartografia de recursos minerais constitui um instrumento para a gestão ambiental que importa ser considerado no sentido de salvaguardar as áreas de recursos com valor económico, a nível nacional, contribuindo para a sustentabilidade da atividade extrativa.

ORÇAMENTO

Os custos associados à realização deste projecto entre 2010 – 2012, reportam-se fundamentalmente à missões de campo e ao trabalho laboratorial na Unidade de Ciência e Tecnologia Mineral. As missões de campo foram suportadas através do Projecto Levantamentos Geofísicos (ano de 2010 – 2011) e através do Projeto MCE (ano de 2012).

REFERÊNCIAS

Bain, J.A. & Highley, D.E. 1978. Regional appraisal of clay resources – a challenge to the clay mineralogist. In: M.M. Mortland and V.C. Farmer (Editors), Proceedings VI International Clay Conference, Developments in Sedimentology 27, Elsevier, Amsterdam, pp. 437-446.

Bruguera, J. 1985. Manual práctico de cerámica. Omega, DL, XVI, Barcelona, 335 p.

Caputo 1998. Mecânica dos Solos e suas aplicações. Vol.1 e 2, 6ª ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro.

Carvalho, C.; Grade, J.; Moura, A.C. 1999. Classificação tipológica de argilas. Uma contribuição para o conhecimento do jazigo de Monsarros (Anadia). Estudos, Notas e Trabalhos, Instituto Geológico e Mineiro, 41, pp. 49-58.

Choffat, P., 1901. Notice préliminaire sur la limite entre le Jurassique et le Crétacique en Portugal. Bull. Soc. Belge Géol. Paléont. Hydrol. XV, 111-140, Bruxelles.

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.

- Gippini, E. 1969. Contribution à l'étude des propriétés de moulage des argiles et des mélanges optimaux de matières premières. *L'Industrie Céramique*, 619, Juin 1969, pp. 423-435.
- 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, Coimbra, 23-29 Março 1980, 23 p.
- Gori, U. 1994. The pH influence on the index properties of clays. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 50, Paris, 37-42.
- Hill, G. 1988. The sedimentology and lithostratigraphy of the upper Jurassic, Lourinhã Formation, Lusitanian Basin, Portugal. Thesis. Open University, Milton Keynes, 290 pp.
- Kirsch, H. 1968. Applied Mineralogy for engineers, technologists and students. Chapman & Hall and Science Paperbacks, 233 p.
- Kullberg, J.C.; Rocha, R.B.; Soares, A.F.; Rey, J.; Terrinha, P.; Callapez, P. & Martins, L. 2006. A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. Universidade de Évora, pp. 317-368
- 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, 1-215, 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 (1), 81-104, Stuttgart.
- Mouterde, R., Ramalho, M., Rocha, R. B., Ruget, C. & Tintant, H., 1972. Le Jurassique du Portugal. Esquisse stratigraphique et zonale. *Bol. Soc. Geol. Portugal XVIII* (1), 73-104, Lisboa.
- Montenat, C., Guéry, F., Jamet, M. & Berthou, P., 1988. Mesozoic evolution of the Lusitanian Basin: comparison with the adjacent margin. In Boillot, G. et al., *Proc. O.D.P., Sci. Res.* 103, 757-775, Washington.
- Pereira, V.B. 2003. Prospecção de argilas comuns da região de Torres Vedras – Bombarral. Relatório dos trabalhos realizados e programa de trabalhos propostos. Relatório interno do IGM.
- Rey, J., 1992. Les unités lithostratigraphiques du Crétacé inférieur de la région de Lisbonne. *Com. Serv. Geol. Portugal* 78 (2), 103-124, Lisboa.
- Rey, J. 1993. Les unités lithostratigraphiques du groupe de Torres-Vedras (Estremadura, Portugal). *Com. Instituto Geológico e Mineiro*. Tomo 79, pp. 75-85, Lisboa.
- Rey, J., 1999. Lower Cretaceous Depositional Sequences in the Cascais Area. *European Palaeont. Assoc. Workshop, Field trip A*, 57 p., 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.
- Rey, J., 1999. Lower Cretaceous Depositional Sequences in the Cascais Area. *European Palaeont. Assoc. Workshop, Field trip A*, 57 p., Lisboa.

Rey, J., 2006. Stratigraphie sequentielle et séquences de dépôt dans le Crétacé inférieur du Bassin Lusitanien. Ciências Terra (UNL) esp. VI, Lisboa.

Ribeiro, A.; Antunes, M. T.; Ferreira, M. P.; Rocha, R. B.; Soares, A. F.; Zbyszweski, G.; Moitinho de Almeida, I.; Carvalho, D. & Monteiro, J. H. (1979) - Introduction a la géologie général du Portugal. Serviços Geológicos de Portugal, 114 pp.

Ribeiro, A.; Kullberg, M. C.; Kullberg, J. C.; Manupella, G. & Phipps, S. (1990) – A review of Alpine Tectonics in Portugal: foreland detachment in basement and cover rocks. Tectonophysics, 184, pp. 357-366.

Santos, P.S. 1975. Tecnologia de Argilas. Vol. 1-Fundamentos e Vol. 2-Aplicações. Ed. Edgar Blucher, Universidade de São Paulo, São Paulo, 795 p.

Shepard, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology 24, 3, pp. 151-158.

Wilson, R. C. L. 1987. Atlantic Mesozoic marginal basins: an Iberian view. AAPG Bulletin, Vol. 71, 628 pp.

Wilson, R. C. L.; Hiscott, R. N.; Willis, M. G. & Gradstein, F. M. 1989. The Lusitanian Basin of West Central Portugal: Mesozoic and Tertiary Tectonic, Stratigraphic, and Subsidence History. In Tankard, A. J. & Balkwill, H. (Eds.): Extensional tectonics and stratigraphy of the North Atlantic margins. AAPG Memoir Vol. 46, Chapter 22, pp. 341-361.

Winkler, H.G.F. 1954. Bedeutung der korngrossen-verteilung und des mineral-bestandes von tonen fiir die herstellung grobkeramischer erzeugnisse. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft, 31 (10), pp. 337-343.

URMG (Alfragide):

José Vítor Lisboa, Rui Sardinha, Jorge Carvalho

UCTM (S. Mamede de Infesta):

Álvaro Oliveira

Alfragide, Dezembro de 2012

ANEXO 1:

Mapa Litológico de Recursos Argilosos da região de Torres vedras - Bombarral

Mapa Litológico e de Recursos Argilosos da Região de Torres Vedras - Bombarral



Base topográfica adaptada da Carta Militar de Portugal (escala 1:25.000) do Instituto Cartográfico do Exército:
 Folha n.º 349: Lourinhã, Folha n.º 350: Bombarral,
 Folha n.º 351: A dos Cambados e Folha n.º 352: Ramalhal.
 Equidistância das curvas de nível de 10m.

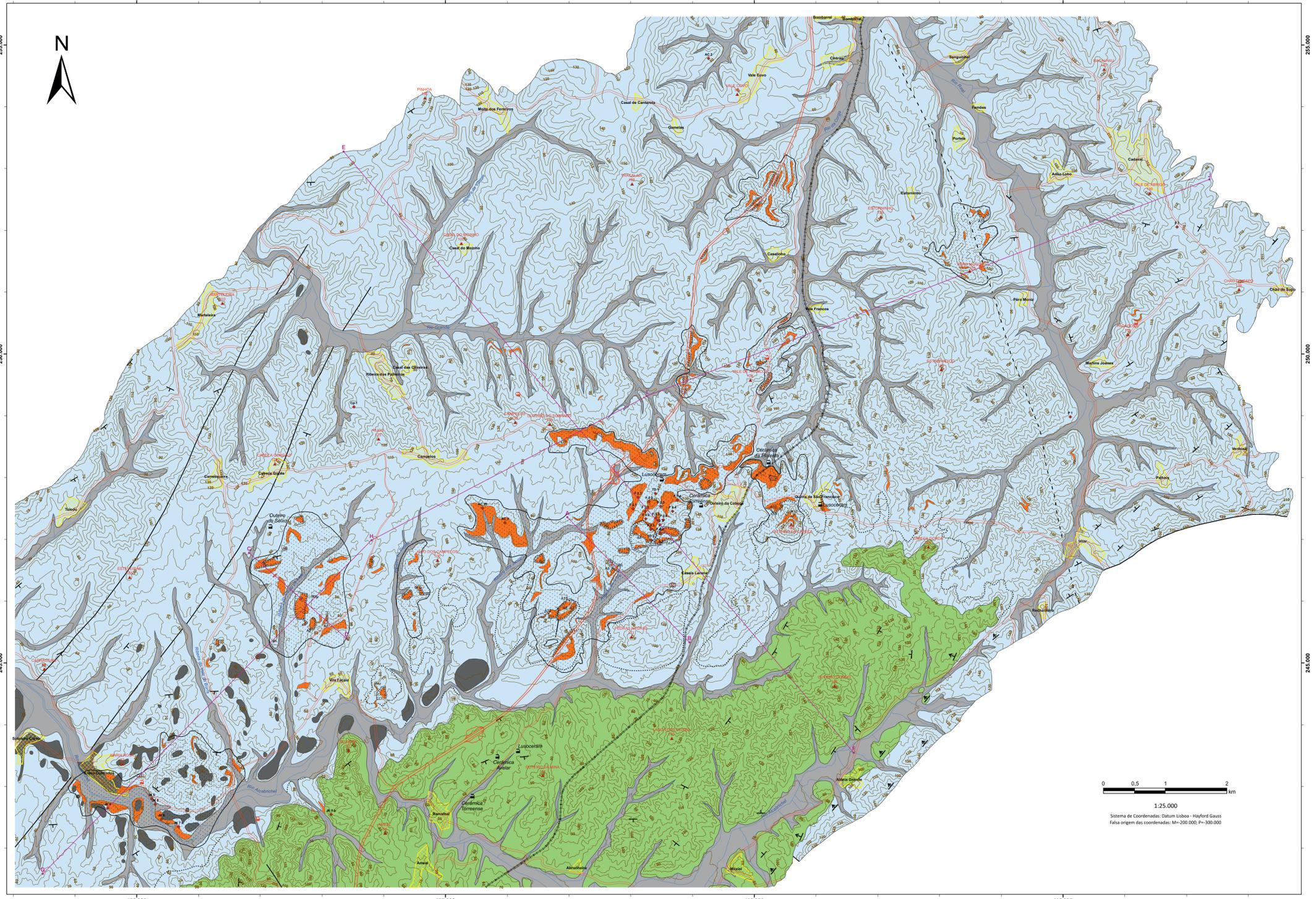
Base geológica modificada de:
 Folhas 50 A (Lourinhã) e 50 B (Bombarral)
 da Carta Geológica de Portugal (1:50.000)
 Rev. I, 1993.

Legenda

- Depósitos aluvionares
Holocénico
- Areias e cascalheiras
Plio-Pleistocénico e Pleistocénico
- Arenitos e conglomerados
de cores claras (Grupo de Torres Vedras)
Bemissiano sup. ? - Aptiano
- Arenitos e conglomerados
de cores avermelhadas
(*) Argilas
(Formação de Lourinhã e Formação de Serreira)
Titoniano ? - Bemissiano int. ?
- Base da Formação de Serreira

Simbologia

- Estratificação (Pendor < 30°)
- Estratificação (30° < Pendor < 60°)
- Estratificação (60° < Pendor < 90°)
- Limite geológico
- Falha
- Falha provável
- Amostra
- Sondagens
- Área Potencial em Argilas comuns
- Perfil geológico
- Talude / Barreiro
- Fábrica de Cerâmica (activa)
- Fábrica de Cerâmica (inactiva)
- Zonas urbanas
- Estrada
- Auto - Estrada
- Caminho de Ferro
- Vértice geodésico
- Curva de nível
- Linha de água



1:25.000
 Sistema de Coordenadas: Datum Lisboa - Hayford Gauss
 Falsa origem das coordenadas: M=200.000, P=300.000

