

## 6. SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Este trabalho baseou-se em 653 amostras compósitas (de cinco porções) de sedimentos de corrente de Portugal Continental, com uma densidade de amostragem de cerca de 1 amostra por cada 135 km<sup>2</sup>, e de acordo com as recomendações propostas no relatório final do projecto nº 259 do IGCP (DARNLEY et al., 1995).

Obtiveram-se resultados analíticos após dois ataques químicos diferentes:

- 1) com água régia, depois da qual se determinaram por ICP nove elementos maiores e menores Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Ti e 22 elementos traço Ag, As, Au, B, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Ni, Pb, Sb, Sr, Th, Tl, U, V, W, Zn e
- 2) com acetato de amónio, depois do qual se determinaram por AAS seis elementos traço Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn.

Em cerca de 10% dos locais de amostragem colheram-se amostras duplas. Estas e os respectivos duplicados analíticos permitiram a avaliação dos erros de amostragem e de análise. Os resultados desta avaliação validaram assim os resultados analíticos para vinte elementos analisados por ICP (Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Sr, Th, Ti, V, Zn) que foram utilizados nos procedimentos estatísticos. Para os restantes elementos analisados com este método analítico o limite de detecção revelou-se inadequado. Os resultados analíticos dos elementos analisados por AAS apresentam problemas quanto ao limite de detecção e quanto à reprodutibilidade dos baixos teores, mas apresentam boa reprodutibilidade para teores elevados, pelo que foram considerados válidos e utilizáveis sempre que se considerasse conveniente.

Foi determinada a composição mineralógica em cerca de 20% das amostras pelo método de difracção de raios-x.

Cada amostra foi classificada segundo a litologia que compõe a respectiva bacia a montante e segundo a zona geoestrutural onde ela se insere. Para estas classificações foram considerados quatro grupos litológicos - rochas graníticas, rochas metassedimentares,

rochas carbonatadas e formações sedimentares detríticas - e quatro unidades geoestruturais – Zona Centro Ibérica, Zona de Ossa Morena, Zona Sul Portuguesa (todas incluídas no Maciço Hespérico) e as Orlas (que inclui a Orla Ocidental, a Orla Algarvia e a Bacia terciária do Baixo Tejo e Sado).

Nos processamentos matemáticos privilegiou-se a utilização de métodos não paramétricos ou em alternativa a logtransformação dos teores (excepto para Al, Fe e Mg), para tentar reduzir ao máximo o efeito dos valores extremos naqueles processamentos, possibilitando assim a utilização de todas as amostras.

Os dados foram estudados utilizando métodos de estatística univariada e multivariada e análise por regressão, utilizando o programa STATISTICA 4.0. Através da análise estatística univariada calcularam-se os parâmetros estatísticos típicos de cada um dos elementos considerando os dados no seu conjunto e considerando cada uma das litologias e zonas geoestruturais. As relações entre os elementos foram estudadas através da análise de componentes principais. A análise por regressão permitiu avaliar a influência que as litologias, zonas geoestruturais, fracção argilosa, óxidos e hidróxidos de Fe e Mn exercem na distribuição dos elementos em sedimentos de corrente de Portugal Continental.

Os teores dos elementos nas amostras foram cartografados e apresentados em mapas, tal como os resultados dos diversos processamentos matemáticos, utilizando o programa de computador SURFER 6.04. Produziram-se 1) mapas coloridos de curvas de isoteor, recorrendo ao método de interpolação *krigagem* simples, em que as cores evidenciam o teor na amostra; 2) mapas de símbolos, em que geralmente o tamanho do símbolo está relacionado com o teor, ou com determinados percentis e 3) mapas compostos dos dois anteriores.

Este conjunto de dados permitiu justificar a distribuição da maioria dos elementos. Observaram-se os padrões geoquímicos dos elementos, para os quais foi possível estabelecer relações com as litologias, as zonas geoestruturais, os minerais, a fracção granulométrica, os óxidos e hidróxidos de Ferro e Manganês, fosfatos supergênicos, zonas de falha, ocorrências minerais conhecidas, problemas ambientais e outros factores tais

como o pH dos solos, a ocupação dos solos, as condições climáticas, o relevo, etc. Discutiram-se e comprovaram-se províncias geoquímicas e/ou metalogénicas que explicam melhor a distribuição de certos elementos do que os factores anteriormente referidos.

Aquelas relações permitem-nos concluir que a composição química da fracção granulométrica <80 mesh dos sedimentos de corrente de Portugal (após decomposição com Água Régia) depende de factores como:

- 1) “*background*” *litológico*, sendo possível esperar teores elevados de:
  - a) La, P, Th, Ti (U e W) em sedimentos provenientes de Rochas Graníticas;
  - b) Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni em sedimentos provenientes de Rochas Metassedimentares;
  - c) Ca, Sr (B, Cd) em sedimentos provenientes de Rochas Carbonatadas.
- 2) “*background*” *geoestrutural*, sendo possível esperar teores elevados de:
  - a) As, La, P, Th (W, Sb) em sedimentos colhidos na Zona Centro Ibérica;
  - b) V em sedimentos colhidos na Zona de Ossa Morena;
  - c) Co, Cu, Fe, Mn, Ni (Mo, Na) em sedimentos colhidos na Zona Sul Portuguesa.
- 3) *Fracção argilosa*. De entre os elementos traço estudados, o As parece ser o menos sensível a este factor.
- 4) *Óxidos de Ferro*, nomeadamente os elementos As, Cr, Cu, Ni, Pb, V
- 5) *Óxidos de Manganês*, nomeadamente os elementos Ba, Co, Ni, Zn
- 6) *Composição mineralógica*, ela própria naturalmente dependente do “*background*” *litológico*, sendo possível esperar teores elevados de:
  - a) Al, La, Th em sedimentos com quantidades elevadas de micas;
  - b) Th, Ti em sedimentos com zeólitos;
  - c) Ca, Sr em sedimentos com calcite ou Mg em sedimentos com dolomite.

Com base no conjunto de dados obtidos e apoiados na informação disponível foi possível atingir os objectivos a que nos propusemos, designadamente:

- 1) Criar uma base de dados geoquímicos de Portugal Continental referente a 31 elementos, com base numa rede de amostragem de baixa densidade de sedimentos de corrente.

Este objectivo foi razoavelmente cumprido. Para os elementos Ag, Au, B, Bi, Cd, Mo, Na, Sb, Tl, U, W não foi possível determinar os teores de fundo devido a limites de detecção analíticos demasiado elevados. É pois necessário encontrarem-se métodos analíticos alternativos para estes elementos com limites de detecção mais baixos.

- 2) Produzir mapas geoquímicos à pequena escala (1 / 3 000 000) com base nos dados referidos no ponto 1.

Este objectivo foi totalmente cumprido para os elementos não referidos em 1). Para estes elementos, embora se tenham produzido os respectivos mapas, eles são limitados em termos de informação quanto a valores de fundo, possibilitando, no entanto evidenciar as amostras que apresentam teores elevados.

- 3) Contribuir para a compreensão da variação geoquímica dos elementos cartografados e seus factores, e portanto para o conhecimento da geoquímica desses elementos em ambiente superficial.

Tentámos que este trabalho contribuísse para a compreensão da variação geoquímica dos elementos estudados, procurando e discutindo razões para a sua distribuição espacial em ambiente superficial.

- 4) Apresentar uma proposta de valores que sirvam de apoio ao estabelecimento de critérios ambientais.

Este objectivo foi cumprido com algumas reservas, uma vez que para além dos valores propostos serem passíveis de discussão, a sua utilidade revela-se diminuta. Isto porque, a composição química de sedimentos de corrente pode não traduzir a composição química de solos ou águas adjacentes. No entanto, sendo este o primeiro trabalho de cartografia geoquímica realizado em Portugal Continental, que por isso mesmo permitiu ter uma primeira imagem geoquímica de Portugal Continental no seu todo, não podíamos deixar de o fazer.

Independentemente da razoabilidade ou não destes valores, em estudos de avaliação dos níveis de poluição ou no estudo de locais que se presume contaminados por elementos potencialmente nefastos, os valores naturais de um determinado local deveriam ser sempre verificados tendo por base *dados-geoquímicos-de-referência*. Estes deveriam ser criados a partir de um plano de cartografia sistemática de solos - uma filosofia de trabalho semelhante à utilizada neste trabalho - e com base numa densidade de amostragem mais

elevada. Por exemplo, os dados-geoquímicos-de-referência da Finlândia baseiam-se numa cartografia com uma densidade de 1 amostra / 4 km<sup>2</sup> (TARVAINEN, 1996).

Assim, os dados que compõem este trabalho não são mais do que uma primeira aproximação deste tipo de dados-de-base.

Apesar de se terem atingido os objectivos de uma forma razoável, consideramos ser importante que em trabalhos futuros se tenha em consideração os seguintes aspectos:

- 1) É necessário encontrar métodos alternativos para alguns dos elementos que fazem parte deste trabalho. Além disso, o lote de elementos analisados foi relativamente restrito, se o compararmos com a tabela periódica. De entre os elementos que não foram objecto de estudo neste trabalho existem alguns que deverão ser incluídos em futuras análises, como por exemplo o Hg, Se, F, S devido à sua importância em termos ambientais, ou o Li, Be, Rb, Zr, Nb, Sn, Te.
- 2) O recurso a outros métodos de preparação física e/ou química bem como a determinação da matéria orgânica e de parâmetros físico-químicos (como o pH) nas amostras ajudaria a compreender os aspectos menos claros das ligações entre elementos e os sedimentos de corrente.
- 3) A utilização de outras densidades de amostragem bem como a diversificação dos meios de amostragem são outros aspectos que deverão ser considerados em termos de futuro. Os solos já foram considerados neste projecto, mas não neste trabalho. Águas, rocha, vegetação aquática e plantas terrestres deveriam também ser consideradas em trabalhos futuros, se quisermos obter uma boa caracterização ambiental de Portugal.
- 4) A utilização de outros métodos de tratamento estatístico que possibilitem a análise mais aprofundada dos dados, nomeadamente o estudo variográfico.
- 5) A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica deveria também ser considerada em termos de futuro, uma vez que permitiria uma melhor integração deste tipo de dados com outros de possível interesse.

Julgamos que este trabalho - e outros que poderão e deverão surgir neste âmbito – serve de forma clara para a caracterização geoquímica do ambiente superficial de Portugal, tendo sido criada uma ferramenta base que poderá servir áreas tão distintas como a prospecção de recursos minerais, a agricultura, o ambiente e a saúde humana e animal.