

Base de dados de sedimentos para aplicações forenses

Sediments database for forensic applications

A. GUEDES – aguedes@fc.up.pt (Universidade do Porto, Centro de Geologia, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências)

H. RIBEIRO – helena.ribeiro@fc.up.pt (Universidade do Porto, Centro de Geologia)

A. RODRIGUES - andrea.oberon81@gmail.pt (Universidade do Porto, Centro de Geologia)

B. VALENTIM – bvvalent@fc.up.pt (Universidade do Porto, Centro de Geologia, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências)

H. SANT’OVAIA – hsantov@fc.up.pt (Universidade do Porto, Centro de Geologia, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências)

F. NORONHA – fmnoronh@fc.up.pt (Universidade do Porto, Centro de Geologia, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências)

RESUMO: Com vista à constituição de uma base de dados para aplicações forenses, com as características dos sedimentos e solos de Portugal continental, foram amostradas praias (praia e duna), foz de rios, cabedelos e restingas de norte a sul. As amostras colhidas têm vindo a ser analisadas através de várias técnicas analíticas e efectuados diversos estudos para avaliar que propriedades dos sedimentos são mais adequadas para a discriminação entre as áreas amostradas e amostras colhidas.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimentos, forense, análise hierárquica de grupos.

ABSTRACT: In order to build up a forensic database with the characteristics of the sediments and soils of the Portuguese mainland hundreds of beach and dune sediment samples were collected. The samples have been analyzed by several analytical techniques and several studies were undertaken to assess which are the properties best suited to the discrimination between areas and samples.

KEYWORDS: sediments, forensic, cluster analysis.

1. INTRODUÇÃO

As partículas do solo e sedimentos aderem facilmente a roupas, sapatos, veículos e ferramentas, podendo, conseqüentemente, ser tratadas como indícios, associando ou eliminando um suspeito a uma dada cena de crime. Todavia, uma questão importante numa investigação forense é saber se um dado conjunto de propriedades de um dado solo ou sedimento permite a sua discriminação de um outro. Assim, um número elevado de métodos analíticos, tem sido utilizado para a sua caracterização. Por sua vez, os materiais, métodos e instrumentos disponíveis para os geólogos forenses têm evoluído nos últimos anos de modo a proporcionar a preservação das provas recolhidas assim como métodos de medição mais objectivos.

Neste estudo, a fim de aprofundar a investigação acerca de quais são as propriedades dos sedimentos mais adequadas para a discriminação entre os locais e as amostras estudadas e os efeitos do contexto geológico e da litologia envolvente, foram colhidas amostras de sedimentos de praia e de duna e analisadas as seguintes propriedades: cor, distribuição granulométrica, composição química e susceptibilidade magnética.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para exemplificar o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido seleccionámos um dos exemplos estudados que diz respeito a amostras de sedimentos de praia e de duna colhidas em perfis transversais à linha de costa, em três locais da costa Portuguesa com contextos geológicos de litologias contrastantes, nomeadamente calcários, granitos e metasedimentos, respectivamente: 1) Quiaios (amostra de praia, F125 e amostra de duna, F124); Cabedelo (amostra de duna, F127) e Figueira da Foz (amostra de duna, F126); 2) Afife (amostra de praia, F128 e amostra de duna, F129); 3) Espinho (amostra de praia, F144 e amostra de duna, F143). Adicionalmente, tendo como objectivo a avaliação da variabilidade espacial de sedimentos a pequena escala, foram colhidas, em cada local, três amostras (designadas por #A,B,C) seguindo os procedimentos descritos por Saye e Pye (2004) e Pye (2007). Após a amostragem, embalagem e transporte das amostras, estas foram secas e divididas em duas sub-amostras: uma armazenada como duplicado e outra para ser utilizada em diversas análises: cor, distribuição granulométrica, análise química e susceptibilidade magnética.

Relativamente aos métodos de análise, a cor foi medida nas amostras tal e qual, em resultado dos resultados obtidos anteriormente por Guedes et al. (2009), num espectrofotómetro Konica Minolta CM-2600d, programado para efectuar três medições sequenciais, sendo o valor obtido a média dessas três medições. Os parâmetros de cor analisados ($L^*a^*b^*$) foram tratados informaticamente no *software* SpectraMagic NX.

A distribuição granulométrica da fracção <900µm foi determinada automaticamente num granulómetro Coulter LS130, no LNEG (S. Mamede de Infesta).

A determinação da composição química das amostras foi precedida de uma peneiração. Todavia, para minimizar as variações nas propriedades geoquímicas devidas ao tamanho das partículas, as amostras foram peneiradas, a seco, num peneiro de 100 mesh (150µm), e a fracção <150µm foi reservada para análise (Pye e Blott, 2009). Nos casos em que as amostras não forneceram a quantidade mínima (1g), para análise, de fracção <150µm, utilizaram-se as três amostras colhidas em cada local para formar uma amostra compósita, que forneceu valores médios para cada local amostrado. A composição química dos sedimentos foi determinada através de ICP-MS no laboratório ACME (Canadá), e determinadas as concentrações dos seguintes elementos: Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, Al, Na, K, W, Zr, Sn, Be, Sc, Y, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Li, Rb, Ta, Nb, Cs, e Ga.

A Susceptibilidade Magnética também foi medida na fracção <150µm numa balança Kappabridge, modelo KLY-4S da Agico (Republica Checa) utilizando o *software* da Agico “Sumean”. As medidas foram efectuadas em um grama de amostra e os resultados expressos em m^3/kg (χ).

Foi efectuada uma análise hierárquica de grupos (*clusters*) para verificar que propriedades dos sedimentos são mais importantes na discriminação entre amostras.

Uma primeira análise de grupos foi realizada a fim de verificar se existia, e se era possível obter de forma significativa, a discriminação entre as amostras usando cada método analítico individualmente. Uma segunda análise foi realizada através da combinação do resultado da cor, da distribuição granulométrica e da análise de susceptibilidade magnética. Os resultados da análise ICP-MS não foram incluídos devido à inexistência de quantidade suficiente da fracção

<150µm em cada uma das três amostras individuais colhidas em cada local. Os grupos foram determinados com os valores normalizados (para eliminar o efeito de escala), utilizando o “Quadrado da Distância Euclidiana” como medida de dissemelhança e o “Método Ward” como método aglomerativo de análise, tendo sido excluídos os elementos que apresentavam valores abaixo do limite de detecção em pelo menos uma das amostras. O *software* estatístico utilizado para todas as análises foi o SPSS (16,0).

3. RESULTADOS

A totalidade das análises efectuadas permitiu obter, para análise estatística de grupos, sessenta e cinco variáveis quantitativas: análise de cor (3), distribuição granulométrica (8), análise química (51), e susceptibilidade magnética (1). Esta análise estatística, com base apenas nos resultados da composição química, permitiu a discriminação entre amostras provenientes de diferentes contextos geológicos (Fig. 1). Utilizando a combinação dos resultados de cor, distribuição granulométrica e susceptibilidade magnética na análise de grupos (Fig. 2), observou-se uma clara discriminação não só entre amostras de diferentes contextos geológicos, mas também entre amostras de duna e de praia e entre as amostras analisadas.

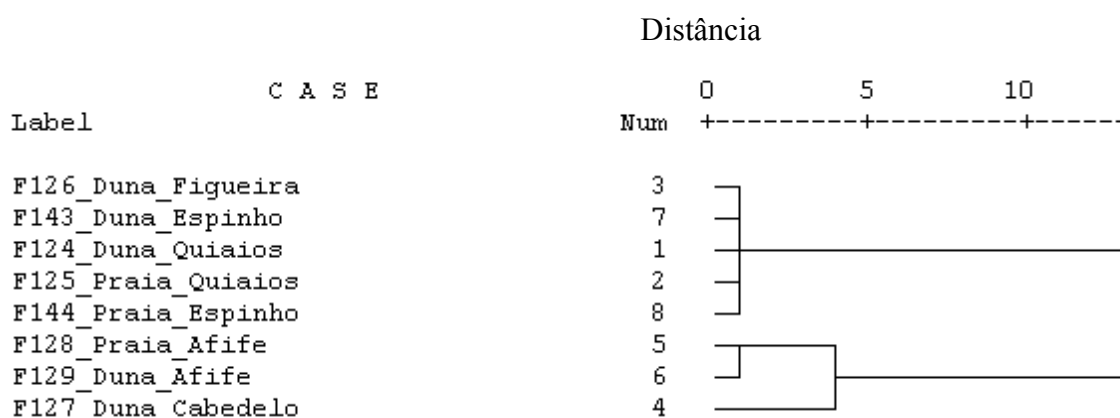


Figura 1 - Resultado da análise de grupos utilizando os valores da análise química (excepto Cd, Be, S, Tb, Ho, Tm e Lu, cujos valores se encontram abaixo dos limites de detecção).

4. CONCLUSÕES

O exemplo mostrado neste trabalho revela a importância da combinação de várias técnicas analíticas na discriminação dos sedimentos costeiros do território Português.

Uma vez que os resultados são provenientes de amostras colhidas em três contextos geológicos representativos eles são a primeira abordagem (amostras de controlo) que permite fornecer informações rápidas e relevantes para a futura selecção de áreas costeiras de busca e comparação com amostras de sedimentos provenientes de uma investigação forense (amostras alvo ou amostras de comparação). Os resultados apresentados neste trabalho fazem parte da base de dados de solos/sedimentos para aplicações forenses que se encontra em elaboração no Centro de Geologia da Universidade do Porto.

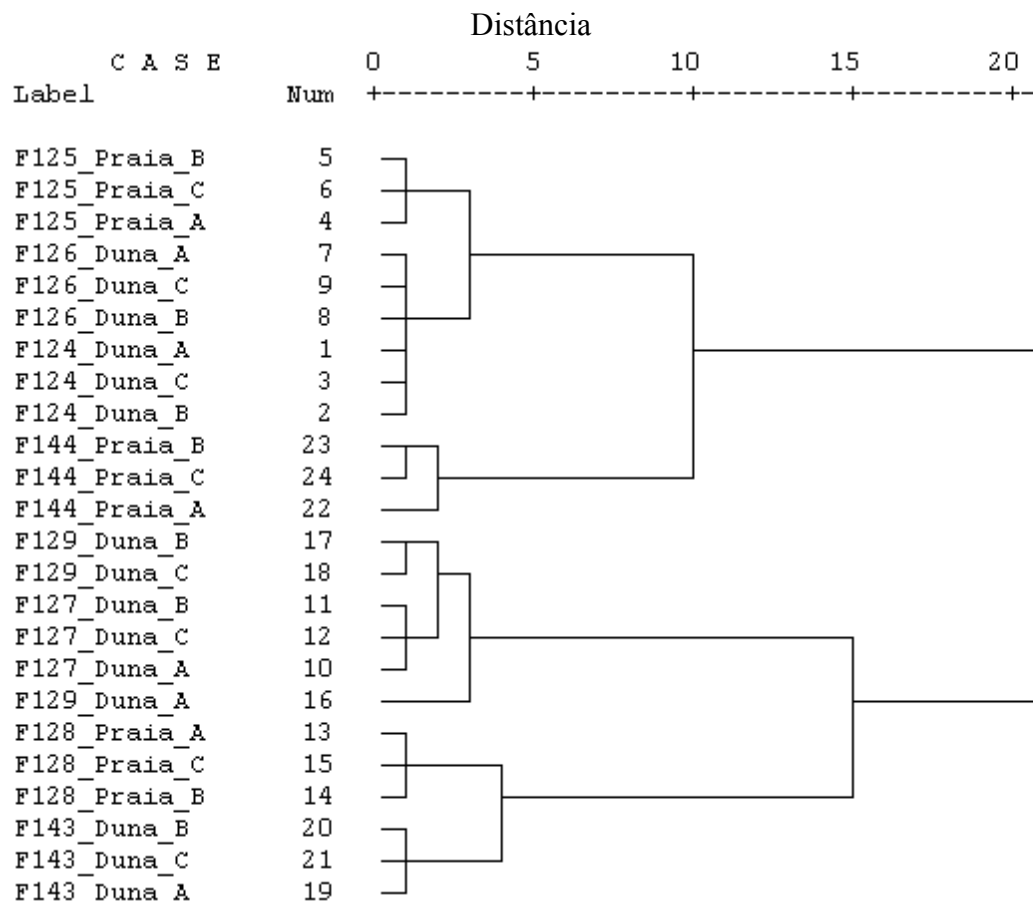


Figura 2 - Resultado da análise de grupos utilizando os valores dos parâmetros de cor ($L^*a^*b^*$), da distribuição granulométrica (média, mediana, moda, D_{10} , D_{25} , D_{75} , D_{90} e $D_{90}-D_{10}$) e da susceptibilidade magnética obtidos em cada uma das três amostras de sedimentos colhidos no mesmo local das diferentes zonas estudadas [Contexto carbonatado: F124 e F125 (Quaios); F126 (Figueira da Foz); F127 (Cabedelo). Contexto granítico: F128 e F129 (Afiife). Contexto metassedimentar: F143 e F144 (Espinho)].

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo projecto PTDC/CTE-GEX/67442/2006 (FCT, Portugal).

Referências

- Guedes, A, Ribeiro, H., Valentim, B., Noronha, F. (2009) - Quantitative colour analysis of beach and dune sediments for forensic applications: a Portuguese example. *Forensic Sci. Int.* 190, (1-3), pp. 42-51.
- Pye, K. (2007) - *Geological and Soil Evidence: Forensic Applications*, CRC, Boca Raton, London.
- Pye, K., Blott, S.J. (2009) - Development of a searchable major and trace element database for use in forensic soil comparisons. *Science and Justice*, 49, pp. 170-181.
- Saye, S.E., Pye, K. (2004) - Development of a coastal dune sediment database for England and Wales: Forensic applications, in: K. Pye, D.J. Croft (Eds.), *Forensic Geoscience: Principles, Techniques and Applications*, Geological Society Special Publications, London, pp. 75-96.