



**XII**

**CONGRESSO**

**CONGRESO**

**IBÉRICO DE GEOQUÍMICA**

**Extended Abstracts**

22 - 26 Setembro de 2019  
Septiembre

Évora, Portugal

# CIG 2019

XII Congresso Ibérico de Geoquímica | XX Semana da Geoquímica

22-26 setembro de 2019, Évora, Portugal



**Extended Abstracts**

## **Caracterização da contaminação dos solos da envolvente da escombreira da antiga mina de carvão de São Pedro da Cova**

### ***Characterization of soil contamination surrounding the old São Pedro da Cova coal mine wastepile***

**Santos, P.<sup>1\*</sup>, Espinha Marques, J.<sup>1,2</sup>, Ribeiro, J.<sup>2,3</sup>, Rocha, J.<sup>1</sup>, Flores, D.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

<sup>2</sup> Instituto de Ciências da Terra – Pólo do Porto

<sup>3</sup> Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra

\* patricia.santos@fc.up.pt

**Resumo:** A mina de carvão de São Pedro da Cova laborou entre 1795 e 1972, tendo produzido como parte do seu passivo ambiental uma escombreira com cerca de 28 000 m<sup>2</sup>, que tem sofrido fenómenos de autocombustão de modo continuado desde 2005. A autocombustão poderá contribuir para a disseminação de material particulado por ação do vento, que a somar à lixiviação dos materiais da escombreira por exposição aos fatores atmosféricos, poderá contribuir para o agravamento da contaminação na sua envolvente. Com vista à caracterização da contaminação dos solos nas imediações da escombreira, foram recolhidas 50 amostras de solo, ao longo de uma malha regular, tendo-se procedido a análises geoquímicas multielementares por ICP-MS e posterior comparação com os valores de referência para solos de uso agrícola sugeridos pela Agência Portuguesa do Ambiente. Verificou-se que os solos próximos da escombreira, em grande percentagem superam os valores limite previstos para alguns elementos, de destacar o Sb, Ba, U, As, V, Be, Cr, Mo, Pb e Se, quer a montante, quer a jusante da escombreira, indicando uma forte contaminação antropogénica, possivelmente potenciada pela disseminação de contaminantes a partir da escombreira de carvão adjacente, quer por lixiviação, quer por via aérea.

**Palavras-chave:** Solo, Contaminação, Escombreira, Carvão

**Abstract:** São Pedro da Cova Coal Mine was active between 1795 and 1972, having produced a wastepile with approximately 28 000 m<sup>2</sup>, that has been suffering from continuous autocombustion phenomena since 2005. Autocombustion may lead to the dissemination of particulate material by wind action, that adding up to the leaching of the wastepile materials due to atmospheric influence, may contribute to the increasing contamination on its surroundings. In order to characterize the soil contamination near the wastepile, 50 soil samples were collected along a regular mesh. Multi-elemental geochemical analyzes were performed by ICP-MS and were subsequently compared with the reference values for agricultural soils use, as per suggested by Agência Portuguesa do Ambiente (the Portuguese Environmental Agency). This study shows that several elements, with particular emphasis Sb, Ba, U, As, V, Be, Cr, Mo, Pb and Se, from the soils collected around the wastepile exceeded the threshold values proposed, both upstream and downstream of the wastepile, indicating a strong anthropogenic contamination, possibly enhanced by leaching and aerial contaminants dispersion from the adjacent coal wastepile.

**Keywords:** Soil, Contamination, Waste Pile, Coal

## 1. Introdução

A escombreira da antiga mina de carvão de São Pedro da Cova localiza-se em Gondomar (Porto). Ocupa uma área aproximada de 28 000 m<sup>2</sup> e está situada próximo do centro urbano de São Pedro da Cova, apenas a escassos metros de infraestruturas sociais. Esta escombreira entrou em autocombustão em 2005, após um incêndio que se propagou sobre a sua superfície e permitiu a ignição, mantendo-se activa até aos dias de hoje, sendo visível a degradação da vegetação, erosão e transporte dos materiais depositados, bem como a libertação de gases.

Os fogos associados a depósitos de carvão constituem um sério problema ambiental e uma ameaça à saúde humana, para além do consumo do recurso energético, podendo causar subsidência, emissão de gases de efeito estufa e de compostos orgânicos voláteis, incluindo hidrocarbonetos policíclicos aromáticos; assim como gerar minerais de neoformação e a emissão de matéria particulada para a atmosfera (Bell *et al.* 2001; Finkelman 2004).

A autocombustão de escombrelas resultantes da exploração de carvão constitui uma fonte de poluentes que podem ser emitidos e lixiviados para o meio ambiente. Os fenómenos de autocombustão em escombrelas, nomeadamente na Bacia Carbonífera do Douro têm sido alvo de estudos (Ribeiro *et al.* 2010, 2011, 2012, 2015) com vista à caracterização não só dos materiais depositados não afectados por combustão, mas também dos materiais da escombreira que arderam.

### 1.1. Enquadramento Geológico

A área de estudo encontra-se sobre a Bacia Carbonífera do Douro, possui um claro alinhamento NW-SE, acompanhando o rebordo do flanco ocidental do Anticlinal de Valongo. Possui um comprimento aproximado de 53 km e uma espessura variável entre os 30 a 250 m (Pinto de Jesus, 2001).

Estratigraficamente afloram formações com idades compreendidas entre o Precâmbrico e/ou Câmbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico e Carbonífero (Fig. 1). O

Carbonífero apresenta-se depositado em bacias límnicas, iniciando-se por uma brecha de base, seguidos de xistos fossilíferos, siltitos e arenitos, encontrando-se ao longo desta sequência intercalações de conglomerados e carvões (Medeiros *et al.*, 1981).

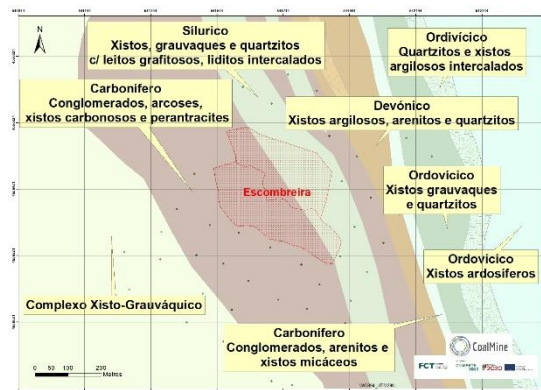


Fig. 1 – Enquadramento geológico da área de estudo.

## 2. Amostragem e Metodologias

Foram recolhidas 50 amostras de solo ao longo de uma malha regular, com espaçamento de 100 m entre amostras, cobrindo uma área com cerca de 480 000 m<sup>2</sup>. A amostragem foi orientada NE-SW de acordo com o desenvolvimento da principal bacia de drenagem, a sudoeste da escombreira e considerando a orientação preferencial do vento (nordeste). Incidiu sobre os solos da envolvente da escombreira, de acordo com a disposição representada na Figura 2.

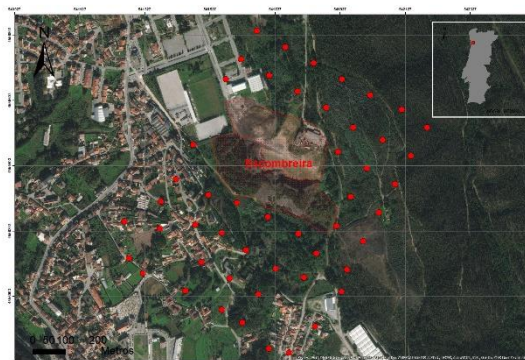


Fig. 2 – Localização dos pontos de amostragem de solos.

Foram realizadas análises químicas por espectrometria de massa acoplada a plasma indutivo (ICP-MS), em laboratório

acreditado, a fim de determinar a composição geoquímica dos solos estudados com a finalidade de caracterizar a sua contaminação.

Os resultados analíticos foram comparados com os valores de referência para solos contaminados em locais ambientalmente sensíveis (uma vez que a área se localiza ao longo do limite da Rede Natura 2000) disponibilizados pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2019).

### 3. Resultados e Discussão

Os principais resultados encontram-se resumidos na tabela 1, onde se comparam os resultados analíticos máximos e mínimos para 17 elementos com os respectivos valores limite propostos pela APA para solos agrícolas.

Tab. 1 – Valores máximos e mínimos (mg/kg) dos elementos com concentração acima dos valores de referência da APA nos solos analisados.

	Valor de Referência APA (uso agrícola)	Min	Máx
Sb	1,00	1,23	46,67
As	11,00	6,30	62,80
Ba	210,00	256,00	1489,00
Be	2,50	1,00	8,00
Cd	1,00	0,01	0,56
Pb	45,00	18,10	163,79
Co	19,00	0,60	32,60
Cu	62,00	11,20	351,60
Cr	67,00	15,00	209,00
Mo	2,00	0,49	6,03
Ni	37,00	6,60	114,60
Ag	0,50	0,01	1,45
Se	1,20	0,15	2,50
Ta	1,00	0,20	1,60
U	1,90	2,20	11,00
V	86,00	22,00	165,00
Zn	290,00	19,10	303,10

A área de estudo possui uma ocupação essencialmente florestal e agrícola. A Figura 3 representa a percentagem de amostras de solo que ultrapassam os limites propostos pela APA para uso agrícola e que estarão, portanto, contaminadas nos elementos referidos. Da

análise da figura é possível constatar que existe uma grande percentagem de amostras com teores acima dos valores de referência previstos.

Todas as amostras de solo apresentaram contaminação em Sb, podendo variar entre 1,23 mg/kg e 46,67 mg/kg (concentração máxima 46 vezes superior ao limite), em Ba, com teores que variam entre 256,00 mg/kg e 1489,00 mg/kg (concentração máxima 7 vezes superior ao limite) e em U, com teores que variam entre 2,20 mg/kg e 11,00 mg/kg (concentração máxima 7 vezes superior ao limite). Deve-se salientar ainda que 94% das amostras apresentaram contaminação em As, com valores que podem atingir os 62,80 mg/kg (concentração máxima 6 vezes superior ao limite). Ainda de acordo com os valores de referência da APA, 74% das amostras apresentaram contaminação em V, 68% em Be, 62% em Cr e 42% em Mo e Pb e 30% das amostras apresentam-se acima dos valores de referência para o Se.



Fig. 3 – Percentagem de amostras de solo contaminado na envolvente da escombreira da Mina de São Pedro da Cova.

Apenas 2% das amostras apresentaram contaminação em Zn, 6% em Co e Ta, 12% em Ag, 14% em Ni e 16% em Cu. Não houve registo de teores de Cd acima dos valores de referência previstos pela APA.

Foram realizadas análises de *clusters* com a finalidade de identificar os grupos de variáveis com características semelhantes, utilizando-se para isso uma análise de *clusters* (modo R), por método de Ward e utilizando como medida de similaridade a relação 1 - Pearson r, para as 17 variáveis analisadas que constam da tabela de valores de referência da APA (acrescentando o Fe e o Al).



A Figura 4 representa o dendograma obtido para análise hierárquica de *clusters*, sendo notório um agrupamento das variáveis em dois *clusters* principais.

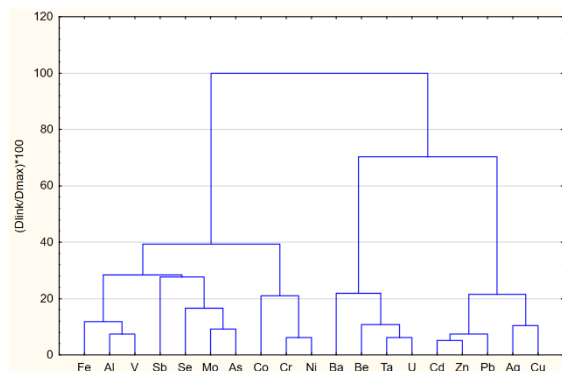


Fig. 4 – Dendograma obtido para análise hierárquica de *clusters*.

Um primeiro *cluster*, possivelmente associado à fracção residual detrítica, onde se incluem os aluminossilicatos, inclui as variáveis Fe, Al, V, Sb, Se, Mo, As, Co, Cr, Ni. O As e o Sb apresentam um comportamento semelhante a elementos tipicamente associados à fracção detrítica, separando-se de outros elementos calcófilos como o Cu, Pb, Zn, Cd e Ag, que se encontram agrupados no segundo *cluster*. Julga-se que este facto possa dever-se a uma tendência de background regional mais elevada em As e Sb, uma vez que o Anticlinal de Valongo (onde se insere a área de estudo) é reconhecido pela ocorrência e mineração de ouro (associado à pirite e arsenopirite) e de antimónio. O segundo *cluster* inclui as variáveis Ba, Be, Ta, U, Cd, Zn, Pb, Ag e Cu. Neste *cluster* é visível uma fracção correspondente a sulfuretos composta por Cd, Zn, Pb, Ag e Cu, possivelmente provenientes de pequenos veios e filonetes, ricos em galena e esfalerite, previamente existentes.

#### 4. Considerações Finais

A análise preliminar dos resultados analíticos dos solos recolhidos na envolvente da escombreira da Mina de São Pedro da Cova permitiu perceber que estes se encontram contaminados em vários elementos, incluindo metais pesados, o que poderá implicar riscos para a saúde pública. A análise hierárquica de *clusters* permitiu identificar dois *clusters* principais, que poderão representar a fracção detrítica, bem

como uma segunda fracção onde se incluem alguns metais como o Cd, Zn, Pb, Ag e Cu. Estão em curso estudos com vista à análise da distribuição espacial dos diferentes elementos.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi financiado através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através do projeto CoalMine POCI-01-0145-FEDER-030138, 02-SAICT-2017 e por financiamento FEDER através do programa COMPETE 2020.

#### Referencias

- APA, 2019. Solos Contaminados – Guia Técnico, Valores de Referência para o Solo. Agência Portuguesa do Ambiente, 73 pp.
- Bell, F.G., Bullock, S.E.T., Halbich, T.F.J., Lindsay, P., 2001. Environmental Impacts associated with an abandoned mine in the Witbank Coalfield, South Africa. *International Journal of Coal Geology* 45, 195-216.
- Finkelmann, R.B., 2004. Potential health impacts of burning coal beds and waste banks. *International Journal of Coal Geology* 51, 19-24.
- Medeiros, A., Pereira, E., Moreira, A., 1980. Notícia explicativa da folha 9-D (Penafiel) da Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 47 pp.
- Pinto de Jesus, A., 2001. A Génese e evolução da Bacia Carbonífera do Douro (Estefaniano C inferior, NW de Portugal); um modelo. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 232 pp.
- Ribeiro, J., Ferreira da Silva, E., Flores D., 2010. Burning of coal waste piles from Douro Coalfield (Portugal): Petrological, geochemical and mineralogical characterization. *International Journal of Coal Geology* 81, 359-372.
- Ribeiro, J., Ferreira da Silva, E., Pinto de Jesus, A., Flores, D., 2011. Petrographic and geochemical characterization of coal waste piles from Douro Coalfield. *International Journal of Coal Geology* 87, 226-236
- Ribeiro, J., Silva, T.F., Mendonça Filho, J.G., Flores, D., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in burning and non-burning coal waste material. *Journal of Hazardous Materials* 199-200, 105-110.
- Ribeiro, J., Sant'Ovaia, H., Gomes, C., Ward, C., Flores, D., 2015. Mineralogy and magnetic parameters of materials resulting from mining and consumption of coal from Douro Coalfield (NW Portugal). In: Stracher, G. B., Prakash, A., Sokol E.V. (Eds.), *Coal and Peat Fires: A Global Perspective*. Elsevier. Volume 3: Case Studies - Coal Fires, pp. 493-507.