

JORNADAS DO ICT

11 e 12 de fevereiro de 2021
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



Jornadas do ICT 2021

Livro de Resumos

11 e 12 de fevereiro de 2021

JORNADAS DO ICT



11 e 12 de fevereiro de 2021

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Jornadas do ICT 2021

Livro de Resumos

11 e 12 de fevereiro de 2021

Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através do projeto UIDB/04683/2020.



Comissão Científica

Deolinda Flores
Helena Sant'Ovaia
Rui Salgado
José Brilha
Maria João Costa
Paulo Canhoto
Teresa Valente
Mourad Bezzeghoud

Comissão Organizadora

António Oliveira	ICT – Polo do Porto
Cláudia Cruz	ICT – Polo do Porto
Luís Lima	ICT – Polo do Porto
Sara Leal	ICT – Polo do Porto
José Roseiro	ICT – Polo de Évora
Miguel Maia	ICT – Polo de Évora
Patrícia Gomes	ICT – Polo do Minho

Este livro de resumos reúne o conjunto de trabalhos apresentados por estudantes de mestrado e doutoramento, e por investigadores do ICT. O conteúdo dos textos submetidos é da responsabilidade dos autores.

Conteúdo

Programa das Jornadas do ICT 2021	1
Horário das Apresentações	2
Grupo 1 - Ciências da Atmosfera, Água e Clima	6
Comunicações Orais 15 min	6
Comunicações Orais 5 min	8
Grupo 3 - Georrecursos e Geomateriais	12
Comunicações Orais 15 min	12
Comunicações Orais 5 min	27
Grupo 4 - Geoconservação e Educação em Geociências	48
Comunicações Orais 15 min	48
Comunicações Orais 5 min	51
Grupo 5 - Monitorização Ambiental e Remediação para a Sustentabilidade	55
Comunicações Orais 15 min	55
Comunicações Orais 5 min	58
Grupo 6 - Dinâmica da Litosfera	65
Comunicações Orais 15 min	65
Comunicações Orais 5 min	73

Programa das Jornadas do ICT 2021

11 de fevereiro	
09:00 – 09:15	Sessão de abertura das JICT 2021 (Sala 1)
09:15 – 10:55	Comunicações digitais
	Sala 1 Sala 2
10:55 – 11:15	<i>Pausa para café</i>
11:15 – 12:00	Sessão de debate 1: “Geoética e divulgação das Ciências” (Sala 1)
12:00 – 13:15	<i>Pausa para almoço</i>
13:15 – 15:25	Comunicações digitais
	Sala 1 Sala 2
15:25 – 15:40	<i>Pausa para café</i>
15:40 – 16:40	Comunicações digitais
	Sala 1 Sala 2
16:45 – 17:30	Sessão de debate 2: “Recursos, Sustentabilidade e Alterações Climáticas” (Sala 1)
12 de fevereiro	
10:00 – 10:15	Sessão de abertura do 2º dia JICT (Sala 1)
10:15 – 12:00	Reuniões por grupo (Salas Simultâneas geradas no momento)
12:00 – 14:00	<i>Pausa para almoço</i>
14:00 – 15:45	Assembleia Geral do ICT (Sala 1)
15:45 – 16:15	Sessão de encerramento e entrega do prémio (Sala 1)

| 11 de fevereiro

Horário das Apresentações

Comunicações orais | 15 minutos (manhã)

Moderador: Patrícia Gomes

Sala 1		
Horário	Autor	Trabalho
09h15 – 09h35	Couto, F.T. (G1)	Utilização de modelação atmosférica no estudo de eventos meteorológicos extremos
09h35 – 09h55	Oliveira, A. (G3)	The subvolcanic felsic magmatism of northern Portugal: a comparative study between the Vila Pouca de Aguiar and Vila Nova de Foz Côa porphyries
09h55 – 10h15	Maia, M. (G3)	Unveiling the conditions for Au transport and deposition in the Montemor-o-Novo gold district: New evidence from the Monfurado prospect
10h15 – 10h35	Silva, J. (G3)	Espectroscopia de Reflectância no Campo Aplito-Pegmatítico de Fregeneda-Almendra: Estudo das Assinaturas Espectrais dos Minerais de Lítio
10h35 – 10h55	Ínsua-Pereira, G. (G3)	Serpentinization of ultrabasic rocks from Alimonde, Bragança Allochthonous Complex, NE Portugal: a preliminary petrographic and mineralogical approach

Moderador: Luís Lima

Sala 2		
Horário	Autor	Trabalho
09h15 – 09h35	Manso, M. (G6)	SSN-Alentejo: Towards High-Dense Seismic Network Deployments
09h35 – 09h55	Dhaoui, O. (G5)	Evaluation of groundwater quality for irrigation purpose in the south-eastern of Tunisia (Menzel Habib area)
09h55 – 10h15	Bezzeghoud, M. (G6)	EMSO-PT - European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory: Near future developments
10h15 – 10h35	Oliveira, R. J. (G6)	Geofísica Arqueológica – o caso de estudo da Villa Romana de Pisões (Beja)
10h35 – 10h55	Teixeira, P. (G6)	Tomografia de Muões na Mina do Lousal (Muões Cósicos aplicados em Prospecção Geofísica)

| 11 de fevereiro

Comunicações orais | 15 minutos (tarde)

Moderador: José Roseiro

Sala 1		
Horário	Autor	Trabalho
13h15 – 13h35	Santos, A. C. (G3)	Magnetic fraction from coal combustion ashes as catalyst in the 4-nitrophenol (4-NPh) reduction reaction
13h35 – 13h55	Gonçalves, A. (G3)	Deformation patterns in late- to post- and post-Variscan granites (Northern Portugal): structural and tectonic implications
13h55 – 14h15	Maia, M. (G3)	LA-ICP-MS trace element analysis of magnetites from Fe-Skarn deposits in the Ossa-Morena Zone
14h15 – 14h35	Gemusse, U. (G3)	Prospecção dos Pegmatitos de Muiane e Naipa (Moçambique) a partir de técnicas de Detecção Remota, usando imagens do sensor ASTER

Moderador: António Oliveira

Sala 2		
Horário	Autor	Trabalho
13h15 – 13h35	Afonso, A. (G4)	Avaliação do valor turístico do património geológico do Parque Nacional da Peneda-Gerês
13h35 – 13h55	Hamak, I. (G6)	The different steps followed for the improvement of the Arraiolos crustal model
13h55 – 14h15	Corrêa, H.S. (G5)	Qualidade da Água na Influência de Atividades Mineiras e seus Efeitos na Comunidade Indígena dos Xikrins do Rio Cateté (Pará, Brasil)
14h15 – 14h35	Peixoto, R (G4)	Avaliação da Geodiversidade de Portugal Continental

| 11 de fevereiro

Comunicações orais | 5 minutos (tarde)

Moderadores: Miguel Maia e Luís Lima

Sala 1		
Horário	Autor	Trabalho
14h35 – 14h45	Couto, F.T. (G1)	Incêndios florestais na ilha da Madeira: condições atmosféricas e impactos no turismo
14h45 – 14h55	Pereira, S. (G1)	Effects of nitrogen dioxide and ozone in Quercus robur pollen
14h55 – 15h05	Silva, B.M.P. (G1)	Monitorização do potencial alergológico induzido pelo pólen no aerossol em ambiente interior
15h05 – 15h15	Cardoso-Fernandes, J. (G3)	Reflectance spectroscopy of minerals and rocks: a case study for lithological classification
15h15 – 15h25	Cruz, C. (G3)	Determinação de subfabricas magnéticas através da abordagem não padronizada de anisotropia da suscetibilidade magnética “out-of-phase”
<i>Pausa para Café (15 mins)</i>		
15h40 – 15h50	Lima, J. (G3)	Análise estatística da geoquímica de sedimentos de corrente em rochas graníticas e formações metassedimentares do Alto Douro (NE de Portugal)
15h50 – 16h00	Santos, D. (G3)	Aplicação de Métodos para Identificação de Novos Depósitos de Pegmatitos LCT e NYF: GREENPEG um Projeto Europeu
16h00 – 16h10	Guimarães, R. (G3)	Assessment of rare earth elements plus Y (REY) in cork powder fly ash and its size fractions to evaluate their recovery potential
16h10 – 16h20	Silva, M. (G3)	Ferramentas de análise espacial aplicadas à definição de pontos críticos. Aplicações ao projeto MOPREVIS
16h20 – 16h30	Canesin, T. S. (G4)	Definição de indicadores de monitorização do património geológico com base em critérios de avaliação de valor científico e risco de degradação
16h30 – 16h40	Dias, F. (G3)	Cathodoluminescence characteristics of spodumene and petalite from the Iberian massif pegmatites

| 11 de fevereiro

Moderadores: Sara Leal e António Oliveira

Sala 2		
Horário	Autor	Trabalho
14h35 – 14h45	Mota, A. (G3)	Mapa metalogénico das regiões Norte e Centro de Portugal e Castela-Leão de Espanha desenvolvido no projeto ESMIMET
14h45 – 14h55	Amorim, P. (G3)	Cartografia Geológica, Estratigrafia e Paleontologia da Região de Rates e São Félix de Laúndos
14h55 – 15h05	Laranjeira, V. (G3)	Determinação da paleotemperatura com base na maturação térmica da matéria orgânica em xistos negros: exemplos da Zona Ossa-Morena
15h05 – 15h15	Costa, M. (G3)	Assinatura geoquímica de fluídos ígneos nos carvões da Bacia Carbonífera do Douro: sector de São Pedro da Cova
15h15 – 15h25	Silvério, G. (G6)	Problemas biostratigráficos dos calcários da região de Ferrarias e Bencatel (Sector Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa-Morena, Portugal)
<i>Pausa para Café (15 mins)</i>		
15h40 – 15h50	Gomes, P. (G5)	Avaliação do potencial de remineração em sedimentos acumulados em barragens – caso da mina de São Domingos
15h50 – 16h00	Bande, A. (G5)	Caracterização de sistemas aquíferos termais da região central de Moçambique – Uma abordagem preliminar
16h00 – 16h10	Carvalho, P. (G5)	Aplicação de metodologias geoestatísticas na avaliação da contaminação de áreas mineiras abandonadas
16h10 – 16h20	Lopes, Y. (G5)	Avaliação de aspetos ambientais em instalações de abastecimento de água – Caso de estudo no Subsistema de Areias de Vilar (Barcelos, Braga)
16h20 – 16h30	Lemos, M. (G5)	Caracterização Mineralógica e Geoquímica de Rejeitos de Mineração de Ouro e Seus Potenciais de Geração de Drenagem Ácida (Minas Gerais, Brasil)
16h30 – 16h40	Martins, V. S. (G4)	Proposta de categorias temáticas para o inventário do património geológico no Estado da Bahia, Brasil, com ênfase no território de identidade da Chapada Diamantina.

GRUPO 1 – CIÊNCIAS DA ATMOSFERA, ÁGUA E CLIMA

Comunicações Orais | 15 min

Utilização de modelação atmosférica no estudo de eventos meteorológicos extremos

Flavio T. Couto^{1,3*}, Rui Salgado^{1,2,3}

¹ Instituto de Ciências da Terra – ICT (Polo de Évora), Universidade de Évora, Évora, Portugal

² Departamento de Física, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, Portugal

³ Earth Remote Sensing Laboratory (EaRS Lab), Universidade de Évora, Évora, Portugal

*fcouto@uevora.pt

Resumo

Os atuais avanços computacionais têm possibilitado o melhoramento dos modelos numéricos e a representação dos processos físicos que ocorrem na atmosfera. No âmbito dos trabalhos do Grupo 1 do ICT-Évora, a modelação atmosférica com o modelo francês Meso-NH tem dado suporte aos estudos de diferentes fenómenos meteorológicos extremos, possibilitando um melhor entendimento dos eventos. Neste trabalho são apresentados dois exemplos baseados em Couto et al. (2020, 2021). O primeiro e mais recente (Couto et al., 2021), está relacionado ao papel da circulação atmosférica no transporte de grandes quantidades de poeiras do deserto do Saara para Portugal em fevereiro de 2017. As simulações incluindo a emissão de poeiras foram realizadas para um domínio horizontal de 3000×3600 km e com resolução de 10 km. O uso de modelação numérica permitiu verificar que o episódio foi governado por uma variedade de interações entre a superfície e a dinâmica atmosférica durante vários dias. Os ventos intensos próximos à superfície foram o principal fator para a mobilização das poeiras. Além disso, um sistema de baixa pressão de latitudes médias foi fundamental para a longa duração do evento, bem como para o transporte das poeiras do Saara para Portugal. O segundo exemplo (Couto et al., 2020), baseia-se na aplicabilidade do atual esquema elétrico do Meso-NH (CELLS) na investigação da ignição de incêndios florestais. Neste contexto, o desafio é diagnosticar as descargas elétricas do tipo nuvem-solo (CG) com resolução espacial de 1 km e as regiões onde incêndios florestais poderiam ser iniciados naturalmente. Para tal, a tarde de 17 de junho de 2017 foi considerada para o estudo. O ambiente de trovoadas secas configurou um cenário ideal para ignição natural e evolução de alguns incêndios. O incêndio florestal de Pedrógão Grande ocorreu neste período. A distribuição espacial de raios CG simulados apresentou boa concordância com os raios obtidos na rede nacional de deteção de raios, possibilitando assim a aplicação do esquema elétrico no estudo da ignição de incêndios florestais por descargas atmosféricas. Avanços na temática de modelação de incêndios florestais são ainda esperados com os trabalhos que estão a ser desenvolvidos no âmbito dos projetos CILIFO e PyroC.pt.

Palavras chave: Modelação atmosférica; eventos meteorológicos extremos.

Referências

Couto et al. (2020) *Atmos. Res.* doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104993>.

GRUPO 1 – CIÊNCIAS DA ATMOSFERA, ÁGUA E CLIMA

Comunicações Orais | 5 min



Incêndios florestais na ilha da Madeira: condições atmosféricas e impactos no turismo

Flavio T. Couto^{1,3*}, Nuno Andrade⁴, Rui Salgado^{1,2,3}, Jaime Serra⁴

¹ Instituto de Ciências da Terra – ICT (Polo de Évora), Universidade de Évora, Évora, Portugal

² Departamento de Física, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Évora, Portugal

³ Earth Remote Sensing Laboratory (EaRS Lab), Universidade de Évora, Évora, Portugal

⁴ Centro Interdisciplinar de História, Culturas e Sociedades (CIDEHUS), Universidade de Évora, Évora, Portugal

*fcouto@uevora.pt

Resumo

Os incêndios florestais na ilha da Madeira representam um risco para os ecossistemas da ilha e para a economia local, da qual o turismo é uma das principais componentes. Entre os anos de 2006 e 2016, os incêndios na Madeira somaram uma área ardida anual superior a 6000 hectares em três anos, nomeadamente 2010, 2012 e 2016. O estudo tem como objetivo explorar a partir de modelação numérica as condições atmosféricas associadas com três episódios significativos, bem como destacar alguns impactos no setor do turismo obtidos com dados mediáticos. As simulações foram realizadas com o modelo Meso-NH e com dois domínios aninhados: um domínio à 2.5 km de resolução e outro à 500 m. As simulações foram inicializadas e forçadas usando as análises do Centro Europeu (ECMWF) atualizadas a cada 6 horas. O anticiclone dos Açores foi o sistema meteorológico de larga escala predominante favorecendo um escoamento de nordeste em direção à ilha. Por se manter quase estacionário, o bom tempo associado ao sistema se mantém na região por vários dias. No entanto, o estudo destaca o movimento descendente na encosta sul criado pela orografia local indicando uma intensificação das condições do anticiclone. O efeito combinado do terreno e das condições atmosféricas foi essencial para aumentar o perigo de incêndio, levando as temperaturas máximas acima de 35°C e a humidade relativa a mínimos de 15%. Além disso, condições favoráveis à propagação do fogo após a sua ignição também foram identificadas, nomeadamente rajadas de vento intensas. Em relação aos impactos dos incêndios no turismo, o estudo destaca o evento ocorrido em Agosto de 2016. Neste caso, os incêndios atingiram a região do Funchal, levando a evacuação de mais de 1000 residentes e turistas, para além de causar 3 mortes e destruir um hotel de cinco estrelas. Os ventos fortes favoreceram o transporte de fumo em direção ao Funchal levando ao cancelamento de vários voos internacionais. O uso de simulações de alta resolução é capaz de indicar o risco de incêndio e as regiões mais propícias para eventos extremos. Por outro lado, e tendo em vista o impacto que esses eventos podem ter na sociedade, os resultados obtidos também podem contribuir no desenvolvimento de práticas de gestão do risco de incêndio e de desenvolvimento sustentável, nomeadamente no setor do turismo.

Palavras chave: Incêndios florestais; condições atmosféricas; impactos no turismo.

Effects of nitrogen dioxide and ozone in *Quercus robur* pollen

Sónia Pereira¹, Helena Ribeiro^{1,2}, Maria Fernandez-González², Alexandra Guedes^{1,2},
Ilda Abreu^{2,3*}

¹ Department of Geosciences, Environment and Spatial Plannings of the Faculty of Sciences University of Porto, Porto, Portugal. ² Earth Sciences Institute, Pole of the Faculty of Sciences, University of Porto, Portugal. ³ Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Porto, Portugal.

*ianoronh@fc.up.pt

Abstract

Among plant features the pollen is vital for successful reproduction and plant germoplasm resources. When anemophilous plants release pollen, it becomes a biological aerosol, which can undergo modifications due to air pollutants. The aim of our study was to investigate the effect in pollen fertility, protein content, oxidative stress, and wall composition of the exposure to ozone and nitrogen dioxide at concentration levels for human health protection in Europe. So, the pollen was in vitro exposed to NO₂ or O₃ in an environmental chamber at three concentration levels. A blank sample, not exposed to the gases but subjected to the same procedure was used.

Pollen viability was assayed using fluorescein diacetate (FDA), soluble protein content was quantified according to the Bradford method and stress conditions were evaluated by detection of the reactive oxygen species (ROS) and NADPH oxidase activity. Wall composition changes were analysed by Raman microspectroscopy.

Our results showed a significant decrease in pollen viability and total soluble protein after pollen exposure to the pollutant gases. Considering the effects of pollutants on pollen stress, an increase in ROS percentage was observed, more pronounced after exposure to the limit and twice the limit values for human health protection, but the trend in pollen NADPH oxidase activity was for no changes. Small changes in the pollen wall chemical structure after exposure to NO₂ and O₃ were observed at $\approx 1700\text{-}1800\text{ cm}^{-1}$, at $\approx 1550\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$ at \approx a triplet region between $1300\text{-}1460\text{ cm}^{-1}$ (particular emphasis on one peak at $\approx 1440\text{ cm}^{-1}$), at $\approx 1210\text{-}1270\text{ cm}^{-1}$ and $\approx 1000\text{-}1150\text{ cm}^{-1}$ wavenumber. These changes occur in the intensity of the spectra, and the flattening of some peaks into shoulders.

Overall, at the present observed atmospheric gas concentration levels, NO₂ affected all species more than O₃ and corroborating the increase in pollen allergy in urban areas.

Key words: pollen viability; Raman; ROS; proteins; NADPH.

Acknowledgments: National Funds through FCT – The Portuguese Science and Technology Foundation for the project PTDC/ATP-EAM/0817/2014 and Scholarship (SFRH/BDP/125686/2016) of M. Fernández-González. Institute of Earth Sciences (ICT) funds, through FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia projects UIDB/04683/2020 and UIDP/04683/2020.

Monitorização do potencial alergológico induzido pelo pólen no aerossol em ambiente interior

Silva, B.M.P.¹, Ribeiro, H.^{1,2}, Pereira, C.³, Fernández-González, M.², Pereira, S.G.^{1,2},
Abreu, I.^{3*}

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. ² ICT - Instituto de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

³ Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

*ianoronh@fc.up.pt

Resumo

Os grãos de pólen disseminados pelo vento, quando em contacto com as vias respiratórias, podem induzir problemas respiratórios ou intensificá-los contribuindo para a diminuição da qualidade de vida de grande parte da população humana a nível mundial. O presente estudo pretende avaliar o potencial alergológico do pólen existente no bioaerossol em ambiente interior e a influência do ambiente exterior na sua concentração. O estudo foi realizado no campus da FCUP, no átrio do Departamento de Geociências Ambiente e Ordenamento do Território (DGAOT), e começou pela amostragem diária entre março e junho do conteúdo polínico presente no ambiente interior, com o auxílio de um amostrador do tipo ciclone. Em cada amostra procedeu-se à qualificação e quantificação de fração polínica através da sua extração pelo método da acetólise e foi efetuada uma análise do conteúdo proteico pelo método Bradford. A concentração polínica presente no ar foi efetuada utilizando um amostrador volumétrico tipo Hirst.

Ao longo do período de amostragem foram identificados em ambiente interior 21 tipos polínicos distintos, dos quais 7 são considerados potencialmente alergénicos. Os mais representativos pertenciam a *Acer*, *Betula*, *Cupressaceae*, *Olea*, *Pinus*, *Platanus*, *Poaceae*, *Quercus* e *Urticaceae* havendo uma clara correlação com as suas concentrações no ar exterior. Observou-se que o ar interior sofre influência significativa da ventilação. Durante o fim de semana (fecho das instalações) e pausas letivas (menor circulação de indivíduos) foi observado uma diminuição quer na quantidade de pólen amostrado quer no conteúdo proteico.

Foi confirmado que a concentração de pólen em ambiente interior foi significativamente influenciada pelo pólen presente no ar exterior. Além disso, alguns dos tipos polínicos mais representativos encontrados no ambiente interior são considerados potencialmente alergénicos e podem persistir no interior por períodos mais longos do que no exterior, estendendo, portanto, o período de exposição.

Palavras chave: alergias, proteínas solúveis; pólen.

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito dos projectos Ref^{as} UIDB/04683/2020 e UIDP/04683/2020.

GRUPO 3 – GEORRECURSOS E GEOMATERIAIS

Comunicações Orais | 15 min

The subvolcanic felsic magmatism of northern Portugal: a comparative study between the Vila Pouca de Aguiar and Vila Nova de Foz Côa porphyries

A. Oliveira^{1,2*}, H.C.B. Martins^{1,2}, H. Sant’Ovaia^{1,2}

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007, Porto, Portugal

² Instituto de Ciências da Terra, Polo do Porto, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007, Porto, Portugal
*up201107754@fc.up.pt

Abstract

The existence of granitic or rhyolitic porphyries and other subvolcanic lithologies in the Central Iberian Zone has been recognized since the 20th century. However, the geological studies concerning these rocks have been mainly focused on the mafic specimens (lamprophyres and dolerites). In this research, three of the largest granite porphyries of northern Portugal were studied. The goal is to improve current knowledge regarding the regional hypabyssal felsic vein magmatism. The present study was based on detailed petrographic descriptions, interpretation of textures, microstructures, and field relations, SEM-EDS analyses, and whole-rock geochemistry. All porphyries exhibit a microcrystalline groundmass of variable granularity, a common quartz + K-feldspar + plagioclase + muscovite ± biotite ± cordierite ± apatite ± chlorite ± zircon ± monazite ± ilmenite mineral assemblage, antirapakivi feldspars, corrosion gulfs, and enrichments in rare metal incompatible elements. The results suggest that the porphyries are more evolved lithologies when compared to the regional Variscan granites, which were derived from different sources. The studied veins were emplaced along fractures generated during the last phase of the Variscan orogeny and reactivated by the Alpine cycle. Their emplacement possibly occurred towards the end of the Variscan orogeny. Texture evolution is assumed to have been conditioned by fast cooling, volatile loss, subsolidus annealing, and the magnitude of thermal contrasts at the time of emplacement. The three veins were significantly affected by hydrothermal alterations, as suggested by several petrographic and geochemical pieces of evidence such as rubefaction, rare phosphates, low Nb/Ta and K/Rb ratios, and the REE tetrad effect. The generation of mantled feldspars is probably related to isothermal decompression and magma mixing. Based on this research, it is not possible to discard the contributions of both processes on the petrogenesis of the studied porphyries.

Keywords: porphyries, textures, geochemistry, hydrothermalism, northern Portugal

Acknowledgements

This work was supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT), through the project ref. UIDB/04683/2020 and ICT (Institute of Earth Sciences). The main author is also financially supported by FCT through an individual Ph.D. grant (reference SFRH/BD/138818/2018).



Unveiling the conditions for Au transport and deposition in the Montemor-o-Novo gold district: New evidence from the Monfurado prospect

Miguel Maia^{1*}, José Roseiro¹, Pedro Nogueira¹, Fernando Noronha², José Mirão³
Mercedes Fuertes-Fuente⁴, Antonia Cepedal⁴, Nelson Martins

¹ Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000-761, Évora, Portugal

² Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Évora, Rua do Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal

³ Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, Laboratório HERCULES, Rua Romão Ramalho 59, 7000-761, Évora, Portugal

⁴ Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, c/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005, Oviedo, España

*mcmaia@uevora.pt

Abstract

The Montemor-o-Novo gold district, in the Ossa-Morena Zone (OMZ), is part of the Montemor-Ficalho metallogenic belt in the SW of the Iberian Variscan Belt.

This gold district includes twelve gold prospects that are controlled by the NW-SE Montemor-o-Novo Shear Zone (MNSZ), extending for approximately 30 km.

In the region three main lithostratigraphic units are recognized, i) the Neoproterozoic Escoural Formation composed of biotitic schists and quartz-feldspars paragneiss; ii) the Lower-Cambrian Monfurado Formation, individualized in a Lower unit characterized by a period of acid volcanism (rhyodacite) during the Cambrian early-rifting events and an Upper unit mainly composed of calcite-dolomite marbles with signs of a strong calcsilicate alteration, in which basic to intermediate volcanism occurs; and iii) Cambrian to Ordovician? Carvalhal Formation composed of basic metavolcanic rocks metamorphosed in a greenschist to amphibolitic facies.

Most Montemor-o-Novo gold deposits exhibit a gold-arsenopyrite-lollingite assemblage hosted in quartz-sericite-chlorite veins. However, in the case study of the Monfurado prospect, the styles of gold mineralization are very different, which may be due to the location close to an older SEDEX-VMS iron deposit.

A multidisciplinary approach allowed to define three mineralizing-stages: pre-ore, ore and late-ore stages. Concerning the ore-stage, two main types of gold mineralization were identified: Type (i) in arsenopyrite and pyrite disseminated in polymetallic sulfide beddings (Au 86 wt.%) or in massive, but small, arsenopyrite beds (Au 92 wt.%) hosted in calcsilicate units of the Monfurado Fm; Type (ii) gold in pyrite fractures (Au 82 wt.%) associated with Bi-Te phases, hosted in quartz-chlorite veins crosscutting acid metavolcanic rocks. Arsenopyrite geothermometer suggests that for type i) the overall deposition temperatures of arsenopyrite are comprised within the 188°C to 372°C range. Aquo-carbonic (Lc-w) and aqueous (Lw₁ and Lw₂) fluid inclusions were identified, ubiquitously hosted in quartz. Quartz from type (ii) mineralization revealed predominantly secondary Lw₂ (\bar{X} = 6.0 eq. w(NaCl); \bar{X} = 229°C; \bar{X} = 3.0 MPa) cross-

cutting Lc-w inclusions, which might indicate a progressive transition from a H₂O-CO₂-NaCl to a latter H₂O-NaCl system. $\delta^{34}\text{S}$ data obtained from the analysis of representative sulfide phases of the different mineralization types, range from 8.5 ‰ and 10.6 ‰, indicating similar sulfur sources. The gathered data allowed to ascertain that gold was transported in an aqueous to aquo-carbonic fluid, through anisotropies created in the MNSZ, with sulfur (and gold) sources related with pre-existing sulfides present in metasedimentary and carbonate host-rocks. Fluid-rock interactions such as sulfidation and carbonation promoted the destabilization of the Au-bearing fluid, endorsing fluid oxidation and gold precipitation.

Key words: SW Iberian Massif; Orogenic gold; Vectoring gold exploration; Fluid-rock interactions.

Acknowledgments: M. Maia acknowledges the financial support of Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT; Portuguese Science and Technology Foundation) through the PhD grant SFRH/BD/145049/2019, as well as the financial support provided by the Society of Economic Geologists Foundation (SEGF) through the Hugh McKinstry Fund. M. Maia, P. Nogueira and F. Noronha acknowledge the funding provided by the Institute of Earth Sciences (ICT) through the COMPETE 2020 (UIDB/GEO/04683/2020) under the reference POCI-01-0145-FEDER-007690.

The authors deeply thank the HERCULES Laboratory of the University of Évora for the SEM-EDS availability, and to Miguel Ángel Fernández of the University of Oviedo for all the support through the EPMA analysis.



LA-ICP-MS trace element analysis of magnetites from Fe-Skarn deposits in the Ossa-Morena Zone

Miguel Maia^{1*}, Pedro Barrulas², Pedro Nogueira¹, Fernando Noronha³, José Mirão^{1,2}

¹ Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000-761, Évora, Portugal

² Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Palácio do Vimioso, Largo Marquês de Marialva, 8 7000-809 Évora, Portugal

³ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Évora, Rua do Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal

*mcmaia@uevora.pt

Abstract

The Azenhas and Alvito iron deposits are located in the Montemor-Ficalho metallogenic belt (Zona Ossa-Morena) and show differences regarding the genesis of mineralization that can be evaluated with the approach proposed in this study.

In Alvito, the ore is associated with a skarn, in Viana do Alentejo marbles, related with the intrusion of the Cuba-Alvito Gabbro-Diorite complex, which promoted the development of metasomatic reactions and subsequent ore deposition. In Azenhas deposit, on the other hand, the ore is characterized by massive magnetite hosted in a strongly metasomatized amphibolite.

Recent advances demonstrated that LA-ICP-MS trace element analysis in magnetites is an excellent analytical approach to study the provenance of mineralization and the post-depositional alterations. For this work, a set of 25 trace elements (Si, Ca, Y, Pb, P, Zr, Hf, Al, Ge, W, Sc, Ta, Nb, Cu, Mo, Sn, Ga, Mn, Mg, Ti, Zn, Co, V, Ni, Cr) were analysed in 8 polished sections (214 single spot-analysis) prepared from representative samples of the mineralized domains. LA-ICP-MS analyses were conducted by means of a CETAC LSX-213 G2+ laser ablation system coupled to a Triple Quad ICP-MS (Agilent 8800). For method and results validation, 3 Certified Reference Materials were used: GSE-1G (as External Standard); BCR-2G and GSC-1G (as Quality Controls). Iron content previously acquired from EPMA analysis was converted to FeO (wt%) and used as the internal standard for multielemental quantification on a data reduction software (Glitter®).

Alvito magnetites are enriched in highly compatible elements (e.g. Mn, Mg, Ti, Zn, Co) and depleted in low compatibility elements (Si, Ca, Y, Pb), matching better with high-temperature hydrothermal magnetite. The Azenhas primary magnetite follow the same trend, whereas the secondary magnetite is depleted in high-compatibility elements when compared to Azenhas primary magnetite.

The primary magnetites from both deposits display higher anomalous concentrations of Sn, Ga, Zn, Co and Ni, with mean values for Alvito of 24.7 ppm; 36.0 ppm; 514.2 ppm; 89.0 ppm; 37.1 ppm, and for Azenhas of 9.7 ppm; 12.7 ppm; 666.2 ppm; 53.2 ppm and 18.0 ppm, respectively. On the other hand, secondary magnetite from the Azenhas deposit

reveals to be depleted on those elements, indicating its low-temperature hydrothermal origin.

Discrimination and trace element spider diagrams allowed to confirm that Ca, Al, Mn, Ti and V values obtained from primary magnetites of the Azenhas and Alvito deposit are compatible to those of skarn deposits worldwide, whereas secondary magnetite from Azenhas displays an affinity to IOCG deposits, which could reflect their secondary hydrothermal origin.

Key words: LA-ICP-MS; Trace elements; Magnetite; Fe-skarn deposits; Provenance indicators.

Acknowledgments: M. Maia acknowledges the financial support of Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT; Portuguese Science and Technology Foundation) through the PhD grant SFRH/BD/145049/2019, as well as the financial support provided by the Society of Economic Geologists Foundation (SEGF) through the Hugh McKinstry Fund. M. Maia, P. Nogueira and F. Noronha acknowledge the funding provided by the Institute of Earth Sciences (ICT) through the COMPETE 2020 (UIDB/GEO/04683/2020) under the reference POCI-01-0145-FEDER-007690.

The authors deeply thank the HERCULES Laboratory of the University of Évora for the LA-ICP-MS availability, and to Miguel Ángel Fernández of the University of Oviedo for all the support through the EPMA analysis.



Espectroscopia de Reflectância no Campo Aplito-Pegmatítico de Fregeneda-Almendra: Estudo das Assinaturas Espectrais dos Minerais de Lítio

João Silva^{1*}, Ana Cláudia Teodoro¹, Alexandre Lima¹, Joana Cardoso-Fernandes¹, Jean Cauzid²

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra – Pólo Porto, Rua Campo Alegre, Porto, Portugal

² Laboratoire GeoRessources, Université de Lorraine, CNRS, GeoRessources, F-54000 Nancy, France

*up201503357@fc.up.pt

Resumo

No decorrer dos últimos anos, diversas técnicas de deteção remota, como a espectroscopia de reflectância, têm vindo a ser praticadas no estudo e identificação de novos depósitos de Lítio (Li), possibilitando um mais rápido e menos dispendioso mapeamento deste recurso. Com a aplicação destas técnicas, surge a necessidade de um maior conhecimento das assinaturas espectrais dos vários minerais de Li, dado que são as suas características de absorção que os permitem identificar e mapear.

Atualmente, no campo aplito-pegmatítico de Fregeneda (Espanha)-Almendra (Portugal), encontram-se mapeados mais de 800 corpos aplito-pegmatíticos classificados em 11 diferentes tipos. Em 4 destes tipos, verifica-se a ocorrência de minerais de Li (petalite; espodumena; lepidolite; zinnwaldite; montebrasite). Para este estudo, foram analisadas 25 amostras de filões aplito-pegmatíticos enriquecidos em Li, tendo resultado em 170 espectros de reflectância medidos na região dos 350 nm aos 2500 nm, com os quais se procedeu ao estudo das assinaturas espectrais destes minerais.

As assinaturas espectrais obtidas para a petalite e espodumena, apresentam-se com 3 principais zonas de absorção (~1410 nm; ~1910 nm; ~2200 nm), correspondentes a feições de OH+H₂O, H₂O, e Al-OH, respetivamente, condizentes com características espectrais de minerais de argila do grupo da esmectite. Em ambas as assinaturas constata-se que é a feição de H₂O que manifesta maior profundidade, sugerindo assim, uma predominância de montmorilonite, o único mineral do grupo da esmectite que é conhecido por absorver água da atmosfera. Para além destas características, a espodumena apresenta ainda feições de Al-OH secundárias (~2346 nm; ~2437 nm), diagnósticas para a ilite. Desta forma, percebe-se que estas duas assinaturas estão intensamente marcadas pela presença de minerais de alteração, sendo difícil encontrar características próprias destes minerais de Li. A assinatura da lepidolite apresenta-se com as mesmas feições características de minerais de argila, contudo, nesta, é a feição de H₂O que manifesta menor profundidade. As feições de Al-OH secundárias estão também presentes, surgindo bem mais marcadas do que na espodumena. Deste modo, as feições exibidas pela lepidolite mostram características espectrais de micas brancas. A assinatura da zinnwaldite apresenta estas mesmas características da lepidolite, diferenciando-se pela presença de feições relativas a óxidos de ferro. A montebrasite é um mineral com propriedades discordantes das dos restantes minerais apresentados, e como tal, a sua assinatura surge também diferente das restantes. A comparação destas assinaturas com os espectros de referência das bibliotecas espectrais do USGS e ECOSTRESS, permitiram corroborar em pleno os resultados obtidos.

Palavras chave: Lítio, Petalite, Espodumena, Lepidolite, Assinatura Espectral

Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer o suporte financeiro concedido pelo projeto ERA-MIN/0001/2017 – LIGHTS.

Serpentinization of ultrabasic rocks from Alimonde, Bragança Allochthonous Complex, NE Portugal: a preliminary petrographic and mineralogical approach

Guilherme Ínsua-Pereira^{1*}

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Porto, Rua Campo Alegre 687

*ginsua@fc.up.pt

Abstract

The geology of the Bragança Allochthonous Complex, NE Portugal (Galicia-Trás-os-Montes Zone, GTMZ) is dominated by a HP-HT subgroup of units of the so-called Upper Allochthon (UA) – the unit on the top of the big nappe stack in NW Iberia – bearing a set of mafic-ultramafic layered intrusions, composed of gabbros, dunites, harzburgites, lherzolites, and pyroxenites¹, markedly affected by serpentinization. To assess this serpentinization process, a preliminary petrographic and mineralogical study have been carried out in ultrabasic rock samples, classified as (meta)dunites and a (meta)peridotite, collected in the Alimonde region, Bragança. All samples have been studied in thin section by reflected light petrography, while dunitic samples have also been subjected to x-ray diffraction (XRD), and infrared spectroscopy (FTIR) analyses (separated secondary minerals), and one of those have been analyzed by Raman spectroscopy, for secondary phase identification.

Dunitic samples show variable degrees of serpentinization, and their petrography is generally dominated by serpentine pseudomorphs after olivine, originating pseudomorphous mesh and hourglass textures. Olivine relicts still preserved in some cases, strongly fractured, forming serpentine veins along the cracks. Serpentine veins also form through fractures in the dunitic rocks and are frequently accompanied by spinels. In some cases, minor pyroxenes and amphiboles were also observed. XRD, FTIR and Raman spectroscopy analyses, on the other hand, allowed the identification of lizardite amongst the secondary phases in the dunitic rocks. Concerning the studied peridotitic sample, its petrography is dominated by olivine, pyroxenes and amphiboles (e.g. hornblende), the latter possibly related to retrograde metamorphic processes². Olivine and pyroxenes are intensely fractured, with serpentine veins also occurring along cracks in olivine relicts.

Future research will consist in a more detailed mineralogical and geochemical study of the ultrabasic rocks from the UA of the Bragança region, in the scope of a PhD grant (reference SFRH/BD/149312/2019) financed by *Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)*, aiming, in general lines, at the identification of the protoliths of these rocks through possible inherited geochemical signatures, and characterization of the

¹ Pereira, E. S. (Coord.) (2006). *Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal na escala 1:200.000, Folha 2*. Lisboa: Inst. Nac. Eng. Tec. Inov..

² Marques, F. O. (1994). *Estudo tectónico das rochas infracrustais do manto de soco do SW do Maciço de Bragança (Trás-os-Montes)* (Tese de Doutoramento não publicada). Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Lisboa.

serpentinization process by mineralogical analyses, geochemical analyses of *Fluid Mobile Elements (FME)*, and isotope geochemistry.

Key words: Dunite; Peridotite; Serpentinization; Upper Allochthon; Bragança.

Acknowledgments: The author thanks to *Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)* for supporting his PhD project through a PhD grant (reference SFRH/BD/149312/2019).

Magnetic fraction from coal combustion ashes as catalyst in the 4-nitrophenol (4-NPh) reduction reaction

Ana Cláudia Santos^{1*}, Iwona Kuźniarska-Biernacka², Alexandra Guedes¹, Andreia F. Peixoto², Bruno Valentim¹

¹ Earth Science Institute – Porto pole, Department of Geosciences, Environment and Spatial Plannings, Faculty of Sciences, University of Porto, rua do Campo Alegre s/n, 4169– 007 Porto, Portugal

² REQUIMTE/LAQV, Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal

*anasantos@fc.up.pt

Resumo

The present work was developed under the scope of the CHARPHITE project (3rd ERA-MIN Call 2015) and had as main objectives the characterization and further application of magnetic fractions derived from coal combustion ashes as catalysts in the 4-nitrophenol (4-NPh) reduction by sodium borohydride (NaBH₄). The 4-NPh is a toxic substance resulting from anthropogenic activities (e.g., agriculture and pharmaceutical) commonly found in wastewater. Among the methods developed for 4-NPh removal from the wastewaters, catalytic reduction using heterogeneous magnetic catalysts is very promising. The great advantage of this method is easy separation of the catalysts from the reaction medium (external magnet) and selective conversion of 4-NPh to 4-aminophenol (4-APh). The product is important intermediate in production of pharmaceuticals and has commercial relevance. Precious metals (e.g., Au, Pd, Pt and Ag) are usually used as active sites but its high price imposes a search for alternatives. Magnetic fractions (MF) were collected via wet magnetic separation (ferrite magnet) from two ash samples, bottom ash (BA) and economizer fly ash (ECO), provided by Pego thermal power plant, located in Abrantes (Portugal). The fractions obtained were characterized through X-ray fluorescence (portable X-MET7500), Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) and micro-Raman. The yield of mass recovered from the ECO sample is twice the recovered from the BA sample (5.4 wt. %). The major oxides on MF occur according to the following order of abundance: Fe₂O₃>SiO₂>Al₂O₃>K₂O>CaO>TiO₂>MnO. The Fe₂O₃ content is greater in MF from ECO (78 wt. %) than in the MF from BA (61 wt. %). The Fe occurs in ferrospheres (spherical morphotypes with Fe-bearing minerals embedded on the aluminosilicate glassy matrix) and in Fe-rich aluminosilicate glassy morphotypes. The major difference found between the MF from BA and ECO is that in the first the Fe-morphotypes are usually embedded in large glassy agglomerates while in the last it mostly occurs as discrete particles. The Raman spectra have showed the occurrence of magnetite (Fe₃O₄) and hematite (Fe₂O₃) mostly occurring as pseudomorphic replacement of magnetite (martite). The best catalytic performance was found for the ECO sample magnetic fraction, where 4-NPh concentration decrease followed a pseudo first order kinetic ($R^2 > 0.98$). In the case of the BA magnetic fraction no 4-APh was formed. Further research within this scope is being made using also magnetic fractions obtained from coal fly ash.

Palavras chave: coal ash; ferrosphere; magnetic separation; magnetite; hematite.

Agradecimentos: PhD scholarship financed by FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, Portugal, (SFRH/BD/131713/2017); 3rd ERA-MIN Joint Call (2015), project CHARPHITE: FCT, Portugal (ERA-MIN/0005/2015); Institute of Earth Sciences (ICT) through the project COMPETE 2020 (UIDB/04683/2020), POCI-01-0145-FEDER-007690, Pego Power plant (Portugal), UIDB/50006/2020 funding from FCT/MCTES through national funds and FCT/MEC research project REALM — Reactive Learning Machines PTDC/QUI-QIN/30649/2017.



Deformation patterns in late- to post- and post-Variscan granites (Northern Portugal): structural and tectonic implications

Ana Gonçalves^{1*}, Helena Sant'Ovaia¹, Fernando Noronha¹

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Porto, Rua Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto

*ana.goncalves@fc.up.pt

Abstract

Granite intrusions are useful as kinematic markers of regional deformation because they deform in distinct ways during and after emplacement. For this study, were chosen two granites, which emplaced in distinct moments in the 3rd Variscan deformation phase (D₃, ca. 310 Ma). The Valpaços (late- to post-D₃, ValG) and Freixo de Numão (post-D₃, FNG) ilmenite-type granites are located inside the Galícia Trás-os-Montes and Central Iberian zones, respectively. Both granites were studied applying petrography, anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) and fluid inclusion planes (FIP) to understand the deformation patterns evolution. The petrographic studies in ValG showed microstructures developed during the continuous magma crystallization stages, being the most evident the chessboard patterns, bulging recrystallization and strong sericitization of plagioclases. While the FNG showed microstructures typical of magmatic to submagmatic temperatures and low-temperature solid state, displaying evident undulose extinction and strong sericitization of plagioclase. The correlation between microstructures and magnetic anisotropy obtained from AMS measurements allowed to verify that ValG magnetic fabric combines magmatic and tectonic fabrics developed during a forceful ascent and emplacement. By contrast, the magnetic fabric of FNG mimics the magmatic fabric inherited during the passive ascent and emplacement. The ValG exhibits WNW-ESE magnetic lineations trajectories suggesting the stretching of magmas compatible with a maximum shortening (σ_1) close to NE-SW. After the total crystallization of ValG, a still active tectonic congruent with NE-SW σ_1 promoted the 1st brittle deformation characterized by N40°-50° and N80°-90° FIP. The FNG is characterized by sigmoidal magnetic lineation trajectories, which suggest that its ascent and emplacement was assisted by pre-existing dextral WNW-ESE shear zones related to N-S σ_1 . This continuous rotation of σ_1 from NE-SW to N-S, typical of the post-D₃ phase allowed the development of N20°-30° FIP in ValG (2nd brittle deformation). After, the rotation of σ_1 from N-S to NW-SE typical of the early events of Alpine orogeny, led to the 3rd brittle episode patent in ValG, that is marked by N120°-130° and N140°-150° FIP. At the same time, occurred the 1st and only brittle deformation episode evident in FNG expressed by N100°-110°, N110°-120°, N120°-130° and N140°-150° FIP.

Key words: kinematic makers, magnetic and magmatic fabric, microstructures, fluid inclusion planes, maximum shortening.

Acknowledgments: This research was funded by the FCT Grant Number SFRH/BD/115324/2016 and supported by the project UIDB/04683/2020 - ICT.



Prospecção dos Pegmatitos de Muiane e Naipa (Moçambique) a partir de técnicas de Detecção Remota, usando imagens do sensor ASTER.

U. Gemusse^{1,2*}, Joana Cardoso-Fernandes², Douglas Santos², A.C. Teodoro², A. Lima²

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Licungo, PO Box 2025, Beira, Moçambique

² Instituto Ciências da Terra - Polo da Universidade do Porto e Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal

*ugemusse@gmail.com

Resumo

Os pegmatitos alvos neste trabalho localizam-se na Província de Zambézia (Moçambique), distrito de Gilé. Pretendeu-se com este trabalho, demonstrar o potencial da deteção remota na prospecção de filões pegmatíticos com minerais de lítio em Moçambique, através da análise de assinaturas espectrais, identificadas em imagens processadas do sensor ASTER, que possam indicar a presença de pegmatitos mineralizados através de um suporte Sistema de Informação Geográfica (SIG), usando o software ENVI 4.8.

As imagens de satélite usadas encontram-se disponíveis gratuitamente. Foram selecionadas imagens de várias séries, entre as que combinam menor cobertura de nuvens e com baixa cobertura de vegetação. Neste caso de estudo, usou-se a imagem ASTER de 27/05/2005, que satisfaz as condições anteriormente referidas. O pré-processamento envolveu a conversão de refletância no topo da atmosfera para refletância de superfície (correção atmosférica). As principais ações de campo, envolveram os seguintes pegmatitos: Naipa (3.703 km²); Nuaparra (18.75 km²) e Muiane (15.63 km²), todos localizados no Complexo de Nampula, região de Alto Ligonha, uma subdivisão estratigráfica tectónica do Cinturão de Moçambique. Os métodos de processamento de imagem incluíram análise de componentes principais (ACP), combinações RGB (vermelho, verde, azul), razão de bandas, classificação supervisionada e algoritmos de machine learning. Esta combinação de técnicas permitiu prever a ocorrência de pegmatitos nessas regiões. As razões de bandas e combinações RGB e ACP propostas, permitiram a discriminação dos pegmatitos supostos portadores de Li das rochas encaixantes. Foram efetuadas amostragens dos pegmatitos de Muiane e Naipa e das suas rochas encaixantes para estudos espectrais e geoquímicos, nomeadamente utilizando um espectroradiómetro. Foram classificados 687 pixéis, para classe dos pegmatitos, usando Spectral Angle Mapping (SAM) com uma exatidão do utilizador (EU) de 97% e com uma exatidão produtor (EP) de 92%. Para o algoritmo Distância Mínima, a classe de Pegmatito apresentou 256 pixéis, atingindo uma EU de 100%, uma EP de 95,5% e um kappa de 1, significando que a classe de pegmatitos foi perfeitamente identificada, enquanto que para o algoritmo Máxima Verossimilhança, a classe Pegmatito apresentou 356 pixéis, uma EU de 97% e uma EP de 99,16%. Para o algoritmo Suporte Vetorial Machine (SVM), a classe Pegmatito apresentou 359 pixéis, com um erro de comissão de 1,10% e um erro de omissão de 2,18%.

Os resultados demonstraram que a classe dos Pegmatitos aparece evidenciada em todas as técnicas aplicadas nesse trabalho. A informação obtida por deteção remota tem vindo a ser aplicada em diversos sectores de estudo e torna-se nesta fase relevante compreender qual a potencialidade dessa informação para Moçambique, mais especificamente, para os pegmatitos de Alto Ligonha.

Palavras-chave: Deteção remota, classificação de imagens, razão de bandas, ACP, Combinação RGB, assinaturas espectrais, pegmatitos.

Agradecimentos: U. Gemusse, beneficiou de uma Bolsa financiado pelo Instituto de Bolsas de Moçambique (IBE) no âmbito da bolsa de doutoramento com a referência D101/2016-2028. J. Cardoso-Fernandes agradece o suporte da FCT, através do programa regional NORTE 2020, para o desenvolvimento da tese de doutoramento, ref. SFRH/BD/136108/2018. Os autores agradecem a Agência Espacial Europeia (ESA) e os Serviços Geológicos norte americanos (USGS) pela disponibilidade das imagens orbitais multiespectrais utilizadas.

GRUPO 3 – GEORRECURSOS E GEOMATERIAIS

Comunicações Orais | 5 min

Assessment of rare earth elements plus Y (REY) in cork powder fly ash and its size fractions to evaluate their recovery potential

Renato Guimarães^{1*}, Alexandra Guedes¹, Bruno Valentim¹

¹DGAOT, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Porto, Rua do Campo Alegre, S/N, 4169-007 Porto, Portugal.

*up200506169@fc.up.pt

Abstract

The REY are essential for numerous applications in the modern society. However, these are critical elements owing to their economic importance and risk of supply making crucial to recover them from secondary raw materials. There are numerous studies focused on REY recovery from coal fly ash, whereas from biomass ash (BA) they are scarce.

This work addresses the assessment of REY concentration in cork powder fly ash (CPFA), the correlation with the major oxides analysed, and the REY possible recovery. For this purpose, 12 CPFA samples (heat exchanger (4) and cyclone (8)) were collected from RELVAS II (Portugal) in January 2019, with one-week interval. One sample from the exchanger and one from the cyclone were dry sieved using a set sieves (25, 45, 75, 150 µm), and all samples, and the size fractions, analysed via ICP-MS, Loss-on-ignition (LOI) and XRF.

The total concentration of REY determined used to assess the economic potential for REY recovery at the industrial level by the Outlook coefficient [$C_{outl} = ((Nd+Eu+Tb+Dy+Er+Y)/\sum REY)/((Ce+Ho+Tm+Yb+Lu)/\sum REY)$], which establishes the relationship between the relative amount of critical REY ($Rel\% = (Y+Nd+Eu+Tb+Dy+Er)$) and the potential for REY recovery.

The ICP-MS analysis shows that the total REY concentration in the 12 global CPFA samples ranges between 58.38 and 93.25 ppm that is within the range of 10 to 100 ppm observed for BA.

The correlation between the major oxide and the REY in the studied samples show high positive correlation with SiO₂ (0.88) and Al₂O₃ (0.82), probably related with the occurrence of detrital REY-bearing minerals mixed with clay minerals, and high negative correlation with the LOI (-0.70) because this is related with water evaporation, organic matter combustion and carbonates decomposition.

In the studied samples, the C_{outl} present values between 0.68 and 0.80 and the critical REY index between 27.9 % and 30.7%. The C_{outl} and the REY index do not show potential for recovery REY at industrial level.

However, compared to the respective global sample, the following size fractions are enriched in REY elements, for the cyclone, >150 µm (1.1) and <25 µm size-fraction (1.2) and for the exchanger, 75-150 µm size fraction (1.1) and <25 µm size fraction (1.7), while the remaining fractions present depletion. Although the <25 µm size-fraction present enrichment of 1.7, its REY concentration (134 ppm) do not show potential for REY recovery.

Key words: Cork fly ash; REY elements; recovery; size fractions.

Acknowledgments: The author R. Guimarães PhD scholarship (SFRH/BD/136227/2018) is funded by Foundation for Science and Technology (FCT, Portugal). Institute of Earth Sciences (ICT; FCT UID/GEO/04683/2020).



Reflectance spectroscopy of minerals and rocks: a case study for lithological classification

Joana Cardoso-Fernandes^{1*}, Alexandre Lima¹, Ana Cláudia Teodoro¹, João Silva¹

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Porto, Rua do Campo Alegre 4169-007 Porto, Portugal

*joana.fernandes@fc.up.pt

Abstract

Reflectance spectroscopy is a fundamental tool for remote lithological classification. Diagnostic absorption features allow for mineral identification and rock discrimination. This study concerns the use of reflectance spectroscopy to improve lithological classification in the Fregeneda-Almendra aplite-pegmatite field. The main aim is to highlight the potentials of this kind of non-destructive technique to obtain a quick understanding of rock composition and evolution. The mineral interpretations were based on reflectance spectra acquired in the 350-2500 nm region. Overall, it was possible to identify several of the rock-forming minerals: (i) white mica, mixtures of chlorite (dominant) and biotite, and quartz with fluid inclusions in samples from the Desejosa Formation of the Complexo Xisto-Grauváquico (CXG); (ii) white mica and biotite were also ubiquitous in granitoid samples, but the presence of phlogopite and the larger quantities of biotite allowed to distinguish the Chãs granodiorite from the Medas granite. In the case of lithium (Li)-pegmatites, the only Li-minerals undoubtedly identified were lepidolite and cookeite. White mica, quartz with fluid inclusions, sericite, and orthoclase (possibly containing ammonia) were also observed. Spodumene and petalite showed spectral signatures of illite and/or montmorillonite. Moreover, for each lithology, it was possible to identify the associated alteration minerals: (i) montmorillonite and a kandite group mineral (like kaolinite or halloysite) in granite samples; (ii) illite/montmorillonite and halloysite in granodiorite; (iii) kaolinite and illite/montmorillonite in Li-pegmatite. The collected spectra also allowed to readily distinguish iron oxides and to determine the iron oxidation state in several samples. Goethite was described for altered samples of granite, pegmatite, and CXG. Oppositely, fresh CXG samples are characterized by the presence of ferrous iron (Fe^{2+}) which corroborates that sample alteration led to oxidation and formation of ferric iron (Fe^{3+}). The spectra of fresh granite pointed to the coexistence of both oxidation states. Both fresh and altered granodiorite samples show the presence of ferrous iron. Finally, reflectance spectroscopy provided insightful interpretations regarding mica crystallinity degree and on white mica/chlorite composition. For example, the depth of the water feature allowed to distinguish illite from highly crystalline micas. Compositionally, white mica in CXG is consistently compatible with phengite, while micas from Li-pegmatites range from muscovite to paragonite. Granitoid samples show a muscovitic composition. Chlorites from CXG show intermediate compositions with both iron and magnesium. These results proved the reflectance spectroscopy potential not only to discriminate distinct lithologies in remote classification but also to promptly obtain mineralogical and crystallographic information.

Key words: Remote sensing; spectral library; absorption features; mineral composition; mineral crystallinity

Acknowledgments: The authors would like to thank the financial support provided by FCT– Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., with the ERA-MIN/0001/2017 – LIGHTS project, and also with the 869274 — GREENPEG — H2020-SC5-2018-2019-2020 project. The work was also supported by National Funds through the FCT project UIDB/04683/2020 - ICT (Institute of Earth Sciences). Joana Cardoso-Fernandes is financially supported within the compass of a Ph.D. Thesis, ref. SFRH/BD/136108/2018, by national funds from MCTES, through FCT, and co-financed by the European Social Fund (ESF) through POCH and NORTE 2020 regional program.



Determinação de subfabricas magnéticas através da abordagem não padronizada de anisotropia da suscetibilidade magnética “out-of-phase”

Cláudia Cruz^{1*}, Helena Sant’Ovaia^{1,2}, William McCarthy³, Fernando Noronha^{1,2}

¹ Instituto de Ciências da Terra, Pólo-Porto, Rua do Campo Alegre 687, Porto, Portugal

² Departamento de Geociências Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 687, Porto, Portugal

³ School of Earth & Environment Sciences, Irvine Building St Andrews, United Kingdom

*claudiacruz@fc.up.pt

Resumo

Uma rocha pode ser constituída por minerais paramagnéticos, diamagnéticos e/ou ferromagnéticos, sendo que a anisotropia de suscetibilidade magnética (ASM) resulta da contribuição de todos os minerais presentes na amostra. Nas rochas em que estão presentes minerais paramagnéticos e ferromagnéticos é possível distinguir dois tipos de *fabric* magnéticos, obtendo-se um tensor intermédio de AMS. Nestes casos e quando se pretende realizar um estudo detalhado da mineralogia e *fabric* magnéticos, é importante proceder à individualização de *subfabric*s através da medição da suscetibilidade magnética (K_m) em campo alterno sendo possível distinguir duas componentes: uma em fase (“in-phase”) e outra fora de fase (“out-of-phase”). Consequentemente podem obter-se duas AMS: uma “out-of-phase” (opAMS) e outra “in-phase” (ipAMS), sendo a opAMS apenas registada por alguns minerais ferromagnéticos como a hematite, titanomagnetite e magnetite ultrafina. A opAMS pode, assim, ser utilizada para a determinação direta do *subfabric* magnético daqueles minerais. Esta metodologia foi aplicada em três plutões graníticos: Lamas de Olo, Lavadores-Madalena e Santa Eulália. Os resultados preliminares mostram que comparando os dados de ipAMS e opAMS, a K_m é menor e o grau de anisotropia magnética muito maior em opAMS e que os parâmetros de forma do elipsóide não apresentam diferenças significativas. Os tensores ipAMS e opAMS são em geral coaxiais, indicando que o *fabric* global da rocha é subparalelo ao *subfabric* de minerais como a hematite, titanomagnetite e magnetite ultrafina. Dois locais de amostragem no Plutão de Lamas de Olo possuem valores baixos de K_m “in-phase”, verificando-se duas situações: (i) tensores coaxiais, indicando a presença de minerais como a hematite (resultante da oxidação da magnetite) com a mesma orientação da matriz; (ii) orientação distinta de K_1 e K_3 em ipAMS e opAMS, sugerindo a presença de um mineral ferromagnético como a hematite mas com uma orientação diferente dos minerais paramagnéticos. Porém, é importante referir que o facto das amostras possuírem valores baixos de K_m indica que a presença de minerais ferromagnéticos é escassa e como tal a precisão de opAMS é menor. A opAMS e a anisotropia de magnetização remanescente anisterética (AARM) permitem obter conclusões semelhantes, uma vez que ambas estão relacionadas com a presença de minerais ferromagnéticos e com as suas propriedades magnéticas. A opAMS apresenta vantagens pois não requer a magnetização permanente de amostras e é medida simultaneamente com a ipAMS. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar mais medições de opAMS, medições de AARM e posterior comparação dos tensores ipAMS, opAMS e AARM.

Palavras chave: anisotropia da suscetibilidade magnética “out-of-phase”; anisotropia da suscetibilidade magnética “in-phase”; *subfabrics* magnéticos; magnetismo de rocha; mineralogia magnética.

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através do projeto UIDB/04683/2020.



Aplicação de Métodos para Identificação de Novos Depósitos de Pegmatitos LCT e NYF: GREENPEG um Projeto Europeu

Douglas Santos^{1*}, Ana Cláudia Teodoro^{1,2}, Alexandre Lima^{1,2}, Joana Cardoso-Fernandes^{1,2}

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal

² ICT (Instituto de Ciências da Terra) – Porto (Portugal)

*douglas.santos@fc.up.pt

Resumo

Os depósitos de pegmatitos, apesar de comuns na Europa, são um tipo de recurso pouco explorado. Tendo em vista o enorme potencial para se encontrar mais depósitos, o Projeto GREENPEG procura desenvolver ferramentas de prospeção inovadoras, competitivas e mais amigas do meio ambiente, para a prospeção de pegmatitos do tipo Lithium-Caesium-Tantalum (LCT) e Niobium-Yttrium-Fluorine (NYF).

Com o objetivo de identificar esses depósitos de pegmatitos, uma série de técnicas e tecnologias de deteção remota foram aplicadas. As técnicas de deteção remota que são aplicada no âmbito desta investigação podem ser divididas em quatro etapas: (i) seleção e aquisição de imagens de satélite e delimitação das áreas de estudo; (ii) processamento das imagens de satélite; (iii) aquisição de dados espectrorradiométricos das áreas de estudo; e (iv) Integração dos resultados dos metodologias anteriormente referidas para elaboração de mapas de prospeção.

Seis áreas de estudo foram determinadas para o projeto. Três delas são consideradas áreas principais: Leinster (Irlanda do Sul), Wolfsberg (Áustria) e Tysfjord (Noruega); e três áreas consideradas áreas de estudo adicionais: Adagói (Portugal), Valdeflórez (Espanha) e Kitee (Finlândia). As imagens de três satélites (Landsat 8– OLI e TIRS, Sentinel-2 MSI e Terra/ASTER) foram obtidas através do serviço Earth Explorer da USGS. Todas as imagens possuem cobertura de nuvens inferior a 10% e a menor cobertura vegetal possível.

O processamento das imagens de satélite, por sua vez, pode ser dividido em duas etapas: (i) Aplicação de abordagens convencionais de processamento de imagem (Combinações RGB (Red, Green, Blue), Band Ratios (BR) e Principal Component Analysis (PCA)) e; (ii) Aplicação de algoritmos de classificação de imagens mais avançados, baseados em técnicas de machine learning.

A combinação RGB é um método onde, três bandas são inseridas nos canais vermelho, verde ou azul para gerar imagens com diferentes combinações das unidades hidrotermais e litológicas das rochas. O BR, consiste na divisão de bandas com o objetivo de destacar diferenças espectrais específicas. Já a PCA corresponde a uma técnica estatística multivariada, usada para melhorar a identificação e separar certos tipos de assinaturas espectrais.

As etapas de aquisição de imagens de satélites e definição das áreas de estudo juntamente com a aplicação dos métodos convencionais do processamento de imagens, estão concluídos e, apesar de alguns resultados animadores, é perceptível a necessidade de

aplicação métodos mais robustos, como algoritmos machine learning, para se obter melhores resultados. Esses métodos serão aplicados nas próximas etapas do projeto.

Palavras chave: Prospecção; Combinações RGB; Band Ratios; Principal Component Analysis; Machine Learning.



Análise estatística da geoquímica de sedimentos de corrente em rochas graníticas e formações metassedimentares do Alto Douro (NE de Portugal)

J. Lima^{1*}, J. Cardoso-Fernandes¹, A. Lima¹

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; Instituto de Ciências da Terra, Polo-Porto, Rua Campo Alegre, Porto, Portugal

*jessica.torres@fc.up.pt

Resumo

A partir de dados geoquímicos de 3.713 pontos de amostragem relativos às campanhas de sedimentos de corrente realizadas na década de 80 pelo consórcio BRGM–SPE–LNEG na região do Alto Douro (NE de Portugal), foram realizadas análises de estatística exploratória com um grupo selecionado de elementos associados ao lítio em ambientes pegmatíticos, a saber: As, B, Ba, Be, Li, Sn, W e P₂O₅. O banco de dados foi dividido em dois subconjuntos (SFM e BRMG) e tratados separadamente, uma vez que as campanhas possuem diferentes malhas de amostragem e distribuições distintas. Utilizando ferramentas de programação no software R, foram produzidos histogramas, boxplots, QQ-plots e matrizes de correlação para as distribuições desses elementos, considerando também as possíveis diferenças entre amostras localizadas em granitos e rochas metassedimentares do Complexo Xisto-Grauváquico e do Ordovício (Formação Santo Antão).

Foi possível perceber que o conjunto de dados SFM apresenta menores valores de B, Ba e Be, maior média para As, B, Ba, Be, Sn e W, maior mediana para As, B e Ba, maior assimetria para Be, Li e P₂O₅, e maior desvio padrão (superior à média) para As, B, Sn e W. No geral, após a transformação logarítmica e remoção de valores censurados (menores que o limite de deteção), os histogramas de dados SFM mostram uma distribuição um pouco mais simétrica para As, mas a maioria dos elementos nas duas campanhas são distorcidos negativamente (exceto Li) e contêm mais de uma população. A diferença entre as amostras localizadas em granitos e em rochas metassedimentares é mais proeminente na campanha BRGM, que apresenta um maior número de amostras. O lítio é o elemento com maior diferença: os granitos têm valor médio de 111,8 ppm e as rochas metassedimentares de 41,31 ppm. A estatística descritiva para rochas metassedimentares entre as duas campanhas difere especialmente para os dados de As, B, Be e Li, embora a mediana seja bastante semelhante para todos os elementos, exceto para o Be. Porém, a subdivisão dos dados por formações de rochas metassedimentares permite ver as diferenças para todos os elementos (exceto W) nas formações Pinhão, Rinho Pinhão e Santo Antão. Dados de Ba, Li e P₂O₅ também mostram diferenças na formação Desejosa.

Palavras chave: lítio, geoquímica exploratória, estatística descritiva, programação.

Agradecimentos: Os autores agradecem o financiamento obtido por meio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) com o projeto ERA-MIN2/0001/2017 – LIGHTS e FEDER (operação POCI-01-0145-FEDER-007690) financiada pelo Programa

Operacional Competitividade e Internacionalização – COMPETE2020 e por Fundos Nacionais do ICT, R&D Unit (referência UID/GEO/04683/2013). Joana Cardoso-Fernandes agradece o suporte da FCT para o desenvolvimento da tese de doutoramento, ref. SFRH/BD/136108/2018. Os autores também agradecem ao LNEG pela disponibilização dos dados para este estudo.



Mapa metalogénico das regiões Norte e Centro de Portugal e Castela-Leão de Espanha desenvolvido no projeto ESMIMET

Alexandra Mota^{1*}, Sara Leal¹, Óscar Fadon², Fernando Noronha¹

¹ Departamento Geociências Ambiente e Ordenamento de Território, Faculdade de Ciências Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Porto

² SIEMCALSA, Avda. Rodrigo Zamorano, 6, Cp. 47151 Parque Tecnológico de Boecillo, Valladolid, España.

*alexandra.fernandes@fc.up.pt

Resumo

No projeto ESMIMET foi desenvolvido no ICT – Pólo Porto o mapa metalogénico, do Norte e Centro de Portugal, Castela e Leão em Espanha. Com principal enfoque às mineralizações primárias de W e/ou Sn. As mineralizações destes metais estão associadas a rochas graníticas intrusivas em metassedimentos do Paleozoico e do “Complexo Xisto-Grauváquico (CXG)” houve necessidade de uniformizar a classificação das rochas graníticas e dos metassedimentos do CXG. Esta uniformização foi realizada utilizando as cartas geológicas de Portugal à escala 1:500 000 e de Espanha à escala 1: 400 000 e bibliografia.

A uniformização para as rochas graníticas conduziu a uma legenda com base na classificação litológica das diferentes fácies, melhor opção para discriminar os diferentes tipos de rochas granitoides presentes bem como o seu grau de diferenciação. Procedeu-se ao estudo comparativo dos granitos associados aos 15 jazigos estudados no sentido de proceder ao seu enquadramento no “Mapa metalogénico”. Optou-se por comparar a composição geoquímica das rochas granitoides enfatizando a geoquímica das terras raras. Os dados foram distribuídos: em função da razão La/Yb, do total de terras e valor da anomalia em Eu, sendo definidos doze grupos abrangendo os granitos de origem mesocrustal e os de origem basicrustal. Considerando os jazigos estudados incluíram: jazigos de Sn - em filões de quartzo ou disseminado Golpejas, Valtreixal, Martinamor e em filões de pegmatito e aplito La Fregeneda; jazigos de W filonianos- Barruecopardo, Valerodrigo, Borralha e Peña do Seo e em skarns- Los Santos, Otero e Covas; jazigos de W e Sn Panasqueira, Vale das Gatas, Bejanca e Enaras.

Pôde concluir-se que mineralizações de volframite e/ou scheelite, e cassiterite ocorrem em diferentes situações: associadas a granitoides biotíticos sin-D3 em zonas de cisalhamento; associadas a granitos de duas micas mesocrustais intrusivos em metassedimentos no núcleo de antiformas D1-D3; associados a granitos biotíticos tardi-D3; associadas a granitos pós-D3. Em todos os exemplos há termos mais evoluídos leucogranitos e/ou aplitos que revelam baixos teores em TR e destes os associados a mineralizações de Sn revelam várias alterações deutéricas nomeadamente moscovitização, greisenização e enriquecimento em Sn. Quando o W é a mineralização dominante os leucogranitos estão pouco transformados por alterações tardimagmáticas. Nalgumas áreas estão presentes vários granitos representando intrusões sucessivas. Existiram no decurso da orogenia Varisca vários períodos de mineralização de Sn e de W

pelo que numa mesma área e num mesmo jazigo podem estar representados vários desses períodos sendo favoráveis a concentrações sucessivas.

Palavras chave: Granitos, Mapa Metalogénico, Mineralizações Sn-W, Terras raras

Agradecimentos: Os autores agradecem: ao projeto POCTEP- Interreg 0284_ESMIMET_3_E “*Desarrollo de Capacidades Interregionales en torno a los Recursos Estratégicos en Minería Metálica*” pelo apoio financeiro; ao Instituto Ciências da Terra - Pólo Porto através do projeto COMPETE2020 UIBB/04683/2020 de referência POCI-01-0145-FEDER-007690.

Cartografia Geológica, Estratigrafia e Paleontologia da Região de Rates e São Félix de Laúndos

P. Amorim^{1*}, H. Couto^{1,2}

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 687, Porto, Portugal

² Instituto de Ciências da Terra, Universidade do Porto, Porto, Portugal

*up201506181@fc.up.pt

RESUMO

A região de Rates e São Félix de Laúndos localiza-se no prolongamento NW do Anticlinal de Valongo, abrangendo formações do Paleozóico com idades que variam entre o Câmbrico e o Carbonífero, localmente sobrepostas por depósitos de praias e dunares do Plio-Plistocénico. O principal objetivo deste trabalho foi a elaboração de uma carta geológica de pormenor desta região. O trabalho de campo permitiu identificar diferentes unidades litoestratigráficas. Foi efetuada a colheita de amostras de rocha e de fósseis. Algumas amostras de rocha foram estudadas ao microscópio ótico e ao Microscópio Eletrónico de Varrimento (MEV). Foi assinalada a presença de rochas vulcânicas ao longo da sequência do Paleozóico. Nas alternâncias vulcano-sedimentares da transição Câmbrico-Ordovícico Inferior, subjacentes aos quartzitos do Floiano, ocorrem um riolito e um tufo vulcanogénico, no Ordovícico Superior, sobrepondo os quartzitos do Hirnantiano, foi identificada uma rocha vulcanogénica, no conglomerado-brecha do Carbonífero assinalaram-se intercalações de pórfiros não identificados anteriormente nesta região. O estudo paleontológico recaiu em amostras colhidas no campo, essencialmente pertencentes ao Ordovícico Médio (Formação de Valongo), mas também ao Silúrico e ao Carbonífero. As formações do Devónico encontram-se cobertas, em grande parte, por campos agrícolas e urbanização, não possibilitando a colheita de exemplares. Deste modo, os fósseis do Devónico da região de Rates e Laúndos estudados pertencem à Coleção Estratigráfica e Paleontológica do Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Estes fósseis pertencentes a antigas coleções foram objeto de vários estudos. Através dos trabalhos publicados foi feita uma inventariação e obtida a localização aproximada no Google Earth da colheita dos vários exemplares. Os trabalhos de cartografia geológica anteriormente desenvolvidos na região remontam ao séc. XX. No presente trabalho foi efetuada uma carta geológica de pormenor à escala 1:15.000. Localmente foi feita a reinterpretação da sequência estratigráfica. Em alguns locais foram realizados perfis geológicos interpretativos.

Palavras chave: Cartografia, Paleozóico, Estratigrafia, Paleontologia, Petrografia



Determinação da paleotemperatura com base na maturação térmica da matéria orgânica em xistos negros: exemplos da Zona Ossa-Morena

Vanessa Laranjeira^{1*}, Joana Ribeiro², Noel Moreira³, Pedro Nogueira³, Deolinda Flores¹

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do território, Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra - Pólo Porto, Rua do Campo Alegre, Porto.

² Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra, Rua Sílvio Lima, Pólo II, Coimbra, Instituto de Ciências da Terra - Pólo Porto, Rua do Campo Alegre, Porto.

³ Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra - Pólo Évora, Largo dos Colegiais 2, Évora.

*vanessa.laranjeira@fc.up.pt

Resumo

O estudo da matéria orgânica (MO) em rochas como os xistos negros (XN, carbono orgânico total > 0,5 %) é fundamental na avaliação da maturação térmica e da paleotemperatura associada aos processos que afetaram essas rochas. A maturação térmica da MO pode ser determinada através da medição da refletância, a partir da qual se pode estimar a paleotemperatura a que esteve sujeita essa MO. A maturação térmica e paleotemperatura (tanto maiores, quanto maior for a refletância da MO) é condicionada, por exemplo, pela atividade tectono-metamórfica, circulação de fluidos hidrotermais ou intrusões magmáticas. A determinação da paleotemperatura com base na refletância da MO é efetuada através de métodos empíricos recorrendo às fórmulas propostas por Barker e Pawlewicz (1994). Estas fórmulas, que consideram regimes de evolução térmica de bacias, permitem diferenciar a influência de metamorfismo hidrotermal.

O registo geológico na Zona Ossa-Morena (ZOM) vai desde o Proterozóico ao Paleozóico Superior e possui características estratigráficas, magmáticas, metamórficas e estruturais específicas. O Ediacariano na ZOM é representado por uma sucessão litológica que inclui metassedimentos com diferentes graus de metamorfismo, denominada no seu global como Série Negra. No Silúrico da ZOM ocorrem XN na Formação de Xistos com Nódulos, comumente associados a sistemas mineralizantes de Cu na Faixa Metalogénica de Sousel-Barrancos. Este trabalho tem como objetivo estimar a paleotemperatura que afetou os XN do Ediacariano e do Silúrico da ZOM, através da determinação da refletância da MO, contribuindo assim para a compreensão da evolução geodinâmica da ZOM e dos processos associados à formação de depósitos minerais. A refletância média da MO foi determinada de acordo com a norma ASTM D7708-14 (2014).

A refletância média da MO nas amostras de XN do Ediacariano varia entre 2,41 % e 3,71 %, para a qual se estimam paleotemperaturas entre 200 – 245 °C. Nas amostras do Silúrico a refletância média varia entre 3,05 % a 5,44 %, indicando paleotemperaturas superiores, entre 300 – 370 °C.

A variação da maturação térmica nas amostras da Série Negra está relacionada com a variabilidade dos processos metamórficos, nomeadamente o metamorfismo regional e dinâmico, que condicionaram a maturação em diferentes setores da ZOM. Já a maturação e paleotemperatura mais elevadas registadas nas amostras do Silúrico podem ser

interpretadas como resultado da intensa circulação de fluidos hidrotermais, uma vez que algumas amostras foram colhidas em regiões onde existe uma relação espacial com os sistemas mineralizantes que dão origem a algumas mineralizações de Cu no Setor Estremoz-Barrancos.

Palavras chave: xistos negros, petrografia orgânica, refletância, maturação térmica.

Agradecimentos: Os autores agradecem o financiamento concedido ao Instituto de Ciências da Terra através dos contratos UIDB/04683/2020 com a FCT e COMPETEPOCI-01-0145-FEDER-007690. A autora V. Laranjeira agradece o financiamento concedido pela FCT através da bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/137567/2018. Noel Moreira e Pedro Nogueira agradecem o financiamento através do projeto ZOM-3D (ALT20-03-0145-FEDER-000028), financiado pelos fundos do Alentejo 2020 (FEDER/FSE/FEEI).



Assinatura geoquímica de fluídos ígneos nos carvões da Bacia Carbonífera do Douro: sector de São Pedro da Cova

Mariana Costa^{1*}, Helena Moura¹, Ary Pinto de Jesus¹, Deolinda Flores¹

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra - Polo Porto, Rua do Campo Alegre, Porto

*up201201358@fc.up.pt

Resumo

O registo sedimentar da Bacia Carbonífera do Douro (BCD) encontra-se controlada por variações na atividade tectónica, resultando assim numa sedimentação predominantemente sintectónica incluindo associações de litofácies agrupadas em quatro unidades tectonossedimentares (UTS A, B, C e D) e que se encontram duplicadas (UTS A1, B1, C1 e D1; UTS A2, B2, C2 e D2). As UTS B1 e D1 apresentam camadas de carvão sendo as UTS B2 e D2 a duplicação das primeiras (Pinto de Jesus, 2003). Estas quatro UTS correspondem às chamadas, em contexto mineiro, como 1a, 2a, 3a e 4a camadas, respetivamente. A chamada “bacia oriental” neste sector é uma escama tectónica cuja relação com as UTS definidas, ainda não se encontra estabelecida. Os carvões desta bacia são classificados como carvões de grau superior A (antracite A) de acordo com a norma ISO 11760 (2005).

Em 1945 foi publicado por Pereira (1945) e Teixeira & Fonseca (1945) a ocorrência de uma rocha ígnea, no sector de São Pedro da Cova, entre a 1a e a 2a camadas observável na mina. A descrição feita, indica a ocorrência de um “filão eruptivo, interestratificado, com cerca de 35m” (Teixeira & Fonseca, 1945). Por sua vez, Pereira (1945) considerou a presença de duas formações – um pórfiro granodiorítico esverdeado e um pórfiro granodiorítico escuro, sendo este posterior ao primeiro.

Neste trabalho apresentam-se os dados geoquímicos de vinte e quatro amostras de carvão com o objetivo de identificar a influência dos fluídos ígneos nos carvões deste sector da BCD. Para tal foi usada a concentração dos elementos de terras raras (ETR) normalizadas à crosta continental superior (Taylor & McLennan, 1985) a fim de avaliar o seu padrão de distribuição e os efeitos dos processos deposicionais e/ou epigenéticos na assinatura geoquímica dos carvões deste sector da BCD.

Os coeficientes de correlação de Pearson indicaram que os ETR apresentam afinidade inorgânica ($r_{\text{Cinzas}} = 0,79$ e $0,91$) assim como com os aluminossilicatos ($r_{\text{Al-Si}} > 0,70$). Os padrões de distribuição dos ETR das UTS B1, D1, B2, D2 e da bacia oriental evidenciam padrões de distribuição diferentes. Assim, verifica-se que algumas amostras se encontram mais enriquecidas em ETR, particularmente em ETR leves. É evidente que quatro amostras das UTS B1 e UTS D1 (1a e 2a camadas) exibem um enriquecimento em ETR e uma anomalia positiva, por vezes bem evidente, do Eu. Por sua vez, as amostras da bacia oriental não apresentam enriquecimento em ETR e o seu padrão de distribuição mostra uma tendência subparalela. Assim, considera-se que o registo observado na bacia oriental estará relacionado com a contribuição sedimentar, sendo os padrões mais heterogéneos das UTS B1 e UTS D1 associados à contribuição de fluídos magmáticos. Nota-se, ainda, que estas amostras se situam geograficamente próximas evidenciando a influência local dos pórfiros granodioríticos identificados e descritos neste sector da BCD.

Palavras chave: Bacia Carbonífera do Douro, carvões, terras raras, pórfiro.

Agradecimentos: Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto Ref. UIDB/04683/2020. A autora H. Moura beneficiou de uma bolsa de doutoramento financiada pela FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Ref: SFRH/BD/134109/2017).

Ferramentas de análise espacial aplicadas à definição de pontos críticos. Aplicações ao projeto MOPREVIS

Marcelo Silva^{1*}, Pedro Nogueira¹, Paulo Infante², Anabela Afonso²

¹ Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000-761, Évora, Portugal

² Centro de Investigação em Matemática e Aplicações/Instituto de Investigação e Formação Avançada, Departamento de Matemática/Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de Évora

*marcelogs@uevora.pt

Resumo

Os acidentes rodoviários são um dos principais problemas que afectam a sociedade a nível global, e a Organização Mundial de Saúde estima que sem nenhum plano sustentado, em 2030 representarão a sétima causa de morte mais elevada. Para Portugal, o distrito de Setúbal tem sido de forma consistente dos piores distritos em termos de mortalidade em acidentes rodoviários, procedido apenas por Porto e Lisboa. Numa parceria entre a Guarda Nacional Republicana (GNR) e a Universidade de Évora/ICT, o projeto MOPREVIS (Modelação e predição de acidentes de viação no distrito de Setúbal) foi criado com o intuito de identificar os principais factores que propiciam a elevada taxa de acidentes neste distrito, através da criação de um modelo de predição capaz de ajudar as forças da lei a prevenir alguns destes acidentes.

Este trabalho apresenta os parâmetros e constrangimentos ligados à utilização de diferentes tipos de análise espacial discutindo os resultados obtidos e a sua aplicação. Este trabalho foi realizado pela equipa de SIG (Sistemas de Informação Geográfica) do projeto com participação da equipa de Estatística, e inclui a criação de mapas com estimativas de densidade de núcleo (*heatmaps*), aplicações de *clustering* espacial com base em densidades (DBSCAN), mapas de *Getis-Ord Gi** e mapas de *Local-Moran*. Os métodos foram testados para acidentes com vítimas (pelo menos um ferido ligeiro), para acidentes dos quais resultaram vítimas com ferimentos graves ou vítimas mortais, e em alguns métodos foi considerado o rácio de acidentes com ferimentos graves ou mortais para acidentes com vítimas. Os parâmetros para cada método foram testados e avaliados para averiguar quais melhor se adequavam aos nossos dados.

Os resultados mostram que os *heatmaps* são um excelente método expedito para análises espaciais, podendo ser complementado com análises *Getis-Ord Gi**, que fornecem informação relativa aos *coldspots*, onde a quantidade de acidentes é menor. As análises DBSCAN são úteis na identificação de subgrupos de acidentes, mas é bastante sensível à variação de parâmetros e à homogeneidade dos dados. As análises de *Getis-Ord Gi** e *Local-Moran*, quando usadas em conjunto, oferecem informação crucial de como os dados se comportam e onde é possível encontrar as concentrações mais preocupantes dos acidentes. Foi possível observar, uma tendência para um comportamento territorial nos concelhos situados a Noroeste do distrito, e um comportamento difuso naqueles a Sudeste. A análise espacial mostra ainda a dependência dos acidentes face a factores subjacentes, como sendo a distribuição da rede viária.

Palavras chave: Análise espacial, SIG, acidentes rodoviários, Geti-Ord, Local-Moran

Agradecimentos: Este abstract foi redigido no âmbito do projecto MOPREVIS (DSAIPA/DS/0090/2018) e financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). Agradecemos ainda a todos os colegas envolvidos no projeto.

Cathodoluminescence characteristics of spodumene and petalite from the Iberian massif pegmatites

F. Dias^{1*}, A. Lima¹

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Instituto de Ciências da Terra, Polo-Porto, Rua Campo Alegre 687, 4169-007 PORTO

*filipa.dias@fc.up.pt

Abstract

Spodumene ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) is the most mined mineral in the world for lithium (Li) (European Commission, 2020). However, is often found together with another Li mineral, petalite ($\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$), that is not so attractive for the Li industry, but often looks remarkably alike and sometimes is harder to tell them apart. A method that could easily distinguish them without requiring knowledge about mineral properties, and would be based only on the color, would be Cold Cathode Optical Microscopy. One interesting use of this type of cathodoluminescence (CL) would be to rapidly check if the Li content from mixtures of crushed rock powder and chips from reverse circulation (RC) drilling has its origin on spodumene or not. Spodumene luminescence has a bright orange color while petalite is a weak dark blue (Wise and Brown, 2019). Therefore, theoretically it should be easy to differentiate them.

According to Pagel et al. (2000), the cathodoluminescence may vary due to a number of factors, such as activator elements (e.g. Mn^{2+}), quencher elements (e.g. Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} and Co^{2+}) or defects on the crystal structure, such as impurities and vacancies.

This study intends to understand the meaning of the color differences observed on the spodumenes and petalites from the Iberian Massif by comparing a large set of samples from Viseu, Guarda, Vila Real and Viana do Castelo (in Portugal) and Galicia and Salamaca (in Spain). Another aspect that has been standing out is that the spodumenes known to be formed by the breakdown of petalite (e.g. Lousas, Vila Real) commonly show areas with purple highly mixed with orange, while spodumenes that are primary usually are formed by large areas where the color and intensity of the luminescence little changes (e.g. Gelfa, Viana do Castelo). In SEM-CL (cathodoluminescence from the Scanning Electron Microscope), these areas are also very different. The dark orange is a dark grey, the bright orange is a light gray, and the bright purple is even whiter than the bright orange.

Key words: lithium; microscopy; Portugal; CL colors; minerals

Acknowledgments: The authors would like to thank the National Funds through FCT within ICT. This study has been financed by FCT through the PhD Scholarship with reference 2020.05534.BD.

European Commission. (2020). *Lithium*. Study on the EU's list of Critical Raw Materials. Critical Raw Materials Factsheets. Luxembourg. pp. 287-322.

Pagel, M., Barbin, V., Blanc, P., and Ohnenstetter, D. (2000). *Cathodoluminescence in Geosciences*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York. pp. 514

Wise, M. A., and Brown, C. D. (2019). *Cathodoluminescence (CL) Microscopy – A Technique for Understanding The Dynamics of Pegmatite Crystallization*. *The Canadian Mineralogist*, 57: 821-823.

**GRUPO 4 – GEOCONSERVAÇÃO E EDUCAÇÃO EM
GEOCIÊNCIAS**

Comunicações Orais | 15 min



Avaliação do valor turístico do património geológico do Parque Nacional da Peneda-Gerês

Andreia Afonso^{1*}, Paulo Pereira¹

¹ Instituto de Ciências da Terra, Polo da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

*andreaafonso22@gmail.com

paolo@dct.uminho.pt

Resumo

É feita uma abordagem ao património geológico do Parque Nacional da Peneda-Gerês (PNPG), tendo como objetivos a avaliação do seu valor turístico e a proposta de medidas para a valorização turística dos geossítios. A mais importante área protegida em Portugal abrange a maior parte das serras da Peneda, Amarela e Gerês numa área de 709,2 km², onde os elementos da geodiversidade constituem as principais bases de uma paisagem natural que atrai cada vez mais visitantes. O património geológico do PNPG está sobretudo representado na componente geomorfológica associada às rochas graníticas hercínicas, principalmente ao plutão granítico da Peneda-Gerês, onde ocorrem geoformas como pias, tors, castel-kopje e bornhardts. Outro dos valores geomorfológicos no PNPG são os vestígios de processos glaciários recentes, como vales em U, superfícies graníticas polidas e estriadas, moreias e depósitos de til subglaciário. Como ponto de partida, foram identificados todos os geossítios do PNPG inventariados em trabalhos anteriores e considerados outros locais que evidenciam atratividade turística associada a elementos da geodiversidade. 168 geossítios foram alvo de uma avaliação para seleção daqueles com potencial valor turístico, a qual teve por base os critérios “presença de visitantes”, “promoção na internet”, “existência de promoção por parte dos municípios, centros de interpretação e Portas do Parque” e “estética”. A pontuação desses critérios resultou na seleção de 18 geossítios, os quais foram alvo de avaliação quantitativa mais detalhada e que envolveu trabalho de campo e pesquisa relacionada com os critérios “disponibilidade”, “uso”, “logística” e “sentidos” e com subcritérios associados. Desta avaliação, concluiu-se que o geossítio com valor turístico mais elevado no PNPG é o Miradouro da Pedra Bela, com 76,7% da pontuação máxima possível. O geossítio Sete Lagoas foi o menos pontuado, com apenas 42%. Os restantes geossítios obtiveram pontuações entre os 50 e os 75%, possuindo um valor turístico moderado. Constatou-se que o critério “logística” foi o menos pontuado, o que se pode justificar pelo facto de equipamentos de suporte ao turismo não serem prioritários em áreas protegidas. Tendo em conta os resultados e as especificidades de cada geossítio e de cada critério usado na avaliação, propuseram-se medidas de valorização, as quais procuram estabelecer melhores condições de visitação e de promoção do património geológico, sem colocar em risco os valores naturais do PNPG.

Palavras chave: Parque Nacional da Peneda-Gerês; património geológico; geossítios; avaliação; valor turístico.

Avaliação da Geodiversidade de Portugal Continental

Rui Peixoto^{1*}, Diamantino Insua Pereira¹, Renato Henriques¹

¹ Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho

Instituto de Ciências da Terra, Polo do Minho

*ruimiguelfpeixoto@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como principal objetivo a avaliação da geodiversidade de Portugal Continental e testar eventuais relações existentes entre as várias componentes da geodiversidade, bem como relações com a biodiversidade e as áreas protegidas. A avaliação da geodiversidade baseou-se na quantificação de índices litológicos, geomorfológicos e pedológicos, considerando o número de diferentes ocorrências existentes em cada célula de uma grelha 16x10km, correspondente às folhas da Carta Militar 1/25000. Além do referido índice de geodiversidade foi feita também uma avaliação quantitativa dos recursos minerais e dos recursos hídricos superficiais. Os dados obtidos permitiram elaborar mapas parciais de diversidade litológica, geomorfológica, pedológica, hidrológica e de recursos minerais. Os três índices de geodiversidade (pedologia, litologia e geomorfologia) estão correlacionados com coeficientes de correlação significativos. Os recursos hídricos superficiais estabelecem também uma correlação positiva com a geomorfologia. Realça-se também o papel dos recursos hídricos na biodiversidade, demonstrando que os recursos hídricos possuem um papel fulcral na criação e manutenção dos ecossistemas. Já os recursos minerais estabelecem uma relação ínfima fraca com os recursos hídricos e fraca com a biodiversidade. Os geossítios estabelecem uma correlação positiva ínfima fraca com os índices parciais da geodiversidade e fraca com o índice de geodiversidade. Por fim, é possível observar uma relação, ainda que fraca, entre a geodiversidade e a biodiversidade. A utilização e a correlação dos dados obtidos, bem como a correlação com dados relativos ao património geológico, às áreas protegidas e à biodiversidade, permite discutir questões sensíveis sob o ponto de vista da conservação da natureza e da exploração de recursos minerais. A metodologia e os resultados obtidos podem servir de base a trabalhos mais desenvolvidos, úteis na gestão territorial, no uso e gestão dos recursos naturais e ainda na criação de estratégias de conservação da natureza que atribuam maior valor à geodiversidade.

Palavras-chave: geodiversidade, Portugal Continental, biodiversidade, recursos geológicos, património geológico.

GRUPO 4 – GEOCONSERVAÇÃO E EDUCAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Comunicações Orais | 5 min



Definição de indicadores de monitorização do património geológico com base em critérios de avaliação de valor científico e risco de degradação

Thais S. Canesin^{1*}, Paulo Pereira¹, Juana Vegas², Lidia Selmi³, Paola Coratza³ & Vanda Santos⁴

¹ Instituto de Ciências da Terra, Polo da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

² Instituto Geológico e Mineiro de Espanha, Ríos Rosas 23, 28003 Madri, Espanha

³ Departamento de Química e Ciências Geológicas, Universidade de Modena e Reggio Emilia, Via Campi 103, 41125 Modena, Itália

⁴ Departamento de Geologia, Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Edifício C6, Piso 3, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

*thaissiqueirac@yahoo.com.br

Resumo

A monitorização é uma das etapas essenciais nas estratégias de geoconservação, com vista a garantir a sustentabilidade do património geológico. Contudo, poucos estudos se têm centrado em técnicas e métodos de monitorização, ao contrário dos numerosos trabalhos dedicados a procedimentos de inventariação e avaliação do valor dos geossítios. Critérios utilizados nestes métodos podem ser aplicados em procedimentos de monitorização, especificamente aqueles presentes nas avaliações quantitativas do risco de degradação e do valor científico. Neste âmbito, um modelo de monitorização de património geológico tem vindo a ser definido com base nesses critérios. O critério “integridade”, utilizado na maioria dos métodos para avaliar o valor científico dos geossítios, relaciona-se com o estado de conservação, e refere-se a degradação dos elementos do património geológico no passado e no presente, enquanto que os critérios para avaliar o risco de degradação referem-se às ameaças e perdas potenciais no futuro. Catorze subcritérios de avaliação do risco de degradação podem ser distribuídos pelos critérios principais “fragilidade”, “vulnerabilidade natural”, “vulnerabilidade antrópica” e “uso público”. Contudo, é uma análise detalhada dos critérios e das características específicas de cada geossítio que deve suportar a definição dos indicadores de monitorização mais adequados. O modelo tem sido aplicado no geossítio “Vale de Meios” (Alcanede, Portugal), incluído no inventário português de património geológico com relevância nacional e internacional. Trata-se da maior e mais significativa jazida com pegadas de terópodes do Jurássico Médio da Península Ibérica. Apesar de estar situado no Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros, este geossítio evidencia degradação pela exposição das pegadas aos agentes atmosféricos e pela ameaça da continuidade da exploração da pedreira de laje na área da jazida. Neste geossítio, os procedimentos e indicadores de monitorização devem considerar critérios como “existência de processos naturais ativos”, “deterioração de elementos geológicos”, “acessibilidade”, “infraestruturas para receção de visitantes”, “infraestruturas de proteção física do património geológico”, “degradação por uso público” e “controlo de visitação”. A análise do estado de conservação ao longo das últimas décadas demonstra que no geossítio “Vale de Meios” a principal preocupação está relacionada com a elevada vulnerabilidade natural das pegadas, expostas à erosão

natural. Para além da classificação legal do geossítio e da concepção de um plano de controlo de visitação, as estratégias de gestão do geossítio devem dar prioridade a iniciativas de proteção física do património geológico.

Palavras-chave: monitorização, critérios, degradação, património geológico, Vale de Meios



Proposta de categorias temáticas para o inventário do patrimônio geológico no Estado da Bahia, Brasil, com ênfase no território de identidade da Chapada Diamantina.

Martins, V.S.^{1,2*}; Brilha J.B.R.^{2*}; Pereira, R.G.A.F.^{3*}

¹ Serviço Geológico do Brasil - CPRM; ² Universidade do Minho; ³ Universidade Federal da Bahia.

*violeta.martins@cprm.gov.br; jbrilha@dct.uminho.pt; fraga.pereira@ufba.br.

Resumo

O trabalho consiste na concepção de uma metodologia para a realização do Inventário Estadual do Patrimônio Geológico da Bahia através da definição de categorias temáticas, a serem representadas primeiramente em um mapa temático geológico estadual, numa escala aproximada de 1: 5.000.000 que será objeto de detalhamento posterior na área da Chapada Diamantina. Esse território de 32.664 km², no centro do Estado, constitui-se de 24 municípios com elevada geodiversidade e relevante potencial geoturístico. Singular por seus recursos turísticos, econômicos e culturais, a serem fomentados trata-se de uma área reduzida em comparação à extensão estadual, na qual se insere, a priori, as categorias temáticas; Supergrupos Espinhaço e São Francisco. Diante da importância ambiental do território, que abriga as nascentes dos principais rios baianos, espera-se viabilizar a gestão do patrimônio geológico local através do inventário e propostas de valorização dos sítios geológicos selecionados. Através da proposição das categorias temáticas, serão formulados os critérios geológicos a serem adotados para seleção e a classificação dos locais de interesse geológico científico a serem preservados no Estado. A ideia, parte da utilização do acervo do patrimônio geológico, já existente, em conjunto a caracterização e quantificação de novos sítios geológicos, utilizando como ferramenta o aplicativo, GEOSIT, *software* de inventariação, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Inicialmente foram reunidos em um banco de dados, 132 sítios geológicos, com o enfoque nas áreas de relevância científica, já identificadas por especialistas, registrados em publicações, cadastrados no SIGEP, GEOSIT e em quatro áreas de propostas de geoparques na Bahia. Essa proposta de mapa temático, com áreas geológicas específicas, enfatiza a seleção de compartimentos que irão acolher um melhor sítio representativo de um ambiente geológico, quanto a sua origem, processos e eventos a serem preservados como patrimônio geológico. Cada geossítio escolhido para a sua respectiva categoria temática irá representar um momento geológico e, esses unidos, agindo como fossem peças de um “quebra cabeças”, deverão recompor a história geológica estadual. Para essa finalidade foram propostas 18 categorias temáticas, com suporte tectonoestratigráfico, subdivididas em diversos ambientes, retratando diferentes processos, eventos e recursos geológicos reconhecidos na Bahia e evidenciados na escala do tempo geológico. Nessas categorias serão inseridas as proposições de geossítios do acervo de dados, selecionados no campo e ratificados pelos especialistas. Caracterizando essa seleção teremos cada geossítio, representativo da sua categoria temática, candidato a proteção por seus atributos científicos e a serem reunidos numa futura proposta de inventário do patrimônio geológico estadual.

Palavras-chave: inventário, categorias temáticas, proteção, Bahia.

**GRUPO 5 – MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL E REMEDIAÇÃO
PARA A SUSTENTABILIDADE**

Comunicações Orais | 15 min



Evaluation of groundwater quality for irrigation purpose in the south-eastern of Tunisia (Menzel Habib area)

Oussama Dhaoui^{1*}, IMHR Antunes², Belgacem Agoubi¹, Adel Kharroubi¹

¹ Higher Institute of Water Sciences and Techniques, University of Gabes, University Campus, 6033
Gabes Applied - Hydrosociences Laboratory

² Institute of Earth Sciences, Pole of University of Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal
*Dhaoui.Oussama2013@gmail.com

Abstract

Groundwater is considered an important water source for agricultural uses in many regions of the world including Menzel Habib area, south-eastern Tunisia. Indeed, groundwater availability and quality became crucial in agricultural activities. Thus, pH, Electrical Conductivity (EC), Total Dissolved Solids, SO₄, Cl, HCO₃, Na, Ca, Mg and K were determined in 39 selected groundwater samples. The obtained results indicate that sulfate is the dominant anion, while sodium is the dominant cation. The groundwater samples from Menzel Habib aquifer system are characterized by Na-Cl, Na-SO₄ and mixed water types. The suitability of groundwater for irrigation was determined on the basis of various parameters such as: sodium adsorption ratio (SAR), % Na, Kelly ratio (KR), magnesium adsorption ratio (MAR) and permeability index (PI). The Kelly ratio results indicate that 61.5% of groundwater samples are unsuitable to irrigation due to surplus (> 1) sodium content. The MAR ratio demonstrates that only 8% of groundwater samples fall in bad category. However, relatively to the % Na, 18% of groundwater samples are classified as good, 49% as permissible and 33% as doubtful for irrigation purposes. Groundwater from Menzel Habib aquifer were plotted on the USSS classification based on SAR and EC and are distributed as: 8% on the area of C4S2 (high salinity and medium alkalinity), 2.5% on the C4S3 (High salinity and high alkalinity) field, 23% on the C5S2 (very high salinity and medium alkalinity) area, 10% on the C5S3 (very high salinity and high alkalinity) area and 56.5% is on the unclassified group (EC > 10000 μ S/cm and SAR > 32).

Key words: Groundwater; Suitability; Irrigation; Menzel Habib; Tunisia

Qualidade da Água na Influência de Atividades Mineiras e seus Efeitos na Comunidade Indígena dos Xikrins do Rio Cateté (Pará, Brasil)

Corrêa, H. S.^{1*}; Antunes, I. M. H. R.¹

¹ Instituto de Ciências da Terra (ICT), Polo Universidade do Minho, Braga, Portugal

*helenamedleg@hotmail.com

Resumo:

A água é um dos recursos mais abundantes no planeta, sendo um bem precioso e fundamental para a sobrevivência humana. No entanto, este recurso natural está ameaçado pelo elevado aumento no consumo de água e degradação da sua qualidade, principalmente associada às pressões antropogénicas, tornando-se uma preocupação global e um desafio para o desenvolvimento sustentável. O Brasil é o país com maior volume de água doce no mundo, sendo destacado pela necessidade de proteção da qualidade da água para garantir as necessidades humanas e manter a qualidade do abastecimento de água.

A bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas está na área de mineração mais proeminente do Brasil – Província Mineral de Carajás – com minas ativas de ferro, cobre, níquel e manganês. O Rio Cateté pertence à bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas e localiza-se no sudeste do Estado do Pará, com uma extensão de cerca de 168,3 km, atravessando a "Terra Indígena Xikrin do Rio Cateté". No entanto, o Rio Cateté possui elevada vulnerabilidade associada à drenagem de efluentes das atividades mineiras. A contaminação da água promoverá graves impactos diretos e indiretos na cultura, lazer e problemas de saúde da comunidade indígena.

Foram colhidas 14 amostras de água no Rio Cateté, no entorno da aldeia indígena Xikrin, e analisadas as propriedades físico-químicas e elementos potencialmente tóxicos selecionados, entre janeiro e abril de 2018. A maioria das amostras de água tem valores de pH que variam de 6.0 a 8.0, são moderadamente oxigenadas (Oxigénio Dissolvido = 5,4 – 10,4 mg/L) e pouco mineralizadas (TDS=18 - 72 mg/L). A qualidade da água do rio Cateté apresenta um elevado grau de contaminação relativamente a elementos potencialmente tóxicos, como Fe (13,3 mg/L), Mn (1,78 mg/L), Ni (43 µg/L), Cu (130 µg/L), Cr (90 µg/L), Zn (500 µg/L), Al (39 µg/L) e Pb (5 µg/L). Consequentemente, algumas amostras de água estão contaminadas com Fe, Mn, Ni, Cr e Zn, e não devem ser utilizadas para consumo humano.

A contaminação da água do rio Cateté está associada principalmente às atividades da mina desenvolvidas na área, no entanto, também se associa ao cenário geológico e às litologias locais. Os resultados obtidos na água superficial do rio após o empreendimento mineiro reforçam as evidências de riscos ambientais e de saúde humana associados às atividades das minas e a necessidade de aplicação de metodologias preventivas e de monitorização adequadas.

Palavras chave: Rio Cateté, atividade mineira, metais, contaminação, saúde humana

Agradecimentos: Grupo de Tratamentos de Minério, Energia e Meio Ambiente (GTEMA/CNPQ), da Universidade Federal do Pará (UFPA), Estado do Pará – Brasil.

GRUPO 5 – MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL E REMEDIAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

Comunicações Orais | 5 min



Aplicação de metodologias geoestatísticas na avaliação da contaminação de áreas mineiras abandonadas

Paulo Carvalho¹, Joaquim Góis², Margarida Antunes^{3*}, Teresa Albuquerque⁴

^{1,2} Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto; up201307980@fe.up.pt, jgois@fe.up.pt

³ Instituto de Ciências da Terra, Pólo da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga;
*imantunes@dct.uminho.pt

⁴ Instituto de Ciências da Terra, Pólo da Universidade de Évora, Instituto Politécnico de Castelo Branco;
teresal@ipcb.pt

Resumo

A inexistência de legislação, no passado, levou a que grande parte das antigas explorações mineiras não fossem corretamente encerradas, tendo resultado, nalguns locais, extensos e diversos passivos ambientais.

A antiga mina da Mata da Rainha de Sn-W, localizada no centro de Portugal (Castelo Branco), está inserida na faixa mineralizada de Góis-Segura, correspondendo a um jazigo mineral com filões de quartzo mineralizado, que atravessam os xistos do Complexo Xisto-Grauváquico (Grupo das Beiras) e o granito. As explorações mineiras de cassiterite e volframite, com scheelite associada e, ainda, pirite e arsenopirite, cessaram a atividade na década de 70, estando as escombrelas dispersas pela zona.

Na região em estudo, foram analisados os resultados geoquímicos de 706 amostras de sedimentos de corrente, obtidos pelo Instituto Geológico e Mineiro, no âmbito dos projetos de prospeção geoquímica. A análise espacial da concentração de elementos químicos, e dos respetivos índices de contaminação, serão delimitadas as zonas anómalas e avaliada a contaminação associada a estas antigas minas.

Uma primeira análise permitiu caracterizar estatisticamente a concentração dos elementos químicos e sua comparação com valores paramétricos. Simultaneamente, foram construídos e analisados os respetivos gráficos de dispersão, o que permitiu rejeitar, numa primeira fase, por insuficiência e/ou qualidade da informação disponível, alguns resultados. Para cada elemento químico, foi construído o índice de Geoacumulação de Müller (IGeo), que permite a classificação dos sedimentos quanto ao grau de contaminação, e obtida a distribuição espacial das potenciais áreas contaminadas.

A aplicação da Análise em Componentes Principais (ACP) possibilitou a obtenção de associações (positivas e negativas), entre os grupos de elementos estudados; sendo possível destacar grupos de amostras associadas aos grupos de elementos anteriormente assinalados. Estes indivíduos (amostras) foram localizados em mapas para uma melhor compreensão da sua distribuição espacial.

Na região da Mata da Rainha, os elementos B, Sn e W são os que apresentam os teores mais elevados, classificando os sedimentos de corrente como extremamente contaminados. Estes sedimentos encontram-se localizados preferencialmente na área das antigas concessões, incluindo a antiga mina da Mata da Rainha. Nos resultados obtidos ocorrem, também, concentrações elevadas de Mo e As; constituindo um perigo para a saúde humana. As concentrações mais elevadas dos diversos elementos químicos analisados, localizam-se nas imediações das antigas explorações mineiras; constituindo

um perigo ambiental face à possível mobilização e contaminação de águas superficiais e subterrâneas, com as consequentes implicações para a saúde humana.

Palavras chave: Mata da Rainha; sedimentos de corrente; análise em componentes principais; variogramas, krigagem; mapas de dispersão



Avaliação de aspetos ambientais em instalações de abastecimento de água – Caso de estudo no Subsistema de Areias de Vilar (Barcelos, Braga)

Yury Louback Lopes^{1*}, Margarida Antunes¹, Melina Passos²

¹ Instituto de Ciências da Terra, Pólo da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga

² Águas do Norte S.A., Grupo Águas de Portugal, Areias de Vilar, Barcelos

*yury_louback@hotmail.com

Resumo

Um sistema de gestão ambiental é utilizado na gestão e monitorização de aspetos ambientais, através do qual é possível identificar e analisar possíveis interferências no ambiente, de forma a que a Empresa/Instituição cumpra os procedimentos legais adequados. Uma outra importante perspetiva do SGA, será a de reconhecer a influência da atividade ou produto na sociedade.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito de um estágio académico, cujo principal objetivo consiste no acompanhamento da manutenção dos procedimentos de análise dos aspetos ambientais da empresa Águas do Norte S.A., dentro da certificação ISO 14001:2015. Este processo inclui a gestão dos aspetos ambientais presentes na captação, tratamento e distribuição de água, no subsistema Areias de Vilar, cuja sede está localizada na Freguesia Areias de Vilar, Concelho de Barcelos (Braga).

Após demonstrar a configuração do contexto espacial onde a empresa está instalada, foram introduzidos os pormenores das etapas de tratamento e distribuição, com as respetivas estruturas que proporcionam o trabalho de produção de águas para consumo humano. A seguir, foi introduzida a componente legal pertinente às atividades, para que se pudesse discorrer sobre normativa ISO 14001:2015, bem como, sobre a sua relação com os elementos presentes numa lógica de economia circular. De acordo com os objetivos, foi apresentada a metodologia do trabalho realizada pela empresa no que se refere à aplicação do procedimento de avaliação e identificação dos aspetos ambientais, de forma a cumprir as condições da ISO 14001:2015, exigidas à Empresa Águas do Norte S.A.

Os resultados obtidos incluem a realização de visitas às instalações do subsistema de Areias de Vilar, incluindo a Estação de Tratamento de águas, estações elevatórias/reservatórias e acompanhamento do sistema adutor. Estas visitas proporcionaram uma visão no terreno dos vários aspetos considerados na análise previamente realizada em gabinete. O somatório das informações obtidas em gabinete, completadas com o observado no terreno, foi possível uma revisão da identificação, avaliação e medidas consideradas para os principais impactes associados às atividades desenvolvidas pela Empresa. Neste contexto foi possível identificar as dificuldades enfrentadas pela empresa e inferir que a instituição se preocupa com o ambiente, buscando o desenvolvimento de soluções para os principais aspetos ambientais, no processo de captação, tratamento e distribuição hídrica.

Palavras chave: Abastecimento hídrico, Águas do Norte S.A., Aspetos ambientais, ISO 14001:2015, SGA.



Caracterização de sistemas aquíferos termais da região central de Moçambique – uma abordagem preliminar

Ameno Délcio Bande¹, Margarida Antunes^{2*}, Jorge Pamplona²

¹ Universidade Púngué, Cidade de Tete, Moçambique; Ameno1000@yahoo.com.br

² Instituto de Ciências da Terra, Pólo da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga;

*imantunes@dct.uminho.pt; jopamp@dct.uminho.pt

Resumo

Moçambique é um vasto país com um enorme potencial no que respeita à ocorrência de recursos geológicos, com particular destaque para os hidrogeológicos. O vasto potencial geológico de Moçambique, com elevada relevância científica e sócio-económica, incluindo ocorrências de carvão mineral, gás natural, petróleo e águas termais, está associado à sua enorme diversidade litológica, mineralógica e hidrogeológica. A diversidade de nascentes de água com mineralização associada e potenciais efeitos para a saúde e ambiente, localizadas preferencialmente em litótipos de idade Pré-câmbrica (550 Ma), promovem o aproveitamento deste recurso hidrogeológico como uma das futuras potencialidades ambientais e turísticas para a região. Pelo que a ocorrência de águas termais exige a realização de estudos detalhados de caracterização hidrogeológica dos sistemas aquíferos, de forma a definir potencialidades de exploração, beneficiando as suas múltiplas aplicabilidades, respeitando as regras da sustentabilidade, de forma a garantir a sua disponibilidade no futuro. A caracterização destes aquíferos termais compreende a aplicação de técnicas hidrogeológicas detalhadas que incluem a caracterização geológica, hidrogeológica e hidroquímica dos sistemas aquíferos. A conjugação dos resultados obtidos com a possível determinação de isótopos ambientais permitirá a definição de proposta de um modelo conceptual para estes sistemas aquíferos. O trabalho de investigação em desenvolvimento, tem como principal objectivo a caracterização geológica e hidrogeológica detalhada dos sistemas aquíferos da Região Central de Moçambique, permitindo a elaboração de um modelo hidrogeológico para as áreas termais. Os resultados e conclusões obtidos terão uma aplicação e impacte regional, ao nível do conhecimento estratégico dos recursos minerais regionais e sua potencial exploração futura. Este trabalho será um importante contributo para um maior conhecimento dos recursos hidrogeológicos termais da região central de Moçambique com todas as potenciais actividades de prospecção e exploração associadas, bem como, a indicação de medidas de preservação e conservação dos mesmos.

Palavras-chave: recursos naturais; águas termais; modelos hidrogeológicos; sustentabilidade; Moçambique



Caracterização Mineralógica e Geoquímica de Rejeitos de Mineração de Ouro e Seus Potenciais de Geração de Drenagem Ácida (Minas Gerais, Brasil)

Mariana Lemos^{1,2*}, Teresa Valente¹, Paula Marinho Reis^{1,3}, Rita Fonseca⁴, Itamar Delbem⁵, Juliana Ventura² and Marcus Magalhães²

¹ Institute of Earth Sciences, Pole of University of Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal,

² AngloGold Ashanti, Mining & Technical, COO International, 34000-000, Nova Lima, Brazil, mglemos@anglogoldashanti.com.br

³ GEOBIOTEC, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal,

⁴ Institute of Earth Sciences, Pole of University of Évora, University of Évora, 7000 Évora, Portugal,

⁵ Microscopy Center, Universidade Federal de Minas Gerais, 31270-013, Belo Horizonte, Brazil, *mglemos@anglogoldashanti.com

Resumo

Por mais de 30 anos, os minérios de ouro sulfetados foram tratados em plantas metalúrgicas localizadas em Nova Lima, Minas Gerais, Brasil, e acumulados nas barragens de rejeitos de Cocoruto e Calcinados. Ambos os rejeitos de flotação e lixiviação de um circuito desativado, bem como rejeitos calcinados e lixiviados de uma planta em produção, foram estudados quanto ao seu potencial de drenagem ácida de mina e mobilidade dos elementos químicos. A caracterização detalhada de ambos os tipos de rejeitos indicam a presença de material de granulometria fina que hospeda quantidades substanciais de sulfetos que exibem características geoquímicas e mineralógicas distintas. As amostras da planta em produção mostram altos teores de Fe na forma de óxidos, cianeto e sulfatos. Diferentemente, as amostras do circuito antigo apresentam maiores concentrações médias de Al (0,88%), Ca (2,4%), Mg (0,96%) e Mn (0,17%), presentes como silicatos e carbonatos. Essas amostras também mostram relíquias de sulfetos preservados, como pirita e pirrotita. As concentrações de Zn, Cu, Au e As são maiores nos rejeitos do circuito atual, enquanto Cr e Hg se destacam nos rejeitos do circuito desativado. Embora os resultados obtidos mostrem que os resíduos de sulfeto não tendem a gerar drenagem ácida, os testes de lixiviação indicam a possibilidade de mobilização de elementos tóxicos, como As e Mn no circuito antigo, e Sb, As, Fe, Ni no rejeito da planta em processamento. Este trabalho destaca a necessidade de manejo e controle adequados de barragens de rejeito, mesmo em ambientes de drenagem alcalina como o das barragens de Cocoruto e Calcinados. Além disso, um forte conhecimento da dinâmica dos rejeitos em termos de geoquímica e mineralogia seria fundamental para apoiar decisões de longo prazo sobre o gerenciamento e disposição de resíduos.

Palavras chave: geoquímica e mineralogia ambiental; rejeitos; mobilidade de elementos tóxicos; drenagem ácida de minas; Minas Gerais — Brasil

Agradecimentos: Agradecemos a todos os colegas da Universidade do Minho e Centro de Microscopia da Universidade de Minas Gerais. Sinceros agradecimentos ao apoio da empresa AngloGold Ashanti.



Avaliação do potencial de remineração em sedimentos acumulados em barragens – caso da mina de São Domingos

Patrícia Gomes^{1*}, Mariana Lemos^{1,2}, Teresa Valente¹

¹ Institute of Earth Sciences, Pole of University of Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal,

² AngloGold Ashanti, Mining & Technical, COO International, 34000-000, Nova Lima, Brazil,

*patricia_s_gomes@hotmail.com

Resumo

A anterior extração de metais desencadeou, um pouco por todo o mundo, a mobilização e acumulação de grandes quantidades de resíduos reativos, provocando problemas ambientais ao nível do solo, água e vegetação. Exemplo disso é a Faixa Piritosa Ibérica que apresenta inúmeras antigas explorações mineiras encerradas, abandonadas sem ou com parca proteção ambiental.

Contudo, atualmente a Europa encontra-se num período de crescente procura de matérias-primas, impulsionadas pelas tecnologias e economias emergentes. Surge, portanto, a necessidade de provimento de metais de alta tecnologia, ingredientes indispensáveis na incorporação e desenvolvimento de produtos tecnologicamente sofisticados, muitas vezes intitulados “amigos do ambiente” (e.g., baterias a lítio, painéis solares), até equipamentos relacionados com a medicina, que contribuem para uma melhoria da qualidade de vida. Elementos metálicos, tais como o Cu, o Zn e o Al, englobados nesta categoria de importância, são também essenciais para a manutenção dos níveis de desenvolvimento das sociedades atuais.

É neste contexto, que se insere o presente estudo, abordando a possibilidade de remineração, numa perspetiva de reabilitação ambiental, mas também de economia circular.

O protocolo metodológico baseou-se na caracterização de sedimentos obtidos a partir de quatro sondagens, num dos mais paradigmáticos complexos mineiros portugueses – a mina de São Domingos, localizada na Faixa Piritosa Ibérica. Estas sondagens foram realizadas em barragens que sofreram fenómenos de colmatação e também na linha de água que drena a área mineira (ribeira de São Domingos).

Os resultados revelaram a acumulação, em diferentes profundidades, de elementos químicos com elevado interesse económico. A análise mineralógica sugeriu que a jarosite pode ser uma potencial fonte de Ag (para além dos sulfuretos, nomeadamente a pirrotite). Verificou-se, num cenário pessimista, a possibilidade de aproveitamento de elementos críticos, tais como a Ag e o Sc, com teores a rondar entre 1.91 e 6.22 ppm para a Ag e 62 a 144 ppm para o Sc. Apesar dos teores serem baixos quando comparados com resíduos de barragens de lamas da indústria mineira, deve-se notar que se trata de amostras de material que sofreu transporte. É expectável que nas escombreiras e pilhas de minério lavado estes valores sejam superiores.

Acredita-se, portanto, que com esta avaliação seja encarada a capacidade económica de remineração de alguns dos elementos químicos presentes nos sedimentos, à semelhança do que começa a acontecer noutras partes do mundo.

Palavras-chave: Faixa Piritosa Ibérica; sedimentos; sondagens; remineração; economia circular.



GRUPO 6 – DINÂMICA DA LITOSFERA

Comunicações Orais | 15 min



EMSO-PT - European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory: Near future developments

Mourad Bezzeghoud^{1*}, José Fernando Borges¹, Bento Caldeira¹, João Fontiela¹,
Rui Oliveira¹

¹ Instituto de Ciências da Terra, Polo-Évora, Instituto de Ciências da Terra, Departamento de Física,
Instituto de Investigação e de Formação Avançada, Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade de
Évora, *mourad@uevora.pt

Resumo

EMSO-PT, the Portuguese counterpart of the European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory (EMSO, <http://emso-pt.pt/>), is an infrastructure jointly funded by the Portuguese government and by the European Commission that aims to create and develop infrastructures for scientific and technological research within the scope of Marine Sciences. The Portuguese consortium EMSO-PT coordinates the activities of marine observatories, infrastructures and laboratories in the Portuguese territory. One of the goals of EMSO-PT is to improve the national seismic monitoring network, thus allowing for the development of an Earthquake Early Warning System (EWS), including earthquakes generated in the Atlantic region adjacent to the Portuguese territory. Considering the seismogenic Eurasia-Nubia plate boundary located south of mainland Portugal, current efforts by the University of Évora and IPMA aim to densify the seismic network in the extreme SW tip of mainland Portugal. The 4 new planned seismic stations will comprise both a broadband station installed at 30-m depth (Guralp Posthole BB Radian, 60s) and an accelerometer installed at the surface (Guralp Fortis). The new stations will integrate a new network with code VS (University of Evora, 2000). In this work we will present our network planning involving some issues such as the zone to be monitored and the characterization of its seismicity and mechanism of earthquake rupture, geographic distribution of seismic stations, detectability and response time, option in the type of instruments, the integration of our stations with other national and international networks, and finally, the logistics needed to successfully achieve this task whose purpose has been described above. EMSO-PT intends to have continuous data in real time supporting alert systems and the establishment of adaptation measures.

Key words: EMSO-PT, National Seismic Monitoring Network, Posthole BB station

Acknowledgments: this project is funded by the project EMSO-PT - European Multidisciplinary Seafloor and Water Column Observatory - Portugal, with the reference PINFRA/22157/2020) and by national funds through FCT - Foundation for Science and Technology, I.P. within the scope of the Institute of Earth Sciences (ICT) of the University of Évora project with the Refs. UIDB/04683/2020. This project has the support of the Presidents of the Municipality of Vila do Bispo, the Municipality of Aljezur, the “Freguesia” of Bordeira and the Regional Director for the Regional Directorate for Nature Conservation and Forests of the Algarve (Direção Regional da Conservação da Natureza e Florestas do Algarve).



Geofísica Arqueológica – o caso de estudo da Villa Romana de Pisões (Beja)

Rui Jorge Oliveira^{1,2*}, Bento Caldeira^{1,2}, José Fernando Borges^{1,2}

¹ Instituto de Ciências da Terra, Instituto de Formação e Investigação Avançada, Universidade de Évora

² Departamento de Física, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora

*ruio@uevora.pt

Resumo

A Villa Romana de Pisões, localizada nas imediações da localidade de Penedo Gordo (a cerca de 10 km a oeste de Beja), é um sítio arqueológico classificado de Imóvel de Interesse Público desde 1970. O local onde se situa o monumento, sob tutela da Universidade de Évora desde 2017, está integrado na Herdade Experimental de Almocreva. Uma das propostas de missão para este local consiste no compromisso de tornar a Villa de Pisões num Campo Experimental para as Arqueociências, para realização de investigação científica multidisciplinar, em que a Geofísica Aplicada é uma das áreas de estudo contempladas. Desde 2017 foram realizados diversos levantamentos geofísicos experimentais com diferentes métodos para prospetar a subsuperfície e avaliar o estado de conservação de algumas estruturas.

No âmbito da investigação em metodologias eficazes de prospeção geofísica em ambiente arqueológico, foram realizados levantamentos de georradar (GPR) e gradiente magnético nas áreas adjacentes da parte escavada da villa. Os dados obtidos não evidenciaram a existência de estruturas enterradas, facto que parecia não corresponder à realidade dada a quantidade de estruturas em falta à volta da parte escavada e pela grande quantidade de vestígios fragmentados que existem à superfície. A continuação do estudo permitiu concluir que as condições físicas do solo são adversas à aplicação de métodos geofísicos, o que motivou a procura por uma solução que permitisse aumentar a percetibilidade dos dados. Nesse sentido foram concebidas metodologias avançadas de processamento de dados geofísicos, nomeadamente, para interpolação e remoção de ruído de fundo de perfis de GPR no domínio espectral e fusão de dados de GPR e gradiente magnético. Os resultados obtidos permitiram criar um mapa geral do subsolo de Pisões em que se tornou possível comprovar a existência de estruturas enterradas a toda a volta da Villa de Pisões.

Palavras chave: Geofísica Arqueológica; Metodologias avançadas processamento de dados geofísicos; Processamento de sinal digital; Villa Romana de Pisões.

Agradecimento:

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do ICT, referência UIDB/04683/2020, e pelo Programa INTERREG 2014-2020, através do Projeto INNOACE (referência 0049_INNOACE_4_E).



Tomografia de Muões na Mina do Lousal (Muões Cósmiticos aplicados em Prospeção Geofísica)

Pedro Teixeira^{1*}, Alberto Blanco², Álvaro Pinto⁴, Bento Caldeira¹, Bernardo Tomé²,
Jorge Relvas⁴, José Borges¹, José Nogueira², Lorenzo Cazon², Luís Lopes², Mário
Pimenta^{2,3}, Miguel Ferreira², Mourad Bezzeghoud¹, Pedro Assis^{2,3}, Sofia Andringa²

¹ Universidade de Évora (UE), Instituto de Ciências da Terra (ICT), Polo-Évora, Rua Romão Ramalho
nº59 7000-671 Évora

² Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP), Av. Prof. Gama Pinto, 2 1649-
003 Lisboa

³ Instituto Superior Técnico (IST), Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa

⁴ Centro Ciência Viva do Lousal – Mina de Ciência (CCVL), Avenida Frédéric Velge, 7570-006, Lousal,
Portugal

* pmmt@uevora.pt

Resumo

A tomografia de muões é uma técnica de sondagem que usa uma radiação natural de fundo, os muões, como meio para observar a subsuperfície da Terra. Os muões são partículas elementares como os eletrões, mas com maior massa, que lhes confere um bom poder de penetração na matéria. Com detetores adequados, é possível criar muografias (radiografias de muões) para obter a distribuição das densidades médias do campo observado.

Este projeto é uma colaboração entre a Universidade de Évora - ICT, o LIP e o CCV do Lousal com a intenção de aplicar a tomografia muónica em prospeção geofísica. A Mina do Lousal fica situada na região oeste do Alentejo e é uma mina abandonada e bem mapeada, com as infraestruturas de apoio necessárias para instalar o telescópio de muões desenvolvido pelo grupo. A deteção ocorre dentro da galeria superior da mina, a cerca de 18 m abaixo da superfície. A aplicação desta técnica pretende fazer um reconhecimento geológico do terreno entre o telescópio e a superfície, com o intuito de mapear estruturas e massas de minério já conhecidas e aprimorar as informações existentes com novos dados. Desta forma, é possível testar o desempenho e a sensibilidade do telescópio de muões, construído com detetores de partículas do tipo RPC. Um protótipo funcional foi colocado na galeria para coletar informações preliminares e estabelecer os requisitos do equipamento. Um outro telescópio de muões equipado com quatro detetores RPC, com 1 m² de área cada, encontra-se a funcionar em modo de teste no laboratório de desenvolvimento. O aspeto tomográfico da técnica decorre da possibilidade do telescópio observar em diferentes direções. Paralelamente à componente instrumental, estão a ser produzidas simulações numéricas das observações utilizando o software GEANT4 que permitem estudar o resultado esperado das muografias, produzidas por um fluxo de muões ao atravessar um solo simulado com diferentes características.

Outros métodos geofísicos, nomeadamente a fotogrametria, a sísmica de refração e o georradar, estão a ser usados na superfície do terreno para construir um modelo de referência. Além destes métodos, também está em vista a realização de um levantamento gravimétrico por ser o método geofísico que, à semelhança da muografia, permite



produzir um modelo de densidade. O objetivo é concluir esta aplicação na Mina do Lousal com uma combinação dos dados de ambas as técnicas, através de uma inversão conjunta muogravimétrica, e usar toda a informação para construir um modelo 3D de densidades da região estudada.

Palavras chave: tomografia de muões, Mina do Lousal, prospeção geofísica, inversão conjunta muogravimétrica



The different steps followed for the improvement of the Arraiolos crustal model.

I. Hamak^{1*}, P. Wachilala^{1,2}, J. Borges¹, N. Dias^{3,4}, I. Rio⁴, M. Bezzeghoud¹

¹ Department of Physics (ECT), Institute of Earth Science (IIFA), University of Évora, Rua Romão Ramalho, 59. 7000-671, Évora

(*hamak.ines@gmail.com, jborges@uevora.pt, mourad@uevora.pt)

² Instituto Superior de Ciências de Educação da Huíla, Departamento de Ciências da Natureza, Angola (piedadewachilala@gmail.com)

³ Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Department of Physics, Estr. de Benfica 529, 1500-310 (nmdias@fc.ul.pt)

⁴ Instituto Dom Luiz (IDL), University of Lisbon, (irio@fc.ul.pt)

Resumo

The 15th of January 2018, an earthquake of ML4.9 occurred in Arraiolos a region of Central Portugal. This work will deal with seismic tomography, using LOTOS program, having the purpose to image the structure of the upper-crust of this region in terms of P and S velocity contrast, in order to constrain accurately the tectonic processes responsible of the region seismicity. The different steps followed during this study will be presented. This study was divided in different stages. The first one consisted of inverting 317 aftershocks recorded along the 1st month following the main shock, by 21 temporary seismological stations. Consequently, we have provided P and S 3D velocity model which suggested a significant lack of resolution, especially on the edges of the area. Therefore, a second stage of study was conducted on the purpose to improve the three dimensional crustal image. The objective was to use 437 aftershocks recorded during a period of six months by a set of 34 temporary seismological stations. As an outcome, the model provided by the inversion of these data has generated a velocity model with a notable resolution improvement with aftershocks that was suggesting an alignment. However, the ray coverage was still not enough for a good model resolution. To fix this issue, additional data must be added.

That is the purpose of the current stage of study which has the objective to increase the ray coverage to obtain a more reliable and accurate model. For this, we are currently using the records from IPMA and DOCTAR network in order to pick first, the arrival, to locate them and perform the inversion with this additional information. Concerning the arrivals, it is known that the integration of late phases as PmP and SmS, can enhance significantly the coverage in terms of ray. That is why, we are planning to introduce these arrivals to perform the tomographic inversion in order to improve hopefully the structural velocity model and understand precisely what is going on beneath Arraiolos region.

Key words: Seismic Tomography, 3D velocity model, Arraiolos earthquake, LOTOS program.



Acknowledgments: The work was supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) projects UIDB/04683/2020 - ICT (Institute of Earth Sciences, Évora) and UIDB/50019/2020 – IDL (Instituto Dom Luiz, Lisbon). We would like to thank, as well, the ICT (U. Évora), IDL (U. Lisbon) and IPMA (Lisbon) group who has participated to the seismic campaign.



SSN-Alentejo: Towards High-Dense Seismic Network Deployments

Marco Manso^{1*}, Mourad Bezzeghoud¹, José F. Borges¹, Bento Caldeira¹

¹ Departamento de Física (ECT), Instituto de Ciências da Terra (IIFA) da Universidade de Évora

*marco@marcomanso.com

Abstract

Seismic events can be extreme and severe threats to humanity, causing a heavy death toll, serious destruction and damage. Being no exception, the Iberian Peninsula and the North of Africa share the Eurasian–Nubian plate boundary that corresponds to a well-defined narrow band of seismicity, where large earthquakes occur. Helping to understand these phenomena, seismic networks have been deployed in increasing number, filling in gaps in the global coverage and improving our understanding of the physical processes that cause earthquakes. Deployments in very high density seismic networks - e.g., CalTech Community Seismic Network (<http://csn.caltech.edu/>) and USC Quake-Catcher Network (<https://quakecatcher.net>) - aimed to record the propagation of seismic activity in high resolution and displaying seismic wave propagations in space and time (i.e., evolutive Shakemaps). Recent developments in sensors and sensing network technology enabled cost-effective high-density deployments. Low-cost Micro-Electro Mechanical Systems (MEMS) accelerometers, in particular, demonstrated the capability to generate relevant data for seismic analysis in dense deployment contexts: MEMS accelerometers have adequate range (several times the standard gravity g), sensitivity and frequency response (typically around 1k Hz) but exhibit high-levels of instrumental self-noise. As such, they are especially fit to measure strong seismic activity ($M > 3$), high frequencies (> 40 Hz) and can measure the gravity acceleration component. Importantly, MEMS accelerometers complement broadband seismometers in what regards strong motion and high frequency measurements. In Portugal, planned for 2020 and 2021, the Seismic Sensor Network (SSN) Alentejo will deploy a monitoring network of 60 sensors to generate significant volumes of live data and improve the seismic and tectonic knowledge in the regions. The sensors will be distributed in a mesh configuration spaced on average 10 km and covering an area of about 5000 square kilometres. The density proposed for the network abides to the findings in other studies in that the project opts for a cost-effective network configuration, combining high-performing broadband stations and low-cost sensors.

In this work, we will present findings from SSN-Alentejo, including zones to be monitored, distribution of seismic sensors, detectability capability and comparability analysis with a reference station. Importantly, SSN-Alentejo will enable the application of novel data intensive processing techniques, like big data and artificial intelligence (e.g., clustering, pattern-matching and correlation) in seismology. SSN-Alentejo project is funded by the Science Foundation of Portugal (FCT) under grant number ALT20-03-0145- FEDER-031260.

Key words: High-Density Seismic Network, Seismic Sensors, MEMS accelerometers, Detectability



GRUPO 6 – DINÂMICA DA LITOSFERA

Comunicações Orais | 5 min



Problemas biostratigráficos dos calcários da região de Ferrarias e Bencatel (Sector Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa-Morena, Portugal)

Gonçalo Silvério^{1*}, Noel Moreira¹

¹ Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra, Polo-P/ Évora,
Rua Romão Ramalho 59, 7000-671, Évora

*goncalo.silverio@sapo.pt

Resumo

A sedimentação carbonatada paleozoica na Zona de Ossa-Morena (ZOM) distribui-se entre quatro episódios principais: Câmbrico Inferior, Ordovícico Superior, Silúrico superior e Devónico Inferior-Médio. Todas estas ocorrências de calcários foram afetadas pelos processos tectono-metamórficos Variscos o que, em alguns casos, obliterou totalmente as características sedimentares primárias, impedindo estudos texturais e biostratigráficos de detalhe. Contudo, nas secções de Ferrarias e Bencatel, os aspetos texturais e o conteúdo fossilífero estão parcialmente preservados lançando dúvidas o posicionamento estratigráfico da sedimentação carbonatada à escala do sector à qual pertencem (Sector Estremoz-Barrancos). Estes calcários têm sido considerados como equivalente dos mármorees do Complexo Vulcano-Sedimentar-Carbonatado de Estremoz (CVSCE). Ao CVSCE foram atribuídas idades tão distintas como Câmbrico Inferior, Câmbrico Superior, Ordovícico, Silúrico e Silúrico-Devónico, embora até ao momento não tenha sido possível identificar conteúdo fossilífero, em resultado dos processos tectono-metamórficos que obliteraram totalmente as suas características primárias. O CVSCE contacta na base com a Formação Dolomítica considerada de idade Câmbrica inferior, sendo que o topo da sucessão contacta com unidades siliciclásticas do Silúrico e Devónico inferior, havendo dúvidas sobre a natureza do contacto (tectónico ou estratigráfico?). A presença de conteúdo fossilífero nos calcários de Ferrarias e Bencatel, nomeadamente conodontes, crinóides e tentaculites, indiciam idades compreendidas entre o Silúrico e o Devónico, mas levantam dúvidas sobre a equivalência com o CVSCE. Estas incertezas são apoiadas pelas diferenças significativas entre as características texturais e as assinaturas isotópicas díspares obtidas nos calcários de Ferrarias e Bencatel, bem como nos mármorees do CVSCE. É expectável que apenas um estudo biostratigráfico e uma cartografia geológica de pormenor possam resolver esta questão (objetivo do programa de tese agora iniciado). Tendo em conta os dados existentes, considera-se como ponto de partida que os mármorees do CVSCE possam ter uma idade Câmbrica Inferior (em continuidade estratigráfica com a Formação Dolomítica), enquanto os calcários de Ferrarias e Bencatel serão possivelmente equivalentes aos Calcários com *Scyphocrinites*, apenas descritos nos sectores espanhóis da ZOM, com idade Silúrica superior (Pridoli).

Palavras chave: Biostratigrafia; Sedimentação carbonatada; Zona de Ossa-Morena.

Agradecimentos: Os autores agradecem o financiamento concedido ao Instituto de Ciências da Terra através de fundos nacionais concedidos pela FCT (Ref^{as} UIDB/04683/2020 e UIDP/04683/2020). Gonçalo Silvério agradece o financiamento concedido pela FCT através da bolsa de Doutoramento (ref. 2020.08450.BD).

Agradecimentos:

As Comissões Científica e Organizadora agradecem aos Professores Doutores António Mateus e Carlos Kullberg a sua contribuição para as Sessões de Debate deste evento. Agradecemos também todo o apoio informático prestado pelos técnicos da FCUP Daniel Pereira e Ana Gavina.