

## Química mineral de fases minerais de As, Bi e Au presentes nos depósitos auríferos de Montemor-o-Novo (Zona de Ossa-Morena, Portugal)

### *Mineral chemistry of As, Bi and Ag mineral phases in the Montemor-o-Novo gold deposits (Ossa-Morena Zone, Portugal)*

**São Pedro, D.<sup>1\*</sup>, Mendes, P.<sup>1</sup>, Pedro, J.<sup>1,2</sup>, Nogueira, P.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Geociências da Universidade de Évora; CLAV, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora

<sup>2</sup> Instituto de Ciências da Terra (ICT), Polo de Évora; CLAV, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671 Évora

\* diogo\_rm\_sp@hotmail.com

**Resumo:** A concessão de Montemor/Boa-Fé compreende um conjunto de ocorrências auríferas alvo de várias campanhas de prospeção desde os anos 70. Estas localizam-se nas unidades do Neoproterozóico afetadas pelo cisalhamento de Montemor-o-Novo, nas proximidades do Maciço de Évora (Zona de Ossa-Morena). As mineralizações estão relacionadas com eventos hidrotermais traduzidos pela presença de veios de quartzo e feldspato. A mineralização inclui arsenopirite, loellingite, pirite, calcopirite, maldonite e hedleyite, normalmente associadas a bismuto e ouro nativos. Neste trabalho, ainda preliminar, apresentam-se as análises químicas das fases minerais representativas da mineralização em quatro localizações da concessão Montemor/Boa-Fé: Monfurado, Casas Novas, Chaminé e Braços, descrevendo e distinguindo o quimismo das fases minerais portadoras de As, Bi e Au. Os resultados obtidos são compatíveis com os dados bibliográficos existentes, concordante com o descrito para depósitos “jazigos de ouro orogénico”.

**Palavras-chave:** Montemor-o-Novo, química mineral, As-Bi-Au, MEV-EDS

**Abstract:** The Montemor/Boa-Fé concession comprises numerous gold occurrences that have been the subject of several exploration campaigns since the 1970s. These occurrences are located in the Montemor-o-Novo shear zone, spatially associated with the Évora Massif (Ossa-Morena Zone).

The mineralization is related to hydrothermal events characterized by the presence of quartz and feldspar veins. The ore bearing phases include arsenopyrite, loellingite, pyrite, chalcopyrite, maldonite and hedleyite, commonly associated with bismuth and native gold.

This preliminary work presents the chemical analysis of samples representative of four ore occurrences on the Montemor/Boa-Fe region: Monfurado, Casas Novas, Chaminé and Braços, describing and distinguishing the chemistry of the As, Bi and Au mineral phases. The results obtained are consistent with existing bibliographical data and plausible with the “orogenic gold deposit”.

**Keywords:** Montemor-o-Novo, mineral chemistry, As-Bi-Au, SEM-EDS

## 1. Enquadramento Geológico

A área Montemor/Boa-Fé localiza-se no sector português da Zona de Ossa-Morena (ZOM), e inclui uma série de unidades litológicas inseridas na zona de cisalhamento de Montemor-o-Novo (ZCMN) nas proximidades do Maciço de Évora (Carvalhosa & Zbyszewski, 1994; Chichorro, 2006). As principais formações metassedimentares, do topo para a base, são (cf. Fig. 1):

- Formação de Cabrela e Formação da Pedreira da Engenharia, de idade Devónica a Carbónica;
- Formação Carbonatada de Monfurado, Formação do Carvalhal e Formação dos Xistos de Moura, do Paleozóico inferior;
- Formação do Escoural (Série Negra), do Neoproterozóico.

As ocorrências com Au localizam-se essencialmente na Formação do Escoural (Série Negra da Fig. 1), constituída por metapelitos, chertes negros e unidades vulcano-sedimentares, intercaladas por metavulcanitos félsicos e máficos (Ribeiro, 1996). Ocasionalmente, encontram-se intercaladas rochas calcossilicatadas.

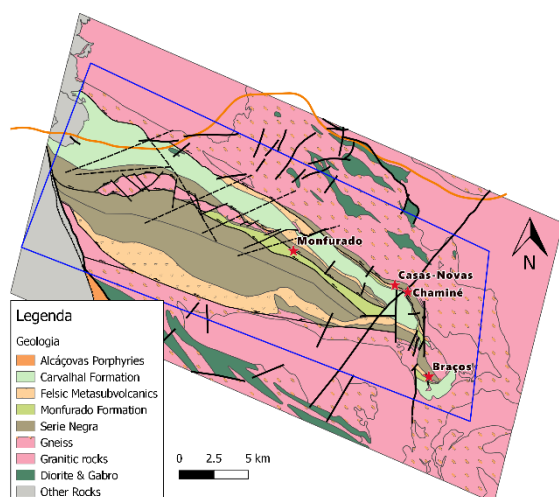


Fig. 1 – Cartografia geológica das unidades presentes no setor de Montemor-o-Novo/Boa-Fé. Adaptado de SRK Consulting (2012).

Estudos anteriores (e.g. Ribeiro, 1993; Inverno, 2011; Mateus et al., 2013) concluíram que as ocorrências auríferas da ZCMN reúnem as características geológicas e os constrangimentos estruturais e mineralógicos compatíveis com um modelo de “jazigos de ouro orogénico”.

## 2. Amostragem e métodos analíticos

As amostras foram selecionadas a partir de cinco sondagens das seguintes localizações (Fig. 1): Braços (n = 1); Chaminé (n = 2); Monfurado (n = 1); Casas Novas (n = 1).

Os estudos petrográficos que permitem a definição das associações minerais e respectiva paragénese foram realizados com recurso a 35 lâminas polidas de amostras selecionadas.

Foram escolhidas dez amostras para estudos metalográficos por microscopia ótica de luz refletida e microscopia eletrónica com análise por MEV-EDS.

## 3. Petrografia

Os litótipos representativos das zonas mineralizadas exibem uma associação mineral constituída essencialmente por quartzo, feldspato potássico e plagioclase. As amostras por vezes apresentam sinais de alteração hidrotermal caracterizada pela presença de sericite, clorite e caulinite.

A associação mineral sulfuretada inclui arsenopirite, loellingite, pirite e calcopirite, normalmente relacionados com maldonite, hedleyite, bismuto e ouro nativos (Fig. 2).

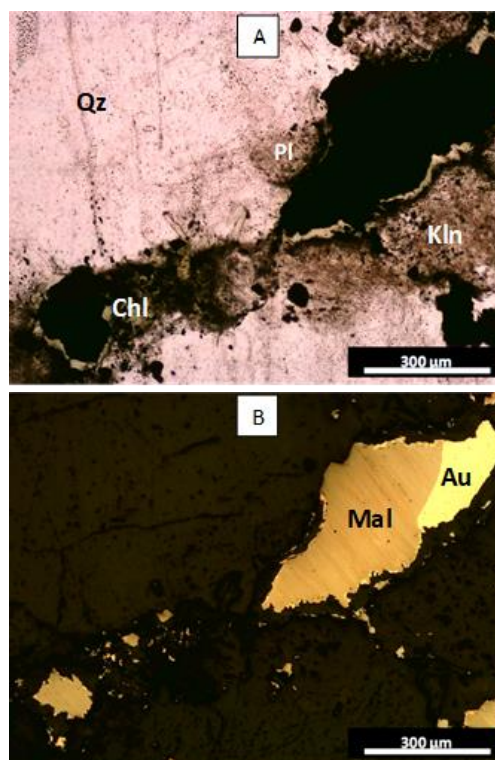


Fig. 2 – Exemplo de uma amostra mineralizada em microscopia de luz transmitida (A) e de luz refletida (B); Qz-quartzo, Pl-plagioclase, Kln-caulinite, Chl-clorite, Mal-maldonite, Au-ouro.

## 4. Química mineral

### 4.1 Fases com As

A arsenopirite é, pela sua abundância, um dos minerais metálicos mais importantes dos depósitos em estudo, ocorrendo em estreita associação com a loellingite.

Foram realizadas 31 análises pontuais (MEV-EDS) em cristais de arsenopirite dos quatro locais de estudo e 11 em cristais de loellingite de Casas Novas e de Chaminé (*ibidem*).

O diagrama da Fig. 3 evidencia que as loellingites de Casas Novas e de Chaminé caem no mesmo grupo. As arsenopirites apresentam um pequeno aumento do arsénio no depósito de Casas Novas comparativamente aos restantes depósitos.

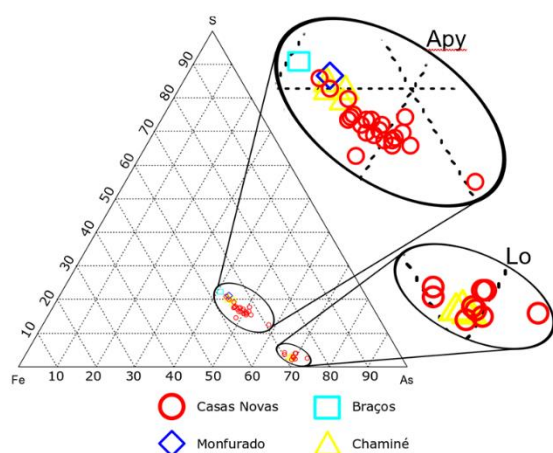


Fig. 3– Projeção das análises de arsenopirites (Apy) e loellingite (Lo) no diagrama ternário Fe-S-As.

O enriquecimento em As nas arsenopirites é indicativo de uma deposição a temperaturas mais elevadas (*cf.* Kretschmar & Scott, 1976).

### 4.2 Fases com Au

O ouro ocorre em três formas: i) liga de Au(-Ag), ii) ouro nativo e iii) maldonite (Au-Bi). O ouro nativo normalmente ocorre associado a maldonite (Fig. 2B).

Foram feitas 65 análises pontuais (MEV-EDS) em grãos que contêm ouro na sua composição. A Fig. 4 apresenta as variações composicionais de Au, Ag e Bi nos minerais auríferos e a sua associação com cada local estudado.

No caso das análises às ligas de Au(-Ag) verificam-se os seguintes intervalos composicionais: Casas Novas: 0.0 – 7.2 wt% Ag; Braços: 8.8 – 14.3 wt% Ag; e Monfurado: 32.5 – 33.0 wt% Ag. Chaminé apresenta dois grupos distintos: 8.3 – 9.5 wt% Ag e 26.5 – 33.8 wt% Ag (Fig. 4).

Em Casas Novas foi encontrado um grão que é essencialmente de bismuto mas que contém algum ouro na sua composição (Fig. 4).

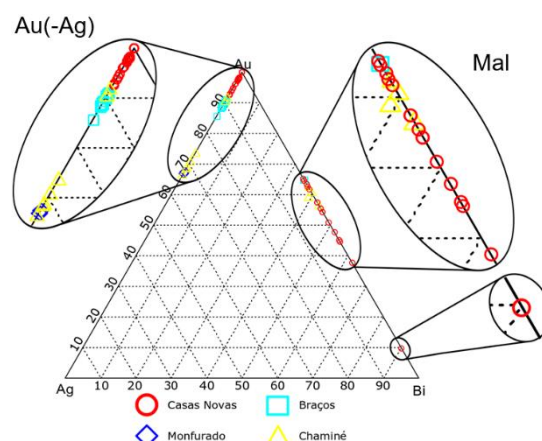


Fig. 4 – Projeção das análises de maldonite (Mal) e ligas de Au(-Ag) no diagrama Ag-Au-Bi.

## 5. Conclusões

As análises pontuais nas fases sulfuretas mostram que a generalidade das arsenopirites de Casas Novas se distingue por apresentar valores de arsénio mais elevados do que nas restantes localizações. Foram apenas encontradas loellingites em Casas Novas e Chaminé, com pouca variabilidade composicional entre as duas localizações.

As análises das amostras que contêm Au(-Ag) revelam diferenças composicionais características de cada grupo: i) Casas Novas e Braços contêm uma componente aurífera mais elevada, enquanto ii) Monfurado e Chaminé apresentam valores mais significativos em Ag.

As ocorrências de minerais de bismuto (maioritariamente maldonites) são quimicamente semelhantes, embora se observe gradientes químicos pontuais em Bi em Casas Novas.

Estas diferenças composicionais sugerem: 1) diferentes estádios evolutivos característicos desta tipologia de jazigos; e/ou 2) diferentes pulsos mineralizantes mesmo em depósitos que se encontram

relativamente próximos (como é o caso de Chaminé e Casas Novas).

## 6. Considerações Finais

Não obstante as diferenças químicas e mineralógicas entre as várias fases minerais portadoras de As, Bi e Au, é imprescindível caracterizar os controlos mineralógico e petrográfico (principais características texturais e químicas), de modo a distinguir as principais parageneses minerais de cada etapa bem como a sua distribuição espacial na zona de cisalhamento de Montemor-o-Novo.

Tendo em consideração a tipologia das mineralizações de Au considerada para esta zona “ouro do tipo orogénico”, é expectável que os estudos de química mineral apontem para uma relação entre os minerais com As e a mobilidade-reconcentração do Au.

Este estudo deverá também criar guias de prospeção baseados em mineralogia, diferenciando os subtipos de depósitos de Au na zona de cisalhamento de Montemor-o-Novo.

## Agradecimentos

Ao Laboratório Hercules da Universidade de Évora, pelo apoio e uso do microscópio eletrónico de varrimento

Este trabalho é financiado pela União Europeia através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, enquadrado no Programa ALENTEJO 2020 (Programa Operacional Regional do Alentejo)

através do projeto "Modelos metalogénicos 3D da zona de Ossa Morena valorização dos recursos minerais do Alentejo", com a referência ALT20-03-0145-FEDER-000028.

## Referências

- Carvalhosa, A. & Zbyszewski, G. (1994). Carta Geológica de Portugal 1:50.000-Notícia explicativa da folha35-D, Montemor-o-Novo. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 86pp.
- Chichorro, M., (2006) - Estrutura do Sudoeste da Zona de Ossa-Morena: Área de Santiago de Escoural — Cabrela (Zona de Cisalhamento de Montemor-o-Novo, Maciço de Évora). Unpubl. Ph.D. dissertation, Universidade de Évora, Portugal, 502pp.
- Inverno, C. (2011). Comparação de jazigos de ouro do tipo orogénico (mesotermiais) e os jazigos de ouro associados a intrusão. Algumas extrapolações para Portugal. Cuaderno Lab. Xeológico de Laxe. Coruña, 36: 99-156. ISSN: 0213-4497.
- Mateus, A., Munhá, J., Inverno, C., Matos, J., Martins, L., Oliveira, D., Jesus, A., Salgueiro, R. (2013). Mineralizações no sector português da Zona de Ossa-Morena. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds), Geologia de Portugal, vol. 1, Escolar Editora, 577-619.
- Kretschmar, U & Scott, S (1976). Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their application. The Canadian Mineralogist; 14 (3): 364–386.
- Ribeiro, C. (1996). Estudo metalogénico da mineralização aurífera do Escoural (Évora). PAPCC apresentadas à Universidade de Évora. 136pp.
- SRK Consulting , Inc . (2012), NI 43 - 101 Technical Report Boa Fé/Montemor Gold Project Alentejo Region of Southern Portugal.