

Composição Isotópica do Pb em Galenas Portuguesas

J. MEDINA *, C. TASSINARI **, M. E. R. MARTINS *, K. KAWASHITA **

Palavras-chave: Galena; Isótopos de Chumbo; Portugal

Resumo: Foram determinadas as composições isotópicas de Pb em galenas de mineralizações portuguesas de diferentes zonas tectono-magmáticas. As razões isotópicas do Pb são bastante similares em todas as amostras, e sugerem que o Pb incorporado nas galenas foi remobilizado durante as fases finais orogenia hercínica, a partir de rochas com um longo período de residência crustal.

Key-words: Galena; Lead Isotopes; Portugal

Abstract: Lead isotope compositions have been determined in galenas from portuguese mineralizations, located in different tectono-magmatic zones. The isotopic ratios of all the galenas are very similar, and can be explained by the remobilization of lead during the late stages of the Hercynian orogeny, from rocks with a long residence time in the crust.

INTRODUÇÃO

O uso dos isótopos de Pb em sulfuretos, além de permitir uma estimativa da idade de formação dos minerais analisados, é útil para a caracterização das fontes de fluidos hidrotermais e dos processos responsáveis pela concentração de metais. A utilização de galenas para estes estudos deve-se ao facto de este mineral possuir baixa razão U/Pb, e como consequência, pode assumir-se que a composição isotópica do Pb na galena é semelhante à inicial, ou seja, a mesma dos fluidos que levaram à formação do mineral. Com o objetivo de determinar as composições isotópicas de Pb de mineralizações que ocorrem em diferentes zonas tectono-magmáticas do orogénio hercínico da Península Ibérica (Zona Centro-Ibérica, Zona de Ossa Morena e Zona Sul Portuguesa), e compará-las com os dados disponíveis na literatura, foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro 27 análises isotópicas de Pb em galenas provenientes de diversas ocorrências minerais de Portugal (Fig. 1).

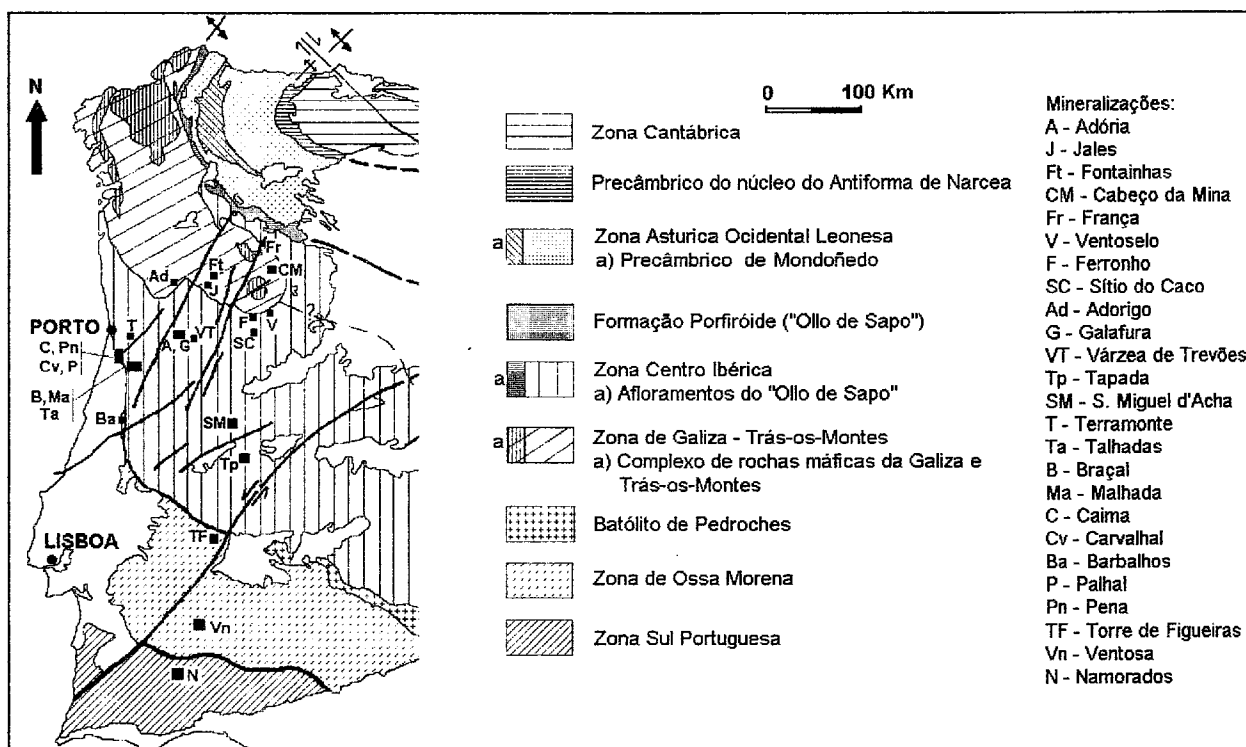


Fig. 1 - Localização das amostras estudadas nas unidades geotectónicas da Península Ibérica (Julivert et al., 1974; Farias et al., 1987)

* Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, 3810 Aveiro, Portugal

** Centro de Pesquisas Geocronológicas, Universidade de S. Paulo, Brasil

As galenas estudadas são provenientes de mineralizações diversas, localizadas na Zona Galaico-Transmontana (Fontainha, Adoria, Jales, Cabeço da Mina, França), Zona Centro-Ibérica (Ventoselo, Ferronho, Sítio do Caco, Galafura, Adorigo, Várzea de Trevões, Terramonte, Talhadas, Braçal, Malhada, S. Miguel d'Acha e Tapada), Zona de Ossa Morena (Caima, Carvalhal, Palhal, Barbalhos, Pena, Torre de Figueiras e Ventosa) e Zona Sul-Portuguesa (Namorados) (fig. 1).

MÉTODOS ANALÍTICOS

As amostras de galena foram sujeitas a um tratamento químico prévio, que a seguir se descreve:

- de cada amostra foram retirados dois ou três grãos de galena (aproximadamente 0.01 g), pesados e colocados em copos de Teflon não absorvente
- adicionou-se a cada amostra 2 ml de HCl suprapuro ($Pb < 0.005$ ppm), concentrado (30%)
- os copos de Teflon, depois de bem, fechados foram colocados a aquecer numa placa aquecedora, a uma temperatura de 60°C, até completa dissolução de todo o material (cerca de 2 dias)
- a solução resultante foi diluída com H_2O destilada e desmineralizada até um volume final aproximadamente de 7.5 ml (teor aproximado de Pb total - 20 ppm)

O método de ataque químico utilizado permite dissolver completamente o PbS. No entanto em algumas das amostras notou-se que ao fim de dois dias de aquecimento as soluções se tornavam turvas, devido à presença de um precipitado de cloretos de chumbo. Em princípio a formação de tal precipitado não traz qualquer problema, já que a concentração de Pb na solução é suficientemente elevada para permitir a análise no espectrómetro. Convém, contudo, que antes de se fazer a deposição no espectrómetro, o precipitado seja removido por centrifugação e filtragem.

Na análise isotópica do chumbo foi usado o Espectrómetro de Massa de ionização térmica (VG Sector 54) instalado na Universidade de Aveiro.

As amostras foram depositadas em filamentos simples de Re (previamente desgasificados durante 10 minutos, a 3 amperes), de acordo com a seguinte sequência: deposição de 1 µl de sílica-gel e secagem a 1 ampere; deposição de 1 µl de amostra e secagem a 1 ampere; deposição de H_3PO_4 e aumento da corrente eléctrica até à secagem completa; subida da intensidade da corrente até libertação do H_3PO_4 .

Os isótopos de Pb foram colectados num sistema de multicolectores estático de tipo Faraday. As condições de análise no espectrómetro (intensidade de corrente de 1.8 amperes, temperatura média de 1300°C) foram escolhidas de modo a que a intensidade do pico do ^{204}Pb , colhido no colector axial, não ultrapassasse 1 volt.

COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DO Pb

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados das análises isotópicas do Pb nas galenas analisadas.

No conjunto a maioria das amostras analisadas apresenta composições isotópicas relativamente homogéneas ($^{206}Pb/^{204}Pb = 18.162 - 18.597$; $^{207}Pb/^{204}Pb = 15.612 - 15.741$; $^{208}Pb/^{204}Pb = 38.151 - 38.793$), com valores de μ ($^{238}U/^{204}Pb$) que variam entre 9.74 e 10.10. Estes dados sugerem que o Pb das galenas derivou de reservatórios com razões U/Pb similares e elevadas, ou seja, rochas da crosta superior.

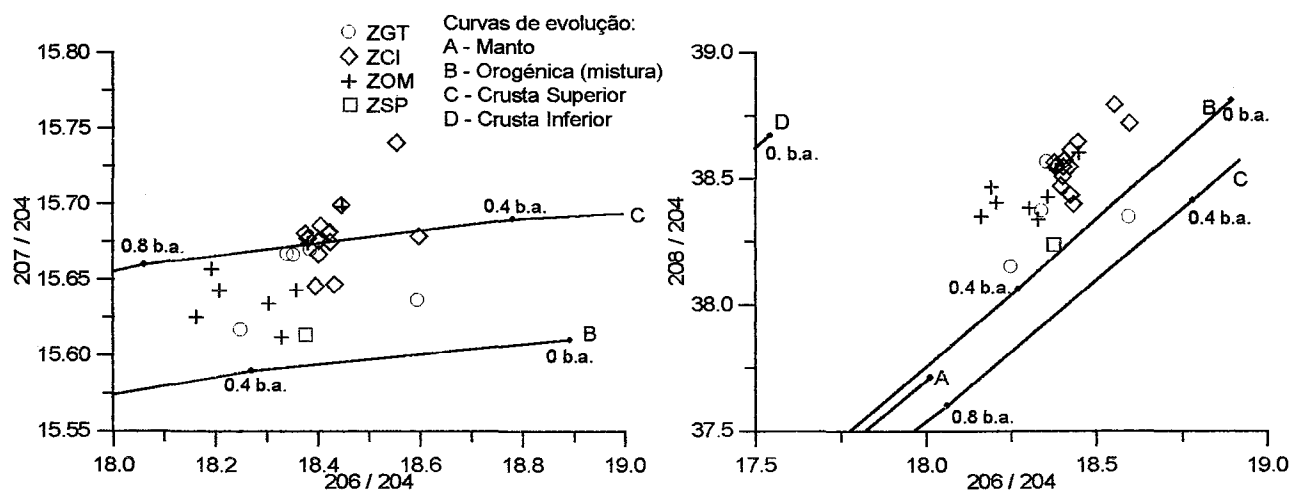
No diagrama $^{207}Pb/^{204}Pb$ versus $^{206}Pb/^{204}Pb$ (fig. 2) os pontos analíticos apresentam-se de forma dispersa e não colinear. Note-se, contudo que, os pontos relativos às amostras das mineralizações de Adoria, Talhadas, Caima, Malhada, Braçal, Carvalhal, Pena e Galafura definem um alinhamento que intercepta a curva de Stacey e Kramers (1975) em 308 Ma. Esta idade poderá à partida ser considerada como próxima da idade de formação destas galenas, já que se enquadra na época de formação dos granitóides hercínicos tardi- a pós- D_3 (Ferreira et al., 1987), que poderiam ter fornecido o calor necessário para a remobilização do Pb.

As amostras analisadas, quando lançadas no diagrama uranogénico $^{207}Pb/^{204}Pb$ vs. $^{206}Pb/^{204}Pb$ do modelo da "plumbotectónica" de Zartman e Doe (1981), situam-se predominantemente entre as curvas relativas ao ambiente orogénico e à crosta continental superior, e algumas delas acima desta curva, o que confirma a hipótese mencionada anteriormente de que o Pb terá derivado de rochas da crosta superior. Entretanto, no diagrama toriogénico $^{208}Pb/^{204}Pb$ vs. $^{206}Pb/^{204}Pb$ os pontos situam-se acima da curva orogénica, indicando que a fonte do Pb teria uma razão Th/Pb elevada, mais compatível com a crosta inferior. Estes dados sugerem, portanto, uma origem para o Pb a partir de materiais derivados da crosta continental superior e inferior. O posicionamento da maioria dos pontos analíticos, no diagrama uranogénico, entre as isócronas de 400 Ma e 600 Ma, sugere uma estimativa para a época de incorporação do Pb na crosta continental, antes da sua incorporação nas galenas.

Tabela 1 - Composição Isotópica do Pb

Zona	Jazigo	206/204	erro	207/204	erro	207/206	erro	208/204	erro	μ^*
ZGTM	Fontainha	18.3845	0.0049	15.6699	0.0059	0.85392	0.00030	38.5439	0.0188	9.99
	Adoria	18.2485	0.0028	15.6169	0.0030	0.85697	0.00010	38.1511	0.0098	9.79
	Jales	18.5945	0.0021	15.6364	0.0023	0.84128	0.00010	38.3473	0.0071	9.80
	Cabeco da Mina	18.3521	0.0026	15.6663	0.0029	0.85521	0.00010	38.5660	0.0094	9.99
	França	18.3395	0.0050	15.6671	0.0061	0.85586	0.00030	38.3714	0.0195	9.99
ZCI	Ventoselo	18.3801	0.0032	15.6771	0.0038	0.85467	0.00020	38.5468	0.0122	10.03
	Ferronho	18.4456	0.0052	15.6994	0.0063	0.85274	0.00030	38.6456	0.0200	10.11
	Sítio do Caco	18.5968	0.0024	15.6787	0.0029	0.84459	0.00010	38.7193	0.0092	9.98
	Galafura	18.4233	0.0098	15.6814	0.0125	0.85352	0.00060	38.6109	0.0408	10.03
	Adorigo	18.4051	0.0057	15.6859	0.0071	0.85388	0.00040	38.5735	0.0229	10.06
	Vázca de Trevões	18.3752	0.0028	15.6807	0.0034	0.85506	0.00010	38.5628	0.0107	10.04
	Terramonte	18.3952	0.0025	15.6458	0.0030	0.85170	0.00010	38.4707	0.0092	9.88
	Talhadas	18.5528	0.0047	15.7406	0.0058	0.85010	0.00020	38.7930	0.1344	10.26
	Braçal	18.4022	0.0033	15.6756	0.0041	0.85302	0.00020	38.5460	0.0130	10.01
	Braçal	18.4011	0.0025	15.6668	0.0031	0.85291	0.00010	38.5093	0.0102	9.98
	Malhada	18.4212	0.0031	15.6809	0.0040	0.85292	0.00010	38.5464	0.0131	10.03
	S. Miguel d'Acha	18.4321	0.0048	15.6468	0.0058	0.85045	0.00030	38.3975	0.0189	9.88
	Tapada	18.4239	0.0042	15.6749	0.0051	0.85244	0.00010	38.4349	0.0157	10.00
	Tapada	18.4239	0.0042	15.6749	0.0051	0.85244	0.00010	38.4349	0.0157	10.00
ZOM	Caima	18.4475	0.0034	15.6982	0.0043	0.85249	0.00010	38.6010	0.0138	10.10
	Carvalhal	18.3798	0.0022	15.6739	0.0025	0.85449	0.00010	38.5342	0.0075	10.01
	Palhal	18.3573	0.0020	15.6432	0.0024	0.85388	0.00010	38.4273	0.0071	9.88
	Barbalhos	18.3292	0.0021	15.6119	0.0024	0.85218	0.00010	38.3374	0.0075	9.75
	Pena	18.3039	0.0021	15.6343	0.0023	0.85586	0.00010	38.3825	0.0072	9.86
	Torre de Figueiras	18.1771	0.0039	15.6412	0.0048	0.8622	0.0002	38.4079	0.0157	9.92
	Ventosa	18.2072	0.0025	15.6430	0.0030	0.86080	0.00010	38.4043	0.0092	9.92
ZSP	Namorados	18.3762	0.0020	15.6136	0.0021	0.85006	0.00000	38.2372	0.0065	9.75

* De acordo com Stacey e Kramers, 1975

Fig. 2 - Composição isotópica das galenas representada nos diagramas $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Curvas de evolução isotópica do Pb segundo Zartman e Doe (1981)

Ao comparar as composições isotópicas actuais de Pb de metassedimentos da ZGTM, ZCI e ZOM ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ = 18.553-19.079, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ = 15.645-15.720, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ = 38.527-39.874) e de granitóides hercínios da ZCI ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ = 18.499-19.372, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ = 15.653-15.705, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ = 38.756-39.171) (Beetsma, 1995) e das galenas estudadas, nota-se que, em relação ao $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, a maioria das amostras dos metassedimentos e dos granitos

são mais radiogénicas do que as das galenas; já no que respeita à razão $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ parte das galenas, nomeadamente a maioria das galenas da ZOM e ZGTM, apresentam composições isotópicas menos radiogénicas do que os metassedimentos e os granitos, enquanto as galenas da ZCI apresentam composições isotópicas similares às das rochas citadas; por último em relação ao $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ as galenas são menos radiogénicas do que os granitóides e a maioria dos metassedimentos. Estes dados sugerem que o Pb incorporado nas galenas poderá ter uma origem mista, ou seja, ser proveniente dos granitóides e dos metassedimentos, que conteriam sedimentos derivados tanto de rochas da crosta superior como da crosta inferior.

Os dados isotópicos das mineralizações estudadas, quando comparados com as composições isotópicas actuais dos depósitos de sulfuretos maciços da Faixa Piritosa Ibérica ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.135-18.233$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.594-15.651$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.079-38.289$) (Marcoux, 1998), mostram-se mais variados e, regra geral, mais radiogénicos. Isto implica que o Pb das galenas analisadas deriva de fontes com razões U/Pb e Th/Pb mais elevadas, isto é, de rochas com um período de residência crustal maior, ao passo que o Pb dos depósitos da Faixa Piritosa têm também uma origem essencialmente crustal, mas sem qualquer participação de componentes da crosta continental superior antiga (Marcoux, 1998), sendo portanto a composição isotópica do Pb uma característica distintiva entre estas mineralizações.

CONCLUSÃO

Com base nas composições isotópicas de Pb das galenas estudadas podemos considerar que a origem destas mineralizações está relacionada com processos de convecção hidrotermal, que teriam remobilizado o Pb a partir de fontes essencialmente crustais, e seriam controlados pelo aquecimento regional provocado pelo metamorfismo regional e pelo grande volume de magmas graníticos intruídos durante a fase final da orogenia hercínica.

AGRADECIMENTOS

A maioria das amostras estudadas neste trabalho foram fornecidas pelo Instituto Geológico Mineiro (Porto), ao qual expressamos os nossos agradecimentos, e em particular ao Dr. Orlando Gaspar pela colaboração prestada.

BIBLIOGRAFIA

- BEETSMA, J. J. (1995) - The late Proterozoic-Paleozoic and Hercynian crustal evolution of the Iberian massif, N Portugal: as traced by geochemistry and Sr-Nd-Pb isotope systematics of pre-Hercynian terrigenous sediments and Hercynian granitoids. *PhD Thesis*, Vrije Universiteit, Amsterdam, 223 pp.
- FARIAS, P., GALLASTEGUI, G., GONZALEZ LODEIRO, F., MARQUINEZ, J., MARTIN PARRA, L. M., MARTINEZ CATALAN, J. R., PABLO MACIA, J. G. & RODRIGUEZ FERNANDEZ, L. R. (1987) - Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafia y estructura de Galicia Central. *Mem. Mus. Labor. Miner. Geol. Fac. Ciências do Porto*, nº 1, p. 411-431
- FERREIRA, N., IGLÉSIAS, M., NORONHA, F., PEREIRA, E., RIBEIRO, A. & RIBEIRO, M. L. (1987) - Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: BEA, F., CARNICERO, A., GONZALO, J. C., LOPEZ PLAZA, M. & RODRIGUEZ ALONSO, M. D., eds. *Geologia de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico*, Libro Homenaje a L. C. G. Figuerola, Madrid, p. 37-52
- JULIVERT, M., FONTBOTÉ, J., RIBEIRO, A. & CONDE, L. (1974) - Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares, escala 1:1 000 000. *Inst. Geol. Min. España*, Madrid, 113 p.
- MARCOUX, E. (1998) - Lead Isotope systematics of the giant massive deposits in the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, vol. 33, nº 1-2, pp. 45-58
- STACEY, J. S. & KRAMERS, J. D. (1975) - Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26, pp. 207-221
- ZARTMAN, R. E. & DOE, B. R. (1981) - Plumbotectonics, The Model. *Tectonophysics*, 75, pp. 135-162