

**O uso dos isótopos de Sr e Pb na indicação das fontes dos fluidos mineralizantes do depósito aurífero de Povinho de São João, Campo Largo (PR).**

Jefferson de Lima Picanço

UniAndrade; Pós-Graduação FESP;

jeffpicanco@yahoo.com

Colombo Celso Gaeta Tassinari

IG-USP

**ABSTRACT**

The auriferous deposits in Povinho de São João area are situated in the southern part of the Ribeira folded belt, Paraná State, Brazil. These vein-type deposits are related to shear zones hosted by the Passa Três stock, a syntectonic granitoid body intrusive in meta-volcanosedimentary sequences of the Açungui super-group. Strike slip shear zones related to the Cerne fault, an important regional shear zone, control its emplacement.

The auriferous veins are mainly quartz-sulfide veins occupying brittle-ductile shear zones internal to the granitoid body. The gangue minerals are quartz, carbonates, fluorite, sulfides, white mica and argyles. The sulfides are most pyrite and calcopyrite, with small amounts of esfalerite, galena and molibdenite.

The  $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$  data in carbonate, fluorite and sulfide samples have radiogenic values between 0.711 and 0.717. Fluorite is the best marker for the fluids, which composition is inferred to be about 0.711. The Pb isotopic data in pyrite shows the contribution of supracrustal and infracrustal fluids in Pb sources. The Pb and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  data presented here suggest a complex interaction occurring between hydrothermal fluids and the host-rocks.

**INTRODUÇÃO**

O depósito aurífero da Mina do Morro, em Povinho de São João, município de Campo Largo, é a única jazida de ouro explotada hoje no Estado do Paraná. A detentora dos direitos minerários é a Mineração Tabiporã Ltda. Segundo dados da CPRM (2000) a área cubada compreende uma jazida de 6250 kg, tendo sido produzido, segundo dados de 1997, um total de 721 kg. A lavra iniciou-se com a exploração dos veios em superfície, na década de 80, com a lavra subterrânea sido iniciada em 1990. Hoje a mina opera em quatro sub-níveis, com um total de 5000 m de galerias já abertas.

Estudos anteriores sobre os depósitos de Povinho de São João foram realizados por Soares & Góis (1987), Piekarcz (1992) e Picanço (2000). Este trabalho apresenta os dados de isótopos de Sr e Pb de minerais de ganga associados aos veios auríferos da Mina do Morro.

**GEOLOGIA LOCAL**

A região de Povinho de São João está localizada no alto vale do Rio Açungui, próximo à escarpa da Serrinha, na porção centro-ocidental do primeiro planalto paranaense, ou planalto curitibano. Geologicamente, situa-se no extremo sul aflorante da Faixa Ribeira (Almeida et al, 1981).

A Mina do Morro, objeto deste trabalho, é um depósito de ouro tipo-veio, encaixado no Maciço Granítico Passa Três. O corpo granítico está alojado em rochas do Grupo Açungui, Formações Água Clara e Votuverava (Fassbinder, 1996), de idade neoproterozóica (Figura 1). Estas rochas são afetadas por três eventos de deformação (cf. Fiori, 1992). O primeiro evento é de cavalgamento, marcado principalmente por foliação anastomosada e assimétrica de baixo ângulo de mergulho. O segundo evento é de dobramento, marcado pelo dobramento das estruturas anteriores. O terceiro evento é marcado por um sistema de cisalhamento transcorrente de direção nordeste, destacando-se a Zona de Cisalhamento do Cerne, com sentido de movimento dextral.

A Formação Água Clara delimita o contato tectônico sudeste do maciço granítico (Figura 1), sendo representada por seqüências de rochas calciosilicáticas, quartzo-xistos e quartzitos, intercaladas com rochas metabásicas. O metamorfismo é de fácies xisto verde superior, zona da granada (Piekartz, 1992).

A noroeste, o maciço granítico faz contato tectônico com rochas da Formação Votuverava, Seqüência Bromado (Fiori, 1992). São filitos (meta-argilitos e metasiltitos) e quartzitos, que apresentam metamorfismo de fácies xisto verde, zona da biotita/ clorita (cf Piekartz, 1992).

### **O MACIÇO GRANITOÍDE PASSA TRÊS**

O Maciço Granitóide Passa Três é uma intrusão alongada, com cerca de 5 km<sup>2</sup> de área (Figura 1). Apresenta contatos tectônicos com as rochas da Formação Água Clara a sudeste, e com rochas da Formação Votuverava a noroeste e norte. Na borda leste, o maciço apresenta-se milonitizado, com a formação de filonitos e milonitos (Picanço & Mesquita, 2001).

O Maciço tem composição sienogranítica, com dois subtipos petrográficos principais, que diferem pela quantidade de minerais máficos: O sub-tipo sienogranito leucocrático apresenta de 0 a 2% de minerais máficos e maior quantidade de quartzo leitoso, enquanto que o sub-tipo sienogranito melanocrático apresenta mais de 5% de minerais máficos. Este segundo tipo apresenta textura equigranular, com granulação média a grossa. O maciço apresenta uma foliação pouco evidente, provavelmente ígnea, marcada pelo alinhamento de minerais máficos. São observados também veios de natureza aplítica e pegmatítica, alguns corpos de microgranitos, além da ocorrência, em algumas galerias, de veios de natureza traquítica (cf. Piekartz 1992 e Picanço, 2000).

### **A alteração hidrotermal**

A alteração hidrotermal no maciço granítico Passa Três é caracterizada pelas zonas: potássica, propilitica, fílica, argílica e sulfetada (mesquita et. Al, em preparação), além dos sistemas de veios de carbonato, de fluorita e de quartzo-sulfeto mineralizados. As zonas de alteração precoce parecem Ter sido dominadas por um regime de baixa razão fluido/rocha, como a potássica, propilitica e parte da fílica. As outras zonas de alteração, mais tardias, parecem Ter sido caracterizadas por alta razão fluido/rocha.

A zona de alteração hidrotermal sulfetada, que hospeda a mineralização, ocorre de duas maneiras: (a) associada à zona de alteração argílica, tipo cinza escuro a preto; ou (b) forma bolsões de sulfeto maciço, em porções localizadas dos veios onde ocorre intensa deformação rúptil-dúctil. Estas porções são os “*ore shoots*” principais do ouro. As porções dos veios, sem deformação intensa, não se apresentam sulfetadas nem mineralizadas. Os sulfetos principais, na zona sulfetada, são pirita e calcopirita.

### **Os veios auríferos**

As jazidas auríferas na região de Povinho de São João ocorrem na forma de veios de quartzo sulfetados auríferos ocupando zonas de cisalhamento discretas do tipo rúpteis-dúcteis, internas ao corpo granitóide. Veios com teores sub-econômicos podem ocorrer, localmente, cortando rochas da Formação Água Clara.

Conforme Piekartz (1992) os veios de quartzo auríferos apresentam em média espessura de 30 a 50 cm, são irregulares e descontínuos. Nas porções de menor deformação os veios, na forma de bolsões e de aspecto maciço, podem atingir espessuras de 1,5 m. Nas porções mais intensamente deformadas, os veios apresentam-se cisalhados e adelgaçados, podendo até desaparecer. Neste caso permanece uma fratura preenchida por fina lente de argila, sulfetada e também mineralizada.

Os sulfetos associados ao ouro são pirita e calcopirita, podendo conter também esfalerita, galena e molibdenita. Minerais de ganga são representados por quartzo, carbonatos, fluorita, argilo-minerais, clorita e mica branca.

O ouro ocorre livre, com hábito placóide predominante. Ocorre em partículas menores que 50  $\mu\text{m}$ , principalmente em fraturas no interior de pirita, associado ou não à calcopirita. O ouro pode conter até 11% de prata.

### **Geocronologia**

As idades obtidas por Picanço (2000) mostram que a colocação do Maciço granítico ocorreu por volta de 616 ma (idade interna Sm/Nd em fluoritas), tendo a idade de 602 ma (K/Ar em mica branca) como idade mínima de resfriamento. Estas idades são coerentes com as idades obtidas por Hackspacher et al. (2000), e refletem o pico metamórfico do Cinturão Ribeira em São Paulo.

As idades finais de colocação e deformação dos veios auríferos estão situadas por volta de 520 Ma (K/Ar em mica branca; Rb/Sr da rocha encaixante hidrotermalizada; e Rb/Sr de lixiviados de pirita, Picanço, op.cit.). Estas idades parecem marcar o evento mais intenso de deformação através das grandes falhas de cisalhamento regionais, como as falhas do Cerne e Lancinha.

### **GEOQUÍMICA ISOTÓPICA**

Os dados  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de seis separados minerais de fluorita, sete de calcita e nove de sulfetos são apresentados na figura 2 a seguir. Os resultados de  $\text{Sr}_m$  (estrôncio medido) de separados minerais de carbonatos associados a mineralização situam-se entre 0,7131 e 0,7110. Os seis resultados obtidos em amostras de fluorita resultaram de separados coletados em veios de quartzo associados a sulfetos tiveram menores variações de  $\text{Sr}_m$ , entre 0,7110 e 0,7116.

Os dados de sulfetos apresentados se referem a diversas situações dentro da mina. Algumas amostras representam material de gouge de falhas tardias que cortam os veios. Os demais dados são provenientes da zona de alteração sulfetada, associada a mineralização. Em geral, os dados de  $\text{Sr}_m$  em pirita apresentou a maior variação das razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , devido a maior variação de situações em que foi coletada. Em geral, nas amostras relacionadas com a alteração sulfetada, os valores de  $\text{Sr}_m$  estão em torno de 0,711. A pirita extraída de gouge de falhas tardias apresenta valores consistentemente maiores, da ordem de 0,712-0,714, alcançando até 0,717. Os dados de  $\text{Sr}_m$  em amostras de pirita apresentam-se em geral menores do que os dados de  $\text{Sr}_m$  de amostras de calcopirita, em separados minerais extraídos da mesma amostra.

De todos os valores obtidos a fluorita apresentou a menor variação das razões. Este fato pode indicar que a fluorita manteve-se isotopicamente equilibrada com o fluido, enquanto que os sulfetos e carbonatos aparentemente não conseguiram atingir tal equilíbrio. O valor de 0,711 pode representar a razão isotópica do fluido mineralizante.

Isto pode indicar que na formação do depósito aurífero de Povinho de São João, os fluidos mineralizantes foram resultado da interação de fluidos regionais com o maciço granítico. Os fluidos regionais seriam similares aos depósitos do tipo Panelas (Tassinari et al., 1990). O granito apresenta uma razão inicial Sr de 0.710 (Cf. Picanço, 2000).

Três amostras de pirita foram analisadas pelo método Pb-Pb, com o intuito de dar indicações dos solutos mineralizantes. Foram selecionadas as amostras que representam a pirita da zona sulfetada, associada aos veios de quartzo. A amostra MM27 apresenta gouge de falhas mais tardias, que cortam ou truncam a mineralização.

No diagrama uranogênico de Zartman e Doe (1981), (figura 3) os pontos da zona sulfetada caem perto da curva do orógeno, com altas razões U/Pb. As idades modelo para estas amostras estão situadas entre 1,2 e 1,6 Ga. Estes dados indicam a presença de fontes mistas de material, com contribuição de material da Crosta superior. A amostra de veio de falha apresenta-se deslocada em relação às outras duas e com idade-modelo mais nova. Pode indicar a presença de remobilizações tardias de Pb no interior do depósito.

O diagrama toriogênico de Zartman & Doe (op.cit.) indica a presença de Pb proveniente de fontes situadas na crosta inferior, provavelmente relacionado com os granulitos do embasamento.

Quando comparado a outros dados de isótopos de Pb provenientes de outros depósitos no vale do Ribeira, os dados Pb/Pb do depósito aurífero de Povinho de São João parecem relacionados com o campo dos depósitos tipo Panelas (Tassinari et al, 1990).

### CONCLUSÕES

Os dados de Sr de minerais de ganga associados a mineralização indicam que o Sr, no contexto da Mina do Morro, foi proveniente das encaixantes regionais, canalizados em zonas de cisalhamento regionais, que interagiram com os fluidos do próprio corpo granítico. Os dados de Pb de fases sulfetadas associadas a mineralização mostram a presença de duas fontes principais de Pb. Parte do Pb é proveniente de fontes supra-crustais, provavelmente o pacote litológico representado pelas rochas do Grupo Açungui. A outra fonte é de natureza infra-crustal, e parece relacionada com rochas do embasamento, provavelmente relacionadas com o Complexo Atuba.

O modelo de gênese do depósito compreende a existência de fluidos provenientes em zonas metassedimentares e de embasamento, com transporte através de zonas de cisalhamento regionais, com deposição em zonas de alívio de tensão. As áreas de deposição de metais seriam preferencialmente zonas permeáveis em rochas previamente alteradas, como o caso do maciço granítico.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pela bolsa de doutorado concedida ao primeiro autor, e a FAPESP, pelo auxílio financeiro ao projeto. Os autores agradecem à Mineração Tabiporã Ltda pela cooperação durante a realização das pesquisas. Ao corpo técnico do CPGEO-USP pelo auxílio nas análises, em especial à prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marly Babinski, pela execução das análises Pb-Pb. Também agradecem aos colegas do Projeto Estudos Estruturais e Hidrotermais do Povinho de São João, prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria José Maluf de Mesquita (UFPR), prof Dr Eduardo Salamuni (UFPR), prof Dr Elvo Fassbinder (UFPR), prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleonora Vasconcelos (UFPR) e prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Márcia Boscato Gomes (UFRGS) pelo estímulo e pelas discussões.

### Referências bibliográficas

- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. (1981) Brazilian Structural Provinces – An Introduction. *Earth Sci. Rev.* 17: 1-29.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais –CPRM (2000) Projeto Ouro, consulta de bases de dados. Disponível: <http://www.cprm.gov.br/recmn/reg5b.html> (pesquisa 11/01/2000)
- Fassbinder, E. (1996) A unidade Água clara no contexto do Grupo Açungui: um modelo transpressivo de colisão oblíqua no neoproterozoico paranaense. Tese IGUSP, 208 p.
- Fiori, A.P. (1992) Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui, Pr. Bol IGUSP, Série Científica, 23:55-74.
- Hackspacher, P.C., Dantas, E.L.; Spoladore, A.; Fetter, A.H.; Oliveira, M.A.F. (2000) Evidence of Neoproterozoic Backarc Basin Development in the Central Ribeira Belt, Southern Brazil: new geochronological and geochemical constraints from the São Roque – Açungui groups. In: *Rev. Bras. Geoc.*, vol 30(1): 110-114, março 2000.
- Picanço, J.L. (2000) Composição isotópica e processos hidrotermais associados aos veios auríferos do Maciço Granítico Passa Três, Campo Largo, PR. Tese de doutoramento IG-USP, 166 pp.
- Picanço, J.L. & Mesquita, M.J.M. (2001) Ouro no estado do Paraná: O depósito aurífero de Povinho de São João, Campo Largo, PR. In: Congresso Brasileiro De Geoquímica, 8º, Boletim De Excursões. SBGQ, Curitiba, 2001.
- Piekarz, G.F. (1992) O Granito Passa Três e as mineralizações auríferas associadas. Campinas: UNICAMP, 1992. 221 PP. Dissertação (Mestrado em Geociências) UNICAMP. 1992.

- Soares, P.C. & Gois, J.R.. (1987) Geologia do Granito Passa Três (Pr) e suas mineralizações auríferas. In: Simpósio Sul-Brasileiro De Geologia, 3o, Curitiba. Atas. SBG, Curitiba, 2:497-514.
- Tassinari, CCG; Barbour, AP; Daitx, EC; Sato, K. (1990) Aplicação dos isótopos de Pb e Sr na determinação da natureza das mineralizações de Chumbo do Vale da Ribeira - São Paulo e Paraná. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 36, Natal, 1990. Anais. Natal, SBG, 1982. V3: 1254-1266.
- Zartman, R.E.; Doe, B.R. (1981) Plumbotectonics: the Model. Tectonophys. 75:135-162.

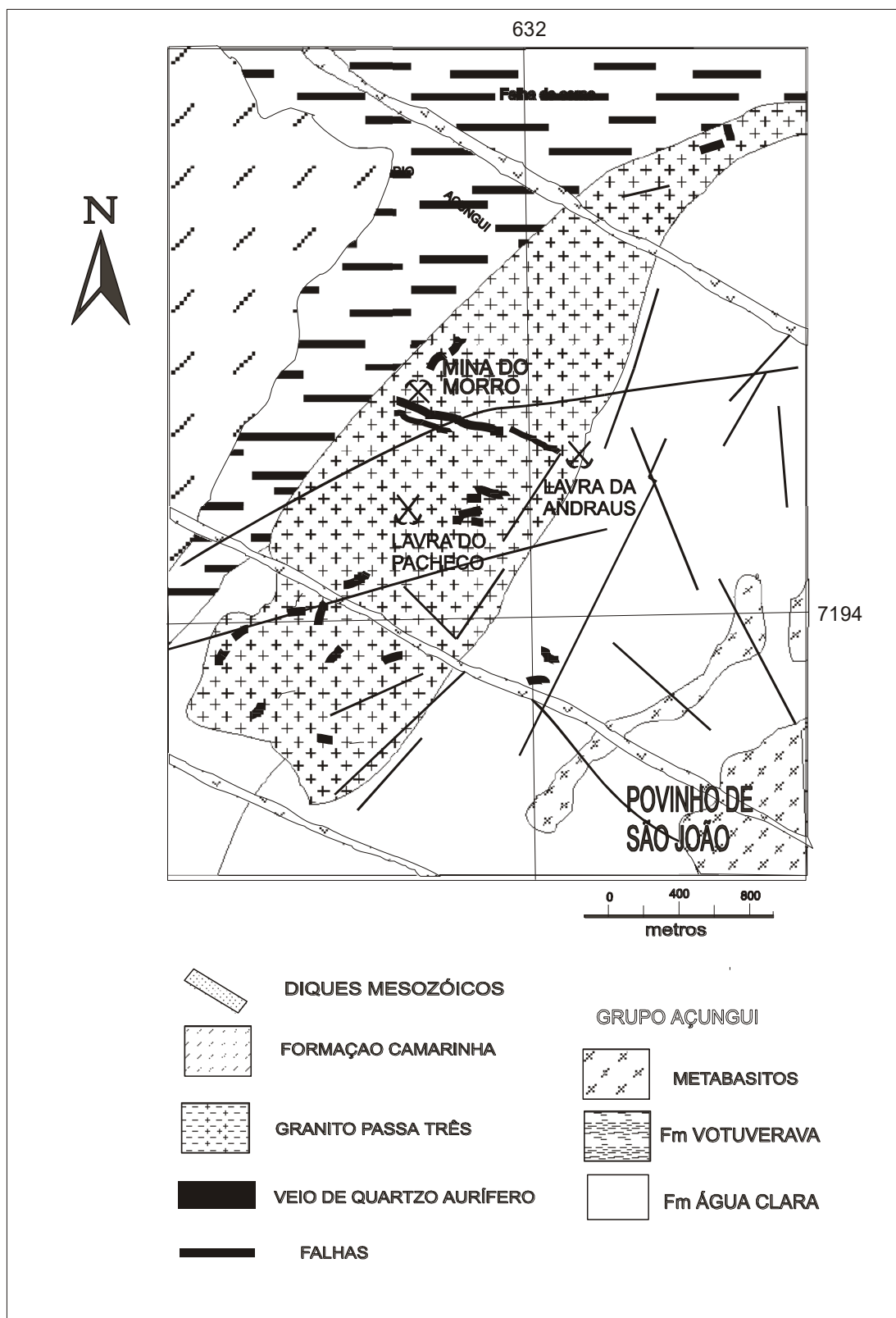


Figura 1 – mapa geológico simplificado do maciço granítico Passa Três e suas mineralizações auríferas.



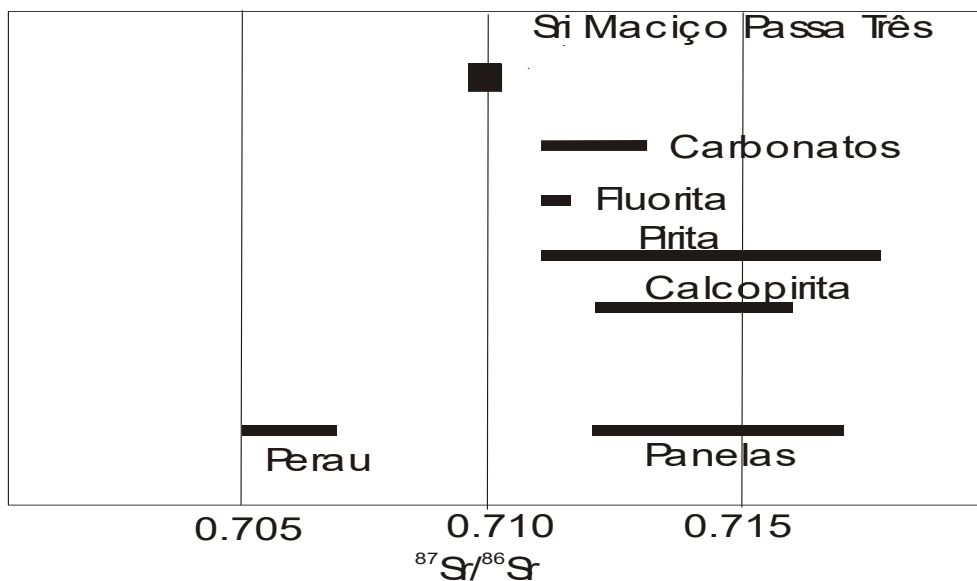


Figura 2- Comparação dos dados de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  para carbonatos, fluorita, pirita e calcopirita da Mina do Morro, Povinho de São João, com os dados de razão inicial (Sri) do Maciço Granítico Passa Três (Picanço, 2000) e com depósitos tipo Peralu e tipo Panelas (Tassinari et al (1990))

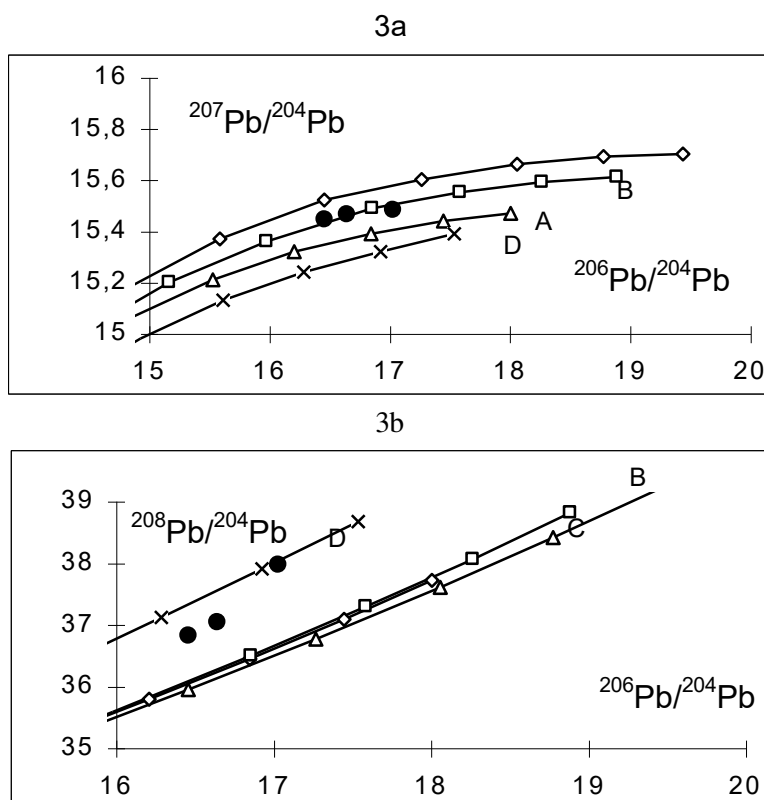


Figura 3 - Diagrama de plumbotectônica de Zartman & Doe (1981) com as amostras de pirita da Mina do Morro. O ponto mais afastado corresponde a amostra coletada em falha tardia, as outras duas são relacionadas à alteração sulfetada, 3a – diagrama uranogênico, 3b - diagrama toriogênico.