



**O Filão Paraíba e a Província Aurífera de Alta Floresta
(SW do Cráton Amazônico): Dados Petrográficos e Isotópicos de Pb e S em Pirita do Veio Mineralizado**
Paraíba Ore and the Alta Floresta Gold Province
(SW Amazon Craton): Petrography, Pb and S Isotopes in Pyrite from Mineralized Vein.

Anderson Costa dos Santos; Mauro César Geraldes;
Werlem Holanda dos Santos & Laís de Oliveira Ferreira

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia,
4º andar, Bloco A, Rua São Francisco Xavier, 524, 20550-900, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mails: costasantos@gmail.com; mauro.geraldes@gmail.com; werlemholanda@hotmail.com; lais.ferreira.lo@gmail.com
Recebido em: 29/10/2018 Aprovado em: 14/11/2018
DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_690_701

Resumo

O depósito Paraíba localiza-se a 12 km a noroeste da cidade de Peixoto de Azevedo e está inserido na Província Aurífera de Alta Floresta, no estado do Mato Grosso. A região de Peixoto de Azevedo compreende o principal garimpo de ouro aluvionar lavrado desde o final da década de 80, conhecido como Filão do Paraíba. O corpo do minério é constituído por veios de quartzo que alcançam mais de 1 metro de espessura, com intensa sulfetação, além do elevado conteúdo de ouro (entre 50 e 80g/ton). Análises metalográficas das seções polidas da região aurífera permitiram traçar um esboço das fases minerais e compreender assim a relação entre mineralizações x minerais de minério. Isótopos estáveis de enxofre e radioativo de chumbo permitiram esboçar um modelo metalogenético para a região de Peixoto Azevedo. Em relação ao resultado das análises de isótopos de enxofre, obteve-se um valor mínimo para % CDT 1,4 e valor máximo de 3,16. Razões $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ variam de 15,87 a 16,82 e razões $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ variam de 15,40 a 15,53 para as análises de isótopos de chumbo. O modelo plumbotectônico uranogênico ($\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204} \times \text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$) demonstrou um *trend* na curva de evolução do Pb para crosta continental superior. E a idade isocrônica obtida para as amostras analisadas foi de 1814 ± 22 Ma (2σ) e MSWD = 1,6.

Palavras-chave: Mineralização de Ouro; Filão Paraíba; Veio de Quartzo; Isótopos de Pb e S; Idade isocrônica; Província Aurífera de Alta Floresta

Abstract

The Paraíba deposit is located at 12 km to northwest of the Peixoto de Azevedo city and lies on the Alta Floresta auriferous province in the state of Mato Grosso. The region of Peixoto de Azevedo comprises the main prospecting ore of alluvial gold since the end of the 80's, better known as Filão Paraíba. The body of the ore consists of quartz veins that reach more than 1 meter of thickness, with intense sulphitation in addition to the high content of gold (between 50 and 80g/ton). Metallographic analysis of the polished sections of the gold region allowed us to trace an outline of the mineral phases and thus understand the relationship between mineralization and ore minerals. Stable sulfur and lead radioactive isotopes have allowed the sketching of a metalogenetic model for the region of Peixoto Azevedo. Regarding to the relation to the results of the sulfur isotope analyzes, a minimum value was obtained for % CDT 1.4 and a maximum value of 3.16. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios range from 15.87 to 16.82 and $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios range from 15.40 to 15.53 for the isotope analyzes of lead. The uranogenic plumbotectonic model ($\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204} \times \text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$) showed a trend in the evolution curve of Pb for upper continental crust and the isochronic age obtained for the analyzed samples was 1814 ± 22 Ma (2σ) and MSWD = 1.6.

Keywords: Gold mineralization; Paraíba lode; Quartz vein; Pb and S isotopes; isochronic age; Alta Floresta Gold Province

1 Introdução

O enorme território brasileiro, pouco estudado em diversas regiões, apresenta concentrações metalogenéticas variadas em relação ao minério e a volumes, gêneses e paragêneses, a exemplo da região Centro-Oeste, onde importantes províncias auríferas são identificadas, exploradas e indicadas em bibliografias (Barros, 1994; Lacerda-Filho et al., 2004; Pamplona, 2010) além de prováveis recursos metalogenéticos que necessitam de trabalhos e pesquisas com o intuito de desenvolver sua exploração.

Considerando que a evolução geológica de enormes áreas em terrenos da Plataforma Sul-Americana está relacionada ao desenvolvimento de faixas móveis Neoproterozoicas (Brasilianas ou Panafricanas), a suma do conhecimento sobre esta questão nos permite esboçar um panorama diferenciado para a região. O conhecimento adquirido é de fato a chave para novas descobertas, pois nos permite elaborar conceitos e modelos que se apliquem ao que os trabalhos de campo e testes laboratoriais nos revelam.

De acordo com Lacerda-Filho et al. (2004), os jazimentos de ouro que ocorrem na região de Peixoto de Azevedo acham-se ligados principalmente a suítes plutovulcânicas cálcio-alcálicas oxidadas. Dois grupos de granitos espacialmente associados a depósitos de ouro foram descritos na Província Aurífera Alta Floresta: o primeiro intrusivo nos gnaisses e migmatitos do complexo Cuiú-Cuiú, engloba granitos cálcio-alcálicos com características de granitos do tipo I, de arco vulcânico ou pós-tectônico. A constante presença de fácies hidrotermalizadas dos granitos cálcio-alcálicos associadas a mineralizações de ouro sugere a existência de relação genética entre os granitos e determinados depósitos de ouro na região de Peixoto de Azevedo.

O segundo grupo, bem descrito por Santos et al. (2001), é exemplificado pelos maciços de Garantã do Norte e Terra Nova (MT) e provavelmente não tem relação genética com mineralizações auríferas, embora seja encaixante de veios de quartzo contendo ocorrências de ouro, assemelham-se à unidade Paleoproterozoico definida por Lacerda-Filho et al. (2001) como Granito Nhandu.

Este trabalho apresenta a caracterização dos sulfetos por microscopia óptica de luz transmitida/refletida e microscopia eletrônica de varredura afim de compreender a relação espacial/temporal destes com a mineralogia constituinte das rochas hospedeiras do ouro, além da obtenção de assinaturas isotópicas de Pb e S das soluções hidrotermais responsáveis pelo transporte e deposição nos respectivos corpos mineralizados, de forma a caracterizar suas fontes de S em pirita do Filão Paraíba e a idade a partir do modelo da plumbotectônica (Zartman & Doe, 1981), além de contribuir para a melhor compreensão dos aspectos temporais e espaciais que envolveram o processo de formação dos sistemas hidrotermais e a origem da concentração aurífera para corroborar com o modelo mesotermal.

2 Localização da Área de Estudo

A área em estudo se localiza ao norte do Estado de Mato Grosso. Os depósitos estudados se situam próximos as cidades de Peixoto de Azevedo (depósito Paraíba e depósito Peru) e Mundo Novo (depósitos Mundo Novo e trairão). O acesso rodoviário ao depósito Paraíba faz-se a partir de Cuiabá através da MT-010 (percorrendo por volta de 94 km) e posteriormente pela rodovia BR-163 (percorrendo em torno de 567 Km), até a cidade de Peixoto de Azevedo, este percurso é completado em 675 Km (Figura 1).

3 Geologia Local

Trata-se de um conjunto de veios de quartzo, onde o corpo principal aloja-se em uma zona de cisalhamento dúctil do tipo transcorrente dextral de orientação em torno de N-S, subverticalizada com mergulhos dominantes para leste variando entre 55° e 85°; encaixa-se em monzogranitos protomiloníticos a miloníticos atribuídos à Suíte Intrusiva Matupá, gnaisses do Complexo Cuiú-Cuiú e anfibolitos foliados da Unidade Flor da Serra. Todo o conjunto foi afetado por processos de alteração hidrotermal incluindo silicificação, sericitização e potassificação, principalmente nos granitoides e carbonatização e cloritização nas rochas básicas; estes processos produziram halos de alteração com extensões irregulares podendo atingir de 1 a 30m (Tabela 1).

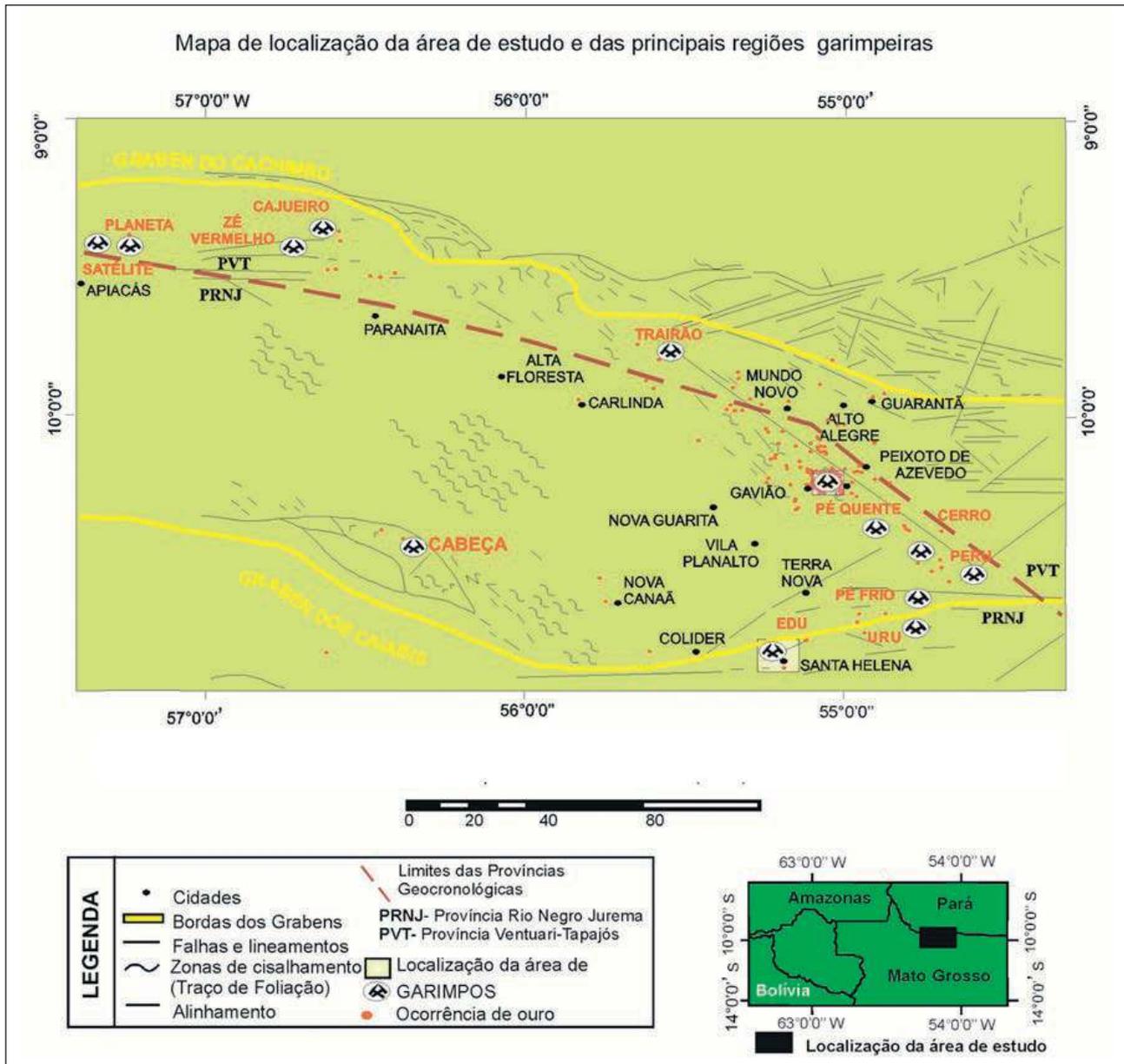


Figura 1 Mapa de localização da área de estudo e da maioria das regiões garimpeiras da Província Aurífera de Alta Floresta (PAAF) (adaptado de Barros, 2007).

O veio principal possui ampla variação nos teores de ouro e na sua espessura, variando entre 0,18 a 1,4 m e sua extensão é calculada em 1.500 m. Composto basicamente de sulfetos (pirita, calcopirita, pirrotita, calcocita, bornita, esfalerita, galena, tetraedrita, molibdenita e bismutinita) e óxidos de ferro (magnetita). A paragênese em ambiente supergênico é representada por malaquita, limonita, goethita e carbonato. São muito lenticularizados, configurando oreshots de forma tabulares. (Barros,

1994). As principais texturas observadas nos veios de quartzo incluem bandamento, laminação, fraturamento, brechação e crescimento de cristais evidenciando o processo de crack-seal na evolução da deposição da mineralização (Barros, 1994; Santos et al., 2000).

As principais litologias são os metagranitoides pertencem ao complexo Cuiú-Cuiú (Moreton & Martins, 2003), as metabásicas à Suíte Flor da Serra e os álcali-granitos são relacionados com a fácies 1 da Suíte

Nome/Localização	Mineral/Minério	Tipo	Estrutura/Textura	Geol./Estratigrafia	Alt. Hidrotermal
Paraíba/ Cooperxoto 710342E 8869532N	Au/pirita, calcopirita, calcocita, bornita, bismutinita, esfalerita, magnetita.	Filoneano, espessura entre 0,12 a 1,4 m, extensão 1.500 m.	Veio de quartzo, N-S, 35-85° E; disseminado, bandado.	Monzogranitos, Anfibólio/ Suíte Matupá – Suíte Flor da Serra.	Sericitização, carbonatação, cloritização, silicificação, potassificação.

Tabela 1 Principais características dos garimpos de ouro da Folha Vila Guarita. Fonte: Relatório da folha Vila Guarita – CPRM (Souza, 2005).

Intrusiva Matupá (Souza, 2005). É muito importante ressaltar os processos de alteração hidrotermal que afetam o conjunto de rochas do depósito. Ocorrem silicificação, sericitização e potassificação nos granitoides, carbonatação e cloritização nas rochas básicas, que produziram halos de alteração com extensões irregulares podendo atingir de 1 a 30m. (Moreton & Martins, 2003).

Os veios de quartzo mineralizados são ricos em sulfetos e encaixam-se em zonas de cisalhamento dextrais com foliação milonítica, e próximo aos contatos das zonas de cisalhamento com as encaixantes metabásicas. Os sulfetos estão presentes nos milonitos, no veio principal, nos pegmatíticos e fraturas tardias, o que denota diversas fases de deposição para o sulfeto. Deste modo, Barros (1994) interpretou como um período prolongado de circulação de fluidos, demonstrado pela presença de expressivos halos hidrotermais. Os exemplos típicos de deformações ficam por conta das zonas de cisalhamentos, quase sempre hidrotermalizadas que podem conter mineralizações de ouro, a exemplo do Filão do Paraíba.

4 Material & Métodos

Para atingir os objetivos propostos a metodologia empregada foi dividida em etapas concatenadas. São elas: separação mineral, estudos petrográficos, microscopia eletrônica de varredura, análise isotópica de chumbo e análise de isótopo estável de enxofre.

Os estudos petrográficos foram desenvolvidos com o auxílio dos microscópios petrográficos de

luz transmitida e de luz refletida do laboratório de Microscopia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (LAMIN-UERJ). Na etapa inicial deste estudo foram obtidos dados através dos microscópios petrográficos de luz transmitida e refletida, com o objetivo de caracterizar as fases minerais. Através dos estudos feitos anteriormente foram selecionadas as seções e/ou lâminas representativas dos depósitos para serem analisadas através do microscópio eletrônico de varredura (MEV) no laboratório de microscopia eletrônica de varredura da UNICAMP no Instituto de Geologia.

Amostras frescas das zonas mineralizadas, ricas em sulfetos foram coletadas para a análise isotópica de chumbo em pirita. As frações selecionadas foram trituradas em um pilão manual, e os sulfetos separados por ao olho nu e na lupa binocular, sendo possível separar grãos de sulfetos límpidos com nenhuma ou pouca inclusão de quartzo. As amostras que não foram possíveis separar ao olho nu, utilizou-se a separação densimétrica com líquido denso – bromofórmio.

Considerando que as cristalizações dos sulfetos estão relacionadas intimamente com as soluções hidrotermais e assim com a cristalização do ouro, foi através das análises isotópicas de Pb e S em pirita que foi possível caracterizar a fonte da solução hidrotermal relacionada com a cristalização dos sulfetos e dos metais raros como o ouro. As amostras foram cominuídas e peneiradas em um sistema de peneiras de diversas granulometrias (2,00mm; 1,41mm; 1,00 mm; 0,71m) a fim de separar a fase principal ou a mista de menor teor de impureza possível (ex.: contendo minerais de ganga como quartzo e feldspatos) através de catação em lupa

binocular. Nas frações mais finas (1,00-0,71mm) foi utilizado líquido denso (bromofórmio) para separação da fase de interesse (sulfetos).

A granulação e pureza das amostras determinaram os procedimentos das análises isotópicas utilizadas, dissolução total e lixiviação. Nove amostras foram pesadas e enviadas para análise nos laboratórios de Análises Isotópicas da Universidade de Brasília (UnB) e pelo Laboratório da empresa Activation Laboratories Ltd. no Canadá.

Os procedimentos laboratoriais do método Pb/Pb foram por lixiviação e teve como objetivo fazer cinco análises de cada amostra para verificar se houve crescimento dos sulfetos em fases distintas, ou em um único momento e por dissolução total com o intuito de dissolver todos os elementos acessórios que não são significantes para a análise, já que os sulfetos são os minerais de interesse. O equipamento utilizado foi um Multi-collector ICP-MS Thermo Neptune com 213 nm NewWave laser que está equipado com 9 copos Faraday, uma multiplicadora de íons na posição central, e 6 multiple ion counters (MICs), colocados acima dos copos Faraday com uma configuração que permite a análise de concentrações em ultra-traços de isótopos de Pb e U. Com o equipamento são realizadas rotineiramente análises de isótopos de U, Pb, (Th), Lu, Hf, S, e Sr, tanto em solução quanto com o sistema de laser ablation (exceto Th). Detalhes da metodologia podem ser encontrados em Pamplona (2010). Os resultados isotópicos foram refinados a partir de tabelas de cálculos baseados nos modelos de plumbotectônica (Zartman & Doe, 1981) e modelo isocrônico de Pb onde para os cálculos das idades foi utilizado o programa Isoplot/Ex versão 2 (Ludwig, 1999).

A principal técnica de análise para isótopos estáveis, no caso do enxofre no presente trabalho, é a espectrometria de massa. Atualmente são empregados espectrômetros de massas com sistema analisador de setor magnético e quadrupolar. A ionização de amostras foi feita por impacto de elétrons na espectrometria de razão isotópica (EI-MS) com amostras gasosas e com uso de plasma induzido (ICP-MS) com amostras líquidas. Os métodos de preparo de amostras para análise de isótopos estáveis (IRMS), requerem o uso de alto vácuo, devendo ser aperfeiçoados, visando a

obtenção de resultados isotópicos precisos e exatos a serem utilizados em estudos nas diferentes áreas da Ciência. Os valores são calculados comparados a um valor standard referente a Troilita do Canyon Diablo conforme observado na Equação 1:

$$(VCDT), (\delta^{34}S \text{ (‰)}) = \left(\frac{[(^{34}S/^{32}S)_{amostra} / (^{34}S/^{32}S)_{VCDT} - 1] \times 1000}{1} \right) \quad (1)$$

Os processos para obtenção dos dados isotópicos de enxofre consistem da preparação do concentrado e da seleção do mineral com o auxílio de uma lupa binocular. Os minerais, neste caso a pirita, são separados e colocados juntos em um anel plástico e este, preenchido com resina epoxy. Após seco, a área superior contendo as amostras recebe um polimento final com pasta diamantada. O local onde a amostra de epoxy é colocada pode receber mais de 03 amostradores (amostras ou amostra-padrão) e, por fim, analisado pelo método MC-ICP-MS laser ablation.

5 Petrografia Microscopia Óptica de Luz Polarizada e Eletrônica (MEV-EDS)

Deste depósito foram obtidas vinte e cinco amostras do veio mineralizado. O Filão Paraíba (Figura 2A) é representado por um veio quartzoso, de granulometria grossa, apresentando quartzo branco leitoso, com fase sulfetada disseminada em meio a matriz silicatada onde é possível notar certas partes oxidadas e alteradas, recobertas por sericita (Figura 2C). O veio é deformado e está associado à zona milonítica cuja rocha hospedeira do corpo mineralizado é representada por gnaisses de composição variada, anfíbolitos, vulcânicas básicas e granito porfírico (Figura 2B). A pirita está frequentemente fraturada, orientada, com inclusões de calcopirita ou em contato com fases minerais silicatadas, além de conter percolações de soluções de alteração e por vezes cortada por micro veios de hematita (Figura 2G). A mineralogia principal dos filões é composta por: quartzo, feldspatos, em geral plagioclásio nerítico além de microclima, pirita e calcopirita e secundariamente por sericita, carbonato, clorita e hematita, além de fases de ligas metálicas identificadas no MEV-EDS. Apresenta zoneamento composicional incipiente, com domínios enriquecidos em quartzo + sulfetos (Figura 2D) e quartzo + sulfetos + sericita (Figuras

2C e 2E). A calcopirita ocorre preenchendo fraturas e, por vezes, em contato paralelo com os grãos de pirita, sugerindo diferentes gerações de pirita (Figura 2D e 2G). Observa-se grãos milimétricos de ouro em fraturas de pirita preenchidas por quartzo (Figura 2F) ou inclusos em grãos de pirita (Figura 2H).

5.1 Imagens e Difractogramas Obtidos Através do MEV-EDS

Uma síntese das imagens obtidas pela microscopia eletrônica de varredura encontra-se representada na Figura 3 e revela o predomínio de minerais de ganga como pirita, calcopirita, quartzo, feldspato potássico, sericita e carbonatos, também observados em lâmina petrográfica em luz polarizada. Além da mineralogia principal do filão mineralizado (quartzo + pirita + calcopirita + ouro ± hematita) observa-se também ligas metálicas não estequiométricas de bismuto e telúrio (Figura 3). Outras fazes minerais foram encontradas com scheelita, ligas metálicas de Bi e Te, associação de ouro com prata. Para cada imagem gerada, foram realizados tiros de elétrons a fim de realizar análises químicas semi-quantitativas, revelando assim uma possível composição química para cada alvo permitindo assim chegar a definição do mineral e definir para cada amostra uma paragénese. Sendo assim, cada imagem será acompanhada de espectros em forma de diagramas seguida de interpretações para a possível mineralogia associada à cada composição química.

6 Resultados

6.1 Isótopos de Enxofre

Os dados de isótopos de enxofre obtidos pelo através do MC-ICP-MS laser ablation Neptune method são apresentados na Tabela 2. O dado de cada amostra representa uma média de 3 a 5 análises pontuais de laser.

Assim sendo, os resultados para o depósito Paraíba, são mostrados na Tabela 2 acima disposta seguida pela figura 4 com o intervalo composicional da % CDT. O depósito Paraíba obteve um valor mínimo para % CDT de 1,40 e valor máximo de 3,16.

6.2 Isótopos de Chumbo

A Tabela 3 apresenta os dados dos isótopos de chumbo e seus respectivos erros. Estes resultados

foram tratados a partir dos métodos de evolução do Pb (Modelo da Plumbotectônica). Comparando os resultados da análise isotópica de chumbo, para cada radioisótopo: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, percebe-se uma homogeneidade dos dados (Tabela 3) para as piritas no depósito aurífero Paraíba assim como valores anômalos. Os valores da razão $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ variam de 15,87 a 16,82; com exceção de três amostras que apresentaram valores anômalos do conjunto, sendo elas: FP-04 (17,98), FP-05L5 (17,81) e FP-50 (17,87). O mesmo ocorre com os resultados das razões $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, cujos dados variam de 15,40 a 15,53 no conjunto analisado; entretanto, cinco amostras são anômalas em relação ao conjunto e mostram valores mais elevados (15,87; 15,58; 15,85; 15,89 e 15,66 para os valores de FP-04, FP-05L5, FP-21, FP-23 e FP-50, respectivamente).

Com relação aos dados da razão $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, a situação se repete, ou seja, os resultados obtidos mostram pequena variação (35,35 a 36,73), com exceção das duas mesmas amostras (FP-50 e FP-05L5) que apresentaram os mais altos resultados: 51,06 e 51,49; respectivamente.

6.3 Modelo da Plumbotectônica

6.3.1 Uranogênico ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ x $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

Neste diagrama (Figura 5), a maioria dos pontos analíticos (dezoito dos vinte pontos) localizam-se acima e sobre a curva de evolução do Pb da crosta continental superior apresentando-se segundo um trend.

6.3.2 Toriogênico ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ x $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

No segundo diagrama (Figura 6), os pontos analíticos encontram-se dispersos por todos os ambientes, não sendo possível estabelecer um ambiente de participação, a não ser indicando que o mesmo ocorreu por conta de todos os ambientes.

6.3.3 Idades Isocrônicas de Pb/Pb

Dos vinte resultados obtidos para a análise isocrônica de cada uma das amostras anteriormente listadas (Tabela 3), apenas oito foram usadas para

O Filão Paraíba e a Província Aurífera de Alta Floresta
(SW do Cráton Amazônico): Dados Petrográficos e Isotópicos de Pb e S em Pirita do Veio Mineralizado
Anderson Costa dos Santos; Mauro César Geraldes; Werlem Holanda dos Santos & Laís de Oliveira Ferreira

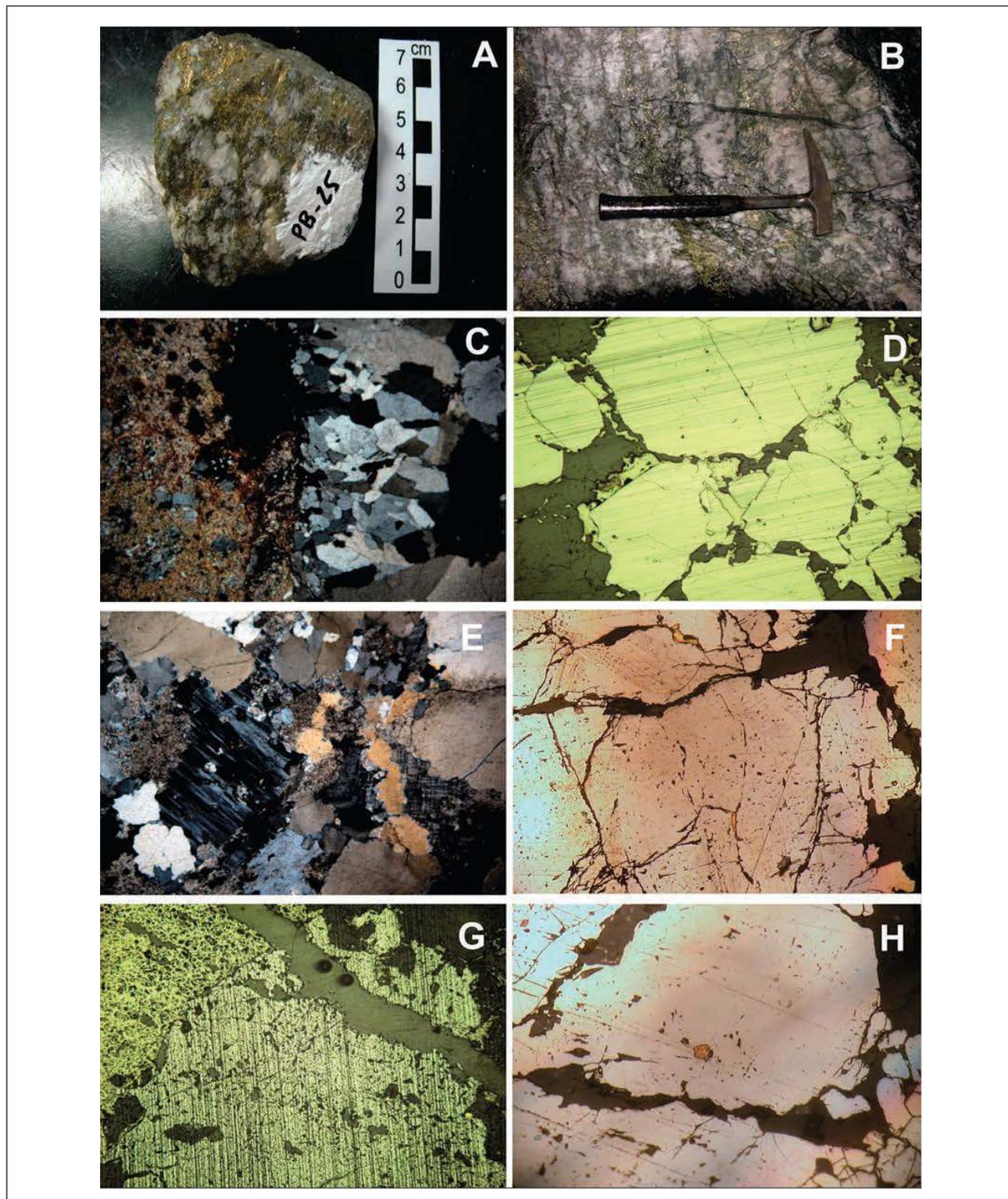


Figura 2 Fotomicrografias obtidas através do microscópio petrográfico de luz refletida e luz polarizada, referentes ao Depósito do Filão do Paraíba (Figuras A-E e G). Figuras F e H são representativas da aparição de ouro associada a fase sulfetada na Província Alta Floresta (exemplo do depósito Santa Helena - Pamplona, 2010) uma vez que no depósito Paraíba a observação do ouro em microscópio petrográfico não foi possível.

**O Filão Paraíba e a Província Aurífera de Alta Floresta
(SW do Cráton Amazônico): Dados Petrográficos e Isotópicos de Pb e S em Pirita do Veio Mineralizado**
Anderson Costa dos Santos; Mauro César Geraldes; Werlem Holanda dos Santos & Laís de Oliveira Ferreira

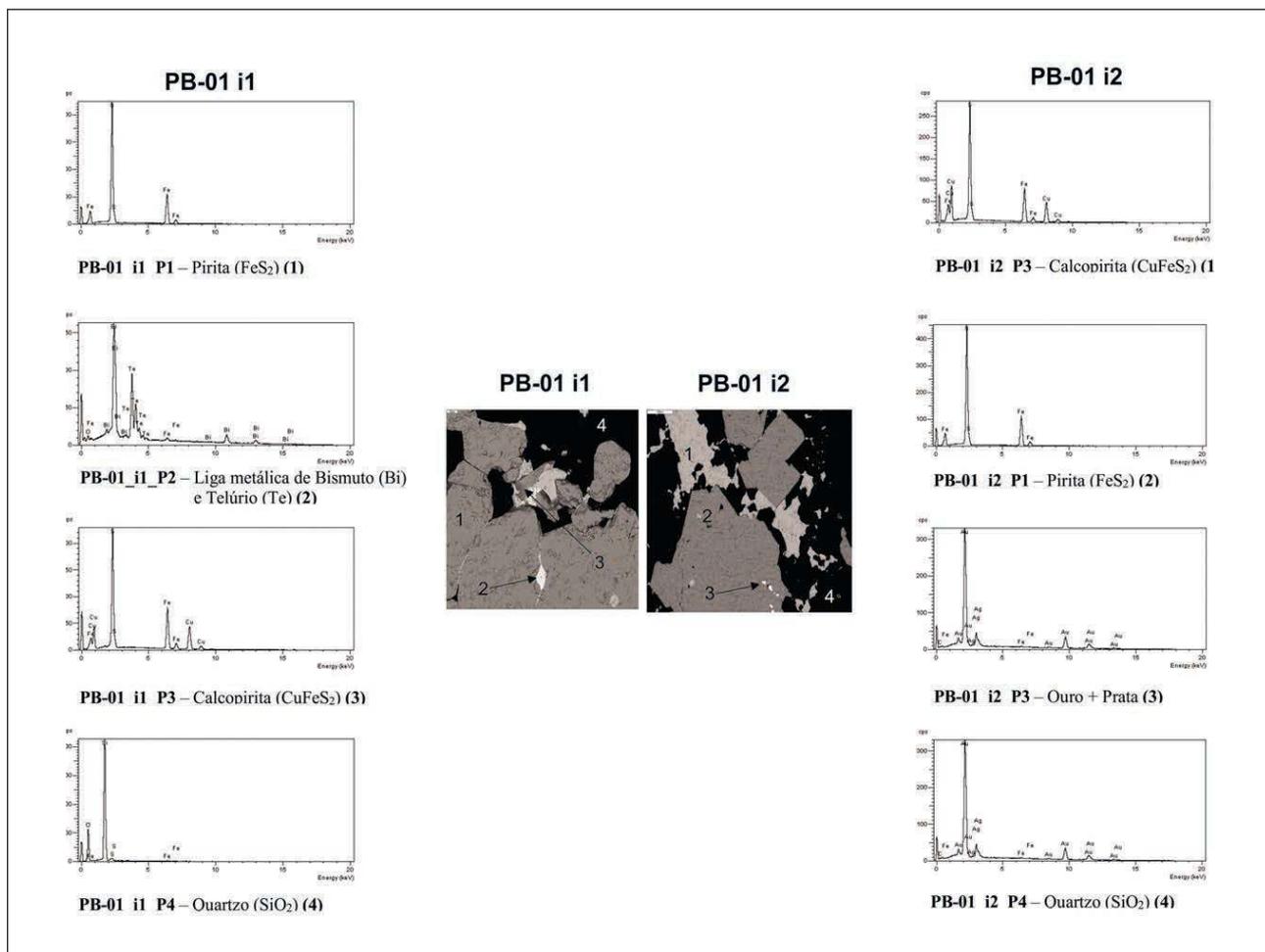


Figura 3 Fotomicrografias obtidas através do microscópio eletrônico de varredura (MEV) referentes ao depósito do Filão Paraíba e os respectivos difratogramas de cada ponto aostrado na imagem.

Paraíba	%CDT (range)
FP-05	1,87 / 2,08
FP-27A	1,40 / 2,03
FP-55	2,21 / 3,16
FP-61	2,54 / 2,74
FP-62	2,17 / 2,63
FP-64	1,95 / 2,73

Tabela 2 Dados isotópicos obtidos da pirita para o depósito Paraíba.

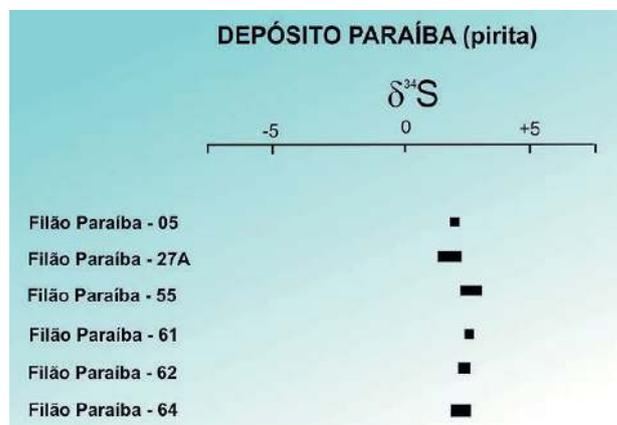


Figura 4 Range dos valores isotópicos de enxofre em pirita para cada uma das 06 amostras analisadas.

**O Filão Paraíba e a Província Aurífera de Alta Floresta
(SW do Cráton Amazônico): Dados Petrográficos e Isotópicos de Pb e S em Pirita do Veio Mineralizado**
Anderson Costa dos Santos; Mauro César Geraldes; Werlem Holanda dos Santos & Lais de Oliveira Ferreira

Amostras	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro (%)	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro (%)	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Erro (%)
FP- 27B	15,87	0,02690	15,40	0,02780	35,35	0,02900
FP – 50	17,87	0,05350	15,66	0,05850	51,49	0,05340
FP – 45	15,92	0,03290	15,45	0,03680	35,45	0,03530
FP – 02L1	16,04	0,01450	15,45	0,01380	35,49	0,01340
FP – 02L2	16,01	0,00790	15,45	0,00790	35,63	0,00770
FP – 02L3	16,13	0,01300	15,51	0,01330	35,76	0,01300
FP – 02L4	15,99	0,01020	15,48	0,01020	35,60	0,00960
FP – 02L5	15,97	0,01600	15,46	0,01610	35,51	0,01600
FP – 02	15,91	0,06120	15,46	0,04790	35,45	0,06310
FP – 57L1	15,96	0,01430	15,46	0,01300	35,64	0,01330
FP – 57L2	15,96	0,01960	15,47	0,01970	35,81	0,01900
FP – 57L3	15,96	0,00950	15,44	0,00930	35,67	0,00960
FP – 57L4	15,91	0,00810	15,44	0,00860	35,46	0,00810
FP – 57L5	16,21	0,09810	15,50	0,10220	37,20	0,10540
FP – 05L1	16,04	0,01380	15,46	0,01390	36,01	0,01400
FP – 05L2	16,14	0,02060	15,52	0,01970	36,55	0,01870
FP – 05L3	16,20	0,01508	15,53	0,02520	36,51	0,05100
FP – 05L4	15,95	0,01410	15,45	0,01450	35,64	0,01470
FP – 05L5	17,81	0,07030	15,58	0,07670	51,06	0,07650
FP – 05L6	15,88	0,00720	15,45	0,00750	35,49	0,00780
FP – 04*	17,98		15,87		36,28	
FP – 21*	16,82		15,84901		36,73	
FP – 23*	16,71		15,89461		36,50	

Tabela 3 Dados isotópicos de chumbo e seus respectivos erros do depósito aurífero Paraíba. *Os respectivos erros não estavam inclusos nos resultados do laboratório.

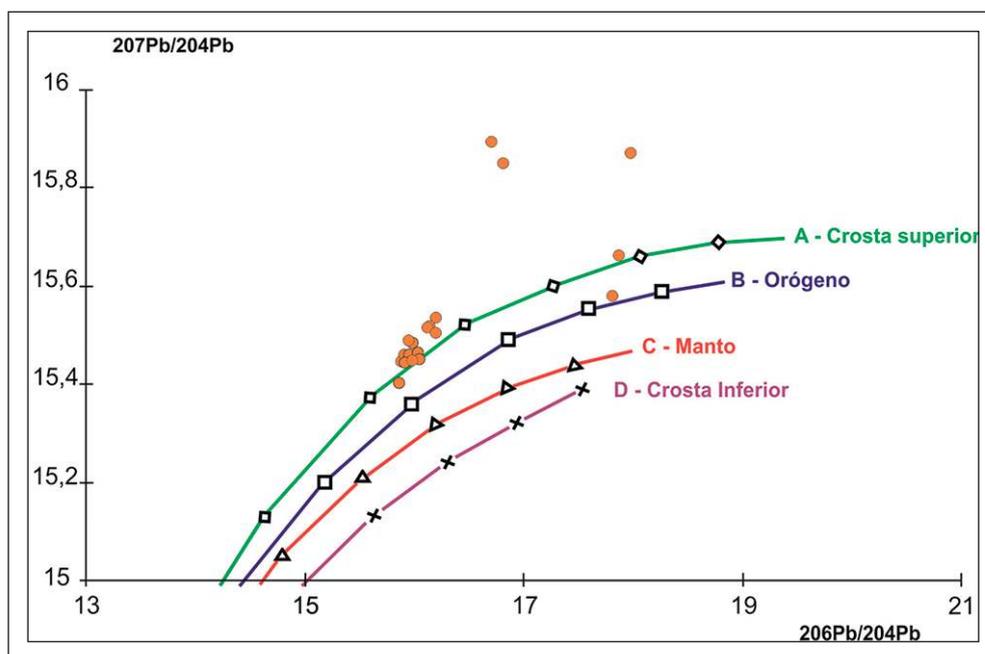
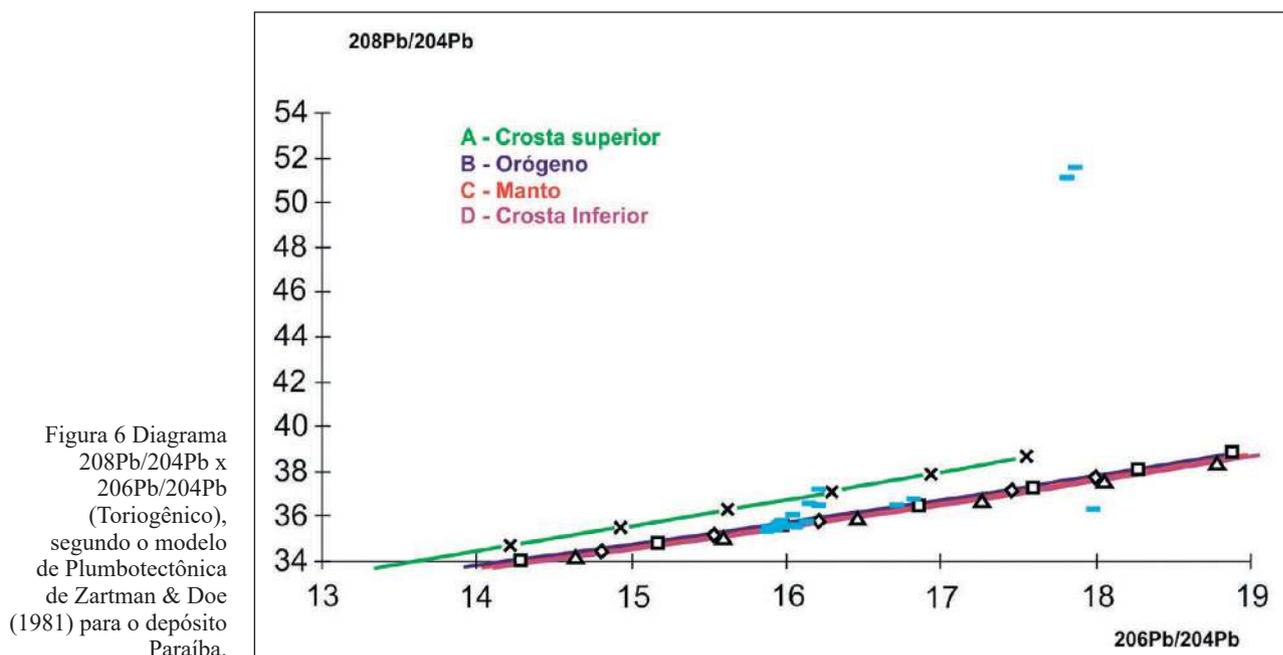


Figura 5 Diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ x $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Uranogênico), segundo o modelo de Plumbotectônica de Zartman & Doe (1981) para o depósito Paraíba.



estabelecer a idade isocrônica. São elas: FP-02 (L1 e L2); FP-05 (L1 e L2); FP-50 e FP-57 (L1, L2, L3). As amostras de piritas do depósito Paraíba apresentam idade isocrônica (Figura 7) de 1814 ± 22 Ma (2s) e MSWD = 1,6; sendo utilizado os valores isotópicos de chumbo de oito amostras (acima descritas).

7 Discussão

O conhecimento das principais unidades litoestratigráficas e suas relações com os veios de

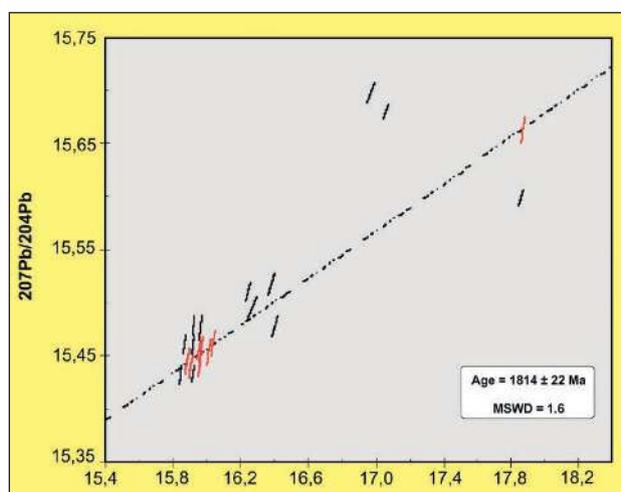


Figura 7 Idade isocrônica das piritas no depósito Paraíba (oito determinações), calculada através do programa Isoplot/Ex versão 2. Os traços vermelhos correspondem às determinações utilizadas para o cálculo da idade isocrônica, e os traços pretos, não.

quartzo mineralizados, além do estudo de isótopos de enxofre e de chumbo para o Depósito do Paraíba permitiram esboçar um modelo para a evolução do depósito Paraíba.

As informações provenientes da análise dos isótopos de enxofre (valor mínimo para % CDT 1,40 e valor máximo de 3,16) nas piritas do depósito Paraíba permitiram prever sua origem proveniente de fontes mantélicas ao se comparar com ranges similares conhecidos na literatura clássica.

No diagrama uranogênico (Figura 6), a maioria dos pontos analíticos (dezoito dos vinte pontos) localizam-se acima e sobre a curva de evolução do Pb da crosta continental superior apresentando-se segundo um trend, sugerindo assim uma mistura de fontes distintas para a geração dos sulfetos, sendo predominantemente de origem crustal superior com influência mantélica.

As análises metalográficas das seções polidas do depósito Paraíba auxiliaram na compreensão da relação entre mineralizações x minerais de minério.

O estágio inicial é caracterizado pela paragênese Quartzo G1 (primeira geração) + sulfetos (pirita + calcopirita) + ouro e prata associada + feldspatos, onde ocorreu o principal momento de mineralização (Figuras 2F e 3). O segundo estágio é marcado pela

presença de quartzo + sulfetos disseminados (pirita + calcopirita) + sericita + óxidos. A pirita ocorre em equilíbrio com a calcopirita além de conter inclusões de ouro, como indicado nas Figuras 3D e 2F. O terceiro, e aparentemente o último estágio, é marcado por uma nova percolação de quartzo em meio às fraturas de sulfetos além da presença das ligas metálicas de bismuto e telúrio, além de micro veios de hematita truncando todas as fases minerais anteriormente citadas (Figura 3). Além dos minerais citados, é encontrado ainda pirita + calcopirita inseridas em uma matriz carbonática contendo grãos anédricos de magnetita e grãos arredondados de scheelita (Figura 3) e forte alteração potássica (Figura 2C e 2E).

De acordo com as observações estimou-se uma evolução da paragênese para o dado depósito (Figura 8).

A idade isocrônica Paleoproterozoica deste depósito, é muito similar com a idade dos granitoides contidos na Suíte Intrusiva Matupá (1872 ± 7 Ma; Moura, 1998), o que suporta a associação dos valores de σ 34S nas análises da pirita do veio mineralizado, como proveniente de fonte magmática e onde são descritas a importância das rochas (conceito ampliado por Moreton & Martins (2003), cuja renomeação para Suíte Intrusiva Matupá caracteriza um agrupamento de diversos corpos graníticos representados por

quatro fácies distintas) desta suíte por possuir mineralizações de ouro em veios de quartzo e tipo pórfiro (disseminados/stockwork), indicando uma proximidade temporal entre o evento magmático e a gênese do depósito.

8 Conclusões

Os sulfetos estão presentes nos milonitos, no veio principal, nos pegmatíticos e fraturas tardias, o que denota diversas fases de deposição para o sulfeto. Deste modo, Barros (1994) interpretou como um período prolongado de circulação de fluidos, demonstrado pela presença de expressivos halos hidrotermais. Ao comparar o depósito Paraíba com depósitos conhecidos (e.g., Santa Helena e Novo Mundo) nota-se que possuem uma associação parecida de Au-Cu-Bi-Te e teriam suas gêneses relacionadas a origem mais profunda (não-epitermal) (Assis, 2008). As análises em sulfetos dos depósitos do tipo cu-pórfiro bem como aquelas realizadas em rochas reservatórias contendo isótopos naturais de enxofre, têm uma variação similar com as fontes vulcânicas (Kerridge et al., 1983). Outros exemplos de depósitos bem conhecidos no mundo com composição isotópica similar ao depósito Paraíba são os depósitos de Mineral Park, Arizona, Estados Unidos, como citado por Rye & Ohmoto (1979).



Figura 8 Evolução Estimada da paragênese mineral do depósito Paraíba – PAAF.

Assim sendo, estudos mais aprimorados foram e têm sido levantados sobre a Província Aurífera da Alta Floresta (MT) que a insere em um contexto tectônico favorável a presença de acumulações muito maiores de ouro, com isso, reforça a importância de elaborar uma atividade de pesquisa a fim de confirmar o pressuposto. O link entre o magmatismo e a gênese dos sulfetos no Distrito de Peixoto de Azevedo e a mineralização em ouro definem uma importante ferramenta para a prospecção deste bem mineral.

9 Referências

- Assis, R.R. 2008. *Contexto geológico e associação paragenética das mineralizações auríferas de União do Norte, região de Peixoto de Azevedo, Província de Alta Floresta (MT)*. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Trabalho de Conclusão de Curso, 81p.
- Barros, A.J.P. 2007. *Granitos da região de Peixoto de Azevedo – Novo Mundo e mineralizações auríferas relacionadas – Província Aurífera Alta Floresta (MT)*. Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado, 154p.
- Barros, A.J.P. 1994. Contribuição a geologia e controle das mineralizações auríferas da região de Peixoto de Azevedo - MT. Programa de Pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 161p.
- Kerridge, J.F.; Haymon, R.M. & Kastner, M. 1983. Sulfur isotope systematics at the 21°N site, East Pacific Rise. *Earth and Planetary Science Letters*, 66: 91–100.
- Lacerda-Filho, J.V.; Abreu-Filho, W.; Valente, C.R.; Oliveira, C.C. & Albuquerque, M.C. 2004. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso*. Escala 1:1.000.000. Goiânia. CPRM. CD-ROM.
- Lacerda-Filho, J.V.; Souza, J.O.; Oliveira, C.C.; Ribeiro, P.S.; Boas, P.F.V.; Albuquerque, M.C.; Pimentel, M.M. & Botelho, N.F. 2001. Geologia e evolução tectônica da região norte de Mato Grosso-Projeto Alta Floresta. In: VII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, VII, Belém, 2001. *Resumos expandidos*, Belém, SBG Núcleo Norte, p. 3-6. CD-ROM.
- Ludwig, K.R. 1999. Using Isoplot/Ex version 2, a geochronological toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronological Special Publications*, 1(a):1-47.
- Moreton, L.C. & Martins, E.G. 2003. *Geologia e Recursos Minerais de Alta Floresta*. Vila Guarita. Escala 1:250.000. Brasília, Serviço Geológico do Brasil, CPRM, 68 p.
- Moura, M.A. 1998. *O Maciço Granítico Matupá e o Depósito de Ouro Serrinha (MT): Petrologia, Alteração hidrotermal e Metalogenia*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 238p.
- Pamplona, M.D. 2010. *Caracterização petrográfica e de isótopos de chumbo dos depósitos auríferos da região Colider-Alta Floresta (MT)*. Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 94p.
- Rye, R.O. & Ohmoto, H. 1974. Sulfur and Carbon isotopes and Ore Deposits: A Review. *Economic Geology*, 69: 826-842.
- Santos, J.O.S.; Groves, D.I.; Hartmann, L.A.; Moura, M.A. & McNaughton, N.J. 2001. Gold deposits, of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, 36: 278-299.
- Santos, J.O.; Hartman, L.A.; Gaudette, H.E.; Groves, D.I.; McNaughton, N. & Fletcher, I.R. 2000. New understanding of the provinces of the Amazon craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, 3(4): 453-488.
- Souza, J.O. 2005. *Geologia e Recursos Minerais da Província Mineral Alta Floresta: relatório Integrado. Folhas SC.21-V-D, Rio São João da Barra; SC.21-X-C, Alta Floresta; SC.21-Z-A, Ilha 24 de Maio; SC.21-Z-B, Vila Guarita, Estado de Mato Grosso e do Pará*. Brasília: CPRM, Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil-PLGB. CD- ROM.
- Zartman, R.E. & Doe, B.R. 1981. Plumbotectonics-the model. *Tectonophysics*, 75(1-2): 135-162.