

ALTERAÇÃO HIDROTERMAL E FONTE DOS FLUIDOS MINERALIZANTES DO OURO NO GARIMPO DO PAPAGAIO, PROVÍNCIA AURÍFERA DE ALTA FLORESTA (MT)

Marcelo Garcia Galé¹, Paulo César Corrêa da Costa², Rafael Rodrigues de Assis³, Caetano Juliani⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, IGc-USP

²Departamento de Recursos Minerais, ICET-UFMT,

³Departamento de Petrologia e Metalogenia, IGCE-UNESP

⁴Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, IGc-USP

INTRODUÇÃO

O Garimpo do Papagaio localiza-se no Cráton Amazônico, na porção sul da província geocronológica Ventuari-Tapajós, nas proximidades do limite com a província Rio Negro-Juruena, de acordo com o modelo de Tassinari & Macambira (2004). Segundo esses autores, a província Ventuari-Tapajós seria constituída predominantemente por rochas plutono-vulcânicas (Fig. 1) geradas em arcos magmáticos insulares que se desenvolveram e se amalgaram no Paleoproterozóico. A região do garimpo é também comumente considerada como parte da Província Aurífera de Alta Floresta (PAAF), definida como um terreno com mais de 500 km de comprimento estruturalmente orientado segundo W-NW.

Silva & Abram (2008) descreveram as mineralizações de ouro do Garimpo do Papagaio como hospedadas em andesitos e dacitos porfiríticos cinzas, com fenocristais de plagioclásio e matriz com plagioclásio, quartzo, biotita e agregados de magnetita. Galé *et al.* (2015a) classificaram quimicamente essas rochas como cálcio-alcalinas de alto potássio, metaluminosas a peraluminosas, com composições semelhantes às de granitos do Tipo I. Esses autores obtiveram idades U-Pb de $1.781,4 \pm 7,5$ Ma para essas rochas, o que permitiu correlacioná-las com as rochas da Suíte Colíder.

A mineralização aurífera é formada predominantemente por veios de quartzo sulfetados verticais, paralelos, orientados segundo $\sim N40^\circ E$, com pirita (5-70%), esfalerita (3-50%), calcopirita (5-30%) e covelita ($\sim 1\%$) e, subordinadamente, por zonas menores de *stockworks*. Os veios apresentam espessuras variando de 1 a 50 centímetros e espaçamento médio de 100 metros. Um segundo sistema, menos frequente, também vertical, orienta-se perpendicularmente ao anterior ($\sim N50^\circ W$), com veios com espessuras entre 1 a 10 centímetros (Galé *et al.*, 2015b). Entretanto, nestes não foram verificadas atividades garimpeiras, o que sugere ausência de mineralização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os seguintes procedimentos foram utilizados no desenvolvimento desses estudos: (i) mapeamento geológico na escala 1:25.000; (ii) caracterização petrográfica das rochas e das alterações hidrotermais; (iii) estudos petrográficos de inclusões fluidas em quartzo de veios utilizando-se dos critérios de Bodnar (2003) (iv) microtermometria em inclusões fluidas.

As inclusões fluidas foram estudadas em três amostras de quartzo de veios mineralizados. Nessas foram caracterizadas as populações, a distribuição das inclusões e os tipos dos fluidos de cada conjunto. Os estudos petrográficos e microtermométricos das inclusões fluidas foram feitos no Laboratório de Inclusões Fluidas do Instituto de Geociências (IG) da Unicamp, com o uso de uma platina de aquecimento/resfriamento LINKAM THMSG600 adaptada a um microscópio LEICA® DMLP. A calibração foi feita com inclusões sintéticas aquo-salinas e aquo-carbônicas da SYN FLINC.

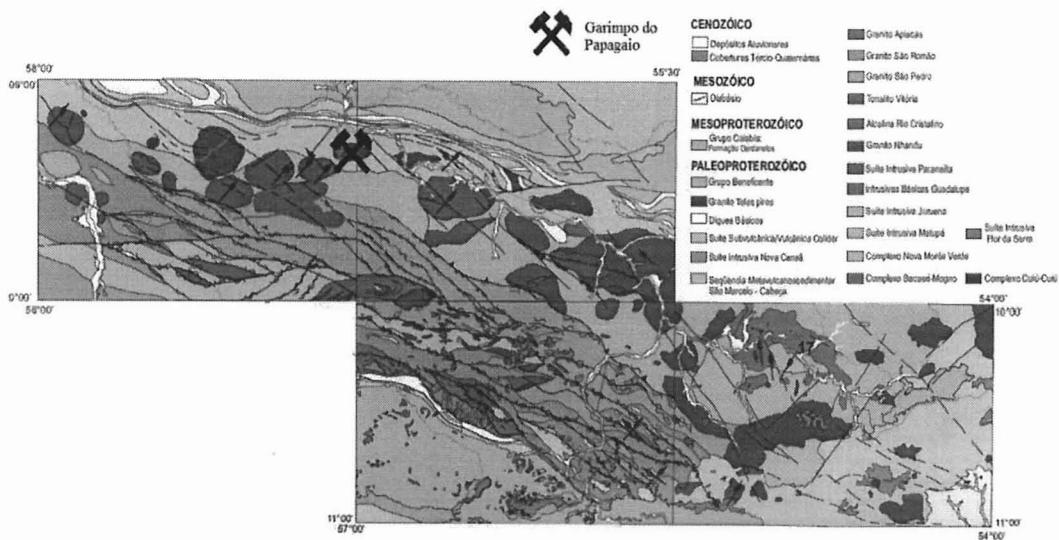


Figura 1 – Mapa geológico integrado da PAAF, com a localização do Garimpo do Papagaio. (Modificado de Souza *et al.*, 2005).

RESULTADOS

A alteração hidrotermal afetou generalizadamente as rochas no Garimpo do Papagaio, mas em intensidade variada, se concentrando particularmente nas bordas dos veios mineralizados. Foi reconhecido um metassomatismo potássico inicial em estilo pervasivo, representado pela associação microclínio \pm biotita \pm quartzo \pm sulfetos, onde o feldspato potássico hidrotermal confere tonalidades avermelhadas características às rochas. O feldspato hidrotermal substituiu preferencialmente o plagioclásio ígneo, parcial ou completamente. Seguiu-se um estágio de alteração sericítica pervasiva a fissural, concentrada nas salbandas dos veios, representada pela paragênese sericita + muscovita + pirita (QSP), que altera as tonalidades das rochas para acinzentadas. Também verificou-se uma alteração pervasiva de temperatura relativamente alta, representada pela associação actinolita + epidoto + clorita \pm sericita \pm carbonatos \pm apatita. Essa alteração, de intensidade fraca e tardia, é verificada regionalmente. Tipicamente substituiu os núcleos mais cárquicos do plagioclásio e os feldspatos potássicos ígneos e hidrotermais.

No quartzo dos veios mineralizados foram identificados, com base no número de fases observadas à temperatura ambiente (25°C), três grupos de inclusões fluidas (IFs). Composicionalmente as IFs foram agrupadas em: **Tipo I** - inclusões aquo-carbônicas, com ocorrência restrita de sais; **Tipo II** - aquosas bifásicas (L + V); **Tipo III** - aquosas tri- à multifásicas (L + V + S), com sólidos com índices de refração semelhantes aos do quartzo hospedeiro, sugerindo serem cristais de saturação de halita. Em menor proporção foram também observadas IFs monofásicas, preenchidas possivelmente apenas por H_2O líquido, que ocorrem juntamente com as IFs dos tipos II e III. Inclusões fluidas carbônicas também estão presentes em número reduzido no grupo I.

As IFs de todos os grupos apresentaram formas arredondadas a irregulares e não excedem $12\text{ }\mu\text{m}$ de comprimento. As do Tipo III são mais frequentes e ocorrem associadas com as inclusões do Tipo II, configurando "nuvens" isoladas ou trilhas pseudo-secundárias (Fig. 2A). As IFs de ambos os grupos tem grau de preenchimento da fase volátil homogêneo (10 a 30%). As IFs do Tipo I são primárias, ocorrem preferencialmente em conjuntos isoladas e raramente coexistem com as dos tipos II e III. Porém, quando coexistem, exibem feições de estrangulamento (*necking down*) (Fig. 2B). O grau de preenchimento é bastante heterogêneo, variando de 20 a 90% do volume total da inclusão, com moda entre 50 e 70%. As IFs do Tipo III podem conter mais de um cristal de saturação, de hábitos cúbico e acicular, os quais

podem preencher de 2 a 70% do volume total da inclusão (Fig. 2C).

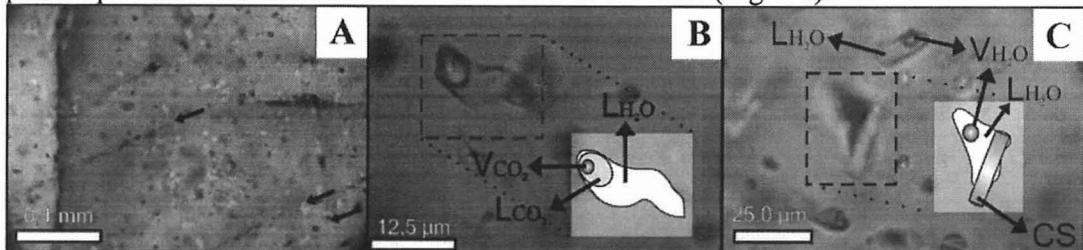


Figura 2 – Fotomicrografias de distribuição e detalhe dos tipos de IFs em quartzo dos veios mineralizados. A) Inclusões dos tipos II e III, distribuídas em formas de "nuvens" e trilhas pseudo-secundárias (setas). B) Inclusão do Tipo I, com aproximadamente 20% de preenchimento em CO_2 . C) Detalhe das inclusões dos tipos II e III, com as fases líquida (L) e volátil (V) e com os cristais de saturação (CS).

A temperatura de fusão da fase carbônica das inclusões do Tipo I variou de $-59,2$ a $-56,2$ °C, porém, com maior concentração dos valores entre $-56,6$ a $-56,4$ °C. Essas temperaturas indicam que a fase volátil dessas inclusões é constituída apenas por CO_2 , sem outros voláteis, como o N_2 e/ou CH_4 , os quais provocariam um abaixamento do ponto triplo do CO_2 ($-56,6$ °C). Houve a nucleação de clatrato durante o resfriamento das inclusões, o qual apresentou temperaturas de dissolução entre $6,1$ a $8,8$ °C, representativas, portanto, de baixas salinidades (2,4% a 7,2% em peso equivalente de NaCl). A homogeneização do CO_2 predominantemente para a fase líquida (86,5% dos casos) ocorreu no intervalo de $18,9$ a $30,9$ °C, com moda em torno dos $29,0$ °C. Não foi possível a obtenção das temperaturas de homogeneização total para esse grupo de inclusões, devido à crepitação a partir dos 325 °C.

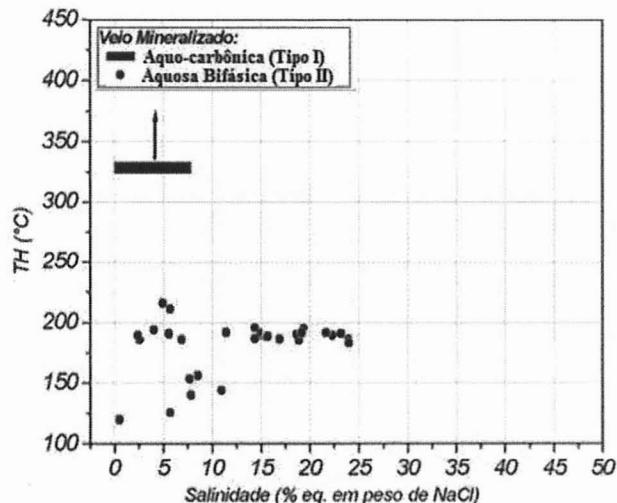


Figura 3 - Correlação entre temperatura de homogeneização total das inclusões (TH) e salinidade (% em peso equivalente de NaCl), para as inclusões descritas no quartzo dos veios mineralizados do Garimpo do Papagaio.

A microtermometria indicou que as inclusões do Tipo II exibem dois padrões de temperaturas para o ponto eutético: um entre $-68,2$ e $-58,9$ °C e outro mais representativo (89,5 % dos casos), entre $-43,5$ a $-20,4$ °C, com uma moda em $35,0$ °C. Em alguns cristais ocorreu a formação de hidrohalita, da qual se obteve temperaturas de dissolução entre $-28,1$ a $-18,2$ °C. A temperatura de fusão do gelo varia de $-22,5$ a 0 °C, o que demonstra salinidade baixa a moderada, entre 0,5 a 24,0 % em peso equivalente em NaCl . A temperatura de homogeneização total variou de $115,1$ a $216,2$ °C.

A temperatura do ponto eutético para as inclusões do Tipo III se mostram muito variadas ($-64,9$ a $-28,3$ °C) e também ocorreu a formação de hidrohalita, que apresentou temperaturas de dissolução mais homogêneas ($-26,7$ a $-24,4$ °C). Não foi possível obter valores de temperaturas de homogeneização total e fusão do gelo para as inclusões desse tipo,

provavelmente devido à saturação em sais.

CONCLUSÕES

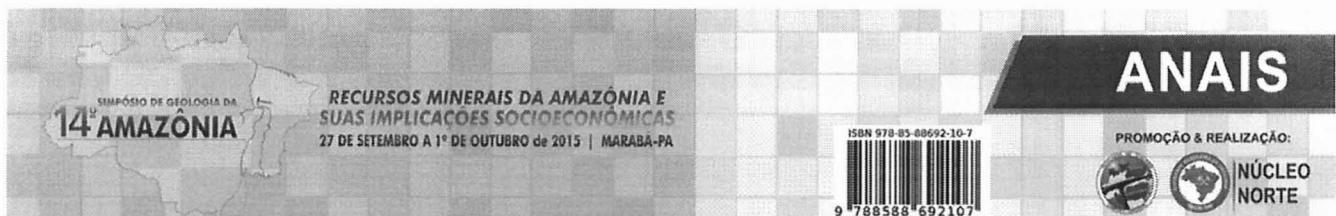
A variação nas dimensões das IFs, aliada à alta quantidade de cristais de saturação (aprisionamento acidental) nas inclusões do Tipo III não permitem confiabilidade quanto aos dados microtermométricos obtidos e, portanto, impossibilita estimativas dos reais parâmetros físico-químicos deste fluido. As inclusões do tipo I e II comprovam a existência de ao menos dois tipos de fluidos, o primeiro, aquo-carbônico (Tipo I), de alta temperatura e baixa salinidade, com grande variação no grau de preenchimento do CO₂ (imiscibilidade?), possivelmente proveniente de zonas de transição entre profundidades mesotermais/plutônicas e de ambiente do tipo pórfiro (> 5km) (Sinclair, 2007). O segundo, um fluido aquoso de menor temperatura e maior salinidade (Tipo II), de origem ainda desconhecida (Fig. 3). Uma possível interação entre esses dois fluidos pode ser responsável por mudanças nas condições físico-químicas e, consequentemente, poderia ter implicado na precipitação do seu conteúdo metalífero. Nesse contexto, a colocação de corpos sub-vulcânicos pode ter sido essencial na gênese da mineralização aurífera do Papagaio, pois teria servido como fonte de calor, fluido e metais para a instalação de um sistema magmático-hidrotermal local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor Dr. Roberto Perez Xavier e ao IG-Unicamp pelo auxílio na aquisição e interpretação de dados de inclusões fluidas. Também agradecem ao INCT- Geociam (Proc.: 573733/2008-2) - MCT/CNPq/FAPESPA/PETROBRÁS, CT-Mineral/MCT/CNPq (Proc.: 550342/2011-7), CAPES PROCAD 68/2010 nº 23038.000675/2010-15 e a GEOMIN Geologia e Mineração Ltda pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bodnar R.J., 2003. Introduction to fluid inclusions. In I. Samson, A. Anderson, & D. Marshall, eds. *Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation*. Mineral. Assoc. Canada, Short Course 32, 1-8
- Galé M. G., Corrêa da Costa P. C., Pinho F. E. C., Barros M. A. S., Juliani C.; 2015a. Vulcânicas Hospedeiras da Mineralização de Ouro do Garimpo do Papagaio, Província Aurífera de Alta Floresta (MT): Litogeocímica e Idades., XV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos IX International Symposium On Tectonics, anais, Vitória-ES.
- Galé M. G., Corrêa da Costa P. C., Pinho F. E. C., Barbosa E. S., Juliani C.; 2015b. Caracterização Estrutural de Fraturas e Veios de Quartzo do Garimpo do Papagaio, Província Aurífera de Alta Floresta (MT), XV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos IX International Symposium On Tectonics, anais, Vitória-ES
- Silva M.G. & Abram M.B. 2008. Projeto Metalogenia da Província Aurífera Juruena–Teles Pires, Mato Grosso. Goiânia, Serviço Geológico Brasileiro, CPRM, 212 p.
- Sinclair W.D. 2007. Porphyry deposits. In: Goodfellow, W.D. (ed.). *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, p. 223-243.
- Souza J.P., Frasca A.A.S., Oliveira C.C. 2005. Geologia e Recursos Minerais da Província Mineral de Alta Floresta. Relatório Integrado. Brasília, Serviço Geológico Brasileiro, CPRM, 164p.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito Neves B.B. (Eds.) *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, p. 471-485.



PATROCINADORES:



ANAI
S
PROMOÇÃO & REALIZAÇÃO:
NÚCLEO
NORTE

APOIO:



UNIFESSPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDOESTE DO PARÁ



Prefeitura
de Marabá



Organização do CD:
Débora Nascimento da Silva
Jorge Luis Sousa Rocha
Ralane da Silva Sousa