

MINERALIZAÇÕES DE OURO E METAIS DE BASE HOSPEDADAS EM DOMOS DE RIOLITO NA REGIÃO DE NOVO PROGRESSO (PA)

Cláudia do Couto Tokashiki¹ (claudiatokashiki@usp.br), Caetano Juliani¹ (cjuliani@usp.br),
Lena V. S. Monteiro¹ (lana.monteiro@usp.br), Carlos Mario Echeverri-Misas¹ (carlosma99@yahoo.com),
Maria Alexandra Aguja-Bocanegra¹ (maagujab@gmail.com),
Leonardo Brito Arrais² (leorarraescha@hotmail.com).

¹ Instituto de Geociências - USP, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia/Geoquímica e Geotectônica, INCT - Geociam; ² Chapleau Resources Ltd/Magellan Minerals Ltd.

INTRODUÇÃO

A mineralização estudada se localiza na porção sul da Província Mineral do Tapajós (PMT), onde afloram rochas vulcânicas e vulcanoclásticas paleoproterozóicas originalmente atribuídas ao Grupo Uatumã (Pessoa *et al.* 1977), formado há ca. 1,88 Ga. Alguns estudos, entretanto, tem demonstrado que esse vulcanismo intermediário a ácido foi mais complexo, tendo gerado em diversos eventos entre 2,0 e 1,87 Ga (Lamarão *et al.* 2002, Juliani *et al.* 2013, Aguja 2013, Tokashiki 2015, Tokashiki *et al.* (no prelo)).

Ao evento de ca. 1,88 Ga, Juliani *et al.* (2005) identificaram uma mineralização epitermal *high-sulfidation* e assim consideram ser essa a época de formação das mineralizações magmáticas-hidrotermais na PMT. Entretanto, Tokashiki (2015) e Tokashiki *et al.* (no prelo) demonstraram a existência de mineralizações epitermais *low-* e *intermediate-sulfidation* hospedadas em vulcânicas de ca. 1,97 Ga, aqui apresentadas.

CONTEXTO GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

Destacam-se na área dois conjuntos de riolitos, quais sejam: a) Riolito I, de cor negra e, comumente, fluxo ígneo e intercalações de tufos e brechas. A alteração hidrotermal nessas rochas foi caracterizadas como uma propilitização nas partes mais distais da mineralização e uma alteração sericítica pervasiva a fissural nas zonas proximais; b) Riolito II, de cor marrom-avermelhado, frequentemente com esferulitos e *lithophysae*, com orientação por fluxo magmático e brechas hidrotermais e tectônicas. Intercalam-se rochas vulcanoclásticas e são comuns brechas e aglomerados vulcânicos, *lapilli*-tufos, tufos, depósitos de fluxo de detritos e sedimentos epiclásticos. Esses riolitos apresentam metassomatismo potássico, seguido por biotização local e sericitização junto às mineralizações. Alteração argílica e carbonatização fissural com vênulas de carbonatos manganíferos ocorrem tanto nas vulcânicas quanto nas vulcanoclásticas e nas partes mais distais verifica-se também alterações propilíticas. Ambos riolitos compõem domos e diques, e menos frequentemente, pequenos derrames.

Granitos subvulcânicos granofíricos róseo-avermelhados e com cavidades miarolíticas são intrusivos nas vulcânicas e, por vezes, são cortados por diques de riolitos. Esses apresentam metassomatismo potássico e alteração sericítica fraca a moderada. Pórfiros de composição dacítica, riódacítica ou riolítica, frequentemente com xenólitos de rochas máficas formam diques e *stocks* com metassomatismo potássico, alteração propilítica, sericítica fissural e argilização muito mais restrita.

Diversos granitoides se associam e compõem o embasamento das vulcânicas. Os mais antigos são granitos cinza de granulação média, cortados por granitos finos róseos, com textura aplítica. Afloramentos menores de granodioritos faneríticos com granulação grossa a porfíricos foram observados junto às vulcânicas. Essas rochas apresentam alteração hidrotermal fraca a incipiente, incluindo metassomatismo potássico, sericitização, propilitização e silicificação local, além de vênulas de quartzo com sulfetos.

GEOQUÍMICA

Os granitoides plotam no diagramas TAS no campo dos granitos, enquanto que os pórfiros se situam no campo dos quartzo monzonitos (Fig. 1A). As rochas vulcânicas são predominantemente riolitos, com uma amostra de traquidacito (Fig. 1B). Os granitos são cálcio-alcálico a álcali-cálcicos, enquanto os pórfiros são predominantemente alcalinos (Fig. 1C). O conjunto das rochas têm composições compatíveis com granitos de arcos vulcânicos com evolução para granitos de intraplaca, além de alguns sin-colisionais (Fig. 1D). O ambiente tectônico é de margem continental ativa (Fig. 1E). Os padrões de distribuição dos ETR distinguem pelo menos duas sequências de rochas cálcio-alcálicas, uma de rochas menos evoluídas e outra de mais evoluídas. Tanto as rochas plutônicas quanto as vulcânicas apresenta, leves anomalias de Ce, típicas de alterações hidrotermais ou de magmas gerados em ambiente de subducção (Fig. 1F).

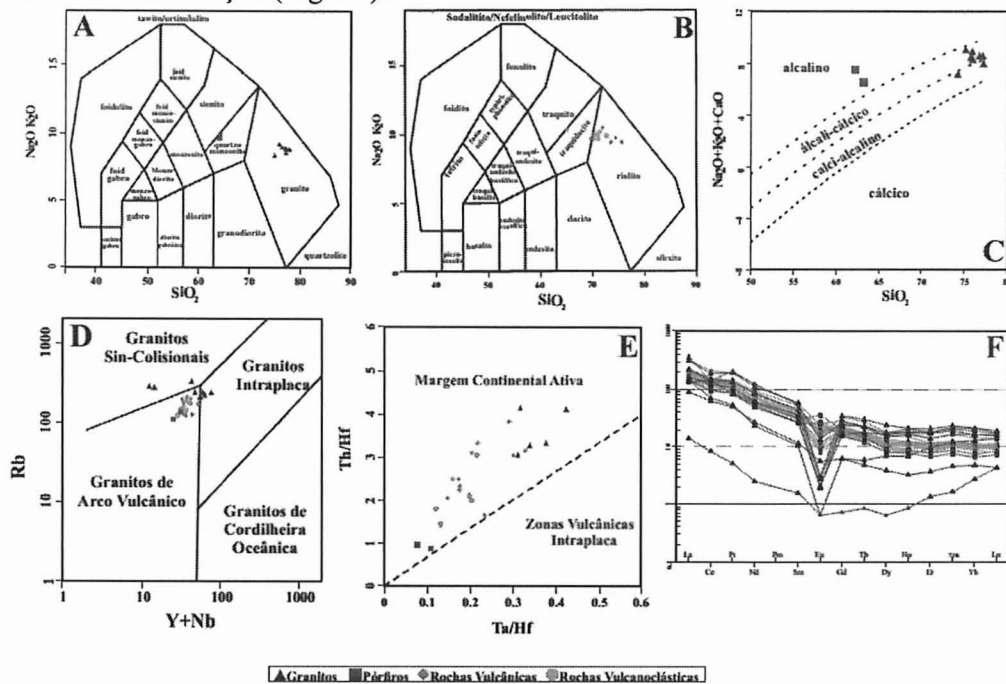


Figura 1. (A) e (B) Diagramas de classificação de rochas plutônicas, subvulcânicas e vulcânicas (Middlemost, 1985); (C) Filiação geoquímica das rochas magmáticas segundo o diagrama proposto por Frost et al. (2001); (D) Diagrama de discriminação geotectônica para o conjunto de rochas estudadas (Pearce 1984); (E) Diagrama de discriminação geotectônica de Schandl & Gorton (2002); (F) Padrões de elementos ETR normalizados pelo condrito (Nakamura 1974).

GEOCRONOLOGIA

Amostras de 13 litotipos vulcânicos, subvulcânicos e plutônicos foram datados pelo método U-Pb SHRIMP IIe em zircão no Laboratório de Geocronologia de Alta Resolução da Universidade de São Paulo. O Riolito I apresenta idades de 1967 ±6,6 Ma, 1970 ±20 Ma e 1975 ±5,3 Ma, enquanto que o Riolito II tem 1966 ±22 Ma. Uma rocha vulcanoclástica resultou em idade de 1966 ±6,3 Ma. Os granitos granofíricos têm idades de 1959 ±25 Ma e 1980 ±15 Ma que podem indicar que os corpos são em parte mais antigos e em parte intrusivos nas rochas vulcânicas, confirmando as observações em campo. Os três corpos de pórfiros apresentaram idades de 1963 ±15Ma, 1959 ±5,5Ma e 1980 ±6,6 Ma. O granodiorito de granulação fanerítica grossa apresenta idade de 1956 ±19 Ma enquanto que os granitos do embasamento mostram idades de 2023±30 Ma e 2123 ±86 Ma.

As idades modelo T_{DM} obtidas para as amostras distribuem-se em um pequeno

intervalo entre 2310 Ma a 2360 Ma, com valores de $\epsilon Nd_{(t)}$ levemente negativos, juntamente com a razão inicial de $^{87}Sr/^{86}Sr$ ($0,7030 \pm 0,0027$), sugerindo fontes de crosta inferior, com alguma contribuição de matérias juvenis e possível assimilação crustal, podendo indicar diferenciação manto/crosta no final do Sideriano.

MEV DOS MINERAIS DE MINÉRIO

Em imagens obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura observa-se nos veios mineralizados do Filão Galena, ocorrência de prata nativa nas bordas da esfalerita (Sp), sendo cortadas por finas vênulas de calcopirita (Ccp) (Fig. 2A) e, comumente, presença de finas inclusões de *electrum* nas bordas da esfalerita, bem como ocorrência de bornita (Bn) nas bordas da calcopirita (Fig. 2B) em matriz sericítica. A forma mais comum da pirita (Py) é subédrica, com inclusões de galena (Gn) envolvida por calcopirita e inclusões de esfalerita na calcopirita, sendo posteriormente cortada por galena e covellita (Fig. 2C). No Filão Mãe de Leite, é possível observar fraturas preenchidas por pirita e covellita (Cv), provavelmente em zona intemperizada (Fig. 2D) nos veios de quartzo. Comumente encontrado ligas de ouro (Au) e prata (Ag) na galena (Fig. 2E) ou ocorrendo como finas inclusões no quartzo (Fig. 2F) em matriz com intensa sericitização da encaixante. A pirita é a fase mineral predominante em ambos os filões e comumente está associada a calcopirita e galena.

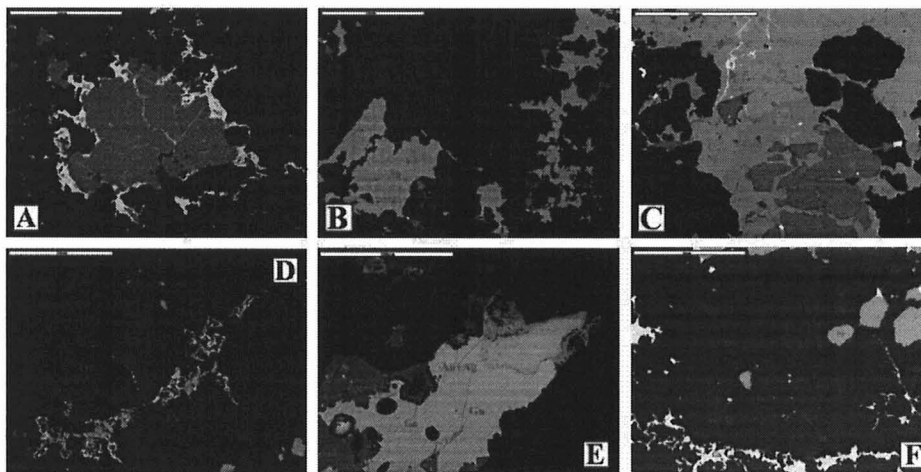


Figura 2. Imagens de elétrons retroespalhados obtidas por MEV, mostrando aspectos texturais e associação mineral do minério: (A) Esfalerita com prata nativa (Filão Galena); (B) Eléctrum nas bordas da esfalerita (Filão Galena); (C) Calcopirita com inclusões de esfalerita e pirita com inclusões de galena (Filão Galena); (D) Pirita e covellita preenchendo fraturas (Filão Mãe de Leite); (E) Electrum nas bordas da esfalerita (Filão Mãe de Leite); (F) Inclusões de eléctrum no veio de quartzo (Filão Mãe de Leite).

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

As rochas vulcânicas hospedeiras das mineralizações de ouro têm composições compatíveis com rochas de arcos vulcânicos desenvolvidas em margem continental ativa, contexto esse distinto do modelo tectônico até então considerado para região. Essas rochas tem idades de ca. 1,97 Ga e, portanto, não podem ser correlacionadas com as rochas da formação Vila Riozinho ou do Grupo Iriri. As idades e as características geoquímicas dos granitos subvulcânicos indicam que esses corpos se formaram em diferentes estágios, variando de pré- a pós vulcânicas. As rochas graníticas tem idades mais antigas que os granitos da Suite Intrusiva Parauari, que segundo os mapas geológicos disponíveis, aflorariam na região. As rochas do embasamento também tem idades mais antigas que as rochas da Suite Intrusiva Creporizão, que deveria aflorar no local e esse conjunto de dados indicam uma

geologia mais complexa que a até então considerada para a PMT, notadamente quanto ao vulcanismo félsico a intermediário.

As zonas mineralizadas se concentram nos domos de riolitos e nas suas proximidades e são controladas por zonas de falhas rúpteis, tendo sido possível constatar a existência de vários pulsos de alteração hidrotermal. Suas mineralogias e tipologia são típicas de sistemas epitermais *low-* a *intermediate-sulfidation*. As alterações hidrotermais nas rochas vulcânicas e vulcanoclásticas são as mesmas verificadas nos granitos subvulcânicos e nos pórfiros, indicando tratar de um mesmo sistema magmático-hidrotermal. As alterações sericítica e argílica muito intensas em granito e a presença de *stockworks*, bem como a relação genética existente entre as mineralizações epitermais e unidades vulcânicas, sugerem extensão para depósitos do tipo pórfiro e metais de base preciosos.

A composição mineralógica do minério e as alterações hidrotermais são também semelhantes às de sistemas magmáticos-hidrotermais polifásicos rasos.

Esse conjunto de dados indica que os eventos vulcânicos não apenas são mais espalhados no tempo na PMT, como há outras épocas metalogenéticas para sistemas magmáticos-hidrotermais, além daqueles de 1,88 Ga descritos por Juliani *et al.* (2005) e por Agura (2013).

AGRADECIMENTOS

CT-Mineral/MCT/CNPq (Proc.: 550342/2011-7), INCT- Geociam (Proc.: 573733/2008-2) - MCT/CNPq/FAPESPA/PETROBRÁS, CAPES e Chapleau Resources Ltd/Magellan Minerals Ltd. em especial ao geólogo Carlos Fernando Ulema Ribeiro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguja M.A. 2013. Mineralizações epitermal *low-sulfidation* e do tipo pórfiro superpostas associadas ao magmatismo félsico de 1,88 Ga na parte norte da Província Mineral do Tapajós (PA). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 235p.

Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. 2001. *A geochemical classification for granitic rocks*. *Journal of Petrology*, **42**: 2033-2048.

Juliani C., Fernandes C.M.D. 2010. *Well-preserved Late Paleoproterozoic volcanic centers in the São Félix do Xingu region, Amazonian Craton, Brazil*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **191**:167-179.

Juliani C., Rye R.O., Nunes C.M.D., Snee L.W., Correa Silva R.H., Monteiro L.V.S., Bettencourt J.S., Neumann R., Neto A.A. 2005. *Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints*. *Chemical Geology*, **215**: 95-125.

Juliani C. Carneiro C.C., Carreiro-Araujo S.A., Fernandes C.M.D., Monteiro L.V., Crósta A.P. 2013. Estruturação dos arcos magmáticos paleoproterozóicos na porção sul do Cráton Amazônico: Implicações Geotectônicas e Metalogenéticas. *In: Simp. Geol. Amazonia*, 13, Belém, (CD-ROM).

Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Lafon J.M., Lima E.F. 2002. *Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil*. *Precambrian Research*, **119**: 189-223.

Middlemost E.A.K. 1985. *Magmas and magmatic rocks*. Longman, London.

Nakamura N. 1974. *Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites*. *Geochimica et cosmochimica Acta*, **38**: 757-775.

Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. 1984. *Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks*. *Journal of Petrology*, **25**: 956-983.

Pessoa M.R., Santiago A.F., Andrade A.F., Barreto E.L., Nascimento J.O., Oliveira J.R., Prazeres W.V. 1977. Projeto Jamanxim, VIII Relatório final, DNPM/CPRM, Manaus.

Schandl E.S & Gorton M.P. 2002. *Application of high field strength elements to discriminate tectonic settings in VMS environments*. *Economic Geology*, **97**: 629-642.

Tokashiki, C.C. 2015. Mineralizações *Low-e intermediate sulfidation* de ouro e de metais de base em domos de riolito Paleoproterozóicos na porção da Província mineral do Tapajós. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 172 p.

Tokashiki C.C., Juliani C., Monteiro L.V.S., Echeverri-Misas C.M., Aguja M.A., Arrais L.B. (no prelo). Eventos Vulcânicos de 1,97Ga com mineralizações de ouro epitermais *low- e intermediate sulfidation* na porção sul da Província Aurífera do Tapajós (PA). Livro Contribuições a Geologia da Amazônia.

SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA
14ª AMAZÔNIA

**RECURSOS MINERAIS DA AMAZÔNIA E
SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOECONÔMICAS**
27 DE SETEMBRO A 1º DE OUTUBRO de 2015 | MARABÁ-PA

ANAIS

ISBN 978-85-08692-10-7



9 788588 692107

PROMOÇÃO & REALIZAÇÃO:



**NÚCLEO
NORTE**

PATROCINADORES:



APOIO:



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