DATAÇÃO U-Th-Pb DE MONAZITA HIDROTHERMAL E SUA APLICAÇÃO NA GEOCRONOLOGIA DA MINERALIZAÇÃO DE ESTANHO EM ZONAS DE GREISEN DO SISTEMA GRANÍTICO PALANQUETA, DEPÓSITO DO BOM FUTURO (RO)

VALMIR DA SILVA SOUZA¹, LUCIANA MIYAHARA TEIXEIRA² &
NILSON FRANCISQUINI BOTELHO³

Abstract U-TH-PB AGE IN HYDROTHERMAL MONAZITE APPLIED IN GEOCHRONOLOGICAL TIN MINERALIZATION FROM GREISEN ZONE OF THE PALANQUETA GRANITIC SYSTEM, BOM FUTURO DEPOSIT, RONDÔNIA, BRAZIL The ages of hydrothermal events responsible for tin mineralization in the granitic systems from the Rondônia Tin Province are poorly defined so far. Available K-Ar dating in Li-micas of greisens and veins yielded values around 965 Ma, younger than the late mineralized granites ages, around 990 Ma. Electron microprobe U, Th and Pb dating of hydrothermal monazite from the greisen zones of the Palanqueta plutonic system, Bom Futuro tin deposit, yielded an age of 997 ± 48 Ma. Considering that: i) the K-Ar method is influenced by increasing temperature; ii) critical temperature of Ar retention in micas is 300°C ; and iii) fluid inclusions and $\delta^{18}\text{O}$ studies indicate, respectively, trapping temperature above 300°C and cassiterite crystallization temperature above 400°C , we suggest that the K-Ar dating in micas from Rondônia tin deposits are indicative of cooling and closure of the hydrothermal systems. Therefore, ages obtained from U-Th-Pb data in hydrothermal monazite from greisen can be considered a good reference for the tin ore formation in the Bom Futuro deposit, associated with late to post-magmatic processes, and coeval with the end of crystallization of albite granite in the Palanqueta granitic system.

Keywords: U-Th-Pb age, hydrothermal monazite, Rondônia, Bom Futuro tin deposit.

Resumo As idades dos eventos hidrotermais responsáveis pela mineralização de estanho nos sistemas graníticos da Província Estanífera de Rondônia ainda não são bem definidas e os poucos dados existentes referem-se a idades K-Ar em micas litínicas de greisens e de veios, com valores em torno de 965 Ma, mais jovens que as idades atribuídas aos granitos mineralizados mais tardios de Rondônia, em torno de 990 Ma. A idade calculada a partir das concentrações de U, Th e Pb, obtidas na microsonda eletrônica, em monazita hidrotermal da zona de greisens do sistema granítico Palanqueta, no depósito de estanho do Bom Futuro, forneceu um valor de 997 ± 48 Ma. Considerando que: i) as idades obtidas pelo método K-Ar em micas litínicas são sensíveis a qualquer processo geológico que favoreça o aumento da temperatura; ii) as micas litínicas apresentam temperatura crítica para retenção do argônio da ordem de 300°C ; e iii) os estudos de inclusões fluidas e isótopos de oxigênio ($\delta^{18}\text{O}$) indicam respectivamente temperaturas de aprisionamento de fluidos acima de 300°C e de cristalização da cassiterita acima de 400°C , é mais provável que as idades K-Ar em micas sejam indicativas da época de resfriamento e fechamento do sistema hidrotermal. Assim, a idade U-Th-Pb em monazita de greisen pode ser considerada, apesar do grau de incerteza, como referência para a idade de geração da mineralização de estanho no depósito do Bom Futuro. Essa idade é mais compatível com a época de formação dos greisens, associada a processos tarde/pós-magmáticos, contemporâneos ao final da cristalização da fácies albita granito do sistema plutônico Palanqueta.

Palavras-chave: idade U-Th-Pb, monazita hidrotermal, Rondônia, depósito de estanho do Bom Futuro.

INTRODUÇÃO Informações sobre a idade dos eventos hidrotermais responsáveis pela concentração de estanho nos complexos graníticos em Rondônia ainda são discretas. Até agora, a maior parte dos trabalhos de datação esteve voltada para a investigação das idades de cristalização das suítes graníticas hospedeiras e os poucos dados existentes sobre rochas hidrotermais referem-se a idades K-Ar em micas litínicas de greisens e de veios.

O melhor método para datação de eventos hidrotermais é a geocronologia através do SHRIMP (*sensitive high-mass resolution ion microprobe*), que pode fornecer dados precisos sobre a superposição desses eventos e determinar com maior precisão qual o evento responsável pela mineralização. Por outro lado, consideradas as dificuldades na obtenção de idades SHRIMP, a datação de monazita por meio da microsonda eletrônica tem se

revelado, apesar dos erros ainda elevados, uma ferramenta útil na determinação da idade de eventos mineralizadores. Este trabalho apresenta os resultados do estudo realizado em monazita hidrotermal, proveniente de greisens do sistema plutônico Palanqueta, no depósito de estanho do Bom Futuro, cuja idade foi calculada a partir das concentrações de U, Th e Pb obtidas na microsonda, com o objetivo de determinar sua idade de cristalização e, consequentemente, da mineralização estanífera aos greisens.

PROCEDIMENTO ANALÍTICO As análises foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Brasília, em equipamento CAMECA SX50, dotado de sistema de dispersão de *wave length* e ângulo de *take off* de 40° , aplicando-se o procedimento analítico adotado por Cocherie *et al.* (1998), ou

1 - Departamento de Geociências, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas. Av. Gal. Rodrigo O. J. Ramos, nº 3000, Mini-Campus, Manaus (AM), CEP:69.077-000, e-mail: valmirsouza@ufam.edu.br

2 - IBAMA, SAIN, Av. L4 Norte, Ed. Sede do Ibama, Brasília (DF), e-mail: luciana.miyahara@cclaf.ibama.gov.br

3 - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília (DF), Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP:70.910-900, e-mail: nilsonfb@unb.br

seja, utilizando voltagem de aceleração de 20Kv, corrente de 100nA e tempos de contagem de 240s para Pb, 200s para U e 40s para os demais elementos. Para o cálculo da idade de cristalização da monazita, utilizou-se a metodologia proposta por Suzuki & Adachi (1991 e 1994), na qual as concentrações de UO_2 , ThO_2 e PbO , obtidas nas análises por microsonda eletrônica, são aplicadas para obtenção de uma idade aparente (t), por meio da equação:

$$PbO/W_{pb} = ThO_2/W_{Th}(e^{(\lambda_{232}t)} - 1) + UO_2/W_U(e^{(\lambda_{235}t)} + 138e^{(\lambda_{238}t)} - 1/139)$$

onde W é o peso molecular de cada óxido ($W_{pb} = 224$; $W_{Th} = 264$ e $W_U = 270$), λ é a constante de decaimento radioativo de cada isótopo ($\lambda_{232} = 4,9475 \times 10^{-11}/ano$, $\lambda_{235} = 9,8485 \times 10^{-10}/ano$ e $\lambda_{238} = 1,55125 \times 10^{-10}/ano$). Conhecendo-se a idade de cada ponto, converte-se o conteúdo em U em um conteúdo equivalente em Th, o qual produziria a mesma quantidade de Pb que o U presente no mineral. Esse Th equivalente é adicionado ao Th medido, fornecendo o Th aparente (Th^*). O cálculo do Th^* é expresso através da equação $ThO_2^* = ThO_2 + \{(UO_2 \times W_{Th}) / [W_U(e^{(\lambda_{232}t)} - 1)]\} \times \{[(e^{(\lambda_{235}t)} + 138e^{(\lambda_{238}t)}) / 139] - 1\}$. Em um diagrama $PbO \times ThO_2^*$, as amostras de mesma idade definem uma reta cuja inclinação está relacionada à idade da monazita. Para o cálculo da linha de regressão, sua inclinação, o grau de incerteza para os valores de (t) e a idade da amostra utilizou-se o programa ISOPLOT (Ludwig 1992, in Cocherie & Albarède 2001).

CONTEXTO GEOLÓGICO O depósito de estanho do Bom Futuro está localizado na região centro-oeste de Rondônia, no município de Ariquemes, distante cerca de 200 km ao sul de Porto Velho (Fig. 1). Esse depósito de estanho é formado por um sistema do tipo vulcano-plutônico, encaixado em rochas do Complexo Jamari e circundado por coberturas sedimentares aluviais (Villanova & Franke 1995, Souza & Botelho 2002). O Complexo Jamari, constituído por gnaisses, anfíbolitos e xistos, representa o embasamento polimetamórfico regional de idade Paleoproterozóica (Isotta *et al.* 1978, Scandollara *et al.* 2001). O sistema vulcânico do Bom Futuro ocupa a área centro-sul do depósito, local onde ocorrem brechas, diques de albita granito, riolito, traquito e corpos pegmatíticos, com a cassiterita associada a um sistema anelar de veios de quartzo-topázio (Villanova & Franke 1995, Souza & Botelho 2002). Já o sistema plutônico, objeto deste trabalho, está melhor representado a cerca de 500 m a nordeste do sistema vulcânico

Bom Futuro, onde aflora um *stock* granítico denominado de Palanqueta (Fig. 1), o qual apresenta formato ligeiramente oval e é constituído por biotita granito e albita granito, contendo zonas de greisens com cassiterita e wolframita (Silva *et al.* 1995 e 1997, Souza & Botelho 2002).

No sistema plutônico Palanqueta o tipo petrográfico dominante é o biotita granito, de composição modal sienito a monzogranítica, o qual varia de um biotita granito equigranular médio nas bordas para um biotita granito fino a porfirítico em uma faixa estreita na porção SSW do sistema plutônico Palanqueta (Fig. 1). Já o tipo petrográfico albita granito, apresenta formato aproximadamente circular e seus contatos são, em geral, ocultados por zonas de greisens e por planos de falhas (Fig. 1). Os greisens, por sua vez, estão distribuídos numa faixa irregular e descontínua ou em bolsões ao longo da zona de contato entre o biotita granito e o albita granito (Fig. 1). Quatro tipos faciológicos de greisens foram identificados: a) mica-quartzo-topázio greisen, tipo dominante e restrito à porção norte da faixa, b) quartzo-topázio greisen, distribuído nas porções nordeste e leste da faixa, c) mica-topázio-quartzo greisen, encontrado também na porção leste da faixa de greisen e em pequenos bolsões dentro do albita granito, e d) quartzo-topázio-mica greisen, aflorante na porção leste da faixa de greisen ou em bolsões dentro do biotita granito médio (Souza 2003). Em geral, estes greisens apresentam arranjo textural equigranular médio a grosso, sendo constituídos por topázio, quartzo, micas (siderofilita-zinnwaldita) e fluorita, tendo como acessórios, cassiterita, wolframita, monazita, zircão, pirita, calcopirita, bornita, galena, esfalerita e hematita.

CARACTERÍSTICA PETROGRÁFICA. Os cristais de monazita aqui analisados fazem parte da associação mineral do quartzo-topázio greisen, representada por topázio (80-85%), quartzo (10-15%), zinnwaldita (3-6%) e fluorita (2-5%), além de minerais acessórios como cassiterita, wolframita, monazita, pirita, calcopirita, galena e esfalerita. O arranjo microtextural é formado por uma trama de cristais subédricos a euédricos de topázio, pouco a moderadamente fraturados e com tamanho variando de 0,5 a 4 mm, a qual hospeda cristais de quartzo, zinnwaldita, fluorita e minerais acessórios, distribuídos de modo disseminado e intersticial, ou formando pequenos agregados de cristais subédricos a anédricos. A monazita, em particular, ocorre sob a forma de cristais subédricos, com tamanho entre 0,5 a 2,5 mm, pouco a moderadamente fratura-

Tabela 1 - Composição química média da monazita (WDS) de greisen do sistema plutônico Palanqueta, depósito de estanho do Bom Futuro.

Pontos	MSP02/2	MSP02/3	MSP02/10	MSP02/11	MSP02/24	MSP02/26	MSP02/28	MSP02/29	MSP02/32	MSP02/34
SiO ₂	0,462	0,488	0,51	0,505	0,42	0,698	0,753	0,683	0,468	0,588
ThO ₂	1,221	2,131	2,628	2,113	1,959	3,184	3,628	2,802	1,925	1,957
UO ₂	0	0,006	0	0,001	0	0	0,033	0,027	0	0
La ₂ O ₃	11,895	12,178	12,815	13,406	14,129	15,371	14,829	14,764	13,999	14,327
Ce ₂ O ₃	32,639	34,766	35,134	37,429	34,033	39,002	35,682	35,267	37,114	36,013
Pr ₂ O ₃	4,322	4,191	4,284	4,239	4,208	4,329	4,186	3,909	4,235	4,116
Nd ₂ O ₃	13,091	11,369	11,362	10,721	10,285	9,227	10,265	10,542	10,503	11,113
Sm ₂ O ₃	3,806	2,788	2,903	1,683	2,441	1,781	1,936	1,98	2,45	2,139
Gd ₂ O ₃	1,524	1,102	1,34	0,39	0,967	0,516	0,751	0,789	0,922	0,874
CaO	0,093	0,229	0,285	0,12	0,145	0,164	0,215	0,197	0,167	0,2
PbO	0,052	0,107	0,103	0,066	0,047	0,053	0,137	0,108	0,095	0,091
P ₂ O ₅	29,598	30,297	31,919	30,289	30,986	31,001	30,997	30,304	31,332	30,227
Total	97,02	97,033	100,145	98,344	97,241	101,444	99,031	97,887	100,817	99,1

dos e contendo eventuais inclusões de sulfetos (pirita, esfalerita e galena) ao longo de planos de fraturas (Fig. 2A).

GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Th-Pb DA MONAZITA A monazita estudada é mais rica em Ce (25 a 38%)

Figura 1 - Mapa geológico simplificado do sistema plutônico Palanqueta. Observar a seção geológica idealizada A-A', a faixa de greisens na borda nordeste (1A) e a zona de contato entre o albita granito e os greisens (1B).

Figura 2 - Fotomicrografia de cristais de monazita em quartzo-topázio greisen (A) e imagem de elétrons retroespalhados (BSE) dos cristais de monazita, onde estão também marcados os pontos analisados por meio da microsonda eletrônica (B).

do que em La (7 a 15%), tratando-se de Ce-monazita, cuja composição possui ainda Nd (5 a 13%), Pr (2 a 5%), Sm (1,5 a 4%), Gd (0,5 a 2%), CaO (0,1 a 1,2%), ThO₂ (1,2 a 5,5%), SiO₂ (0,3 a 0,8%) e, praticamente, desprovida de UO₂ (Tabela 1). Várias dessas análises apresentaram valores totais abaixo de 96%, o que pode ser atribuído a presença de elementos não analisados, tais como Fe, F, Al e Pb radiogênico, e/ou a possível metamictização da monazita (Kucha 1980, Förster 1998). Entretanto, para o cálculo da idade dessa monazita, as análises cujos valores totais estavam abaixo de 97% ou acima de 103% foram eliminadas durante o tratamento estatístico.

A formação de monazita sob a ação de fluidos hidrotermais torna admissível à possibilidade de que pelo menos parte da sua composição química, principalmente no que se refere a U-Th-Pb, seja reequilibrada após a cristalização (Poitrasson *et al.* 1996). Contudo, vários trabalhos demonstram que, no caso de monazitas geradas durante um evento hidrotermal, o desequilíbrio químico entre U-Th-Pb, produto da interação fluido-mineral, é mínimo e ocorre, principalmente, ao longo das zonas de fraturas e reentrâncias do mineral (Teufel & Heinrich 1997, Braun *et al.* 1998, Poitrasson *et al.* 2000). Assim, para análise da monazita de greisen do sistema plutônico Palanqueta, procurou-se evitar regiões dos cristais com fraturas e/ou cavidades (Fig. 2B). Desse modo, obteve-se um total de 38 pontos analisados, sendo que apenas 22 pontos foram considerados adequados, após o tratamento estatístico, para serem utilizados na construção do diagrama de correlação Pb x Th*, que forneceu a idade de 997±48 Ma (Fig. 3).

Figura 3 - Diagrama de correlação entre Pb x Th* aplicado à monazita de greisen do sistema plutônico Palanqueta para cálculo da idade de cristalização através da metodologia proposta por Suzuki & Adachi (1991 e 1994).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS As primeiras informações geocronológicas sobre os granitos estaníferos de Rondônia foram apresentadas por Priem *et al.* (1971). Através da comparação entre idades Rb-Sr (977±20 Ma), em rocha total e biotita, e idades K-Ar (993±40 Ma), obtidas em micas de greisens, esses autores concluíram que as intrusões graníticas e as mineralizações de estanho são contemporâneas, com idade de 980±20 Ma. Bettencourt *et al.* (1999) consideram que as mineralizações de estanho estão relacionadas, principalmente, às suítes São Lourenço-Caripunas (1314±13 a 1309±24 Ma), Santa Clara (1082±4,9 a 1080±27 Ma) e Granitos Jovens de Rondônia (998±5 a 991±14 Ma). Leite Júnior *et al.* (2001) e Leite Júnior (2002) obtiveram idades K-Ar em micas litíferas (protolitionita e zinnwaldita) de greisens e veios nas suítes Santa Clara e Granitos Jovens de Rondônia (Santa Bárbara e Bom Futuro). Segundo esses autores, na suíte Santa Clara a idade da mineralização ainda permanece em aberto, pois as idades obtidas variaram de 1006 a 976 Ma, sugerindo abertura do sistema, provavelmente devido ao efeito termal causado pelo alojamento dos vizinhos Granitos Jovens de Rondônia. Por outro lado, nos Granitos Jovens de Rondônia, a idade da mineralização é da ordem de 965 Ma (Santa Bárbara 961±19 Ma e Bom Futuro 969±27 Ma), sugerindo que o evento hidrotermal tenha ocorrido 20 a 30 Ma após a cristalização dos granitos, o que pode ser considerado muito elevado para sistemas hidrotermais. Mais recentemente, Sparrenberg *et al.* (2003) obtiveram, nas diferentes fácies que constituem o maciço estanífero Santa Bárbara, idades U-Pb em monazitas de 993±5 Ma e 989±13 Ma, além de idade através de SHRIMP em zircão ²⁰⁷Pb/²⁰⁸Pb de 978±13 Ma, as quais foram interpretadas como idades de cristalização magmática, embora os autores admitam influência de fase fluida tardia num possível desequilíbrio do zircão, o que de certa forma torna as idades obtidas na monazita mais confiáveis.

As idades até agora apresentadas para as mineralizações estaníferas de Rondônia foram obtidas pelo método K-Ar em micas.

idades de cristalização magmática, embora os autores admitam influência de fase fluida tardia num possível desequilíbrio do zircão, o que de certa forma torna as idades obtidas na monazita mais confiáveis.

As idades até agora apresentadas para as mineralizações estaníferas de Rondônia foram obtidas pelo método K-Ar em micas. Entretanto, o argônio é um elemento extremamente sensível a qualquer processo geológico que favoreça o aumento da temperatura e as micas litíferas trioctaédricas apresentam temperatura crítica para retenção do argônio da ordem de 300°C (Faure 1986, Richards & Noble 1998). Assim, é mais provável que as idades K-Ar em micas, acima apresentadas, sejam indicativas da época de resfriamento do sistema hidrotermal, já que o estudo de inclusões fluidas apresentado por Leite Júnior (2002) para a Suíte Intrusiva Santa Clara, bem como os estudos de inclusões fluidas e isótopos estáveis apresentados por Souza (2003), para o depósito de estanho do Bom Futuro, indicam que a temperatura mínima de aprisionamento dos fluidos nos sistemas mineralizados em Rondônia

situa-se acima de 300°C.

A análise dos dados da literatura e desse trabalho não permite ainda propor, com erro aceitável, a idade da mineralização estanífera associada aos granitos jovens de Rondônia. Entretanto, a idade de 997 ± 48 Ma., obtida em monazita de greisen analisada por meio da microsonda eletrônica, pode ser considerada, apesar do grau de incerteza, como melhor referência para a idade de geração da mineralização de estanho no depósito do Bom Futuro. Essa idade é mais compatível com a época de formação dos greisens, associada a processos tardi/pós-magmáticos, contemporâneos ao final da cristalização da fácies albíta granito do sistema plutônico Palanqueta, cuja idade deve ser a mesma obtida nos Granitos Jovens de Rondônia, ou seja, em torno de 990 Ma.

Agradecimentos. Os autores expressam seus agradecimentos à Empresa Brasileira de Estanho S.A. (EBESA/Grupo Paranapanema), através do Eng. de Minas Pierre Mathias e do Geol. Renato Muzzolon, pelo total apoio durante a etapa de campo.

Referências

- Bettencourt J.S., Tosdal R.M., Leite Jr. W.R., Payolla B.L. 1999. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil – I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implications. *Precamb. Res.*, **95**:41-67.
- Braun, I., Montel, J.-M., Nicollet, C. 1998. Electron microprobe dating of monazites from high-grade gneisses and pegmatites of the Kerala Khondalite Belt, southern India. *Chem. Geol.*, **146**:65-85.
- Cocherie A., Legendre O., Peucat J.J., Kouamelan A.N. 1998. Geochronology of polygenetic monazites constrained by in situ electron microprobe Th-U-total lead determination: implications for lead behaviour in monazite. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **62**:2475-2497.
- Cocherie A. & Albarède F. 2001. An improved U-Th-Pb age calculation for electron-probe dating of monazite. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **65**:4509-4522.
- Faure G. 1986. *Principles of isotopic geology*. John Wiley & Sons, New York. 2nd. 589p.
- Förster, H.J. 1998. The chemical composition of REE-Y-Th-U rich accessory minerals in peraluminous granite of the Erzgebirge-Fichtelgebirge region, Germany, Part I: the monazite-(Ce)-brabantite solid solution series. *Amer. Mineral.*, **83**:259-272.
- Isotta C.A.L., Carneiro J.M., Kato H.T., Barros R.J.L. 1978. Projeto Província Estanífera de Rondônia: relatório final. MME/DNPM/CPRM, Porto Velho, vol. I, 407p.
- Kucha H. 1980. Continuity in the monazite-hyuttonite series. *Mineral. Mag.*, **43**:1031-1034.
- Leite Júnior W.B., Payolla B.L., Bettencourt J.S., Tassinari C.C.G. 2001. New K-Ar ages of the primary tin mineralization in the Rondônia Tin Province, Brazil. In: SNGM/SGC/Universidade de Chile, Simp. Sudamer. Geol. Isotópica, 3, Pucon-Chile, CD-ROM, 5: 484-487.
- Leite Júnior W.B. 2002. A Suíte intrusiva Santa Clara (RO) e a mineralização primária polimetálica (Sn, W, Nb, Ta, Zn, Cu e Pb) associada. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 305p.
- Poitrasson F., Chenery S., Bland D.J. 1996. Contrasted monazite hydrothermal alteration mechanisms and their geochemical implications. *Earth and Plan. Sc. Lett.*, **145**:79-96.
- Poitrasson F., Chenery S., Shepherd T.J. 2000. Electron microprobe and LA-ICP-MS study of monazite hydrothermal alteration: implications for U-Th-Pb geochronology and nuclear ceramics. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **64**:3283-3297.
- Priem H.N.A., Boelrijk N.A.I.M., Hebeda E.H., Verdurmen E.A.Th., Verschure R.H., Bom E.H. 1971. Granitic complexes and associated tin mineralizations of "Grenville" age in Rondônia, western Brazil. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **82**:1095-1102.
- Richards J.P. & Noble S.R. 1998. Application of radiogenic isotope systems to the timing and origin of hydrothermal processes. In: J.P. Richards & P.B. Larson (Ed.). *Techniques in hydrothermal ore deposits geology*. *Rev. Econ. Geol.*, **10**:195-233.
- Scandolaria J.E., Rizzotto G.J., Amorim J.L., Quadros M.L.E.S., Bahia R.B.C. 2001. Evolução geológica do segmento sudoeste do Cráton Amazônico – Estado de Rondônia e adjacências. In: N.J. Reis e M.A.S. Monteiro (Coord.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, 2, SBG-NO, p. 251-340.
- Silva L.F.S., Costi H.T., Teixeira J.T. 1995. Faciologic mapping and preliminary petrography of Palanqueta albite granite – Bom Futuro, Rondônia State (Brazil). In: IGCP-Project 315, Symp. Rapakivi Granites and Related Rocks, Abstracts Volume, Belém, p.73-74.
- Silva L.F.S., Costi H.T., Dall'Agnol R., Teixeira J.T. 1997. Petrographic and geochemical characteristics of the tin-bearing albite granite of Morro da Palanqueta, Bom Futuro Mine, Rondônia, Brazil. In: Intern. Symp. on Granites and Assoc. Mineraliz., 2, Salvador, p.155-156.
- Souza V.S. & Botelho N.F. 2002. Geologia do depósito de estanho do Bom Futuro (Rondônia) e composição dos fluidos nos sistemas de veios e greisens. In: E.L. Klein, M.L. Vasquez, L.T. Rosa-Costa (Eds.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, 3, SBG-NO, p.199-214.
- Souza V.S. 2003. *Evolução magmática e modelo metalogênico do sistema vulcano-plutônico estanífero Bom Futuro (RO)*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 240p.
- Sparrenberg I., Bettencourt J.S., Tosdal R.M., Wooden J.L. 2003. Datações U-Pb convencional versus SHRIMP do maciço estanífero Santa

- Bárbara, Suíte Granitos Últimos de Rondônia, Brasil. *Rev. Inst. Geoc. USP*, **2**:79-94.
- Suzuki K. & Adachi M. 1991. Precambrian provenance and Silurian metamorphism of the Tsubonosawa paragneiss in the South Kitakami terrane, Northeast Japan, revealed by the chemical Th-U total Pb isochron ages of monazite, zircon and xenotime. *Geoch. Jour.*, **25**:357-376.
- Suzuki K. & Adachi M. 1994. Middle Precambrian detrital monazite and zircons from the Hida Gneiss on Oki – Dogo Island, Japan: their origin and implications for the correlation of basement gneiss of Southwest Japan and Korea. *Tectonophysics*, **235**:277-292.
- Teufel S. & Heinrich W. 1997. Partial resetting of the U-Pb isotope system in monazite through hydrothermal experiments: an SEM and U-Pb isotope study. *Chem. Geol.*, **137**:57-74.
- Villanova M.T. & Franke N.D. 1985. Serra do Bom Futuro-Rondônia: a volcanic-breccia pipe-hosted tin mineralization. *In: Symp. Rapakivi Granites and Related Rocks, Abstracts Volume*, Belém, p.83-84.

Manuscrito A 1471
Recebido em 8 de outubro de 2004
Revisão dos autores em 23 de dezembro de 2004
Revisão aceita em 13 de janeiro de 2005