

IDADES U-Th-Pb E U-Pb EM MONAZITA DE ORTOGNAISSE DO COMPLEXO JAMARI, ÁREA DO DEPÓSITO DE ESTANHO DE BOM FUTURO (RO)

VALMIR DA SILVA SOUZA¹, LUCIANA MIYAHARA TEIXEIRA², ELTON LUIZ DANTAS³, NILSON FRANCISQUINI BOTELHO³ & JORGE HENRIQUE LAUX³

Resumo O método geocronológico U-Th-Pb em monazita, por meio de microsonda eletrônica, vem sendo aplicado no estudo geotermobarométrico de terrenos metamórficos e fornecendo resultados compatíveis com os métodos absolutos de datação geocronológica. Esse trabalho compara os resultados analíticos obtidos por este método com os de U-Pb por diluição isotópica em cristais de monazita de ortognaisse do Complexo Jamari, Paleoproterozóico da região central de Rondônia. Os cristais analisados variam de 0,5 a 1,5 mm, são limpos, não zonados, caracterizando uma Ce-monazita monogenética. A aplicação do método U-Th-Pb revelou idade Pb-Th* de 1327 ± 20 Ma, enquanto que pelo método U-Pb obteve-se idade $1331 \pm 0,98$ Ma. Os valores de idades próximos revelam a eficácia do método U-Th-Pb, apesar da menor precisão, em relação aos métodos de datação absoluta. As idades obtidas são interpretadas como registros de cristalização metamórfica, associada ao evento regional que afetou as rochas do embasamento na região central de Rondônia, durante a orogenia Rondoniana-San Ignácio.

Palavras-Chave. Complexo Jamari, Rondônia, depósito de estanho do Bom Futuro, idade U-Th-Pb em monazita, idade U-Pb em monazita

Abstract *U-Th-Pb AND U-Pb AGES IN MONAZITE FROM ORTHOGNEISS OF THE JAMARI COMPLEX IN THE BOM FUTURO TIN DEPOSIT (RO)* Electron microprobe U-Th-Pb dating of monazite is applied to the geotermobarometric study of metamorphic terrains and provides important results, compatible with absolute geochronological methods. This paper compares the analytic results obtained by electron microprobe U-Th-Pb with isotopic dilution U-Pb in monazite from orthogneiss of the Paleoproterozoic Jamari Complex, in Rondônia State, Brazil. The monazite grains are rounded, clean and not zoned, ranging from 0,5 to 1,5 mm, characterizing a monogenetic Ce-monazite. The Pb-Th* cationic diagram analysis revealed an age of 1327 ± 20 Ma and the U-Pb concordia diagram yielded an age of $1331 \pm 0,98$ Ma. These values, in spite of the lower precision of the method, reinforce the applicability of the U-Th-Pb electron microprobe analysis in geochronological investigations. The obtained ages are interpreted as records of a tectonometamorphic event that affected the basement rocks in central Rondônia during the Rondonian-San Ignácio orogeny.

Keywords. Jamari Complex, Rondônia, Bom Futuro tin deposit, U-Th-Pb age of monazite, U-Pb age of monazite.

INTRODUÇÃO. A datação por U-Th-Pb em monazita com microsonda eletrônica foi desenvolvida na década de 1990 e despertou interesse, principalmente devido ao modo simples e de baixo custo para obtenção dos dados analíticos, além de permitir análises pontuais em cristais monogenéticos e poligenéticos (Suzuki *et al.* 1991, Suzuki & Adachi 1991, Montel *et al.* 1996, Braun *et al.* 1998). O método apresenta limitações quanto à incapacidade de distinguir diferentes isótopos (Pb inicial e Pb radiogênico) e à baixa precisão analítica (Catlos *et al.* 2002, Cocherie & Albarede 2001). O método clássico de obtenção de concordância U-Pb por diluição isotópica em monazita, apesar do custo e do tempo mais elevados, apresenta maior precisão e é amplamente empregado em estudos geocronológicos (Faure 1986). Contudo, no caso de monazita poligenética, o método U-Pb não permite a datação do(s) evento(s) geológico(s) responsável(is) pelo crescimento e/ou recristalização da monazita (Foster *et al.* 2002).

O método U-Th-Pb em monazita tem sido aplicado, principalmente, nas investigações geotermobarométricas de terrenos metamórficos (Braun *et al.* 1998, Vlach & Gualda 2000, Tickyj *et al.* 2001, Vlach & Del Lama 2002, Foster *et al.* 2002), fornecendo resultados consistentes com valores obtidos por métodos mais precisos, tais como U-Pb em zircão por SHIRIMP (Vlach & Correia 2001). Esse trabalho apresenta os dados U-Th-Pb e U-Pb em cristais de monazita de ortognaisse do Complexo Ja-

mari, na área do depósito de estanho do Bom Futuro, discutindo os valores obtidos e sua inserção no quadro geocronológico na região central de Rondônia.

PROCEDIMENTO ANALÍTICO. As análises de U-Th-Pb foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Brasília, em um equipamento CAMECA SX50, dotado de sistema WDS, com ângulo de *take off* de 40°, voltagem de aceleração de 20 Kv, corrente de 100 nA e tempos de contagem de 240s para Pb, 200s para U e 40s para os demais elementos (Cocherie *et al.* 1998).

Para o cálculo da idade de cristalização da monazita, utilizou-se o método de Suzuki & Adachi (1991, 1994), no qual as concentrações de UO_2 , ThO_2 e PbO , obtidas por microsonda eletrônica, são aplicadas para obtenção de uma idade aparente (t), por meio da equação $PbO/W_{Pb} = ThO_2/W_{Th}(e^{-232t} - 1) + UO_2/W_U(e^{-235t} + 138e^{-238t} - 1/139)$, 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 de U em um conteúdo equivalente de 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 por meio da equação ThO_2^*

1 - Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Geociências, Av. Gal. Rodrigo O. J. Ramos, 3000, Mini-Campus, CEP:69.077-000, Manaus (AM), e-mail: valmirsouza@ufam.edu.br

2 - Instituto Brasileiro de Meio-Ambiente (IBAMA), Av. L4 Norte, Ed. Sede do Ibama, Brasília (DF), e-mail: luciana.miyahara@celaf.ibama.gov.br

3 - Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP: 70910-900, Brasília(DF), e-mail: nilsonfb@unb.br, elton@unb.br e lauxjh@unb.br

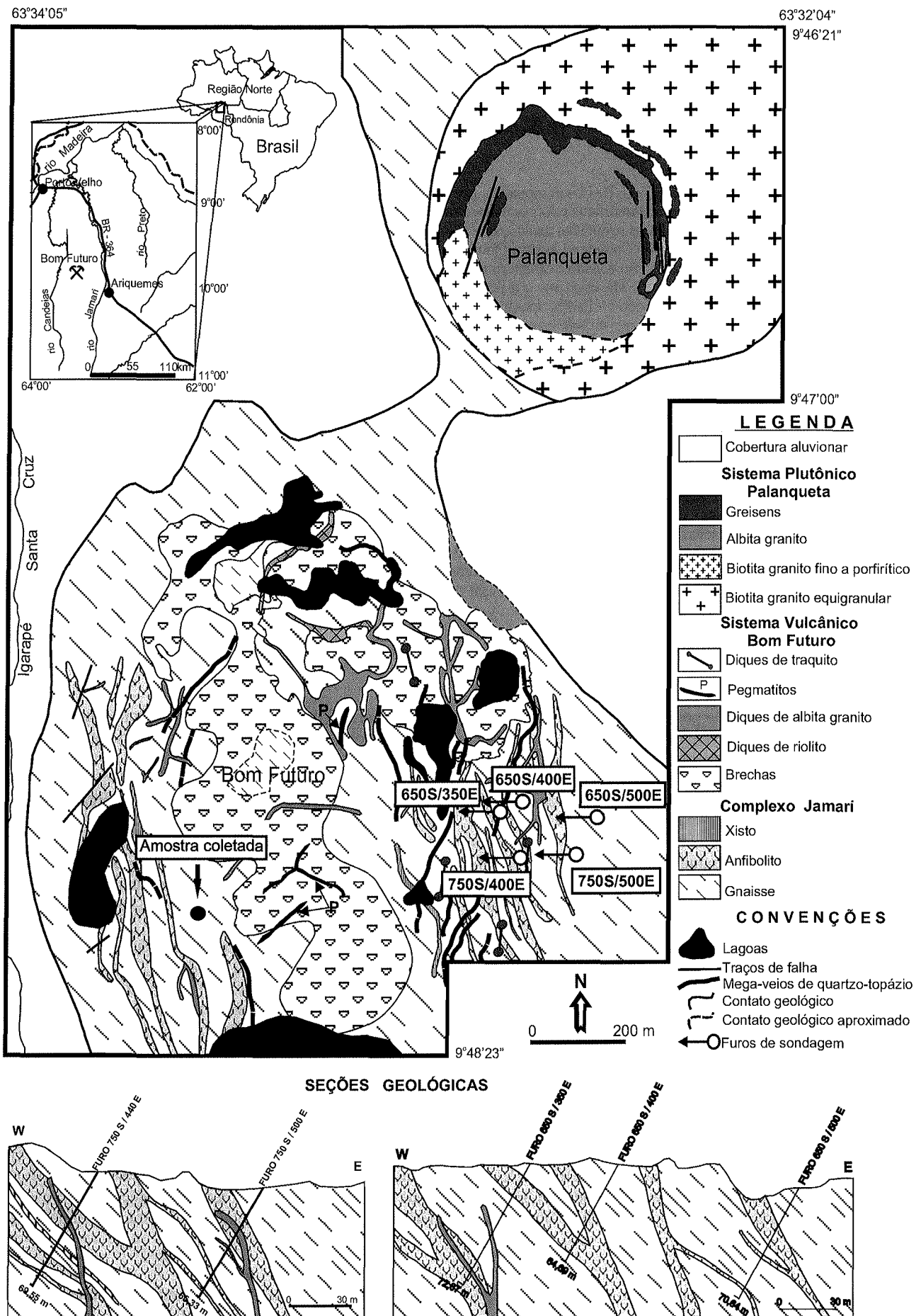


Figura 1. Mapa geológico da área do depósito de estanho de Bom Futuro.

$= \text{ThO}_2 + \{(\text{UO}_2 \times W_{\text{Th}}) / [W_{\text{U}}(e^{-232t} - 1)]\} \times \{[(e^{-235t} + 138 e^{-238t}) / 139] - 1\}$. Em um diagrama $\text{PbO} \times \text{ThO}_2^*$, 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 dos valores de t e a idade da amostra utilizou-se o programa ISOPLOT (Ludwig 2001).

As análises para obtenção de diagrama concórdia U-Pb foram realizadas no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília, utilizando-se cristais individuais de monazita dissolvidos em H_2SO_4 concentrado (5 μL) ultrapuro e em béquer de Teflon. Foi adicionado um traçador (*spike*) ^{205}Pb - ^{235}U . A solução permaneceu durante três dias em chapa aquecedora (ca. 125-140°C). Para separação química foi utilizada resina de troca iônica convencional, usando microcolunas de Teflon, seguindo procedimento de Krogh (1973). O Pb and U foram coletados e depositados juntos. Os filamentos utilizados são de Re e o depósito foi feito com H_3PO_4 e Si gel. Para leitura foi utilizado um espectrômetro de massa Finnigan MAT-262 com multi-coletor. O branco laboratorial é melhor que 15 pg. Os programas PBDAT (Ludwig 1993) e ISOPLOT-Ex (Ludwig 2001) foram usados para o cálculo das idades, cujos erros das razões isotópicas são 2σ .

CONTEXTO GEOLÓGICO. O depósito de estanho do Bom Futuro está localizado no centro-oeste de Rondônia, no município de Ariquemes, cerca de 200 km a sul de Porto Velho

(Figura 1). É formado por um sistema vulcano-plutônico, encaixado em rochas do Complexo Jamari e circundado por coberturas sedimentares aluviais (Villanova & Franke 1995, Silva et al. 1995 e 1997, Souza e Botelho 2002, Souza 2003).

O Complexo Jamari foi definido por Isotta et al. (1978), na região central de Rondônia, como embasamento polimetamórfico paleoproterozóico, formado principalmente por rochas ortoderivadas, tais como gnaisses, migmatitos, granulitos e anfíbolitos. Entretanto, reconhecimentos geológicos posteriores demonstram que, nesta região, o Complexo Jamari é formado por uma associação de rochas orto e paraderivadas, tais como gnaisses graníticos a granodioríticos, biotita-granada gnaiss, sillimanita-granada gnaiss, granada-cordierita gnaiss, biotítilos, kinzigitos, rochas calcissilicáticas, orto-anfíbolitos, para-anfíbolitos, granada-biotita xistos e granulitos (Scandolaro et al. 1996 e 2001, Amorim et al. 1999a e 1999b, Silva et al. 2002, Souza et al. 2005). Estas rochas seriam produtos dos sucessivos episódios de magmatismo, metamorfismo e deformação, ocorridos entre 1,75 e 0,97 Ga, com sedimentação entre 1,67 e 1,57 Ga. (Payolla et al. 2002).

No âmbito do depósito Bom Futuro, o Complexo Jamari é formado pela associação de paragnaisse, xisto, para-anfíbolito, ortognaisse e orto-anfíbolito, dispostos como corpos lenticulares centimétricos a decamétricos, orientados segundo a direção geral NNW-SSE e mergulhando cerca de 50° para ENE (Figura 1). Essas rochas estão polideformadas, variando de milonitos

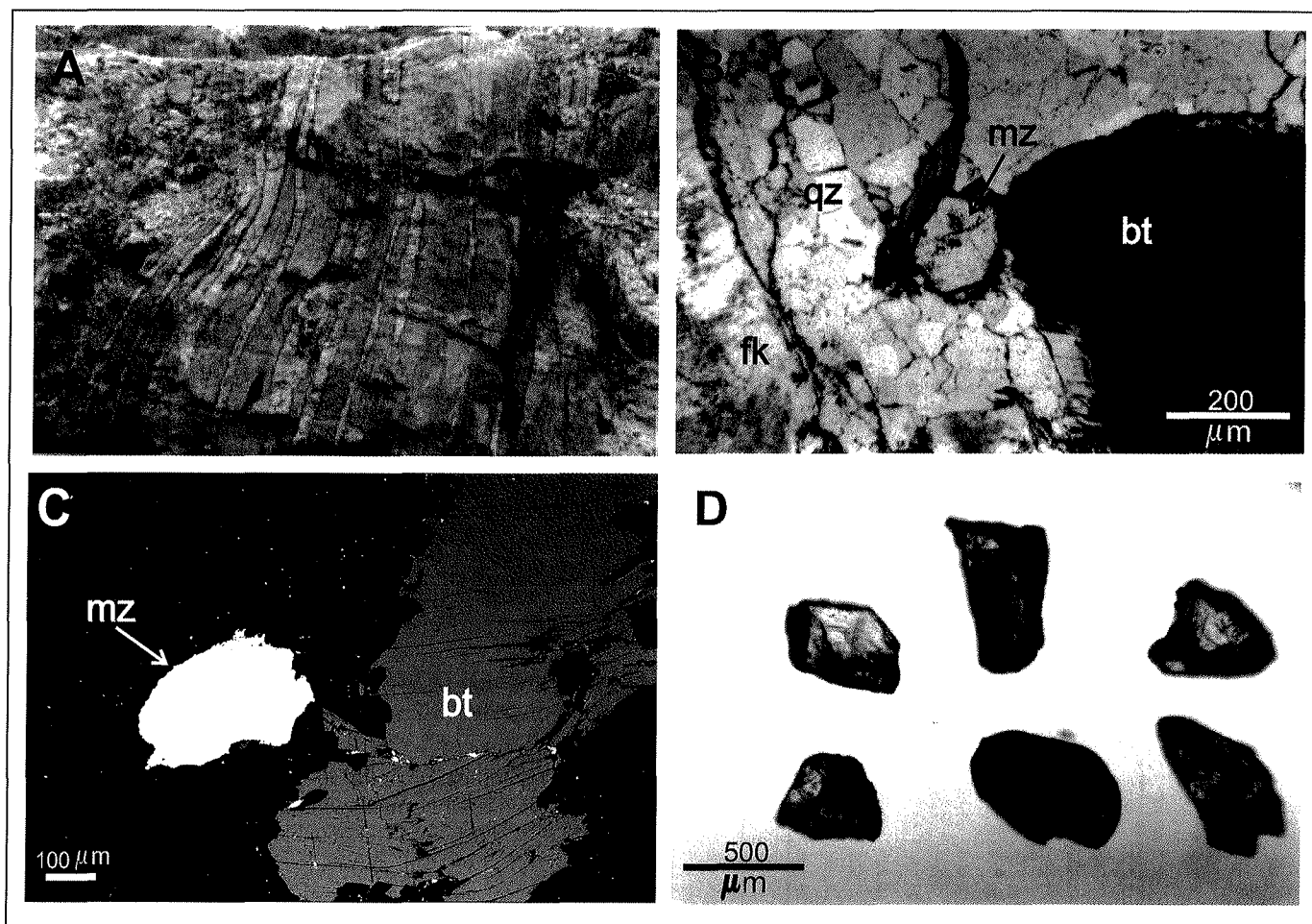


Figura 2. A: ortognaisse do Complexo Jamari na área do depósito de estanho de Bom Futuro; B: fotomicrografia de cristal de monazita (polarizadores paralelos); C: imagem de elétrons retroespalhados (BSE) de cristal de monazita utilizado para as análises por microsonda eletrônica; D: cristais de monazita utilizados na análise isotópica U-Pb. pl = plagioclásio, qz = quartzo, bt = biotita, fk = feldspato potássico, mz = monazita.

Tabela 1. Composição química da monazita de ortognaisses do Complexo Jamari.

Pontos	OG/J4	OG/J6	OG/J8	OG/J9	OG/J15	OG/J16	OG/J18	OG/J20	OG/J26	OG/J29	OG/J15	OG/J218	OG/J219	OG/J220	OG/J221	OG/J224	OG/J226	OG/J19	OG/J18	OG/J15	OG/J12	OG/J11	OG/J19	OG/J121
U ₂	0,642	0,538	0,625	0,554	0,516	0,532	0,634	0,55	0,547	0,593	0,587	1,07	0,971	0,651	0,507	0,576	0,652	0,597	0,548	0,559	0,597	0,613	0,601	0,559
PbO	0,402	0,356	0,389	0,355	0,339	0,38	0,41	0,329	0,33	0,383	0,392	0,515	0,441	0,391	0,238	0,324	0,391	0,414	0,379	0,436	0,39	0,394	0,402	0,389
Nd ₂ O ₃	11,108	11,527	11,79	11,02	11,387	10,916	11,241	10,266	10,465	11,285	11,024	10,838	10,924	11,353	10,804	10,953	11,603	11,37	10,939	11,376	10,014	11,531	11,248	11,227
Gd ₂ O ₃	2,093	1,861	2,031	2,043	1,942	2,084	2,073	1,743	1,886	2,125	2,173	2,336	2,336	1,975	2,121	2,086	2,218	2,141	2,157	1,792	2,148	2,222	2,091	2,025
CaO	1,116	1,072	1,142	1,144	1,064	1,088	1,137	1,057	1,078	1,106	1,213	1,353	1,379	1,24	1,407	1,371	1,112	1,107	1,047	1,186	1,239	1,042	1,028	1,063
P ₂ O ₅	30,158	30,954	29,46	30,79	29,969	31,284	30,678	32,54	30,178	29,771	30,005	30,82	30,569	31,743	35,617	33,246	30,32	29,608	29,646	30,336	33,794	30,947	29,689	30,098
ThO ₂	4,679	4,553	4,725	4,344	4,388	4,518	4,49	4,353	6,092	4,951	4,254	4,494	6,154	4,78	5,618	5,465	4,402	4,439	4,253	5,013	4,835	3,568	4,305	4,289
Sm ₂ O ₃	2,29	2,283	2,371	2,276	2,222	2,465	2,426	2,104	2,222	2,491	2,442	2,544	2,31	2,501	2,02	2,308	2,385	2,501	2,193	2,787	2,597	2,442	2,418	2,371
Ce ₂ O ₃	27,586	28,868	27,257	29,254	28,13	29,379	28,441	27,844	30,062	28,454	28,853	26,554	25,983	28,785	28,489	26,723	27,195	28,688	29,475	32,195	31,937	28,181	28,302	28,984
SiO ₂	0,354	0,395	0,346	0,318	0,35	0,324	0,331	0,293	0,272	0,329	0,293	0,287	0,308	0,331	0,277	0,28	0,32	0,309	0,304	0,331	0,307	0,302	0,327	0,328
La ₂ O ₃	12,822	13,157	13,038	13,11	12,973	13,453	13,289	14,697	12,364	12,957	13,715	12,547	12,44	14,156	14,974	14,058	12,873	13,074	13,494	15,466	14,516	13,677	13,428	13,379
Pr ₂ O ₃	3,243	3,344	3,21	3,441	3,307	3,472	3,286	3,537	3,622	3,378	3,289	3,122	3,384	3,811	3,902	3,612	3,328	3,325	3,361	3,345	3,501	3,358	3,367	3,289
total	96,493	98,908	96,384	98,649	96,587	99,895	98,416	99,313	99,118	97,423	98,24	96,48	97,199	101,717	105,974	101,002	96,799	97,573	97,797	104,811	105,826	98,277	97,206	98,001

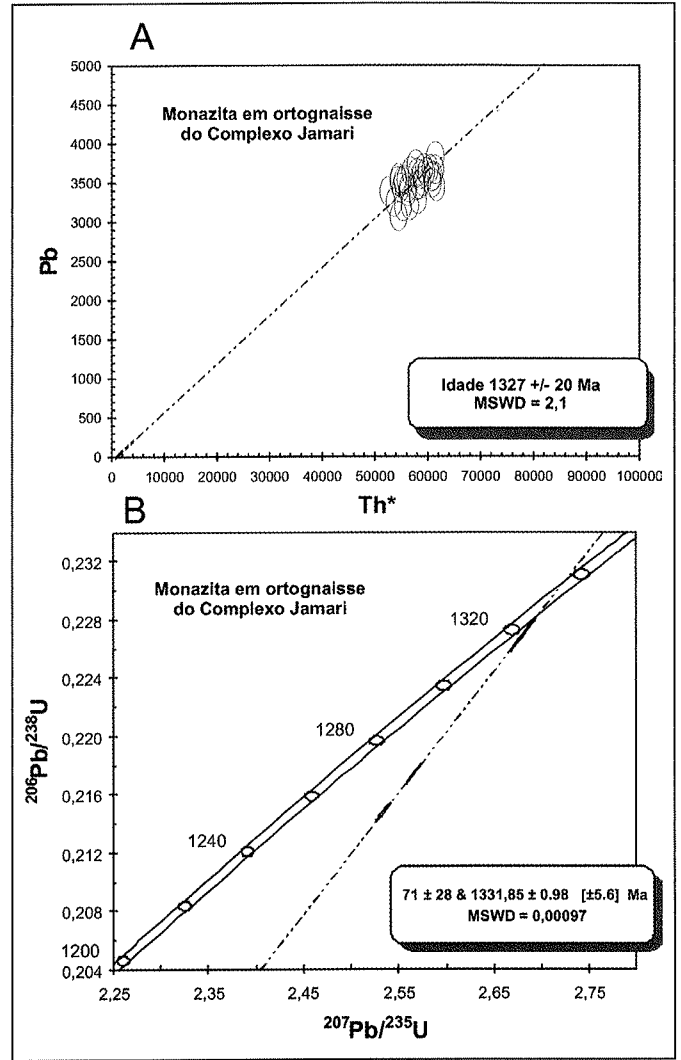


Figura 3. Idades da monazita de ortognaisses do Complexo Jamari. A: diagrama de correlação Pb-Th*, aplicado conforme a método proposto por Suzuki & Adachi (1991 e 1994); B: diagrama concórdia U-Pb.

a ultramilonitos, metamorfasadas em médio grau, zona de transição entre as fácies xisto-verde alto e anfibolito baixo. Provavelmente representam um episódio vulcano-sedimentar ainda pouco estudado, com fonte predominantemente paleoproterozóica, idade modelo (T_{DM}) da ordem de 2,0 Ga. e cujos valores de $^{143}Nd(t)$ sugerem derivação de uma crosta continental juvenil (Souza 2003, Souza *et al.* 2005).

ORTOGNAISSE DO COMPLEXO JAMARI. Gnaisses representam os litotipos predominantes do Complexo Jamari na área do depósito Bom Futuro. Os ortognaisses afloram, principalmente, nas áreas noroeste e centro-norte do sistema vulcânico Bom Futuro (Figura 1), são cinza rosado e possuem marcante bandamento metamórfico, definido pela alternância de faixas quartzo-feldspáticas de cor rosa a vermelho e níveis micáceos (Figura 2A). O bandamento é descontínuo e irregular, milimétrico a centimétrico, de granulação fina a média, localmente média a grossa, e define uma foliação S_1 , entre N15°W/70°SW e N20°E/50°SE. Ao microscópio, os ortognaisses apresentam textura heterogranular granolepidoblástica a granoblástica (Figura 2B). São monzograníticos, com ligeira tendência a sienograníticos, constituídos por microclínio perfitico (35-40 %), quartzo

(25-30 %), albita-oligoclásio ($An_{08,14}$ 20-25 %) e biotita (5-10 %), tendo como minerais acessórios fengita, zircão, titanita, monazita, apatita, barita, epidoto, fluorita e minerais opacos (pirita, calcopirita, ilmenita).

A amostra utilizada nesse trabalho foi coletada na área centro-norte do sistema vulcânico Bom Futuro, sob as coordenadas geográficas 9°47'44''S e 63°33'41''W (Figura 1) e representa uma fácies de granulação média a grossa do ortogneisse do Complexo Jamari.

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DA MONAZITA. A monazita ocorre, normalmente, associada aos cristais de quartzo, biotita e microclínio pertítico, distribuída de forma intersticial e/ou inclusa em biotita, onde desenvolve discretos halos pleocróicos. Os cristais são subédricos a euédricos, com tamanho entre 0,5 a 1,5 mm, são limpos, não zonados e pouco fraturados (Figura 2B a 2D).

As análises por microsonda eletrônica revelam que a monazita do ortogneisse é rica em elementos terras raras leves, compondo cerca de 70% de sua composição química (Tabela 1), cujas concentrações estão distribuídas em Ce (25,9 a 39,2%), La (11 a 16,8%), Nd (10,3 a 12,6%), Pr (2,7 a 4,3%), Sm (2 a 3,2%) e Gd (1,7 a 3%), caracterizando uma Ce-monazita (Figura 2E). Apresentam ainda conteúdos de CaO (0,8 a 1,3%), ThO₂ (3,5 a 6,2%), SiO₂ (0,3 a 0,5%) e UO₂ (0,5 a 1%).

GEOCRONOLOGIA U-Th-Pb e U-Pb. Para o cálculo da idade, com base nas concentrações de UO₂, ThO₂ e PbO, foram utilizadas apenas as análises com totais acima de 96% e abaixo de 105%, o que compreende um total de 22 pontos analisados em três cristais de monazita (Tabela 1). O diagrama de correlação entre Pb e Th* forneceu idade de 1327 ± 20 Ma (Figura 3A). Neste diagrama, segundo Suzuki & Adachi (1991 e 1994), o valor de Th* é definido pelo somatório do conteúdo de ThO₂ analisado pela microsonda eletrônica e o conteúdo em Th que produziria a mesma quantidade de Pb que o UO₂ presente na amostra.

Para o cálculo da idade isocrônica U-Pb (Tabela 2), utilizando o método clássico de diluição isotópica, foram consumidos cerca de seis cristais de monazita com tamanho em torno de 0,5 mm (Figura 2F), cujos resultados permitiram a construção do diagrama concórdia U-Pb com idade de 1331 ± 0,98 Ma (Figura 3B).

CONCLUSÃO. O método de U-Th-Pb em monazita aplicado ao estudo geocronológico forneceu, de modo mais rápido e a custo mais baixo, uma razoável aproximação aos resultados obtidos por métodos absolutos de datação isotópica. Outra vantagem reside no caso de cristais de monazita poligenéticos, onde uma análise prévia por microsonda eletrônica permitirá, por exemplo, detectar variações de idades, auxiliando na identificação de eventos geológicos envolvidos na cristalização e/ou recristalização do mineral (Suzuki & Adachi 1991, Cocherie & Albarede 2001, Foster *et al.* 2002). Os resultados obtidos por microsonda eletrônica (Pb-Th* de 1327 ± 20 Ma) corroboram com razoável aproximação os de diluição isotópica (U-Pb de 1331±0,98 Ma) em cristais monogenéticos. Estes valores estão também de acordo com as idades U-Pb de 1326 ± 1 Ma em monazita de ortogneisse (Payolla *et al.* 2002) e U-Pb SHRIMP de 1321 ± 27 Ma e 1.332 ± 11 Ma em zircão de ortogneisse (Silva *et al.* 2002), obtidas na região centro-norte de Rondônia, interpretadas como registros de cristalização metamórfica, associada ao evento regional que afetou as rochas do embasamento durante a orogenia Rondoniana-San Ignácio (Tassinari *et al.* 2000, Payolla *et al.* 2002).

Amostra	Tamanho (mg)	U (ppm)	Pb (ppm)	Pb ²⁰⁶ /Pb ²⁰⁴	Pb ²⁰⁷ */Pb ²⁰⁴	Pb ²³⁵ */Pb ²³⁵	(pct)	Pb ²⁰⁶ */U ²³⁸	(pct)	Coefi. Correl. (rho)	Pb ²⁰⁷ */Pb ²⁰⁶ *	(pct)	Pb ²⁰⁶ */U ²³⁸ Age		Quantid.
													Age	Age	
PEG 15	0,017	186,9	3668,9	2896,1	2,565	0,27	0,27	0,2174	0,27	0,9961	0,0856	0,02	1268	1329,4	1
PEG 16	0,013	2869,7	822,9	1307	2,534	0,25	0,25	0,2147	0,25	0,9853	0,0856	0,04	1254,1	1328,9	1
PEG 17	0,01	6443	3829,3	4459	2,681	0,4	0,4	0,2269	0,4	0,9951	0,0857	0,04	1318,3	1331,4	1

Tabela 2. Sumário dos resultados U-Pb e ID-TIMS de três cristais de monazita do ortogneisse do Complexo Jamari.

Agradecimentos. Os autores agradecem 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. À Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM-RO), através dos Geol. Rommel

da Silva Sousa, Marcos Quadros, Jânio Leite de Amorim (*in memoriam*), Jaime Scandolaria e Antônio Vieira, pelas discussões durante as atividades de campo. Ao CNPq, pelo auxílio financeiro à pesquisa, processos 47519/04 e 303703/2004-0.

Referências

- Amorim J.L., Rizzoto G.J., Scandolaria J.E. 1999a. Complexo Jamari, sudeste do Cráton Amazônico: reavaliação do contexto geotectônico. *In: SBG (BA), Simp. Nac. Estudos Tectônicos, 7, Anais*, p. 28-30.
- Amorim J.L., Rizzoto G.J., Scandolaria J.E. 1999b. Terreno Jamari, região central de Rondônia: evidências de processos tafrogenéticos que precedem a convergência do início do mesoproterozóico no seguimento sudeste do Cráton Amazônico. *In: SBG (NO), Sim. Geol. Amazônia, 7, Bol. Res. Exp.*, p. 270-273.
- 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.
- Catlos E.J., Gilley L.D., Harrison T.M. 2002. Interpretation of monazite ages obtained via in situ analysis. *Chem. Geol.*, **188**:193-215.
- Cocherie A. & Albaredo F. 2001. An improved U-Th-Pb age calculation for electron microprobe dating of monazite. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **65**:4509-4522.
- 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.
- Faure G. 1986. *Principles of Isotopic Geology*. 2nd., John Wiley & Sons, New York. 589pp.
- Foster G., Gibson H.D., Parrish R., Horstwood M., Fraser J., Tindle A. 2002. Textural, chemical and isotope insights into the nature and behaviour of metamorphic monazite. *Chem. Geol.*, **191**:183-207.
- 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.
- Krogh T.E. 1973. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations. *Geoch. Cos* 485-494.
- Ludwig K.R. 1993. PBDAT. A computer program for processing Pb-U-Th isotope data. USGS, *Open File Report*, **88**:542, 34p.
- Ludwig K.R. 2001. *Users Manual for Isoplot/Ex version 2.47. A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center, *Sp. Public.*, 1a, 55p.
- Montel J.-M., Foret S., Veschambre M., Nicollet C., Provost A. 1996. Electron microprobe dating of monazite. *Chem. Geol.*, **131**:37-53.
- Payolla B.L., Bettencourt J.S., Kozuch M., Leite Jr. W.B., Fetter A.H., Van Schmus, R. 2002. Geological evolution of the basement rocks in the central-eastern part of the Rondônia Tin Province, SW Amazonian Craton, Brazil: U-Pb and Sm-Nd isotopic constraints. *Pre-camb. Res.*, **119**:141-169.
- Scandolaria J.E., Rizzotto G.J., Silva C.R., Bahia R.B.C., Quadros M.L.E.S. 1996. Revisão da geologia do Estado de Rondônia e áreas adjacentes. *In: SBG, Congr. Brás. Geol.*, **39, Anais**, 1:47-50.
- 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 & 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.
- Silva L.C., Armstrong R., Pimentel M.M., Scandolaria J., Ramgrab G., Windler W., Angelim L.A., Vasconcelos A.M., Rizzoto G., Quadros M.L., Sander A, Rosa A.L.Z. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb, SHRIMP, parte III. Províncias Borborema, Mantiqueira meridional e Rio Negro-Juruena. *Rev. Brás. Geoc.*, **32**:529-544.
- Souza V.S. 2003. *Evolução magmática e modelo metalogenético do sistema vulcano-plutônico estanífero Bom Futuro (RO)*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 240p.
- 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., Botelho N.F., Dantas E.L., Gioia S.M.C. 2005. Geoquímica e isótopos de Nd das rochas do Complexo Jamari na área do depósito de estanho do Bom Futuro (RO). *In: V.S. Souza & A.M.C. Horbe (Coord.)*. *Contribuições à Geologia da Amazônia*, **4**, SBG-NO, p. (em editoração).
- 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.
- Suzuki K., Adachi M., Tanaka T. 1991. Middle Precambrian provenance of Jurassic sandstone in the Mino Terrane, central Japan: Th-U-total Pb evidence from an electron microprobe monazite study. *Sedim. Geol.*, **75**:141-147.
- Tassinari C.C.G., Bettencourt J.S., Gerales M.C., Macambira M.J.B., Lafon J.M. 2000. The Amazonian Craton. *In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (Eds.)* *Tectonic Evolution of South America*, p. 41-95.
- Tickyj H, Hartmann L.A., Vasconcelos M.A.Z. 2001. EPMA dating of monazites from southern Brazilian Shield. *In: Simp. Sudamer. Geol. Isotópica*, **3, Atas**. CD-ROM. Pucon, Soc. Geol. Chile, v.1, p. 71-74.
- 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.
- Vlach S.R.F. & Gualda G.A.R. 2000. Microprobe monazite dating and the ages of some granitic and metamorphic rocks from southeastern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **30**:214-217.
- Vlach S.R.F. & Correia C.T. 2001. A comparison between chemical and isotopic microbeam dating methods: Th-U-total Pb (monazite, microprobe) and U-Pb (zircon, SHRIMP). *In: Simp. Sudamer. Geol. Isotópica*, **3, Atas**, CD-ROM. Pucon, Soc. Geol. Chile, v.1, p.79-82.
- Vlach S.R.F. & Del Lama E. 2002. Idades Th-U-Pb de monazita e geotermobarometria de rochas metapelíticas de alto grau do sistema orogênico Itabuna-Salvador-Curaça, BA, Brasil: um estudo em microsonda eletrônica. *Rev. Inst. Geoc. - USP*, **2**:9-22.

Manuscrito NB-0063

Revisão aceita em 08 de março de 2007