GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO DA SUÍTE INTRUSIVA ÁGUA BRANCA, MUNICÍPIO DE PRESIDENTE FIGUEIREDO (AM): EVIDÊNCIAS DE COLISÃO NO PALEOPROTEROZOÍCO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

CRISTÓVÃO DA SILVA VALÉRIO¹, VALMIR DA SILVA SOUZA², MOACIR JOSÉ BUENANO MACAMBIRA³ & MARCO ANTONIO GALARZA⁴

Resumo Os granitóides cálcio-alcálicos que ocorrem no Município de Presidente Figueiredo (AM) são representados por sienogranitos, monzogranitos e termos dioríticos porfíricos, equigranulares, miloníticos e granofíricos da Suíte Intrusiva Água Branca. Essa unidade é caracterizada como uma série granítica que apresenta valores expandidos em SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{total})}$, MgO , CaO e $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ e relativa homogeneidade na razão Fe/Mg , o que sugere magmas da Série Granodiorítica Cálcio-alcálica. Os elevados teores em Ba, Sr e Rb/Zr e baixos valores em Nb, Rb, Ta, Zr, Zn, Y, K/Rb e ETRL da SIAB, aliados ao padrão de distribuição dos ETR e multielementos, indicam um ambiente sin-colisional com formação de arco magmático, geração de rochas cálcio-alcálicas meta a peraluminosas de médio a alto-K, do tipo I normal ou pouco fracionadas. A forte homogeneidade entre o padrão de distribuição de elementos compatíveis e incompatíveis das rochas da SIAB em relação às rochas de ambiente tipicamente sin- e pós-colisional, contribui com a proposta de um regime colisional envolvendo os processos finais de colagem, subducção de uma paleoplaça oceânica contra o protocráton Amazônico (Província Amazônia Central), subsequente construção da Província Ventuari-Tapajós, associados ao magmatismo Água Branca, gerado há ca. 1,89 Ga. As avaliações geológicas, geoquímicas e geocronológicas sugerem uma correlação estratigráfica entre a Suíte Intrusiva Água Branca, na área de estudo e a Suíte Intrusiva Tropas (Parauari), na Província Aurífera Tapajós, porção sul da Província Ventuari-Tapajós.

Palavras-chave: granitóides cálcio-alcálicos, Paleoproterozoico, geocronologia de zircão, Escudo das Guianas.

Abstract *GEOCHEMISTRY AND Pb-EVAPORATION ZIRCON GEOCHRONOLOGY OF THE ÁGUA BRANCA INTRUSIVE SUITE, PRESIDENTE FIGUEIREDO DISTRICT: EVIDENCE OF THE PALEOPROTEROZOIC COLLISION IN WESTERN AMAZONIAN* The calc-alkaline granitoids of the President Figueiredo district, Amazonas State, Brazil, are represented by syenogranites, monzogranites and diorites of the Água Branca Intrusive Suite that display porphyry, equigranular, mylonitic and granophiric textural variation. This unit is characterized as a granitic series that presents expanded values of SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{total})}$, MgO , CaO and $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, and relative homogeneity in Fe/Mg ratio, suggesting an origin from magmas of the calc-alkaline granodioritic series. The high values in Ba, Sr and Rb/Zr, and low values in Nb, Rb, Ta, Zr, Zn, Y, K/Rb and LREE of Água Branca Intrusive Suite, added to the REE and multi-elements distribution pattern, indicate a sin-collisional tectonic setting with formation of magmatic arc and generation of rocks with metaluminous to peraluminous, calc-alkaline from medium to high-K and I normal type or weakly fractionated geochemical characteristics. The strong homogeneity between compatible and incompatible elements distribution of the Água Branca Intrusive Suite rocks and typically sin- to post-collision rocks, contributes with a proposal of a collision regime involving the final subduction-related collage processes, of the oceanic paleoplate under the Amazonian protocráton (Central Amazonian Province), and subsequent construction of the Ventuari-Tapajós Province, associated to the Água Branca magmatism, ca. 1.89 Ga. The geological, geochemical and geochronological data suggest stratigraphic correlation between Água Branca Intrusive Suite and (Parauari) Tropas Intrusive Suite from Tapajós Gold Province, southern portion of the Ventuari-Tapajós Province.

Keywords: calc-alkaline granitoids, Paleoproterozoic, zircon geochronology, Guiana Shield.

INTRODUÇÃO O Município de Presidente Figueiredo (AM) está localizado no extremo sul do Escudo das Guianas, próximo à borda norte da Bacia do Amazonas, inserido no contexto geológico da porção central da Província da Ventuari-Tapajós. Na região, ocorrem rochas cálcio-alcálicas de composição granodiorítica a quartzo-diorítica que integram o embasamento granito-gnáissico gerado a partir de processos de diferenciação mantélica em um arco magmático entre 1,95 e 1,88 Ga e que se mostra associado a granitóides de composição similar e de caráter sin- a pós-tectônico (p.ex. Tassinari & Macambira 2004).

Os granitóides cálcio-alcálicos do Município de Presidente Figueiredo e entorno são representados pela Suíte Intrusiva Água Branca (SIAB, Fig. 1). Esta suíte, assim designada por Oliveira *et al.* (1996a), é caracterizada como uma série granítica expandida formada por termos que variam desde os predominantes monzogranitos e granodioritos porfíricos até dioritos,

os quais se revelaram metaluminosos a fracamente peraluminosos de alto-K e temporalmente associados à Suíte Igarapé Azul (1,89-1,90 Ga), porém, com marcantes diferenças geoquímicas (Oliveira *et al.* 1996b, CPRM 2000, Almeida *et al.* 2002 e Almeida & Macambira 2003). Esses autores confirmaram o processo de geração por cristalização fracionada (Oliveira *et al.* 1996b) que envolveu, sobretudo, a participação de plagioclásio, anfibólio e óxidos de Fe-Ti. Alertaram ainda para atuação localizada de assimilação e contaminação da rocha encaixante.

A SIAB tem sido freqüentemente relacionada ao vulcanismo Iricoumé e interpretada como produto gerado a partir de fontes mantélicas em ambiente colisional com relativa contribuição crustal (CPRM 2000, Reis *et al.* 2003). Desse modo, Fraga & Reis (2002) propuseram distinguir o vulcano-plutonismo Iricoumé-Água Branca do evento cálcio-alcálico Orocaima (~1,96 Ga, Reis *et al.* 2000).

1 - Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGEO), Departamento de Geociências (DEGEO), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), valerio_cs@hotmail.com, CEP 69077-000, Manaus/AM.

2 - Departamento de Geociências (DEGEO), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), valmirsouza@ufam.edu.br, CEP 69077-000, Manaus/AM.

3 - Laboratório de Geologia Isotópica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, moamac@ufpa.br, Caixa Postal 8608, 66075-100 Belém/PA.

4 - Laboratório de Geologia Isotópica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, antogt@ufpa.br, Caixa Postal 8608, 66075-100 Belém/PA.

Figura 1. (A) Proposta de compartimentação geocronológica para Cráton Amazônico (Tassinari & Macambira 2004). (B) Mapa geológico simplificado do Município de Presidente Figueiredo, indicando o Estado de Roraima e municípios adjacentes (CPRM 2002).

Este artigo apresenta o arranjo geológico proposto para os granitóides cálcio-alcálicos Água Branca na porção sudoeste do Município de Presidente Figueiredo, nordeste do Estado do Amazonas, região limítrofe entre as rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Amazonas e o embasamento granítico pertencendo ao Escudo das Guianas.

As revisões dos dados sobre a geocronologia e tectono-geoquímica regionais (Tab. 1), acompanhadas das novas informações geoquímicas e isotópicas Pb-Pb apresentadas neste artigo, auxiliam nas discussões sobre séries magmáticas, tipologia de granitóides, ambiente e evolução geológica da Província Ventuari-Tapajós do Cráton Amazônico.

GEOLOGIA E PETROGRAFIA A SIAB mostra-se segmentada por lineamentos NW-SE com fortes inflexões para N, que controlam alguns trechos do Rio Pardo e é cortada por diques de biotita microsienogranito, diabásio e olivina gabro. No extremo oeste da área de ocorrência da unidade, os lineamentos mostram-se arranjados de forma circular, limitando espessos platôs lateríticos (Fig. 2). Essa unidade é representada pelos tipos diorito, biotita-quartzo diorito, biotita-hornblenda granito protomilonítico, biotita granitos porfírico e equigranular, biotita granito granofírico e biotita granito milonítico.

O diorito e o biotita-quartzo diorito exibem textura inequigranular grossa à média e microtextura sub-oftítica a intergra-

Tabela 1. Informações geocronológicas obtidas em cristais de zircão de granitóides calcialcalinos tipo I da porção central do cráton Amazônico.

Estratigrafia	Região	Método	Idade (Ma)	Referência
<i>Granitóides tipo I</i>				
Granito Jardim do Ouro	Vila Riozinho, Tapajós (PA)	Evaporação de Pb	1880±3	Lamarão <i>et al.</i> (2002)
Granito São Jorge Jovem	Vila Riozinho, Tapajós (PA)	Evaporação de Pb	1891± 3	Lamarão <i>et al.</i> (2002)
Suíte Intrusiva Água Branca	SE Roraima (RR)	U-Pb ID-TIMS	1891±7	Santos, in Reis <i>et al.</i> 2003
Suíte Intrusiva Parauari	Tapajós (PA)	U-Pb ID-TIMS	1897±6	Santos <i>et al.</i> (2000)
Suíte Intrusiva Tropas	Tapajós (PA)	U-Pb ID-TIMS	1897±2	Santos <i>et al.</i> (2004)
Suíte Intrusiva Pedra Pintada	N Roraima (RR)	U-Pb SHRIMP	1958±11	Santos (1999)
Granito São Jorge Antigo	Vila Riozinho, Tapajós (PA)	Evaporação de Pb	1981±2	Lamarão <i>et al.</i> (2002)

Figura 2. Mapa geológico do extremo sul do Escudo das Guianas, sudoeste do Município de Presidente Figueiredo (área de estudo). A figura destaca ainda a distribuição areal e as variações petrográficas da Suíte Intrusiva Água Branca, além dos principais lineamentos interpretados a partir dos produtos de sensoriamento remoto LANDSAT TM, JERS e MDT.

nular, com uma paragénesse mineral composta por oligoclásio, anfibólio, biotita, quartzo, microclínio, augita, além de minerais acessórios (apatita e minerais opacos) e hidrotermais (clorita e epidoto) (Fig. 3A).

O biotita granito pórfiro exibe estruturas ígneas bem preservadas (Fig. 3B), enclaves dioríticos subarredondados (Fig. 3B), fenocristais de feldspatos zonados de até 5 cm e matriz de granulação média a grossa (Fig. 3C). A paragénesse mineral é representada por quartzo, cristais e fenocristais de microclínio,

oligoclásio normalmente com zonamento oscilatório, biotita, minerais acessórios (zircão, apatita, opacos e cristais euédricos de titanita) e minerais da série do epidoto, clorita e óxidos de ferro hidrotermais (Fig. 3D). O biotita granito equigranular é um exemplo de variação textural da fácies porfirítica, ocorrendo de modo disseminado em meio desta fácies e em toda porção leste da SIAB. Outro tipo petrográfico, comumente associado ao granito porfirítico, exibe marcantes intercrescimentos granofíricos vermiculares e/ou em chama (Fig. 3E). Tais feições são origi-

nadas pela cristalização simultânea do quartzo e K-feldspato a partir de misturas eutéticas ricas em voláteis, em condições epizonais e comumente associadas aos processos tardi/pós-magmáticos (Hibbard 1979 e 1987, Hughes 1982).

Os termos miloníticos demonstram aspecto textural porfiróide, matriz de granulação média, proeminente foliação NW-SE/

vertical e bandamento incipiente. O arranjo textural milonítico a protomilonítico é ressaltado por porfiroclastos de feldspato rodados por uma matriz quartzo-feldspática de granulação média produto de recrystalização incipiente (Fig. 3F).

No diagrama modal QAP (Fig. 4), as rochas da SIAB estão posicionadas predominantemente no campo dos monzogranitos,

Figura 3. Aspectos de campo, meso- e microscópico dos granitóides Água Branca. Arranjo microtextural do quartzo diorito (A) Aspecto mesotextural das fácies porfirítica e equigranular do biotita granito com destaque, no círculo, a um enclave diorítico (B). Detalhe de fenocristais de oligoclásio zonados na fácies porfirítica (C), biotita granito pórfiro (D), biotita granito granofirico (E) e granito milonítico (F).

Figura 4. Diagrama de composição modal Q-A-P para os granitóides investigados (Streckeisen 1976). Séries graníticas de acordo com Bowden et al. (1984): 1) cálcio-alcálica-tonalítica; 2) cálcio-alcálica-granodiorítica; 3) subalcálica-monzonítica; 4) alumino-potássica; 5) alcálica-sódica.

enquanto os granófiros e o biotita granito equigranular apresentam composição modal sienogranítica e os dioritos composições quartzo-diorítica e dioríticas. Segundo a classificação de séries graníticas, essas rochas estão distribuídas nas séries granodiorítica calcálica e monzonítica subalcálica, enquanto o granófiro se posiciona no campo das rochas alumino-potássicas.

PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS As análises geoquímicas em rocha total foram realizadas no laboratório ACME, em Vancouver, Canadá. Os elementos maiores SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$, MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5 foram determinados por *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry* (ICP-AES), e os traços Ba, Rb, Cs, Ga, Hf, Nb, Y, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Sc, Pb, Zn e Ni, juntamente com os Elementos Terras Raras (ETR), foram determinados por *Inductively Coupled Plasma Atomic Mass Spectrometry* (ICP-AMS).

As informações geocronológicas foram obtidas pelo método Pb-Pb por evaporação de monocristais de zircão em duplo filamento (Köber 1987), realizado no Laboratório de Geologia Isotópica (PARÁ-ISO), Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará (CG/UFPA). Esse método consiste na separação e seleção de cristais de zircão, análise desses cristais no espectrômetro FINNIGAN MAT 262 e tratamento dos dados isotópicos obtidos.

A técnica analítica utiliza um filamento de evaporação com o zircão posicionado em frente a um filamento de ionização. O filamento de evaporação é aquecido gradativamente a partir 1450°C, com duração de cinco minutos cada etapa. Nessas etapas, ocorre a liberação do Pb do retículo cristalino do zircão, o qual se deposita no filamento de ionização. Em seguida, o filamento de ionização, mantido em temperatura ambiente, é aquecido a uma temperatura em torno de 1050°C.

As intensidades das emissões dos diferentes isótopos de Pb são medidas em baixa intensidade de sinal, com monocolletor (um contador de íons), em cinco varreduras das massas 206, 207, 208, 206, 207 e 204. Cada conjunto de cinco varreduras define um bloco obtido no contador de íons, que fornece 18 ra-

zões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Em seguida, a partir das médias dessas razões definiu-se uma idade para cada etapa de evaporação. A cada uma destas etapas são obtidos até cinco blocos de dados, cuja média das razões $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ define uma idade correspondente para cada etapa. Esses dados são representados em um diagrama Idade (Ma) versus Etapas de Evaporação. Das idades obtidas nas diferentes etapas de evaporação, em geral, aquelas correspondentes às obtidas em temperaturas mais altas são utilizadas, pois nesse caso, o Pb analisado, teoricamente, é proveniente das porções mais retentivas do cristal de zircão e, portanto, mais representativas da idade de cristalização do mineral. Os resultados são apresentados com 2 σ de desvio padrão e as correções do Pb comum inicial são realizadas mediante uso do modelo de evolução do Pb em estágio duplo proposto por Stacey & Kramers (1975), utilizando a razão $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Os dados obtidos são tratados estatisticamente segundo critérios metodológicos estabelecidos por Gaudette et al. (1998), dentre os quais se excluem blocos com razões isotópicas $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 0,0004$ com desvios padrões superiores a 2 σ em relação à média das idades dos cristais de zircão, e blocos, etapas de evaporação e/ou cristais que apresentem idades discordantes da média das idades obtidas nas temperaturas mais altas da maioria das análises.

GEOQUÍMICA As rochas investigadas revelam comportamento geoquímico análogo, o que permitiu individualizá-las em um único grupo geoquímico. As diferentes fácies graníticas da SIAB apresentam valores expandidos em SiO_2 entre 65 e 72% (Tab. 2), índice de saturação em alumina posicionado na interface das rochas meta- e peraluminosa, ISA entre 0,94 e 1,06 e assinatura cálcio-alcálica (subalcálica) de alto-K (Fig. 5A e B). Já a fácies diorítica apresenta teores normais em SiO_2 (54%), TiO_2 (0,8%), $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{total}}$ (10,42%) e CaO (7,6%), ISA francamente metaluminosa (0,8) e caráter cálcio-alcálico de médio-K.

Em termos de elementos traços, os granitóides Água Branca revelam altos valores em Ba e Sr, baixos teores em Zn, Nb, Rb, Ta, Zr e Y e variações em Th (9 a 23 ppm) e U (1 a 11 ppm). A relação La+Ce, apresenta valores altos, cerca de 80–130 vezes maiores que os dos condritos. No diagrama de distribuição dos ETR (Fig. 6), as rochas dessa unidade exibem fraca anomalia negativa em Eu, da ordem $[\text{Eu}/\text{Eu}^*]_N = 0,60\text{--}0,88$, moderado a forte enriquecimento dos ETR leves $[(\text{La}/\text{Sm})_N = 5,00\text{--}7,63]$ em relação aos pesados $[(\text{Gd}/\text{Yb})_N = 1,22\text{--}1,77]$, o que indica um padrão de fracionamento moderado a forte $[(\text{La}/\text{Yb})_N = 12,6\text{--}23,2]$. O padrão de distribuição dos elementos compatíveis e incompatíveis revela anomalias positivas em Rb, U, La e Tb e anomalias negativas em Cs, Ba, Th, Nb, Ti e Y (Fig. 6).

O diorito também mostra altos valores em Ba (716 ppm) e Sr (615 ppm) e baixos valores em Zn (54 ppm), Rb (56 ppm), Nb (4,2 ppm), Zr (50 ppm) e Y (21 ppm). Em relação aos ETR, o diorito manifesta baixos valores de La+Ce, em torno de 17 vezes maiores que os dos condritos e valores de Yb+Lu menores que os dos condritos. O padrão de distribuição dos ETR exibe formato convexo com fraca anomalia positiva em Eu, da ordem $[\text{Eu}/\text{Eu}^*]_N = 1,4$, moderado enriquecimento dos ETR leves, de razão $[(\text{La}/\text{Sm})_N = 3,3]$, em relação aos pesados, da ordem de $[(\text{Gd}/\text{Yb})_N = 1,7]$, indicativo de um moderado a fraco fracionamento, da ordem de $(\text{La}/\text{Yb})_N \sim 8$ (Fig. 6). No diagrama multielementar, o diorito revela picos em Ba, K, La, Sr, Sm e Tb, e depressões em Cs, Th, Ta, Ce, Zr, Ti e Y (Fig. 6).

Ambiente tectônico e tipologia de granitos Os elevados teores em Ba, Sr e Rb/Zr e baixos valores em Nb, Rb, Ta, Zr, Zn, Y, K/Rb e ETRL da SIAB (Valério et al. 2006a) são observados em rochas cálcio-alcálicas originadas em ambientes sin-colisionais (Pearce et al. 1984, Harris et al. 1986). O diagrama discriminan-

Tabela 2. Composição química de amostras da Suíte Intrusiva Água Branca.

Litotipo	biotita granito pórfiro						biotita granito granofírico				biotita granito equigranular	biotita granito milonítico	biotita± hornblenda granito notomilonítico	diorito
Amostra	C0504A	C2104A	C2104B	C5004A	C5004B	C6504	C0404A	C5104A	C5104B	REC5104B	C1804A	C3504	C6304	C2804
SiO ₂ (%)	72,59	68,63	68,91	70,43	70,46	66,92	71,2	66,91	66,91	67,28	66,9	72,33	65,13	54,15
TiO ₂	0,2	0,34	0,34	0,28	0,29	0,45	0,21	0,32	0,34	0,34	0,39	0,23	0,41	0,8
Al ₂ O ₃	14,13	15,4	15,18	14,98	14,97	15,82	14,97	16,5	16,48	16,04	16,76	14,7	15,83	16,88
Fe ₂ O ₃	1,73	2,85	2,84	2,26	2,25	3,48	1,78	2,92	2,91	3,05	3,04	2,06	3,95	10,42
MnO	0,03	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,16
MgO	0,31	1,09	1,13	0,84	0,82	1,35	0,43	1,19	1,18	1,28	1	0,5	1,74	4,06
CaO	1,3	2,65	2,66	2,24	2,21	2,95	1,86	2,52	2,58	2,62	2,78	1,62	3,51	7,6
Na ₂ O	3,74	4,04	3,96	4,04	4	3,97	4,11	4,72	4,68	4,48	4,66	4,03	3,74	3,37
K ₂ O	4,68	3,84	3,73	4,06	4,02	3,79	4,12	3,75	3,63	3,81	3,43	4,02	4	1,55
P ₂ O ₅	0,06	0,13	0,12	0,09	0,09	0,16	0,08	0,12	0,14	0,13	0,14	0,08	0,16	0,27
PF	1	0,8	0,9	0,6	0,7	0,7	0,9	0,8	0,9	0,7	0,6	0,2	1,3	0,6
Total	99,81	99,81	99,84	99,98	99,85	99,65	99,72	99,82	99,82	99,82	99,76	99,84	99,85	99,87
Mo (ppm)	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,4	0,1	1,2	1,2	1,3	0,2	0,2	0,5	0,3
Cu	12,3	5,7	6,2	7,8	7,5	18	8,2	4,3	5,2	5	14	11,9	4,5	26,1
Pb	12,8	5,1	4,4	10,1	8,8	5,1	4,6	5,6	5,7	5,5	2,6	2,1	5,4	1
Zn	33	40	48	41	40	57	33	48	51	51	56	47	28	54
Ni	0,8	9,7	10,7	7,8	7,4	12,7	1,5	8,5	8,3	8,7	4,9	2,1	11,4	19,6
Ba	1245,9	1090,9	888,8	915,5	959,6	1255,1	984,6	1034,6	1023,9	1013,9	1295,9	1199,1	940,3	716,4
Ga	18,2	18,3	18,8	18,6	19,8	19,1	19,4	19,2	18,2	18,1	19,9	16,5	19,2	21,5
Hf	5,3	4,4	3,9	4,1	4,5	4,4	4,2	3,9	3,9	3,9	4,8	4,5	4,1	1,5
Nb	13,9	8,7	9,2	9,3	10,1	9,9	11,2	7	8,1	7,6	8,7	6,1	7,2	4,2
Rb	171,6	121,4	132,1	143,3	147,1	123,7	152,7	150,1	139,6	140,1	94,4	88,8	142,5	56,4
Sr	295,3	633,7	632,8	448,5	469,3	649	493,1	625,5	608,1	594,9	672,9	419,6	657,6	615,5
Ta	1	0,7	0,8	1	1,1	0,8	1,1	0,5	0,7	0,7	0,8	0,3	0,6	0,2
Th	12	6,7	19,4	23,1	20,9	14,5	14	8,8	12,1	8,3	10,7	10,2	15,4	1,9
U	3,9	2,5	3,4	11,2	10,8	4,5	3,9	3,1	4,2	2,7	2,8	1,1	4,9	0,6
V	13	42	43	34	34	55	23	41	40	41	44	17	72	226
W	0,6	0,3	0,2	0,5	0,6	0,3	0,2	1	0,7	1	0,2	0,1	0,6	0,3
Zr	181,9	152,4	143,6	125	140,5	148,3	140,5	150,8	141,3	132	179,5	160,8	140,2	49,7
Y	21,1	12,9	14,9	16,3	17,7	21,8	15,2	14,8	17,4	15,5	18,7	15,5	17,5	21,5
La (ppm)	42,5	16,1	36,3	40,4	44,1	44,2	29,8	36,2	35,8	40	34,8	33,9	35,4	23,3
Ce	83,2	82,3	73,2	75,2	81,7	90,5	59,9	68,5	71,7	75,3	72,1	67,5	72	49
Pr	8,51	7,71	7,64	7,35	7,92	9,63	6,23	7	7,79	7,63	7,79	6,97	7,79	5,57
Nd	29,8	25,6	27,7	25,4	27,7	36,5	22,8	25,5	29,5	27,1	29,1	24,6	29,5	22,4
Sm	4,9	3,8	4,3	3,7	3,9	5,6	3,7	3,9	4,6	4	4,8	3,9	4,3	4,4
Eu	0,8	0,83	0,88	0,84	0,78	1,15	0,73	0,93	0,99	0,9	1,11	0,76	0,95	1,95
Gd	3,43	2,46	3,04	2,69	2,97	3,86	2,42	2,7	3,19	2,69	3,29	2,87	2,9	4,06
Tb	0,62	0,35	0,42	0,42	0,45	0,65	0,41	0,45	0,49	0,43	0,54	0,45	0,48	0,63
Dy	3,3	1,94	2,4	2,22	2,28	3,2	2,25	2,15	2,72	2,27	2,83	2,64	2,52	3,58
Ho	0,7	0,39	0,47	0,48	0,52	0,64	0,47	0,46	0,52	0,47	0,59	0,49	0,51	0,73
Er	2,02	1,16	1,31	1,38	1,48	1,84	1,39	1,34	1,57	1,41	1,6	1,38	1,48	2,06
Tm	0,33	0,2	0,22	0,24	0,27	0,29	0,23	0,2	0,23	0,23	0,25	0,21	0,25	0,29
Yb	2,24	1,34	1,54	1,55	1,79	1,76	1,6	1,44	1,71	1,55	1,7	1,35	1,67	1,96
Lu	0,36	0,23	0,25	0,28	0,28	0,29	0,3	0,22	0,26	0,23	0,29	0,2	0,27	0,29
ISA	1,45	1,46	1,47	1,45	1,46	1,48	1,48	1,50	1,51	1,47	1,54	1,52	1,41	1,35
K ₂ O/Na ₂ O	1,25	0,95	0,94	1,00	1,01	0,95	1,00	0,79	0,78	0,85	0,74	1,00	1,07	0,46
Ga/Al	2,43	2,24	2,34	2,35	2,50	2,28	2,45	2,20	2,09	2,13	2,24	2,12	2,29	2,41
Eu/Eu*	0,60	0,83	0,74	0,81	0,70	0,76	0,75	0,88	0,79	0,84	0,85	0,82	0,69	1,41
[La/Sm] _N	5,46	7,63	5,31	6,87	7,11	4,96	5,07	5,84	4,90	6,29	4,56	5,18	5,47	3,33
[Gd/Yb] _N	1,24	1,48	1,59	1,40	1,34	1,77	1,22	1,51	1,51	1,40	1,56	1,40	1,72	1,67
[La/Yb] _N	12,79	23,19	15,89	17,57	16,61	16,93	12,56	16,95	14,11	17,40	13,80	14,29	16,93	8,01

te de ambiente tectônico Rb *versus* Yb+Ta (Fig. 7A), posiciona a SIAB no campo das rochas de arco vulcânico. No diagrama que correlaciona Zr+Nb+Ce+Y *versus* (Na₂O+K₂O)/CaO, a

SIAB se posiciona no campo dos granitos tipo I não fracionados (Fig. 7C). As médias de alguns elementos compatíveis e incompatíveis mostram relativa homogeneidade, se comparados aos

Figura 5. Diagramas de caracterização geoquímica dos grani-
toides Água Branca. (A) Índice de saturação em alumina (Ma-
niar & Picolli 1989). (B) Diagrama de correlação entre SiO_2
versus K_2O , mostrando o grau de alcalinidade e teor de potás-
sio (Rickwood 1989).

granitos tipo I de Chappell & White (2001). O enriquecimento exponencial em Ta e Nb sugere um *trend* de maturidade de arco vulcânico com tendência à produção de rochas com característi-
cas pós-colisionais (Fig. 7C).

GEOCRONOLOGIA Pb-Pb EM ZIRCÃO Neste traba-
lho são apresentadas três idades obtidas pelo método de evapora-
ção de Pb de monocristais de zircão em duplo filamento para o
biotita±hornblenda granito protomilonítico, biotita granito pórfiro
e biotita granito milonítico da SIAB. Os resultados obtidos
excluem cristais que não forneceram sinal de Pb suficiente para
determinação da razão isotópica e cristais que forneceram valo-
res de $^{204}Pb/^{206}Pb$ superiores a 0,0004 (Tab. 3, Fig. 8).

Biotita±hornblenda granito protomilonítico Para obtenção
da idade Pb-Pb evaporação desse litotipo, foram selecionados
inicialmente 21 cristais de zircão, na fração 180-125 μm , que
exibem cor marrom clara a média, são translúcidos, prismáticos
bipiramidais, às vezes subarredondados, curtos (largura:comprimento = 1/2 a 1/3), raros zonados, fortemente microfraturados,
levemente oxidados e com inclusões opacas e transparentes

arredondadas e alongadas. A partir deste conjunto de 21 cristais,
sete foram analisados e forneceram sinal de Pb suficientemente
intenso para a determinação das razões isotópicas, além de
mostrar valores da razão $^{204}Pb/^{206}Pb$ inferior a 0,0004. Após a
eliminação subjetiva, cinco cristais de zircão foram utilizados
para o cálculo da idade média ponderada, revelando um valor
de 1898 ± 3 Ma, com *Unified Standard Deviation* (USD) = 1,74.
Esse valor foi interpretado como idade de cristalização dos cris-
tais de zircão analisados e, conseqüentemente, do alojamento do
biotita±hornblenda granito milonítico.

Biotita granito pórfiro

Onze cristais de zircão for-
neceram sinal de Pb suficientemente intenso para a determina-
ção da razão isotópica e valores inferiores 0,0004, em relação
à razão $^{204}Pb/^{206}Pb$. Esses cristais são de cor marrom média a
clara, subtranslúcidos, prismáticos bipiramidais, raros subar-
redondados, curtos (1/2), zonados, fortemente microfraturados, às
vezes fragmentados e contendo inclusões opacas e transparentes
subarredondadas e alongadas. Raros cristais apresentam um as-
pecto leitoso relacionado ao processo de metamitização. Depois
de realizada a eliminação subjetiva, seis cristais de zircão foram
utilizados para o cálculo da idade média, que revelou o valor
de 1895 ± 3 Ma (USD = 1,6), interpretado como idade de cris-
talização do biotita granito pórfiro Água Branca. Cabe ressaltar
que o cristal C2101/7 apresentou um desvio na idade de ± 31 Ma,
entretanto, a idade obtida nesse cristal é condizente com a média
dos demais cristais.

Biotita granito milonítico Os cristais de zircão selecionados
nesse litotipo são de cor marrom clara, subtranslúcidos a trans-
lúcidos, prismáticos bipiramidais, curtos (1/4), ocasionalmente
com a borda arredondada, zonados, microfraturados, contendo
inclusões transparentes e opacas alongadas. Foram reservados
onze cristais para análise isotópica, dos quais oito revelaram
uma idade média ponderada de 1890 ± 2 Ma (USD = 1,62), inter-
pretada como a idade mínima de cristalização desse litotipo.

Os cristais C3504/8 e C3504/10 apresentaram idades de
 1938 ± 5 Ma e 1932 ± 6 Ma, que poderiam vir de rochas encaixa-
ntes ou terem sido parcialmente rejuvenescidas ao serem imersos
no magma granítico Água Branca. Contudo, idades Pb-Pb si-
miliares (1,93–1,94 Ga) têm sido atribuídas aos charnockitos da
Suíte Intrusiva Serra da Prata e a (meta) granitos e gnaisses da
Suíte Metamórfica Rio Urubu, ao norte da área de estudo, sul do
Estado de Roraima.

DISCUSSÕES As informações que associam a controver-
tida contemporaneidade entre distintos eventos magmáticos na
Província Ventuari-Tapajós ainda são alvo de diversas discus-
sões, sobretudo a partir de modelos de evolução tectônica na
Província Aurífera Tapajós, região sobre a qual se concentra um
grande número de trabalhos contendo informações geoquímicas,
química mineral e geologia isotópica Pb-Pb, U-Pb e Sm-
Nd. Nessa concepção, Santos *et al.* (2000, 2004) descreveram o
evento orogênico Tapajós-Parima como sendo formado por di-
ácronos arcos magmáticos cálcio-alcálicos (2,05–1,88 Ga), que
pelo processo de fusão parcial em altas temperaturas ($>800^\circ C$)
e baixa pressão produziram uma assembleia vulcano-plutônica
pós-colisional representada pela Suíte Intrusiva Maloquinha e
pelo Grupo Iriri, considerados correlatos aos plutono-vulcanis-
mo tipo A da área de estudo (Valério *et al.* 2006a). Na porção sul
dessa província, região do Rio Tapajós, Vasquez *et al.* (2002)
discutiram a mudança do magmatismo cálcio-alcálico oro-
gênico para alcalino pós-orogênico e alertaram para a estreita
associação espacial e temporal dos granitoides calcálcicos e
alcálicos nessa região. Esses autores sugeriram também que o
magmatismo alcalino poderia ser o estágio tardi-orogênico dos

Figura 6. Padrões de distribuição dos ETR e multielementar dos granitóides Água Branca. Valores normalizados de acordo com os condritos de Boynton (1984) e o manto primitivo de McDonough et al. (1992).

Figura 7. Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos. A (Pearce 1996) e B (Harris et al. 1986). (C) Diagrama discriminante de granitóides tipo A, tipo I fracionado e tipo I não fracionado (Whalen et al. 1987).

Tabela 3. Resultados isotópicos obtidos pelo método evaporação de Pb em monocristais de zircão das rochas investigadas. Resultados dos cristais herdados do biotita granito milonítico destacados pelo fundo cinza. $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_c$ = razões isotópicas corrigidas do Pb comum inicial.

Cristais	Temp. de evaporação (°C)	Nº. de razões isotópicas	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2_	(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb) _c	2_	Idade (Ma)	2_
BIOTITA±HORNBLENDA GRANITO PROTOMILONÍTICO ÁGUA BRANCA								
C6304/1	1500	30	0,000038	4	0,11621	35	1899	5
	1550	34	0,00005	8	0,11593	38	1895	6
C6304/2	1500	38	0,000008	4	0,1162	17	1899	3
	1550	38	0,000025	1	0,11663	34	1905	5
C6304/5	1500	28	0,000075	3	0,11596	34	1895	5
C6304/6	1450	30	0,000051	1	0,11569	36	1891	6
C6304/9	1500	34	0,000049	7	0,11626	23	1900	4
Σ = 232			Média ponderada =			1898	±3	
BIOTITA GRANITO PÓRFIRO ÁGUA BRANCA								
C2104/1	1450	38	0,000154	9	0,11557	19	1889	3
C2104/5	1450	30	0,000048	8	0,11586	56	1894	9
	1550	30	0,000024	7	0,116	2	1896	3
C2104/7	1500	8	0,000000	0	0,11563	199	1890	31
C2104/8	1500	38	0,000047	3	0,11576	16	1892	2
C2104/9	1500	34	0,000015	4	0,11594	15	1895	2
C2104/11	1500	36	0,000090	6	0,11629	18	1900	3
Σ = 214			Média ponderada =			1895	±3	
BIOTITA GRANITO MILONÍTICO ÁGUA BRANCA								
C3504/1	1450	24	0,000029	7	0,11586	45	1894	7
	1480	24	0,000011	9	0,11559	39	1889	6
C3504/2	1500	8	0,000136	26	0,11480	156	1877	24
C3504/5	1450	32	0,000101	7	0,11543	14	1887	2
C3504/6	1450	8	0,000050	8	0,11508	157	1881	25
C3504/7	1500	38	0,000099	3	0,11549	19	1888	3
C3504/8	1500	32	0,000031	7	0,11879	31	1938	5
C3504/9	1480	34	0,000016	4	0,11579	18	1892	3
	1500	30	0,000016	5	0,11586	18	1894	3
C3504/10	1450	8	0,000022	1	0,11835	39	1932	6
C3504/11	1450	36	0,000174	9	0,11527	41	1884	6
	1480	34	0,000031	7	0,11559	18	1889	3
C3504/13	1450	6	0,000031	12	0,11549	71	1888	11
Σ = 490			média ponderada =			1890	±2

Figura 8. Diagramas Idade (em Y) versus Etapa de Evaporação (em X) dos cristais de zircão empregados no cálculo da idade média ponderada das fácies biotita-hornblenda granito protomilonítico, biotita granito pórfiro e biotita granito milonítico da SIAB. Círculo cheio representa blocos de razões isotópicas utilizados no cálculo da idade

Figura 9. Modelo geotectônico proposto para o alojamento dos granitóides cálcio-alcálinos do extremo sul do Escudo das Guianas, porção norte da Província Ventuari-Tapajós. Fase final de subducção da paleoplaça oceânica sob a Província Amazônia Central, envolvendo os processos finais de colagem e construção da Província Ventuari-Tapajós associado ao magmatismo Água Branca tipo I.

arcos Cuiú-Cuiú ou Tropas.

Segundo Lamarão *et al.* (2002a, 2002b), a região da Vila Riozinho, localizada na Província Aurífera do Tapajós, se formou durante dois períodos de intensa atividade magmática (2,0-1,97 Ga e 1,89-1,87 Ga), considerando-se duas hipóteses para o segundo período. A primeira gerou rochas alcalinas ainda no processo de subducção e a segunda é associada à ausência de subducção em um período de distensão e magmatismo intra-placa. Lamarão *et al.* (2005) consideram que os modelos com base em $_{\text{Nd}}$ indicam que o magma original não foi produzido exclusivamente pela refusão da crosta arqueana e apontam para fontes predominantemente paleoproterozóicas com modificações do magma por interação com a crosta ou por refusão pós- a tardi-orogênica de antigo arco paleoproterozóico com pequena contribuição arqueana.

Na porção norte da Província Ventuari-Tapajós (Estado de Roraima), a CPRM (2000) relaciona os granitóides cálcio-alcálinos da SIAB e os vulcanitos Iricoumé a um estágio tardi- a pós-colisional, seguido, no final do Paleoproterozóico, de estabilidade continental e subseqüentes processos extensionais com desenvolvimento de hemigrábens e intenso magmatismo anorogênico, este último representado pela Suíte Intrusiva Mapuera, acumulações vulcanossedimentares e intrusões de rochas máficas.

CONCLUSÕES A SIAB é constituída na região estudada por granitóides que variam de sienogranitos, passando pelos predominantes monzogranitos até termos dioríticos, os quais exibem arranjos texturais porfíricos, equigranulares, (proto) miloníticos e granofíricos. A presença de enclaves de diorito, associada aos valores expandidos em SiO_2 , Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{total})}$, MgO , CaO e $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ e relativa homogeneidade na razão Fe/Mg , sugerem a participação de magmas da Série Granodiorítica Cálcio-alcálica. Os elevados teores em Ba, Sr e Rb/Zr e baixos valores em Nb, Rb, Ta, Zr, Zn, Y, K/Rb e ETRL da SIAB, aliados ao padrão de distribuição dos ETR e em diagramas multielementares, indicam um ambiente sin-colisional com formação de arco magmático, geração de rochas cálcio-alcálicas meta a peraluminosas de médio a alto-K, do tipo I normal ou pouco fracionadas (Valério *et al.* 2006b). A forte homogeneidade entre o padrão de distri-

buição de elementos compatíveis e incompatíveis das rochas da SIAB em relação às rochas de ambiente tipicamente sin- e pós-colisionais, contribui com a proposta de um regime colisional envolvendo os processos finais de colagem, subducção de uma paleoplaça oceânica contra o protocráton Amazônico (Província Amazônia Central), subseqüente construção da Província Ventuari-Tapajós (Fig. 9), associados ao magmatismo Água Branca, gerado em torno de 1,89 Ga e que também é considerado correlato ao magmatismo Parauari (Tropas), na porção sul da Província Ventuari-Tapajós (Província Aurífera Tapajós).

As idades muito próximas das rochas deformadas (1898 ± 3 Ma e 1890 ± 2 Ma) e não-deformadas (1895 ± 3 Ma) apontam para um processo heterogêneo, afetando umas rochas e preservando outras. Por outro lado, os aspectos petrográficos e geocronológicos sugerem que a milonitização se deu logo após o alojamento dos corpos Água Branca. Sendo assim, como um processo rúptil que se deu próximo à superfície terrestre, as rochas da região devem ter passado por um soerguimento logo após suas colocações, o que é bem plausível para um ambiente de colisão, vindo fortalecer a hipótese levantada.

Agradecimentos. Ao MCT/CNPq (Processo n°. 620181/2004) e CAPES, pelo apoio financeiro e concessão de bolsas de estudo. Aos moradores do ramal do Canoas, por nos receberem de forma hospitaleira. Ao geólogo Mário Sérgio G. Faria, pelas discussões durante os trabalhos de campo. Aos alunos do curso de geologia que participaram das etapas de campo.

Referências

- Almeida M.E., Macambira M.J.B., Faria M.S.G. 2002. A Granitogênese paleoproterozóica do sul de Roraima. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 41, *Anais*, 434.
- Almeida M.E., Macambira M.J.B. 2003. Aspectos geológicos e litológicos dos granitóides cálcio-alcalinos Paleoproterozóicos do sudeste de Roraima. In: SBGq, Congresso Brasileiro de Geoquímica, 9, *Anais*, 775-778.
- Bowden P., Batchelor R.A., Chappell B.W., Didier J., Lameyre J. 1984. Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. *Philos. Mag. Ser. A*, **35**:1-11.
- Boynton W.V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. In: P. Henderson (Ed.). *Rare earth element geochemistry*, Elsevier, p.63-114.
- Chappell B.W. & White A.J.R. 2001. Two contrasting granite types: 25 years later. *Aust. Journ. E. Scien.*, **48**:487-488.
- CPRM 2000. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Caracará, *Folhas NA.20-Z-B e NA.20-Z-D inteiras e parte das folhas NA.20-Z-A, NA.20-Z-C, NA.21-Y-C e NA.21-Y-A*. Estado de Roraima. Escala 1:500.000. Brasília, CD-ROM.
- CPRM 2002. *Geologia e Recursos Minerais da Amazônia Brasileira, Região Cratônica, Sistema de Informações Geográficas - SIG*. Mapa na escala de 1:1.750.000. CD-ROM.
- Fraga L.M., Reis N.J. 2002. The calc-alkaline volcano-plutonism in the northern Roraima state, Guiana Shield: Implications for the Uatuma event concept and geotectonic significance. In: Simp. Vulc. Amb. Assoc., 2, Belém (Pa), *Anais*, 15.
- Gaudette H.E., Lafon J.M., Macambira M.J.B., Moura C.A.V., Scheller T. 1998. Comparison of single filament Pb evaporation/ionization zircon ages with conventional U-Pb results: examples from Precambrian of Brazil. *Jour. South. Amer. Earth. Scien.*, **11**:351-363.
- Harris N.B.W., Pearce J.A., Tindle A.G. 1986. Geochemical characteristics of collision zone magmatism. In: M.P. Coward & A.C. Ries (Eds.). *Collision Tectonics*. Geological Society Special Publication, **19**:67-81.
- Hibbard M.J. 1979. Myrmekite as a marker between pre and post aqueous phase saturation in granitic systems. *Geol. Soc. Amer. Bul.*, **90**:1047-1062.
- Hibbard M.J. 1987. Deformation of incompletely crystallized magma systems: granite gneisses and their tectonic implication. *Jour. Geol.*, **95**:543-561.
- Hughes C.J. 1982. *Igneous Petrology*. Elsevier Science, New York, Developments in Petrology, 7, 551p.
- Köber B. 1987. Single grain evaporation combined with Pb emitter bedding $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ investigations using thermal ion mass spectrometry and implications to zirconology. *Cont. Min. Petr.*, **96**:63-71.
- Lamarão C.N. & Dall'Agnol R. 2002a. Granitóides São Jorge Antigo e São Jorge Jovem: petrografia e geoquímica de magmatismo cálcio-alcalino alto-K paleoproterozóico na Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico, In: E.L. Klein, M.L. Vasquez, L.T. Rosa-Costa (Eds.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, 3, SBG-NO, Belém, p.53-66.
- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Lafon J.-M., Lima E.F., 2002b. Geology, geochemistry and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil. *Prec. Res.*, **119**(1-4):189-223.
- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Pimentel M.M. 2005. Nd isotopic composition of Paleoproterozoic volcanic and granitoid rocks of Vila Riozinho: implications for the crustal evolution of the Tapajós Gold Province, Amazon Craton. *Jour. S. Amer. Earth Scien.* **18**:277-292.
- Maniar P.D. & Piccoli P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bul.*, **101**:635-643.
- McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E., Jagoutz E., Hofmann A.W. 1992. Potassium, rubidium, and cesium in the Earth and Moon and the evolution of the mantle of the Earth. *Geoc. Cosmoc. Acta*, **56**(3):1001-1012.
- Oliveira M.J.R., Luzardo R., Faria, M.S.G., Pinheiro S.S. 1996a. A Suíte Intrusiva Água Branca no sudeste de Roraima, In: SBG/NO, Simp. Geol. Amaz., 5, *Anais*, Belém-PA, p.86-89.
- Oliveira M.J.R., Almeida M.E., Luzardo, R., Faria M.S.G. 1996b. Litogeoquímica da Suíte Intrusiva Água Branca - SE de Roraima. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, *Anais*, Salvador-BA, 2:213-216.
- Pearce J.A. 1996. Sources and setting of granitic rocks. *Episodes*, **19**(4):120-125.
- Pearce J.A., Harris N., Tindle A. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Jour. Petr.*, **25**:956-983.
- Reis N.J., Faria, M.S.G., Fraga, L.M.B., Haddad, R.C. 2000. Orosirian calc-alkaline volcanism and Orocaima event in the northern Amazonian craton, eastern Roraima state, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **30**(3):380-383.
- Reis N.J., Fraga L.M., Faria M.S.G., Almeida M.E. 2003. Geologia do Estado de Roraima, Brasil. In: F. Rossi, L. Jean-Michel, M.L. Vasquez (eds). *Geology of France and Surrounding Areas*. Ed. brgm. Paris, França. **2-3-4**:121-134.
- Rickwood P. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos* **22**:247-263.
- Santos J.O.S. 1999. *New understanding of the Amazon craton gold provinces*. New Developments in Economic Geology. Center for Teaching and Research in Strategic Mineral Deposits. University of Western Australia, Perth, 10p.
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2000. A New understand of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gond. Res.*, **3**(4): 453-488.
- Santos J.O.S., Van Breemen O.B., Groves D.I., Hartmann L.A., Almeida M.E., McNaughton N.J., Fletcher, I.R. 2004. Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. *Prec. Res.*, **131**:73-109.
- Stacey J.S. & Kramers J.D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model. *Earth Plan. Sci. Lett.*, **26**:207-221.
- Streckeisen A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Scien. Rev.*, **12**:1-33.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. Dal Ré Carneiro, B.B. Brito-Neves. *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, p.471-485.
- Valério C.S., Souza V.S., Macambira M.J.B., Galarza M.A. 2006a. Aspectos geoquímicos e idade Pb-Pb da borda sudeste do batólito São Gabriel, Município de Presidente Figueiredo (AM), Escudo das Guianas: Implicações tectônicas. In: SBG/NO, Simp. Geol. Amaz., 9.
- Valério C.S., Souza V.S., Macambira M.J.B. 2006b. Granitóides calcálicos do extremo sul do Escudo das Guianas, Município de Presidente Figueiredo (AM): petrografia e geoquímica da Suíte Intrusiva Água Branca. In: SBG/NO, Simp. Geol. Amaz., 9.
- Vasquez M.L., Ricci P.S.F., Klein E.L. 2002. Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: SBG, *Contribuições à Geologia da Amazônia*, 3, Belém, p.67-83.
- Whalen J.B., Currie K.I., Chappell B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Miner. Petr.*, **95**:407-419.

Manuscrito AE017

Revisão aceita em 17 de agosto de 2006