

IV Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados
Foz do Iguaçu, PR – 08 a 11/04/2008.

**O SISTEMA VULCANO-PLUTÔNICO PALEOPROTEROZÓICO DA
REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA), PROVÍNCIA MINERAL DE
CARAJÁS**

Carlos Marcello Dias Fernandes^{1,2}, Caetano Juliani^{1,2}, Bruno Lagler¹, Candido Augusto V. Moura³

¹Instituto de Geociências, USP. Rua do Lago, 562 – Cidade Universitária. CEP 05508-080.

São Paulo, SP. E-mail: cmdf@usp.br; cjuliani@usp.br; bruno.lagler@usp.br

²Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia

³Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) – UFPA. E-mail: candido@ufpa.br

Resumo – Geologia, observações petrográficas e análises geoquímicas em rocha total mostram a nítida separação entre duas seqüências vulcânicas paleoproterozóicas na região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás. A suíte basal é intermediária e formada predominantemente por derrames de andesitos cuja evolução foi governada pelo fracionamento de clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio e magnetita. Os vulcanitos fissurais sobrepostos e rochas associadas são de composição riolítica, diferenciados pelo fracionamento de feldspatos. A primeira suíte tem assinatura geoquímica de granitóides de arco-vulcânico, caráter cálcio-alcalino de alto-K e metaluminosa. Já a associação posterior e seus associados são anorogênicos, têm afinidade geoquímica intraplaca, bem como são predominantemente peraluminosos e transicionais entre subalcalino e alcalino. A transição entre o fim de uma orogênese e início de *rift* intraplaca poderia explicar a evolução de tais unidades.

Palavras-Chave: Estratigrafia, vulcanismo fissural, geoquímica, Cráton Amazônico

Abstract – Geology, petrographic observations, and whole rock geochemical analyses shown a clear separation between two paleoproterozoic volcanic sequences in the São Felix de Xingu (PA) region, Carajás Mineral Province. The basal suite is intermediate and formed mainly of andesites flows, characterized by clinopyroxene, amphibole, plagioclase, and magnetite fractionation. The upper fissure-controlled volcanic sequence and related rocks show rhyolitic composition, and featured by feldspar fractionation process. The first has a geochemical signature of volcanic-arc granitoids, high-K calc-alkaline character and metaluminous type. Already the upper association and theirs related rocks are anorogenic, with intraplate geochemical affinity, also these are mainly per aluminous with transition between subalkaline-alkaline. The transition between end of orogenic process and primeval intraplate rift could explain the evolution of the cited units.

Keywords: Stratigraphy, fissure-controlled volcanism, geochemistry, Amazonian Craton

Carajás
Geoquímica das
rochas
vulcanismo
Estratigrafia

1. Introdução

Na região centro-sul do estado do Pará, em área circunvizinha ao município de São Félix do Xingu, ocorre amplo vulcanismo efusivo e explosivo paleoproterozóico não metamorfizado e muito pouco deformado (Fig. 1), materializado por uma seqüência basal intermediária depositada em forma de derrames, bem como por outra félsica sobreposta fissural, com distribuição espacial semelhantes. As rochas dessas unidades são petrográfica- e quimicamente distintas e se encontram reunidas nas formações Sobreiro (FS) e Santa Rosa (FSR), respectivamente. A primeira ostenta fácies coerente predominantemente andesítica, com subordinados andesito basáltico, lati-andesito e riodacito; bem como uma fácies vulcanoclástica de tufos de cinzas, vítreo e de cristais, além de lápilli-tufo e brecha polimítica maciça subordinados. Riolitos e riodacitos subordinados constituem a fácies coerente da unidade superior; a fácies vulcanoclástica é formada por tufos de cristais, ignimbritos (tufos de cinzas), lápilli-tufo e brechas polimíticas maciças. Associados às duas unidades ocorrem ainda *stocks* e diques de pórfiros graníticos (PG) e leucogranitos equigranulares, com assinaturas geoquímicas semelhantes à dos vulcanitos félsicos. Datações Pb–Pb por evaporação em zircão apontam idade de ~1880 Ma para ambas as suítes, mas em campo pode-se observar que a FSR está posicionada sobre a FS (Fernandes & Juliani em preparação, Pinho et al. 2006). As duas unidades são truncadas por maciços graníticos estaníferos do tipo-A, que formam a Suite Intrusiva Velho Guilherme e apresentam idade Pb–Pb em zircão por evaporação de ~1860 Ma (Pinho et al. 2006, Teixeira et al. 2002).

As seqüências vulcânicas em estudo fazem parte da Província Mineral de Carajás, situada no contexto do Cráton Amazônico, no domínio geocronológico da Província Amazônia Central (Tassinari & Macambira 1999) ou Carajás (Santos et al. 2000).

Esta associação é correlacionada ao evento vulcano–plutônico paleoproterozóico conhecido *sensu lato* como Uatumã (Pessoa et al. 1977), que resultou em um grande volume de granitóides de composições e naturezas diversas, bem como em extensos derrames e fluxos vulcanoclásticos félsicos e, subordinadamente, de composição intermediária (Dall’Agnol et al. 1999b, Juliani et al. 2005, Lamarão et al. 2002, Teixeira et al. 2002). Contudo, o desenvolvimento de estudos sistemáticos de mapeamento, estratigrafia, geoquímica e geocronologia têm revelado que este mega-evento foi formado em, pelo menos, dois períodos, necessitando ser reavaliado em praticamente todo o Cráton (Dall’Agnol et al. 1999a, Lamarão et al. 2002).

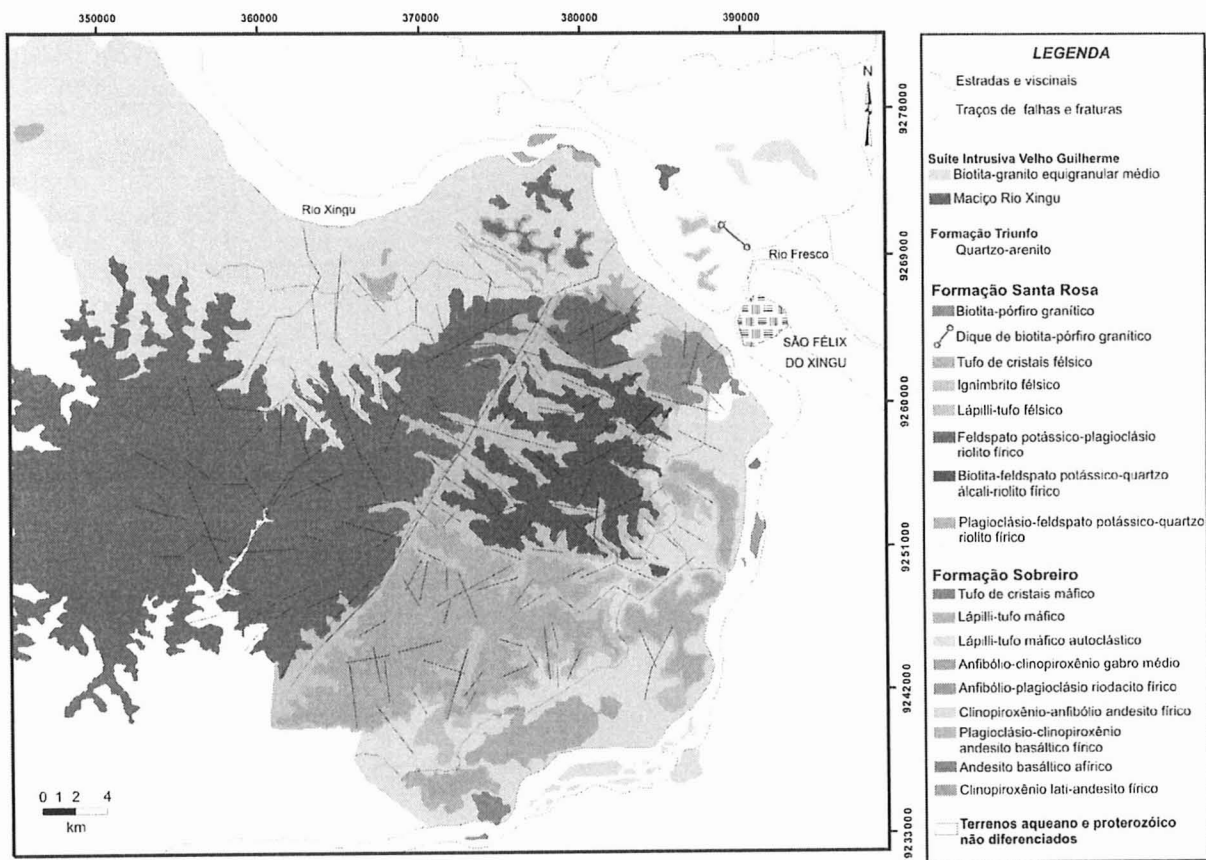


Fig. 1 Mapa geológico preliminar da região de São Félix do Xingu (Fernandes & Juliani em preparação).

2. Petrografia

Os litotipos coerentes da FS são mesoscopicamente maciços, porfíricos ou afaníticos e mostram cor preto-esverdeado, cinza-escuro e púrpura-escuro. A maioria das rochas tem fenocristais (até 20 % modal) e microfenocristais de anfibólio, clinopiroxênio e, subordinadamente de plagioclásio, imersos em matriz criptocristalina ou microlítica formada por micrólitos de plagioclásio de granulação fina, comumente orientados por fluxo magmático. Vulcanitos afíricos, sobretudo os tipos mais evoluídos, exibem esferulitos dispersos na matriz do tipo “esférico”, “leque” e “nó de gravata”, formados provavelmente pelo intercrescimento de fibras de feldspato potássico e quartzo. Sericita, clorita, epidoto, carbonatos e minerais opacos são as fases secundárias. Localmente alguns litotipos mostram amígdalas esféricas à subesféricas preenchidas por clorita, quartzo, epidoto, carbonatos e opacos. Apatita, óxidos de Fe e Ti (até 3% modal) e, muito subordinadamente zircão, ocorrem como principais acessórios primários. Os termos vulcanoclásticos são pretos, cinza-escuros ou púrpura-escuros e exibem grande quantidade de fragmentos vítreos e líticos de composição intermediária, bem como fragmentos de cristais de clinopiroxênio, plagioclásio e, subordinadamente anfibólio, suportados por matriz vitrofírica. O conteúdo modal destes constituintes atinge até 75% em volume em algumas amostras. Minerais opacos, clorita, epidoto e carbonatos figuram como as principais fases de alteração.

Os riolitos e riodacitos da FSR são mesoscopicamente isotrópicos, porfíricos ou afaníticos e exibem cor variando desde púrpura-escuro, rosa-escuro até rosa-claro. Contém teores modais variáveis (até 30% vol.) de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico, os quais ocorrem como fenocristais ou microfenocristais com milímetros a centímetros de comprimento, disperso numa matriz quartzo-feldspática poiquilítica a criptocristalina, localmente esferulítica. Minerais máficos ocorrem subordinadamente, sobretudo biotita e opacos, variando de 0,5 a 1% em volume. Zircão e óxidos de Fe e Ti são os principais acessórios primários. As rochas desse conjunto mostram características petrográficas muito semelhantes entre si, apontando para uma unidade relativamente homogênea quando comparada com os litotipos coerentes da FS. Tufos de cristais e lúpilli-tufos desta unidade são texturalmente semelhantes aos da unidade basal, implicando na separação feita com base na natureza mais evoluída dos fragmentos líticos e de cristais, bem como pela distribuição no campo o posicionamento topográfico. Os ignimbritos (tufos de cinza) mostram cor rosa-claro à rosa-escuro, são comumente laminados e têm cristais e fragmentos de quartzo, feldspato potássico e, subordinadamente, plagioclásio, envoltos por finos leitos de cinzas, comumente apresentando “amarrotamento” e dobras convolutas, em virtude do fluxo. Ocorrem ainda brechas polimíticas maciças suportadas por matriz quartzo-feldspática rosa-claro a púrpura-escuro, com blocos de até 50 cm de comprimento de riolito, dacito e de pórfiros graníticos.

Os PG associados apresentam textura porfírica à glomeroporfírica isotrópica, formada por fenocristais bem desenvolvidos de plagioclásio, quartzo e feldspato potássico, envoltos por matriz afanítica de cor variando desde rosa-escuro, vermelho-escuro a preto. O conteúdo modal alcança até 40% em algumas amostras e algumas rochas possuem megacristais de plagioclásio e quartzo com até 3 cm de comprimento e matriz com textura tendendo microgranítica, sobretudo nos núcleos de diques e *stocks*. A biotita é a principal fase varietal, zircão, titanita e óxidos de Fe e Ti são os principais acessórios primários e fluorita ocorre associada à desestabilização da biotita ou dispersa na matriz.

3. Geoquímica

A classificação composicional dos vulcanitos coerentes é baseada nas análises geoquímicas em rocha total, em virtude da impossibilidade da realização de análise modal, face às características texturais dos mesmos. Tais dados quando lançados no diagrama multi-catiônico R1 x R2 (De la Roche et al. 1980) permitem separar dois grupos de rochas (Fig. 2). A FS, formada predominantemente por andesitos, com andesito basáltico, lati-andesito e riodacito subordinados; e a FSR, com riolito e riodacito, bem como pórfiros graníticos, ignimbritos e tufos de cristais associados. Ambos os grupos plotam no campo supersaturado em sílica. A associação andesítica tem caráter cálcio-alcalino típico e suíte félsica e rochas correlata são transicionais entre subalcalinas e alcalinas. No diagrama da Fig. 3, a FS revela tendência predominantemente cálcio-alcalina de alto-K.

Nos diagramas de correlação de óxidos, utilizando-se a sílica como índice de diferenciação, os dois grupos revelam um nítido *gap* composicional entre os seus litotipos, representado por *trends* descontínuos dos elementos maiores. Embora haja dispersão de pontos em alguns diagramas, verifica-se que com o aumento progressivo deste índice há uma diminuição nos conteúdos de CaO, MgO, FeO* e MnO nos litotipos intermediários da FS, o que pode ser explicado pelo fracionamento de clinopiroxênio, anfibólio ± magnetita. Já os vulcanitos da FSR e afíns mostram uma correlação negativa com o CaO, MgO, Al₂O₃, P₂O₅, FeO* e MnO, onde a evolução foi muito provavelmente governada pelo fracionamento de feldspatos ± magnetita ± biotita, com os dois últimos apresentando conteúdo modal muito reduzido. Nítida correlação positiva é observada com Na₂O, K₂O, P₂O₅ nos vulcanitos da FS, ao passo que na associação félsica e rochas associadas tendem a se agrupar, em virtude de seu caráter extremamente evoluído e silicoso. O Al₂O₃ mostra uma correlação positiva nas rochas da FS até aproximadamente 57 % de SiO₂, quando exhibe uma forte inflexão, iniciando então uma correlação negativa no *trend* evolutivo até o riodacito, explicada pela entrada de feldspatos na seqüência de fracionamento.

Com relação ao Índice de Saturação em Alumina (ISA), as rochas das FS são exclusivamente metaluminosas com valores de A/CNK variando aproximadamente de 0,75 a 0,95 (Fig. 3). Por sua vez, os litotipos da FSR são

dominantemente peraluminosos, com A/CNK variando aproximadamente de 1 a 1,3, muito embora a amostra de riadacito, que representa o termo menos evoluído deste grupo (CaO > de 2%), incida no campo metaluminoso, com valores de A/CNK próximos de 0,9. Os pórfiros graníticos, ignimbritos e tufos de cristais também mostram caráter predominantemente peraluminoso, semelhante à dos vulcanitos coerentes da suíte félsica.

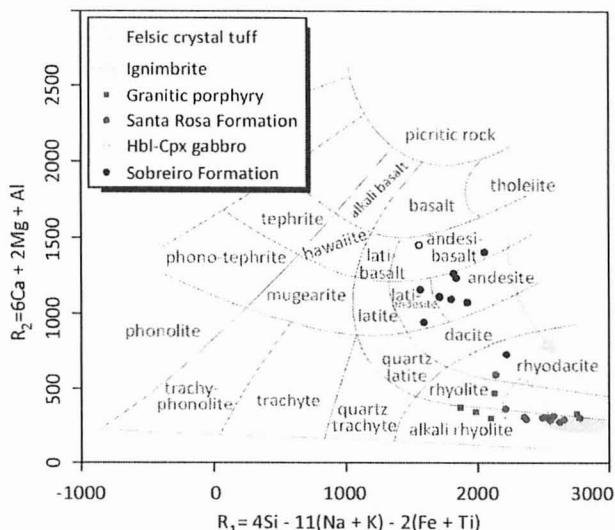


Fig. 2 Diagrama multi-catiônico R1 x R2 para os litotipos em estudo. A seta em cinza mostra a evolução de uma suíte cálcio-alcálica, segundo Pagel & Leterrier (1980).

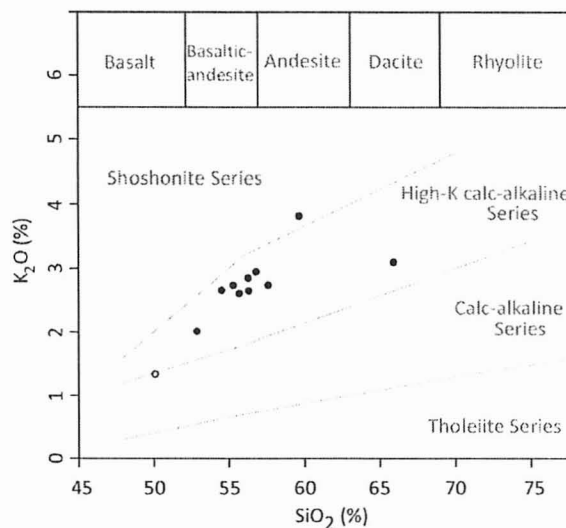


Fig. 3 Diagrama SiO₂ x K₂O (Peccerillo & Taylor 1976) para a FS. São apresentados também os limites composicionais com base em SiO₂ de Le Maitre (2002). Símbolos conforme Fig. 2.

O diagrama da Fig. 4, proposto por Frost et al. (2001) para determinação do índice de alcalinidade, mostra o domínio definido para granitóides cálcio-alcálicos (série Tuolumne, oeste dos Estados Unidos), bem como para a intrusão alcálica de Bjerkreim-Sokndal (sudeste da Noruega), campos em cinza e azul, respectivamente. Quando plotados no mesmo, os vulcanitos da FS mostram um caráter predominantemente cálcio-alcálico, embora três amostras incidam no campo álcali-cálcico, tendência essa provavelmente originada pela remobilização de álcalis. Por sua vez, os litotipos da FSR e associados revelam-se predominantemente álcali-cálcicos, bem como sugerindo íntima relação com os granitóides da Suíte Intrusiva Velho Guilherme, campo em verde (Dall'Agnol et al. 2005).

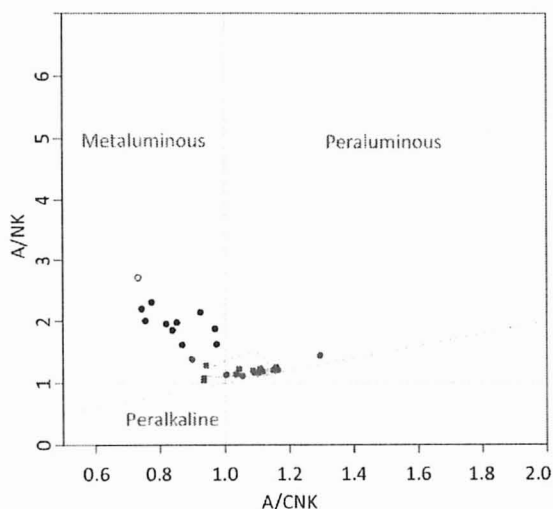


Fig. 3 Diagrama A/CNK x A/CNK de Maniar & Piccoli (1989) para as rochas em estudo. Símbolos conforme Fig. 2.

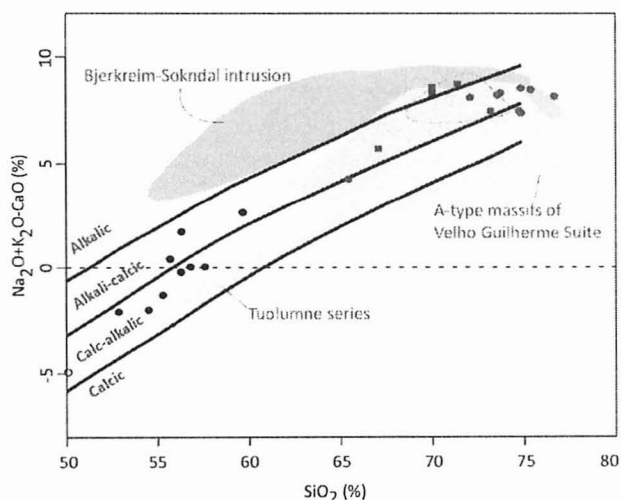


Fig. 4 Diagrama SiO₂ x MALI (índice de alcalinidade modificado) para os litotipos em estudo. Símbolos conforme Fig. 2.

Quando lançadas no diagrama Rb x (Y+Nb) de Pearce et al. (1984), as rochas da FS revelam afinidade geoquímica de granitos de arco vulcânico (VAG) e as da FSR predominantemente de granitos intraplaca (WPG), com os termos menos evoluídos deste último incidindo na divisa entre os dois campos. Os pórfiros graníticos, ignimbritos e tufos de cristais mostram um caráter transicional entre os dois campos. Este método de determinação de ambientes

tectônicos não é por si só decisivo. Vários autores demonstraram que há correlações, bem como ambigüidades, entre assinatura geoquímica e ambiente tectônico. Este comportamento deve ser acompanhado por outros tipos de informações que possam auxiliar na caracterização da paleo-ambiência tectônica nas quais as rochas foram formadas.

Os vulcanitos da FSR exibem razões Rb/Sr (0,48 – 15,00) e teores de Y (30 – 70 ppm), Zr (250 – 550 ppm) e Rb (110 – 210 ppm) superiores aos da FS. Por sua vez, a FS possui razões Ba/Rb comparativamente mais elevadas (15 – 30). No diagrama Rb *versus* Sr são plotados vetores que indicam as modificações na composição do líquido residual em função do fracionamento das fases minerais indicadas (anfíbólio, biotita, plagioclásio, feldspato potássico e clinopiroxênio). Na FS, o aumento de Rb, com o Sr se mantendo praticamente constante, pode ser explicado pela influência simultânea de anfíbólio e clinopiroxênio na seqüência de evolução dos vulcanitos, até aproximadamente 60 ppm de Rb, onde o *trend* evolutivo inicia uma diminuição no teor de Sr, sugerindo a entrada dos feldspatos na seqüência evolutiva. Por outro lado, a FI mostra uma nítida correlação negativa entre os dois elementos, a partir dos representantes menos evoluídos com maiores conteúdos de Sr (250 ppm), o que sugere uma participação acentuada de feldspatos na evolução desta unidade. Os litotipos associados também mostram um comportamento semelhante, sobretudo os ignimbritos. Tais características acompanham as observações petrográficas e comportamento dos elementos maiores.

Em relação aos elementos terras raras (ETR), bem como de seus padrões de distribuição normalizados para o condrito C1 de Sun & McDonough (1989), os vulcanitos da FS exibem teor médio de ETR situado entre 78 e 183 ppm, enquanto os da FSR situam-se entre 257 e 1236 ppm, com os litotipos associados revelando conteúdos entre este intervalo. Em todas as rochas os elementos terras raras leves (ETRL) mostram-se enriquecidos em relação aos elementos terras raras pesados (ETRP), desenhando uma inclinação dos padrões para a direita. A FS possui maior inclinação nos ETRP, com razão média (La/Yb)_N situando-se entre 6,79 e 25,70, ao passo que na FSR, bem como nos correlatos, essa inclinação é menos pronunciada, com razão média (La/Yb)_N mostrando valores entre 9,25 e 15,65. Em relação ao Eu, os litotipos da FSR mostram anomalias negativas acentuadas, representadas por razões 0,07 < Eu/Eu* < 0,84. Tal fato demonstra a participação importante dos feldspatos, no caso da FSR, no fracionamento de Eu, o qual se comportou como compatível durante a fusão/diferenciação que originou os vulcanitos em estudo, visto que esses minerais têm maior afinidade pelo Eu²⁺ se comparado aos outros ETR trivalentes. As rochas da FS, por outro lado, não apresentam anomalias de Eu significativas, justificado por razões Eu/Eu* situando-se entre 0,95 e 1,11.

Nos diagramas de multi-elementos normalizados para o EMORB de Sun & McDonough (1989) a FS exhibe importantes anomalias negativas em Nb e Ti e anomalias positivas de Ba, Sr e Pb, vinculadas à presença expressiva de plagioclásio, um dos constituintes fundamentais dessas rochas. Por outro lado, os litotipos da FSR apresentam fortes anomalias negativas de Ba, Nb, Sr, P e Ti. Tais anomalias na seqüência félsica, bem como nas rochas associadas, são atribuídas ao fracionamento de feldspatos, provocando o empobrecimento de Ba e Sr; bem como ao de óxidos de Fe-Ti, contribuindo para a diminuição de Ti. A anomalia negativa de P é vinculada ao fracionamento de apatita.

4. Conclusões

Com base nos dados petrográficos, geoquímicos e de campo, conclui-se que a associação vulcano-plutônica que ocorre na região de São Félix do Xingu é bimodal, formada por uma suíte andesítica cálcio-alcálica de alto-K e governada pelo fracionamento de anfíbólio, clinopiroxênio e plagioclásio; bem como por uma associação riolítica transicional entre subalcalina e alcalina formada pela cristalização fracionada de feldspatos e biotita. Pórfiros graníticos, ignimbritos e tufos de cristais félsicos vinculados a esta última mostram história evolutiva semelhante. Tais unidades vulcânicas são oriundas de fontes independentes, porém com idades de formação muito próximas de 1880 Ma. Um modelo direto e plausível que explicaria a evolução da área é uma transição entre o final de uma orogênese continental, responsável pela geração do vulcanismo intermediário da Formação Sobreiro e início de um *rift* intra-placa responsável pela ascensão dos vulcanitos da Formação Santa Rosa e litotipos associados. O quadro evolutivo completou-se em ~1860 Ma com a colocação dos maciços graníticos anorogênicos da Suíte Intrusiva Velho Guilherme. Este modelo tem sido defendido por outros autores na Província Aurífera do Tapajós, onde foram identificados dois períodos de atividade magmática distintos (Lamarão et al. 2002), separados no espaço e no tempo, antes genericamente aglutinados como evento Uatumã. Contudo, as fissuras (fluxo ígneo) orientadas predominantemente NE-SW na região de São Félix do Xingu, predominantemente na seqüência félsica, padrão muito semelhante aqueles da Suíte Intrusiva Velho Guilherme (Fig. 1); a ocorrência de magmatismo de assinaturas contrastantes no mesmo espaço e tempo; a abundância de rochas vulcanoclásticas e dados isotópicos sugerindo fontes predominantemente crustais para todo o conjunto (Teixeira et al. 2002); a ausência até o momento de depósitos de ouro mesotermiais semelhantes aqueles descritos na região da Província Aurífera do Tapajós, também poderiam se vinculados ao evento distensivo de 1,88 Ga registrado em praticamente todo Cráton Amazônico, o qual se estendeu até o Mesoproterozóico. Dados isotópicos de Sr, Pb e Nd são necessários para uma conclusão definitiva com relação ao paleoambiente tectônico.

5. Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem aos seguintes projetos pelo apoio financeiro nas etapas de campo e realização de análises litoquímicas e geocronológicas: 1) *AVALIAÇÃO DO POTENCIAL METALOGENÉTICO DE OURO E COBRE DO VULCANO-PLUTONISMO DO GRUPO UATUMÃ NA REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO XINGU*

IRIRI (PA) (CT-Mineral 555066/2006-1); 2) PETROGRAFIA, ESTRATIGRAFIA E METALOGÊNESE DAS SEQUÊNCIAS VULCÂNICAS PALEOPROTEROZOÍCAS NA REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS) E DO TAPAJÓS (PA) (PROCAD/CAPES 0096/05-9) e 3) PRONEX (Magmatismo, Evolução Crustal e Metalogênese da Província Mineral de Carajás e Províncias Adjacentes - Projeto 103/98) do CG/UFGA. Já concluído.

6. Referências

- DALL'AGNOL R., COSTI H.T., DA S. LEITE A.A., DE MAGALHAES M.S., TEIXEIRA N.P. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Research*, v. 95, p 9-39, 1999a.
- DALL'AGNOL R., SILVA C.M.G.D., SCHELLER T. 1999b. Fayalite-hedbergite rhyolites of Iri Formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Cráton: implications for the Uatumã Volcanism. *In: SBG, Simp. Vulc. Amb. Assoc.*, 1, *Boletim de Resumos*, p. 31.
- DALL'AGNOL R., TEIXEIRA N.P., RAMO O.T., MOURA C.A.V., MACAMBIRA M.J.B., DE OLIVEIRA D.C. Petrogenesis of the Paleoproterozoic rapakivi A-type granites of the Archean Carajas metallogenic province, Brazil. *Lithos*, v. 80, p 101-129, 2005.
- DE LA ROCHE H., LETERRIER J., GRANDCLAUDE P., MARCHAL M. A classification of volcanic and plutonic rocks next term using R1R2-diagram and major-element analyses — Its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology* v. 29, p 183-210, 1980.
- FERNANDES C.M.D. & JULIANI C. Ancient volcanic field of the São Félix do Xingu region, SSE of Pará state, Carajás Mineral Province, Brazil. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. p em preparação.
- FROST B.R., BARNES C.G., COLLINS W.J., ARCULUS R.J., ELLIS D.J., FROST C.D. A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *J. Petrology*, v. 42, p 2033-2048, 2001.
- 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. Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chemical Geology*, v. 215, p 95-125, 2005.
- LAMARÃO C.N., DALL'AGNOL R., LAFON J.-M., LIMA E.F. Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, v. 119, p 189-223, 2002.
- LE MAITRE R.W. 2002. *A classification of igneous rocks and glossary of terms*, London, 193 pp. MANIAR P.D. & PICCOLI P.M. Tectonic Discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, v. 101, p 635-643, 1989.
- PAGEL M. & LETERRIER J. The subalkaline potassic magmatism of the Ballons massif (Southern Vosges, France): shoshonitic affinity. *Lithos*, v. 13, p 1-10, 1980.
- PEARCE J.A., HARRIS N.B.W., TINDLE A.C. Trace Elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, v. 25, p 956-983, 1984.
- PECCERILLO A. & TAYLOR S.R. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. 58, p 63-81, 1976.
- PESSOA M.R., ANDRADE A.F.D., NASCIMENTO J.O.D., SANTOS J.O.S., OLIVEIRA J.R.D., LOPES R.D.C., PRAZERES W.V. Projeto Jamanxim. DNPM/CPRM, 8, Manaus, p., 1977.
- PINHO S.C.C., FERNANDES C.M.D., TEIXEIRA N.P., PAIVA JR. A.L., CRUZ V.L., LAMARÃO C.N., MOURA, C.A.V. O magmatismo paleoproterozóico da região de São Félix do Xingu, Província Estanífera do Sul do Pará: Petrografia e Geocronologia. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 36, p 793-802, 2006.
- SANTOS J.O.S., HARTMANN L.A., GAUDETTE H.E., GROVES D.I., MCNAUGHTON N.J., FLETCHER I.R. A. New Understanding of the Provinces of the Amazon Craton Based on Integration of Field Mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. *Gondwana Research*, v. 3, p 453-488, 2000.
- SUN S.S. & MCDONOUGH W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *In: A.D. Saunders & M.J. Norry (Editors), Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society of London, pp. 313-345.
- TASSINARI C.C.G. & MACAMBIRA M.J.B. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, v. 22, p 174-182, 1999.
- TEIXEIRA N.P., BETTENCOURT J.S., MOURA C.A.V., DALL'AGNOL R., MACAMBIRA E.M.B. Archean crustal sources for Paleoproterozoic tin-mineralized granites in the Carajas Province, SSE Para, Brazil: Pb-Pb geochronology and Nd isotope geochemistry. *Precambrian Research*, v. 119, p 257-275, 2002.