

# SUÍTE VULCÂNICA SERRA DA BOCAINA, GRUPO AMOGUIJÁ, MACIÇO RIO APA - MS

Antonio Misson GODOY <sup>1</sup>, Jefferson Cassu MANZANO <sup>2</sup>,  
Larissa Marques Barbosa de ARAÚJO <sup>3</sup>, Jesué Antonio da SILVA <sup>4</sup>

- (1) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Av. 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP. 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: mgodoy@rc.unesp.br
- (2) Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Av. 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP. 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: manzanoi@gmail.com
- (3) Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal da Bahia, Campus Universitário Reitor Edgard Santos. Rua Prof. José Seabra, s/n. CEP 47805-100. Barreiras, BA. Endereço eletrônico: larissamarquesba@gmail.com
- (4) Companhia Matogrossense de Mineração – METAMAT. Avenida Gonçalo Antunes de Barros, 2970 – Bairro Planalto. CEP 78050-300. Cuiabá, MT. Endereço eletrônico: jesuesilva@yahoo.com.br

Introdução  
Geologia Regional  
Geologia Local  
    Aspectos Litológicos  
    Aspectos Petrográficos  
Litogeoquímica  
Conclusões  
Agradecimentos  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – O Maciço do Rio Apa corresponde à porção meridional do Cráton Amazônico no sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul e é constituído pelas rochas de idade paleoproterozóicas do Complexo Rio Apa, Grupo Alto Tererê e suítes plutono - vulcânica ácida do Grupo Amoguijá, dividido em suítes Intrusiva Alumizador e Vulcânica Serra da Bocaina. A suíte vulcânica é caracterizada nas serras de São Francisco e Bocaina, constituída predominantemente por termos de composição álcali - riólitos a riólitos, incluindo em menores proporções riodacitos, andesitos e dacitos. É constituída por uma diversidade textural de rochas subvulcânicas, vulcânicas e variedades vulcanoclásticas. Os depósitos piroclásticos de maior expressão são constituídos por partículas piroclásticas imersas em matriz afanítica de granulometria fina ou amorfa, onde se pode distinguir quartzo, feldspato, clorita, sericita, micrólitos de carbonato, esferulitos esparsos e vidro vulcânico reliquiar. As rochas piroclásticas são representadas por brechas, tufos, ignimbritos, aglomerados, lapilitos e púmices, contendo geralmente vitroclastos, litoclastos e cristaloclastos, púmices, *fiammes*, *glass shards*, esferulitos, vesículas e amígdalas. São rochas cálcio - alcalinas pertencentes à série de alto potássio de caráter predominantemente peraluminoso e definem magmatismo sin - colisional e encontram - se geneticamente associadas à evolução do Arco Magmático Amoguijá.

**Palavras-chave:** Maciço Rio Apa, Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, litogeoquímica, petrografia.

**ABSTRACT** – *A.M. Godoy, J.C. Manzano, L.M.B. de Araújo, J.A. da Silva - Serra da Bocaina volcanic suite, Amoguijá Group, Rio Apa Massif - MS.* The Rio Apa Massif corresponds to the southeastern portion of the Amazonian Craton and crops out in the Mato Grosso do Sul State, Brazil. It is constituted by rocks of paleoproterozoic age of Rio Apa Complex, Alto Tererê Group and the plutonic - volcanic suites of the Amoguijá Group, subdivided in Alumizador Intrusive suits and Serra da Bocaina Volcanic. The Volcanic Suite is represented by São Francisco and Bocaina mountains and is constituted by terms of the composition of alkali - rhyolitic to rhyolitic, including in minor amounts riodacite, andesite and dacite. It consists of a variety of textural subvolcanic rocks, volcanic and varied volcanoclastics. The pyroclastic deposits are very expressive and consist of pyroclastic particle immerse in aphanitic matrix, fine grained or amorphous, where quartz, feldspar, chlorite, sericite, microlithes of carbonate, sparse spherulites and reliquiar volcanic glass can be distinguished. The pyroclastic rocks are represented by breccias, ignimbrites, agglomerate, tuffs, lapillstones and pumices and contain commonly vitroclasts, lithoclasts and crystalloclasts, pumices, *fiammes*, *glass shards*, spherulites, vesicles and amygdals. They are calc-alkaline rocks with dominant peraluminous character high to middle potassium series and define a sin-colisional dominant tectonic and are genetically associated to the evolution of the Amoguijá Magmatic Arc.

**Keywords:** Rio Apa Massif, Serra da Bocaina Volcanic Suite, lithogeochemistry, petrography.

## INTRODUÇÃO

O Maciço Rio Apa ocorre na região sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul na porção extremo sul do Cráton Amazônico e encontra-se referido nos mapeamentos geológicos nas escalas de 1:1.000.000

(Schobbenhaus & Soares, 1979; Araújo et al., 1982; Del'Arco et al., 1982; Alvarenga et al., 1982; Lacerda Filho et al., 2006) e 1:250.000 (Corrêa et al., 1976; Correa Filho et al., 1981; Godoi & Martins, 1999; Godoi

et al., 2001) e trabalhos em escala de semi-detalhe (Silva, 1998; Silva et al., 2006, 2007; Ruiz et al., 2005, 2007; Godoy et al., 2006, 2007b, 2009).

O Maciço Rio Apa é caracterizado pelas rochas do Complexo Rio Apa, do Grupo Alto Tererê e do Grupo Amoguijá que é constituído pela Suíte Plutônica Alumiador e Suíte Vulcânica Serra da Bocaina. A leste do maciço afloram as rochas das sequências metavulcano-sedimentares da Faixa de Dobramento Paraguai, constituídas na região pelos grupos Cuiabá e Corumbá. Ocorrem no extremo sul do maciço, na divisa com o Paraguai, rochas metassedimentares associadas ao Grupo Jacadigo através da Formação Urucum

(Godoi et al., 2001) ou ao Grupo Amolar (Lacerda Filho et al., 2006) e a oeste ocorre o domínio das coberturas recentes da Bacia Sedimentar do Pantanal.

Este trabalho tem o propósito de apresentar os dados resultantes da investigação geológica, petrográfica e geoquímica da região do Maciço Rio Apa, com enfoque principalmente às rochas vulcânicas do Grupo Amoguijá, a Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, fundamental à compreensão do ambiente tectônico e evolução petrogenética deste episódio vulcânico e vulcanoclástico, que se constituiu no último evento ascrecionário paleoproterozóico, resultando na construção final do Arco Magmático Amoguijá.

## GEOLOGIA REGIONAL

Para as unidades litoestratigráficas que afloram no maciço ou bloco Rio Apa serão mantidas as terminologias propostas por Godoi et al. (2001) definidas em Complexo Rio Apa, Grupo Alto do Tererê e Grupo Amoguijá. A estas unidades serão correlacionadas às designações e interpretações mais recentes propostas por Lacerda Filho et al. (2006), no sentido geocronológico de Província Rio Apa, identificada no Mapa Geológico do Estado do Mato Grosso do Sul e, que subdivide esta área cratônica, em três compartimentos geotectônicos distintos definido como Remanescente de Crosta Oceânica (2,2 - 1,95 Ga), Arco Magmático Rio Apa (1,95 - 1,87 Ga) e Arco Magmático Amoguijá (1,87 - 1,75 Ga), além das Intrusivas Básicas (1,78 Ga).

A unidade ortoderivada, mais antiga, em que dominam as ocorrências de hornblenda-biotita gnaisses, foi inicialmente definida por Corrêa et al. (1976) como Complexo Basal, e posteriormente como Complexo Rio Apa por Araújo et al. (1982) envolvendo as rochas orto e paraderivadas.

Godoi et al. (2001) mantêm esta designação para o conjunto ortoderivado de biotita gnaisses, muscovita - biotita gnaisses, hornblenda - biotita gnaisses e gnaisses graníticos e, em menor proporção, anfíbolitos, leptinitos e metagranitóides.

Lacerda Filho et al. (2006) e Silva et al. (2006) definem o Complexo Rio Apa como sendo constituído por um conjunto de rochas compostas por biotita granitos, álcali granitos, monzonitos, hornblenda-biotita gnaisses e, trondhjemitos, tonalitos e granodioritos, pertencentes ao Arco Magmático Rio Apa (1,95 - 1,87 Ga), mas não o caracterizam como a unidade litológica mais antiga.

O Complexo Rio Apa é a unidade individualizada mais antiga em fácies anfíbolito alta, e é composta predominantemente por gnaisses e migmatitos ortoderivados de composição ácida a tonalítica, além de raros anfíbolitos, que constituem o Arco Magmático Rio Apa.

Ocorrências restritas de rochas paraderivadas compostas por migmatitos, gnaisses, xistos e quartzitos ocorrem na forma de intercalações tectônicas, que foram interpretadas como remanescentes de um cinturão metamórfico mais antigo e/ou contemporâneo, denominado de “Cinturão Metamórfico Rio Apa”, associado possivelmente a um ambiente de bacia marginal (Godoy et al., 2007a, 2009).

Lacerda Filho et al. (2006) e Silva et al. (2007), em datações de zircões U - Pb (SHRIMP), obtiveram idade de 1,94 Ga. Os dados Sm - Nd apresentam uma idade modelo  $T_{DM}$  de 2,57 Ga, com valores negativos de  $\epsilon_{Nd(t)} = -6$ , indicando uma forte participação crustal na gênese desses terrenos.

A sequência de rochas paraderivadas foi definida inicialmente por Corrêa et al. (1976) como Associação Metamórfica do Alto Tererê, constituindo a unidade superior ao Complexo Basal. Schobbenhaus & Soares (1979) mantiveram a subdivisão regional entre o Complexo Basal e a Associação Metamórfica do Alto Tererê, proposta por Corrêa et al. (1976).

Segundo Schobbenhaus & Soares (1979) esta unidade metassedimentar, em fácies xisto verde a anfíbolito baixa, é composta pela predominância de biotita gnaiss fino, micaxistos, quartzitos e gnaisses comumente granatíferos, além de anfíbolitos.

Godoi et al. (2001) consideram esta unidade como independente do Complexo do Rio Apa e a denominaram de Grupo Alto Tererê que compreende rochas metavulcano - sedimentares distintas com uma unidade metavulcânica básica e outra metassedimentar.

Lacerda Filho et al. (2006) adotam para sequência litológica o termo Grupo Alto Tererê, sendo constituída por metapelitos aluminosos e anfíbolitos derivados de metavulcânicas básicas toleíticas, deformadas e metamorfisadas em fácies anfíbolito, com retrometamorfismo para xisto verde.

De acordo com Godoy et al. (2007a, 2009) esta associação é constituída predominantemente por rochas paraderivadas, associadas às metabásicas em menores proporções e sugerem a inserção das rochas metabásicas do Morro do Triunfo nesta unidade, caracterizando uma seqüência metavulcano-sedimentar em fácies xisto verde alta a anfibolito baixa.

Lacerda Filho et al. (2006) consideram a seqüência metavulcano - sedimentar como pertencente ao compartimento geotectônico Remanescente de Crosta Oceânica (2,2 - 1,95 Ga), constituindo a unidade mais antiga da área, por estar intrudida por granitóides do Complexo Rio Apa e da Suíte Amoguijá e apresentar idade modelo  $T_{DM}$  de 2,26 e 2,28 Ga para as metabásicas. Estas idades modelo são consideradas “próximas” às idades de cristalização e portanto, posicionando esta unidade como basal.

Godoy et al. (2007a, 2009) interpretam as rochas desta seqüência como mais jovens que as rochas do Complexo Apa e as idades modelo de 2,26 e 2,28 Ga, podem corresponder à idade da geração da crosta, e portanto estas rochas devem equivaler à uma faixa móvel de idade Paleoproterozóica, denominada “Cinturão de Dobramento Alto do Tererê”, resultante de um evento orogenético acrescionário ao Arco Magmático Rio Apa.

O Grupo Amoguijá constitui um conjunto plutono-vulcânico de natureza ácida que foi subdividido inicialmente por Corrêa et al. (1976), agrupando as rochas graníticas e micrograníticas intrusivas no Complexo Basal e as vulcânicas ácidas, num conjunto denominado de Intrusivas e Extrusivas Ácidas, ambas do Pré - Cambriano Inferior a Médio.

Schobbenhaus & Soares (1979) englobaram granitos e rochas vulcânicas sob a denominação de Complexo Amoguijá e dividiram em duas associações: uma superior, de rochas vulcânicas ácidas, representadas por diversas variedades de quartzo pórfiros e produtos piroclásticos, e a outra, inferior, compreendendo maciços intrusivos compostos por granitos, granófiros, granitos gráficas, biotita microgranitos porfiríticos, aplitos e gnaisses graníticos.

Nogueira et al. (1978) individualizaram três corpos graníticos ao longo da borda ocidental da Serra da Bodoquena, denominando-os de Intrusivas Ácidas. Correia Filho et al. (1981) propuseram o termo Complexo Amoguijá para reunir quartzo pórfiros, rochas piroclásticas, granitos e granófiros.

Araújo et al. (1982) propuseram o termo Suíte Intrusiva Alumiador para designar as rochas plutônicas graníticas representadas por corpos plutônicos graníticos, granodioritos e, mais raramente, subvulcânicos contituídos por granófiros diversos, incluindo tipos microgranulares, porfiríticos, metamórficos e deformados.

Godoi & Martins (1999) denominaram este conjunto de rochas de Supersuíte Amoguijá, composta por rochas da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina e da Suíte Intrusiva Alumiador.

Godoi et al. (2001) utilizam-se do termo Grupo Amoguijá, dividido na Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, caracterizando um evento magmático contemporâneo às rochas da Suíte Intrusiva Alumiador, composto por microgranitos, granófiros, granitos, granodioritos e monzogranitos e intrusivos nas rochas das unidades mais antigas, apresentando-se localmente cataclasados ou milonitizados, entretanto, exibindo uma foliação tectônica penetrativa é vista.

Lacerda Filho et al. (2006) denominam estas rochas como constituintes do compartimento geotectônico definido como Arco Magmático Amoguijá (1,87 - 1,75 Ga), composto pela Suíte Amoguijá, subdividida em Granito Alumiador e Vulcânicas Serra da Bocaina. Silva et al. (2007) definem a Suíte Amoguijá, constituída pelas rochas plutônicas, da Unidade Alumiador e pelas rochas vulcânicas, da Unidade Serra da Bocaina.

Segundo Godoy et al. (2007a, 2009), o Grupo Amoguijá, na sua constituição de rochas plutônicas, apresenta o Batólito Alumiador que é caracterizado por rochas isotrópicas a fracamente anisotrópicas, leucocráticas, de coloração variando de cinza a predominantemente rósea.

Araújo et al. (1982) apresentam idade para as rochas plutônicas pelo método Rb - Sr de  $1.600 \pm 40$  Ma, com razão inicial  $Sr^{87} - Sr^{86}$  de  $0,707 \pm 0,004$  e que interpretaram como a idade de cristalização das rochas do batólito ígneo, cuja derivação do magma parental é atribuída à refusão de rochas crustais, ou de magmas diferenciados do manto que sofreram contaminação na ascensão.

Segundo Lacerda Filho et al. (2006) e Silva et al. (2007), as fácies plutônicas compreendem granitóides sin- a tardi colisionais, paleoproterozóicos, de idade U-Pb (SHRIMP) em zircão de 1,86 Ga e mostram dados isotópicos pelo método Sm - Nd que apresentaram para idade modelo valores de  $T_{DM}$  2,17 Ga e de  $\epsilon_{Nd}$  -0.68. Os dados fracamente negativos apontam para um arco juvenil de margem continental com pouca participação de material crustal.

Godoy et al. (2006, 2007b) classificam as suas rochas como cálcio - alcalinas pertencentes à série de alto potássio, transicionando para série shoshonítica, caráter predominantemente peraluminoso a metaluminoso e as definem como granitos sin- colisionais de arco magmático a pós- colisionais de ambiente de intraplaca.

As rochas vulcânicas da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina foram referenciadas inicialmente por Hussak (1894), Lisboa, (1909), Oliveira & Moura

(1944), Oliveira & Leonardos (1943), segundo Lacerda Filho et al. (2006), mas apresentadas por Almeida (1964) as primeiras descrições geológicas destas rochas, as quais foram denominadas de quartzo pórfiros do Amoguijá.

Segundo Araújo et al. (1982) esta suíte é composta principalmente por rochas metavulcânicas de baixo grau, ácidas a intermediárias, constituídas por riolitos, riodacitos, dacitos, brechas vulcânicas e tufos. Godoi et al. (2001) as classificam como rochas vulcânicas ácidas, incluindo dacitos, riodacitos, riólitos e rochas vulcanoclásticas, tais como: tufos, lapilitufos, brechas vulcânicas. São notáveis estruturas ígneas primárias tais como: bombas vulcânicas imersas em matriz afanítica, estruturas de fluxo.

Godoy et al. (2006; 2007a; 2009) caracterizam as rochas vulcanoclásticas ácidas da Suíte Vulcânica Serra da Bocaína como compostas predominantemente por riólitos e pela presença de variados produtos piroclás-

ticos, dos quais os cristaloclastos constituem os termos dominantes.

Araújo et al. (1982) apresentam para as rochas vulcânicas idades Rb - Sr de  $1.650 \pm 63\text{Ma}$  com razão inicial  $\text{Sr}^{87} - \text{Sr}^{86}$  de  $0,702 \pm 0,004$ , indicando uma provável derivação mantélica e interpretação do ambiente igual ao das rochas plutônicas.

Segundo Lacerda Filho et al. (2006) e Silva et al. (2007) as rochas metavulcânicas da Serra da Bocaína, apresentam idade U - Pb (SHRIMP) de 1,79 Ga e idades modelo  $T_{DM}$  2,26 Ga e valores negativos de  $\epsilon_{Nd}$  -2,0, resultados semelhantes aos das rochas plutônicas.

Godoy et al. (2006) e Manzano et al. (2008) classificam as suas rochas como cálcio - alcalinas pertencentes à suíte de alto potássio de caráter predominantemente peraluminoso e constituem um conjunto de rochas efusivas sin- colisionais em ambiente de arco magmático.

## GEOLOGIA LOCAL

A Suíte Vulcânica Serra da Bocaína ocorre em uma faixa com direção aproximadamente N - S, distribuída com cerca de 50 km de comprimento e largura inferiores a 7 km e marcada por três segmentos principais que sustentam as principais serras desta área, a oeste da ocorrência da Suíte Plutônica Alumador, também de mesma disposição.

A região encontra-se inserida dentro do Domínio da Depressão do Rio Paraguai, sendo as ocorrências das rochas pré-cambrianas caracterizadas como "ilhas" destacadas por formas de relevo por dissecação, e constituem nas primeiras elevações de relevo a leste do Rio Paraguai que se estendem além da fronteira com o Paraguai. Caracterizam as principais serras expostas dentro dos sedimentos quaternários da Bacia Sedimentar do Pantanal, apresentando relevos somente inferiores às serras da Suíte Plutônica Alumador que ocorrem a leste destas exposições.

### ASPECTOS LITOLÓGICOS

O mapa geológico da região do Maciço Rio Apa (Figura 1) apresenta a distribuição das unidades litológicas do Maciço Rio Apa aflorantes na área, distribuídas em Complexo Rio Apa, Grupo Alto do Tererê, Grupo Amoguijá e Bacia Sedimentar do Pantanal, além de rochas metassedimentares do Grupo Amolar a sul e, a leste, as rochas da Faixa de Dobramento Paraguai.

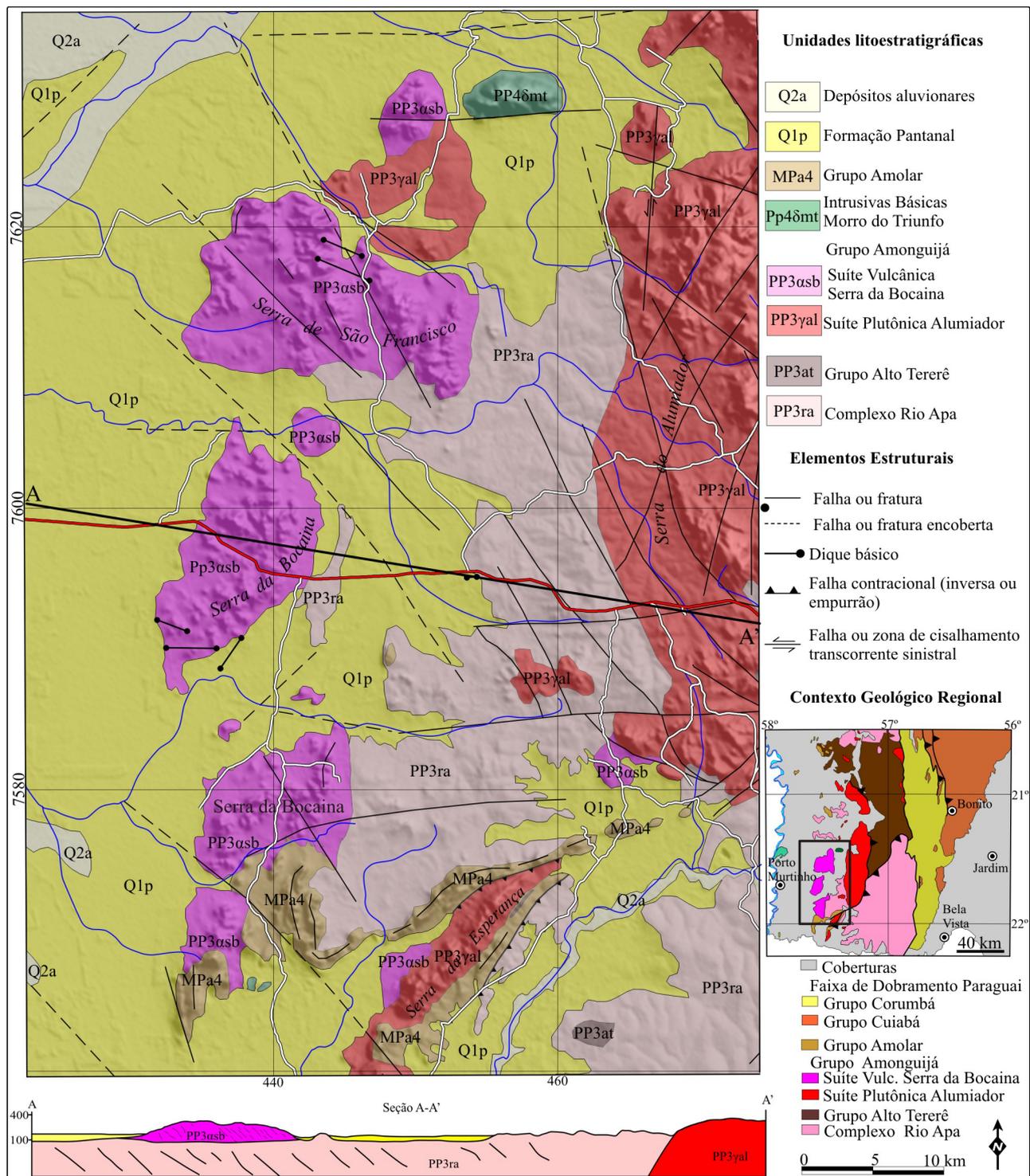
O Complexo Rio Apa constitui a unidade mais antiga, ocorrendo em extensas áreas junto à fronteira Brasil - Paraguai ou exposto localizadamente entre os sedimentos quaternários da Bacia do Pantanal. Os

contatos desta unidade com as rochas suprajacentes podem ser normais ou tectônicos por meio de falhas de empurrão/inversas com vergência para oeste a partir de cinturões de cavalgamento, colocando-a, por vezes, sobre as rochas do Grupo Alto Tererê e Amoguijá.

O Complexo Rio Apa é constituído predominantemente por hornblenda - biotita gnaisses, gnaisses migmatíticos e/ou migmatitos ortoderivados de composição ácida a tonalítica de colorações rósea e cinza, interdigitados tectonicamente, além de raros anfíbolitos e metagranitóides de composição variando predominantemente entre tonalitos e granodioritos, constituindo as principais variações litológicas do Arco Magma-tico Rio Apa.

Observa-se em menor expressão uma unidade paraderivada constituída por biotita gnaisses, muscovita - biotita gnaisses, xistos quartzosos intercalados tectonicamente à unidade ortoderivada, além de localmente corpos anfíbolíticos de espessuras variáveis, também dispostos paralelamente à foliação dos gnaisses encaixantes.

O Grupo Alto Tererê ocorre em exposições dominando toda a área leste da Depressão do Paraguai, além de ocorrências nas áreas inundáveis da Planície Pantaneira, como pequenas elevações que se destacam na paisagem. Esta unidade metavulcano - sedimentar constitui o "Cinturão de Dobramento Alto do Tererê" e é composta predominantemente por granada micaxistos e quartzitos micáceos e raramente por biotita gnaisses finos a gnaisses comumente granatíferos em fácies anfíbolito baixa a xisto verde alta. Paralelamente a esta unidade, ocorrem em menores proporções e exposições,



**FIGURA 1.** Mapa geológico com as principais litologias da área, sobreposto ao modelo digital de terreno SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) e a seção geológica A - A'.

rochas metavulcânicas máficas, contituídas por anfíbolitos, anfíbólio xistos e clorita xistos.

O Grupo Amoguijá constitui um conjunto plutono - vulcânico de natureza predominantemente ácida caracterizado pelas suítes: Suíte Plutônica Alumiador e Suíte Vulcânica Serra da Bocaina que compõem os litotipos do Arco Magmático Amoguijá.

A Suíte Intrusiva Alumiador está posicionada estratigraficamente acima das unidades do Complexo Rio Apa e do Grupo Alto Tererê, constituindo um evento magmático de mesma composição, mas que antecede as rochas vulcânicas da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina.

A Suíte Intrusiva Plutônica Alumiador corresponde a um batólito alongado segundo a direção N - S dividido em tres segmentos principais por zonas transcorrentes com direção predominante NW - SE. O segmento sul denominado de Serra da Esperança e os centrais, de Serra Alumiador e Serra do Catimbaté apresentam predominantemente composição sienoa monzogranítica e são constituídos por rochas leucocráticas de coloração variando de cinza a predominantemente rósea e isotrópicos a fracamente anisotrópicos.

O segmento norte, denominado de Serra da Alegria, constitui a principal elevação geomorfológica nesta região e será considerado contemporâneo, mas apresentando uma evolução independente dos segmentos centrais e sul. É constituído por duas sequências, uma diferenciada ácida de ocorrência central e outra, diferenciada básica a ultrabásica, dominando principalmente as áreas marginais.

A Suíte Vulcânica Serra da Bocaina apresenta-se disposta segundo a direção N - S e é dividida em tres segmentos principais paralelos à disposição das rochas plutônicas: o seguimento norte, denominado de Serra de São Francisco, e o segmento central, de maior expressão é denominado de Serra da Bocaina e, que se estende para o segmento sul, também com a mesma designação, aproximando-se das ocorrências da suíte plutônica na Serra da Esperança nas proximidades do Rio Apa, na fronteira com o Paraguai. Ocorrências menos expressivas e localizadas também são observadas pelo relevo destacado em relação aos sedimentos da Bacia Sedimentar do Pantanal.

As rochas encontram-se principalmente assentadas discordantemente sobre as rochas do Complexo Rio Apa e estas exposições apresentam - se circundadas pelos sedimentos da Bacia Sedimentar do Pantanal, visto nas ocorrências que afloram no segmento central. Localmente, no extremo sul, observam-se contatos tectônicos nas proximidades da Serra da Esperança com rochas metassedimentares associadas ao Grupo Jacadigo ou Grupo Amolar. No

segmento norte são frequentes os contatos com as rochas do Grupo Alto Tererê e localmente exposições de expressivos riólitos no sopé das ocorrências das rochas metabásicas do Morro do Triunfo.

A Suíte Vulcânica Serra da Bocaina é constituída por uma diversidade composicional e textural de rochas subvulcânicas (riólitos e microgranitos), vulcânicas (riólitos porfíricos e fluxos de lava), e vulcanoclásticas ácidas que constituem os termos mais representativos. Essa sequência magmática é composta por termos de composição álcali - riólitos a riólitos, incluindo em menores proporções riodacitos, andesitos e dacitos.

As rochas subvulcânicas são observadas em menores proporções e, principalmente, na forma de diques intrusivos nas demais sequências desta suíte e são representadas por riólitos a microgranitos granofíricos e microporfíricos, com feições texturais e composicionais semelhantes às vulcânicas.

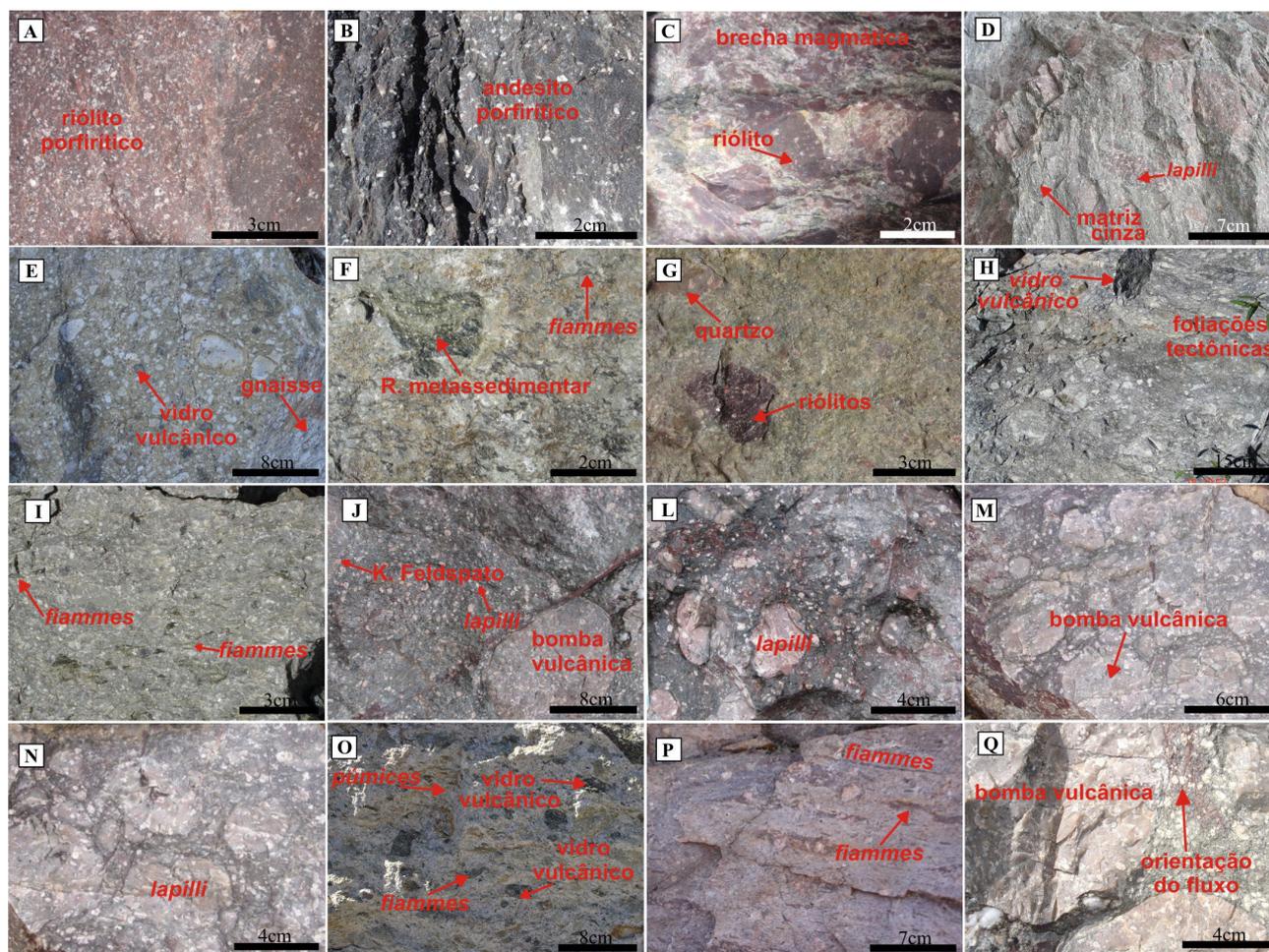
As rochas vulcânicas encontram-se dispostas em camadas e suas rochas apresentam texturas afaníticas e porfíricas, microporfíricas e vitrofírica e estruturas maciças, mas podendo ocorrer frequentemente estruturas primárias como evidências de fluxo e acamamento magmático e bombas vulcânicas imersas em matriz afanítica orientada.

Os riólitos são os litotipos composicionais dominantes e apresentam ocorrência expressiva na Serra de São Francisco. São afaníticos, mas apresentam-se normalmente microporfíricos com fenocristais envolvidos em uma matriz fina a densa (Prancha 1A), podendo ocorrer domínios com texturas esferulíticas, de desgaseificação, e às vezes, granofírica e vitrofírica.

Os riodacitos apresentam coloração marrom a rósea, textura porfírica com fenocristais de feldspato potássio, quartzo e plagioclásio imerso em uma matriz fina de composição quartzo - feldspática e ocorrendo raramente hornblenda e biotita cloritizadas, minerais de alteração como epidoto, calcita e sericita, minerais opacos e minerais acessórios como titanita e zircão.

Os dacitos são de cor cinza rosada escura, com matriz afanítica quartzo - feldspática e texturas porfíricas (Prancha 1B) com predomínio de fenocristais de plagioclásio e quartzo, mas o feldspato potássio é observado. Os minerais máficos presentes são caracterizados por raras biotita, hornblenda e clorita, além de minerais de alteração e acessórios comuns.

As rochas vulcanoclásticas constituem o tipo dominante da Serra da Bocaina e ocorrem constituindo intercalações com a sequência vulcânica. Os depósitos vulcanoclásticos de menores expressões são constituídos por partículas autoclásticas, originando as porções de brechas magmáticas (Prancha 1C) e por partículas piroclásticas ressedimentadas.



**PRANCHA 1.** Fotografias dos principais tipos petrográficos da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina. A) riólitos porfíricos; B) dacitos porfíricos; C) brecha magmática; D) rocha vulcanoclástica com domínio da fração de cinza e litoclastos de riólitos; E) rocha vulcanoclástica com litoclasto de gnaisses; F) rocha vulcanoclástica com litoclastos de rocha metassedimentares; G) rocha vulcanoclástica com litoclasto de riólito e cristaloclasto de quartzo; H) rocha vulcanoclástica; I) rocha vulcanoclástica com domínio da fração da matriz tufácea; J) rocha vulcanoclástica com domínio da fração de *lapilli*; L, M, N) rochas vulcanoclásticas com domínio da fração de bombas de riólitos, O) púmices, P) rocha vulcanoclástica exemplificando *flammes* de quartzo, Q) rocha vulcanoclástica com orientações de deformação.

Os grandes depósitos vulcanoclásticos são constituídos por partículas piroclásticas, compostas geralmente por fragmentos juvenis ou vitroclastos, resultado diretamente da proveniência magmática e apresentando inúmeras variedades litológicas resultantes do grau de cristalização das texturas vulcânicas e dos materiais vesiculares apresentados pelos litotipos.

As partículas piroclásticas são caracterizadas por variedades texturais de riólitos e púmices, fragmentos líticos ou litoclastos que constituem os fragmentos densos, dominando os litoclastos do tipo essencial, imersos em matriz tufácea (Prancha 1D). Secundariamente dominam os litoclastos do tipo acessório, constituídos esporadicamente por variedades de gnaisses (Prancha 1E), rochas metassedimentares do embasamento (Prancha 1F) e fragmentos de cristais

ou cristaloclastos constituídos principalmente por quartzo (Prancha 1G), feldspato potássio, plagioclásio e biotita.

As rochas apresentam - se geralmente definidas pela disposição de piroclastos em matriz tufácea, apresentando textura afanítica de granulometria fina a amorfa (Prancha 1H), onde se pode distinguir quartzo, feldspato, clorita, sericita, micrólitos de carbonato, esferulitos esparsos e vidro vulcânico reliquiar, além de constantemente orientações de fluxo magmático ou deformacional.

As partículas piroclásticas apresentam dimensões variáveis entre cinza (< 2 mm) (Prancha 1I), *lapilli* (2 a 64 mm) (Prancha 1J), bomba (> 64 mm e formas arredondadas) (Prancha 1L, M, N, O) e bloco (> 64 mm e formas angulosas) com ocorrência pouco expressiva.

Os depósitos piroclásticos podem ser classificados como do tipo polimítico (Prancha 1E e F), constituídos por mais de um tipo de rocha e do tipo polimodal (Prancha 1L e M), composto pela combinação de vários tamanhos granulométricos. São representados em menores proporções por brechas piroclásticas com domínio dos blocos angulosos a semi - angulosos (Prancha 1C), mas predominando os aglomerados caracterizados pelo predomínio de bombas arredondadas (Prancha 1N). Tufos e lapilitos ou mesmo conjugados com diversos tamanhos granulométricos constituindo tufos de cinza e de *lapilli* são comuns, e localmente ignimbritos definidos pela orientação de clastos ou de púmices, compactadas e definindo uma superfície planar e/ou sinuosa, os *fiammes*, representando a direção da deformação.

Estes depósitos contêm geralmente vitroclastos, litoclastos e cristaloclastos que constituem o termo dominante, além de púmice (Prancha 1O), *fiammes*, fragmentos vítreos altamente compactados desenvolvendo texturas eutaxíticas (planares) (Prancha 1I, O, P), *shards* constituindo lascas de vidro vulcânico e esferulitos e diversificadas estruturas ligadas à desgaseificação.

As feições estruturais mais comuns são de fluxo magmático (Prancha 1Q) e as deformacionais restringem-se a uma deformação dúctil regional e por pequenas zonas em que se expressa uma foliação milonítica de direção principal NW - SE, além de um forte diaclasamento.

A leste, na região da Serra da Bodoquena (MS) observam-se as exposições entre as rochas cratônicas e as rochas da sequência metavulcano - sedimentares neoproterozóicas da Faixa de Dobramento Paraguai, tratada indistintamente neste trabalho e constituída pelos grupos: Cuiabá, caracterizado por filitos e xistos, quartzitos, metaconglomerados e mármore, além de metagrauvas e metabasitos e Corumbá, constituído predominantemente por quartzitos, filitos e metacalcários. A sul ocorrem as rochas metassedimentares associadas ao Grupo Amolar ou Grupo Jacadigo representadas pela Formação Urucum e que são constituídos predominantemente por metarcóseos, metarenitos, metasiltitos e metacalcários.

## ASPECTOS PETROGRÁFICOS

A Suíte Vulcânica Serra da Bocaina é constituída por rochas subvulcânicas, vulcânicas e vulcanoclásticas ácidas, sendo que os termos composicionais de maior expressão encontram-se representados por litotipos de composição álcali - riólitos a riólitos. Em menores proporções ocorrem riodacitos, dacitos e andesitos, predominantemente microporfíricos a porfíricos e identificados por apresentarem colorações róseas claras a

cinza e pelo incremento na porcentagem de plagioclásio em relação ao feldspato potássio e de máficos (hornblenda e biotitas cloritizadas). Os minerais acessórios como a titanita, apatita, zircão e minerais opacos, além de minerais de alteração como epidoto, calcita, clorita e sericita, são comuns.

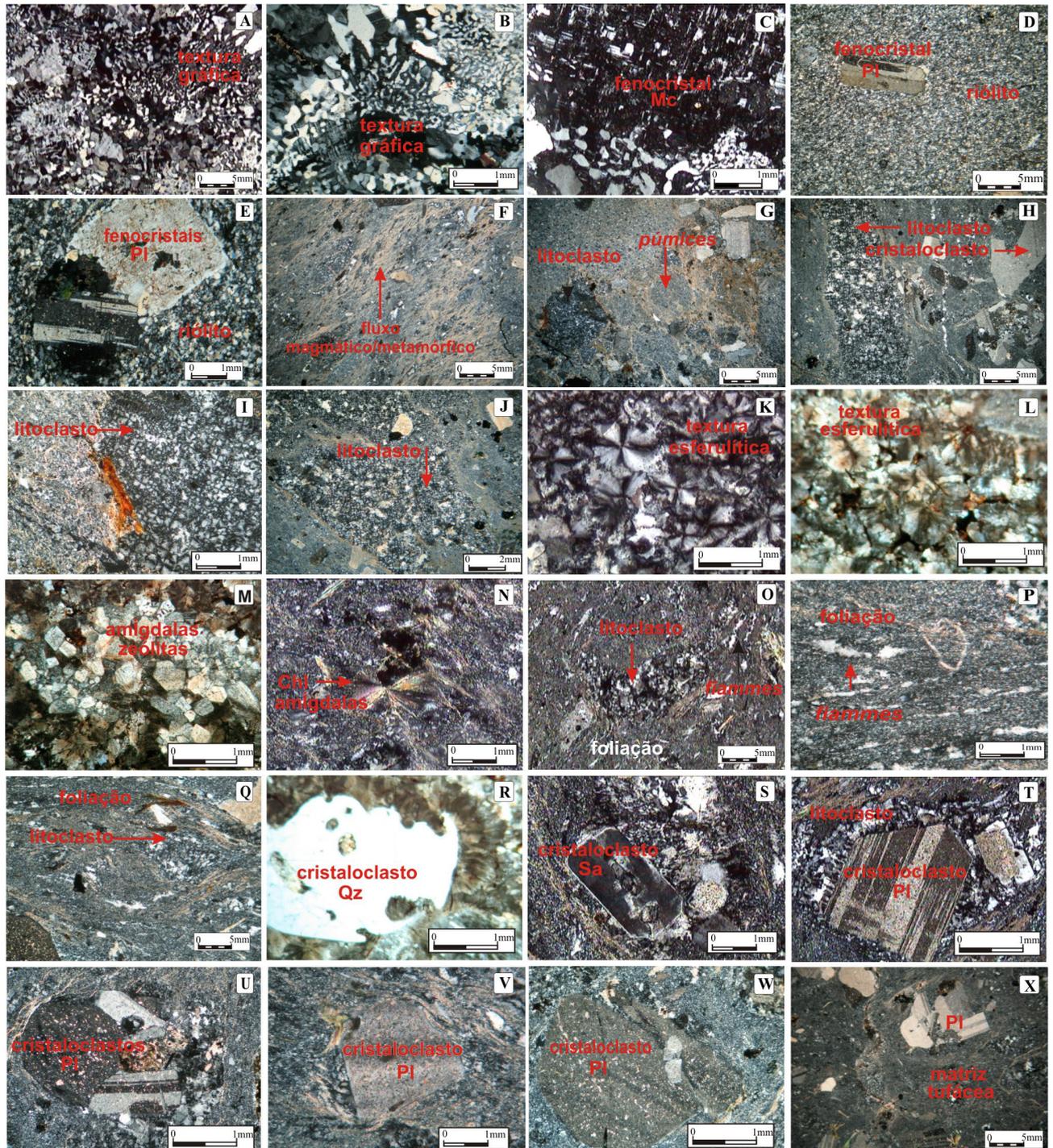
Os riólitos são os litotipos composicionais dominantes apresentam coloração rósea a vermelha, isotropos a anisotrópicos, afaníticos, subfanerítico com variedades porfíricas, microporfíricas e vitrofíricas e às vezes granofíricas (Prancha 2A, B). Os microfenocristais apresentam dimensões geralmente entre 1,2 a 8 mm e apresentam porcentagens geralmente inferiores a 10%, euédricos a subeuédricos de microclínio (Prancha 2C) e oligoclásio e quartzo bipiramidal, como também, são encontrados estes fenocristais apresentando formas arredondadas com feições de corrosão magmática. Encontram-se inseridos em uma matriz de granulação fina a densa e/ou parcialmente vítrea, essencialmente de composição quartzo - feldspática, além de rara biotita parcialmente cloritizada, sericita, calcita e epidoto, minerais opacos e minerais acessórios como titanita, zircão e apatita.

Os fenocristais de feldspato potássio e/ou de plagioclásio (Prancha 2D), em razão dos seus tamanhos e sua porcentagens, identificam as diversas variedades texturais. Localmente são identificados os riólito pórfiros riólitos apresentando quantidades acentuadas de fenocristais. Os arranjos glomeroporfíricos (glomerulos) também são identificados e constituídos principalmente por plagioclásios (Prancha 2E).

Nas rochas vulcanoclásticas são comuns os litoclastos, cristaloclastos e vitroclastos dispostos em uma matriz tufácea realçada por filossilicatos orientados (Prancha 2F), onde se pode distinguir quartzo, feldspato, clorita, raras biotitas, sericita, micrólitos de carbonato, esferulitos e axiolitos esparsos, vidro vulcânico reliquiar, litoclastos e *púmice*.

A púmice apresenta-se de forma arredondada a elipsoidal, recristalizada, de difícil distinção e sua mineralogia por apresentar-se com granulometria muito fina, mas é possível o reconhecimento de quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e material vesicular preenchido por minerais secundários (Prancha 2G).

Os litoclastos são frequentes e apresentam formas arredondadas a ovaladas, mas podem apresentar - se alongados a achatados quando moldados pela orientação deformacional. São constituídos predominantemente por variedades composicionais e texturais das rochas vulcânicas em que dominam os termos composicionais riolíticos, e secundariamente de composição das rochas encaixantes, além de frequentes litoclastos onde se observa intenso processo de desvitrificação (Prancha 2H, I, J).



**PRANCHA 2.** A, B) riólito com fenocristal de microclínio apresentando intercrescimento gráfico, C) riólito com fenocristal de microclínio gráfico; D) riólito com fenocristal de plagioclásio; E) glomeroporfíricos de plagioclásios; F) matriz túfácea com foliações de fluxo magmático e metamórfica, G) matriz túfácea apresentando litoclastos e *lapilli* (*púmices*), H, I, J) litoclastos formados pelo intercrescimento de sílica e feldspato alcalino; K, L) detalhe dos litoclastos constituído de esferulitos provenientes da desvitrificação; M) amígdalas com preenchimento de zeólitas; N) amígdalas com preenchimento de micrólitos de clorita; O) litoclasto e *fiammes* de quartzo; P) *fiammes* de quartzo e orientações; Q) litoclasto alongado, *fiammes* e filossilicatos indicando a deformação; R) cristaloclasto de quartzo com bordas e golfos de corrosão; S) cristaloclastos de sanidina; T) cristaloclastos de plagioclásios dentro do litoclasto; U) glomérulos de plagioclásio dentro do litoclasto; V, W, X) cristaloclastos de plagioclásio. (Pl - plagioclásio, Chl - clorita, Qz - quartzo, As - sanidina)

No geral observa-se nos litoclastos resultados de desvitrificação, a sua construção por texturas esferulíticas que são estruturas circulares (esferas), formadas pelo intercrescimento de fibras ou lamelas de sílica e feldspato alcalino, na forma de “concreções radiadas” (glóbulos) coalescentes entre si, identificadas como esferulitos. Nas áreas internas das concreções radiadas observam-se pequenas cavidades na forma de estrelas, denominados *vugs*, registros dos processos de desgaseificação (Prancha 2K e L).

São observadas estruturas amigdaloidais preenchidas, total ou parcialmente, por material vítreo, material secundário constituindo esferulitos preenchidos por carbonatos e zeólitas (Prancha 2M) e por cloritas radiadas (Prancha 2N), além de se apresentarem-se na forma de cavidades vazias.

As *fiammes* constituem fragmentos vítreos compactados diferenciando-se das púmices basicamente por exibirem grau de achatamento maior e uma cor mais escura, devido às modificações que acompanham o processo de soldagem e contornam os cristaloclastos (Prancha 2O, P). Os *shards* constituem lascas de vidro vulcânico e são representados por frações em forma de Y, lembrando remanescentes da junção de bolhas.

Os cristaloclastos são compostos por fragmentos de cristais e porfiroclastos de quartzo, feldspato alcalino,

plagioclásio e mais raramente por biotita. Observam-se cristaloclastos de quartzo euédricos, alguns prismáticos a subédricos hexagonais a anédricos, apresentando bordas e golfos de corrosão (Prancha 2R), cristaloclastos de ortoclásio e microclínio subédricos a anédricos, às vezes, com coroa de axiolitos ou não e de sanidina euédrica (Prancha 2S), cristaloclastos euédricos de plagioclásio dentro do litoclasto (Prancha 2T), glomérulos de cristaloclastos de plagioclásio (Prancha 2U) e diversificados cristaloclastos de plagioclásio, apresentando geminação albita, periclínio e combinada albita/carlsbad, intensamente saussuritizados (Prancha 2V, W, X).

Os cristaloclastos de biotita, quando presentes, mostram formas subédricas e lamelares, ocorrendo isoladamente ou mantendo uma disposição segundo a orientação de fluxo magmático.

Os vitroclastos são do tipo polimíticos, na forma de fragmentos, constituídos por texturas de desvitrificação, principalmente na forma de esferulitos e axiolitos de sílica e feldspato. Os esferulitos consistem de agregados de fibras radiadas de sílica + feldspatos e, às vezes, de clorita, podendo apresentar estrutura esférica ou achatada tipo *fan*, ocorrendo essencialmente nos litoclastos dispersos na matriz, mas podem se mostrar estratificados ou evidenciar uma orientação de fluxo magmático realçada nas bordas das bombas.

## LITOGEOQUÍMICA

As análises químicas foram realizadas no LABOGEO - IGCE/UNESP - Rio Claro, utilizando-se Fluorescência de Raios X para os elementos maiores (concentração em %), através de pastilha fundida em meio borato e para os elementos traços (concentração em ppm), através de pastilha prensada, e para os elementos de terras raras, ICP-AES, segundo os padrões de rotina do laboratório propostos por Malagutti et al. (1998) e os trabalhos iniciais de cunho geoquímico desta sequência de rochas encontram-se em Lacerda Filho et al. (2006) e por Godoy et al. (2006; 2007 b) e Manzano et al. (2008) que estão integrados na Tabela 1.

A concentração dos elementos maiores, evidenciada na Figura 2 através dos diagramas de Harker (1909), mostra valores de sílica elevados e restritos, onde domina um agrupamento de rochas com valores elevados entre 72 a 78% de SiO<sub>2</sub>, caracterizando um magmatismo constituído por rochas predominantemente ácidas e evoluídas. A exceção corresponde a uma amostra com valor ao redor de 65% SiO<sub>2</sub> correspondendo a uma rocha de composição dacítica a andesítica.

Os valores predominantemente baixos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

MgO e CaO, representados nas Figuras 2C, 2E e 2F, indicam as características das rochas hololeucocráticas a leucocráticas, com acentuado empobrecimento em máficos, à exceção da amostra que apresenta valores de 65% SiO<sub>2</sub>. Os valores elevados de Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O (Figura 2 G e H) são condizentes com as rochas altamente diferenciadas desta sequência.

Nos diagramas de classificação petrográfica de Le Maitre (1989) (Figura 3A) os litotipos são definidos como riólitos, à exceção de uma amostra de dacito. No diagrama de Middlemost (1985) (Figura 3B) caracterizam-se os litotipos predominantemente como álcali-riólito a riólito e no diagrama QAP de Lameyre & Bowden (1982) (Figura 3C) as rochas são classificadas como monzoriólitos ou riodacitos, com amostra transicionando para os termos de composição dacítica a andesítica.

O diagrama classificatório para séries magmáticas de Peacock (1931) (Figura 3D), em razão da distribuição restrita com alta sílica, não possibilita a interpretação de um *trend* bem definido com tendência cálcio-alcalina a alcalina, como era esperado para esta sequência.

Nos diagramas de classificações usando o teor em potássio *versus* sílica, de Le Maitre (1989) (Figura

3E), as amostras são classificadas predominantemente com riólitos, com alguns litotipos pertencentes à série de médio potássio, mas, a representação do maior número de amostras pertence à série de alto potássio. O diagrama de Taylor (1976) apresenta um maior intervalo dos valores de  $K_2O$ , observa-se que o maior número de amostras distribui-se no campo da série cálcio - alcalina de alto potássio, mas possibilita a identificação de amostras com valores de  $K_2O > 5\%$ , com distribuição para a série shoshonítica.

Quanto à saturação em alumínio, vista no diagrama de Maniar & Picolli (1989) (Figura 3G), os litotipos evidenciam caráter predominantemente peraluminoso, podendo ocorrer, com frequência, tipos metaluminosos. O diagrama de Debon & Le Fort (1983) (Figura 3H) define para a sequência magmática a predominância de rochas peraluminosas a duas micas (campos II) e à

biotita (campo III) e rochas metaluminosas à biotita e hornblenda (campo IV).

Os diagramas geoquímicos para caracterização de ambiente geotectônico de Pearce et al. (1984) (Figura 4A, B) classificam as rochas como pertencentes a uma suíte magmática com características predominantemente sin-colisional, formadas em ambiente de arco magmático com alguns litotipos mais tardios definidos como pós-orogênicos de ambiente intra-placa.

As características geoquímicas deste magmatismo como o último evento na construção do Arco Magmático Amoguijá, são respaldadas no diagrama de Batchelor & Bowden (1985) (Figura 4C) que também classifica as rochas como pertencentes a um evento magmático predominantemente sin-colisional a pós orogênico. Evidências geoquímicas são observadas no diagrama de Maniar & Picolli, 1989 (Figura 4D).

**TABELA 1.** Tabela com os dados geoquímicos das amostras da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina.

	GRUPO AMOGUIJÁ - SUÍTE VULCÂNICA SERRA DA BOCAINA															
SiO <sub>2</sub> (%)	65,11	72,51	73,05	74,34	74,51	74,55	74,79	75,08	75,77	75,9	76,28	76,56	76,96	77,03	77,7	78,45
TiO <sub>2</sub>	0,45	0,39	0,26	0,23	0,3	0,27	0,15	0,13	0,22	0,14	0,23	0,2	0,26	0,22	0,25	0,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,58	13,11	14,24	13,74	13,06	13,18	12,97	12	12,74	12,04	11,84	12,58	12	12,01	10,88	11,69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,68	2,96	1,7	2,2	1,58	2,05	1,51	2,2	1,52	1,25	0,9	1,64	0,87	1,36	1,5	1,35
MnO	0,09	0,09	0,07	0,08	0,06	0,09	0,05	0,08	0,06	0,06	0,19	0,04	0,03	0,07	0,07	0,05
MgO	0,72	0,58	0,18	0,06	0,34	0,15	0,3	0,41	0,02	0,3	0,04	0,12	0,09	0,08	0,11	0,1
CaO	4,79	1,02	0,71	0,97	0,74	0,67	0,34	0,46	0,65	0,72	1,77	0,18	0,85	0,67	1,31	0,33
Na <sub>2</sub> O	3,62	4,21	3,51	3,52	3,41	4,46	2,51	3,25	3,6	2,55	4,98	3,87	4,26	4,45	3,62	3,15
K <sub>2</sub> O	1,43	4	4,74	4,36	4,55	3,65	6,61	6,25	4,53	5,99	2,03	4,29	3,7	3,22	3,06	4,32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	0,08	0,03	0,06	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
LOI	1,27	1,09	1,53	0,44	1,43	0,88	0,75	0,16	0,91	1,04	1,71	0,49	0,99	0,87	1,5	0,3
Total	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	0,00	0,00
Cr (ppm)	126	184	43	190	94	107	176	151	124	95	209	210	201	154	164	127
Cu	2	17	25	3	7	18	1	2	12	2	4	2	6	9	8	4
Ni	20	7	4	6	4	6	5	6	7	4	9	7	5	9	4	8
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	43	-	62	-	59
Ba	867	1285	832	972	1138	997	1121	611	1258	755	434	1194	980	608	935	1309
Rb	39	112	449	102	156	301	140	187	184	124	76	142	107	124	92	115
Sr	501	133	57	140	89	63	51	42	79	64	20	41	58	16	94	91
Zr	121	218	327	229	245	329	157	233	413	96	208	168	203	204	185	171
Y	14	29	63	27	37	61	32	68	71	21	42	27	32	38	24	33
Nb	7	12	20	10	12	20	11	11	18	9	11	9	12	12	10	11
La	29,9	50,94	46,3	48,05	47,32	55	69,67	88,4	52,18	48,82	47,45	35,42	49,15	-	36,38	55,17
Ce	54,17	105,53	97,4	85,98	98,05	109,69	104,96	157,73	108,09	77,76	95,22	74,15	103,06	-	73,5	82,04
Nd	25,91	46,37	42,52	40,96	45,31	47,61	56,84	70,94	46,25	37,75	43,63	33,45	45,23	-	32,82	47,66
Sm	4,59	8,17	8,5	7,78	8,53	9,05	10,13	14,69	9,16	6,26	8,42	6,52	8,39	-	6,26	8,74
Eu	1,39	1,96	1,88	1,96	1,89	2,16	2,17	2	1,95	1,22	1,5	1,38	1,9	-	1,56	1,85
Gd	3,71	6,68	6,8	6,31	6,84	6,87	8,03	14,16	7,29	4,75	7,27	5,32	6,63	-	4,74	6,29
Dy	2,83	5,39	6,16	5,64	6,25	5,8	6,76	14,58	5,99	3,92	7,3	4,81	5,6	-	4,09	5,46
Er	1,63	3,25	3,78	3,15	3,61	3,27	3,92	9,13	3,42	2,37	3,88	2,74	3,26	-	2,37	2,97
Yb	1,7	3,17	3,78	3,59	3,65	3,44	4,21	9,91	3,55	2,72	3,68	2,83	3,21	-	2,45	2,8
Lu	0,27	0,46	0,59	0,58	0,55	0,51	0,7	1,8	0,56	0,47	0,55	0,42	0,49	-	0,39	0,41

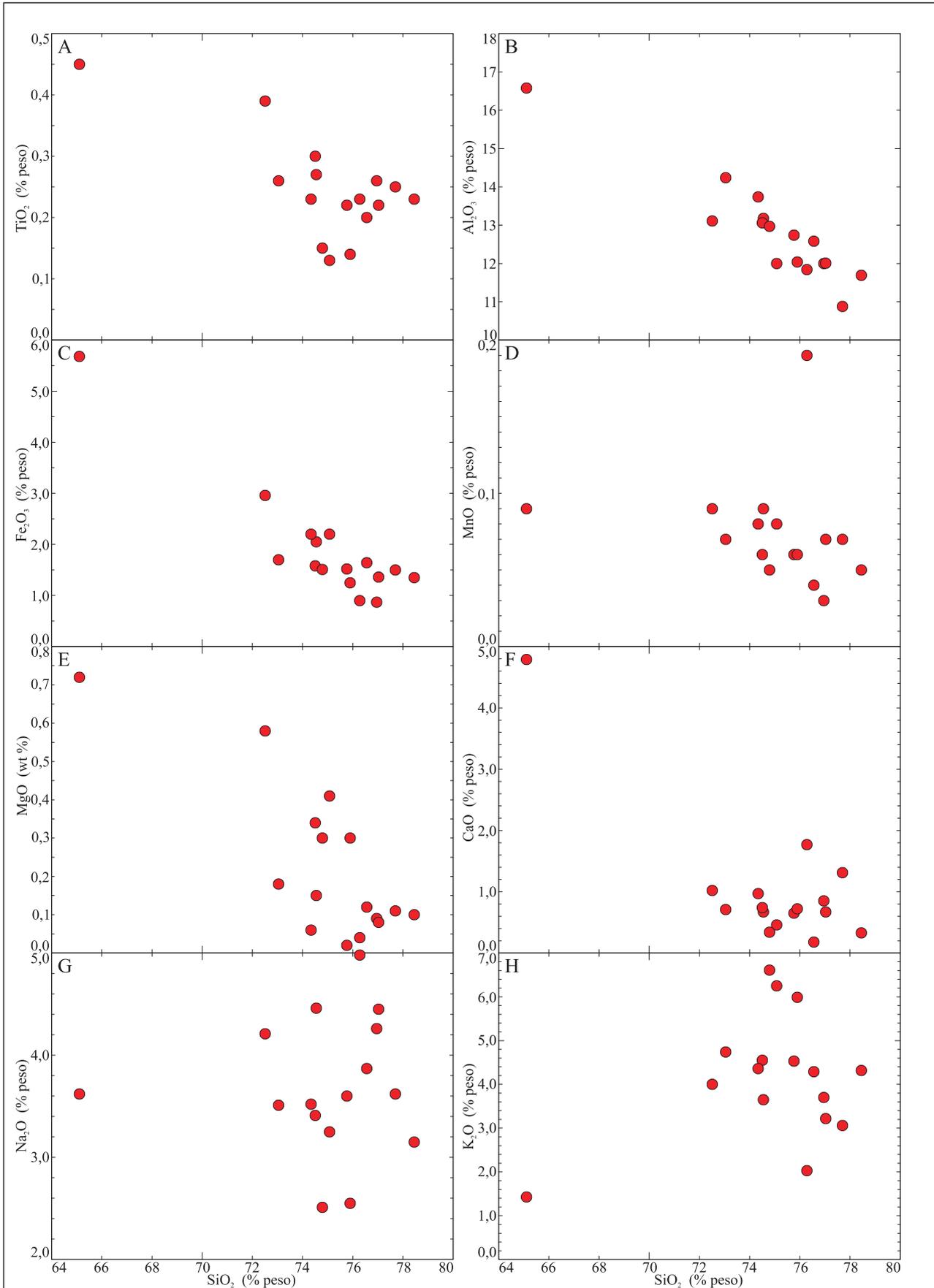
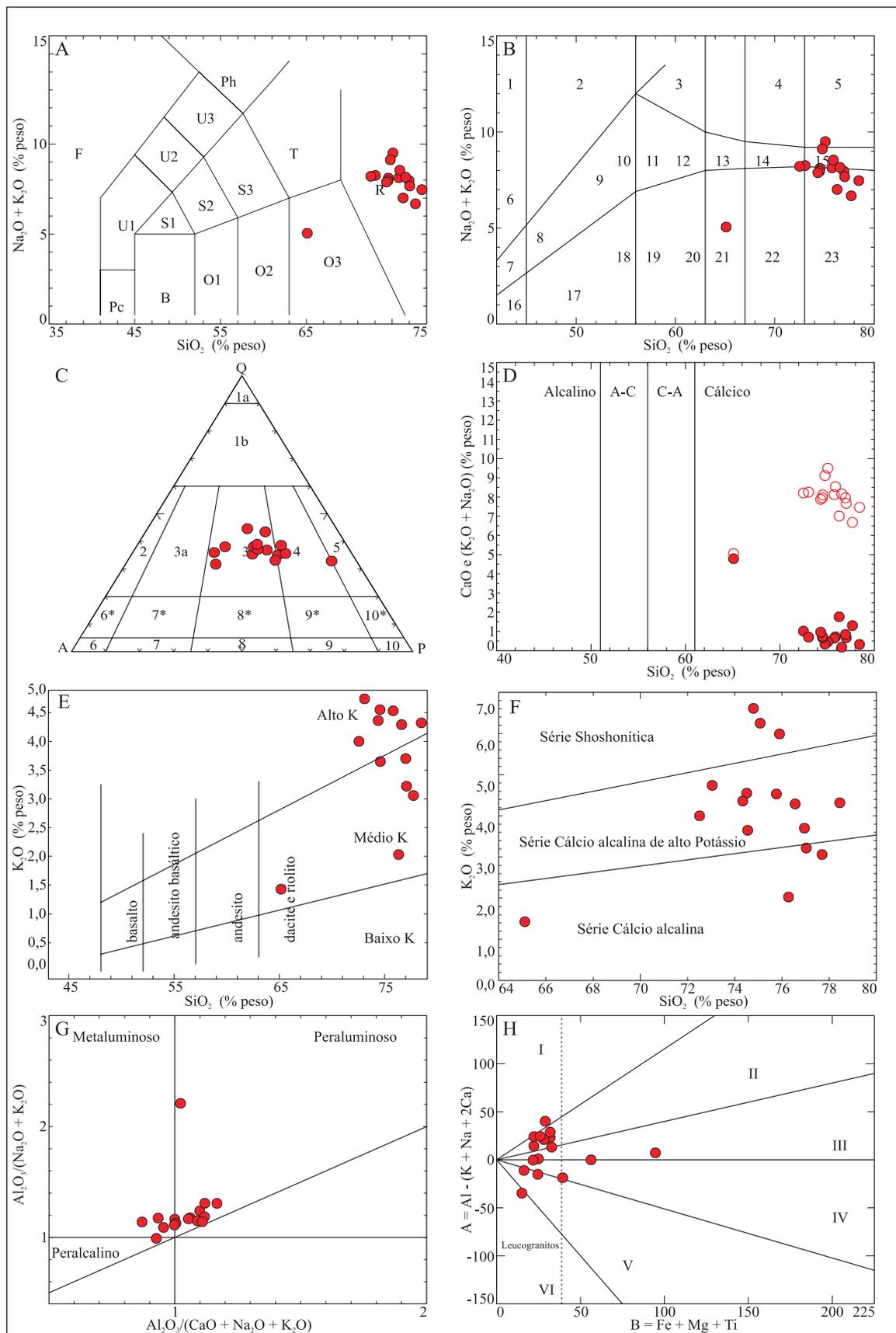
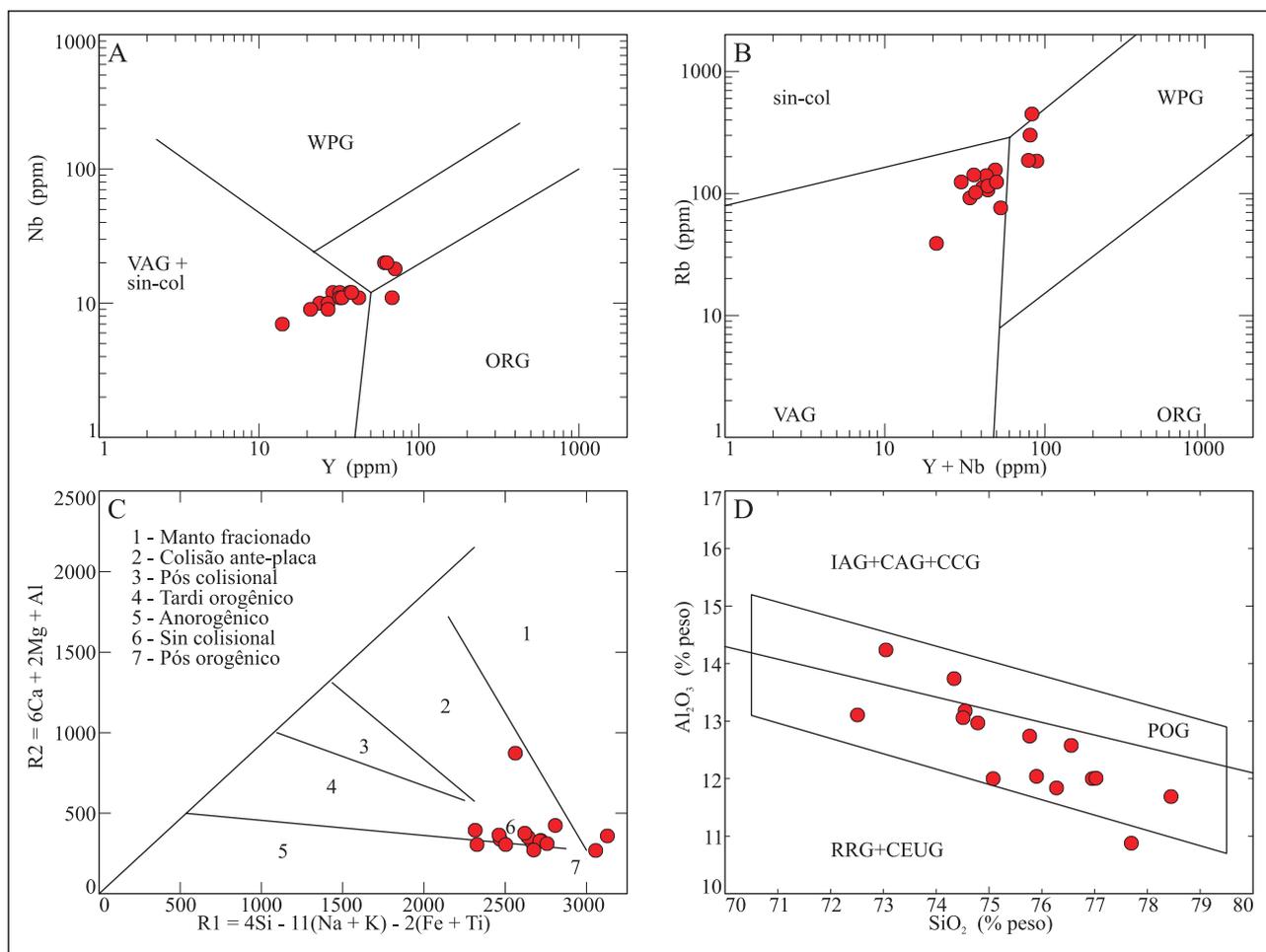


FIGURA 2. Diagramas de variação para elementos maiores (Harker, 1909).



**FIGURA 3.** Diagramas de classificação. **A)** Le Maitre (1989) (R - Riólito; O3 - Dacito). **B)** Middlemost (1985) (15 - Riólito alcalino; 23 - Riólito, 14 - Traquiriólito; 21 - Dacito). **C)** Diagrama QAP de Lameyre & Bowden (1982) (3b - monzoriólito ou riodacito; 4 - dacito; 5 - andesito). **D)** Peacock (1931). **E)** Le Maitre (1989). **F)** Taylor (1976). **G)** Índice de Shand de Maniar & Picolli (1989). **H)** Debon & Le Fort (1983) (riólito peraluminoso II a duas micas e III a biotita; riólito IV a hornblenda e biotita) - riólito metaluminoso.



**FIGURA 4.** Diagramas geoquímicos de ambiente tectônico. **A e B)** Pearce et al. (1984) (Syn-COLG) – granitóide sin-colisional; (VAG) – granitóide de arco vulcânico; (WPG) – granitóide intraplaca e (ORG) – granitóide orogênico. **C)** Batchelor & Bowden (1985) -  $R_1$  vs  $R_2$ . **D)** Maniar & Picolli (1989) (IAG) – granitóide de arco de ilha, (CAG) – granito de arco continental, (CCG) – granitóide de colisão continental, (POG) – granitóide pós-orogênico, (RRG) – granitóides relacionados à *rift* e (CEUG) – granitóide de epirogênese continental.

Nos variogramas de multielementos os elementos traços estão normalizados segundo os valores de Thompson (1982) para meteoritos condríticos (Figura 5A), segundo os valores de Weaver & Tarney (1984) para crosta inferior (Figura 5B) e segundo os valores de Taylor & McLennan (1981) para crosta superior (Figura 5C). Observa-se que a maioria dos litotipos exibe um forte empobrecimento em Nb, Sr, e Ti em relação à crosta superior e enriquecimento em Rb, evidenciando processos de fracionamento envolvendo feldspatos e máficos. Os valores dos elementos traços e as razões de Ba/Rb baixas evidenciam rochas fortemente diferenciadas.

Os diagramas de elementos terras raras foram normalizados segundo os valores de Boynton (1984) para meteoritos condríticos (Figura 5D), segundo os valores de Weaver & Tarney (1984) para a crosta inferior (Figura 5E) e segundo os valores de Taylor & McLennan

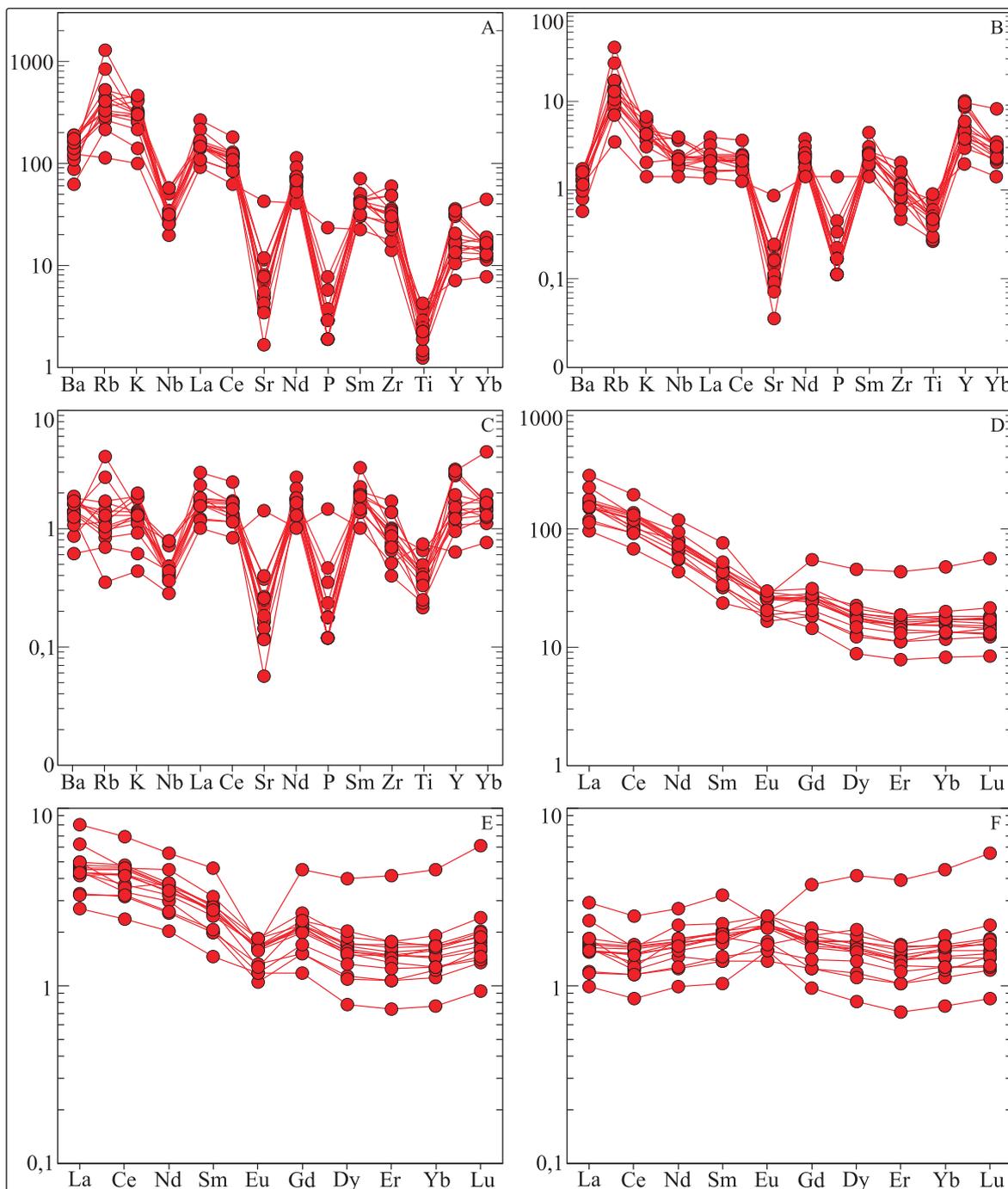
(1981) para crosta superior (Figura 5F). Observa-se que o comportamento do padrão de distribuição dos elementos terras raras encontra-se mais condizente com os diagramas da (Figura 5D, E) para normalização segundo valores da crosta inferior, sendo individualizados dois agrupamentos distintos, principalmente em relação ao comportamento dos elementos terras raras pesadas, um dominante e composto por variedades litológicas de composição riolítica e o outro dacítica.

O padrão de distribuição dos elementos terras raras (ETR), das rochas de composição predominantemente riolíticas (Figura 5D), apresenta  $[La/Yb = 9,83]_N$ , anomalia negativa de Eu, com  $[Eu/Eu^* = 0,5]$ , e assimetria definida pelo braço Ce – Sm = 2,77 em relação ao Gd – Yb = 1,54.

Os padrões gerais de distribuições das rochas de composições riolítica são similares e com uma distribuição assimétrica e paralela, apresentando valores

crescentes de elementos terras raras para as rochas mais diferenciadas, sugerindo a intensificação do processo de fracionamento magmático, a partir de um magma menos diferenciado.

O dacito apresenta um padrão de distribuição (Figura 5C), com  $[La/Yb]_N = 11,86$ , anomalia negativa de Eu, com  $[Eu/Eu^*] = 0,7$ , e assimetria do braço Ce - Sm = 2,85 em relação ao Gd - Yb = 1,76.



**FIGURA 5.** Diagramas de elementos incompatíveis (Spider) normalizados segundo: **A)** os valores de Thompson (1982) para meteoritos condritos; **B)** os valores de Weaver & Tarney (1984) para crosta inferior e **C)** os valores de Taylor & McLennan (1981) para crosta superior. Diagramas de elementos terras raras normalizados segundo: **D)** os valores de Boynton (1984) para meteoritos condritos; **E)** os valores de Weaver & Tarney (1984) para a crosta inferior e **F)** os valores de Taylor & McLennan (1981) para crosta superior.

## CONCLUSÕES

O Maciço Rio Apa corresponde à porção meridional do Cráton Amazônico com rochas de idade predominantemente Paleoproterozóica e é caracterizado por processos de evolução crustal marcados por acresções de crosta juvenil, sendo que as rochas do Grupo Amoguijá constituem a última adição de terrenos paleoproterozóicos, a partir da construção do Arco Magmático Amoguijá.

O Grupo Amoguijá é caracterizado por um magmatismo predominantemente de composição ácida, constituído inicialmente pela Suíte Intrusiva Alumiador, representado por um batólito de composição sienoa monzogranítica e pela Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, composta predominantemente por termos de composição álcali-riólitos a riólitos, incluindo em

menores proporções riodacitos, andesitos e dacitos.

A Suíte Vulcânica caracteriza-se por uma variedade textural de rochas subvulcânicas, vulcânicas e vulcanoclásticas. Os depósitos piroclásticos são de maior expressão e constituídos por partículas piroclásticas imersas em matriz afanítica de granulometria fina ou amorfa. As rochas piroclásticas encontram-se representadas por brechas, tufos, ignimbritos, aglomerados, lapilitos e púmices.

Quimicamente constitui um evento magmático de composição cálcio-alcalina de alto potássio a shoshonítico, peraluminoso a metaluminoso e define magmatismo sin-colisional de arco magmático com litotipos tardios com características pós-tectônicas de ambiente intraplaca.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio da FAPESP (proc. nº: 05/60371-6) e ao CNPq (proc. nº: 301302/2006-5).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. DE. Geologia do centro oeste matogrossense. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineração**, p. 215-137, 1964.
2. ALVARENGA, C.J.S.; BRASIL, A.E.; DEL'ARCO, D.M. **Geomorfologia**. MME/SG. Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SF. 21 – Campo Grande. Rio de Janeiro, v. 28, p. 125-184, 1982.
3. ARAÚJO, H.J.T.; NETO, A.S.; TRINDADE, C.A.H.; PINTO, J.C.A.; MONTALVÃO, R.M.G.; DOURADO, T.D.C.; PALMEIRA, R.C.B.; TASSINARI, C.C.G. **Geologia**. MME/SG. Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SF. 21 – Campo Grande. Rio de Janeiro, v. 28, p. 23-124, 1982.
4. BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitic rock series using multicationic parameters. **Chemical Geology**, v. 48, p. 43-55, 1985.
5. BOYNTON, W.V. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSEN P. (Ed.), **Rare earth element geochemistry**. Amsterdam: Elsevier, p. 63-114, 1984.
6. CORRÊA, J.A.; CORRÊA FILHO, F.C.L.; SCISLEWSKI, G.; CAVALLON, L.A.; CERQUEIRA, N.L.S.; NOGUEIRA, V.L. **Projeto Bodoquena** – Relatório Final, MME/DNPM, Convênio DNPM/CPRM – Superintendência Regional de Goiânia, 1976.
7. CORREIA FILHO, F.C.L.; MARTINS, E.G.; ARAÚJO, E.S. **Projeto Rio Apa: Relatório da área I**. Goiânia: CPRM, 2v. Convênio CODESUL/CPRM, 1981.
8. DEBON, F. & LE FORT, P. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences**, v. 73, p. 135-149, 1983.
9. DEL'ARCO, J.O.; SILVA, R.H.; TARAPANOFF, I.; FREIRE, F.A.; PEREIRA, L.G.M.; SOUZA, S.L.; LUZ, D.S.; PALMEIRA, R.C.B.; TASSINARI, C.C.G. **Geologia** MME/SG. Projeto RadamBrasil, Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SE. 21 – Corumbá e parte da Folha SE. 20. Rio de Janeiro, v. 27, p. 25-160, 1982.
10. GODOI, H.O. & MARTINS, E.G. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil** -PLGB: Folha SF.21, Campo Grande: escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 1999.
11. GODOI, H.O.; MARTINS, E.G.; MELLO, C.R.; SCISLEWSKI, G. **Geologia**. MME/SG. Projeto RadamBrasil. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folhas Corumbá (SE. 21-Y-D), Aldeia Tomázia, (SF. 21-V-B) e Porto Murtinho (SF. 21-V-D), Mato Grosso do Sul, escala 1: 250.000, 2001.
12. GODOY, A.M.; RUIZ, A.S.; MANZANO, J.C.; ARAÚJO-RUIZ, L.M.B.; SOUSA, M.Z.A.; BATATA, M.E.F.; MONTANO, L.F.; SILVA, M.V.V.; BALDIM, I.; LIMA, G.A. Aspectos petrográficos e litogeoquímicos da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, Maciço Rio Apa, sul do Cráton Amazônico - MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 2006, p. 250.
13. GODOY, A.M.; RUIZ, A.S.; MANZANO, J.C.; ARAÚJO, L.M.B.; RUIZ, A.S. Contexto geológico do magmatismo do Grupo Amoguijá, Suíte Intrusiva Alumiador e Vulcânica Serra da Bocaina, Maciço Rio Apa, sul do Cráton Amazônico – MS. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 11, 2007, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 2007, p. 277-279. (a).
14. GODOY, A.M.; MANZANO, J.C.; SILVA, M.V.V. DA; ARAÚJO-RUIZ, L.M.B. DE; RUIZ, A.S.; SILVA, J.A. DA. Litogeoquímica da Suíte Vulcânica Serra da Bocaina, Maciço Rio Apa, Sul do Cráton Amazônico - MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 11, 2007, Atibaia. **Anais...** São Paulo, 2007. CD-ROM. (b).
15. GODOY, A.M.; MANZANO, J.C.; ARAÚJO, L.M.B.;

- SILVA, J.A. Contexto Geológico e Estrutural do Maciço Rio Apa, sul do Cráton Amazônico – MS. **Geociências**, v. 28, n. 4, p. 485-499, 2009.
16. HARKER, A. **The Natural History of Igneous Rocks**. London: Methuen, 384 p., 1909.
  17. LACERDA FILHO, J.W.; BRITO, R.S.C.; SILVA, M.G.; OLIVEIRA, C.C. DE; MORETON, L.C.; MARTINS, E.G.; LOPES, R.C.; LIMA, T.M.; LARIZZATTI, J.H; VALENTE, C.R. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul**. Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Convênio CPRM/SICME - MS, MME, 121 p., 2006.
  18. LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. Plutonic Rock Types Series: Discrimination of Various Granitoid Series and Related Rocks. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 14, p. 169-186, 1982.
  19. LE MAITRE, R.W. **Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms**. Recommendations of the International Union of Geological-Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Blackwell, Oxford, 193 p., 1989.
  20. MALAGUTTI, M.I.A.; BAHIA FILHO, O.; MORENO, M.M.T.; NARDY, A.J.R. Determinação de elementos terras raras e ítrio em rochas silicáticas por ICP-AES com separação em resina trocadora de íons. **Geochimica Brasiliensis**, v. 12, n. 1/2, p. 75-80, 1998.
  21. MANZANO, J.C.; GODOY, A.M.; ARAÚJO, L.M.B. DE; SILVA, J.A. DA. Vulcanismo do Grupo Amoguijá, Suíte Serra da Bocaina, Maciço Rio Apa, Sul do Cráton Amazônico-MS. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 4, 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. CD-ROM.
  22. MANIAR, P.D. & PICOLLI, P.M. Tectonic Discrimination of Granitoids. **Geological Society of America Bulletin**, v. 101, p. 635-643, 1989.
  23. MIDDLEMOST, E.A.K. **Magma and magmatic rocks**. An Introduction to Igneous Petrology. Longman, London, 206 p., 1985.
  24. NOGUEIRA, V.L.; OLIVEIRA, C.C.; FIGUEIREDO, J.A.; CORRÊAFILHO, F.C.L.; SCISLEWSKI, N.G.; SOUZA, M.R.; MORAES FILHO, J.C.R.; LEITE, E.A.; SOUZA, N.B.; SOUZA, J.O.; CERQUEIRA, N.L.S.; VANDERLEI, A.A.; TAKASCHI, A.T.; ABREU FILHO, W.; ROSITO, J.; OLIVATTI, O.; HAUSEN, J.E.P.; GONÇALVES, G.N.D.; RAMALHO, R.; PEREIRA, L.C.B. **Projeto Bonito - Aquidauana: Relatório Final**. DNPM-CPRM-DGM, Goiânia, v. 14, 1978.
  25. PEACOCK, M.A. Classification of igneous rocks series. **Journal Geology**, v. 39, p. 54-67, 1931.
  26. PEARCE, J.A.; HARRIS N.B.W.; TINDLE, A.G. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. **Journal of Petrology**, v. 25, p. 956-983, 1984.
  27. RUIZ, A.S.; SIMÕES, L.S.A.; BRITO-NEVES, B.B. Maciço Rio Apa: extremo meridional do Cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 10, 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, p. 301-304.
  28. RUIZ, S.A.; SOUSA, M.Z.A.; GODOY, A.M.; MEDEREIROS, E.M.; SOUSA, S.Q.; LIMA, G.A. Relação entre a faixa móvel x cráton: o caso da Faixa Móvel Paraguai e do Cráton Amazônico na região do Rio Apa, Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO OESTE, 10, 2007, Pirenópolis. **Atas...** Pirenópolis: Sociedade Brasileira de Geologia, 2007. CD-ROM.
  29. SCHOBENHAUS FILHO, C. & SOARES, L.A. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**. Folha Corumbá (SE. 21). Brasília, DNPM, 1979.
  30. SILVA, E.L. **Geologia da região da Serra da Alegria, extremo sul do Cráton Amazônico, município de Porto Murtinho-MS**. São Paulo, 1998, 147 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
  31. SILVA, M.G.; LACERDA FILHO, J.V.; BRITO, R.S.C.; OLIVEIRA, C.C.; MORETON, L.C.; MARTINS, E.G. Evidências de um evento orogênico acrescionário paleoproterozóico na Província Rio Apa, Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43, 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 2006, p. 296-296.
  32. SILVA, M.G.; BRITO, R.S.C.; LACERDA FILHO, J.V. Rochas graníticas do complexo Rio Apa e da Suíte Amoguijá, Mato Grosso do Sul: evidências de terrenos acrescionários paleoproterozóicos, na porção sudoeste do cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO OESTE, 10, 2007, Pirenópolis. **Anais...** Pirenópolis: Sociedade Brasileira de Geologia, 2007. CD-ROM.
  33. TAYLOR, S.R. & McLENNAN, S.M. **The continental crust: it is composer and evolution**. Blackwell, Oxford, 120 p., 1985.
  34. TAYLOR, W.P. Intrusion and differentiation of granitic magma at high level in the crust: the Puscao Pluton. Lima, Peru. **Journal of Petrology**, p. 82-133, 1976.
  35. THOMPSON, R.N. British Tertiary volcanic province. **Journal of Geology**, v. 18, p. 49-107, 1982.
  36. WEAVER, B. & TARNEY, J. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. **Nature**, v. 310, p. 575-57, 1984.

*Manuscrito Recebido em: 15 de junho de 2010  
Revisado e Aceito em: 1 de setembro de 2010*