

## Suíte Intrusiva Rio Perdido: magmatismo intraplaca no sul do Cráton Amazônico – Bloco Rio Apa

*Rio Perdido Intrusive Suite: intraplate magmatism in southern Amazonian Craton – Rio Apa Block*

Gabrielle Aparecida de Lima<sup>1,4,5,6</sup>, Moacir José Buenano Macambira<sup>2,5</sup>, Maria Zélia Aguiar de Sousa<sup>3,5,6</sup>, Amarildo Salina Ruiz<sup>3,5,6</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará - UFPA, Rua Augusto Corrêa, n.º 1, Guamá – Cidade Universitária José da Silveira Netto, CEP 66075-110, Belém, PA, BR (gabilimagel@gmail.com)

<sup>2</sup>Laboratório de Geologia Isotópica – Pará-Iso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, PA, BR (moamac@ufpa.br)

<sup>3</sup>Faculdade de Geociências, Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT, Cuiabá, MT, BR (prof.mzaguiar@gmail.com; asruiz@gmail.com)

<sup>4</sup>Instituto de Engenharia, IEng/UFMT, Cuiabá, MT, BR

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geociências da Amazônia (GEOCIAM), Belém, PA, BR

<sup>6</sup>Grupo de Pesquisa em Evolução Crustal e Tectônica – Guaporé, Cuiabá, MT, BR

Recebido em 07 de julho de 2016; aceito em 12 de julho de 2017

### Resumo

O enxame de diques da Suíte Intrusiva Rio Perdido (SIRP) ocorre no sul do Cráton Amazônico, Bloco Rio Apa, e representa importante evento magmático de natureza fissural, pré-aglutinação do supercontinente Rodínia. Os diques são tabulares a lenticulares, com espessura variando entre 1 e 30 m, preferencialmente paralelos segundo as direções N70°-90°E e N70°-90°W, exibem contatos abruptos e discordantes à estruturação regional NS. Os diques são homogêneos, compostos por diabásios de granulação muito fina a fina e microgabros finos a médios, isotrópicos, sem quaisquer vestígios de deformação dúctil e metamorfismo. Ao microscópio, essas rochas apresentam-se holocristalinas, com textura oítica a suboítica, intergranular, por vezes porfirítica, e localmente do tipo *quenching*, com morfologia do tipo “cauda de andorinha”. Constituem-se essencialmente por plagioclásio, piroxênios e olivina. Apresenta *trend* toleítico, com enriquecimento em FeOt em relação ao MgO para valores de álcalis relativamente constantes. As rochas dos diques classificam-se, quase que exclusivamente, como basaltos e basaltos andesíticos, e quanto à ambiência tectônica os diagramas sugerem para essas rochas uma colocação semelhante à dos basaltos intraplaca fanerozoicos. O comportamento dos elementos terras raras (ETR) mostra forte fracionamento de ETR pesados em relação aos ETR leves, com razões La/Yb entre 2,8 e 6,2 e anomalia negativa pouco expressiva ou inexistente de Eu. Considerando a idade de cristalização em torno de 1100 Ma para as rochas das suítes Rio Perdido e Huanchaca e do Complexo Rincón del Tigre, sugere-se a existência de *Large Igneous Province* (LIP) esteniana, associada à tentativa de ruptura continental relacionada à evolução do Aulacógeno Aguapeí.

**Palavras-chave:** Cráton Amazônico; Bloco Rio Apa; Diques máficos; Litoquímica.

### Abstract

The dyke swarms of the Rio Perdido Intrusive Suite are located on the southern Amazonian Craton, Rio Apa Block, and they stand for an important fissural magmatic event that took place before the agglutination of the Rodinia Supercontinent. The dykes are 1 to 30 m-thick, with tabular to lenticular shape, and follow two preferential trends: N70°-90°E and N70°-90°W. They occur parallel to each other showing abrupt and discordant contacts relative to the regional NS trend. These rocks are compositionally homogeneous being composed of very fine- to fine-grained diabases, as well as fine- to medium-grained microgabros that show no evidence of ductile deformation or metamorphism. Under microscope, these rocks are holocrystalline, and display several types of textures such as ophitic to subophitic, intergranular, porphyritic in places, and locally, quench texture. The essential constituents are plagioclase, pyroxene, and olivine. Harker-type diagrams show a tholeiitic trend. They mostly plot as basalts and andesitic basalts. Diagrams suggest geological settings similar to that of Phanerozoic intraplate settings for the emplacement of these rocks. The geochemical signature of rare earth elements shows strong fractionation of heavy REE relative to light REE, with La/Yb ratios ranging from 2.8 to 6.2. Taking into account a crystallization age around 1100 Ma for the rocks from the Rio Perdido and Huanchaca Intrusive Suites, and from the Rincón del Tigre Complex, here we suggest the existence of a Stenian Large Igneous Province (LIP) which may be associated with an attempted continental breakup related to the evolution of the Aguapeí Aulacogen.

**Keywords:** Amazonian Craton; Rio Apa Block; Mafic dykes; Litochemistry.

## INTRODUÇÃO

Enxames de diques e soleiras máficas constituem importante ferramenta para o entendimento dos processos geodinâmicos, especialmente por marcarem o início de grandes eventos tectônicos extensionais, além de serem indicadores significativos da natureza e evolução das fontes mantélicas (e.g., Halls, 1982). Adicionalmente, a história magmática e temporal das *Large Igneous Provinces* (LIPs) pode fornecer informações importantes para a reconstrução paleogeográfica dos supercontinentes pré-cambrianos (e.g., Ernst et al., 2013).

Na porção sul-sudoeste do Cráton Amazônico ocorrem vários enxames de diques e soleiras máficas (Figura 1), cujas idades de formação foram recentemente definidas com emprego do método U-Pb (*Thermal Ionization Mass Spectrometry* – TIMS) em badeleíta (*Thermal Ionization Mass Spectrometry Isotopic Dilution* – ID-TIMS) (Teixeira et al., 2015a, 2015b, 2016) e zircão (*Laser Ablation Inductively Coupled Mass Spectrometry* – LA-ICP-MS) (Faleiros et al., 2016). Embora ainda ocorram debates sobre a petrogênese e os ambientes tectônicos desse magmatismo máfico, atualmente há um consenso em relação às idades de formação, exceto para o enxame de diques da Suíte Intrusiva Rio Perdido (SIRP), no Bloco Rio Apa.

Considerando que a SIRP é a menos conhecida em seus aspectos geológicos, petrológicos e geocronológicos, o objetivo deste trabalho foi, com base em dados de campo, petrográficos e litoquímicos, contribuir para a compreensão da evolução petrológica e tectônica desse evento magmático registrado na porção sul do Cráton Amazônico.

## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### Diques e soleiras máficos do sul e do sudoeste do Cráton Amazônico

Os diques e soleiras máficas em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul foram reconhecidos desde os levantamentos regionais do Projeto Radambrasil (Barros et al., 1982; Araújo et al., 1982; Santos et al., 1979). No entanto, apenas a partir de 2005 esse magmatismo máfico passou a ser estudado em seus aspectos petrogenéticos e geocronológicos, com emprego de métodos isotópicos robustos, U-Pb em badeleíta e zircão. Na Figura 1 estão representadas as áreas de ocorrência das seguintes unidades em território brasileiro: Suíte Intrusiva Huanchaca, Suíte Intrusiva Rancho de Prata, Suíte Intrusiva Salto do Céu e Suíte Intrusiva Rio Perdido.

A Suíte Intrusiva Huanchaca, inicialmente descrita por Litherland et al. (1986) como um conjunto de soleiras e diques máficos tonianos no oriente boliviano, foi também reconhecida no Brasil por Século et al. (2011) e Lima et al. (2012). O Complexo Estratiforme Rincón

del Tigre, contemporâneo a essa suíte, trata-se de uma soleira alojada no Grupo Sunsás/Aguapeí, deformado pela Orogenia Sunsás.

A Suíte Intrusiva Rancho de Prata, discriminada por Ruiz et al. (2005), corresponde a um enxame de diques máficos, com direção N-S, bem expostos na região de Nova Lacerda, com idade Rb-Sr em rocha total de, aproximadamente, 1380 Ma (Corrêa da Costa et al., 2009).

A Suíte Intrusiva Salto do Céu (Araújo et al., 2005) está representada por um conjunto de soleiras máficas tonianas alojadas em rochas descritas como Grupo Aguapeí, na região de Rio Branco e Salto do Céu, no Estado de Mato Grosso. Foi interpretada por Araújo et al. (2005) como parte basal do Complexo Estratiforme de Rio Branco (Leite et al., 1985). Lima (2016) adiciona ocorrências de derrames a essa unidade e a interpreta como magmatismo bimodal, cronocorrelato à Suíte Intrusiva Rio Branco.

Os diques máficos do Bloco Rio Apa foram descritos, inicialmente, por Araújo et al. (1982), que apresentaram uma idade K/Ar, em plagioclásio, de  $914 \pm 9$  Ma, interpretada como a idade de sua formação. Ruiz et al. (2010a) denominam esse enxame de diques como Suíte Intrusiva Rio Perdido e, com base na idade citada, o relacionam ao magmatismo intraplaca responsável pela ruptura do supercontinente Rodínia.

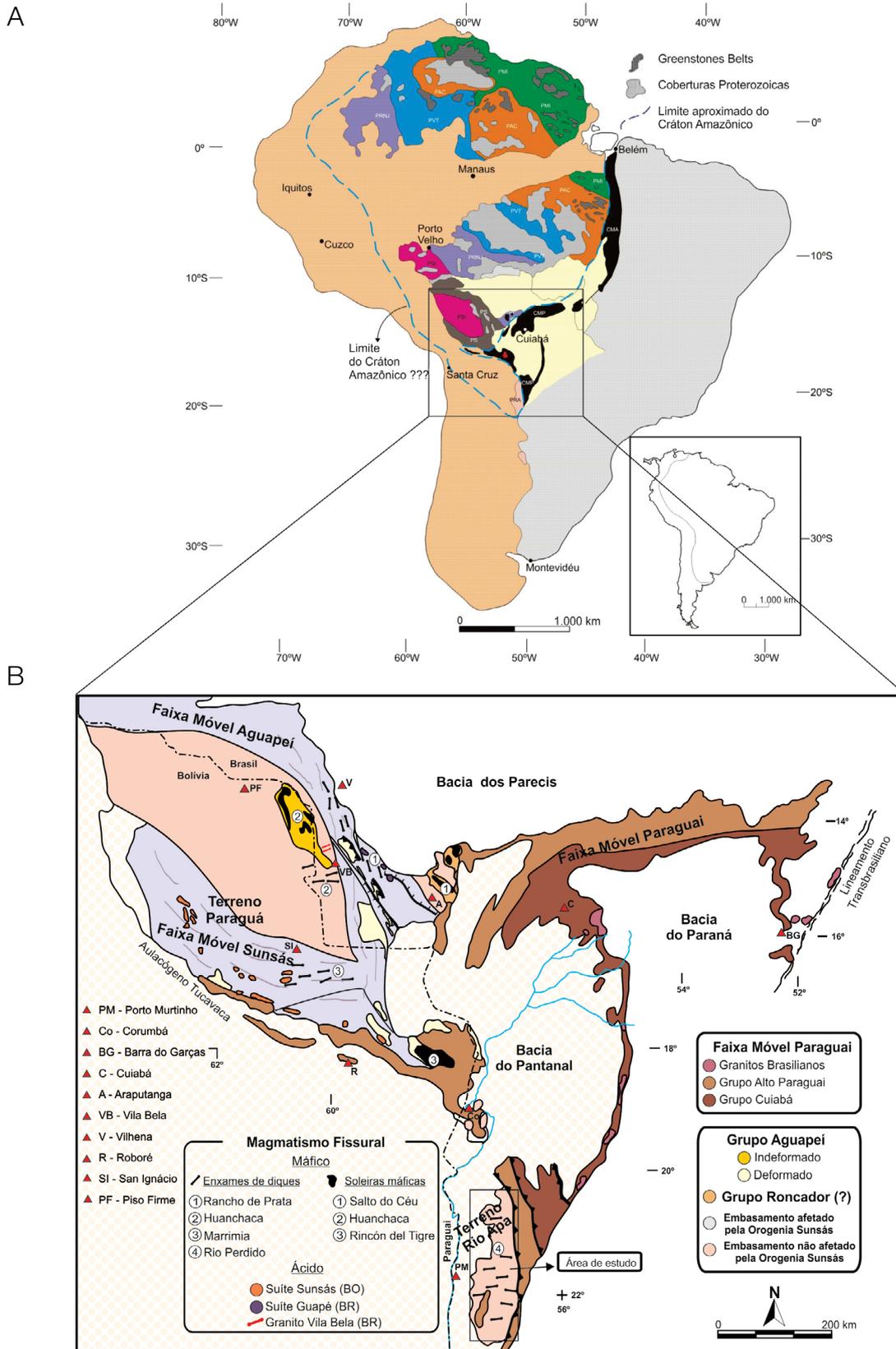
Godoi et al. (2001) posicionam os diques mapeados na região de Porto Murtinho e Corumbá como pertencentes à Formação Serra Geral (Grupo São Bento). Faleiros et al. (2016) apresentam um resultado U-Pb (LA-ICP-MS) em zircões de um dique de gabronorito, maciço, cujo intercepto superior em  $1589 \pm 44$  Ma foi interpretado como a idade de sua cristalização; já Teixeira et al. (2016) obtiveram idade U-Pb (ID-TIMS) de 1110 Ma, em badeleíta, a partir da mesma amostra utilizada por Faleiros et al. (2016), esses últimos correlacionam essa idade à LIP Rincón del Tigre-Huanchaca.

### Geologia do Bloco Rio Apa

Segundo Ruiz et al. (2005), Lacerda Filho et al. (2006) e Cordani et al. (2010), o extremo sul do Cráton Amazônico está representado pelo Bloco Rio Apa, o qual compreende um segmento crustal paleoproterozoico que se limita a leste por rochas pelítico-carbonáticas do Grupo Corumbá (Serra da Bodoquena) e a oeste por sedimentos cenozoicos da Bacia do Pantanal (Lacerda Filho et al., 2006; Figura 2).

Cordani et al. (2010), considerando os aspectos geológicos, as idades U-Pb e idades-modelo Sm-Nd, sugerem a divisão do Bloco Rio Apa em Domínio Oriental e Ocidental, limitados por uma zona de sutura de direção predominante N-S (Figura 2).

O Domínio Ocidental é representado pelo Complexo Porto Murtinho, pelo Complexo Morro do Triunfo, pela Suíte Serra da

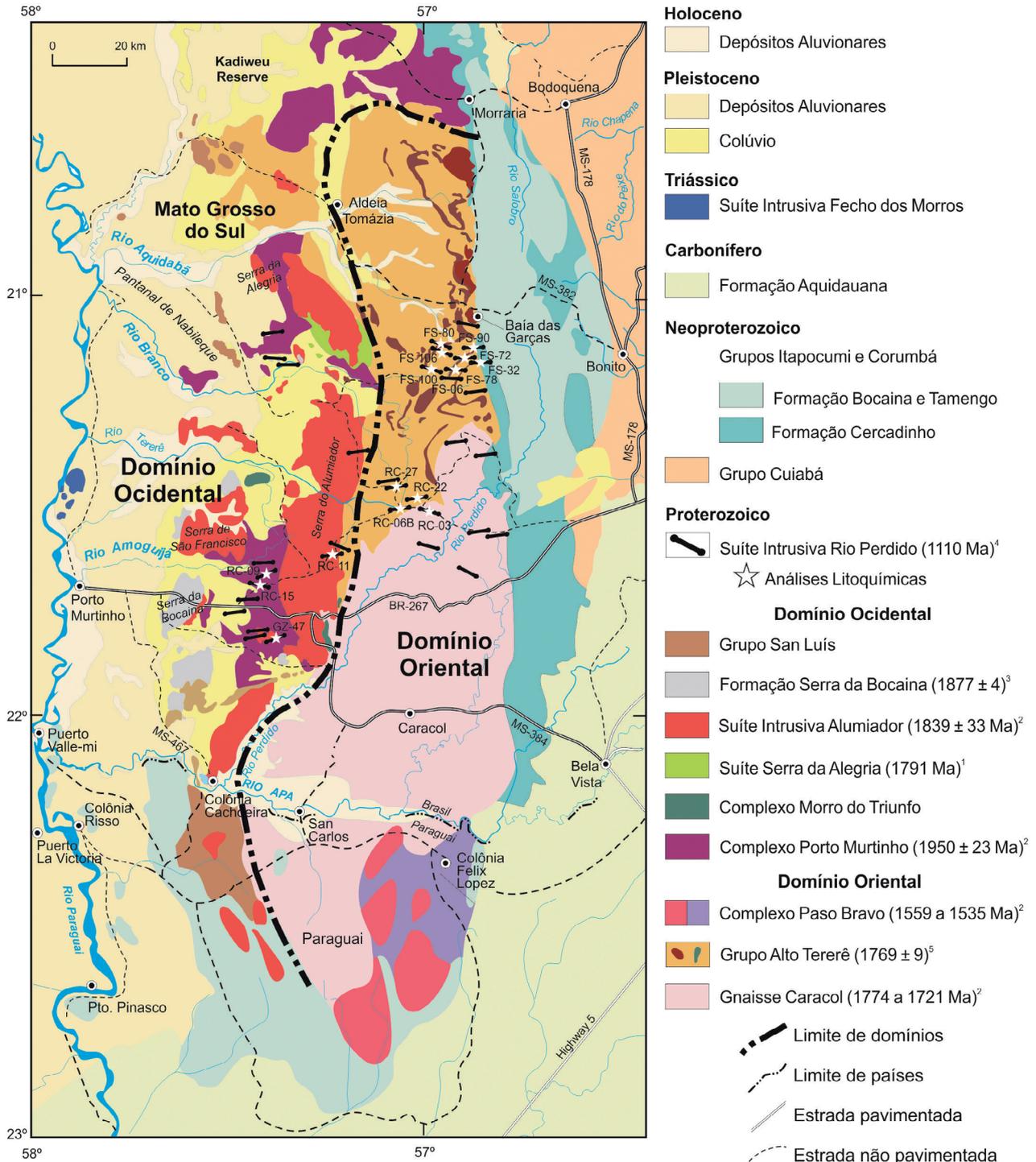


**Figura 1.** (A) Compartimentação geocronológica e tectônica do Cráton Amazônico segundo Ruiz (2005); (B) mapa tectônico do sul/sudoeste do Cráton Amazônico (extraído e modificado de Ruiz et al., 2010b).

Alegria, pela Suíte Intrusiva Alumiador, pela Formação Serra da Bocaina e pelas rochas metassedimentares do Grupo San Luís.

O Domínio Oriental é constituído pelo Gnaiss Caracol, Grupo Alto Tererê e Complexo Paso Bravo.

Segundo Cordani et al. (2010), o Bloco Rio Apa se estabilizou após a aglutinação desses dois domínios (Oriental e Ocidental) em torno de 1,3 Ga, conforme indicam os dados K-Ar e Ar-Ar.



**Figura 2.** Esboço geológico do Bloco Rio Apa com a localização aproximada dos principais diques identificados e com análises litoquímicas. (Extraído e modificado de Cordani et al. 2010). (1) Lacerda Filho et al. (2006); (2) Cordani et al. (2010); (3) Brittes et al. (2013); (4) Teixeira et al. (2016); (5) Lacerda Filho et al. (2016).

## ASPECTOS DE CAMPO DA SUÍTE INTRUSIVA RIO PERDIDO

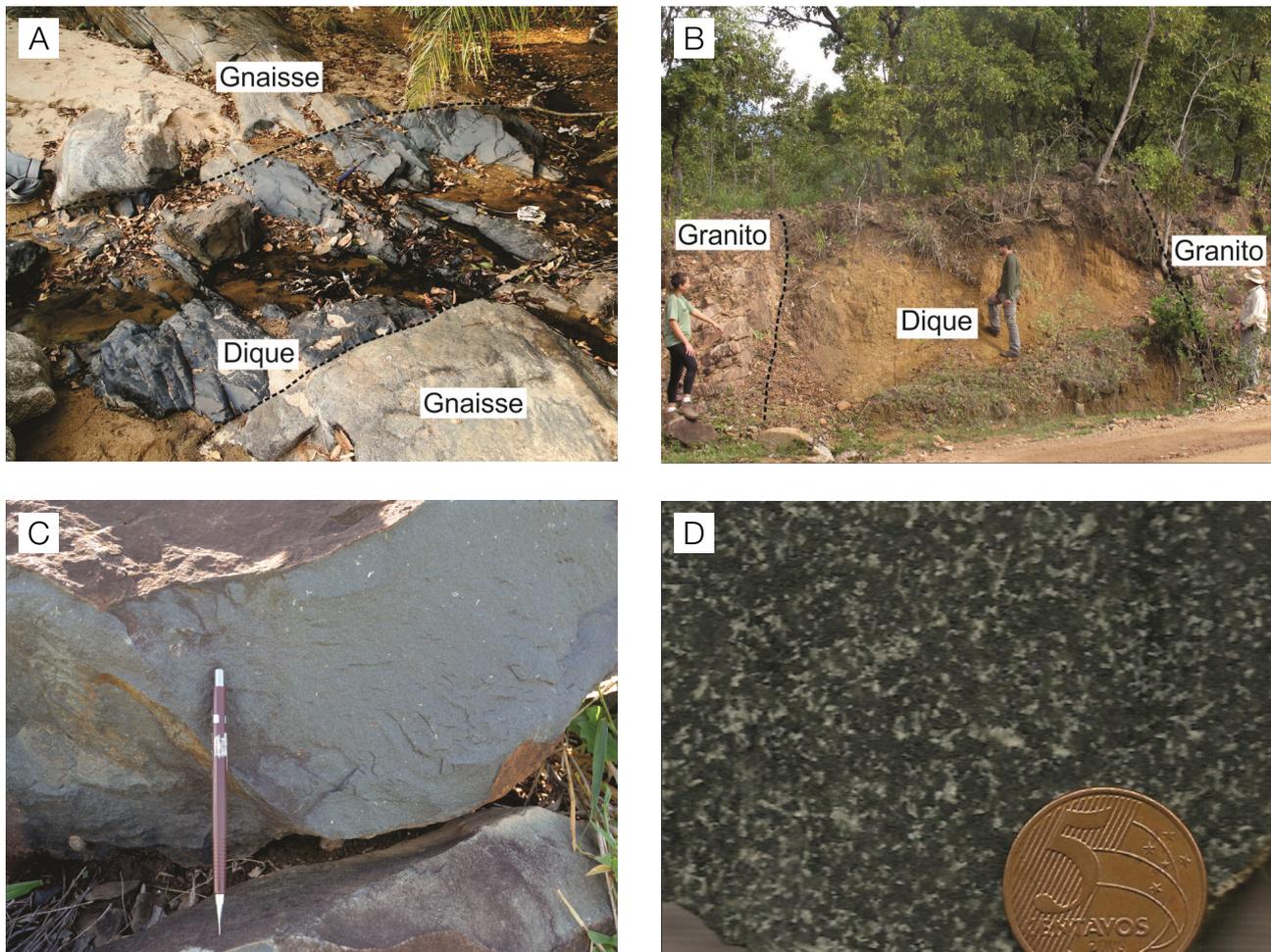
O enxame de diques que corresponde à SIRP ocorre na porção sul do Cráton Amazônico, encaixado em rochas paleoproterozoicas, em toda a extensão do Bloco Rio Apa no Brasil (sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul) e no Paraguai.

Constitui-se por diabásios de granulação muito fina a fina e microgabros finos a médios, maciços, de cor cinza esverdeado a cinza escuro (Figura 3), com direção preferencial entre N70°-90°E e N70°-90°W (Figura 4), e mergulhos entre 80° e 90° para os quadrantes SE e NW. Foram identificadas dezenas de diques cujas espessuras variam entre 1 e 30 m, com contatos abruptos e discordantes à estruturação regional das encaixantes, sem registros de deformação e metamorfismo.

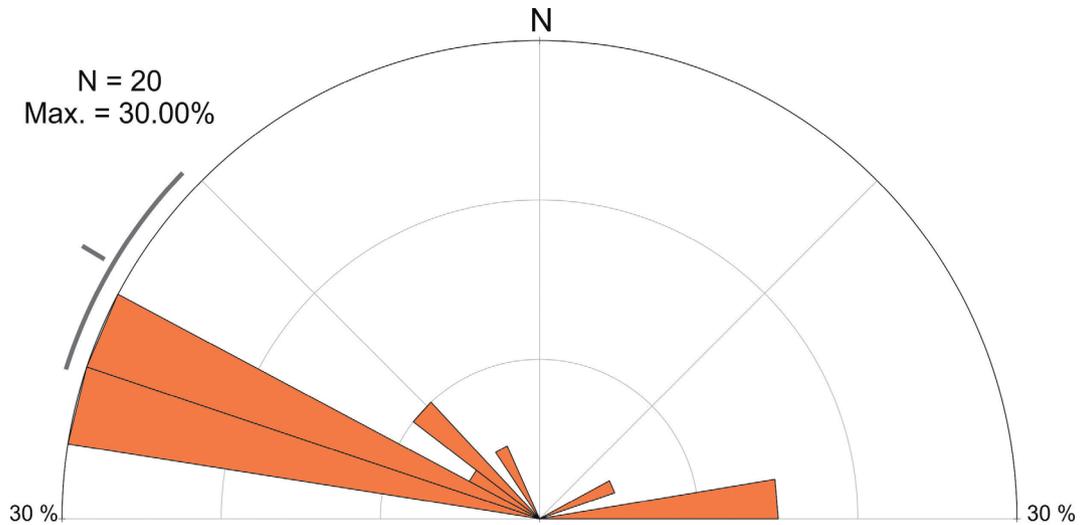
## PETROGRAFIA

Macroscopicamente, as rochas da SIRP são maciças, com granulação muito fina a média, equi a inequigranulares, mesocráticas e de composição gabronorítica (Streckeisen, 1976). Ao microscópio, classificam-se como holocristalinas, com textura ofítica a subofítica (Figuras 5A e 5B), intergranular, por vezes porfirítica, e localmente *quenching*, com morfologia do tipo “cauda de andorinha”, relacionada a resfriamento rápido (Figura 5A). Constituem-se essencialmente por plagioclásio, piroxênios e olivina; os minerais de alteração e acessórios são: anfibólio, minerais opacos, clorita, biotita, titanita, apatita, epidoto, serpentina, talco, calcita, sericita, argilominerais, iddingsita e boulingita.

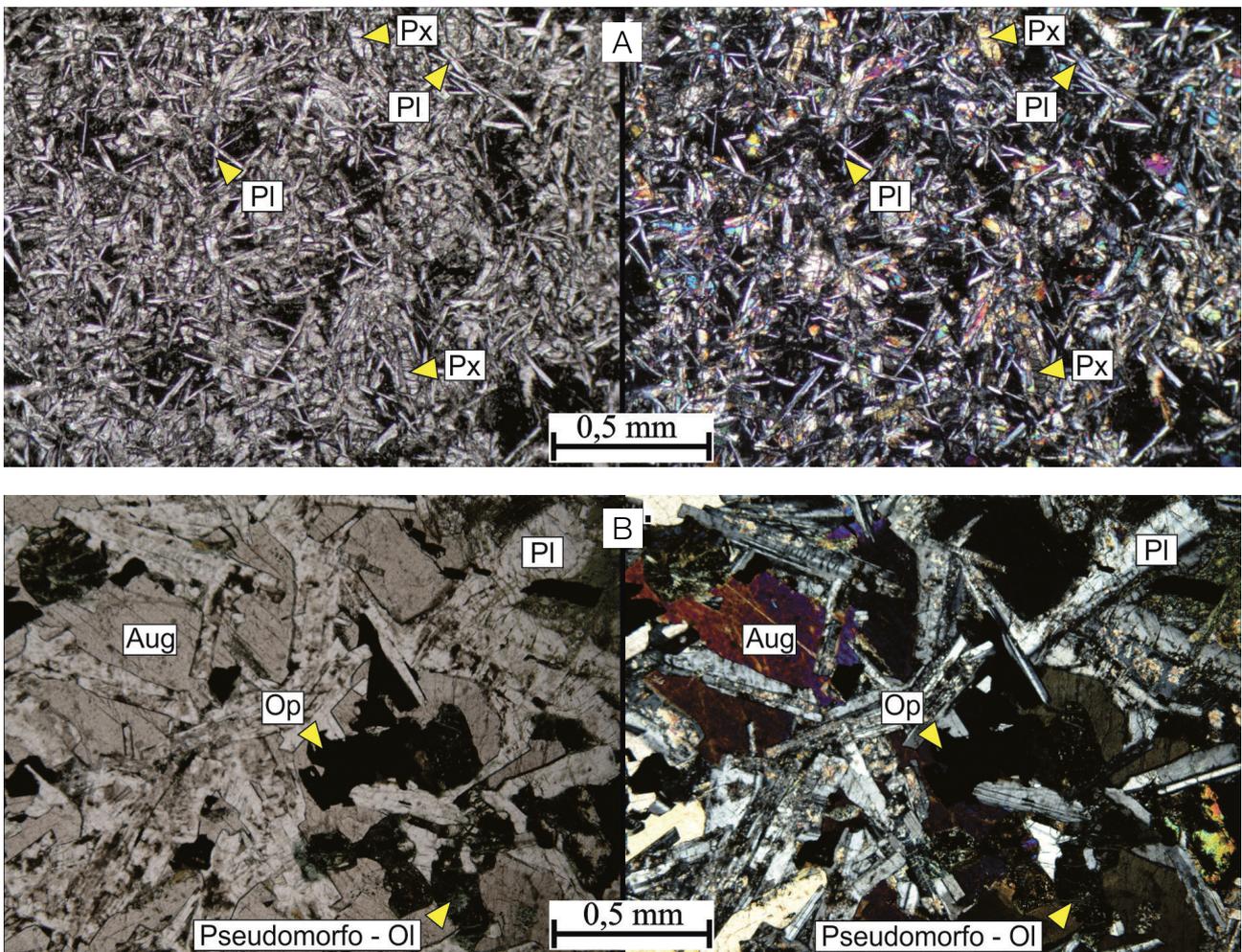
Os plagioclásios, identificados como labradorita e andesina, constituem a principal fase, ocorrendo em ripas e cristais tabulares euédricos a subédricos, em geral, embricados



**Figura 3.** (A) e (B) Diques da Suíte Intrusiva Rio Perdido alojados em gnaiss do Complexo Rio Apa; (C) dique de diabásio da Suíte Intrusiva Rio Perdido de cor cinza claro e granulação muito fina; (D) detalhe de amostra de dique de microgabro da Suíte Intrusiva Rio Perdido de textura intergranular a subofítica.



**Figura 4.** Diagrama de roseta obtido para os diques da Suíte Intrusiva Rio Perdido (20 medidas).



**Figura 5.** Fotomicrografias de amostras da Suíte Intrusiva Rio Perdido, ilustrando: (A) textura ofítica a subofítica, plagioclásio com morfologia do tipo “cauda de andorinha” indicando textura *quenching*; (B) textura predominantemente ofítica formada por augita incluindo cristais tabulares de plagioclásio, pseudomorfos de olivina envolvidos por augita. Polarizadores paralelos à esquerda e cruzados à direita. Abreviações segundo Fettes e Desmons (2008).

ou radiados ou, raramente, em fenocristais tabulares, comumente zonados, saussuritizados/argilizados. Exibem geminações polissintéticas do tipo albita ou periclina e simples do tipo Carlsbad, por vezes combinadas. Frequentemente, as ripas encontram-se inclusas nos cristais de piroxênio ou entre eles, caracterizando texturas, respectivamente, ofítica e subofítica.

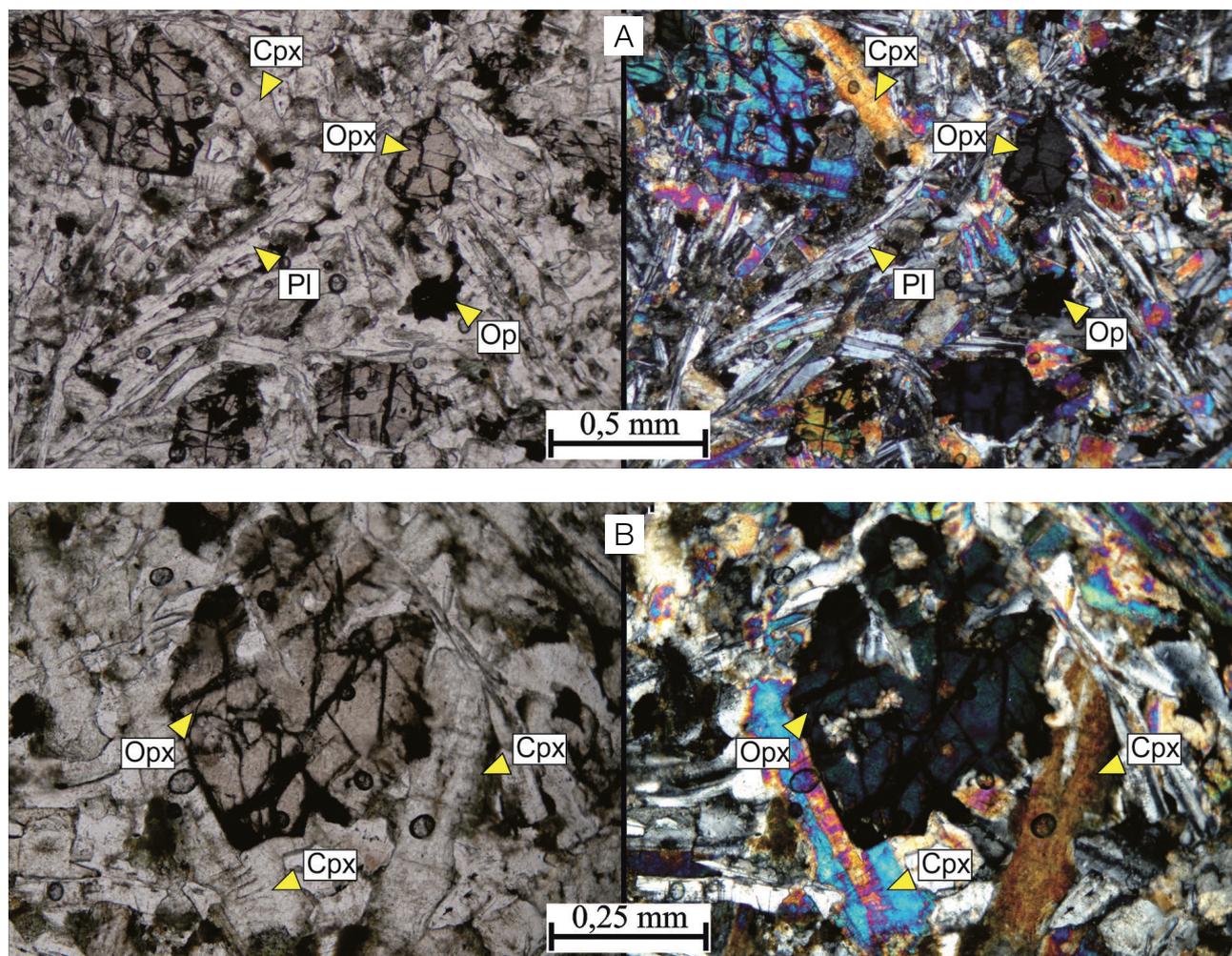
Os piroxênios (Figuras 6A e 6B), monoclinicos (augita e pigeonita) e ortorrômbicos (hiperstênio), exibem-se em cristais prismáticos ou grãos anédricos, podendo apresentar geminação setorial, zonação, uralitização principalmente nas bordas e pseudomorfismo parcial a total para agregado de anfibólio (hornblenda), clorita, biotita e serpentina.

A olivina ocorre em grãos anédricos, por vezes, com bordas de reação para piroxênio, caracterizando textura coronítica

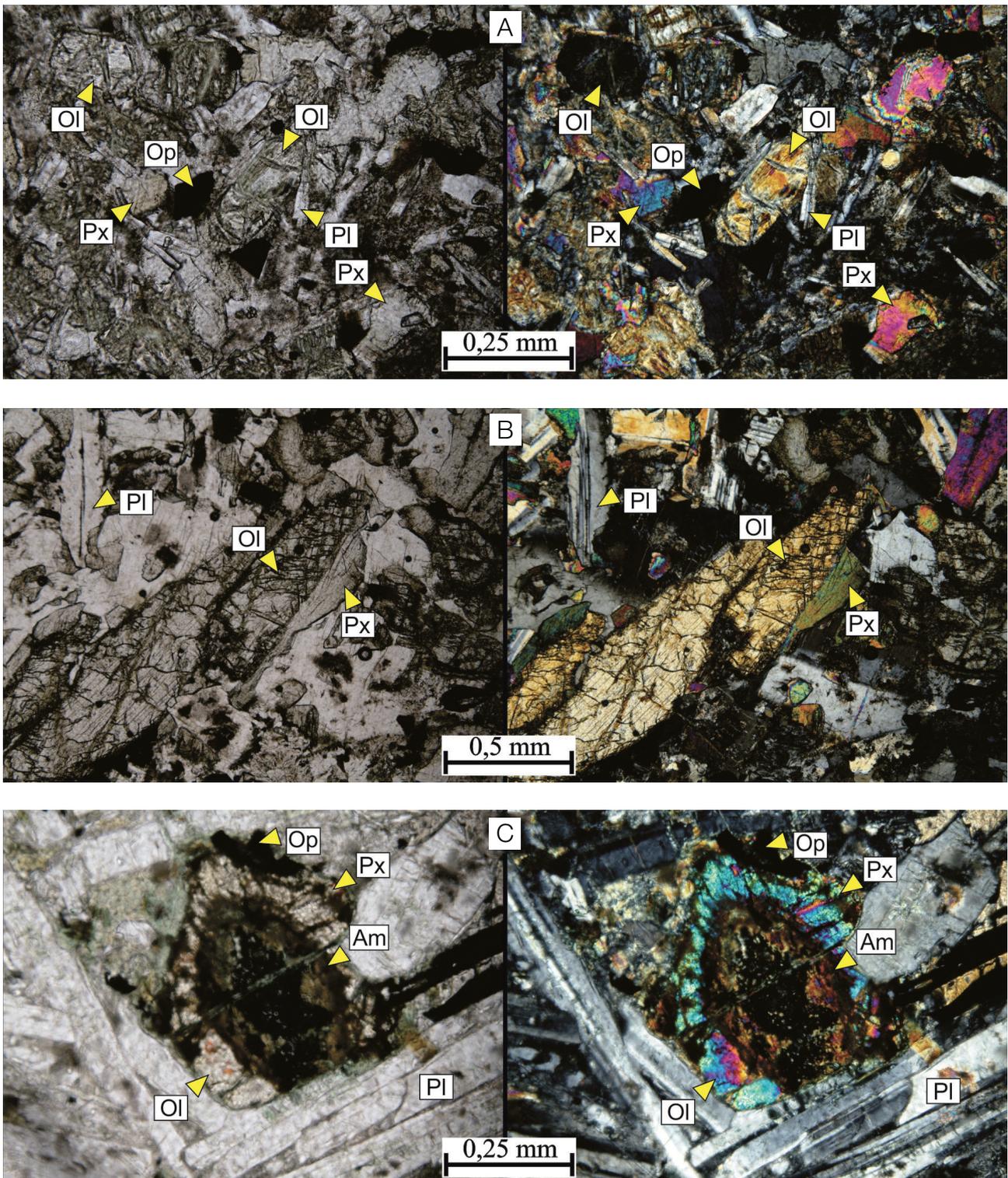
(Figuras 7A, 7B e 7C). Altera-se também para cristais fibrosos de serpentina e/ou talco ou misturas caracterizadas como iddingsita e boulingita, restando apenas em grãos reliquias, podendo também estar totalmente pseudomorfizada quando se observa apenas a sua forma primária. Minerais de alteração magnesianos, tais como serpentina e talco, indicam para olivina composição rica em molécula de forsterita.

O anfibólio, representado pela hornblenda, ocorre como produto de substituição do piroxênio, em raros grãos anédricos, apresentando pleocroísmo verde-escuro a verde-claro, estando parcialmente alterado para clorita.

Os minerais opacos apresentam-se normalmente cúbicos, triangulares ou com hábito esquelético por vezes alterados para biotita/clorita. Muitas vezes é encontrado associado à alteração dos máficos, principalmente da olivina.



**Figura 6.** Fotomicrografias de amostras da Suíte Intrusiva Rio Perdido, ilustrando: (A) textura intergranular, presença de orto e clinopiroxênio; (B) detalhe de ortopiroxênio rosa com inclusão de ripas de plagioclásio (textura ofítica) e clinopiroxênio branco prismático. Polarizadores paralelos à esquerda e cruzados à direita. Abreviações segundo Fettes e Desmons (2008).



**Figura 7.** Fotomicrografias de amostras da Suíte Intrusiva Rio Perdido ilustrando: (A) textura subofítica, cristais hexagonais de olivina com fraturas serpentinizadas e coroa de reação para piroxênio; (B) cristais de olivina com bordas de reação para piroxênio; (C) textura intergranular com plagioclásio tabular e cristal pseudo-hexagonal zonado de olivina com núcleo substituído por opaco, anfibólio, iddingsita e boulingita, com coroa de reação de piroxênio. Polarizadores paralelos à esquerda e cruzados à direita. Abreviações segundo Fettes e Desmons (2008).

## ANÁLISES LITOQUÍMICAS

Com base na descrição microscópica, foi feita a seleção de 18 amostras de rocha, tidas como as mais representativas da SIRP, considerando sua diversidade textural e mineralógica, para realização das análises litoquímicas de elementos maiores (%), traço, incluindo terras raras (ppm). As amostras foram lavadas, cominuídas com marreta e britadores de mandíbula e pulverizadas em moinho de panelas, sendo todos esses procedimentos realizados no Laboratório de Preparação de Amostras da Faculdade de Geociências da Universidade Federal de Mato Grosso.

Após a preparação, as amostras foram encaminhadas para o *Acme Analytical Laboratories* (Vancouver, Canadá), onde foi empregada a técnica de *Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry* (ICP-ES) para análise dos elementos maiores [ $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3(t)$ ] e espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado induzido (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* – ICP-MS) para os elementos traço e terras raras (Rb, Ba, Nb, Sr, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). Os dados de elementos maiores e traço encontram-se listados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados litoquímicos das rochas da Suíte Intrusiva Rio Perdido [elementos maiores (% em peso), traço e terras raras (ppm)]

	Grupo 1								
	GZ-47	RC-22	FS-90	FS-32	FS-80	FS-78	FS-80A	FS-106	RC-06B
	459935 7584679	498186 7623557	512988 7665888	514792 7663717	506186 7664142	506217 7665364	506186 7664142	511975 7663694	494825 7621949
$\text{SiO}_2$	53,15	51,79	46,34	48,71	50,15	50,54	50,81	50,87	54,50
$\text{TiO}_2$	1,04	1,16	2,67	1,76	1,32	1,28	1,31	1,29	0,93
$\text{Al}_2\text{O}_3$	14,56	14,68	14,04	14,24	13,93	13,64	13,69	13,91	13,05
$\text{Fe}_2\text{O}_3T$	11,74	10,98	16,88	14,42	14,35	13,91	13,87	13,78	10,58
MnO	0,17	0,15	0,22	0,19	0,21	0,20	0,20	0,20	0,15
MgO	5,66	5,76	5,79	6,19	6,27	6,31	6,31	6,39	6,69
CaO	8,79	8,68	9,36	8,89	9,80	9,59	10,07	9,56	7,30
$\text{Na}_2\text{O}$	2,18	2,73	2,12	1,66	2,21	2,20	2,13	2,25	2,05
$\text{K}_2\text{O}$	1,30	1,85	0,88	0,73	0,86	0,89	0,71	0,84	1,91
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,16	0,15	0,29	0,38	0,14	0,13	0,14	0,13	0,12
LOI	1,00	1,70	1,10	2,50	0,50	1,00	0,50	0,50	2,30
Total	99,75	99,63	99,69	99,67	99,74	99,69	99,74	99,72	99,58
Ba	393	473	171	183	181	175	165	155	343
Rb	46,0	110,3	40,9	35,1	40,4	49,3	27,3	49,6	116,9
Sr	175,1	220,3	176,0	366,6	154,7	150,3	151,8	162,5	189,1
Zr	124,6	133,1	174,0	139,9	98,0	93,5	91,8	91,7	128,0
Nb	5,9	7,9	11,0	4,6	5,1	5,2	5,2	5,0	9,1
La	21,2	19,9	16,4	19,8	12,0	11,9	11,7	10,2	20,7
Ce	41,8	43,4	35,1	39,9	26,2	25,2	24,3	23,9	46,7
Pr	5,22	5,17	4,98	5,20	3,46	3,44	3,37	3,13	5,50
Nd	22,4	21,2	21,6	24,7	14,4	13,8	13,6	11,7	20,8
Sm	4,78	4,54	5,84	5,23	3,66	3,74	3,26	3,39	4,52
Eu	1,20	1,25	1,94	1,61	1,25	1,14	1,20	1,20	1,08
Gd	5,07	4,81	6,79	5,60	4,60	4,24	4,41	4,00	4,63
Tb	0,78	0,86	1,11	0,90	0,76	0,74	0,72	0,71	0,79
Dy	4,92	4,89	6,89	5,43	4,80	4,34	4,31	4,46	4,45
Ho	1,00	0,95	1,41	1,01	1,05	0,95	0,94	0,93	0,90
Er	2,84	2,97	3,90	2,94	2,93	2,85	2,82	2,82	2,65
Tm	0,44	0,43	0,57	0,45	0,43	0,40	0,38	0,37	0,39
Yb	2,70	2,70	3,74	2,78	3,04	2,97	2,66	2,57	2,47
Lu	0,42	0,41	0,57	0,44	0,44	0,42	0,44	0,38	0,38
Y	27,2	28,4	34,6	28,5	26,0	24,2	24,1	23,8	25,6
Ni	63	123	85	89	72	81	77	83	128
#mg	0,30	0,32	0,23	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,36

Continua...

Tabela 1. Continuação.

	Grupo 2								
	FS-72	FS-06	FS-100	FS-72A	RC-15	RC-09C	RC-27	RC-03	RC-11
	504008 7659325	508302 7658042	508050 7657875	504008 7659325	455619 7599647	475602 7609153	491788 7626126	500861 7622845	474897 7607858
SiO <sub>2</sub>	54,19	53,91	53,74	54,26	53,75	52,87	51,21	51,70	50,03
TiO <sub>2</sub>	0,74	0,74	0,75	0,70	0,74	0,76	0,75	0,73	0,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,03	14,23	14,25	14,18	13,72	12,71	12,72	12,14	10,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	9,87	9,99	10,06	9,91	10,30	11,48	11,52	10,58	12,34
MnO	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,16	0,18
MgO	7,22	7,30	7,40	7,75	7,86	8,66	10,20	11,35	14,44
CaO	8,16	8,69	8,34	8,80	8,10	8,69	8,84	8,29	8,49
Na <sub>2</sub> O	2,11	2,01	2,14	1,78	1,88	1,71	1,63	1,73	1,41
K <sub>2</sub> O	1,72	1,33	1,45	1,49	1,49	1,27	1,12	1,04	0,69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07
LOI	1,40	1,20	1,30	0,60	1,50	1,20	1,30	1,70	0,30
Total	99,69	99,66	99,69	99,72	99,60	99,61	99,55	99,50	99,49
Ba	313	304	313	267	393	216	208	207	126
Rb	84,9	50,7	62,4	52,8	60,0	71,3	64,3	60,0	32,0
Sr	162,3	160,5	181,9	147,5	237,0	133,1	117,7	156,6	85,7
Zr	95,8	90,0	90,2	88,5	98,6	86,4	77,6	79,9	64,4
Nb	4,8	4,6	4,3	4,7	4,9	6,1	4,5	4,6	3,5
La	14,8	15,2	14,7	14,0	17,3	13,4	9,9	11,4	8,7
Ce	29,3	30,4	28,8	27,6	38,3	29,6	22,5	25,7	18,7
Pr	3,52	3,53	3,57	3,27	4,40	3,48	2,65	3,03	2,18
Nd	12,0	16,6	15,8	13,4	16,8	13,6	11,2	12,1	9,8
Sm	3,03	3,00	3,20	2,91	3,42	3,04	2,58	2,69	2,24
Eu	0,87	0,90	0,95	0,84	0,94	0,86	0,77	0,81	0,64
Gd	3,44	3,61	3,39	3,33	3,46	3,35	2,80	3,01	2,64
Tb	0,56	0,58	0,56	0,53	0,59	0,58	0,52	0,52	0,46
Dy	3,28	3,53	3,39	3,66	3,32	3,42	3,22	2,90	2,89
Ho	0,72	0,73	0,63	0,71	0,69	0,73	0,65	0,62	0,58
Er	1,93	2,09	1,83	1,97	2,18	2,13	1,99	1,80	1,72
Tm	0,32	0,33	0,32	0,30	0,32	0,31	0,30	0,28	0,23
Yb	2,17	2,22	1,85	1,84	2,00	1,96	1,74	1,61	1,41
Lu	0,32	0,29	0,32	0,31	0,31	0,31	0,28	0,25	0,23
Y	18,6	18,3	18,5	17,9	20,7	20,4	17,3	17,3	15,4
Ni	118	116	117	124	89	95	178	320	402
#mg	0,39	0,39	0,39	0,41	0,40	0,40	0,44	0,49	0,51

O tratamento dos dados e a confecção dos diagramas foram feitos utilizando o *software* GCDkit (versão 3.0, *Geochemical Data Toolkit for Windows*; Janoušek et al., 2006). Os valores de MgO variam entre 5,66 e 14,44% e o índice de diferenciação mg# [ $\text{mg\#} = \text{Mg}^{+2}/(\text{Mg}^{+2} + \text{Fe}^{+2})$ ] em porcentagem de peso, calculado assumindo a razão Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO igual a 0,15, para as rochas estudadas, apresentou variações entre 0,23 e 0,51, valor comum para magmas basálticos evoluídos.

Com base nos teores de MgO e TiO<sub>2</sub> foi possível separar dois grupos de rochas, com comportamento geoquímico distinto. O primeiro (grupo 1), com teores de MgO variando de 5,66 a 6,69 e de TiO<sub>2</sub> entre 0,93 e 2,67; e o segundo conjunto

(grupo 2) com valores maiores de MgO e menores de TiO<sub>2</sub> variando, respectivamente, entre 7,22 e 14,44 e 0,66 e 0,76.

Quando plotados em diagramas de variação, utilizando-se MgO como índice de diferenciação, o grupo 1 não define correlações com os óxidos e elementos traço, enquanto o grupo 2 mostra correlação negativa com SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ba, Y, Sr, Nd, Ce, Nb, La, Sm, Ni, Yb e Eu, positiva com Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO e Ni e valores constantes, pouco variáveis, para CaO e TiO<sub>2</sub> (Figuras 8 e 9).

No diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971; Figura 10A) observa-se que as amostras seguem um *trend* toleítico. O grupo 1 mostra, para valores constantes de MgO, um nítido aumento nos teores de FeO, enquanto o grupo 2

mostra um *trend* tipicamente de empobrecimento de MgO e discreto aumento em FeO<sub>t</sub>.

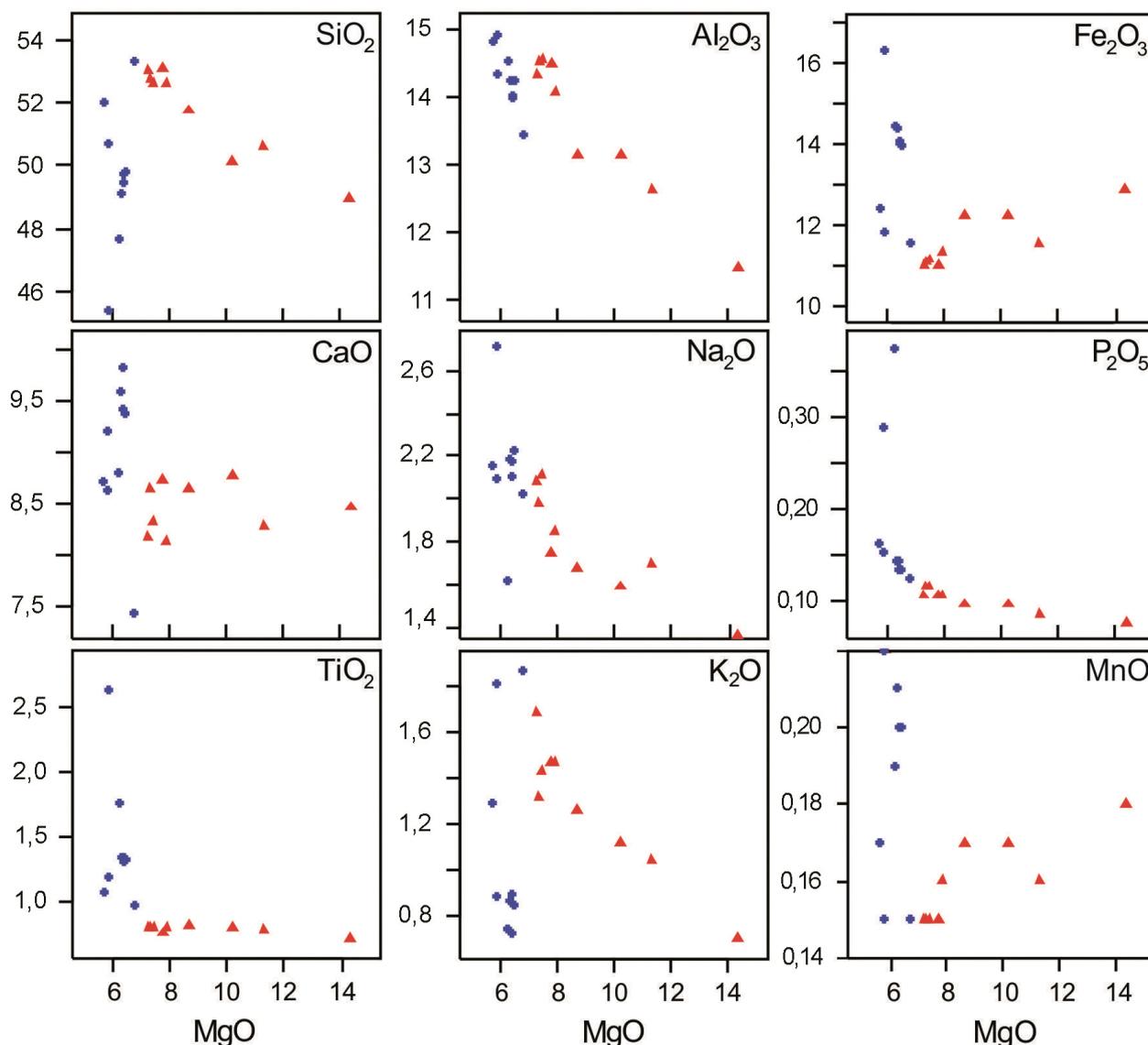
Nos diagramas baseados nos conteúdos de sílica *versus* total de álcalis (Le Bas et al., 1986; Figura 10B), as amostras plotam no campo dos basaltos e andesitos basálticos; no R1-R2 (De La Roche et al., 1980; Figura 10C) quase exclusivamente nos andesitos basálticos; enquanto no diagrama Nb/Y *versus* Zr/Ti (Winchester e Floyd, 1977; Figura 10D), as rochas classificam-se como andesitos basálticos/andesitos e basaltos.

Quanto à ambiência tectônica, os diagramas Zr/4-2\*Nb-Y, proposto por Meschede (1986; Figura 11A), e Zr *versus* Zr/Y, de Pearce e Norry (1979; Figura 11B), sugerem

para essas rochas uma colocação semelhante à dos basaltos intraplaca fanerozoicos.

O comportamento dos elementos terras raras (ETR; Figura 12A), normalizados pelos valores condríticos de Boynton (1984), mostra fracionamento de ETR pesados em relação aos ETR leves e às razões La/Yb (entre 2,8 e 6,2). No entanto, observa-se uma nítida separação dos dois grupos, na qual o grupo 1 caracteriza-se por valores de ETR<sub>totais</sub> mais elevados.

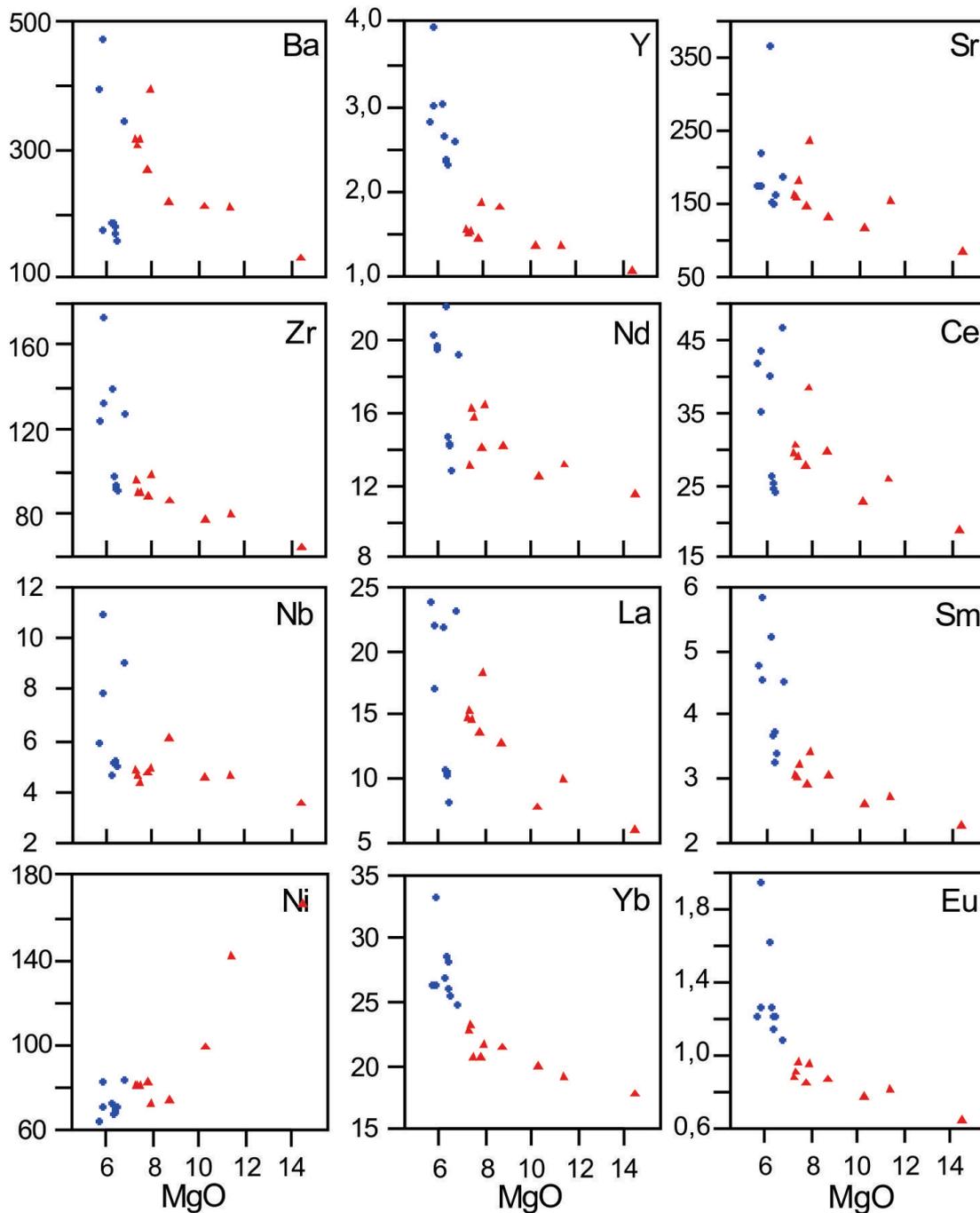
No diagrama multielementar da Figura 12B, normalizado pelo manto primitivo (McDonough e Sun, 1995), é possível identificar anomalias negativas de Rb, K e Nb e observar também valores mais elevados de HFSE para o grupo 1.



**Figura 8.** Diagramas de variação MgO *versus* óxidos de elementos maiores (% em peso) para as rochas da Suíte Intrusiva Rio Perdido.

Para efeito de comparação, foram utilizados os padrões médios de Basaltos de Ilha Oceânica (OIB), Basaltos de Cordilheira Meso-Oceânica Normal (N-MORB) e Basaltos de Cordilheira Meso-Oceânica Enriquecida (E-MORB; Sun e McDonough, 1989). Nota-se que o padrão das amostras estudadas se assemelha ao dos E-MORB.

As razões *Zr versus* elementos incompatíveis vêm sendo bastante utilizadas por diversos autores como uma ferramenta para a caracterização química das fontes mantélicas. Para as rochas da SIRP (Figura 13), observam-se correlações positivas entre *Zr* e *La*, *Ce*, *Y* e *Nd*, com razões *Zr/La* 5,70 – 10,61; *Zr/Ce* 2,57 – 4,96; *Zr/Y* 3,77 – 5,15; *Zr/Nd* 5,42 – 8,06.



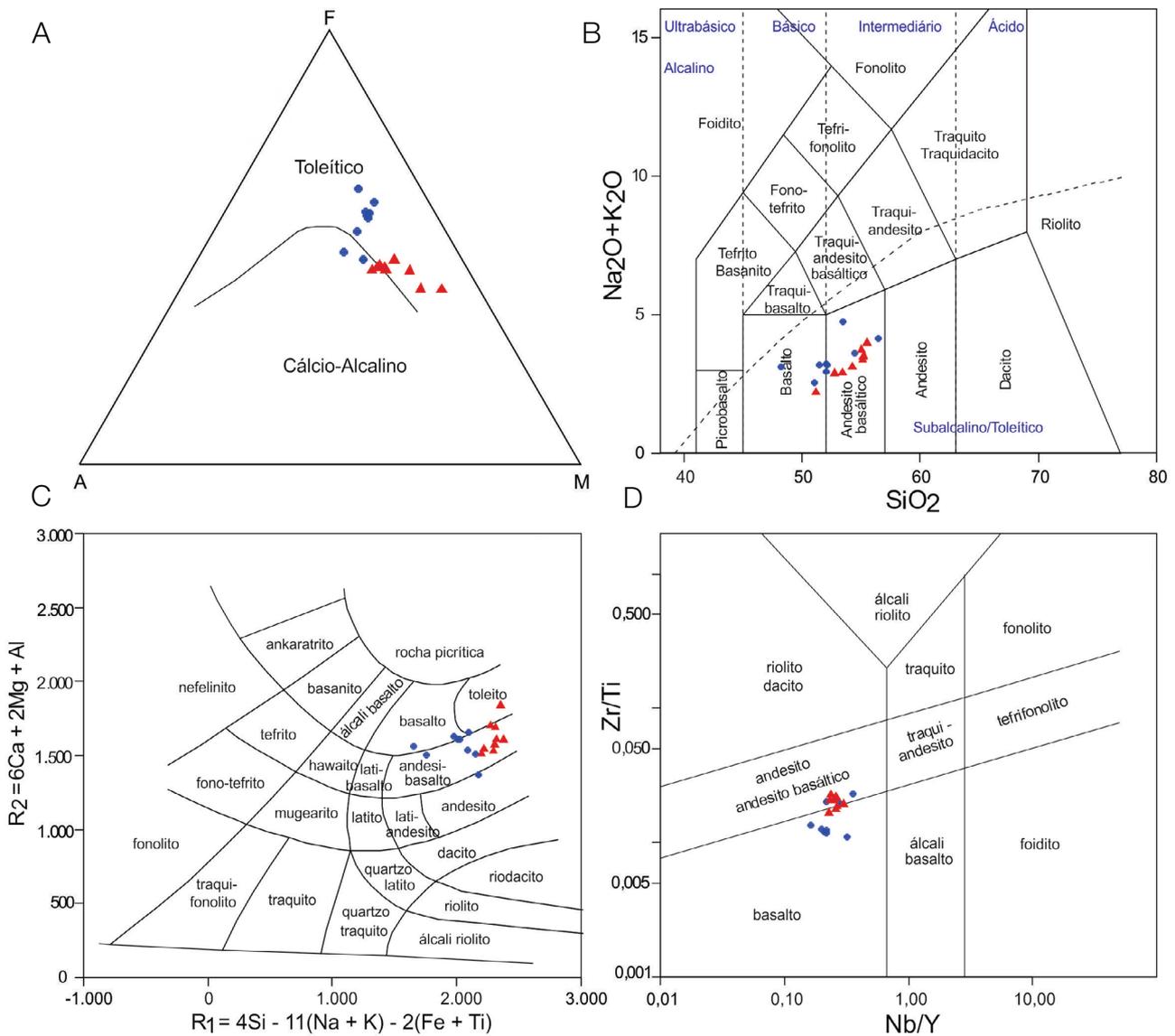
**Figura 9.** Diagramas de variação MgO (% em peso) *versus* elementos traço (em ppm) para as rochas da Suíte Intrusiva Rio Perdido.

**DISCUSSÃO E CONCLUSÕES**

O enxame de diques da SIRP aloja-se em unidades paleoproterozoicas polideformadas dos domínios Ocidental e Oriental do Bloco Rio Apa. Os diques cortam as foliações regionais dos gnaisses, anfibolitos, rochas metavulcânicas e granitos e não exibem evidências de metamorfismo e deformação, como atestam as texturas ígneas preservadas e os contatos retos e não deformados com as encaixantes. Adicionalmente, não se observa os diques estudados cortando as unidades neoproterozoicas da Faixa Paraguaí, situada ao leste e ao sul do Bloco Rio Apa.

Os diques máficos Rio Perdido apresentam formato tabular a lenticular, com comprimento variando entre 5 e 300 m e espessura entre 1 e 30 m. Exibem contatos retos e seccionam oblíqua a ortogonalmente as foliações e os contatos das encaixantes. Os diques são subverticais com direção preferencial E-W, com valores preferencialmente entre N70°-90°W, sendo raros os diques com direção N-S. Em termos de orientação, são paralelos ao enxame de diques Huanchaca que recortam o Terreno Paraguá (Litherland et al., 1986; Século et al., 2011; Lima et al., 2012), no sudoeste do Cráton Amazônico.

Petrograficamente, as rochas que constituem os diques da SIRP são classificadas como gabronorito (Streckeisen, 1976).

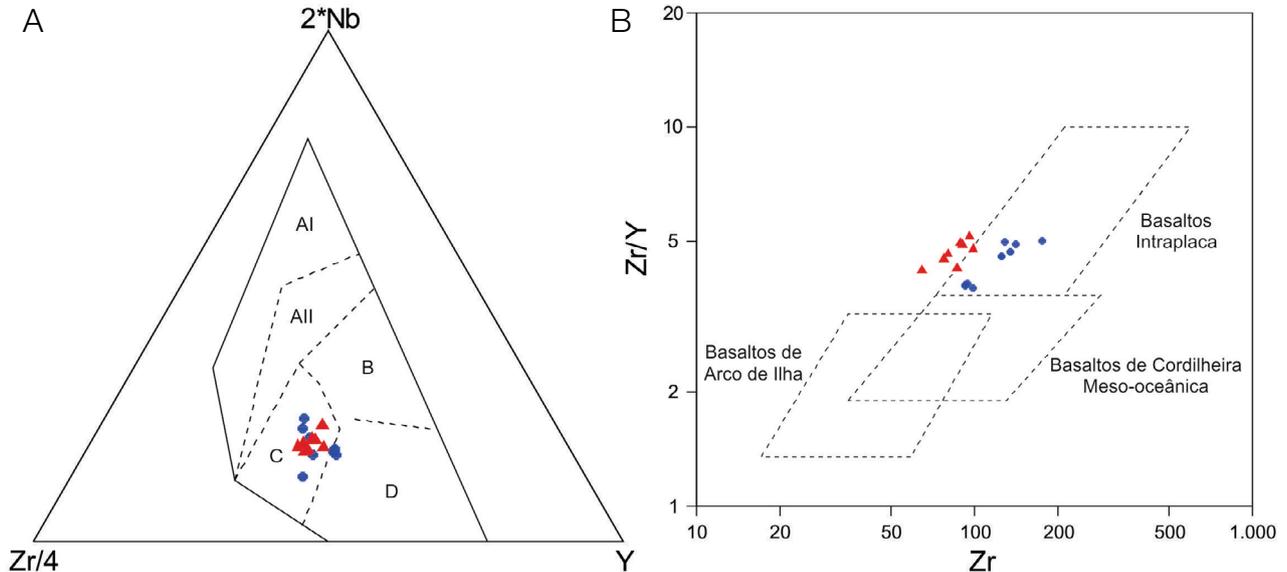


**Figura 10.** Diagramas classificatórios para as rochas da Suíte Intrusiva Rio Perdido: (A) AFM de Irvine e Baragar (1971); (B) total de álcalis versus sílica de Le Bas et al. (1986); (C) R1-R2 (De La Roche et al., 1980); (D) Nb/Y versus Zr/Ti (Winchester e Floyd, 1977).

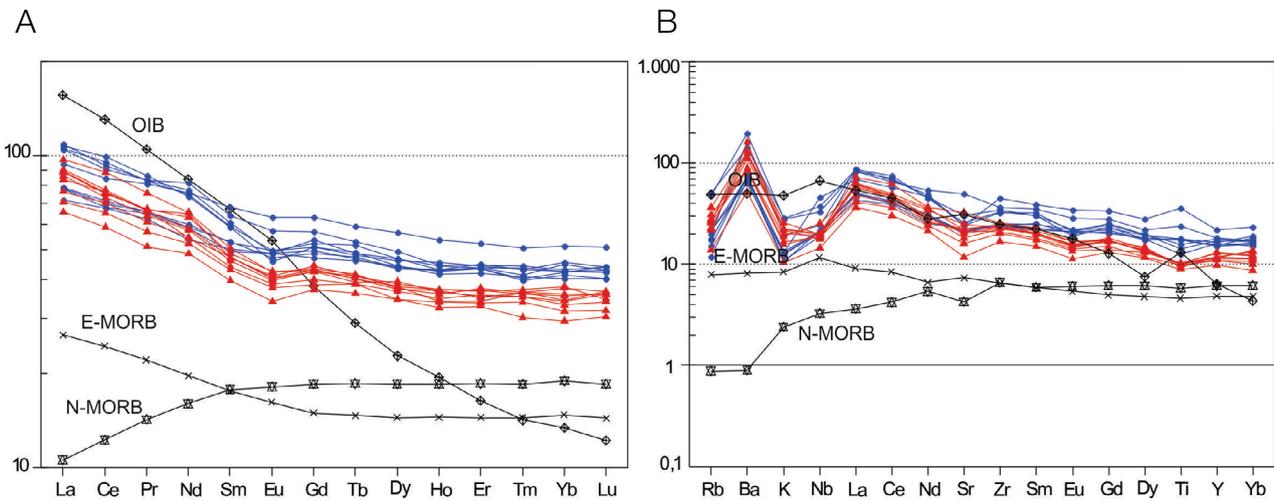
Apresentam granulação de muito fina a média, comumente com textura ofítica a subofítica, e compõem-se, essencialmente, por plagioclásio, piroxênios e olivina.

O comportamento litoquímico diferenciado para as amostras analisadas permitiu a divisão dessas rochas em dois grupos, especialmente com base nos teores de MgO e TiO<sub>2</sub>. O grupo 2 apresenta nítida variação composicional dos elementos maiores com a evolução magmática, bem como dos elementos traço,

sendo que o comportamento desse último evidencia fracionamento predominante de clinopiroxênio, plagioclásio e olivina, típico de rochas gabroicas. Nos diagramas classificatórios, o comportamento é semelhante e as rochas são representadas, em sua maioria, por basaltos e andesitos basálticos, com afinidade toleítica, geradas em ambiente tectônico intraplaca continental. A anomalia negativa de Nb, observada no diagrama multielementar, é característica de ambiente continental, ou ainda



**Figura 11.** Diagramas classificatórios de ambiência tectônica. (A) Zr/4-2\*Nb-Y (Meschede, 1986; AI-AII - Basaltos Alcalinos Intraplaca, AII-C - Toleitos Intraplaca; (B) Basaltos de Cordilheira Meso-oceânica tipo-P; (D) Basaltos de Cordilheira Meso-oceânica tipo-N; (C) e (D) Basaltos de Arco Vulcânico) e (B) Zr versus Zr/Y (Pearce e Norry, 1979).

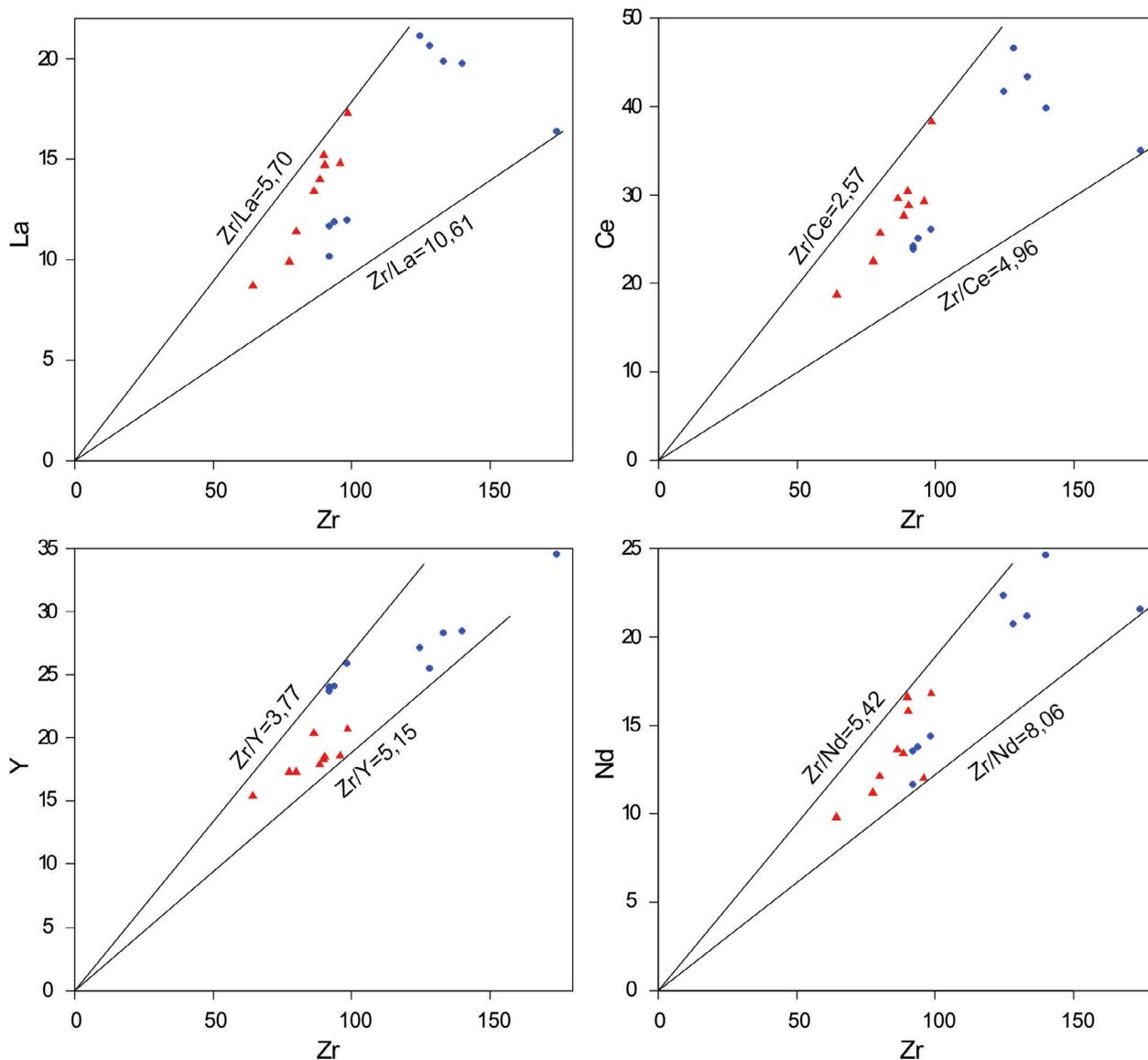


**Figura 12.** (A) Diagrama de distribuição dos elementos terras raras para as rochas da Suíte Intrusiva Rio Perdido, normalizados pelo condrito segundo Boynton (1984); (B) diagrama multielementar para as rochas da Suíte Intrusiva Rio Perdido, normalizadas pelo manto primitivo (McDonough e Sun, 1995). Os padrões Basaltos de Ilha Oceânica (OIB), Basaltos de Cordilheira Meso-Oceânica, Tipo Enriquecido (E-MORB) e Basaltos de Cordilheira Meso-Oceânica, Tipo Normal (N-MORB) (Sun e McDonough, 1989) são apresentados para efeito de comparação.

indicativa de processos de contaminação. Os diagramas Zr versus elementos incompatíveis demonstram fonte levemente heterogênea ou ainda fusão diferencial de fonte homogênea. A divisão em grupos, com base nos dados litoquímicos, não tem relação com os diferentes domínios tectônicos para o Bloco Rio Apa, tampouco com a natureza das rochas encaixantes.

A idade de  $1589 \pm 44$  Ma, obtida por meio do método U-Pb em zircão, atribuída à formação do enxame de diques por Faleiros et al. (2016), deve ser vista com cautela, uma vez que metamorfismo regional de fácies xisto verde, acompanhado de intensa deformação marcada pela implantação de foliação tectônica de baixo ângulo e zonas de cisalhamento de cavalgamento, afeta indistintamente todas as unidades do Bloco Rio Apa, exceto os diques da Suíte Rio Perdido. Cordani et al. (2010) e Ruiz et al.

(2014) apresentam dados Ar-Ar e K-Ar que indicam idade de 1300 Ma para esse evento deformacional-metamórfico regional, temporalmente correlato à Orogenia San Ignacio (Litherland et al., 1986; Bettencourt et al., 2010) no Terreno Paraguá. Considerando que as rochas dos diques Rio Perdido não exibem registros de deformação e metamorfismo, é possível que a sua colocação tenha sido após o evento metamórfico e deformacional regional mencionado. Provavelmente os zircões analisados por Faleiros et al. (2016) sejam xenocristais de zonas mais profundas, uma vez que não há rochas com idades próximas nas encaixantes do enxame dos diques Rio Perdido. A principal evidência de que os zircões datados são realmente xenocristais é que os cristais de badeleíta datados por Teixeira et al. (2016; 1110 Ma) vieram exatamente da mesma amostra datada por Faleiros et al. (2016).



**Figura 13.** Diagramas de correlação entre Zr e elementos traço (incompatíveis) para as rochas da Suíte Intrusiva Rio Perdido.

Em termos de correlação regional, considerando-se que o enxame dos diques Rio Perdido tenha se formado em 1110 Ma, conforme resultado U-Pb em badaleita de Teixeira et al. (2016), há correlação temporal com os diques e soleiras da Suíte Huanchaca e o Complexo Rincón del Tigre na Província Sunsás, no SW do Cráton Amazônico. Nesse caso, tanto a Faixa Aguapeí como a Sunsás seriam intracontinentais, o que implica provavelmente em uma revisão dos modelos paleogeográficos adotados para a reconstrução do supercontinente Rodínia.

Quanto à correlação global, magmatismo básico em torno de 1100 Ma, estão presentes em diversas áreas cratônicas do planeta, por exemplo, os diques Kulgera e Stuart, na Austrália; os diques Ilhéus e Olivença, no Cráton São Francisco, no Brasil; Província Ígnea Umkondo, na África; Formações Maligna, Milkon e Nelkan, na Sibéria; Formação Tieling, no norte da China; e diversas soleiras e diques na Báltica e Laurentia (Li et al., 2008). No Cráton Amazônico, os diques de Nova Floresta (Tohver et al., 2002) apresenta idade próxima à do enxame de diques Rio Perdido.

Tendo em vista a correlação temporal e tectônica entre os enxames Rio Perdido com as suítes Huanchaca e Rincón del Tigre no sudoeste do Cráton Amazônico, conclui-se que o Bloco Rio Apa estaria aglutinado ao continente Amazônia, antes de a Orogenia Sunsás desenvolver as Faixas Aguapeí e Sunsás, um marco tectônico da aglutinação do supercontinente Rodínia. É provável que a LIP proposta reflita um episódio ígneo fissural vinculado à formação do Aulacógeno Aguapeí, uma tentativa fracassada de fragmentar o continente Amazônia antes da aglutinação do Rodínia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (PROCAD 096/2007), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (479779/2011-2), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Mato Grosso (FAPEMAT) (222473/2015) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geociências da Amazônia (GEOCIAM) pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa. A primeira autora agradece ao CNPq pela concessão de bolsa de doutorado.

## REFERÊNCIAS

Araújo, H. J. T., Santos Neto, A., Trindade, C. A. H., Pinto, J. C. A., Montalvão, R. M. G., Dourado, T. D. C., Palmeira, R. C. B., Tassinari, C. C. G. (1982). *Folha SF.21 – Campo Grande*. Escala: 1:1.000.000. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia-Secretaria Geral, Projeto RADAMBRASIL – Geologia, 28, 23-124.

Araújo, L. M. B., Ruiz, A. S., Godoy, A. M., Sousa, M. Z. A. (2005). Soleiras Máficas Tonianas (Suíte Intrusiva Salto do Céu) no SW do Cráton Amazônico: Regime Extensional Relacionado à Orogenia Sunsás? *IX Simpósio de Geologia do Centro Oeste*, 1, 155-156. Goiânia: SBG.

Barros, A. M., Silva, R. H., Cardoso, O. R. F. A., Freire, F. A., Souza Jr., J. J., Rivetti, M., Luz, D. S., Palmeira, R. C., Tassinari, C. C. G. (1982). *Folha SD.21.- Cuiabá*. Escala: 1:1.000.000. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia-Secretaria Geral, Projeto RADAMBRASIL – Geologia, 26, 25-192.

Bettencourt, J. S., Leite Jr., W. B., Ruiz, A. S., Matos, R., Payolla, B. L., Tosdal, R. M. (2010). The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: An Overview. *Journal of South American Earth Sciences*, 29, 28-46.

Boynnton, W. V. (1984). Cosmochemistry of Rare Earth Elements: Meteorite Studies. In: P. Henderson (Ed.), *Rare Earth Element Geochemistry*, 1, 63-114. Amsterdam: Elsevier.

Brittes, A. F. N., Souza, M. Z. A., Ruiz, A. S., Batata, M. E. F., Lafon, J. M., Plens, D. P. (2013). Geology, petrology and geochronology (Pb-Pb) of the Serra da Bocaina Formation: evidence of an Orosirian Amoguijá Magmatic Arc in the Rio Apa Terrane, south of the Amazonian Craton. *Brazilian Journal of Geology*, 43(1), 48-69.

Cordani, U. G., Teixeira, W., Tassinari, C. C. G., Ruiz, A. S. (2010). The Rio Apa Craton in Mato Grosso do Sul (Brazil) and Northern Paraguay: Geochronological Evolution, Correlations and Tectonic Implications for Rodinia and Gondwana. *American Journal of Science*, 310, 981-1023.

Corrêa da Costa, P. C., Girardi, V. A. V., Matos, J. B., Ruiz, A. S. (2009). Geocronologia Rb-Sr e Características Geoquímicas dos Diques Máficos da Região de Nova Lacerda e Conquista D'Oeste (MT), Porção Sudoeste do Cráton Amazônico. *Geologia USP. Série Científica*, 9(1), 115-132.

De La Roche H., Leterrier J., Grandclaude P., Marchal M. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2- diagram and major element analyses - its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29, 183-210.

Ernst, R. E., Bleeker, W., Söderlund, U., Kerr, A. C. (2013). Large Igneous Provinces and supercontinents: toward completing the plate tectonic revolution. *Lithos*, 174, 1-14, DOI: 10.1016/j.lithos.2013.02.017

- Faleiros, F. M., Pavan, M., Remédio, M. J., Rodrigues, J. B., Almeida, V. V., Caltabeloti, F. P., Pinto, L. G. R., Oliveira, A. A., Pinto de Azevedo, E. J., Costa, V. S. (2016). Zircon U–Pb ages of rocks from the Rio Apa Cratonic Terrane (Mato Grosso do Sul, Brazil): New insights for its connection with the Amazonian Craton in pre-Gondwana times. *Gondwana Research*, 34, 187-204.
- Fettes, D., Desmons, J. (2008). *Metamorphic rocks: a classification and glossary of terms*. Cambridge: Cambridge University Press. 243 p.
- Godoi, H. O., Martins, E. G., Mello, C. R., Scislewski, G. (2001). *Folhas Corumbá (SE. 21-Y-D), Aldeia Tomázia, (SF. 21-V-B) e Porto Murtinho (SF. 21-V-D)*. Escala 1:250.000. MME/SG. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- Halls, H. (1982). The Importance and Potencial of Mafic Dikes Swarms in Studies of Geodynamic Process. *Geoscience Canada*, 9, 145-154.
- Irvine, I. N., Baragar, W. R. A. (1971). A Guide To The Chemical Classification Of The Common Volcanics Rocks. *Canadian Journal Earth Science*, 8, 523-548.
- Janoušek, V., Farrow, C. M., Erban, V. (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47(6), 1255-1259.
- Lacerda Filho, J. V., Brito, R. S. C., Silva, M. G., Oliveira, C. C., Moreton, L. C., Martins, E.G., Lopes, R. C., Lima, T. M., Larizzatti, J. H. Valente, C. R. (2006). *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, 10.
- Lacerda Filho, J. V., Fuck, R. A., Ruiz, A. S., Dantas, E. L., Scandolara, J. E., Rodrigues, J. B., Nascimento, N. D. C. (2016). Palaeoproterozoic tectonic evolution of the Alto Tererê Group, southernmost Amazonian Craton, based on field mapping, zircon dating and rock geochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, 65, 122-141.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B. A. (1986). Chemical Classification Of Volcanic Rocks Based On Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Leite, J. A. D., Saes, G. S., Weska, R. K. (1985). A Suíte Intrusiva Rio Branco e o Grupo Aguapeí na serra de Rio Branco, Mato Grosso. *II Simpósio de Geologia do Centro-Oeste*, Atas, 247-255. Goiânia: SBG.
- Li, Z. X., Bogdanova, S. V., Collins, A. S., Davidson, A., De Waele, B., Ernst, R. E., Fitzsimons, I. C. W., Fuck, R. A., Gladkochub, D. P., Jacobs, J., Karlstrom, K. E., Lul, S., Natapov, L. M., Pease, V., Pisarevsky, S. A., Thrane, K., Vernikovsky, V. (2008). Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: A synthesis. *Precambrian Research*, 160, 179-210.
- Lima, G. A. (2016). *Soleiras e enxames de diques máficos do sul-sudoeste do Cráton Amazônico*. Tese (Doutorado). Belém: Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.
- Lima, G. A., Sousa, M. Z. A., Ruiz, A. S., D'agrella Filho, M. S., Vasconcelos, P. (2012). Sills máficos da Suíte Intrusiva Huanchaca - SW do Cráton Amazônico: registro de magmatismo fissural relacionado à ruptura do Supercontinente Rodínia. *Revista Brasileira de Geociências*, 42, 111-129.
- Litherland, M., Annells, R. N., Appleton, J. D., Berrangé, J. P., Bloomfield, K., Burton, C. C. J., Darbyshire, D. P. F., Fletcher, C. J. N., Hawkins, M. P., Klinck, B. A., Llanos, A., Mithcell, W. I., O'Connor, E. A., Pitfield, P. E. J., Power, G. E., Webb, B. C. (1986). *The Geology and Mineral Resources of the Bolivian Precambrian Shield*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- McDonough, W. F., Sun, S. S. (1995). The composition of the earth. *Chemical Geology*, 120, 223-253.
- Meschede, M. (1986). A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, 56, 207-218.
- Pearce, J. A., Norry, M. J. (1979). Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations Volcanic Rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69, 33-47.
- Ruiz, A. S. (2005). *Evolução Geológica do Sudoeste do Cráton Amazônico Região Limítrofe Brasil-Bolívia – Mato Grosso*. Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Unesp.
- Ruiz, A. S., D'agrella Filho, M. S., Sousa, M. Z. A., Lima, G. A. (2010a). Tonian sills and mafic dike swarms of S-SW Amazonian Cráton: records of Rodinia Supercontinent break-up? *The Meeting of the Americas*, v. 1. Foz do Iguaçu: AGU.

- Ruiz, A. S., Matos, J. B., Sousa, M. Z. A., Lima, G. A., Batata, M. E. F. (2010b). *Mapeamento Geológico e Levantamento de Recursos Minerais da Folha Santa Bárbara (SD.21-Y-C-V)*. Cuiabá: Convênio CPRM-UFMT. Programa Geologia do Brasil, Relatório Etapa de Mobilização.
- Ruiz, A. S., Simões, L. S. A., Corrêa da Costa, P. C., Matos, J. B., Araújo, L. M. B., Godoy, A. M., Sousa, M. Z. A. (2005). Enxames de diques máficos (Suíte Intrusiva Rancho de Prata) no SW do Cráton Amazônico: indícios de colapso extensional no Orógeno Sunsás? *III Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados*, 1, 297-302. Cabo Frio: SBG.
- Ruiz, A. S., Sousa, M. Z. A., Lima, G. A., D'agrella Filho, M. S. (2014). Ar-Ar step heating ages for milonitic low angle shear zones rocks in the Rio Apa Terrane, South of the Amazonian Craton. *9<sup>th</sup> South American Symposium on Isotope Geology*. São Paulo: CPGEIO.
- Santos, R. O. B., Pitthan, J. H. L., Barbosa, E. S., Fernandes, C. A. C., Tassinari, C. C.G., Campos, D. A. (1979). *Folha SD.20 - Guaporé*. Escala: 1:1.000.000. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia-Secretaria Geral, Projeto RADAMBRASIL – Geologia, 19, 21-123.
- Século, D. B., Ruiz, A. S., Sousa, M. Z. A., Lima, G. A. (2011). Geologia, Petrografia e Geoquímica do Enxame de Diques Máficos da região de Vila Bela da Santíssima Trindade (MT) Suíte Intrusiva Huanchaca - SW do Cráton Amazônico. *Geociências*, 30(4), 561-573.
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rocks its proper name. *Earth Science Review*, 12, 1-33.
- Sun, S. S., McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A. D. Saunders, M. J. Norry (Eds.). *Magmatism in the Ocean Basins* (1, 313-345). London: Geological Society.
- Teixeira, W., Ernst, R., Hamilton, M. A., Lima, G. A., Ruiz, A. S., Geraldés, M. C. (2015a). Widespread ca. 1.4 Ga intraplate magmatism and tectonics in a growing Amazonia. *GFF*, 138 (1), 241-254. DOI: 10.1080/11035897.2015.1042033
- Teixeira, W., Hamilton, M. A., Girardi, V. A. V., Faleiros, F. M. (2016). Key dolerite dyke swarms of Amazonia: U-Pb constraints on supercontinent cycles and geodynamic connections with global LIP events through time. *Acta Geologica Sinica*, 90 (Supp. 1), 84-85, DOI: 10.1111/1755-6724.12902
- Teixeira, W., Hamilton, M. A., Lima, G. A., Ruiz, A. S., Matos, R., Ernst, R. (2015b). Precise ID-TIMS U–Pb baddeleyite ages (1110–1112 Ma) for the Rincón del Tigre–Huanchaca Large Igneous province (LIP) of the Amazonian Craton: Implications for the Rodinia supercontinent. *Precambrian Research*, 265, 273-285.
- Tohver, E., Van der Pluijm, B. A., Van der Voo, R., Rizzotto, G., Scandolara, J. E. (2002). Paleogeography of the Amazon craton at 1.2 Ga: early Grenvillian collision with the Llano segment of Laurentia. *Earth Planet. Science Letters*, 199, 185-200.
- Winchester, J. A., Floyd, P. A. (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.