



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO PETROGRÁFICO, GEOQUÍMICO E ISOTÓPICO
DE GRANITOS DA PORÇÃO LESTE DO DOMÍNIO
TAPAJÓS, NAS FOLHAS SÃO DOMINGOS E JARDIM DO
OURO, PARÁ**

Dissertação apresentada por:

FLÁVIO ROBSON DIAS SEMBLANO

Orientador: Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira (UFPA)

**BELÉM
2015**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Semblano, Flávio Robson Dias, 1987-

Estudo petrográfico, geoquímico e isotópico de granitos da porção Leste do Domínio Tapajós, nas folhas São Domingos e Jardim do Ouro, Pará / Flávio Robson Dias Semblano. – 2015.

xiv, 44 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Moacir José Buenano Macambira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2015.

1. Petrologia - Pará. 2. Ouro - Minas e mineração -Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 552.098115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**ESTUDO PETROGRÁFICO, GEOQUÍMICO E ISOTÓPICO DE
GRANITOS DA PORÇÃO LESTE DO DOMÍNIO TAPAJÓS,
NAS FOLHAS SÃO DOMIGOS E JARDIM DO OURO PARÁ**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
FLÁVIO ROBSON SEMBLANO**


**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.**

Data de Aprovação: 07 / 10 / 2015

Banca Examinadora:


Prof. MOACIR JOSÉ BUENANO MACAMBIRA
(Orientador-UFPA)


Prof. COLOMBO CELSO GAETA TASSINARI
(Membro-USP)


Prof. CLÁUDIO NERY LAMARÃO
(Membro-UFPA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço às diversas instituições e pessoas que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

À Universidade Federal do Pará, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), pela infraestrutura necessária fornecida para confecção desta dissertação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro através da concessão de bolsa de estudos (Processo 132174/ 2013-8).

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil/Superintendência de Belém, pela concessão de dados geológicos e amostras, imprescindíveis para a realização desta dissertação, e também aos funcionários e colegas desta empresa que direta ou indiretamente participaram desse trabalho.

Aos professores Moacir José Buenano Macambira, Marco Antônio Galarza Tôro, Jean-Michel Lafon e Candido Augusto Veloso Moura, e aos técnicos Elma, Jeferson, Igor, Paulo e Bruno do Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) pelo apoio prestado durante a preparação das análises laboratoriais.

Ao orientador Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira pela confiança e incentivo durante as diversas fases do trabalho, sem o qual teria sido improvável a conclusão desta dissertação.

Ao geólogo Marcelo Lacerda Vasquez pelos ensinamentos, apoio e proposta do tema abordado que, além disso, auxiliou neste trabalho facilitando nosso contato com a CPRM.

Aos professores do PPGG pelos importantíssimos conhecimentos transmitidos, pelas “dicas” e materiais bibliográficos indicados que foram de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho. Especialmente aos professores Cláudio Nery Lamarão, Jean-Michel Lafon, Davis Carvalho de Oliveira e Rômulo Simões Angélica.

Agradeço de coração aos muitos amigos que participaram efetivamente na construção de ideias do corpo da dissertação e me incentivaram nesse trabalho; são eles: Walmir Júnior, Rafael Leal, Hévila Costa, Pedro Augusto, Cláudia Danielle, Camila Vilar, Karen Carmona, Valber Gaia, Amélia Parente, Bruna Nogueira, Mirlane da Silva, Kamilla Borges, Jhon Afonso e Marcos Teódulo, que me acompanharam nesses anos na pós-graduação. Obrigado a todos.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

O Domínio Tapajós, localizado no escudo Brasil Central (porção sul do Cráton Amazônico), faz parte da Província Tapajós-Parima (ou Ventuari-Tapajós) que corresponde a um cinturão orogênico paleoproterozoico de orientação NW-SE que se estende do sudoeste do Pará até o sul da Venezuela. Alguns autores descrevem essa Província como tendo sido formada pelo desenvolvimento de duas orogênias distintas que incorporaram quatro arcos magmáticos seguidos de um magmatismo alcalino pós-orogênico. Esse magmatismo pós-orogênico Orosiriano, ocorrido por volta de 1880 Ma, é representado pela Suíte Intrusiva Maloquinha (SIM) e pelo Grupo Iriri que ocorreu pós-datando a Orogenia Tropas que deu origem às rochas da Suíte Intrusiva Parauari (SIP). A SIM é composta por granitos alcalinos gerados em ambientes anorogênicos pós-colisionais e associam-se espacialmente às vulcânicas do Grupo Iriri. Essa Suíte é composta por corpos de feldspato alcalino granito, sienogranito e monzogranito leucocráticos com predomínio de ortoclásio pertítico e raro microclínio, e afloram como stocks e batólitos elípticos a circulares ao longo de lineamentos regionais de direção NW-SE no Domínio Tapajós. Vários corpos pertencentes a SIM já foram datados tanto pelo método de evaporação de Pb quanto por U-Pb em zircão e as idades obtidas ficaram entre 1882 ± 4 e 1864 ± 18 Ma. Na porção leste do Domínio Tapajós foi identificada uma assinatura de isótopos de Nd para os granitos dessa suíte que sugerem fontes paleoproterozoicas (T_{DM} Nd de 2,28 a 2,23 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ de -0,72 a -2,45). Vários plútons da SIP foram datados pelo método de evaporação de Pb em zircão, e as idades encontradas ficaram entre 1891 ± 3 e 1879 ± 11 Ma, e sua assinatura isotópica de Nd são de $\epsilon_{Nd(t)}$ -5,21 a -1,82 e T_{DM} Nd de 2,43 a 2,32 Ga. Este trabalho foi realizado na porção leste do Domínio Tapajós, nas folhas 1:100.000 SB.21-Z-A-II (São Domingos) e SB.21-Z-A-III (Jardim do Ouro), onde foram estudados cinco corpos graníticos (Igarapé Tabuleiro, Dalpaiz, Mamoal, Serra Alta e Igarapé Salustiano). O corpo Igarapé Salustiano apresentou uma afinidade calcioalcalina e natureza meta a peraluminosa de granitos tipo I sincolisionais, mostrando estreita relação com as rochas da Suíte Intrusiva Parauari desse Domínio. Os demais corpos puderam ser correlacionados a SIM que são basicamente representados por feldspato alcalino granitos, sienogranitos e monzogranitos hololeucocráticos. Essas rochas apresentam altos teores de SiO_2 (>70 %), $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ (>0,80) e K_2O/Na_2O , baixos de CaO, Al_2O_3 , MgO e Sr, e afinidade com granitos pós-colisionais, caráter álcali-cálcico a álcali e alto conteúdos de ETR com anomalias negativas de Eu, próprias de granitos tipo A. Este trabalho, assim como outros realizados nas províncias Tapajós-Parima e Amazônia Central, identificou idade T_{DM} Sm-Nd

contraditória às idades atribuídas a essa província para compartimentação geocronológica entre elas.

Palavras-chave: Suíte Intrusiva Maloquinha. Domínio Tapajós. Granito tipo A. Orosiriano.

ABSTRACT

The Tapajós Domain, located in Brazil Central shield (southern portion of the Amazonian Craton) makes part of the Tapajós-Parima (or Ventuari-Tapajós), Province corresponding to a Paleoproterozoic orogenic belt of NW-SE direction, extending from southwestern Pará state to southern Venezuela. Some authors describe this province as been formed by development of two distinct orogenies that accreted four magmatic arcs, followed by a post-orogenic alkaline magmatism. This post-orogenic Orosirian magmatism, occurred around 1880 Ma, is represented by the Maloquinha Intrusive Suite (MIS) and Iriri Group that have occurred postdating Tropas Orogeny which give rise to Parauari Intrusive Suite (PIS). The MIS comprises alkali granites generated in post-collisional anorogenic environment that is spatially associated with Iriri Group volcanic rocks. This suite consists of alkali feldspar granite, syenogranite and monzogranite leucocratic bodies with predominant perthitic orthoclase and rare microcline. These rocks crop out as elliptical to round stocks and batholiths along NW-SE regional lineaments in the Tapajós Domain. Many bodies belonging to SIM have been dated by both methods, Pb-evaporation and U-Pb on zircon, that yielded ages between 1882 ± 4 and 1864 ± 18 Ma. In the eastern portion of the Tapajós Domain, the Nd isotope signature for these suite granites suggests paleoproterozoic sources (T_{DM} Nd of 2.28 to 2.23 Ga, and $\epsilon_{Nd(t)}$ of -0.72 to -2.45). Many plutons of SIP were dated by zircon Pb-evaporation method, and the ages found were between 1891 ± 3 e 1879 ± 11 Ma, its isotopic signature of Nd are $\epsilon_{Nd(t)}$ -5.21 to -1.82 and T_{DM} Nd of 2.43 to 2.32 Ga. This work was carried out in the eastern part of the Tapajós Domain, in the SB.21-Z-A-II (São Domingos) and SB.21-Z-A-III (Jardim do Ouro) 1:100,000 sheets, where five granitic bodies were studied (Igarapé Tabuleiro, Dalpaiz, Mamoal, Serra Alta and Igarapé Salustiano). The Igarapé Salustiano body shows a calc-alkaline affinity, meta to peraluminous and syncolisional I-Type granites nature, showing close relationship with the Parauari Intrusive Suite rocks of this Domain. Other bodies could be related to MIS and they are basically represented by hololeucocratic alkali feldspar granites, syenogranites and monzogranites. These rocks have high SiO_2 (>70%), $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ (>0.80) and K_2O/Na_2O , low CaO, Al_2O_3 , MgO and Sr contents, and post-collisional granites affinity, alkalic-calcic to alkalic character and high REE content with Eu negative anomalies, own from A-type granites. This work, as others made in the Tapajós-Parima and Amazônia Central provinces, identified T_{DM} Nd contradictory ages to the ones assigned these two provinces for geochronological subdivision between them.

Keywords: Maloquinha Intrusive Suite. Tapajós Domain. A-type granite. Orosirian.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	3
Figura 2 - Modelos de compartimentação tectônica/geocronológica do Cráton Amazônico	4

CAPÍTULO 2

Figura 3 - Províncias e domínios tectônicos do Estado do Pará	16
Figura 4 - Mapa geológico da área de estudo mostrando a delimitação dos corpos investigados e distribuição das rochas analisadas petrográfica, geoquímica e isotopicamente.....	19
Figura 5 - Diagramas Q-A-P e Q-(A+P)-M mostrando a composição mineralógica modal dos corpos Mamoal, Dalpaiz, Serra Alta e Igarapé Salustiano. Linhas 1, 2 e 3 demonstram, respectivamente, os <i>trends</i> das séries calcioalcalina tonalítica-trondhjemitica, calcioalcalina granodiorítica, e shoshonítica. O campo em cinza representa os granitoides formados por fusão crustal	20
Figura 6 - Fotomicrografias dos aspectos texturais das rochas estudadas: a) textura porfirítica em rocha da fácies BAMzG do Granito Mamoal; b) pertitas bem desenvolvidas na fácies BFAG do Granito Mamoal; c) cristal de allanita associado a minerais opacos e ao anfibólio que apresenta leve alteração para biotita na fácies BAMzG do Granito Mamoal; d) embaiamento em cristais de quartzo; e) cristal de feldspato alcalino mostrando intercrescimento granofírico tipo franja radial com quartzo na fácies BSG do Granito Dalpaiz; f) cristais de allanita associados ao epidoto na fácies ASG do Granito Serra Alta; g) minerais opacos substituindo cristais de anfibólio na fácies ASG do Granito Serra Alta; h) aspecto textural isotrópico representativo do Granito Igarapé Salustiano.....	22
Figura 7 - Diagramas geoquímicos para as rochas estudadas da SIM e SIP,	

incluindo campos das amostras correlatas à SIM. (a) K_2O vs. SiO_2 ; (b) *Fe-index* [$FeO_t/(FeO_t+MgO)$] vs. SiO_2 (FeO_t calculado como FeO); (c) MALI (Na_2O+K_2O-CaO) vs. SiO_2 ; (d) A/NK (Al_2O_3/Na_2O+K_2O) vs. A/CNK ($Al_2O_3/CaO+Na_2O+K_2O$) molar; (e) Rb vs. Y + Nb, campos: Syn-COLG – granitos sincolisionais, WPG – granitos intraplaca, post-COLG – granitos poscolisionais, VAG – granitos de arco vulcânico, ORG – granitos de dorsal oceânica; (f) diagrama $(K_2O+Na_2O)/CaO$ vs. $(Zr + Nb + Ce + Y)$; composição média de granitos tipo A (A), tipo M (M), tipo S (S), tipo I (I), e os campos para granitos félsicos fracionados (FG) e granitos do tipo M, I e S não fracionados (OGT) 26

Figura 8 - *Spiderdiagram* normalizado para manto primitivo para as rochas da SIM: (a) Granito Dalpaiz; (b) Granito Igarapé Tabuleiro; (c) Granito Mamoal; (d) Granito Serra Alta; SIP: (e) Granito Igarapé Salustiano; e (f) unidades correlatas a SIM: Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida 27

Figura 9 - Diagrama dos ETR normalizado para condrito das amostras da SIM: Granito Dalpaiz (a); Granito Igarapé Tabuleiro (b); Granito Mamoal (c); Granito Serra Alta (d); e SIP: Granito Igarapé Salustiano (e); e as unidades correlatas a SIM: Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida (f)..... 28

Figura 10 - Diagrama ϵNd vs. Tempo mostrando a composição isotópica de Nd das rochas plutônicas estudadas. A faixa cinza representa o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida. CHUR é a Terra indiferenciada e DM é o manto empobrecido 30

Figura 11 - Diagramas Nb-Y-Ce e Nb-Y-Ga*3 discriminantes de granitoides tipo A1 e A2 para as rochas da SIM 31

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO 2**

Tabela 1 - Dados geocronológicos e isotópicos dos granitos tipo A e rochas vulcânicas correlatas paleoproterozoicas nas províncias Carajás, Amazônia Central e Tapajós, Craton Amazônico.	17
Tabela 2 - Características petrográficas dos corpos Mamoal, Dalpaiz, Igarapé Tabuleiro, Serra Alta e Igarapé Salustiano abordados neste trabalho.....	21
Tabela 3 - Geoquímica dos elementos maiores e traço dos granitoides da Suite Intrusiva Maloquinha (SIM) e Suite Intrusiva Parauari (SIP).....	24
Tabela 4 - Dados isotópicos Sm-Nd em rocha total das amostras dos corpos estudados	29

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	x
LISTA DE TABELA	xii

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	2
1.3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	2
1.3.1 Domínio Tapajós	4
1.3.2 Plútons graníticos da região de Vila Riozinho	8
1.4 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	9
1.5 OBJETIVOS.....	9
1.6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
1.6.1 Pesquisa bibliográfica	10
1.6.2 Petrografia	10
1.6.3 Geoquímica	11
1.6.4 Sm-Nd em rocha total	11

CAPÍTULO 2:

ESTUDO PETROGRÁFICO, GEOQUÍMICO E ISOTÓPICO (SM-ND) DE GRANITOS DA PORÇÃO LESTE DO DOMÍNIO TAPAJÓS, NAS FOLHAS SÃO DOMINGOS E JARDIM DO OURO, ESTADO DO PARÁ	13
ABSTRACT	13
2 INTRODUÇÃO	14
3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	14
4 ÁREA DE ESTUDO	18

5 PETROGRAFIA	19
5.1 <i>Granito Mamoal</i>	19
5.2 <i>Granito Dalpaiz</i>	20
5.3 <i>Granito Serra Alta</i>	21
5.4 <i>Granito Iguarapé Salustiano</i>	23
6 GEOQUÍMICA	23
7 Sm-Nd EM ROCHA TOTAL	28
8 DISCUSSÃO	30
<i>Séries magmáticas e tipologia de granitoides</i>	30
<i>Fonte dos magmas e implicações para compartimentação geotectônica</i>	31
9 CONCLUSÕES	32
AGRADECIMENTOS	33
REFERÊNCIAS	34
 CAPÍTULO 3	
10 CONCLUSÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

Assim como em outros terrenos do Cráton Amazônico, o Domínio Tapajós foi palco, no Paleoproterozoico, de expressiva granitogênese relacionada à formação do orógeno Tapajós-Parima (Santos *et al.*, 2000; 2004). Nesse contexto, se insere a Suíte Intrusiva Maloquinha que foi inicialmente proposta por Santos *et al.* (1975), com a designação de Granito Maloquinha, para agrupar corpos graníticos circulares amplamente distribuídos no Domínio Tapajós, que tem como área-tipo a localidade de Maloquinha, no alto curso do rio Tropas, estado do Pará. Em trabalhos subsequentes, vários corpos similares foram mapeados (Pessoa *et al.*, 1977; Almeida *et al.*, 1977; Melo *et al.*, 1980; Klein *et al.*, 2001), sendo que Andrade *et al.* (1978) introduziram a denominação Suíte Intrusiva Maloquinha para reunir estes corpos graníticos.

Os granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha cortam as rochas do Complexo Cuiú-Cuiú e da Suíte Intrusiva Creporizão. Relações de intrusão dos granitos também são observadas com o Grupo Iri e a Suíte Intrusiva Parauari, embora alguns corpos da Suíte Intrusiva Maloquinha apresentem idades próximas das obtidas para essas unidades. Os granitos dessa suíte se caracterizam por uma afinidade alcalina (tipo A), típica de ambientes extensionais intracontinentais (Brito *et al.*, 1997; Vasquez *et al.*, 2002); no entanto, Lamarão *et al.* (2002) demonstraram que por vezes os diagramas utilizados não definem um caráter inequívoco para essas rochas, que também plotam no campo dos granitos félsicos fracionados do diagrama de Whalen *et al.* (1987). Isso provavelmente se deve aos leucogranitos das series aluminosas dessa suíte que podem ter sido derivados da fusão em baixo grau de rocha crustal quartzo-feldspática (Lamarão *et al.*, 2002).

Idade de cristalização de 1882 ± 4 e 1880 ± 9 Ma foram obtidas pelo método de evaporação de Pb em zircão para os granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha (Vasquez *et al.*, 1999; Lamarão *et al.*, 2002). Adicionalmente, Santos *et al.* (2001) apresentaram idades U-Pb em zircão para os granitos dessa suíte com valores entre 1877 ± 12 e 1864 ± 18 Ma, bem como identificaram populações de cristais de zircão herdados neoarqueanas a orosirianas. Lamarão *et al.* (2005) identificaram uma assinatura de isótopos de Nd para os granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha na porção leste do Domínio Tapajós, que sugerem fontes paleoproterozoicas ($\epsilon_{Nd(t)}$ de -0,72 a -2,45 e T_{DM} Nd de 2,28 a 2,23 Ga). Contudo, a assinatura isotópica de alguns granitos correlatos a esta suíte ($\epsilon_{Nd(t)}$ -2,84 e -6,67 e T_{DM} de 2,53 e 2,60 Ga, Santos *et al.*, 2000), indicam a participação de crosta arqueana na sua formação, que é compatível com a presença de cristais de zircão herdados neoarqueanos. Vale destacar que raras idades T_{DM} Nd neoarqueanas são registradas nas rochas do Domínio Tapajós, um domínio de fonte predominantemente paleoproterozoica. Já a leste do Domínio Tapajós, dominam rochas ígneas com fontes tipicamente crustais arqueanas, que compõem a Província Amazônia Central, adjacente à leste.

1.2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo está localizada no sudoeste do estado do Pará, inserida predominantemente no município de Itaituba e abrangendo uma pequena porção do extremo norte do município de Novo Progresso, no sudeste da área de estudo (Fig. 1). A porção leste da área é cortada pelos rios Novo e Jamanxim, e pela BR-163, que representa uma importante rota terrestre de ligação entre a sede municipal de Itaituba (a norte) com o distrito Moraes Almeida, que fica dentro da área de interesse. Essa área corresponde às folhas cartográficas 1:100.000 de São Domingos (SB.21-Z-A-II) e Jardim do Ouro (SB.21-Z-A-III), situadas entre as longitudes 55°30'W e 56°30'W, e as latitudes 6°00'S e 6°30'S. O acesso à área, partindo-se de Belém, pode ser feito via aérea ou terrestre até a sede do município de Itaituba. De lá até a área de estudo, o acesso pode ser também feito tanto por via terrestre, quanto via aérea (monomotores), meio de transporte bastante utilizado na região.

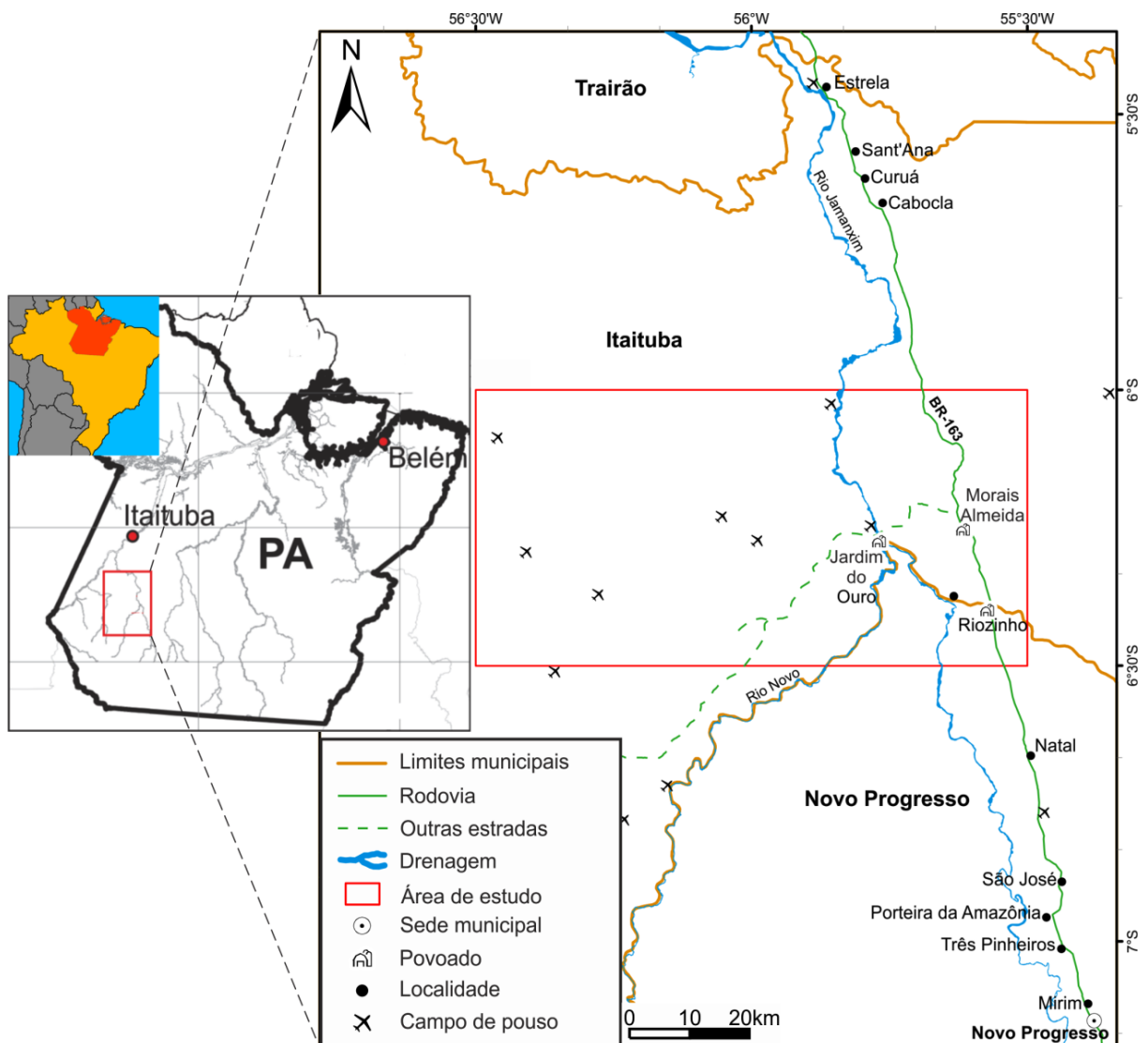


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Modificado de Vasquez e Rosa Costa (2008).

1.3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O Cráton Amazônico (Almeida *et al.*, 2000) representa uma das maiores e menos conhecidas áreas pré-cambrianas do mundo. Localizado na parte norte da América do Sul, é uma das principais

unidades tectônicas da Plataforma Sul-Americana (Almeida e Hasui, 1984). Está dividido pelas bacias paleozoicas do Solimões e Amazonas, em dois escudos pré-cambrianos: o Escudo das Guianas, ao norte, e o Escudo Brasil Central, ao sul (Fig. 2). O cráton é limitado pelos cinturões orogênicos neoproterozoicos: Tucavaca a sudoeste, Araguaia (ou Araguaia-Tocantins) a leste, e Paraguai ao sul; e recoberto pelas bacias sedimentares São Luís-Grajaú a nordeste, Xingu-Alto Tapajós e Precis, ao sul.

Vários modelos de compartimentação tectônica têm sido propostos para o Cráton Amazônico (Cordani *et al.*, 1979; Teixeira *et al.*, 1989; Tassinari, 1996), desde Amaral (1974). Dentre as propostas mais discutidas na literatura recente, destacam-se a de Santos *et al.* (2000) (Fig. 2a) e Tassinari e Macambira (2004) (Fig. 2b) que, em linhas gerais, são similares, com algumas discordâncias, sobretudo em relação a limites de províncias tectônicas, mas que admitem que a evolução do Cráton Amazônico é resultante de sucessivos episódios de acreção crustal durante o Paleo- e o Mesoproterozoico, em volta de um núcleo mais antigo, estabilizado no final do Arqueano. Esse modelo evolutivo está em sintonia com o de Almeida *et al.* (2000), que alegam que o Cráton Amazônico foi formado por um núcleo antigo circundado por províncias proterozoicas com mais de 1,0 Ga.

De acordo com Santos *et al.* (2000), revisto em Santos (2003), o cráton está dividido em sete províncias tectônicas ou geocronológicas: Carajás (3000 - 2500 Ma), Transamazonas (2260 - 1990 Ma), Tapajós-Parima (2030 - 1860 Ma), Amazônia Central (1900 - 1860 Ma), Rondônia-Juruena (1850 - 1540 Ma), Rio Negro (1820 - 1520 Ma) e Sunsás (1450 - 1000 Ma) (Fig. 2a). Tassinari e Macambira (2004) o dividem em seis províncias geocronológicas: Amazônia Central (>2,5 Ga), Maroni-Itacaiúnas (2,2-1,9 Ga); Ventuari-Tapajós (1,9-1,8 Ga); Rio Negro-Juruena (1,8-1,55 Ga), Rondoniana-San Ignácio (1,55-1,3 Ga) e Sunsás (1,25-1,0 Ga) (Fig. 2b).

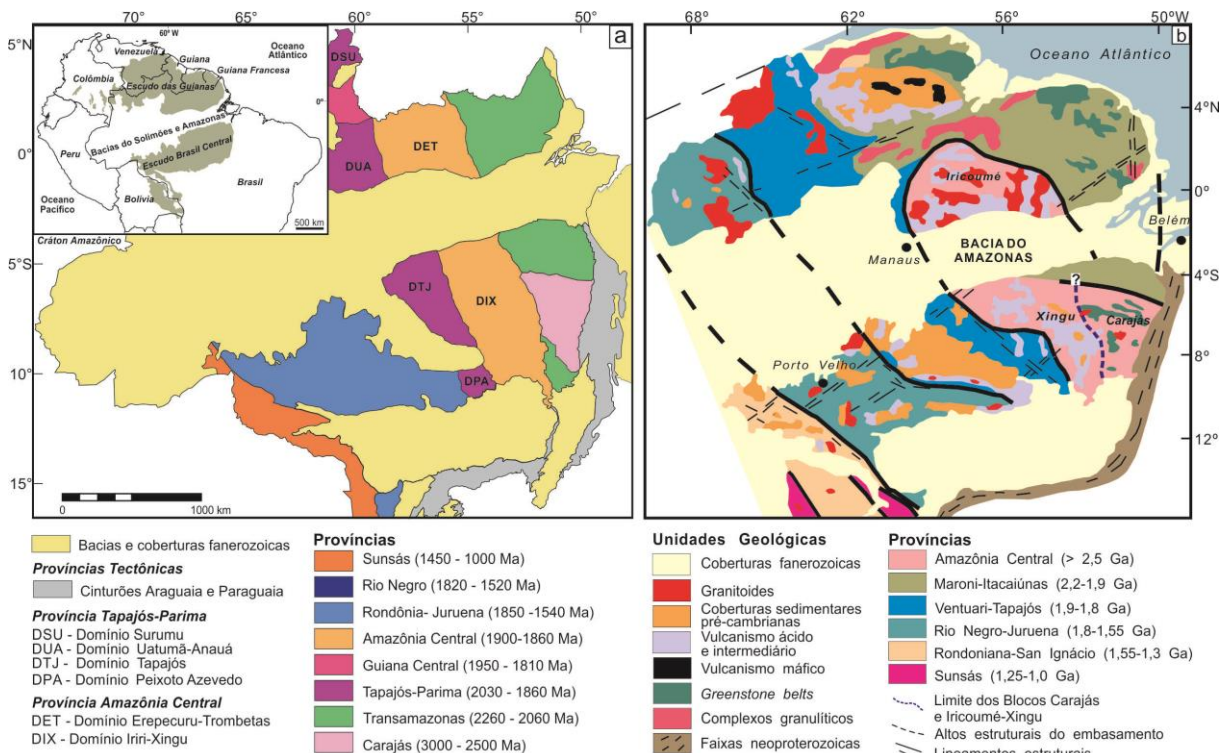


Figura 2: Modelos de compartimentação tectônica/geocronológica do Cráton Amazônico apresentados por: a) Santos (2003), modificado por Vasquez e Rosa Costa (2008), b) Tassinari e Macambira (2004).

1.3.1. Domínio Tapajós

O domínio Tapajós faz parte de um cinturão orogênico paleoproterozoico, chamado Tapajós-Parima (Santos *et al.*, 2001; 2004). Esse terreno foi individualizado no Cráton Amazônico por Tassinari (1996) como um cinturão orogênico paleoproterozoico de 1,95-1,80 Ga denominado de Província Ventuari-Tapajós e desmembrado do núcleo arqueano, representado pela Província Amazônia Central. Esta província, de orientação NW-SE, se estende do sudoeste do Pará até o sul da Venezuela. Santos *et al.* (2001) dividiram a província nos domínios Parima e Uaimiri, localizados ao norte da Bacia do Amazonas, e nos domínios Tapajós e Peixoto Azevedo, ao sul da bacia (Fig. 2a). A faixa orogênica Tapajós-Parima constitui uma das principais províncias do cráton e representa uma nova crosta adicionada ao núcleo do cráton, a Província Amazônia Central, durante parte do Paleoproterozoico (2,10 a 1,87 Ga; Santos *et al.*, 2000). Ela é bordejada a oeste por províncias paleoproterozoicas mais jovens (províncias Rio Negro e Rondônia-Juruena, Fig. 2a) que foram acrescentadas ao cráton entre 1,85 e 1,70 Ga.

Nas propostas de Santos *et al.* (2001; 2004), a formação da Província Tapajós-Parima é marcada pelo desenvolvimento de duas orogenias distintas que incorporaram quatro arcos magmáticos seguidos de um magmatismo alcalino pós-orogênico. O primeiro arco magmático (Complexo Cuiú-Cuiú) foi gerado entre 2,03 e 2,00 Ga e corresponde a um arco de ilhas, cujos remanescentes são predominantemente metatonalitos e metabasaltos. O segundo arco (cálcio-alcalino), designado Creporizão, foi gerado entre 1980 e 1950 Ma, e já mostra incorporação de crosta continental, sendo composto basicamente por monzogranitos e andesitos. Esses dois primeiros arcos constituem a orogênese Mundurucus. Os metabasaltos do Complexo Cuiú-Cuiú ocorrem imbricados com as sequências vulcanossedimentares metamorfisadas do Grupo Jacareacanga, que tem sua formação relacionada à sedimentação de retroarco e fossa oceânica, ocorrida entre 2,10 e 2,01 Ga, sendo mais antiga ou contemporânea, em parte, ao primeiro arco magmático. Após um hiato de 40 a 60 milhões de anos, nova orogênese foi desenvolvida, inicialmente pela formação de outro arco de ilhas primitivo, que foi acrescentado ao continente entre 1900 e 1890 Ma (Arco Tropas), composto por tonalitos, basaltos e andesitos. Esse foi seguido por outro arco continental, denominado Parauari e caracterizado por monzogranitos e rochas vulcânicas félsicas (1883-1879 Ma). O magmatismo pós-orogênico (Suíte Intrusiva Maloquinha e rochas vulcânicas do Grupo Iriri) ocorreu por volta de 1870 Ma, com um evento magmático anorogênico muito mais jovem representado pelo Granito Porquinho (1786±14 Ma, Santos *et al.*, 2004), correlato à Suíte Teles Pires do Domínio Juruena (Fig. 2a). Em contra ponto, há propostas que envolvem a colisão de apenas um arco mais precoce (Arco Cuiú-Cuiú/Anauá) e a sucessão por eventos magmáticos pós-colisionais transcorrentes e extensionais com *underplating* associado (Vasquez *et al.*, 2002; Almeida, 2006).

Em seguida, serão apresentadas as principais unidades litoestratigráficas que compõem o Domínio Tapajós:

O Grupo Jacareacanga é constituído por uma sequência supracrustal vulcanossedimentar que ocorre restritamente na parte oeste da Província Tapajós com direção geral NNW-SSE. Almeida *et al.* (2001) distinguiram três unidades litológicas: 1) Sequência metaturbidítica, que ocorre na parte leste do Grupo Jacareacanga, sendo considerada como a sequência superior. É constituída por sericita xistos, sericita quartzitos e filitos, que são as rochas dominantes do grupo; 2) Rochas metassedimentares químicas, compostas por *chert* e formação ferrífera intercaladas nos metaturbiditos; e 3) Metabasaltos oceânicos, representados por actinolita e clorita xistos que ocorrem mais a oeste e são considerados como a sequência inferior deste grupo. A idade do Grupo Jacareacanga ainda não está bem definida. Ele é considerado mais antigo que o Complexo Cuiú-Cuiú, mas as relações de campo entre as duas unidades não são claras e não foram encontrados xenólitos de rochas dessa unidade nos granitóides Cuiú-Cuiú (Santos *et al.*, 2004). Idades U-Pb de zircões detriticos dos metaturbiditos do Grupo Jacareacanga situam-se entre 2875 e 2008 Ma, e indicam informações da crosta pré-Tapajós (embasamento) ainda não encontrada. Idades entre 2125 e 2098 Ma foram interpretadas como indicativas do possível intervalo para o magmatismo relacionado ao rifteamento das bacias oceânicas onde foram depositadas as rochas do Grupo Jacareacanga (Santos *et al.*, 2004).

O Complexo Cuiú-Cuiú é composto por tonalitos e granodioritos gnáissicos com algumas porções monzograníticas, quartzo-dioríticas, quartzo-monzodioríticas e dioríticas associadas. A ocorrência de granitoides nesse complexo se dá na forma de grandes batólitos cálcio-alcálicos e sintectônicos, típicos de arcos magmáticos relacionados à subducção de placa oceânica (Vasquez *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2000). São de composição tonalítica, diorítica e granodiorítica, com xenólitos de metabasaltos toleíticos e metandesitos cálcio-alcálicos, cortados localmente por veios trondhjemíticos. Esses batólitos são alongados e irregulares, mas concordantes com a orientação regional NW-SE, paralela à foliação das rochas do Grupo Jacareacanga. Esses corpos exibem bandamento NNE-SSW (localmente NW-SE) transposto por foliação milonítica NE-SW (Almeida *et al.*, 2001; Ferreira *et al.*, 2000). Tanto a porção gnáissica quanto os corpos granitóides hospedam intrusões, geralmente lenticulares, de dimensões centimétricas a decamétricas de leucogranitos peraluminosos com muscovita, alguns portadores de granada, que se apresentam isotropos ou com uma foliação de baixo ângulo. Os ortognaisses do Complexo Cuiú-Cuiú exibem feições migmatíticas que se caracterizam pela alternância de bandas centimétricas a milimétricas de mesossomas, leucossomas e melanossomas, nem sempre individualizados (diatexitos), bem como por injeções concordantes e discordantes de neossomas (Vasquez *et al.*, 2002). Entretanto, foliação magmática de alta temperatura subparalela à deformação dúctil regional NW-SE, que evolui para um bandamento gnáissico, é mais frequente (Almeida *et al.*, 2001). O Complexo Cuiú-Cuiú compreende o embasamento gnáissico-migmatítico do Domínio Tapajós e é cortado pelas rochas das suítes intrusivas Creporizão, Parauari, Ingarana e Maloquinha, e localmente recoberto pelas rochas vulcânicas do Grupo Iriri.

Idades U-Pb em diversos granitóides dessa unidade situam-se no intervalo entre 2040 e 1998 Ma (Santos *et al.*, 2001). O Monzogranito Jamanxim gerou uma idade de 1997 ± 5 Ma (Santos *et al.*,

2004), em datação U-Pb em zircão (SHRIMP). Outro exemplo desse evento é o batólito Rio Claro, para o qual Vasquez e Klein (2000) obtiveram uma idade Pb-Pb de 1997 ± 3 Ma pelo método de evaporação de Pb em zircão. O Monzogranito Jamanxim é mais antigo que os granitóides Creporizão e, mesmo superpondo com a faixa de erro da idade mínima do Complexo Cuiú-Cuiú (2005 ± 7 Ma), Santos *et al.* (2004) interpretaram a idade desse monzogranito como intermediária entre aquelas do Complexo Cuiú-Cuiú e da Suíte Intrusiva Creporizão. Segundo esses autores, o Monzogranito Jamanxim é produto de um arco magmático continental formado nos últimos estágios do desenvolvimento do arco Cuiú-Cuiú. Lamarão *et al.* (2002) definiram no alto curso dos rios Jamanxim e Riozinho das Arraias uma sequência vulcânica félsico-intermediária cálcio-alcálica (andesito basáltico, traquiandesito basáltico, traquito e riolito), denominada Formação Vila Riozinho. A idade Pb-Pb em zircão de 2000 ± 4 Ma dessas rochas vulcânicas, obtida pelos referidos autores, indica que a Formação Vila Riozinho deve representar um evento vulcânico do arco Cuiú-Cuiú ou do Jamanxim. Sato e Tassinari (1997) apresentaram dados isotópicos de Nd ($\epsilon_{Nd(2,01Ga)}$) de +2,6 e +1,8 e T_{DM} de 2,09 e 2,16 Ga) para tonalitos das proximidades da Vila Creporizão, supostamente relacionados ao Complexo Cuiú-Cuiú, que marcam uma assinatura juvenil paleoproterozoica para essas rochas.

Suíte Intrusiva Creporizão foi o termo atribuído por Ricci *et al.* (1999) a um conjunto de plútons monzograníticos protomiloníticos que ocorrem na porção SW da Província Tapajós, com idade em torno de 40 milhões de anos mais jovem que o Complexo Cuiú-Cuiú. Segundo Santos *et al.* (2001), essa unidade é constituída por plútons cálcio-alcálicos tarditectônicos de composição monzogranítica e granodiorítica, intrusivos nas rochas do Complexo Cuiú-Cuiú. Esses autores identificaram rochas vulcânicas preservadas (meta-andesitos e metabasaltos) associadas aos granitóides Creporizão, cujas associações mineralógicas indicam grau metamórfico anfíbolito baixo. Datações geocronológicas pelo método U-Pb em zircão em três amostras dessa unidade indicaram idades entre 1980 e 1957 Ma (Santos *et al.*, 2001). Os granitóides Creporizão foram interpretados como componentes de um arco magmático continental tipo andino (Santos *et al.*, 2001; 2004). Lamarão *et al.* (2002) estudaram um plúton granítico, que ocorre no alto curso do rio Jamanxim, denominado São Jorge Velho, o qual parece representar uma atividade magmática precoce relacionada ao arco magmático Creporizão.

A Suíte Intrusiva Parauari é essencialmente representada por corpos de sienogranito e monzogranito, com tonalito e diorito subordinados. Dada a grande variação composicional dessas rochas, Almeida *et al.* (2000) as subdividiram em três fácies: Granítica, Granítica com titanita e Granodiorítica. A fácies granítica está representada por rochas leucocráticas, equigranulares e localmente porfiríticas, dispostas em batólitos de biotita monzogranito, biotita-hornblenda granodiorito, hornblenda-biotita monzogranito, alcalifeldspato granito, sienogranito, tonalito, microtonalito e micromonzogranito granofírico cálcio-alcálico. A fácies granítica com titanita compreende predominantemente corpos de biotita monzogranito, hornblenda-biotita monzogranito, granodiorito e sienogranito. São rochas predominantemente leucocráticas equigranulares. A fácies granodiorítica constitui corpos isolados inseridos nas áreas de afloramento das rochas da fácies granítica, as quais apresentam contatos, em

geral, gradacionais e constituídos por biotita granodiorito e biotita monzogranito. Santos *et al.* (2001) consideram que essa suíte foi gerada no quarto arco magmático da Província Tapajós-Parima com idades U-Pb por SHRIMP em zircão de 1883 ± 4 a 1870 ± 12 Ma. Já as idades registradas pelo método Pb-Pb em zircão variam de 1891 ± 3 a 1880 ± 3 Ma (Lamarão *et al.*, 2002).

O Grupo Iriri é formado por rochas vulcânicas e vulcanoclásticas, predominantemente félsicas, que ocorrem extensivamente ao sul da Província Amazônia Central, nos interflúvios dos rios Iriri e Curuá, estendendo-se para leste até o rio Xingu. No Domínio Tapajós, foram originalmente reunidas na Formação Iriri, por Formam *et al.* (1972). As rochas do Grupo Iriri no Domínio Tapajós foram intrudidas pelo Granito Porquinho e os granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha, e divididas nas formações Salustiano e Aruri (Pessoa *et al.*, 1977). A Formação Salustiano é composta por riolitos, riolodacitos e dacitos porfiríticos, geralmente isótopos, com fenocristais e microfenocristais de feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda, em matriz afanítica ou microcristalina (Vasquez e Rosa Costa, 2008). Adicionalmente, na porção nordeste do Domínio Tapajós, Dall’Agnol *et al.* (1999) identificaram riolitos com faialita e hedenbergita nos derrames vulcânicos dos rios Iriri e Curuá, no Domínio Iriri-Xingu. A Formação Aruri é constituída de ignimbritos, brechas vulcânicas, tufos félsicos, conglomerados, arenitos e siltitos vulcânicos. A maioria dos ignimbritos é isótropa, localmente alguns exibem orientação dos fragmentos líticos e de cristais, principalmente de feldspato alcalino e quartzo, em uma matriz afanítica. As brechas apresentam fragmentos líticos subangulosos de riolitos, andesitos, tufos félsicos e microgranitos. Os tufos félsicos são de cristais, litoclásticos/vitroclásticos e raramente exibem estratificação (Vasquez e Rosa Costa, 2008).

Bahia e Quadros (2000) identificaram para as rochas vulcânicas félsicas do Grupo Iriri uma assinatura cálcio-alcalina a alcalina aluminosa, localmente peralcalina. O caráter dubio para filiação geoquímica dessas rochas indica que diferentes conjuntos são reunidos no Grupo Iriri. De modo geral, os riolitos apresentam uma assinatura alcalina aluminosa de ambiente intraplaca (Lamarão *et al.*, 2002; Fernandes *et al.*, 2006). Os riolitos e ignimbritos do Grupo Iriri no Domínio Tapajós forneceram idades de cristalização por evaporação de Pb em zircão entre 1890 ± 6 e 1870 ± 8 Ma (Dall’Agnol *et al.*, 1999; Moura *et al.*, 1999; Vasquez *et al.*, 1999; Lamarão *et al.*, 2002). Neste grupo estão incluídas as idades obtidas na Formação Moraes Almeida, unidade proposta por Lamarão *et al.* (2002).

Lamarão *et al.* (2005) apresentam dados de isótopos de Nd para as rochas vulcânicas félsicas do leste do Domínio Tapajós, inclusive para a Formação Moraes Almeida, que sugerem fontes crustais paleoproterozóicas ($\epsilon_{Nd(1,88Ga)}$ de -2,26 a -3,05 e T_{DM} de 2,44 a 2,30 Ga). Por outro lado, as rochas vulcânicas do Domínio Iriri-Xingu (sul da Província Amazônia Central), que afloram entre as regiões de Rurópolis e São Félix do Xingu, apresentam isótopos de Nd ($\epsilon_{Nd(1,87Ga)}$ de -6,3 a -11,6 e T_{DM} de 3,13 a 2,60 Ga) que denotam uma significativa contribuição de crosta arqueana (Teixeira *et al.*, 2002; Vasquez, 2006).

Próximo à cidade de São Félix do Xingu (Província Amazônia Central) ocorre um amplo grupo de rochas vulcânicas efusivas e explosivas que são reunidas nas formações Sobreiro (Macambira e

Vale, 1997; Teixeira *et al.*, 2002) e Santa Rosa (Juliani e Fernandes, 2010 e Fernandes *et al.*, 2011). A Formação Sobreiro é composta por andesitos, dacitos e tufos de cinza com característica geoquímica de zona de subducção e afinidade transicional entre cálcio-alcalina alto-K e shoshonítica. A Formação Santa Rosa abrange riolitos e dacitos, bem como ignimbritos e lapili-tufos félsicos, e brechas vulcânicas. Exibe característica geoquímica intraplaca tipo-A, assinatura peraluminosa e composição transicional de subalcalina a alcalina, mas que compreende principalmente rochas cálcio-alcalinas vulcano-clásticas e vulcânicas félsicas, assim como no Grupo Iriri do Domínio Tapajós.

A Suíte Intrusiva Maloquinha (Almeida *et al.*, 1977; Andrade *et al.*, 1978), foi inicialmente definida por Santos *et al.* (1975) como Granito Maloquinha, e posteriormente como Formação Maloquinha por Pessoa *et al.* (1977). Ela é composta por granitos alcalinos gerados em ambientes anorogênicos pós-colisionais e associa-se especialmente às vulcânicas do Grupo Iriri. A distribuição desses granitos no Cráton Amazônico e sua gênese foram descritas por Bettencourt *et al.* (1995) e Dall’Agnol *et al.* (1999), Lamarão *et al.* (2002), Nunes (2001), Juliani *et al.* (2005) e Juliani e Fernandes (2010). A Suíte é composta por corpos de álcali-feldspato granito, sienogranito e monzogranito leucocráticos de cor rosa a vermelha, comumente de composição alaskítica, com predomínio de ortoclásio peritítico e raro microclínio, os quais afloram como stocks e batólitos elípticos a circulares ao longo de lineamentos regionais de direção NW-SE. Frequentemente essas rochas apresentam texturas rapakivi (Brito *et al.*, 1997) e são quimicamente peraluminosas/subalcalinas a alcalinas. As características petrográficas, químicas e os padrões de distribuição terras raras são semelhantes aos granitos tipo A descritos por Eby (1990). Brito *et al.* (1997) dividiram as rochas dessa unidade em três fácies: biotita granito, hornblenda granito e riebeckita granito, sendo as duas primeiras mais abundantes. As fácies biotita granito e anfibólio-biotita granito foram distinguidas na Suíte Intrusiva Maloquinha por Almeida *et al.* (2000). Embora essas rochas tenham idades semelhantes às das vulcânicas do Grupo Iriri, os granitos são um pouco mais novos e as cortam em algumas regiões. Para essas rochas plutônicas, Santos *et al.* (2000) obtiveram idades ao redor de 1870 Ma pelo método U-Pb em zircão. A inclusão das rochas vulcânicas cálcio-alcalinas do Grupo Iriri no mesmo evento magmático alcalino da Suíte Intrusiva Maloquinha mostra-se, entretanto, inadequada. Isso fez com que Juliani *et al.* (2005) considerassem que as vulcânicas do Grupo Iriri façam parte do conjunto tardi a pós-colisional do evento magmático calcioalcalino Parauari. As vulcânicas alcalinas, por sua vez, podem correlacionar-se com as formações Moraes Almeida (Lamarão *et al.*, 2002) e Santa Rosa (Juliani e Fernandes, 2010).

1.3.2. Plútons graníticos da região de Vila Riozinho

Ocorrem às proximidades da área de estudo e foram extensivamente estudados por Lamarão (2001), que distinguiu os granitos São Jorge Antigo, São Jorge Jovem, Jardim do Ouro e Maloquinha. O Granito São Jorge Antigo é composto por biotita-anfibólio monzodiorito e quartzo monzodiorito a anfibólio-biotita monzogranito e sienogranito. Os granitos São Jorge Jovem e Jardim do Ouro são mais homogêneos e compostos predominantemente por anfibólio-biotita monzogranito, enquanto que o

Granito Maloquinha é composto predominantemente por leucosienogranito com subordinado leucomonzogranito. Os granitos São Jorge e Jardim do Ouro são transicionais entre metaluminosos e levemente peraluminosos, com forte afinidade cálcio-alcálica. Lamarão *et al.* (2002) mostram que, de acordo com os diagramas de Pearce *et al.* (1984), esses granitos podem ser classificadas como granitoides de arco vulcânico (VAG), e apontam uma forte afinidade como os granitos tipo I. A maioria das amostras do Granito Maloquinha são predominantemente peraluminosas e plotam no campo dos granitos intraplaca (WPG) desse mesmo diagrama, refletindo uma transição entre séries cálcio-alcálica e alcálica ou entre ambiente tectônico orogênico a pós-orogênico, ou até mesmo amadurecimento de arco. As rochas dessa unidade são transicionais entre granitos tipo I e tipo A (Lamarão *et al.*, 2002).

As idades de cristalização obtidas pelo método de evaporação de Pb em zircão por Lamarão *et al.* (2002), foram de 1983 ± 8 e 1981 ± 2 Ma para o Granito São Jorge Antigo, de 1891 ± 3 Ma para o Granito São Jorge Jovem, de 1880 ± 3 Ma para o Granito Jardim do Ouro e de 1880 ± 9 Ma para o Granito Maloquinha. Os isótopos de Nd para essas rochas indicam fontes paleoproterozoicas (T_{DM} de 2,43-2,23 Ga) juvenis ou com pouca participação de crosta mais antiga, como indicado pelos valores fracamente negativos de $\epsilon_{Nd(t)}$ (-0,72 a -3,42) (Lamarão *et al.*, 2005).

1.4. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Muitos corpos granitoides isotrópicos de filiação alcálica que afloram no Domínio Tapajós foram indiscriminadamente agrupados como Suíte Intrusiva Maloquinha, muitas vezes por falta de estudos mais detalhados, como o Granito Pepita que aflora às margens do rio Tapajós como um batólito de forma elipsoidal. Baseado na ocorrência de anfibólios e piroxênios sódicos, Brito (2000) propôs distingui-lo dos granitos da Suíte Maloquinha, denominando-o de Granito Pepita. Posteriormente, Santos *et al.* (2004) apresentaram uma idade de colocação para o Granito Pepita de 1872 ± 4 Ma, obtida pelo método U-Pb SHRIMP em zircão. O Granito Porquinho, um batólito localizado no interflúvio dos rios Branco e Aruri, também era correlacionado à Suíte Intrusiva Maloquinha (Pessoa *et al.*, 1977; Almeida *et al.*, 1977). Porém, o diagnóstico de uma assinatura subalcálica a alcálica (Prazeres *et al.*, 1979; Bahia *et al.*, 1998) e principalmente aliado à idade de cristalização de 1786 ± 14 Ma (Santos *et al.*, 2004), obtida pelo método U-Pb SHRIMP em zircão, levou esses autores a correlacioná-lo com o magmatismo da Suíte Intrusiva Teles Pires, do Domínio Juruaena.

Neste trabalho também serão abordadas questões referentes ao critério empregado na compartimentação entre as províncias Tapajós-Parima e Amazônia Central, com o objetivo de discutir se o parâmetro idades-modelo Sm-Nd é adequado ao que se propõe.

1.5. OBJETIVOS

Apesar da evolução do conhecimento geológico alcançado nos últimos anos, o Domínio Tapajós carece ainda de estudos geológicos, geoquímicos e isotópicos de maior detalhamento e precisão, a exemplo dos trabalhos de Lamarão *et al.* (2002; 2005), Vasquez *et al.* (2002) e Santos *et al.* (2001;

2002; 2004), sobretudo na região de transição para a Província Amazônia Central. Em função disso, o presente trabalho tem o objetivo de elucidar o ambiente tectônico e a evolução geológica dos corpos graníticos abordados, investigando a idade e a fonte dos magmas desses corpos, assim como sua assinatura geoquímica com base em estudos isotópicos de U-Pb em zircão e Sm-Nd em rocha total, litoquímica em rocha total dos elementos maiores, menores e traço, e na petrografia das rochas ígneas félsicas na porção leste do Domínio Tapajós (folhas São Domingos e Jardim do Ouro). Para isso, foram estudadas amostras (rochas e lâminas delgadas) do acervo da CPRM – Serviço Geológico do Brasil (superintendência Belém) disponibilizadas através do geólogo Marcelo Vasquez, e coletadas ao longo de cinco etapas de campo entre os anos de 2009 e 2010, durante a realização do mapeamento das folhas 1:100.000 SB.21-Z-A-II (São Domingos) e SB.21-Z-A-III (Jardim do Ouro).

1.6. MATERIAIS E MÉTODOS

1.6.1. Pesquisa bibliográfica

Foi realizada pesquisa bibliográfica detalhada referente ao contexto geológico regional estudado. Temas específicos referentes à evolução crustal, geoquímica, geocronologia e geologia isotópica das rochas abordadas neste trabalho foram apurados.

1.6.2. Petrografia

A petrografia dos granitos Mamoal, Dalpaiz, Serra Alta e Igarapé Salustiano foi realizada, respectivamente, com base na descrição microscópica de 35, 15, 11 e 3 lâminas delgadas, em amostras previamente selecionadas a partir de amostras de mão. Em cada lâmina foi realizada uma análise mineralógica e textural detalhada, identificando-se as fases e paragêneses minerais, a morfologia e relações de contato entre os minerais, suas zonações e alterações.

Para a determinação ótica do teor de An dos plagioclásios utilizou-se o método Michel-Levy do ângulo de extinção em seções paralelas a (100) e de suas relações com as clivagens (010) e (001). Assim, para cada lâmina, foi considerado o maior valor de An como representativo da amostra, dentre os demais valores calculados. A determinação foi realizada em cerca de 75% das lâminas estudadas, contemplando dessa forma, 23 amostras do Granito Mamoal, 10 do Granito Dalpaiz, 7 do Granito Serra Alta e 3 do Corpo Igarapé Salustiano.

A determinação do conteúdo modal das rochas estudadas foi realizada apoiada na estimativa visual, onde foram discriminados os conteúdos de todos os minerais silicáticos primários essenciais e varietais, sendo que os minerais opacos englobaram os óxidos (magnetita, ilmenita e hematita) e os sulfetos (pirita, calcopirita e molibdenita). A proporção modal dos minerais acessórios como titanita, epidoto e opacos não incluem os minerais interpretados como produto de alteração, sendo considerados somente como fases secundárias dos minerais primários.

1.6.3. Geoquímica

As análises geoquímicas das 30 amostras abordadas foram realizadas no laboratório SGS Geosol e gentilmente cedidas a este trabalho pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil (SUREG-BE). Foram analisados elementos maiores e menores (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 e P_2O_5) por ICP-ES, e traços (Rb, Sr, Ba, Ga, Hf, Y, Zr, Nb, Ta, U e Th) e terras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Yb e Lu) por ICP-MS. A classificação geoquímica dos cinco corpos estudados seguiu os procedimentos indicados por Ragland (1989) e Rolisson (1993) utilizando-se diferentes diagramas (Shand, 1951; Pearce *et al.*, 1984; Whalen *et al.*, 1987; Eby, 1990; Frost *et al.*, 2001), objetivando a caracterização geoquímica dos processos envolvidos na evolução magmática, tipologia de granitoides, ambiência e assinatura geotectônica das rochas estudadas.

1.6.4. Sm-Nd em rocha total

A preparação das amostras e as análises pelo método Sm-Nd foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso). As amostras de rocha analisadas foram primeiramente fragmentadas com martelo em pedaços de 3 a 7 cm, quando foram removidas as capas de alteração que poderiam interferir nos resultados. Foram então britadas e posteriormente pulverizadas com auxílio de um moinho de anéis tipo Shatter Box e um grau de ágata onde a amostra foi reduzida a fração de silte/argila (< 0,05 mm).

Posteriormente procedeu-se a abertura química da amostra e a separação químicas dos elementos Sm e Nd, seguindo os procedimentos descritos por Oliveira *et al.* (2008).

Aproximadamente 100 mg de amostra foram misturadas a solução de traçador misto ^{149}Sm - ^{150}Nd em bombas que possuem um cadinho interno com capacidade de 20 mL. Na primeira etapa de abertura química foi realizada dissolução da amostra com 1 mL de HNO_3^{**} (bidestilado) concentrado e 3 mL de HF^{**} concentrado, em forno de microondas por 36 minutos a uma potência 400 W.

Após evaporação da solução em uma chapa aquecedora a 100°C , foi realizada a segunda etapa de abertura química com a mesma mistura de ácidos e com a mesma rotina de aquecimento no forno de microondas. Após resfriamento e evaporação da solução, 3 mL de HCl^{**} 6N foram adicionados e a bomba foi introduzida no forno de microondas para a terceira etapa de dissolução nas mesmas condições de aquecimento.

Após evaporação a 100°C , 3 mL de HCl^{**} 2N foram introduzidos e evaporados até a secura, o resíduo sólido foi dissolvido com 1 mL de HCl^{**} 2N e a solução foi centrifugada por 20 minutos. Uma alíquota de 0,5 mL dessa solução foi retirada e evaporada a 100°C e novamente dissolvida com 100 μL de HCl^{**} 2N para ser, em seguida, introduzida na coluna de separação.

A etapa de separação dos elementos Sm e Nd ocorreu em duas fases: separação dos elementos terras raras (ETRs) e a separação dos elementos Sm e Nd. A separação dos ETRs foi realizada em coluna de teflon preenchida com 2 mL de resina catiônica Biorad Dowex 50W-X8. A alíquota de 0,5 mL de amostra, previamente dissolvida em 100 μL de HCl^{**} 2N, foi introduzida na coluna, seguida

de 17,5 mL de HCl** 2N. Para a eluição dos ETRs, foram acrescentados 4 mL de HNO₃ ** 3N e os ETRs foram coletados na fração seguinte de 7 mL de HNO₃** 3N. A solução coletada foi evaporada e a amostra foi dissolvida novamente com 300 µL de HCl** 0,2N, para a separação dos elementos Sm e Nd na segunda fase do procedimento de separação química.

Os elementos Sm e Nd foram separados dos outros ETRs e purificados por cromatografia de troca iônica em coluna de teflon similar à coluna precedente, preenchida com 2 mL de resina aniônica Dowex AG1-X4. A solução amostra de terras raras foi introduzida na coluna e 5,3 mL de HCl** 0,2N foram acrescentados e descartados. A fração Nd foi coletada em cadinho de teflon com 3 mL de HCl** 0,2N. Posteriormente foram adicionados e descartados mais 2 mL de HCl** 0,2N seguido de 4 mL de HCl** 0,3N, e a eluição da fração concentrada de Sm foi realizada com a adição de 4 mL de HCl** 0,3N. Após essa coleta, 2 mL de HCl** 6N foram adicionados na coluna para a limpeza da resina. As frações concentradas de Sm e Nd coletadas foram evaporadas. Em seguida, 1 mL de HNO₃** concentrado foi adicionado em cada fração e as soluções foram novamente evaporadas.

As análises espectrométricas contaram com o ICP-MS (*inductively coupled plasma - mass spectrometer* ou espectrômetro de massa - plasma induzido acoplado) do modelo Neptune da Thermo Finnigan, equipado com nove copos Faraday, uma multiplicadora de elétrons e cinco contadoras de íon do tipo MIC (multichannel ion counters) do Laboratório Pará-Iso. Os dados de Nd foram normalizados para a razão ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd de 0,7219. Durante o período de análises, razões ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd médias de $0,511834 \pm 9$ e $0,512633 \pm 5$ foram obtidas respectivamente para os padrões La Jolla e BCR-01 e as concentrações de Sm (6,56 ppm) e Nd (28,58 ppm) para este também foram obtidas. Os “brancos totais” medidos foram de 0,160 ng para o Sm e 0,587 ng para o Nd.

Estudo petrográfico, geoquímico e isotópico (Sm-Nd) de granitos da porção leste do Domínio Tapajós, nas folhas São Domingos e Jardim do Ouro, estado do Pará*

Flávio Robson Dias Semblano¹, Moacir José Buenano Macambira², Marcelo Lacerda Vasquez³

1 – Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, frdsemblano@yahoo.com.br

2 – Laboratório de Geologia Isotópica – Pará-Iso, Universidade Federal do Pará, moamac@ufpa.br

3 – CPRM – Serviço Geológico do Brasil, marcelo.vasquez@cprm.gov.br

ABSTRACT

2. INTRODUÇÃO

3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

4. ÁREA DE ESTUDO

5. PETROGRAFIA

5.1. Granito Mamoal

5.2. Granito Dalpaiz

5.3. Granito Serra Alta

5.4. Granito Igarapé Salustiano

6. GEOQUÍMICA

7. Sm-Nd EM ROCHA TOTAL

8. DISCUSSÃO

Séries magmáticas e tipologia de granitoides

Fonte dos magmas e implicações para compartimentação geotectônica

9. CONCLUSÕES

AGRADECIMENTOS

REFERÊNCIAS

ABSTRACT

The Tapajós Domain, located in Central Brazil shield (southern portion of the Amazonian Cráton) makes part of the Tapajós-Parima (or Ventuari-Tapajós) Province, which corresponds to a Paleoproterozoic orogenic belt of NW-SE direction, extending from southwestern Pará state to southern Venezuela. To east, it is adjacent to the Central Amazonia Province, the Archean core of the cráton. Some authors describe the Tapajós Domain as had been formed by development of two distinct orogenies that accreted four magmatic arcs followed by a post-orogenic alkaline magmatism. This post-orogenic magmatism, occurred around 1880 Ma, is represented by the Maloquinha Intrusive Suite (MIS) and the Iriri Group. The MIS comprises alkali granites generated in post-collisional environment that are spatially associated with volcanic rocks of the Iriri Group. This suite consists of alkali feldspar granite, syenogranite and monzogranite leucocratic bodies with predominant perthitic orthoclase and rare microcline. They crop out as elliptical to round stocks and batholiths along NW-SE regional lineaments in the Tapajós Domain. This work was carried out in the eastern part of the Tapajós Domain, in the SB.21-Z-A-II (São Domingos) and SB.21-Z-A-III (Jardim do Ouro) 1:100,000 sheets, where five granitic bodies were studied: Igarapé Tabuleiro, Dalpaiz, Mamoal, Serra Alta and Igarapé Salustiano. The Igarapé Salustiano Granite is a syncolisional I-Type granite and shows a calc-alkaline affinity and meta to peraluminous nature with close relationship with the Parauari Intrusive Suite rocks of this domain. Other bodies could be related to MIS and they are basically represented by hololeucocratic alkali feldspar granites, syenogranites and monzogranites. These rocks have high SiO₂ (>70%), FeO_t/(FeO_t+MgO) (>0.80) and K₂O/Na₂O, and low CaO, Al₂O₃, MgO and Sr contents, and post-collisional granites affinity, alkalic-calcic to alkalic character and high REE content with Eu negative anomalies, own from A-type granites. Nd T_{DM} ages yielded by these granites are typical of the Tapajós Domain, and confirm the Paleoproterozoic source for them. Just one exception was detected in a sample from Mamoal Granite, which furnished an Archean (2,6 Ga) age and could represents a contribution from the adjacent Central Amazonia Province.

Keywords: Maloquinha Intrusive Suite, Tapajós Domain, A-type granite, Orosirian.

*a ser submetido para revista Brazilian Journal of Geology

2. INTRODUÇÃO

Assim como em outros terrenos do Cráton Amazônico, o Domínio Tapajós foi palco no Paleoproterozoico de expressiva granitogênese relacionada à formação do orógeno Tapajós-Parima (Santos et al., 2000; 2004). Nesse contexto, se insere a Suíte Intrusiva Maloquinha (SIM) que foi inicialmente proposta por Santos et al. (1975) com a designação de Granito Maloquinha, para agrupar corpos graníticos subcirculares amplamente distribuídos no Domínio Tapajós. Em trabalhos subsequentes (Pessoa et al., 1977; Almeida et al., 1977; Melo et al., 1980; Klein et al., 2001), vários corpos similares foram mapeados, sendo que Andrade et al. (1978) introduziram a denominação Suíte Intrusiva Maloquinha para reunir estes corpos graníticos. Os granitos dessa suíte intrusiva se caracterizam por uma afinidade alcalina (tipo A), típica de ambientes extensionais intracontinentais (Brito et al., 1997; Vasquez et al., 2002). A SIM ocorre pós-datando a Orogenia Tropas (Santos et al., 2004) que deu origem às rochas da Suíte Intrusiva Parauari (SIP).

Vários corpos graníticos isotrópicos de filiação alcalina que afloram no Domínio Tapajós foram indiscriminadamente agrupados como Suíte Intrusiva Maloquinha, muitas vezes por falta de estudos mais detalhados. O Granito Pepita, por exemplo, que aflora às margens do rio Tapajós, como um batólito de forma elipsoidal, estava incluso na Suíte Intrusiva Maloquinha (Melo et al., 1980). Baseado na ocorrência de anfibólios e piroxênios sódicos, Brito (2000) propôs distingui-lo dos granitos da Suíte Maloquinha, denominando-o de Granito Pepita. Posteriormente, Santos et al. (2004) apresentaram uma idade de colocação para o Granito Pepita de 1872 ± 4 Ma, obtida pelo método U-Pb SHRIMP em zircão. Outro exemplo é o Granito Porquinho, um batólito localizado no interflúvio dos rios Branco e Aruri (sudoeste do estado do Pará), que também era correlacionado à Suíte Intrusiva Maloquinha (Pessoa et al., 1977; Almeida et al., 1977). Porém, o diagnóstico de uma assinatura subalcalina a alcalina (Prazeres et al., 1979; Bahia et al., 1998) e, principalmente, aliado à idade de cristalização de 1786 ± 14 Ma (Santos et al., 2004), obtida pelo método U-Pb SHRIMP em zircão, levou esses autores a correlacioná-lo com o magmatismo da Suíte Intrusiva Teles Pires, do Domínio Juruena no Mato Grosso.

Apesar da evolução do conhecimento geológico alcançado nos últimos anos, o Domínio Tapajós carece ainda de estudos geológicos, geoquímicos e isotópicos de maior detalhamento e precisão, a exemplo dos trabalhos de Lamarão et al. (2002; 2005), Vasquez et al. (2002) e Santos et al. (2001; 2004). Em função disso, o presente trabalho dispõe-se a investigar a assinatura geoquímica e as fontes dos magmas das rochas ígneas félsicas da porção leste do Domínio Tapajós, nas folhas 1:100.000 SB.21-Z-A-II (São Domingos) e SB.21-Z-A-III (Jardim do Ouro) com base em estudos petrográficos, isotópicos (Sm-Nd em rocha total) e litoquímicos.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Localizado na parte norte da América do Sul, o Cráton Amazônico (Almeida et al., 1981) é uma das principais unidades tectônicas da Plataforma Sul-Americana (Almeida e Hasui, 1984). Vários modelos de compartimentação tectônica foram propostos para o Cráton Amazônico (Cordani et al., 1979; Teixeira et al., 1989; Tassinari, 1996), desde Amaral (1974). Dentre as propostas mais discutidas destacam-se a de Santos et al. (2000) e Tassinari e Macambira (1999, 2004) que, em linhas gerais, têm semelhanças, sendo as principais discordâncias relativas aos limites e aos intervalos temporais das províncias tectônicas. Mas, ambas admitem que a evolução do Cráton Amazônico é resultante de sucessivos episódios de acreção crustal durante o Paleoproterozoico e o Mesoproterozoico, em volta de um núcleo mais antigo, estabilizado no final do Arqueano.

Esse trabalho adota o modelo de subdivisão tectônica apresentado por Vasquez e Rosa-Costa (2008) (Fig. 3), que parte do modelo de Santos et al. (2000), revisto em Santos (2003), onde o cráton está dividido em sete províncias tectônicas ou geocronológicas: Carajás (3000-2500 Ma), Transamazonas (2260-1990 Ma), Tapajós-Parima (2030-1860 Ma), Amazônia Central (1900-1860 Ma), Rondônia-Juruena (1850-1540 Ma), Rio Negro (1820-1520 Ma) e Sunsás (1450-1000 Ma).

O Domínio Tapajós faz parte de um cinturão orogênico paleoproterozoico chamado Tapajós-Parima (Santos et al., 2001; 2004). Esse terreno foi individualizado no Cráton Amazônico por Tassinari (1996) como um cinturão orogênico paleoproterozoico de 1,95-1,80 Ga (denominado de Província Ventuari-Tapajós, Fig. 3), com orientação NW-SE, se estendendo do sudoeste do Pará até o sul da Venezuela e foi desmembrado do núcleo arqueano representado pela Província Amazônia Central. A faixa orogênica Tapajós-Parima constitui uma das principais províncias do cráton e representa uma nova crosta adicionada ao núcleo do cráton durante parte do Paleoproterozoico (2,10 a 1,87 Ga; Santos et al., 2000). Ela é bordejada a oeste por províncias paleoproterozoicas mais jovens (Fig. 3), que foram acrescidas ao cráton entre 1,85 e 1,70 Ga (Rio Negro e Rondônia-Juruena).

Na proposta de Santos et al. (2001; 2004), a formação da Província Tapajós-Parima é marcada pelo desenvolvimento de duas orogenias distintas que incorporaram quatro arcos magmáticos seguidos de um magmatismo alcalino pós-orogênico. O primeiro arco magmático (Complexo Cuiú-Cuiú) foi gerado entre 2,03 e 2,00 Ga e corresponde a um arco de ilhas, cujos remanescentes são predominantemente metatonalitos e metabasaltos. O segundo arco (cálcio-alcalino), designado Creporizão, foi gerado entre 1980 e 1950 Ma, e já mostra incorporação de crosta continental, sendo composto basicamente por monzogranitos e andesitos. Esses dois primeiros arcos constituem a orogênese Mundurucus. Após um hiato de 40 a 60 milhões de anos, uma nova orogênese foi desenvolvida, inicialmente pela formação de outro arco de ilhas primitivo, que foi acrescido ao continente entre 1900 e 1890 Ma (Arco Tropas), composto por tonalitos, basaltos e andesitos. Esse foi seguido por outro arco continental, denominado Parauari e caracterizado por monzogranitos e rochas vulcânicas félsicas (1883-1879 Ma). O magmatismo pós-orogênico (Suíte Intrusiva Maloquinha e rochas vulcânicas do Grupo Iriri) ocorreu por volta de 1880 Ma. Em contra ponto, há propostas que envolvem a colisão de apenas um arco mais precoce (Arco Cuiú-Cuiú/Anauá) e a sucessão por eventos magmáticos pós-colisionais transcorrentes e extensionais com *underplating* associado (Vasquez et al., 2002; Almeida, 2006).

A SIM é composta por granitos alcalinos gerados em ambientes pós-colisionais que se associam espacialmente às vulcânicas do Grupo Iriri. A distribuição desses granitos no Cráton Amazônico e sua gênese foram descritas por Bettencourt et al. (1995), Dall'Agnol et al. (1999a), Nunes et al. (2001), Lamarão et al. (2002), Juliani et al. (2005) e Juliani e Fernandes (2010). Essa Suíte é composta por corpos de feldspato alcalino granito, sienogranito e monzogranito leucocráticos com predomínio de ortoclásio peritítico e raro microclínio, e afloram como stocks e batólitos elípticos a circulares ao longo de lineamentos regionais de direção NW-SE. Quimicamente, são rochas metaluminosas a peraluminosas e subalcalinas a alcalinas, com elevado conteúdo de SiO₂ (70,3–76,6%, Lamarão et al., 2002), enriquecidas em álcalis, com valores altos para as razões FeO/MgO e K₂O/Na₂O e baixos conteúdos de CaO, Al₂O₃, Ba, Sr e Ti. Suas características petrográficas, químicas e os padrões de distribuição do ETR são semelhantes aos granitos tipo A descritos por Eby (1990; 1992).

A inclusão das rochas vulcânicas cálcio-alcalinas do Grupo Iriri no mesmo evento magmático alcalino da Suíte Intrusiva Maloquinha mostra-se inadequada, o que fez com que Juliani et al. (2005) considerassem que as vulcânicas do Grupo Iriri façam parte do conjunto tardi a pós-colisional do evento magmático cálcio-alcalino Parauari. As vulcânicas alcalinas, por sua vez, podem se correlacionar com as formações Moraes Almeida (Lamarão et al., 2002) e Santa Rosa (Juliani e Fernandes, 2010).

Além da SIM no Domínio Tapajós, ocorre registro de magmatismo anorogênico tipo A paleoproterozoico (ca. 1,88 Ga) em várias outras localidades do Cráton Amazônico. No Domínio Rio Maria (Província Carajás) se encontra um expressivo registro desse magmatismo. Os granitos tipo A oxidados do Domínio Rio Maria foram agrupados na Suíte Jamon, e os granitos tipo A, moderadamente reduzidos, foram englobados na Suíte Serra dos Carajás (Dall'Agnol et al. 1999b; 2005; 2006). A Suíte Jamon é composta pelos corpos graníticos Jamon e Musa (Gastal, 1987; Dall'Agnol et al., 1999b; 2005), Redenção (Montalvão et al., 1982; Vale e Neves, 1994; Oliveira, 2001) e Bannach (Almeida et al., 2006), formados essencialmente por monzogranitos, sienogranitos e subordinadamente granodioritos de natureza peraluminosa a metaluminosa. Os granitos da Suíte Serra dos Carajás são representados pelos corpos Serra dos Carajás (Machado et al., 1991; Barros et al., 1995), Cigano (Machado et al., 1991; Dall'Agnol et al., 1994), Seringa (Paiva Jr., 2009) e São João (Lima et al., 2014), apresentando características petrográficas e geoquímicas semelhantes à Suíte Jamon, diferenciando-se dessa principalmente por sua natureza mais reduzida. Na província Carajás encontram-se ainda os maciços graníticos Velho Guilherme, Antônio Vicente, Mocambo e Rio Xingu (Dall'Agnol et al., 1993, 1999a; Teixeira et al., 1998; 2002), que pertencem à Suíte Intrusiva Velho Guilherme. No Domínio Iriri-Xingu (Província Amazônia Central) também tem-se um importante registro de rochas plutônicas e vulcânicas de afinidade alcalina tipo A. As rochas plutônicas são representadas pela Suíte Intrusiva Rio Dourado (Barros et al., 2006; Padilha e Barros, 2008), relacionada à SIM, além dos corpos graníticos Ananás, Bom Destino, Triunfo e São Pedro do Iriri, mapeados por Vasquez e Rosa-Costa (2008) e caracterizados como Granitos Tipo A Indiferenciados. O registro vulcânico desse domínio é fortemente representado pela Formação Santa Rosa (Fernandes et al., 2006; 2011), que apresenta afinidade geoquímica com a Suíte Intrusiva Velho Guilherme. Ao norte do cráton, no Escudo das Guianas, esse magmatismo é representado pela Suíte Intrusiva Mapuera que é composta por dezenas de corpos batolíticos e estoques graníticos (Granitos Madeira, Alalaú, Simão, Rastro, Bom Futuro, São Gabriel, Murauá etc.), amplamente distribuídos na região da tríplice fronteira entre os estados do Pará, Roraima e Amazonas (Reis et al., 2006), no Domínio Uatumã-Anauá. No entanto, Costi et al. (2000) incluíram os corpos Madeira, Água Boa e Europa (antes incorporados a Suíte Intrusiva Mapuera), localizados na região de Pitinga, norte do estado do Amazonas, em uma nova unidade denominada Suíte Madeira, devido ao diagnós-

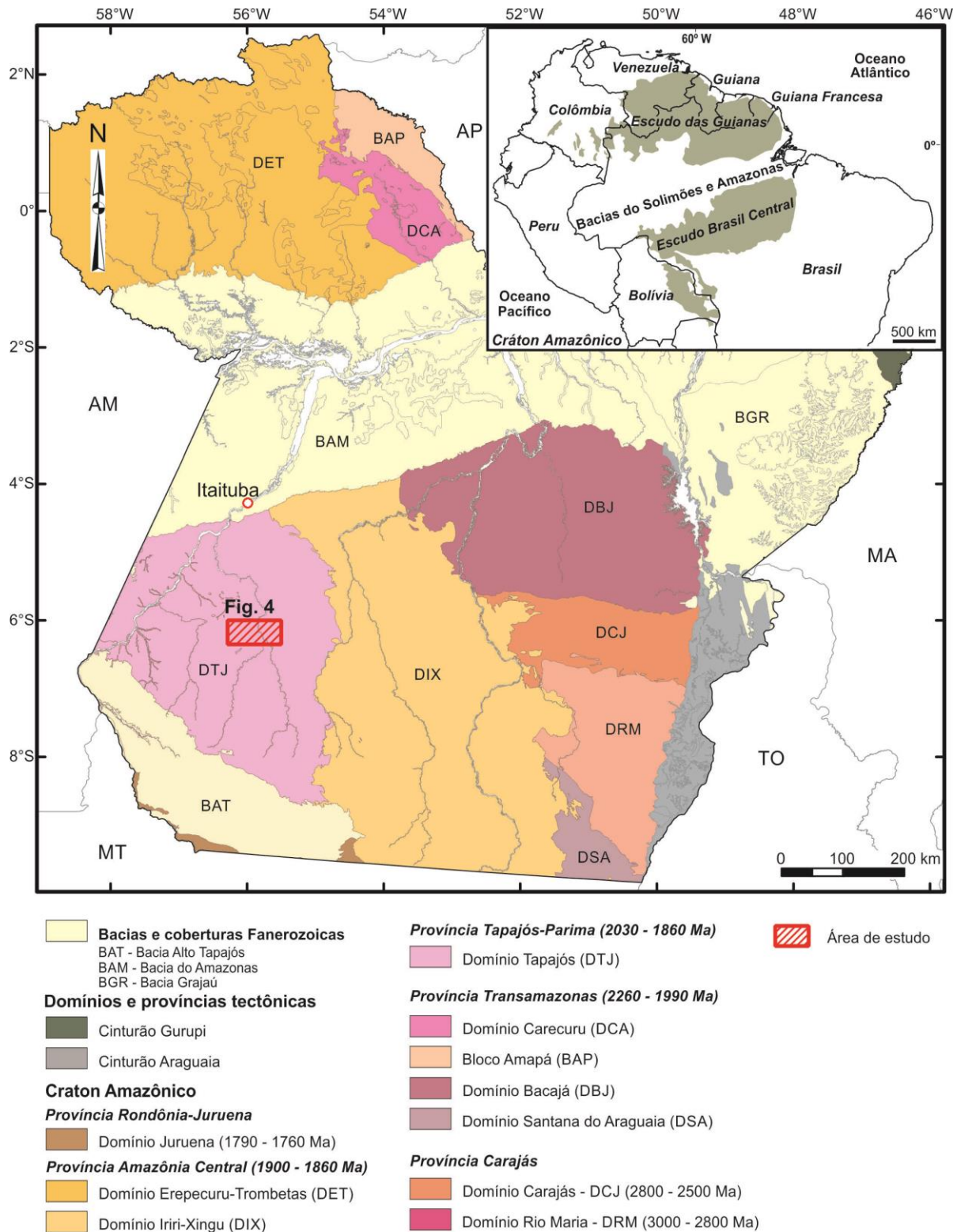


Fig. 3. Províncias e domínios tectônicos do estado do Pará (Vasquez e Rosa-Costa, 2008, modificado de Santos, 2003).

tico de idades inferiores (ca. 1,82 Ga) àquelas identificadas na Suíte Intrusiva Mapuera (Tab. 1). Nessa região, as rochas vulcânicas correlatas à Suíte Intrusiva Mapuera ocorrem predominantemente na porção oeste do Domínio Erepecuru-Trombetas, se estendendo para oeste no Domínio Uatumã-Anauá e são representadas pelo Grupo Iricoumé (riolitos, dacitos, andesitos, latitos e traquitos). A Tabela 1 apresenta uma síntese dos dados geocronológicos e isotópicos das unidades citadas nas províncias Carajás, Amazônia Central e Tapajós-Parima.

Idades de cristalização de 1882 ± 4 e 1880 ± 9 Ma foram obtidas pelo método de evaporação de Pb em zircão para os granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha (Vasquez et al., 1999; Lamarão et al., 2002). Adicionalmente, Santos et al. (2001) apresentaram idades U-Pb em zircão para os granitos dessa suíte com valores entre 1877 ± 12 e 1872 ± 4 Ma, bem como identificaram populações de cristais de zircão herdados neoarqueanos a orosirianos. Lamarão et al. (2005) identificaram assinatura de isótopos de Nd para os granitos da Suíte Intrusiva Maloquinha, na porção leste do Domínio Tapajós, que sugerem fontes paleoproterozoicas (T_{DM} Nd de 2,28 a 2,23 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ de -0,72 a -2,45). Contudo, a assinatura isotópica de alguns granitos pertencentes a essa suíte indicam a participação de crosta arqueana na sua formação (T_{DM} Nd de 2,53 e 2,60 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ -2,84 e -6,67, Santos et al., 2000) (Tab. 1), que é compatível com a presença de cristais de zircão herdados neoarqueanos, como os identificados por Santos et al. (2001) em rochas dessa mesma unidade. Muitos plútons da SIP foram datados pelo método de evaporação de Pb em zircão, e as idades encontradas ficaram entre 1891 ± 3 e 1879 ± 11 Ma (Brito et al., 1999; Santos et al., 2000; 2001; Vasquez e Klein, 2000), incluindo os granitos São Jorge Jovem e Jardim do Ouro, datados por Lamarão et al. (2002). A assinatura isotópica obtida nesses dois corpos (T_{DM} Nd de 2,43 a 2,32 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ -5,21 a -1,82) sugere interação de fonte juvenil com fonte crustal mais antiga (Lamarão et al., 2005). Vale destacar que raras idades T_{DM} Nd neoarqueanas são registradas nas rochas do Domínio Tapajós, um domínio de fonte paleoproterozoica. A leste do Domínio Tapajós, dominam rochas ígneas com fontes tipicamente crustais arqueanas, que compõem a Província Amazônia Central (Fig. 3).

Tabela 1. Dados geocronológicos e isotópicos dos granitos tipo A e rochas vulcânicas correlatas paleoproterozoicas nas províncias Carajás, Amazônia Central e Tapajós, e Cráton Amazônico. Modificado de Lamarão et al. (2002, 2005), Valério et al. (2009), Fernandes et al. (2011) e Barros et al. (2011).

Unidade Geológica	Suíte	Tipo de rocha	Idade (Ma)	Método	Ref.	$\epsilon_{Nd(t)}$	T_{DM} (Ga)	Ref.
<i>Província Amazônia Central (Domínio Erepecuru-Trombetas)</i>								
Grupo Iricoumé	SIMp	Ignimbrito dacítico	1888 ± 3	Pb-Pb zr	31	-3,04 a	2,39 a	32
Grupo Iricoumé	SIMp	Ignimbrito dacítico	1889 ± 2	Pb-Pb zr	31	+1,52	1,98	
<i>Província Tapajós-Parima (Domínio Uatumã-Anauá)</i>								
Granito Madeira	SM	Granito	1834 ± 6	U-Pb zr	10			
Granito Madeira	SM	hb-bt granito	1824 ± 2	Pb-Pb zr	10			
Granito Madeira	SM	bt sienogranito	1822 ± 2	Pb-Pb zr	10			
Granito Europa	SM	AF granito	1829 ± 1	Pb-Pb zr	10			
Grupo Iricoumé	SIMp	Riolito	1888 ± 3	Pb-Pb zr	10	-0,27	2,19	10
Grupo Iricoumé	SIMp	Dacito	1893 ± 2	Pb-Pb zr	14			
Granito Alalaú	SIMp	-	1876 ± 4	U-Pb zr	15			
Granito Alalaú	SIMp	-	1879 ± 3	U-Pb zr	15			
Granito Alalaú	SIMp	-	1880 ± 3	U-Pb zr	15			
Iricoumé Group	SIMp	-	1896 ± 7	U-Pb zr	17			
Iricoumé Group	SIMp	-	1869	U-Pb zr	17			
Granito Simão	SIMp	bt Sienogranito	1875 ± 4	Pb-Pb zr	21			
Granito Simão	SIMp	bt granito	1882 ± 4	Pb-Pb zr	21			
Granito Rastro	SIMp	bt AF granito	1882 ± 2	Pb-Pb zr	21			
Granito Bom Futuro	SIMp	Sienogranito	1882 ± 3	Pb-Pb zr	21			
Granito Alto Pitinga	SIMp	bt monzogranito	1885 ± 3	Pb-Pb zr	21			
Granito Simão	SIMp	bt AF granito	1885 ± 4	Pb-Pb zr	21			
Granito Alto Pitinga	SIMp	bt monzogranito	1888 ± 3	Pb-Pb zr	21			
Granito São Gabriel	SIMp	bt Sienogranito	1889 ± 2	Pb-Pb zr	23			
Granito Murauaú	SIMp	bt monzogranito	1871 ± 5	Pb-Pb zr	19			
Grupo Iricoumé	SIMp	Riolito porfirítico	1883 ± 4	Pb-Pb zr	26	-1,44 a +1,69	2,26 a 2,05	30
Grupo Iricoumé	SIMp	Riolito	1882 ± 11	U-Pb zr	33	-5,43 a +0,80	2,59 a 2,13	24, 33
<i>Província Carajás</i>								
Granito Serra dos Carajás	SSC	Granito	1880 ± 2	U-Pb zr	1			
Granito Cigano	SSC	Granito	1883 ± 2	U-Pb zr	1			
Granito Pojuca	SSC	Granito	1874 ± 2	U-Pb zr	1			

Granito Musa	SJ	Granito	1883 ± 5	U-Pb zr	1	-9,6 a -9,3	2,82 a 2,60	6
Granito Seringa	SSC	AF granito	1893 ± 30	Pb-Pb zr	2			
Granito Velho Guilherme	SIVG	Granito	1874 ± 30	Pb-Pb rt	4			
Granito Redenção	SJ	Granito	1870 ± 68	Pb-Pb rt	3			
Granito Antonio Vicente	SIVG	Granito	1867 ± 4	Pb-Pb zr	5			
Granito Jamon	SJ	Granito	1885 ± 32	Pb-Pb zr	6	-9,7 a -9,5	3,02 a 2,87	6
Granito Mocambo	SIVG	Monzogranito	1862 ± 16	Pb-Pb zr	16	-7,9	2,98	
Granito Rio Xingu	SIVG	FA granito	1866 ± 3	Pb-Pb zr	16	-12,2	3,02	
Granito Antonio Vicente	SIVG	bt-anf monzogranito	1867 ± 4	Pb-Pb zr	16	-12,1	3,25	
Formação Santa Rosa	SIVG	Riolito	1875 ± 158	Pb-Pb zr	16	-0,38	3,11	
Granito Serra da Queimada	SIVG	bt sienogranito	1882 ± 12	Pb-Pb zr	22			
Granito Seringa	SSC	bt-anf monzogranito	1895 ± 1	Pb-Pb zr	25			
Granito São João	SSC	bt monzogranito	1890 ± 2	Pb-Pb zr	29			
<i>Província Amazônia Central (Domínio Iriri-Xingu)</i>								
Rio Dourado	SIRD	Sienogranito	1884 ± 4	U-Pb zr	20			
Rio Dourado	SIRD	Granito	1876 ± 39	U-Pb zr	27	-10,7 a -3,10	2,84 a 2,61	27
Formação Santa Rosa	-	Tufo vulcânico	1884 ± 2	Pb-Pb zr	28	-11,39 a	3,12 a	28
Formação Santa Rosa	-	Riolito	1879 ± 2	Pb-Pb zr	28	-5,80	2,56	
Granito tipo A Indiferenciado	-	Quartzo sienito	1889 ± 2	Pb-Pb zr	34	-8,76	2,87	34
<i>Província Tapajós-Parima (Domínio Tapajós)</i>								
Grupo Iriri	SIM	Riolito	1888 ± 2	Pb-Pb zr	7			
Granito Maloquinha	SIM	bt-anf granito	1882 ± 4	Pb-Pb zr	9			
Grupo Iriri	SIM	Riodacito	1888 ± 2	Pb-Pb zr	9			
Grupo Iriri	SIM	Riolito	1888 ± 7	Pb-Pb zr	8			
Granito Maloquinha	SIM	Monzogranito	1877 ± 12	U-Pb zr	12			
Granito Maloquinha	SIM	Monzogranito	1874 ± 7	U-Pb zr	12	-6,67 a	2,60 a	11
Granito Maloquinha	SIM	Monzogranito	1872 ± 4	U-Pb zr	12	-2,84	2,53	
Granito Maloquinha	SIM	Alaskito	1899 ± 25	U-Pb zr	12			
Grupo Iriri	SIM	-	1870 ± 8	U-Pb zr	12	-1,37	2,45	11
Granito Maloquinha	SIM	bt leucomonzogranito	1880 ± 9	Pb-Pb zr	13	-2,45 a -0,72	2,28 a 2,23	18
Formação Moraes Almeida	SIM	Riolito	1890 ± 6	Pb-Pb zr	13			
Formação Moraes Almeida	SIM	Traquito	1881 ± 4	Pb-Pb zr	13	-3,05 a -1,98	2,44 a 2,29	18
Formação Moraes Almeida	SIM	Ignimbrito	1875 ± 4	Pb-Pb zr	13			
Granito Mamoal	SIM	-	-	-	-	-5,01 a -0,89	2,60 a 2,20	35
Granito Dalpaiz	SIM	-	-	-	-	-2,07 a -0,76	2,41 a 2,22	35
Granito Serra Alta	SIM	-	-	-	-	-3,85 a -3,85	2,46	35

Referências: 1- Machado et al. (1991), 2- Avelar et al. (1994), 3- Barbosa et al. (1995), 4- Lafon et al. (1995), 5- Teixeira et al. (1998), 6- Dall'Agnoll et al. (1999b), 7- Dall'Agnoll et al. (1999c), 8- Moura et al. (1999), 9- Vasquez et al. (1999), 10- Costi et al. (2000), 11- Santos et al. (2000), 12- Santos et al. (2001), 13- Lamarão et al. (2002), 14- Macambira et al. (2002), 15- Santos et al. (2002), 16- Teixeira et al. (2002), 17- Santos (2003), 18- Lamarão et al. (2005), 19- Almeida (2006), 20- Barros et al. (2006), 21- Ferron (2006), 22- Pinho et al. (2006), 23- Valério et al. (2006), 24- Marques (2011), 25- Paiva Jr. (2009), 26- Valério et al. (2009), 27- Barros et al. (2011), 28- Fernandes et al. (2011), 29- Lima et al. (2014), 30- Valério (2011), 31- Barreto et al. (2013), 32- Barreto et al. (2014), 33- Marques et al. (2014), 34- Semblano et al. (submetido), 35- Este trabalho.

Abreviações: SIMp- Suite Intrusiva Mapuera, MS- Suite Madeira, SCS- Suite Serra dos Carajás, SJ- Suite Jamon, SIVG- Suite Intrusiva Velho Guilherme, SIRD- Suite Intrusiva Rio Dourado, SIM- Suite Intrusiva Maloquinha, FA- feldspato alcalino, anf- anfíbólio, bt- biotita, zr- zircão, rt- rocha total.

4. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na porção leste do Domínio Tapajós, sul da Província Tapajós-Parima. Geograficamente, está situada no município de Itaituba, sudoeste do estado do Pará. A porção leste da área é cortada pelos rios Novo e Jamanxim, e pela BR-163, que representa uma importante rota de ligação entre a sede municipal de Itaituba (a norte) com o distrito Moraes Almeida, onde está localizada a área de interesse. Cartograficamente, essa área está inserida nas folhas 1:100.000 São Domingos (SB.21-Z-A-II) e Jardim do Ouro (SB.21-Z-A-III), entre as longitudes 55°30'W e 56°17'W, e latitudes 6°S e 6°21'S (Fig. 4).

A Figura 4 também mostra os pontos com amostras descritas e analisadas geoquímica e isotopicamente pelo métodos Sm-Nd em rocha total para os cinco plútons aqui estudados: Dalpaiz, Mamoal, Igarapé Tabuleiro, Serra Alta e Igarapé Salustiano, delimitados com suporte aerogeofísico de gamaespectrometria e magnetometria por Vasquez et al. (em preparação).

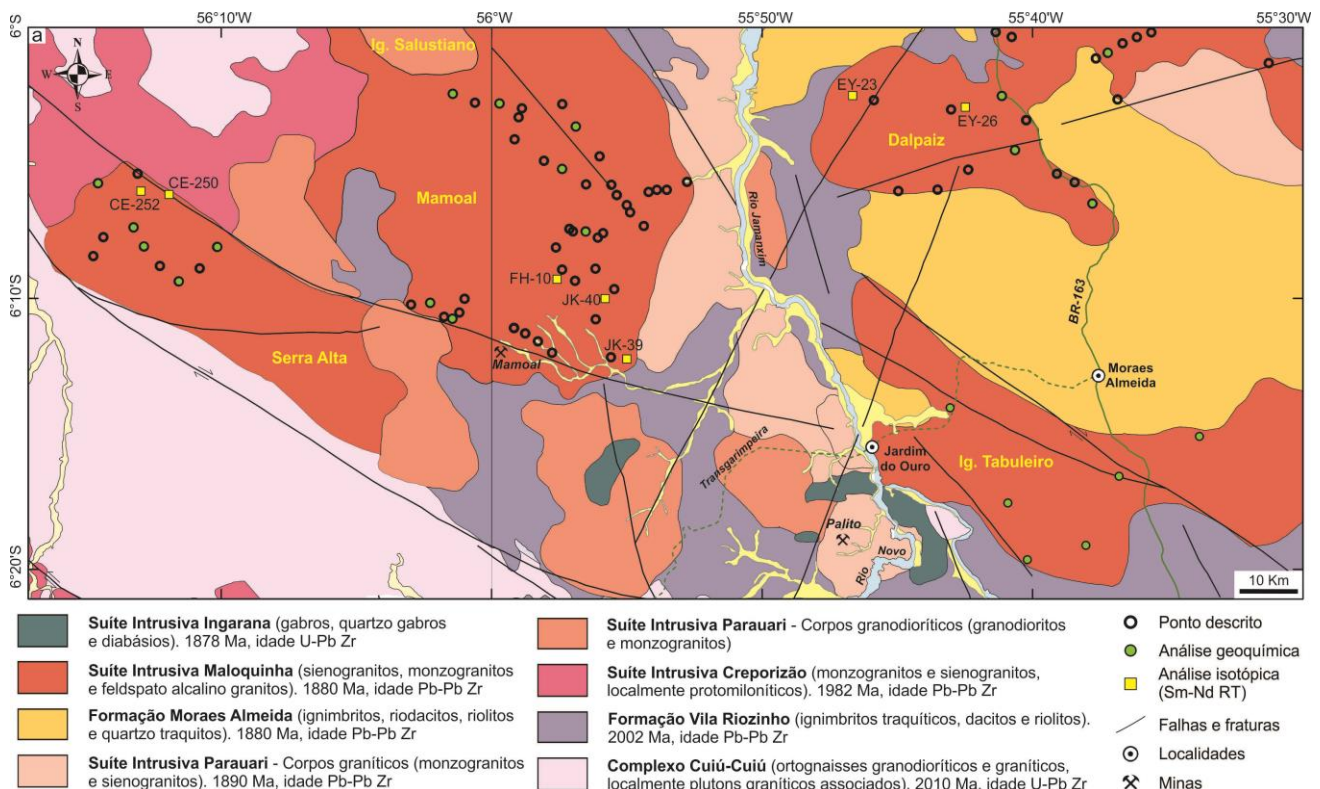


Fig. 4. Mapa geológico da área de estudo mostrando a delimitação dos corpos investigados (modificado de Vasquez et al., em preparação) e distribuição das rochas analisadas petrográficamente, geoquimicamente e isotopicamente.

5. PETROGRAFIA

Estudos petrográficos foram realizados em quatro dos cinco corpos estudados, totalizando 64 lâminas delgadas descritas, distribuídas da seguinte forma: 35 no Granito Mamoal, 15 no Granito Dalpaiz, 11 no Granito Serra Alta e 3 no Granito Igarapé Salustiano (Fig. 4). A petrografia do Granito Igarapé Tabuleiro é aquela apresentada em Lamarão (2001), que o denominou de Granito Maloquinha. As rochas dos plutons Mamoal, Dalpaiz e Serra Alta, pertencentes a SIM, apresentam coloração rosa avermelhada a cinza rosado, enquanto as do Granito Igarapé Salustiano (SIP), acinzentada. Todas, predominantemente hololeucocráticas.

Em cada amostra foi feita análise mineralógica e textural detalhada, identificando as fases e paragéneses minerais, morfologia e relações de contato entre os minerais, suas zonações e alterações. O teor de An dos plagioclásios foi estimado através da determinação ótica pelo método Michel-Levy. Os conteúdos modais das amostras foram plotados no diagrama QAP (Fig. 5) de Streckeisen (1976), o que permitiu a classificação do conjunto de rochas de acordo com a nomenclatura proposta pela IUGS. A Tabela 2 apresenta resumidamente os teores modais dos minerais essenciais, máficos, varietais e a ocorrência dos minerais acessórios e secundários em cada uma das fácies descritas dos corpos estudados.

5.1. Granito Mamoal

O Granito Mamoal foi dividido em três fácies petrográficas: biotita-anfibólio monzogranito (BAMzG), biotita-anfibólio sienogranito (BASG) e biotita feldspato alcalino granito (BFAG). Essas rochas apresentam textura inequigranular hipidiomórfica e granulação média a grossa. Localmente, observam-se termos porfíricos com matriz de granulação fina (Fig. 6a) e intercrescimento mimerquítico, assim como albitas intergranulares. O plagioclásio ocorre como cristais prismáticos e subédricos, em contatos irregulares e subordinadamente retilíneos, principalmente com o quartzo e com a biotita. Sua composição dominante é oligoclásio (An₁₀₋₃₀), com algumas amostras da fácies BAMzG registrando composição andesítica (An₃₀₋₃₄).

O plagioclásio compõe menos de 1% do conteúdo modal de algumas amostras da fácies BFAG. O feldspato alcalino (ortoclásio) ocorre predominantemente como cristais prismáticos subédricos a anédricos e pertíticos, sobretudo na fácies BFAG, com a presença de pertitas bem desenvolvidas (Fig. 6b). Em alguns cristais é possível se observar inclusões de plagioclásio e quartzo. Além disso, formam contatos irregulares entre si, e com o quartzo são predominantemente irregulares e localmente retilíneos. Os minerais varietais são biotita (0,5–5%) e anfibólio (<3%). Allanita é um mineral acessório que foi identificado na fácies BAMzG e exibe cristais subédricos a euédricos, fortemente zonados e metamitizados, comumente associados aos minerais opacos e ao anfibólio (Fig. 6c). Os minerais secundários são representados por argilominerais, sericita, epidoto, clorita, muscovita, biotita e minerais opacos. Apenas uma amostra desse corpo foi classificada como granodiorito. Trata-se de uma rocha de granulação fina a média, textura inequigranular hipidiomórfica, possuindo biotita como fase varietal.

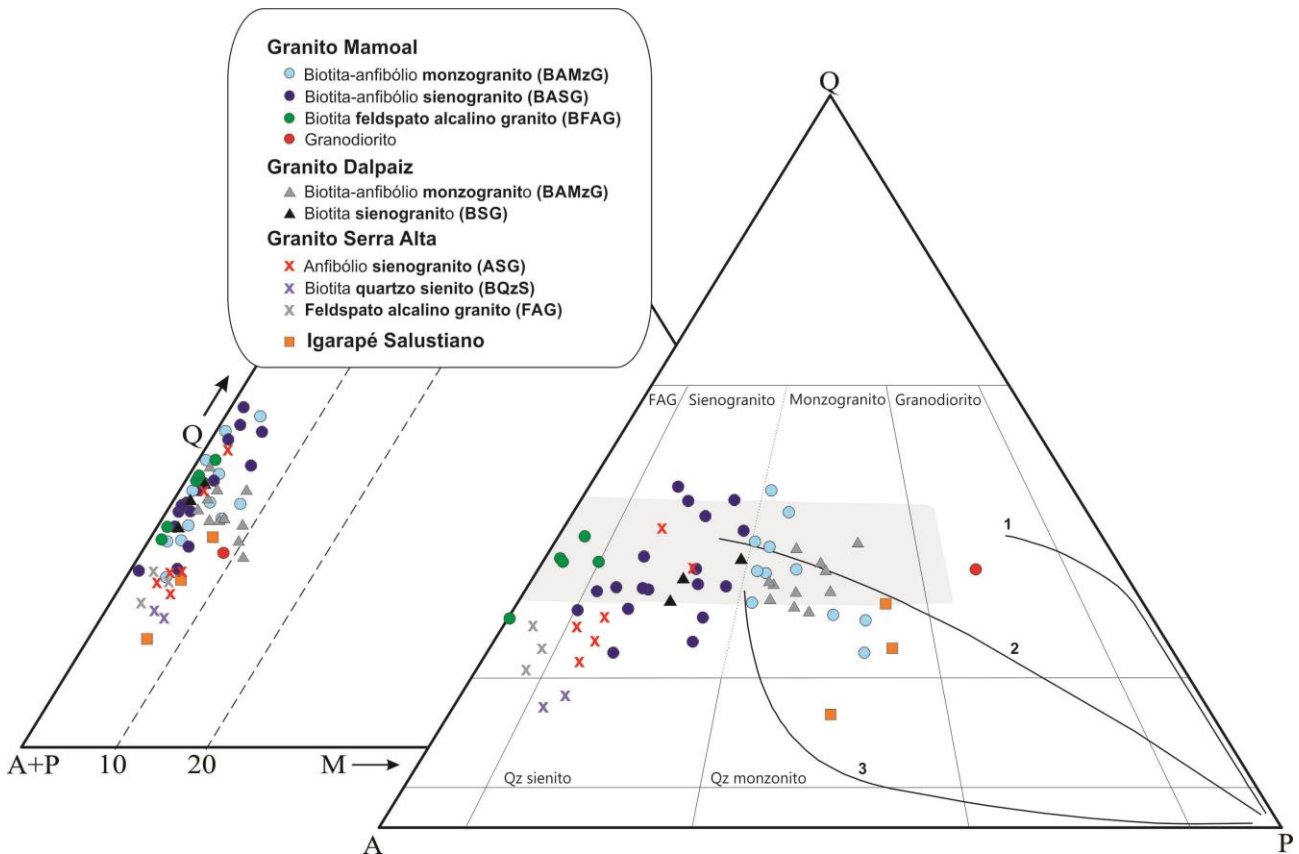


Fig. 5. Diagramas Q-A-P e Q-(A+P)-M (Streckeisen, 1976) mostrando a composição mineralógica modal dos corpos Mamoaal, Dalpaiz, Serra Alta e Igarapé Salustiano. Linhas 1, 2 e 3 demonstram, respectivamente, os trends das séries cálcio-alcalina tonalítica-trondhjemitica, cálcio-alcalina granodiorítica, e shoshonítica. O campo em cinza representa os granitoides formados por fusão crustal (Lameyre e Bowden, 1982).

5.2. Granito Dalpaiz

O Granito Dalpaiz foi dividido em duas fácies, biotita-anfibólio monzogranito (BAMzG) e biotita sienogranito (BSG). Esse corpo é composto por rochas de textura inequigranular hipidiomórfica, de granulação fina a média. Localmente, albite intergranular e intercrescimento mimerquítico podem ser observados. O quartzo apresenta hábito granular, anédrico a subédrico e com extinção ondulante de fraca a forte. Exibe ocasionalmente feições de embaimento, cujas bordas mostram-se intercrescidas com o feldspato alcalino (Fig. 6d). Ocorre também na forma de intercrescimento granofírico (tipo franja radial) em cristais de feldspato alcalino (Fig. 6e). O plagioclásio, do tipo oligoclásio (An_{12-28}), ocorre na forma de cristais prismáticos subédricos e subordinadamente euédricos. Apresentam zoneamento composicional normal com núcleo provavelmente mais cálcico (evidenciado pela alteração). Alguns de seus cristais mostram contato penetrativo com o feldspato alcalino. Os cristais de feldspato alcalino, do tipo ortoclásio, são tabulares e predominantemente prismáticos, ocorrendo, por vezes, com aspecto intersticial ou intercrescimento pertítico. Eles formam contatos irregulares entre si e com outros minerais, e localmente

retos com o quartzo. Os minerais varietais presentes são biotita (<7%) e anfibólio (<2%), e os minerais de alteração atuam como sericita, argilominerais, clorita, biotita, muscovita e minerais opacos.

Tabela 2. Características mineralógicas dos corpos Mamoal, Dalpaiz, Igarapé Tabuleiro, Serra Alta e Igarapé Salustiano abordados nesse trabalho.

Corpo	Facies	Minerais essenciais (% modal)	Minerais máficos (% modal)	Minerais varietais (% modal)	Minerais acessórios	Minerais secundários	Plagioclásio
Mamoal	BAMzG	Qz (24–46) Pl (20–42) K-fsp (32–43)	0,1–7	Bt (<2,5) Hb (<2)	Ttn, Aln, Opq, Ap, Zr	Ser, Ep, Chl, Opq, Cm	Oligoclásio/ Andesina
	BASG	Qz (24–47) Pl (5–22) K-fsp (37–62)	0,5–6	Bt (0,5-5) Hb (<2)	Ap, Zr, Opq, Ttn	Ser, Ep, Chl, Ms, Bt, Cm	Oligoclásio
	BAFG	Qz (39–28) Pl (<8) K-fsp (58–71)	<1	Bt (<2)	Ap, Zr, Opq	Ser, Ms, Ep, Cm	(Albita) Oligoclásio
Dalpaiz	BAMzG	Qz (28–38) Pl (25–33) K-fsp (27–37)	2–11	Bt (4-7) Hb (<5)	Ttn, Opq, Ap, Zr	Ser, Ms, Chl, Bt, Opq, Cm	Oligoclásio
	BSG	Qz (31–36) Pl (16–21) K-fsp (41–52)	1–2	Bt (~2)	Ap, Aln, Opq, Zr, Ep	Ser, Chl, Opq, Cm	Oligoclásio
Igarapé Tabuleiro ^a	BLMzG/SG	Qz (24–47) Pl (8–24) K-fsp (35–56)	1–4	Bt (<3,5)	Ap, Aln, Opq, Zr	Ser, Chl, Ms, Opq, Ttn, Fl, Cb	Oligoclásio / Albita
	ABQM	Qz (19) Pl (39) K-fsp (42)	~6	Bt (2,2) Hb (1,1)	Ap, Zr, Opq	Ser, Chl, Ep, Ttn, Fl, Cm	-
	BQS	Qz (17) Pl (18) K-fsp (65)	~4	Bt (2,4)	Ap, Zr, Opq	Ser, Chl, Ttn, Fl, Cm	-
Serra Alta	ASG	Qz (23–42) Pl (10–17) K-fsp (47–66)	2,5–6	Bt (<1,8) Hb (1-2)	Opq, Ep, Zr, Ap, Aln	Ser, Ep, Opq, Cb, Cm	Oligoclásio / Andesina
	BQzS	Qz (18–19) Pl (9–11) K-fsp (69–72)	5–7	Bt (2-4) Hb (<2)	Ep, Ap, Zr	Ep, Ser, Ms, Opq, Cm	Oligoclásio
	AFG	Qz (21–24) Pl (5–6) K-fsp (71–73)	2–5	Bt (1-1,5) Hb (<2,5)	Ap, Ep, Ms	Ser, Opq, Cm	Albita/ Oligoclásio
Igarapé Salustiano	-	Qz (16–31) Pl (41–44) K-fsp (29–42)	6–7	Bt (5-6) Hb (<1)	Ttn, Opq, Ap, Zr	Ser, Chl, Cm	Oligoclásio/ Andesina

Facies petrográficas: BAMzG - biotita-anfibólio monzogranito, BASG - biotita-anfibólio sienogranito, BAFG - biotita feldspato alcalino granito, BSG - biotita sienogranito, BLMzG/SG - biotita leucomonzogranito a leucosienogranito, ABQM - anfibólio-biotita quartzo monzonito, BQS - biotita quartzo sienito, ASG - anfibólio sienogranito, BQzS - biotita quartzo sienito, FAG - feldspato alcalino granito.

Minerais: Aln- allanita, Ap- apatita, Bt- biotita, Cb- carbonato, Chl- clorita, Cm- argilominerais, Ep- epidoto, K-fsp- alcali feldspato, Hb- hornblenda, Ms- muscovita, Opq- opacos, Pl- plagioclásio, Qz- quartzo, Ser- sericita, Ttn- titanita, Zr- zircão. Abreviações cf. Whitney e Evans (2010).

^a Dados de Lamarão (2001).

5.3. Granito Serra Alta

O Granito Serra Alta foi dividido em três fácies petrográficas: anfibólio sienogranito (ASG), biotita quartzo sienito (BQzS) e feldspato alcalino granito (FAG). Suas rochas apresentam textura inequigranular hipidiomórfica e granulação média a grossa nas fácies ASG e FAG, e fina a média na fácies BQzS. Na fácies ASG, ocorrem ainda rochas de textura porfirítica com matriz quartzo-feldspática de granulação fina. Na fácies FAG, comumente ocorre quartzo intercrescido em feldspato alcalino, formando textura granofírica. O plagioclásio apresenta-se como cristais prismáticos subédricos mostrando zoneamento normal. Seus teores de anortita geralmente apresentam-se entre An₁₈₋₃₂ (oligoclásio a andesina), porém na fácies FAG são encontradas rochas com plagioclásio albitico. Seus contatos são regulares com os demais cristais e interpenetrantes, sobretudo, com o quartzo e a biotita, e localmente ocorrem inclusos em feldspato alcalino.

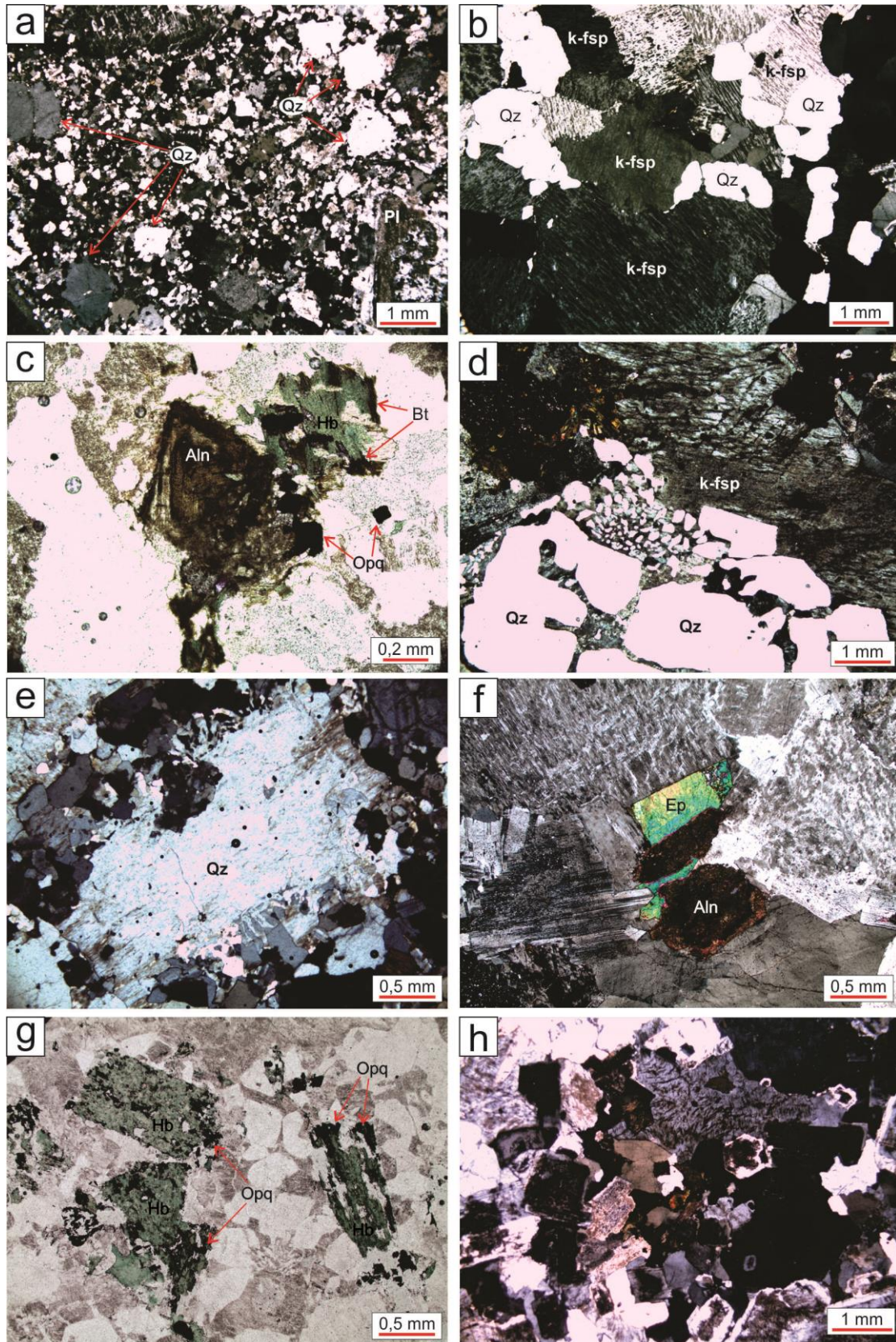


Fig. 6. Fotomicrografias das rochas estudadas: a) vista de textura porfírica em rocha da fácies BAMzG do Granito Mamoal (nicóis cruzados); b) pertitas bem desenvolvidas na fácies BFAG do Granito Mamoal (nicóis cruzados); c) cristal de allanita associado a minerais opacos e ao anfibólio que apresenta leve alteração para biotita na fácies BAMzG do Granito Mamoal (nicóis paralelos); d) embaixamento em cristais de quartzo com suas bordas intercrescidas em feldspato alcalino na fácies BAMzG do Granito Dalpaiz (nicóis cruzados); e) cristal de feldspato alcalino mostrando intercrescimento granofríco tipo franja radial com quartzo na fácies BSG do Granito Dalpaiz (nicóis cruzados); f) cristais de allanita associados a epidoto na fácies ASG do Granito Serra Alta (nicóis cruzados); g) minerais opacos substituindo anfibólio na fácies ASG do Granito Serra Alta (nicóis paralelos); h) aspecto textural isotrópico representativo do Granito Igarapé Salustiano (nicóis cruzados). Abreviações: Aln- allanita, Bt- biotita, k-fsp- feldspato alcalino, Hb- hornblenda, Opq- opacos, Pl- plagioclásio, Qz- quartzo, Ttn- titanita. Abreviações *cf.* Whitney e Evans (2010).

O feldspato alcalino exibe cristais tabulares anédricos a subédricos fortemente pertúizados, principalmente na fácies FAG. Ocorre predominantemente como ortoclásio, sendo possível identificar a ocorrência de microclínio na fácies BQzS. Na fácies ASG ocorrem cristais de titanita associados ao epidoto (Fig. 6f) e minerais opacos substituindo cristais de anfibólio (Fig. 6g). Os demais minerais de alteração são argilominerais, sericita, epidoto, carbonato e muscovita.

5.4. Granito Igarapé Salustiano

Esse corpo apresenta textura inequigranular hipidiomórfica a idiomórfica, de granulação média a grossa. Cristais grossos de plagioclásio e feldspato alcalino (6 a 9 mm) são observados dispersos no arcabouço da rocha. O plagioclásio é prismático, subédrico a euédrico, com composição variando de oligoclásio a andesina (An_{25-34}). Mostram contatos predominantemente regulares com os demais cristais e são fracamente zonados. O feldspato alcalino é prismático a tabular e subédrico. Seus contatos são irregulares, principalmente entre si e com o quartzo. Em alguns cristais é possível observar a dupla macla albita-periclina, diagnóstica do microclínio. Os cristais mais desenvolvidos de feldspato alcalino contêm inclusões de plagioclásio e minerais opacos. Os minerais varietais são biotita (5–6%) e anfibólio (<1%), enquanto os secundários são sericita, argilominerais e clorita. Não foi identificada qualquer feição textural aparente de anisotropia nas rochas desse corpo (Fig. 6h).

6. GEOQUÍMICA

Procedimentos analíticos

As análises químicas das 29 amostras (Tabela 3) de rochas estudadas foram realizadas no laboratório SGS Geosol e gentilmente cedidas a este trabalho pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil (SUREG-BE). Foram analisados elementos maiores e menores (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 e P_2O_5) por ICP-ES, e traço (Rb, Sr, Ba, Ga, Hf, Y, Zr, Nb, Ta, U e Th), incluindo os terras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Yb e Lu), por ICP-MS. A classificação geoquímica dos cinco corpos estudados seguiu os procedimentos indicados por Ragland (1989) e Rolisson (1993), utilizando-se diferentes diagramas (Shand, 1951; Pearce et al., 1984; Whalen et al., 1987; Eby, 1992; Frost et al., 2001), com o objetivo de caracterizar geoquimicamente os processos envolvidos na evolução magmática, tipologia de granitoides, ambiência e assinatura geotectônica das rochas estudadas.

Resultados

Os corpos Dalpaiz, Mamoal, Igarapé Tabuleiro e Serra Alta, pertencentes à SIM, apresentam conteúdos elevados de SiO_2 (69,07–77,1%), e o Granito Igarapé Salustiano, pertencente à Suíte Intrusiva Parauari - SIP, apresenta composição uniforme em duas das três amostras analisadas, com SiO_2 de 74,17 e 76,69% e uma amostra (MV-116), com valor menor (67,05 %). O conteúdo de álcalis da SIM ($Na_2O+K_2O = 7,8-11,29\%$) é maior do que da SIP ($Na_2O+K_2O = 7,06-7,82\%$). No diagrama K_2O vs. SiO_2 (Fig. 7a) as amostras da SIM caíram nos campos alto-K e shoshonito e as amostras da SIP plotaram como alto a médio-K, indicando que a SIP apresenta conteúdo de Na_2O maior do que o de K_2O , em comparação com seu alto teor de álcalis. Os diagramas *Fe-index* vs. SiO_2 (Fig. 7b) e MALI vs. SiO_2 (Fig. 7c) de Frost et al. (2001), também evidenciam o contraste entre os corpos da SIM com o Igarapé Salustiano da SIP. A SIM possui elevados valores de *Fe-index* (0,82–0,99), plotam no campo das rochas ferrosas e granitos tipo A, e as amostras da SIP (*Fe-index* = 0,75–0,77) são magnesianas e plotam predominantemente no campo dos granitos cordilheiranos. A SIM apresenta valores de MALI (Na_2O+K_2O-CaO) consideravelmente maiores do que a SIP e no diagrama MALI vs. SiO_2 , a SIM cai no campo dos álcalis e álcali-cálcicos, enquanto a SIP no campo cálcio-álcalis e cálcicos. O diagrama A/NK vs. A/CNK (Fig. 7d) mostra que tanto a SIM quanto a SIP apresentam caráter peraluminoso a metaluminoso, com razão A/CNK variando de 0,91 a 1,12 para as rochas da SIM, e de 0,94 a 1,04 para a SIP. Contudo, as amostras da SIP apresentam razões A/NK levemente maiores do que a SIM, mas ambas com razões A/NK > 1,0.

No diagrama Rb vs. (Y + Nb) (Fig. 7e), tanto as amostras da SIM quanto as da SIP exibem conteúdos elevados de Rb, porém as rochas da SIM plotam no campo dos granitoides intraplaca ou pós-colisionais (Pearce, 1996), e a SIP no campo dos granitoides sin-colisionais. No diagrama $(K_2O+Na_2O)/CaO$ vs. (Zr + Nb + Ce + Y) de Whalen et al. (1987) (Fig. 7f) observa-se que as amostras da SIM plotam predominantemente

Tabela 3. Geoquímica dos elementos maiores e traço dos granitoides da Suite Intrusiva Maloquinha (SIM) e Suite Intrusiva Parauari (SIP).

Unidade	Suite Intrusiva Maloquinha													
	Granito Dalpiz						Granito Mamoal							
Nome do corpo	BAMzG						BAMzG			BASG			BAFG	
Fácies/Litotipo	BAMzG						BAMzG			BASG			BAFG	
Amostra	EY-26	EY-23	MV-79A	JK-02	EY-52	EY-79	FH-13	MV-119	MV-122	JK-39	MV-131B	CE-264	FH-04	MV-117
Elementos maiores (%)														
SiO ₂	71,12	71,20	73,50	74,39	75,57	77,21	70,42	72,84	77,00	72,66	72,78	73,51	73,88	74,47
TiO ₂	0,23	0,28	0,14	0,19	0,19	0,07	0,37	0,21	0,26	0,17	0,37	0,23	0,09	0,16
Al ₂ O ₃	16,04	16,77	12,63	12,45	13,17	12,39	13,51	13,96	14,57	12,69	15,21	12,13	14,01	13,27
Fe ₂ O ₃	3,08	3,32	1,92	2,41	2,52	1,64	2,72	1,85	1,81	1,62	3,04	1,93	1,38	1,70
MnO	0,10	0,12	0,06	0,06	0,04	0,02	0,06	0,05	0,06	0,05	0,11	0,05	-	0,02
MgO	0,28	0,53	0,16	0,19	0,12	0,03	0,47	0,22	0,25	0,07	0,33	0,18	0,01	0,10
CaO	1,02	1,84	0,70	0,69	0,50	0,28	1,19	0,78	0,58	0,18	0,98	0,43	0,08	0,53
Na ₂ O	4,77	4,84	3,75	4,00	4,22	4,08	4,12	3,96	4,30	3,71	4,21	3,47	4,79	3,30
K ₂ O	5,77	4,57	4,82	5,03	4,94	4,59	5,44	4,98	4,85	5,53	5,52	4,47	5,32	5,43
P ₂ O ₅	-	0,05	-	0,03	-	-	0,10	0,03	0,07	0,02	0,07	0,03	0,01	0,02
LOI	0,11	0,17	0,24	0,38	0,19	0,11	0,44	0,22	0,39	0,42	0,34	0,66	0,23	0,18
Total	102,5	103,69	97,93	99,82	101,47	100,43	98,84	99,10	104,14	97,12	102,96	97,09	99,81	99,18
A/CNK ^a	1,01	1,03	1,00	0,94	1,00	1,02	0,91	1,05	1,09	1,02	1,04	1,07	1,02	1,08
A/NK ^b	1,14	1,30	1,11	1,04	1,07	1,06	1,07	1,17	1,18	1,05	1,18	1,15	1,03	1,17
Fe-index ^c	0,91	0,85	0,92	0,92	0,95	0,98	0,84	0,88	0,87	0,95	0,89	0,91	0,99	0,94
K ₂ O+Na ₂ O	10,54	9,41	8,57	9,03	9,16	8,67	9,56	8,94	9,15	9,24	9,73	7,94	10,11	8,73
K ₂ O/Na ₂ O	1,21	0,94	1,29	1,26	1,17	1,13	1,32	1,26	1,13	1,49	1,31	1,29	1,11	1,65
(K ₂ O+Na ₂ O)/CaO	10,33	5,11	12,24	13,09	18,32	30,96	8,03	11,46	15,78	51,33	9,93	18,47	126,38	16,47
MALI ^d	9,52	7,57	7,87	8,34	8,66	8,39	8,37	8,16	8,57	9,06	8,75	7,51	10,03	8,20
Elementos Traço (ppm)														
Rb	272	237	318	255	279	301	331	287	343	289	261	264	382	225
Ba	427	585	257	414	367	48	907	414	409	240	600	373	13	221
Th	22,6	18,2	23,1	24,5	22,7	36,8	19,5	27,9	31,8	22,0	20,7	26,8	32,5	30,5
U	6,60	5,65	8,33	5,07	6,95	15,48	3,83	6,87	6,93	4,63	4,21	6,34	5,52	3,95
Pb	11,9	7,5	18,1	13,6	12,9	16,0	-	-	-	12,9	-	-	-	-
Nb	4,49	5,03	2,23	15,09	2,27	1,80	29,82	20,62	26,01	24,42	16,92	21,01	52,15	9,10
Ta	0,56	0,54	0,12	0,38	0,36	0,38	3,50	2,38	1,67	2,01	0,82	1,35	2,34	0,61
Ga	15,5	15,8	19,2	23,2	17,6	16,3	22,1	15,5	17,9	23,1	16,2	17,6	27,9	14,8
Sr	63,1	163,9	42,9	52,3	37,5	11,0	166,6	87,7	112,2	29,9	83,6	55,4	0,5	65,2
Hf	1,41	1,60	0,39	4,70	0,77	0,46	9,81	5,88	6,14	8,68	10,72	10,10	6,23	4,21
Zr	247	209	137	191	233	140	347	136	160	205	287	233	131	96
Y	44	54	97	68	66	63	37	52	20	43	33	75	19	35
La	55	73	62	74	88	-	-	69	107	74	86	210	-	80
Ce	81	101	73	145	109	-	-	116	133	86	180	269	-	106
Nd	50	64	58	69	78	-	-	48	45	57	67	135	-	68
Sm	9	12	12	14	16	-	-	10	6	10	12	21	-	12
Eu	0,37	0,67	0,49	0,61	0,60	-	-	0,31	0,67	0,50	0,51	1,09	-	0,61
Gd	8	11	14	11	15	-	-	9	5	7	8	20	-	8
Dy	7,36	9,24	15,13	11,19	12,75	-	-	10,52	3,42	6,41	8,50	17,86	-	8,24
Ho	1,32	1,78	3,19	2,19	2,37	-	-	2,07	0,51	1,13	1,40	2,90	-	1,26
Er	4,82	6,28	10,86	6,58	7,02	-	-	7,29	1,88	3,79	5,11	8,53	-	4,34
Yb	5,6	6,4	11,2	7,1	7,1	-	-	7,0	2,3	4,3	4,8	7,8	-	4,1
Lu	0,31	0,32	2,09	0,84	0,45	-	-	0,58	<0,05	0,68	0,35	0,67	-	0,18
ΣREE	223	285	262	342	336	-	-	281	304	251	372	694	-	293
LREE/HREE	7,15	7,27	3,73	7,87	6,49	-	-	6,76	22,90	10,10	12,17	11,11	-	10,09
(La/Sm) _N	3,68	3,96	3,33	3,27	3,60	-	-	4,28	11,86	4,56	4,69	6,35	-	4,25
(Gd/Yb) _N	1,19	1,34	1,04	1,29	1,76	-	-	1,06	1,61	1,29	1,41	2,08	-	1,65
(La/Yb) _N	6,62	7,68	3,73	7,05	8,41	-	-	6,68	31,49	11,59	12,05	18,24	-	13,11
Eu _N /Eu ^e	0,13	0,18	0,12	0,15	0,12	-	-	0,10	0,40	0,18	0,16	0,16	-	0,19

Table 3 (continua...)

Unidade	Suite Intrusiva Maloquinha										SIP		
	Granito Serra Alta						Granito Igarapé Tabuleiro				Granito Ig. Salustiano		
	ASG			FAG			Sienogranito				MzG		QzMz
Nome do corpo													
Fácies/Litotipo													
Amostra	CE-250	CE-237	CE-241	CE-242	CE-253	CE-239	EY-75B	CE-304	EY-70B	EY-57B	MV-116	FH-18	FH-17
Elementos maiores (%)													
SiO ₂	69,07	72,05	75,93	73,76	74,43	74,56	72,31	74,78	75,29	75,80	67,05	74,17	76,69
TiO ₂	0,35	0,23	0,21	0,22	0,27	0,1	0,21	0,09	0,09	0,22	0,31	0,24	0,23
Al ₂ O ₃	16,83	13,91	13,97	13,29	14,46	11,93	12,90	12,67	12,52	13,47	15,65	12,76	12,83
Fe ₂ O ₃	3,05	2,42	2,21	2,11	1,97	1,22	1,97	1,64	1,33	2,55	2,34	2,10	1,92
MnO	0,08	0,05	0,06	0,03	0,04	0,02	0,06	0,03	0,02	0,07	0,04	0,03	0,03
MgO	0,30	0,17	0,18	0,15	0,18	0,05	0,13	0,09	0,04	0,15	0,70	0,56	0,53
CaO	0,96	0,51	0,60	0,53	0,37	0,15	0,55	0,56	0,30	0,59	2,36	1,95	1,73
Na ₂ O	4,85	4,32	3,68	4,04	3,87	3,30	3,80	3,68	3,56	3,94	4,04	3,86	3,82
K ₂ O	6,44	5,91	5,41	5,85	5,51	4,57	5,03	4,73	5,06	5,43	3,58	3,40	3,24
P ₂ O ₅	0,06	-	0,04	0,04	0,04	-	0,01	-	-	-	0,09	0,05	0,06
LOI	0,49	3,22	0,59	0,72	0,71	1,00	0,24	0,31	0,49	0,15	0,32	0,29	0,25
Total	102,48	102,80	102,88	100,74	101,85	96,91	97,21	98,59	98,71	102,38	96,68	99,41	101,33
A/CNK ^a	1,01	0,96	1,07	0,95	1,11	1,12	1,02	1,04	1,05	1	1,04	0,94	0,99
A/NK ^b	1,13	1,03	1,17	1,02	1,17	1,15	1,10	1,13	1,10	1,09	1,45	1,27	1,31
Fe-index ^c	0,90	0,93	0,92	0,93	0,91	0,96	0,93	0,94	0,97	0,94	0,75	0,77	0,77
K ₂ O+Na ₂ O	11,29	10,23	9,09	9,89	9,38	7,87	8,83	8,41	8,62	9,37	7,82	7,26	7,06
K ₂ O/Na ₂ O	1,33	1,37	1,47	1,45	1,42	1,38	1,32	1,29	1,42	1,38	0,89	0,88	0,85
(K ₂ O+Na ₂ O)/CaO	11,76	20,06	15,15	18,66	25,35	52,47	16,05	15,02	28,73	15,88	3,31	3,72	4,08
MALI ^d	10,33	9,72	8,49	9,36	9,01	7,72	8,28	7,85	8,32	8,78	5,26	5,31	5,33
Elementos Traço (ppm)													
Rb	261	331	372	358	262	457	235	336	290	248	165,6	209,8	248,8
Ba	675	395	441	477	459	66	571	62	89	540	1475	1345	1501
Th	18,9	23,2	28,7	25,7	21,8	29,9	14,9	25,5	19,1	32,7	12,3	11,6	14,5
U	3,94	7,10	7,86	5,59	4,59	6,10	4,18	13,23	7,99	9,98	1,36	1,81	1,98
Pb	-	-	-	-	-	-	13	16,9	11,5	19,1	-	-	-
Nb	15,83	20,74	21,28	16,89	22,85	23,75	13,59	17,47	17,42	2,11	5,15	8,04	6,53
Ta	0,65	1,92	1,81	1,11	1,30	2,12	<0,05	22,81	<0,05	0,35	<0,05	0,94	0,75
Ga	16,3	16,5	16,7	16	16,8	17,9	17,6	18,7	18,5	16	16,5	15,7	16,2
Sr	104,8	62,7	76,2	81,2	64	17,3	43,5	18,7	19,1	45,3	702,4	660,4	675,1
Hf	9,95	7,76	8,09	7,46	9,11	7,65	6,51	2,18	5,65	0,86	3,77	3,94	5,17
Zr	341	216	205	233	282	138	271	142	158	298	115	110	152
Y	40	47	48	43	175	48	50	89	68	56	8	8	14
La	95	107	115	98	-	56	74	59	59	84	36	40	62
Ce	178	182	176	147	-	93	100	64	72	134	63	67	113
Nd	77	70	84	67	-	41	56	54	43	73	25	25	47
Sm	12	10	14	11	-	8	11	11	9	13	4	4	7
Eu	0,49	0,33	0,32	0,28	-	<0,05	0,99	0,20	0,26	0,74	0,10	<0,05	0,43
Gd	11	8	10	9	-	7	9	11	8	12	2	2	4
Dy	11,15	8,58	11,48	9,07	-	8,60	8,12	12,44	8,39	10,36	1,34	1,36	2,57
Ho	1,78	1,54	1,90	1,54	-	1,75	1,61	2,63	1,56	1,79	0,06	0,13	0,32
Er	5,95	4,85	6,02	5,03	-	6,31	4,97	8,72	5,46	5,82	0,78	0,79	1,30
Yb	5,7	5,7	6,5	5,6	-	7,7	4,9	10,5	6,5	6,5	0,7	0,8	1,3
Lu	0,41	0,43	0,43	0,46	-	0,68	0,69	1,49	1,04	0,42	<0,05	<0,05	<0,05
ΣREE	399	400	425	353	-	230	272	235	215	342	133	141	239
LREE/HREE	10,09	12,78	10,85	10,80	-	6,28	8,32	4,14	6,13	8,40	25,54	25,22	23,10
(La/Sm) _N	5	6,64	5,20	5,55	-	4,56	4,22	3,38	4,04	4,12	6,38	7,23	5,47
(Gd/Yb) _N	1,60	1,17	1,23	1,25	-	0,75	1,55	0,85	1	1,47	2,45	2,33	2,74
(La/Yb) _N	11,28	12,73	11,92	11,79	-	4,94	10,24	3,79	6,13	8,77	35,16	33,90	31,99
Eu _N /Eu ^e	0,13	0,11	0,08	0,09	-	0,02	0,30	0,06	0,09	0,18	0,11	0,05	0,24

Fácies/Litotipo: BAMzG - biotita-anfibólio monzogranito, BASG - biotita-anfibólio sienogranito, BAFG - biotita feldspato alcalino granito, MzG - monzogranito, QzMz - quartzo monzonito.

^a A/CNK = molecular Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O); ^b A/NK = molecular Al₂O₃/(Na₂O+K₂O); ^c Fe-index = FeO_t/(FeO_t+MgO); ^d MALI = (Na₂O+K₂O-CaO); ^e Eu_N/Eu* = Eu_N/(Sm_N x Gd_N)^{1/2}. "N" corresponde ao valor do condrito normalizado (Eversen et al., 1978) e "-" valor não detectado ou não determinado.

no campo dos granitos tipo A, com algumas amostras incidindo no campo dos granitos tipo I fracionados, enquanto as amostras da SIP plotam no campo dos granitos tipo I e S não fracionados. A SIM apresenta valores médios a altos de Zr + Nb + Ce + Y (223 – 840 ppm) em relação a SIP (190 – 285 ppm).

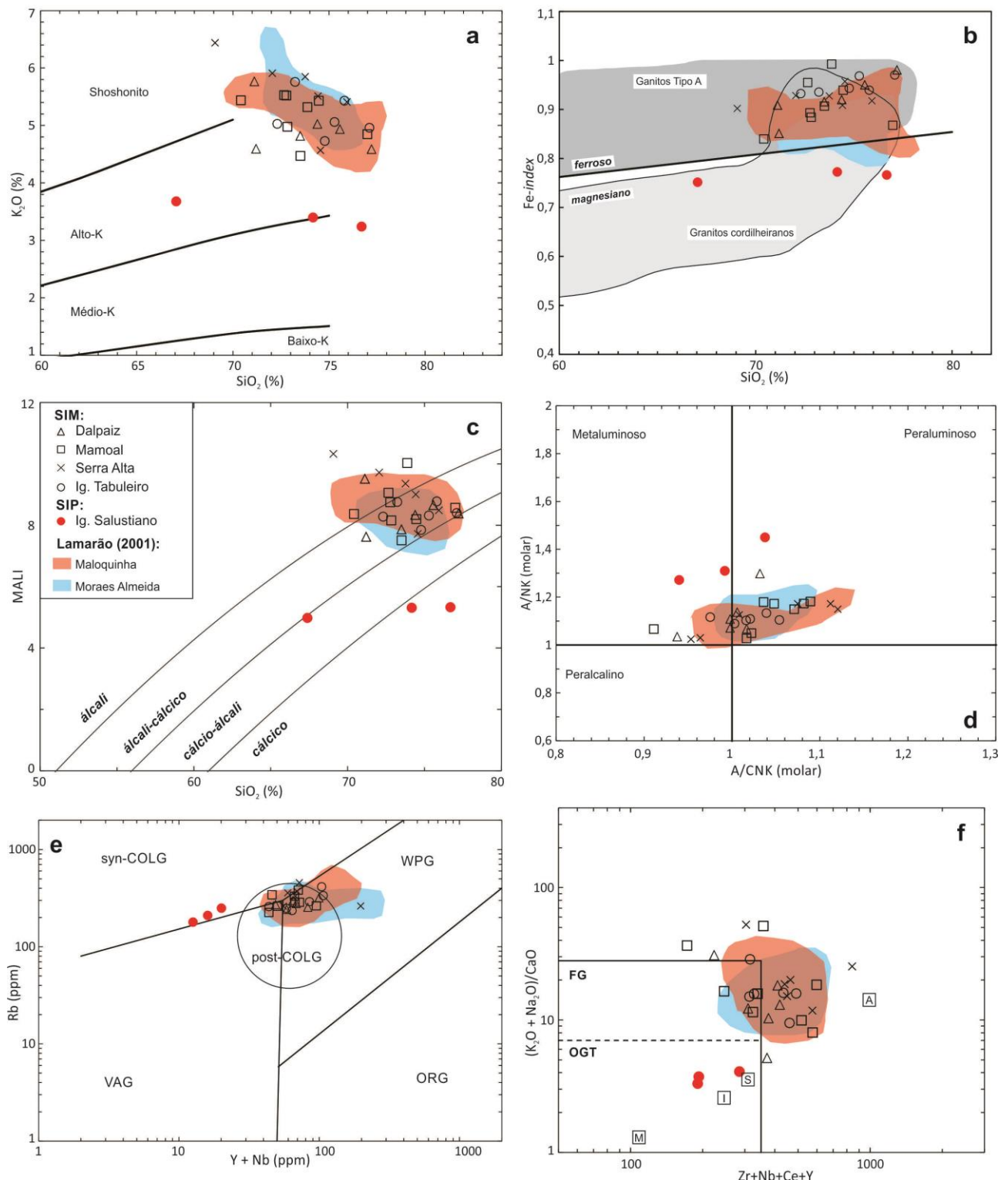


Fig. 7. Diagramas geoquímicos para as rochas estudadas da SIM e SIP, incluindo campos das amostras correlatas à SIM de Lamarão et al. (2002). (a) K₂O vs. SiO₂; (b) Fe-index [FeO₁/(FeO₁+MgO)] vs. SiO₂ de Frost et al. (2001) (FeO₁ calculado como FeO); (c) MALI (Na₂O+K₂O-CaO) vs. SiO₂; (d) A/NK (Al₂O₃/Na₂O+K₂O) vs. A/CNK (Al₂O₃/CaO+Na₂O+K₂O) molar de Shand (1951); (e) Rb vs. Y + Nb, campos de Pearce (1996): Syn-COLG – granitos sincolisionais, WPG – granitos intraplaca, post-COLG – granitos poscolisionais, VAG – granitos de arco vulcânico, ORG – granitos de dorsal oceânica; (f) diagrama (K₂O+Na₂O)/CaO vs. (Zr + Nb + Ce + Y); composição média de granitos tipo A (A), tipo M (M), tipo S (S), tipo I (I), e os campos para granitos félsicos fracionados (FG) e granitos do tipo M, I e S não fracionados (OGT), de acordo com Whallen et al. (1987).

No diagrama multielementos (Fig. 8) a SIM apresenta enriquecimento nos elementos Rb, Th, U e K, e empobrecimento em Ba, Nb, Sr, P e Ti, enquanto a SIP mostra-se enriquecida em Rb, Ba, Th e K como uma leve anomalia negativa de U, e empobrecida em Nb, P e Ti. As variações nos conteúdos de Rb, Ba, Sr e Ti são atribuídas principalmente às diferenças nos conteúdos dos minerais formadores de rocha. O alto conteúdo de Rb e reduzidos de Sr e Ba da SIM, assim como os elevados conteúdos de Rb e Ba, e reduzido de Ti da SIP foram causados pela cristalização fracionada de feldspato alcalino, plagioclásio e biotita. Ambas as unidades mostraram padrões bastante coerentes e reproduzíveis entre si.

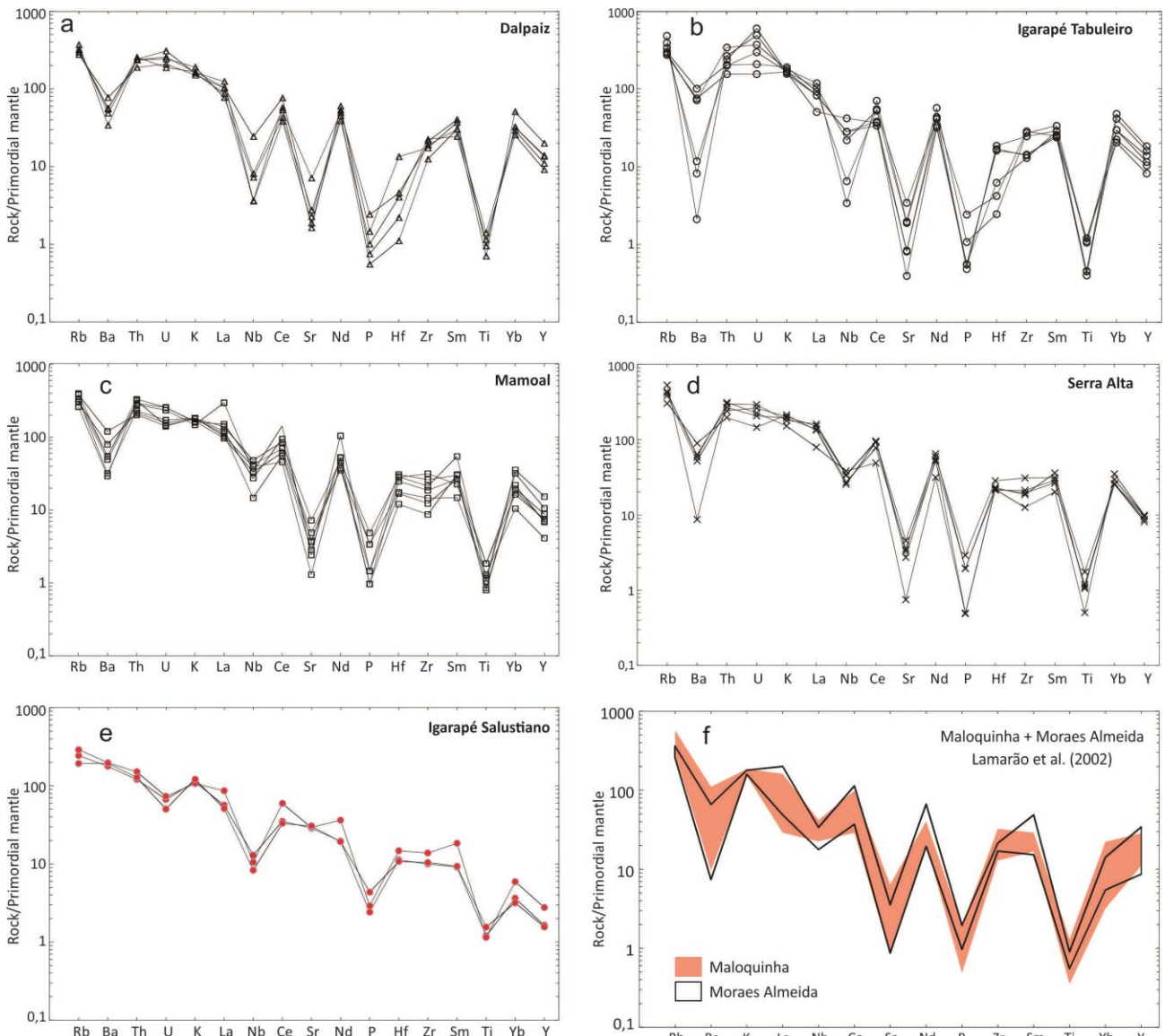


Fig. 8. Spidergram normalizado para manto primitivo (Wood, 1979) para as rochas da SIM: (a) Granito Dalpaiz; (b) Granito Igarapé Tabuleiro; (c) Granito Mamoal; (d) Granito Serra Alta; SIP: (e) Granito Igarapé Salustiano; e (f) unidades correlatas a SIM: Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida de Lamarão et al. (2002).

O conteúdo total de ETR da SIM (200 – 694 ppm) é notoriamente maior do que a SIP (133 – 239 ppm). No parâmetro chondrito-normalizado (Fig. 9) nota-se enriquecimento dos ETRL em relação aos ETRP nas duas unidades estudadas. Na SIM, o fracionamento dos ETRL $[(La/Sm)_N]$ mostrou valores entre 2,3 e 11,9 e os ETRP $[(Gd/Yb)_N]$, entre 0,7 e 2,1, gerando um padrão escarpado/inclinado para direita dos ETRL, enquanto os ETRP apresentam um padrão subhorizontal com fracionamento total dos ETR $[(La/Yb)_N]$ variando de 2,7 a 18,2. Similarmente, a SIP apresentou um notável fracionamento dos ETRL $[(La/Sm)_N = 5,5 \text{ a } 7,2]$ em relação aos ETRP $[(Gd/Yb)_N = 2,3 \text{ a } 2,7]$, com fracionamento total dos ETR $[(La/Yb)_N]$ entre 32 e 35,2. A razão ETRL/ETRP da SIM e SIP são respectivamente de 3,6 a 12,6 e 23 a 25,3. Ambas as unidades também apresentam acentuadas anomalias negativas de Eu, na SIM $(Eu_N/Eu^*) = 0,02-0,4$ e na SIP $(Eu_N/Eu^*) = 0,1-0,2$.

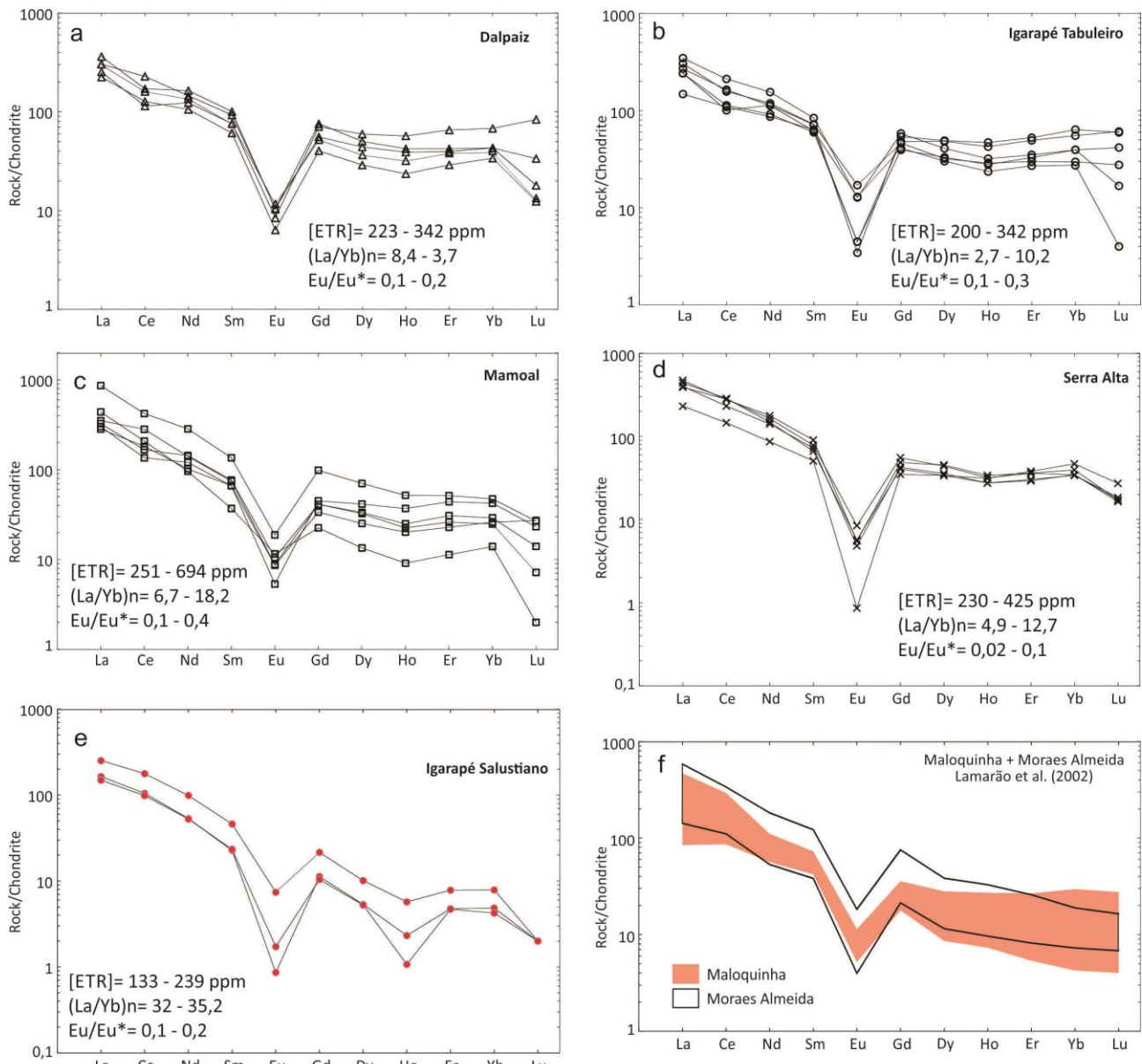


Fig. 9. Diagrama dos ETR normalizado para condrito (Eversen et al., 1978) das amostras da SIM: Granito Dalpaiz (a); Granito Igarapé Tabuleiro (b); Granito Mamoal (c); Granito Serra Alta (d); e SIP: Granito Igarapé Salustiano (e); e as unidades correlatas a SIM: Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida (f) de Lamarão et al. (2002).

7. Sm-Nd EM ROCHA TOTAL

Procedimentos analíticos

As amostras selecionadas para as análises Sm-Nd foram pulverizadas com auxílio de um moinho de anéis tipo *Shatter Box* e grau de ágata. Foi utilizado aproximadamente 100mg de cada amostra para esse procedimento. A abertura química das amostras e a separação química dos elementos Sm e Nd, seguiu os procedimentos descritos por Oliveira et al. (2008). Na primeira etapa de abertura foi realizada a dissolução da amostra em HNO₃** (bidestilado) concentrado e HF** concentrado. A segunda etapa procedeu-se com a utilização de HCl** 6N e 2N com auxílio de chapa aquecedora para evaporação dos ácidos adicionados à amostra. O resíduo sólido da amostra foi novamente dissolvido (em HCl** 2N) para ser introduzido na coluna de separação. A separação dos ETR deu-se em coluna de teflon preenchida com resina catiônica Biorad Dowex 50 W-X8 em uma sequência de HCl** 2N e HNO₃** 3N. Os elementos Sm e Nd foram separados dos outros ETR por cromatografia de troca iônica em coluna de teflon preenchida com resina aniônica Dowex AG1-X4 por uma sequência de HCl** 0,2N e HCl** 0,3N.

As análises isotópicas foram realizadas no ICP-MS (*inductively coupled plasma - mass spectrometer*) do modelo Neptune da Thermo Finnigan, equipado com 9 copos Faraday, uma multiplicadora de elétrons e

cinco contadoras de íon do tipo MIC (*multi ion channel*) do Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso). O fracionamento de massa do elemento Nd foi normalizado para a razão $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$. Durante o período de análises, razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ médias de $0,5118339 \pm 9$ e $0,5126335 \pm 5$ foram obtidas, respectivamente, para os padrões La Jolla e BCR-01. As concentrações de Nd (28,58 ppm) e Sm (6,56 ppm) para o padrão La Jolla também foram obtidas. Os “brancos totais” medidos foram de $<0,6$ ng para o Nd e $<0,2$ ng para o Sm.

Resultados

Ao todo, foram selecionadas oito amostras para análise Sm-Nd em rocha total. Foram analisadas sete amostras da SIM e uma da SIP, sendo duas amostras de biotita monzogranito (EY-23 e EY-26) do Granito Dalpaiz, três amostras de sienogranito (FH-10, JK-39 e JK-40) do Granito Mamoal, uma amostra de sienogranito (CE-250) e outra de biotita quartzo sienito (CE-252) do Granito Serra Alta, e uma de biotita monzogranito (FH-18) do Granito Igarapé Salustiano. Os resultados isotópicos são apresentados na tabela 4. Para o cálculo do parâmetro $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$, utilizou-se as idades de cristalização obtidas por evaporação de Pb em zircão de Lamarão et al. (2002) para o Granito Maloquinha e o Granito São Jorge Novo, referentes, respectivamente, às amostras da SIM e do Granito Igarapé Salustiano.

Tabela 4. Dados isotópicos Sm-Nd em rocha total das rochas plutônicas estudadas.

Amostra	Lat.	Long.	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	2σ (10^{-6})	$f(\text{Sm}/\text{Nd})$	$\epsilon_{\text{Nd}(0)}$	Id. Zircão (Ma)	$\epsilon_{\text{Nd}(t)}$	T_{DM} (Ga)
<i>Granito Dalpaiz (SIM)</i>												
EY-23	-6,04199	-55,77737	8,28	47,05	0,106391	0,511482	5	-0,4591	-22,55	1880 ¹	-0,76	2,22
EY-26	-6,04923	-55,70790	7,35	35,84	0,123905	0,511632	12	-0,3701	-19,62	1880 ¹	-2,07	2,41
<i>Granito Mamoal (SIM)</i>												
FH-10	-6,15499	-55,95954	3,84	19,56	0,118696	0,511574	10	-0,3966	-20,76	1880 ¹	-1,94	2,37
JK-39	-6,20465	-55,91682	6,98	36,68	0,115106	0,511373	10	-0,4148	-24,68	1880 ¹	-5,01	2,6
JK-40	-6,16689	-55,92991	5,99	38,28	0,094646	0,51133	6	-0,5188	-25,52	1880 ¹	-0,89	2,2
<i>Granito Serra Alta (SIM)</i>												
CE-250	-6,10300	-56,19628	13,56	75,98	0,107935	0,511346	9	-0,4513	-25,2	1880 ¹	-3,8	2,46
CE-252	-6,08756	-56,21936	28,2	158,25	0,107748	0,511341	5	-0,4522	-25,3	1880 ¹	-3,85	2,46
<i>Granito Ig. Salustiano (SIP)</i>												
FH-18	-6,00688	-56,05358	1,37	10,21	0,081017	0,511084	9	-0,5881	-30,31	1891 ²	-2,26	2,26

Dados de Lamarão et al. (2002): ¹ Granito Maloquinha; ² Granito São Jorge Jovem.

Os conteúdos de Sm e Nd das amostras da SIM ficaram entre 4 e 28 ppm para Sm, e 20 e 158 para Nd, com o Granito Serra Alta apresentando concentrações bem maiores do que os demais corpos analisados dessa suíte. O conteúdo da amostra da SIP é de 1 ppm para Sm e 10 ppm para Nd. Com exceção da amostra FH-18, todas apresentaram razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ dentro do intervalo de 0,090-0,125. Contudo, essa amostra foi considerada nas discussões por apresentar razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ de 0,081 (muito próxima do intervalo mencionado) e além disso, sua idade T_{DM} (2,26 Ga) e parâmetro ϵ_{Nd} (-2,26) não diferem muito dos valores obtidos para o Granito São Jorge Novo (Lamarão et al., 2005), considerado aqui correlato a este corpo. Os valores de $f(\text{Sm}-\text{Nd})$ ficaram entre -0,59 e -0,37, sugestivo de que não houve fracionamento significativo de Sm/Nd durante a formação do conjunto de amostras analisadas.

As amostras da SIM apresentaram valores negativos de $\epsilon_{\text{Nd}(t)}$, entre -5,01 e -0,76 e um largo campo de idades T_{DM} , predominantemente do Paleoproterozoico (2,46 a 2,20 Ga), com apenas uma amostra do Arqueano (2,60 Ga, amostra JK-39). Os resultados obtidos são indicativos de que as rochas da SIM e SIP são produtos de retrabalhamento crustal, provavelmente formadas pela interação de magmas paleoproterozoicos (juvenis) e componentes arqueanos. A mistura de material derivado do manto (paleoproterozoico) com material derivado da crosta (arqueano) atribui às idades T_{DM} apenas uma estimativa do tempo de residência crustal dessas rochas (Arndt e Goldstein, 1987).

A figura 10 mostra o diagrama da evolução isotópica do Nd (ϵ_{Nd}), durante o tempo geológico (T) de acordo com a razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$. Nesse diagrama estão plotadas as amostras estudadas neste trabalho e uma faixa mostrando os valores obtidos por Lamarão et al. (2005) para as rochas plutônicas do Granito Maloquinha e vulcânicas da Formação Moraes Almeida. Este diagrama inclui ainda, as curvas de evolução mantélica (CHUR) e de evolução do manto empobrecido (DM) propostas, respectivamente, por DePaolo e Wasserburger (1976) e DePaolo (1981).

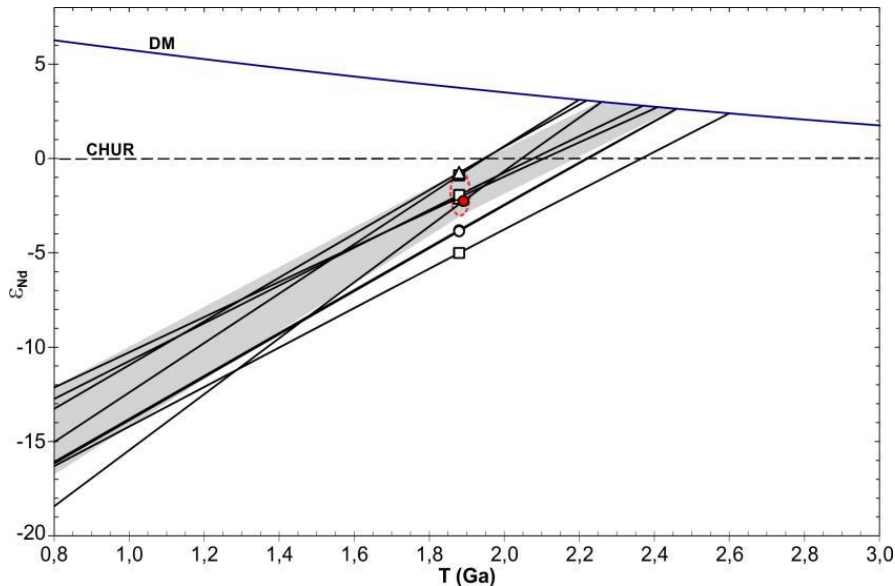


Fig. 10. Diagrama ϵ_{Nd} vs. Tempo (T) mostrando a composição isotópica de Nd das rochas estudadas. A faixa cinza representa o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida de Lamarão et al. (2002). CHUR é a Terra indiferenciada (DePaolo e Wasserburger, 1976) e DM é o manto empobrecido (DePaolo, 1981). Símbolos como na Fig. 7.

8. DISCUSSÃO

Séries magmáticas e tipologia de granitoides

Tipologia de granitoides é uma abordagem de classificação bastante aplicada desde a década de 1980. As designações empregadas aos granitos tipo I, S e M são baseadas principalmente nas características das fontes de seus magmas, enquanto granitos tipo A tem um ambiente de formação especial e características químicas únicas. Loiselle e Wones (1979) introduziram a terminologia granito tipo A para designar granitos anorogênicos de natureza alcalina e supostamente anidros. Geoquimicamente, eles apresentam valores elevados de SiO_2 (>70 %), FeO/MgO , $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, Ga/Al , Zr, Nb, Y, Ta e ETR (exceto Eu), e baixos de CaO, Al_2O_3 , MgO, Ba, Sr e Ti (Whalen et al., 1987; Eby 1990, 1992). As amostras da SIM são transicionais entre granitos tipo I fracionados e granitos tipo A (Fig. 7f). Entretanto, seu alto teor de *Fe-index* (>0,80), afinidade com granitos pós-colisionais, caráter álcali-cálcico a álcali e alto teor de ETR com anomalias negativas de Eu, além da nítida correlação observada nos diagramas multielementos (Fig. 8) dessas rochas como o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida (Lamarão et al., 2002), levaram a classificar essas rochas como granitos tipo A. As amostras do Granito Igarapé Salustiano plotaram no campo dos granitos tipo I e S no diagrama de Whalen et al. (1987) (Fig. 7f), porém sua afinidade metaluminosa a peraluminosa e caráter sincolisional sugerem uma afinidade com granitos tipo I.

Desde Loiselle e Wones (1979), muitos modelos tem sido propostos para explicar a petrogênese de granitos tipo A (Collins et al., 1982; Anderson, 1983; Whalen et al., 1987; Eby, 1990; 1992; Barbarin, 1996 e Patiño Douce, 1997). Neste trabalho foi empregada a classificação de granitoides tipo A proposta por Eby (1992), na qual é feita uma subdivisão de granitoides tipo A1, caracterizado por razões de elementos similares às observadas em basaltos de ilha oceânica, e granitoides tipo A2, caracterizados por razões que variam das observadas em crosta continental a basaltos de arco de ilha. O grupo A1 representa diferenciação de magmas geoquimicamente semelhantes aos basaltos de ilha oceânica (fontes), porém formados durante rifteamento continental ou magmatismo intra-placa. Podem ainda se formar como resultado de *hot spot* ou plumas mantélicas. O grupo A2 representa magmas derivados de *underplating* ou crosta continental que passou por um ciclo de colisão continente-contidente/oceano-contidente, são gerados em ambientes pós-

colisionais ou pós-orogênicos com significativa contribuição de material proveniente de anatexia litosférica. As rochas da SIM plotaram no campo dos granitos tipo A2 (Fig. 11). A conclusão obtida nos diagramas de Eby pôde ser confirmada tanto por outros parâmetros geoquímicos quanto isotópicos. A SIM mostra anomalias negativas de Ba, Sr e Eu, sendo as duas últimas mais pronunciadas (Figs. 7 e 8). Tais anomalias, conjuntamente, não são produzidas por cristalização fracionada, mas sim pela estabilidade do plagioclásio na região fonte, que promove o aumento da razão K_2O/Na_2O pela retenção de Na_2O , e também diminui o conteúdo de CaO . Outra característica geoquímica que aponta nesse mesmo sentido é a natureza alcali-cálcica a alcalina e a afinidade dessas rochas com granitos pós-colisionais e intraplaca (Fig. 7e). Tais assinaturas podem refletir uma transição de séries calcioalcalinas para alcalinas, num ambiente tectônico orogênico a pós-orogênico (Bonin, 1990; Barbarin, 1999) ou aumento da maturidade do arco (Brown et al., 1984). O parâmetro isotópico $\epsilon_{Nd(t)}$ negativo das rochas da SIM (-0,76 a -2,26), mostrando que elas foram geradas por anatexia de crosta mais antiga (retrabalhamento crustal), também reforçam sua afinidade com os granitos tipo A2 de Eby (1992).

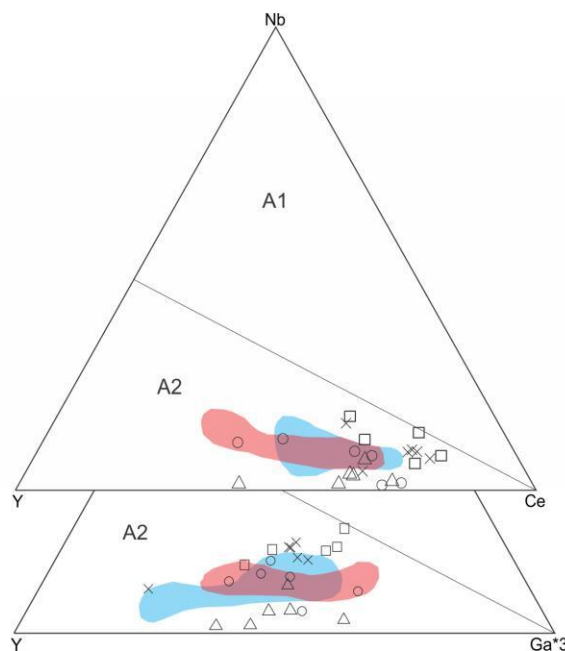


Fig. 11. Diagramas Nb-Y-Ce e Nb-Y-Ga*3 discriminantes de granitoides tipo A1 e A2 de Eby (1992) para as rochas da SIM. Símbolos como na Fig. 5.

A afinidade calcioalcalina com granito tipo I sincolisionais de natureza meta a peraluminosa, com conteúdos de álcalis (médio a alto-K) e $Fe-index$ ($<0,80$) das amostras do Granito Igarapé Salustiano mostram estreita relação com o Granito São Jorge Jovem (Lamarão et al., 2002), o qual está inserido na SIP.

Fonte dos magmas e implicações para compartimentação geotectônica

A investigação das rochas fontes nos limites das províncias geocronológicas do Cráton Amazônico é fundamental para o entendimento da sua evolução. Assim, os dados de Sm-Nd tem sido usados para obter informações sobre as fontes dessas rochas e esboçar limites entre essas províncias. A Província Amazônia Central, representada por rochas de fontes crustais arqueanas, demonstra contraste com a Província Tapajós-Parima, representada por rochas de fontes paleoproterozoicas juvenis ou com pouca participação de crosta mais antiga. Esse contraste foi estabelecido por Tassinari (1996), que chamou a província a oeste (Tapajós-Parima) de Ventuari-Tapajós. Ambas as propostas de compartimentação do Cráton Amazônico apresentadas neste trabalho (Santos, 2003; Tassinari e Macambira, 2004) adotaram este mesmo critério para a compartimentação das províncias Amazônia Central e Tapajós-Parima (Santos, 2003), ou Ventuari-Tapajós (Tassinari e Macambira, 2004).

Na porção sul do Cráton Amazônico, o limite entre essas duas províncias está mal definido. Santos (2003), Tassinari e Macambira (2004) e Vasquez e Rosa-Costa (2008) apresentaram traçados distintos para separação dessas províncias. Essa divergência é decorrente da ausência de estruturas tectônicas que poderiam delinear esse contato. Tais estruturas ainda não foram identificadas de forma satisfatória para permitir essa compartimentação tectônica, e as estruturas geológicas observadas nas bordas das duas províncias são

bastante similares, o que dificulta o traçado da linha divisória entre elas. Além disso, o vulcano-plutonismo orosiriano de caráter intracontinental é uma característica marcante tanto no Domínio Tapajós quanto no Domínio Iriri-Xingu. Petrograficamente, esse magmatismo é essencialmente marcado por granitoides não deformados e por derrames de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas ácidas, sendo este último majoritário no Domínio Iriri-Xingu e representado predominantemente pelo Grupo Iriri (Vasquez e Rosa-Costa, 2008).

Neste trabalho, foi mostrado que rochas com fontes arqueanas (2,60 Ga) ocorrem dentro do Domínio Tapajós, tal qual apresentado por Santos et al. (2000) - idades T_{DM} Nd de 2,53 e 2,60 Ga - em rochas correlatas a SIM. Semblano et al. (submetido) mostraram fontes paleoproterozoicas (T_{DM} Nd = 2,43 Ga) para rochas pertencentes aos Granitoides Indiferenciados do Tipo I no Domínio Iriri-Xingu. Essas idades, encontradas tanto no Domínio Tapajós quanto no Domínio Iriri-Xingu, expõem a carência de estudos mais detalhados (sobretudo no terreno de transição entre esses dois domínios) e critérios mais precisos nas propostas de compartimentação geocronológica do cráton Amazônico, embora limites transicionais sejam plenamente aceitáveis.

De fato, as rochas pertencentes ao Domínio Iriri-Xingu apresentam idades de fontes majoritariamente arqueanas, assim como as rochas do Domínio Tapajós são predominantemente paleoproterozoicas. No entanto, o parâmetro ϵ_{Nd} identificado nas rochas desses terrenos aponta que a contribuição crustal na formação das rochas do Domínio Iriri-Xingu foi mais expressiva do que no Domínio Tapajós. O magmatismo orosiriano que atuou indiscriminadamente em ambos os domínios, liberou magmas provenientes do manto que sofreram interação com magmas arqueanos de origem anatética em diferentes proporções. Esse episódio foi responsável pelo padrão geocronológico observado nas rochas dos domínios abordados. Arndt e Goldstein (1987) mostraram que para que a datação de um evento de formação crustal por idades-modelo Sm-Nd seja satisfatória, todo material da amostra deve ter vindo do manto durante um único evento. Os valores negativos de $\epsilon_{Nd(t)}$ obtidos demonstraram que o material que originou as rochas estudadas não pode ter sido produzido por magmas máficos derivados do manto. Quando ocorre mistura de material derivado do manto em diferentes estágios, as idades Sm-Nd apenas indicam o tempo médio entre os diferentes episódios de despreendimento mantélico, dessa forma elas devem ser interpretadas como uma estimativa da idade média de mistura dessas diferentes fontes. Além do mais, há de se considerar que essa interação ocorre de forma heterogênea em diferentes proporções no interior da litosfera. E essa heterogeneidade inviabiliza o traçado de uma linha divisória adotando como parâmetro idades-modelo Sm-Nd, o que dificulta bastante a separação do Domínio Tapajós do Domínio Iriri-Xingu. Há de se considerar também as idades de cristalização em zircão, demonstrando que os eventos tectono-magmáticos responsáveis pela formação dessas rochas atuaram simultaneamente em ambos os domínios.

9. CONCLUSÕES

Embora as idades de cristalização dos granitos Mamoal, Dalpaiz e Serra Alta ainda não tenham sido determinadas, foi possível incorporá-los à SIM, primeiramente por sua compatibilidade geoquímica diagnóstica à dos granitos tipo A e em seguida pelo estudo comparativo (petrografia e geoquímica) com o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida, estudados por Lamarão et al. (2002). As rochas pertencentes a esses três corpos apresentaram anomalias negativas de Ba, Sr e Eu, que demonstra um padrão semelhante ao de rochas formadas por fusão parcial. Além dessa, outras características geoquímicas apontam nesse mesmo sentido: natureza álcali-cálcica a alcalina e a afinidade dessas rochas com granitos pós-colisionais e intraplaca. Essas características indicam aumento da maturidade do arco (Brown et al., 1984) ou até mesmo transição de ambiente tectônico orogênico para pós-orogênico (Bonin, 1990; Barbarin, 1999). O parâmetro isotópico $\epsilon_{Nd(t)}$ negativo dessas rochas também reforçam essa interpretação, uma vez que indicam serem rochas geradas por anatexia crustal.

É possível observar que esses corpos são cronocorrelatos ao magmatismo anorogênico orosiriano (~1,88 Ga), bem documentado em várias províncias do Cráton Amazônico. Na Província Carajás, ele é representado pelas suítes Jamon e Serra dos Carajás, no Domínio Iriri-Xingu, pela Suíte Intrusiva Rio Dourado, e ao norte do Cráton, nos domínios Erepecuru-Trombetas e Uatumã-Anauá, pela Suíte Intrusiva Mapuera, além é claro, da SIM no Domínio Tapajós. Dessa forma, conclui-se que esse magmatismo anorogênico não afetou apenas os novos terrenos acrescidos ao cráton, mas também os mais antigos, estabilizados no Arqueano, como a Província Carajás (Dall'Agnol et al., 2000; Lamarão et al., 2002), e teve uma ampla extensão com seus registros atingindo o norte do Cráton Amazônico, como a Suíte Intrusiva Mapuera nos domínios Erepecuru-Trombetas e Uatumã-Anauá.

Lamarão et al. (2002) apresentaram duas hipóteses para geração do Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida. Na primeira hipótese, a formação dessas rochas estaria relacionada a um evento de subdução, e na segunda elas teriam sido geradas durante um período de magmatismo intracontinental relacionado a um evento extensional. Nesse trabalho, foi utilizada a classificação proposta por Eby (1992) para explicar a petrogênese de granitos tipo A. Assim, as rochas da SIM foram classificadas como granitos do tipo A2, ou seja, rochas provenientes de magmas derivados de *underplating* ou de crosta continental que passou por um ciclo colisional. São rochas geradas em ambientes pós-colisionais com significativa contribuição de material resultante de fusão crustal. Essa interpretação é sustentada pelo que foi preconizado por Pearce (1996) e Foster et al. (1997). Esses autores demonstraram que o espessamento crustal promove a interação de magmas derivados do manto e da crosta que vão progressivamente se acumulando na base do orógeno em formação. Após o espessamento crustal completo em ambientes pós-orogênicos a crosta se torna instável, tendendo a relaxar isostaticamente e a se estender por colapso gravitacional uma vez removido os esforços compressivos. Dessa forma, ambientes pós-colisionais são facilmente invadidos pelos magmas aprisionados na base desse orógeno.

O critério empregado na divisão entre os domínios Tapajós e Iriri-Xingu, que adota basicamente idades-modelo Sm-Nd como parâmetro de compartimentação é inadequado e de difícil cartografia. Mesmo com todos os corpos no terreno de transição entre esses dois domínios cartografados e analisados isotopicamente, suas idades-modelo Sm-Nd não são uniformes. Isto é, é possível encontrar idades arqueanas e paleoproterozoicas num mesmo corpo, como mostrado para o Granito Mamoal, neste trabalho. Devido aos poucos estudos isotópicos realizados nas províncias Tapajós-Parima e principalmente Amazônia Central, é de se esperar que mais idades contraditórias aos modelos de compartimentação geocronológica atualmente estabelecidos para essas duas províncias sejam encontradas, tal qual as idades arqueanas no Domínio Tapajós, apresentadas neste trabalho e em Santos et al. (2000), e a idade paleoproterozoica no Domínio Iriri-Xingú encontrada por Semblano et al. (submetido). As idades-modelo Sm-Nd devem ser adotadas paralelamente a outras informações geológicas e geocronológicas. Do contrário, corre-se o risco de construir um cenário de desenvolvimento crustal plausível, mas que não reflete a realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo suporte financeiro através da concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor (Processo 132174/ 2013-8), e ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA pela infraestrutura disponibilizada. Os autores também agradecem à CPRM – Serviço Geológico do Brasil, pela concessão de amostras e dados geológicos essenciais para realização desse trabalho, ao Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA (Pará-Iso) e a todos os seus profissionais envolvidos nas etapas de preparação e análise das amostras aqui estudadas, e ao GEOCIAM, pelo suporte financeiro prestado na etapa das análises isotópicas.

REFERÊNCIAS

- Almeida, C.A.S.; Collyer, T.A.; Pereira, J.A.L.; Seabra, A.S.; Furtado, A.M.M.; Soubes, L.F. 1977. Relatório final de reconhecimento (1). Projeto Santarém - Cachimbo. Pesquisa Mineral. Pólo Amazônia/Pólo Tapajós. Convênio SUDAM/IDESP.
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y. 1984. O embasamento da Plataforma Sul Americana. In: O Precambriano do Brasil, p. 1-5. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 378p.
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17, 1-29.
- Almeida, J.A.C.; Dall'Agnol, R.; Oliveira, D.C. 2006. Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granito Anorogênico Bannach, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Pará. *Revista Brasileira de Geociências*, 36: 282-295.
- Almeida, M.E. 2006. Evolução geológica da porção centro-sul do Escudo das Guianas com base no estudo geoquímico, geocronológico (evaporação de Pb e U-Pb ID-TIMS em zircão) e isotópico (Nd-Pb) dos granitóides paleoproterozóicos do sudeste de Roraima, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, Belém, 227 p.
- Amaral, G. 1974. Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica. Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Mestrado, 212 p.
- Anderson, J.L. 1983. Proterozoic anorogenic granite plutonism of North America, In: Medaris, L.G., Byers, C.W., Mickelson, D.M., Shanks, W.C. (Eds.). *Proterozoic geology*. *Geol Soc Am Mem* 161: 133-154.
- Andrade, A.F.; Santiago, A.F.; Melo, C.F.; Bizinella, G.A.; Moreira, H.L.; Santos, J.O.S.; Oliveira, J.R.; Moura, P.A.; Lopes, R.C.; Rosa Filho, S.F.; Neves, S.A.V. 1978. Projeto Tapajós-Sucunduri: Relatório de Integração Geológica. Manaus: DNPM/CPRM, 3 v.
- Arndt, N.T.; Goldstein, S.L. 1987. Use and abuse of crust-formation ages. *Geology* 15, 893-895.
- Avelar, V.G.; Lafon, J.M.; Scheller, T.; Araújo, O.J.B.; Macambira, E.M.B. 1994. Geocronologia Pb-Pb por evaporação de zircão e Rb-Sr em rocha total do Granito Seringa, Província Mineral de Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38. Balneário Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Camboriú. V.2.p. 387-389.
- Bahia, R.B.C.; Quadros, M.L.E.S.; Rizzotto, G. 1998. Caracterização petrográfica e geoquímica da Suíte Intrusiva Porquinho – região oeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG. p. 502.
- Barbarin, B. 1996. Genesis of the two main types of peraluminous granitoids. *Geology* 24, 295-298.
- Barbarin, B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos* 46, 605-626.
- Barbosa, A.A.; Lafon, J.M.; Neves, A.P.; Vale, A.G. 1995. Geocronologia Rb-Sr e Pb-Pb do Granito Redenção, SE do Pará: implicações para a evolução do magmatismo proterozóico da região de Redenção. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 7, p. 147-164.
- Barreto, C.J.S.; Lafon, J.M.; Costa, L.T.R.; Lima, E.F. 2013. Vulcanismo félsico paleoproterozoico do Grupo Iricoumé, Domínio ErepecuruTrombetas, Província Amazônia Central: dados de campo, caracterização petrográfica e geocronologia Pb-Pb em zircão. *Revista do Instituto de Geociências da USP, São Paulo*. 13(1): 47-72.
- Barreto, C.J.S.; Lafon, J.M.; Costa, L.T.R.; Lima, E.F. 2014. Palaeoproterozoic (~1.89 Ga) felsic volcanism of the Iricoumé Group, Guyana Shield, South America: geochemical and Sm-Nd isotopic constraints on sources and tectonic environment. *International Geology Review*, v. 56, p. 1332-1356.
- Barros, C.E.M.; Dall'Agnol, R.; Vieira, E.A.P.; Magalhães, M.S. 1995. Granito Central da Serra dos Carajás: avaliação do potencial metalogenético para estanho com base em estudos da borda oeste do corpo. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências da Terra* 7, 93-123.
- Barros, M.A.S.; Padilha, R.A.; Rubert, R.R.; Pimentel, M.M.; Chemale Jr., F. 2006. Iriri volcanism and Rio Dourado Granite: A-Type Paleoproterozoic Magmatism in northeastern Mato Grosso - Brazil. In: SYMPOSIUM ON MAGMATISM, CRUSTAL EVOLUTION, AND METALLOGENESIS OF THE AMAZONIAN CRATON /WORKSHOP ON A-TYPE GRANITES AND RELATED ROCKS THROUGH TIME (IGCP 510), 2006, Belém. Abstract volume and Field Trips Guide... Belém: PRONEX-UFPA/SBG-NO, p. 39-39.
- Barros, M.A.S.; Pimentel, M.M.; Silva, F.R.; Dantas, E.L. 2011. A Suíte Intrusiva Rio Dourado - um granito tipo A de 1,88 Ga - sudeste do Cráton Amazônico - Mato Grosso - Brasil. *Geol. USP, Sér. cient.; vol.11, n.1, pp. 75-93*.
- Bettencourt, J.S.; Tosdal, R.M.; Leite Jr.; W.B.; Payolla, B.L. 1995. Overview of the rapakivi granites of the Rondônia Tin Province (RTP). In: J.S. Bettencourt and R. Dall'Agnol (Eds.), SYMPOSIUM ON RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS. Excursion guide: The rapakivi granites of the Rondônia Tin Province and associated mineralization. Center of Geosciences, Federal University of Pará, Brazil, Belém.
- Bonin, B. 1990. From orogenic to anorogenic settings: evolution of granitoid suites after a major orogenesis. *Geol. J.* 25, 261-270.
- Brito, M.F.L. 2000. Granito Pepita. In: Almeida, M.E. et al. (Org.). Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D); Estados do Pará e Amazonas. Escala 1:250.000. Nota explicativa. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (Promin Tapajós)

- Brito, M.F.L.; Almeida, M.E.; Ferreira, A.L.; Monteiro, M.A.S.; Popini, M.V.F. 1997. Petrografia e litogeoquímica da Suite Intrusiva Maloquinha registro de magmatismo tipo A na Província do Tapajós. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. Anais...; Salvador, p. 847-851.
- Brito, M.F.L.; Almeida, M.E.; Macambira, M.J.B. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of calc-alkaline Rapakivi granite in Tapajós Gold Province, Amazon Craton - Brazil. In: South American Symposium on Isotope Geology, 1999, Córdoba. Extend Abstracts, v. 2. p. 40-43. 1999.
- Brown, G.C.; Thorpe, R.S.; Webb, P.C. 1984. The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. *J. Geol. Soc. Lond.* 141, 413-426.
- Collins, W.J.; Beams, S.D.; White, A.J.R. and Chappell, B.W. 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.* 80: 189-200.
- Cordani, U.G.; Tassinari, C.G.C.; Teixeira, W.; Basei, M.A.S.; Kawashita, K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 2, Arica, Chile. Actas... Arica, Chile: 1979. v. 4, p. 137-148.
- Costi, H.T.; Dall'Agnol, R.; Moura, C.A.V. 2000. Geology and Pb-Pb Geochronology of Paleoproterozoic Volcanic and Granitic Rocks of Pitinga Province, Amazonian Craton, Northern Brazil. *International Geology Review.* 42: 832-849.
- Dall'Agnol, R.; Costi, H.T.; Leite, A.A.S.; Magalhães, M.S.; Teixeira, N.P. 1999a. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Res.* 95, 9-39.
- Dall'Agnol, R.; Lafon, J.M.; Fraga, L.M.; Scandolaro, J.E.; Barros, C.E.M., 2000. The Precambrian Evolution of the Amazonian Craton. In: 31st INT. GEOL. CONGRESS, Rio de Janeiro, Brazil, Abstr. Vol. Rio de Janeiro, Geol. Surv. Brazil [CD-ROM].
- Dall'Agnol, R.; Lafon, J.-M.; Macambira, M.J.B. 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, petrological and geochemical aspects. *Miner. Pet.* 50, 113-138.
- Dall'Agnol, R.; Rämö, O.T.; Magalhães, M.S.; Macambira, M.J.B. 1999b. Petrology of the anorogenic, oxidised Jamon and Musa granites, Amazonian Craton: implications for the genesis of Proterozoic A-type granites. *Lithos* 46, 431-462.
- Dall'Agnol, R.; Silva, C.M.G.; Scheller, T. 1999c. Fayalite-hedenbergite rhyolites of the Iriri Formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton: implications for the Uatumã volcanism. In: SIMPÓSIO SOBRE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 1. Gramado-RS. Boletim de resumos, pp. 31.
- Dall'Agnol, R.; Teixeira, N.P.; Magalhães, M.S. 1993. Diagnostic features of the Tin-specialized anorogenic granites of the Eastern Amazonian region. *An. Acad. Bras. Ci.* 65 (Suppl. 1), 33-50.
- Dall'Agnol, R.; Teixeira, N.P.; Rämö, O.T.; Moura, C.A.V.; Macambira, M.J.B.; Oliveira, D.C.O. 2005. Petrogenesis of the Paleoproterozoic Rapakivi A-type granite of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos.* 80: 101-129.
- Dall'Agnol, R.; Oliveira, M.A.; Almeida, J.A.C.; Althoff, F.J.; Leite, A.A.S.; Oliveira, D.C.; Barros, C.E.M. 2006. Archean and Paleoproterozoic granitoids of the Carajás Metallogenic Province, eastern Amazonian Craton. In: Dall'Agnol, R.; Rosa-Costa, L.T. and Klein, E.L. (Eds.) SYMPOSIUM ON MAGMATISM, CRUSTAL EVOLUTION, AND METALLOGENESIS OF THE AMAZONIAN CRATON. Volume and Field Trip Guide. Belém, PRONEX-UFGA-SBGNO, 99-150.
- DePaolo, D.J. 1981. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California: *J. Geophys. Res.* 86, 10470-10488.
- DePaolo, D.J.; Wasserburger, G.J. 1976. Nd isotopic variations and petrogenetic models. *Geophysical Research Letters* 3, 249-252.
- Eby, G.N., 1990. A-Type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos* 26, 115-34.
- Eby, G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology* 20, 641-644.
- Evensen, N.M.; Hamilton, P.J.; O'Nions, R.K. 1978. Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 42, 1199-1212.
- Fernandes, C.M.D.; Juliani, C.; Monteiro, L.V.S.; Lagler, B.; Misas, C.M.E. 2011. High-K calc-alkaline to A-type fissure-controlled volcano-plutonism of the São Félix do Xingu region, Amazonian craton, Brazil: Exclusively crustal sources or only mixed Nd model ages? *Journal of South American Earth Sciences*, v. 32, p. 351-368.
- Fernandes, C.M.D.; Lamarão, C.N.; Teixeira, N.P. 2006. O vulcanismo bimodal do tipo Uatumã da região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás. *Revista Brasileira de Geociências* 36, 565-576.
- Ferron, J.M.T.M. 2006. Geologia regional, geoquímica e geocronologia Pb-Pb de rochas graníticas e vulcânicas Paleoproterozóicas da Província Pitinga, Cráton Amazônico. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 331p.
- Föster, H.J.; Tischendorf, G.; Trumbull, R.B. 1997. An evaluation of the Rb vs. (Y+Nb) discrimination diagram to infer tectonic setting of silicic igneous rocks. *Lithos*, 40: 261-293.
- Frost, B.R.; Barnes, C.G.; Collins, W.J.; Arculus, R.J.; Ellis, D.J.; Frost, C.D. 2001. A Geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42, 2033-2048.

- Gastal, M.C.P. 1987. Mapeamento e petrologia do Maciço Granítico Musa: Rio Maria, sudeste do Pará. Belém, Universidade Federal do Pará. 342p. (Tese de Mestrado).
- Juliani, C.; Fernandes, C.M.D. 2010. Well-preserved Late Paleoproterozoic volcanic centers in the São Félix do Xingu region, Amazonian Craton, Brazil. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 191, 167-179.
- Juliani, C.; Rye, R.O.; Nunes, C.M.D.; Snee, L.W.; Corrêa Silva, R.H.; Monteiro, L.V.S.; Bettencourt, J.S.; Neumann, R.; Neto, A.A. 2005. Paleoproterozoic high sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chemical Geology*, 215: 95-125.
- Klein, E.L.; Almeida, M.E.; Vasquez, M.L.; Bahia, R.B.C.; QUADROS, M.L.E.S.; FERREIRA, A.L. 2001. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós, PROMIN TAPAJÓS. Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós, folhas: Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D), Jacareacanga (SB.21-Y-B), Caracol (SB.21-X-C), Vila Riozinho (SB.21-Z-A) e Rio Novo (SB.21-Z-C). Estados do Pará e Amazonas. Escala 1:500.000. Brasília, CPRM/DIEDIG/DEPAT.
- Lafon, J.M.; Rodrigues, E.; Macambira, E.M.B.; Pereira, E.D. 1995. Magmatisme anarogénique du Protérozoïque Inférieur dans la région de São Félix do Xingu-Tucumã (Amazonie Orientale, Brésil). *Nouvelles données géochronologiques*. C.R. Acad. Sci. Paris 320, 937-944.
- Lamarão, C.N. 2001. Geologia, geoquímica e Geocronologia do Magmatismo Paleoproterozóico da Região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- Lamarão, C.N.; Dall'Agnol, R.; Lafon, J.M.; Lima, E.F. 2002. Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, v. 119, p. 189-223.
- Lamarão, C.N.; Dall'Agnol, R.; Pimentel, M.M. 2005. Nd isotopic composition of Paleoproterozoic volcanic rocks of Vila Riozinho: implications for the crustal evolution of the Tapajós gold province, Amazon craton. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 18, p. 277-292.
- Lameyre, J. and Bowden, P. 1982. Plutonic rock types series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *Journal Volc. Geotherm. Res.*; 14, 169-186.
- Lima, P.H.A.; Lamarão, C.N.; Santos, M.J.P. 2014. Petrografia, geoquímica e suscetibilidade magnética do granito paleoproterozoico São João, sudeste do Cráton Amazônico, Província Carajás. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. 9, p. 47-72.
- Loiselle, M.C. and Wones, D.R. 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geol. Soc. Am. Abstr. Programs*, II: 468.
- Macambira, M.J.B.; Almeida, M.E.; Santos, L.S. 2002. Idade de Zircão das Vulcânicas Iricoumé do Sudeste de Roraima: contribuição para a redefinição do Supergrupo Uatumã. In: SIMP. VULC. AMB. ASSOC. vol. 2. Belém, PA, p. 22.
- Machado, N.; Lindenmayer, Z.G.; Krogh, T.E.; Lindenmayer, D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. *Precambrian Research* 49, 329-354.
- Marques, S.N.S. 2011. Geologia, geoquímica e geocronologia Sm-Nd de rochas vulcânicas do Grupo Iricoumé, sul do Escudo das Guianas, Presidente Figueiredo (AM). Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, p. 73.
- Marques, S.N.S.; Souza, V.S.; Dantas, E.L.; Valério, C.S.; Nascimento, R.S.C. 2014. Contributions to the petrography, geochemistry and geochronology (U-Pb and Sm-Nd) of the Paleoproterozoic effusive rocks from Iricoumé Group, Amazonian Craton, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44, p. 121-138.
- Melo, A.F.F.; D'Antona, R.G.; Lopes, R.C. 1980. Projeto Tapajós-Sucunduri: relatório final. Manaus: CPRM/DNPM, v. I-A, p. 1-356.
- Montalvão, R.M.G.; Bezerra, P.E.L.; Prado, P.; Fernandes, C.A.C.; Silva, G.H.; Brim, R.P. 1982. Características petrográficas e geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. In: CONG. BRAS. GEOL.; 32, Salvador, 1982, anais, SBG, vol. 2, p. 520 - 548.
- Moura, C.A.V.; Gorayeb, P.S.S.; Matsuda, N.S. 1999. Geocronologia Pb-Pb em zircão do riolito Vila Raiol, Formação Iri - sudoeste do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, 1999, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBG, p. 475-477.
- Nunes, C.M.D.; Juliani, C.; Correa-Silva, R.H.; Monteiro, L.V.S.; Bettencourt, J.S.; Neumann, R.; Neto, A.A.; Rye, R.O. 2001. Caracterização de um sistema epitermal high-sulfidation vulcânico paleoproterozóico da Província Aurífera do Tapajós, Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7. Resumos...; Belém. (CD-ROM).
- Oliveira, D.C. 2001. Geologia, geoquímica e petrologia magnética do granito paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico do Cráton Amazônico. 207 f. Tese (Mestrado)- Universidade Federal do Pará, Centro de geociências, Belém.
- Oliveira, E.C.; Lafon, J.M.; Gioia, S.M.C.L.; Pimentel, M.M. 2008. Datação Sm-Nd em rocha total e granada do metamorfismo granulítico da região de Tartarugal Grande, Amapá Central. *Rev. bras. geociências*, vol.38, no.1, p.114-127.

- Padilha, R.A.; Barros, M.A.S. 2008. Petrologia e geoquímica das suítes intrusivas Vila Rica e Rio Dourado - Província Amazônica Central, borda sudeste do Cráton Amazônico (MT). *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 38, n. 4, dez.
- Paiva Jr.; A.L. 2009. Geologia, petrografia, geocronologia e geoquímica do Granito Anorogênico Seringa, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 123 p.
- Patiño Douce, A. 1997. Generation of metaluminous A-type granites by low pressure melting of calc-alkaline granitoids. *Geology* 25, 743-746.
- Pearce, J.A. 1996. Source and settings of granitic rocks. *Episodes* 19 (4), 120-125.
- Pearce, J.A, Harris, N.B.W, Tindle, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrology*, 25: 956-983.
- Pessoa, M.R.; Santiago, A.F.; Andrade, A.F.; Santos, J.O.S.; Prazeres, W.V. 1977. Projeto Jamanxim. In: BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Convênio DNPM/CPRM, Relatório Inédito, 8 v.
- Pinho, S.C.C.; Lamarão, C.N.; Fernandes, C.M.D.; Paiva Jr.; A. L; Cruz, V.L. 2006. Geocronologia do Granito Serra da Queimada, região de São Félix do Xingu, Província Mineral de Carajás. In: SBG, SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9, Belém, Resumos expandidos, CD-ROM.
- Prazeres, W.V.; Santos, A.J.; Campos, M.J.F.; Cavalcante, O.A. 1979. Projeto estanho dos granitos Maloquinha. Relatório Final. Manaus: CPRM, v. 11, 301p.
- Reis, N.J.; Almeida, M.E.; Riker, S.R.L.; Ferreira, A.L. 2006. Geologia e Recursos minerais do Estado do Amazonas, Manaus: CPRM, (Convênio CPRM/CIAMA). 125 p. , il. Escala 1:1.000.000.
- Ragland, P.C. 1989. *Basic analytical Petrology*. 2. New York, Oxford University Press.
- Rollison, H.R. 1993. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. New York, Longman, 352 p.
- Santos, D.B.; Fernandes, P.E.C.A.; Dreher, A.M.; Cunha, F.M.B.; Basei, M.A.S.; Teixeira, W. 1975. Geologia. Folha SB. 21, Tapajós. In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAM. Rio de Janeiro, (Levantamentos de Recursos Minerais, 7).
- Santos, J.O.S. 2003. Geotectônica dos escudos das Guianas e Brasil-Central. In: Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R.M.; Gonçalves, J.H. (Eds.). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, p. 169-226.
- Santos, J.O.S.; Groves, D.I.; Hartmann, L.A.; Moura, M.A.; Mcnaughton, N.J. 2001. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Mineralium Deposita*, v. 36, n. 3-4, p. 279-299.
- Santos, J.O.S.; Hartmann, L.A.; Gaudette, H.E.; Groves, D.I.; Mcnaughton, N.J.; Flecher, I.R. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. *Gondwana Research*, 3: 453-488.
- Santos, J.O.S.; Van Breemen, O.B.; Groves D.I.; Hartmann, L.A.; Almeida, M.E.; Mcnaughton, N.J.; Fletcher, I.R. 2004. Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. *Precambrian Research*, 131: 73-109.
- Shand, S.J. 1951. *Eruptive rocks their genesis, composition, classification and their relation to ore deposit*. 4 ed. London, 488p.
- Streckeisen, A.L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*; 12: 1-13.
- Tassinari, C.C.G. 1996. O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: Revisão dos Dados Isotópicos. São Paulo, IG-USP, Tese Livre-Docência, 139 p.
- Tassinari, C.C.G.; Macambira, M.J.B. 1999. Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3): 174-182.
- Tassinari, C.C.G.; Macambira, M.J.B. 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito Neves, B.B. (Ed.). *Geologia do continente Sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, p. 471-485.
- Teixeira, N.P.; Bettencourt, J.S.; Moura, C.A.V.; Dall'Agnol, R. 1998. Pb-Pb and Sm-Nd constraints of the Velho Guilherme intrusive suite and volcanic rocks of the Uatumã Group. South-Southeast Pará-Brasil. In: Van Schmus, W.R.; Brown, B.A.; Mudrey, M.G. Jr. (Eds.), *Proterozoic Granite Systems of the Penokean Terrane in Wisconsin, USA*. IGCP Project 426 International Field Conference, September, 1998. *Wisconsin Geol. Nat. Hist. Surv. Open File Rep.* 1998-10, pp. 178-180.
- Teixeira, N.P.; Bettencourt, J.S.; Moura, C.A.V.; Dall'Agnol, R.; Macambira, E.M.B. 2002. Archean crustal sources for Paleoproterozoic tin-mineralized granites in the Carajás Province, SSE Pará, Brazil: Pb-Pb geochronology and Nd isotope geochemistry. *Precambrian Research*, 119: 257-275.
- Teixeira, W.; Tassinari, C.C.G.; Cordani, U.G.; Kawashita, K. 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: Tectonic Implications. *Precambrian Research*, v. 42, p. 213-27.
- Vale, A.G. e Neves, P.N. 1994. O Granito Redenção: Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38.; Anais... Camboriú: SBG, v.1, p. 149-150.
- Valério, C.S. 2011. Petrologia e tectônica de granitos Paleoproterozóicos das suítes Água Branca e Mapuera, sul do Domínio Uatumã-Anauá, NE do Amazonas. Tese de Doutorado, CPGG/CG, Universidade Federal do Pará, p. 123.

- Valério, C.S.; Souza, V.S.; Macambira, M.J.B. 2009. The 1.90-1.88 Ga magmatism in the southernmost Guyana Shield, Amazonas, Brazil: geology, geochemistry, zircon geochronology, and tectonic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 28(3): 304-320.
- Valério, C.S.; Souza, V.S.; Macambira, M.J.B.; Galarza, M.A. 2006. Geoquímica e geocronologia Pb-Pb da Suíte Intrusiva Água Branca, Município de Presidente Figueiredo (AM): evidências de colisão no Paleoproterozóico da Amazônia Ocidental. *Rev. Bras. Geochem.* 36 (2), 359-370.
- Vasquez, M.L.; Klein, E.L. (orgs.). 2000. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. Geologia e recursos minerais da folha Rio Novo (SB.21-Z-C). Estado do Pará. Escala 1:250.000. Nota explicativa e mapas, CPRM, Brasília. CD ROM.
- Vasquez, M.L.; Klein, E.L.; Quadros, M.L.E. S ; Bahia, R.B.C.; Santos, A.; Ricci, P.S.F.; Sachett, C.R.; Silva, C.M.G.; Macambira, M.J.B. 1999. Magmatismo Uatumã na Província Tapajós – Novos dados geocronológicos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBG-Núcleo Norte, p. 471-474.
- Vasquez, M.L.; Klein, E.L.; Ricci, P.S.F. 2002. Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: Klein, E.L.; Vasquez, M.L.; Rosa-Costa, L.T. (Eds.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*, Belém. v.3, p.67-84.
- Vasquez, M.L.; Rosa-Costa, L.T (orgs.). 2008. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM.
- Vasquez, M.L.; Chaves, C.L.; Melo, E.M.; Oliveira, J.K.M. Geologia e Recursos Minerais das Folhas São Domingos – SA.21-Z-A-II e Jardim do Ouro – SA.21-Z-A-III, Estado do Pará, Escala: 1:100.000. Programa Geologia do Brasil - PGB. Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil. (em preparação).
- Whalen, J.B.; Currie, K.L.; Chappell, B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral.Petrol.*; 95: 407-419.
- Whitney, D.L.; Evans, B.W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1), 185-187.
- Wood, D.A. 1979. A variably veined suboceanic upper mantle – genetic significance for mid-ocean ridge basalts from geochemical evidence. *Geology* 7, 499-503.

10. CONCLUSÕES FINAIS

As amostras da SIM são transicionais entre granitos tipo I fracionados e granitos tipo A. Entretanto, seu alto teor de *Fe-index* ($>0,80$), afinidade com granitos pós-colisionais, caráter álcali-cálcico a álcali e alto teor de ETR com anomalias negativas de Eu, além da nítida correlação observada nos diagramas multielementos dessas rochas como o Granito Maloquinha e a Formação Moraes Almeida (Lamarão *et al.*, 2002), levaram a classificar essas rochas como granitos tipo A. As amostras do Granito Igarapé Salustiano plotaram no campo dos granitos tipo I e S no diagrama de Whalen *et al.* (1987), porém sua afinidade metaluminosa a peraluminosa e caráter sincolisional sugerem uma afinidade com granitos tipo I. Neste trabalho foi adotada a classificação de granitoides tipo A proposta por Eby (1992), na qual é feita uma subdivisão de granitoides tipo A1, caracterizado por razões de elementos similares às observadas em basaltos de ilha oceânica, e granitoides tipo A2, caracterizados por razões que variam das observadas em crosta continental a basaltos de arco de ilha. O grupo A1 representa diferenciação de magmas geoquimicamente semelhantes aos basaltos de ilha oceânica (fontes), porém formados durante rifteamento continental ou magmatismo intra-placa. Podem ainda se formar como resultado de *hot spot* ou plumas mantélicas. O grupo A2 representa magmas derivados de *underplating* ou crosta continental que passou por um ciclo de colisão continente-continente/oceano-continente, são gerados em ambientes pós-colisionais ou pós-orogênicos com significativa contribuição de material proveniente de anatexia litosférica. As rochas da SIM plotaram no campo dos granitos tipo A2. A conclusão obtida nos diagramas de Eby pôde ser confirmada tanto por outros parâmetros geoquímicos quanto isotópicos. A SIM mostra anomalias negativas de Ba, Sr e Eu, sendo os dois últimos mais nítidos. Tais anomalias, conjuntamente, não são produzidas por cristalização fracionada, mas sim pela estabilidade do plagioclásio na região fonte, que promove o aumento da razão K_2O/Na_2O pela retenção de Na_2O , e também diminui o conteúdo de CaO. Outra característica geoquímica que aponta nesse mesmo sentido é a natureza álcali-cálcica a alcalina e a afinidade dessas rochas com granitos pós-colisionais e intraplaca. Tais assinaturas podem refletir uma transição de séries calcioalcalinas para alcalinas, num ambiente tectônico orogênico a pós-orogênico (Bonin, 1990; Barbarin, 1999) ou aumento da maturidade do arco (Brown *et al.*, 1984). Os parâmetros isotópicos de $\epsilon_{Nd(t)}$ negativos das rochas da SIM (-0,76 a -2,26), mostrando que essas rochas foram geradas por anatexia de crosta mais antiga (retrabalhamento crustal), também reforçam sua afinidade com os granitos tipo A2 de Eby (1992). A afinidade calcioalcalina com granito tipo I sincolisionais de natureza meta a peraluminosa, com conteúdos de álcalis (médio a alto-K) e *Fe-index* ($<0,80$) das amostras do Granito Igarapé Salustiano mostram estreita relação com o Granito São Jorge Jovem (Lamarão *et al.*, 2002), o qual está inserido na SIP.

Lamarão *et al.* (2002) apresentaram duas hipóteses para geração do Granito Maloquinha e Formação Moraes Almeida. Na primeira hipótese a formação dessas rochas estaria relacionada a um evento de subdução, e na segunda elas teriam sido geradas durante um período de magmatismo intracontinental relacionado a um evento extensional. Nesse trabalho, foi utilizada a classificação proposta por Eby (1992) para explicar a petrogênese de granitos tipo A. Assim, as rochas da SIM foram classificadas como granitos do tipo A2, ou seja, rochas provenientes de magmas derivados de *underplating* ou de crosta continental que passou por um ciclo colisional. São rochas geradas em ambientes pós-colisionais com significativa contribuição de material resultante da fusão crustal. Essa interpretação é sustentada pelo que foi preconizado por Pearce (1996) e Foster *et al.* (1997). Esses autores demonstraram que o espessamento crustal promove a interação de magmas derivados do manto e da crosta que vão progressivamente se acumulando na base do orógeno em formação. Após o espessamento crustal completo em ambientes pós-orogênicos a crosta se torna instável, tendendo a relaxar isostaticamente e a se estender por colapso gravitacional uma vez removido os esforços compressivos. Dessa forma, ambientes pós-colisionais são facilmente invadidos pelos magmas aprisionados na base desse orógeno.

Na porção sul do Cráton Amazônico, o limite entre as províncias Tapajós-Parima e Amazônia Central está mal definido, Santos (2003), Tassinari e Macambira (2004) e Vasquez e Rosa-Costa (2008) apresentaram traçados distintos para separação dessas províncias. Essa divergência é decorrente da ausência de estruturas tectônicas que poderiam delinear esse contato. Tais estruturas ainda não foram identificadas de forma satisfatória para permitir esta compartimentação tectônica, e as estruturas geológicas observadas nas bordas das duas províncias são bastante similares, o que dificulta o traçado da linha divisória entre elas. Além disso, o vulcano-plutonismo orosiriano de caráter intracontinental é uma característica marcante tanto no Domínio Tapajós quanto no Domínio Irixi-Xingu. Petrograficamente, esse magmatismo é essencialmente marcado por granitoides não deformados e por derrames de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas ácidas,

sendo este último majoritário no Domínio Iriri-Xingu e representado predominantemente pelo Grupo Iriri (Vasquez e Rosa-Costa, 2008).

Neste trabalho, foi mostrado que rochas com fontes arqueanas (2,60 Ga) ocorrem dentro do Domínio Tapajós, tal qual apresentado por Santos *et al.* (2000) - idades T_{DM} de 2,53 e 2,60 Ga - em rochas correlatas a SIM. Semblano *et al.* (submetido) apresentaram idade de fonte paleoproterozoica (2,43 Ga) para rochas pertencentes aos Granitoides Indiferenciados do Tipo I no Domínio Iriri-Xingu. Essas idades, encontradas tanto no Domínio Tapajós quanto no Domínio Iriri-Xingú, expõem a carência de estudos mais detalhados (sobretudo no terreno de transição entre esses dois domínios) e critérios indubitáveis nas propostas de compartimentação geocronológica existente entre eles.

De fato, as rochas pertencentes ao Domínio Iriri-Xingu apresentam idades de fontes majoritariamente arqueanas, assim como as rochas do Domínio Tapajós são predominantemente paleoproterozoicas. No entanto, o parâmetro ϵ_{Nd} identificado nas rochas desses terrenos aponta que a contribuição crustal na formação das rochas do Domínio Iriri-Xingu foi mais expressiva do que no Domínio Tapajós. O magmatismo orosiriano que atuou indiscriminadamente em ambos os domínios, liberou magmas provenientes do manto que sofreram interação com magmas arqueanos de origem anatética em diferentes proporções. Esse episódio foi responsável pelo padrão geocronológico observado nas rochas dos domínios abordados. Arndt e Goldstein (1987) mostraram que para que a datação de um evento de formação crustal por idades-modelo Sm-Nd seja satisfatória, todo material da amostra deve ter vindo do manto durante um único evento. Os valores negativos de $\epsilon_{Nd(t)}$ obtidos demonstraram que o material que originou as rochas estudadas não pode ter sido produzido por magmas máficos derivados do manto. Quando ocorre mistura de material derivado do manto em diferentes estágios, as idades Sm-Nd apenas indicam o tempo médio entre os diferentes episódios de desprendimento mantélico. Dessa forma, em casos onde as idades-modelo Sm-Nd não coincidem com qualquer evento orogênico específico no terreno estudado, elas devem ser interpretadas como idade média de mistura das diferentes fontes. Além do mais, há de se considerar que essa interação ocorre de forma heterogênea em diferentes proporções no interior da litosfera. E essa heterogeneidade inviabiliza o traçado de uma linha divisória adotando como parâmetro idades-modelo Sm-Nd, dificultando bastante a separação do Domínio Tapajós do Domínio Iriri-Xingú. Há de se considerar também as idades de cristalização em zircão, demonstrando que os eventos tectono-magmáticos responsáveis pela formação dessas rochas atuaram simultaneamente em ambos os domínios.

O critério empregado na divisão entre os domínios Tapajós e Iriri-Xingu, que adota basicamente idades-modelo Sm-Nd como parâmetro de compartimentação é inadequado e de difícil cartografia. Mesmo com todos os corpos no terreno de transição entre esses dois domínios cartografados e analisados isotopicamente, suas idades-modelo Sm-Nd deles não são uniformes. Isto é, é possível encontrar idades arqueanas e paleoproterozoicas num mesmo corpo, como mostrado para o Granito Mamoal, neste trabalho. Devido aos poucos estudos isotópicos realizados nas províncias Tapajós-Parima e principalmente Amazônia Central, é de se esperar que mais idades contraditórias aos modelos de compartimentação geocronológica atualmente estabelecidos para essas duas províncias sejam encontradas, tal qual as idades arqueanas no Domínio Tapajós, apresentadas neste trabalho e em Santos *et al.* (2000), e a idade paleoproterozoica no Domínio Iriri-Xingú encontrada por Semblano *et al.* (submetido).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.A.S., COLLYER, T.A., PEREIRA, J.A.L., SEABRA, A.S., FURTADO, A.M.M., SOUBES, L.F., 1977. Relatório final de reconhecimento (1). Projeto Santarém - Cachimbo. Pesquisa Mineral. Pólo Amazônia/Pólo Tapajós. Convênio SUDAM/IDESP
- ALMEIDA, F. F. M.; BRITO NEVES, B. B.; CARNEIRO, C. D. R. The origin and evolution of the South American Plataform. *Earth Science Reviews*, v. 50, p. 77-111, 2000.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. The Upper Precambrian of South America. *Boletim IG-USP*, 7:45-80. 1976.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. 1984. O embasamento da Plataforma Sul Americana. In: *O Precambriano do Brasil*, p. 1-5. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 378p.
- ALMEIDA, M.E.; FERREIRA, A.L.; BRITO, M.F.L.; MONTEIRO, M.A.S. 2001. Evolução tectono-estrutural da Província Tapajós com base na geologia das folhas Vila Mamãe Anã e Jacareacanga (1:250.000), região limite dos estados do Amazonas e Pará. In: REIS, N.J. & MONTEIRO, M.A.S. orgs., *Contribuições a Geologia da Amazônia*, v2. Manaus, SBG-NO, p. 57-112.
- AMARAL, G. 1974. Geologia Pré-Cambriana da Região Amazônica. Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Mestrado, 212 p.
- ANDRADE, A. F.; SANTIAGO, A. F.; MELO, C. F.; BIZINELLA, G. A.; MOREIRA, H. L.; SANTOS, J. O. S.; OLIVEIRA, J. R.; MOURA, P. A.; LOPES, R. C.; ROSA FILHO, S. F.; NEVES, S. A. V. Projeto Tapajós-Sucunduri: Relatório de Integração Geológica. Manaus: DNPM/CPRM, 1978, 3 v.
- ARNDT, N.T.; GOLDSTEIN, S.L. 1987. Use and abuse of crust-formation ages. *Geology* 15, 893-895.
- BAHIA R.B.C.; QUADROS, M.L.E.S. 2000. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. Geologia e recursos minerais da Folha Caracol (SB.21-X-C). Estado do Pará. Escala 1:250.000. Nota explicativa e mapas, CPRM, Brasília. CD ROM.
- BAHIA, R.B.C.; QUADROS, M.L.E.S.; RIZZOTTO, G. Caracterização petrográfica e geoquímica da Suíte Intrusiva Porquinho – região oeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40., 1998, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: SBG, 1998. p. 502.
- BARBARIN, B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos* 46, 605-626.
- BETTENCOURT, J.S., TOSDAL, R.M., LEITE JR., W.B., PAYOLLA, B.L., 1995. Overview of the rapakivi granites of the Rondônia Tin Province (RTP). In: J.S. Bettencourt and R. Dall’Agnol (Eds.), *Symposium on rapakivi granites and related rocks. Excursion guide: The rapakivi granites of the Rondônia Tin Province and associated mineralization*. Center of Geosciences, Federal University of Pará, Brazil., Belém.
- BONIN, B. 1990. From orogenic to anorogenic settings: evolution of granitoid suites after a major orogenesis. *Geol. J.* 25, 261-270.
- BRITO, M.F.L. Granito Pepita. In: ALMEIDA M.E. et al. (Org.). *Geologia e recursos minerais da Folha Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D); Estados do Pará e Amazonas*. Escala 1:250.000. Nota explicativa. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós (Promin Tapajós)
- BRITO, M.F.L., ALMEIDA, M.E., FERREIRA, A.L., MONTEIRO, M.A.S., POPINI, M.V.F., 1997. Petrografia e litogeoquímica da Suíte Intrusiva Maloquinha registro de magmatismo tipo A na Província do Tapajós. In: *Congresso Brasileiro de Geoquímica*. Anais..., Salvador, p. 847-851.
- BROWN, G.C.; THORPE, R.S.; WEBB, P.C. 1984. The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. *J. Geol. Soc. Lond.* 141, 413-426.
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.G.C.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: *CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO*, 2, Arica, Chile. *Actas...Arica, Chile*: 1979. v. 4, p. 137-148.

- DALL'AGNOL, R.; SILVA, C. M. G.; SCHELLER, T. Fayalite-hedenbergite rhyolites of the Iri Formation, Tapajós Gold Province, Amazonian Craton: implications for the Uatumã volcanism. In: Simpósio sobre Vulcanismo e ambientes associados, 1. Gramado-RS. Boletim de resumos, pp. 31. 1999.
- EBY, G.N., 1990. A-Type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos* 26, 115-34.
- EBY, G.N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology* 20, 641-644.
- FERNANDES, C. M. D.; JULIANI, C.; MONTEIRO, L. V. S.; LAGLER, B.; ECHEVERRI MISAS, C. M. High-K calc-alkaline to A-type fissure-controlled volcano-plutonism of the São Félix do Xingu region, Amazonian craton, Brazil: Exclusively crustal sources or only mixed Nd model ages?. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 32, p. 351-368, 2011.
- FERNANDES, C.M.D.; LAMARÃO, C.N.; TEIXEIRA, N.P. 2006. O vulcanismo bimodal do tipo Uatumã da região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás. *Revista Brasileira de Geociências* 36, 565-576.
- FERREIRA, A.L.; ALMEIDA, M.E.; BRITO, M.F.L.; MONTEIRO, M.A.S. 2000. Geologia e recursos minerais da Folha Jacareacanga (SB.21-Y-B), Estados do Amazonas e Pará, Escala 1: 250.000. Nota explicativa, Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. Manaus, PROMIM Tapajós/CPRM. 1 CD-ROM.
- FÖSTER, H.J.; TISCHENDORF, G.; TRUMBULL, R.B. 1997. An evaluation of the Rb vs. (Y+Nb) discrimination diagram to infer tectonic setting of silicic igneous rocks. *Lithos*, 40: 261-293.
- FORMAN, J. H. A.; NARDI, J. I. S.; MARQUES, J. P. M.; LIMA, M. I. C. Pesquisa Mineral no Iri/Curuá: relatório preliminar. Belém: Sudam/Departamento de Recursos Naturais, 62 p., il. 1972.
- FROST, B.R.; BARNES, C.G.; COLLINS, W.J.; ARCULUS, R.J.; ELLIS, D.J.; FROST, C.D. 2001. A Geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42, 2033-2048.
- JULIANI, C.; FERNANDES, C. M. D. Well-preserved Late Paleoproterozoic volcanic centers in the São Félix do Xingu region, Amazonian Craton, Brazil. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 191, 167e179. 2010.
- JULIANI, C.; RYE, R.O.; NUNES, C.M.D.; SNEE L.W.; CORRÊA SILVA, R.H.; MONTEIRO, L.V.S.; BETTENCOURT, J.S.; NEUMANN, R.; ALCOVER, A. 2005. Paleoproterozoic highsulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chemical Geology*, 215: 95-125.
- KLEIN, E. L. ; ALMEIDA, M.E. ; VASQUEZ, M. L.; BAHIA, R B C ; QUADROS, M L E S ; FERREIRA, A. L. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós, PROMIN TAPAJÓS. Geologia e recursos minerais da Província Mineral do Tapajós, folhas: Vila Mamãe Anã (SB.21-V-D), Jacareacanga (SB.21-Y-B), Caracol (SB.21-X-C), Vila Riozinho (SB.21-Z-A) e Rio Novo (SB.21-Z-C). Estados do Pará e Amazonas. Escala 1:500.000. Brasília, CPRM/DIEDIG/DEPAT. 2001.
- LAMARÃO, C. N. Geologia, geoquímica e Geocronologia do Magmatismo Paleoproterozóico da Região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. 2001. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica) - Universidade Federal do Pará, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
- LAMARÃO, C.N.; DALL'AGNOL, R.; LAFON, J. M.; LIMA, E. F. Geology, geochemistry, and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, v. 119, p. 189-223, 2002.
- LAMARÃO, C.N.; DALL'AGNOL, R.; PIMENTEL, M. M. Nd isotopic composition of Paleoproterozoic volcanic rocks of Vila Riozinho: implications for the crustal evolution of the Tapajós gold province, Amazon craton. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 18, p. 277-292, 2005.
- MACAMBIRA, E.M.B.; VALE, A.G. São Félix do Xingu, Folha SB.22-Y-B. Estado do Pará. Brasília: DNPM/CPRM. Parte II, p. 29-93. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB). 1997.

- MELO, A. F. F.; D'ANTONA, R. G.; LOPES, R. C. 1980. Projeto Tapajós-Sucunduri: relatório final. Manaus: CPRM/DNPM, v. I-A, p. 1-356.
- MOURA, C.A.V.; GORAYEB, P.S.S.; MATSUDA, N.S. 1999. Geocronologia Pb-Pb em zircão do riolito Vila Raiol, Formação Iriri – sudoeste do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 6, 1999, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBG, p. 475-477.
- NUNES, C. M. D., JULIANI, C., CORREA-SILVA, R. H., MONTEIRO, L. V. S., BETTENCOURT, J. S., NEUMANN, R., ALCOVER NETO, A., RYE, R.O., 2001. Caracterização de um sistema epitermal high-sulfidation vulcânico paleoproterozóico da Província Aurífera do Tapajós, Pará. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 7. Resumos..., Belém. (CD-ROM).
- OLIVEIRA, E.C.; LAFON, J.M.; GIOIA, S.M.C.L.; PIMENTEL, M.M. 2008. Datação Sm-Nd em rocha total e granada do metamorfismo granulítico da região de Tartarugal Grande, Amapá Central. Rev. bras. geociências, vol.38, no.1, p.114-127.
- PEARCE, J.A. 1996. Source and settings of granitic rocks. Episodes 19 (4), 120-125.
- PEARCE, J.A, HARRIS, N.B.W, TINDLE, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. J. Petrology, 25: 956-983.
- PESSOA, M. R.; SANTIAGO, A. F.; ANDRADE, A. F.; SANTOS, J. O. S.; PRAZERES, W. V. Projeto Jamaxim. In: BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Convênio DNPM/CPRM, Relatório Inédito, 8 v. 1977.
- PRAZERES, W.V.; SANTOS, A.J.; CAMPOS, M.J.F. DE; CAVALCANTE, O.A. 1979. Projeto estanho dos granitos Maloquinha. Relatório Final. Manaus: CPRM, v. 11, 301p.
- RAGLAND, P.C. 1989. Basic analytical Petrology. 2. New York, Oxford University Press.
- RICCI P. DOS S.F., VASQUEZ M.L., SANTOS A., KLEIN E.L., JORGE JOÃO X.S., MARTINS R.C. 1999. Suíte Intrusiva Creporizão – Província Tapajós: proposta e critérios de definição. In: SBG, Simp. Geol. Amaz., 6, Boletim de resumos, 519-522.
- ROLLISON, H.R. 1993. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. New York, Longman, 352 p.
- SHAND, S.J. 1951. Eruptive rocks their genesis, composition, classification and their relation to ore deposit. 4 ed. London, 488p.
- SANTOS, D.B., FERNANDES, P.E.C.A., DREHER, A.M., CUNHA, F.M. B.DA, BASEI, M.A.S. & TEIXEIRA, W. 1975. Geologia. Folha SB. 21, Tapajós. In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAM. Rio de Janeiro, (Levantamentos de Recursos Minerais, 7).
- SANTOS, J. O. S. Geotectônica dos escudos das Guianas e Brasil-Central. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Eds.). Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM, Brasília, p. 169-226. 2003.
- SANTOS, J. O. S.; GROVES, D. I.; HARTMANN, L. A.; MOURA, M. A.; MCNAUGHTON, N. J. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. Mineralium Deposita, v. 36, n. 3-4, p. 279-299, 2001.
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLECHER, I. R. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd Geochronology. Gondwana Research, 3: 453-488. 2000.
- SANTOS, J. O. S.; VAN BREEMEN, O. B.; GROVES D. I.; HARTMANN, L. A.; ALMEIDA, M. E.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. Precambrian Research, 131: 73-109. 2004.
- SEMBLANO, F.R.D.; MACAMBIRA, M.J.B.; VASQUEZ, M.L.; PEREIRA, N.C.S. (submetido). Novos dados geológicos e isotópicos para o Domínio Iriri-Xingu, Província Amazônia Central; implicações para a idade do Grupo Iriri.

- TASSINARI, C. C. G. O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: Revisão dos Dados Isotópicos. São Paulo, IG-USP, Tese Livre-Docência, 139 p. 1996.
- TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. J. B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (Ed.). Geologia do continente Sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, p. 471-485. 2004.
- TEIXEIRA, N.P.; BETTENCOURT, J.S.; MOURA, C.A.V.; DALL'AGNOL, R.; MACAMBIRA, E.M.B. 2002. Archean crustal sources for Paleoproterozoic tin-mineralized granites in the Carajás Province, SSE Pará, Brazil: Pb-Pb geochronology and Nd isotope geochemistry. *Precambrian Research*, 119: 257-275.
- TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: Tectonic Implications. *Precambrian Research*, v. 42, p. 213-27, 1989.
- VASQUEZ, M. L. Geocronologia em zircão, monazita e granada e isótopos de Nd das associações litológicas da porção oeste do Domínio Bacajá: evolução crustal da porção meridional da província Maroni-Itacaiúnas, sudeste do Cráton Amazônico. 212 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
- VASQUEZ, M.L.; KLEIN, E.L. (orgs.). 2000. Projeto Especial Província Mineral do Tapajós. Geologia e recursos minerais da folha Rio Novo (SB.21-Z-C). Estado do Pará. Escala 1:250.000. Nota explicativa e mapas, CPRM, Brasília. CD ROM.
- VASQUEZ, M.L.; KLEIN, E.L.; RICCI, P.S.F. 2002. Granitóides pós-colisionais da porção leste da Província Tapajós. In: KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (eds.). Contribuições à Geologia da Amazônia, Belém. v.3, p.67-84.
- VASQUEZ, M.L.; ROSA-COSTA, L.T. (orgs.). 2008. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto explicativo dos mapas geológico e tectônico e de recursos minerais do Estado do Pará. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM. p. 39-112.
- VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; QUADROS, M. L. E. S; BAHIA, R. B. C.; SANTOS, A.; RICCI, P. S. F.; SACHETT, C. R.; SILVA, C. M. G.; MACAMBIRA, M. J. B. Magmatismo Uatumã na Província Tapajós – Novos dados geocronológicos. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, Manaus. Resumos expandidos... Manaus: SBG-Núcleo Norte, p. 471-474. 1999.
- WHALEN, J.B.; CURRIE, K.L.; CHAPPELL, B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral.Petrol.*; 95: 407-419.