



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DAS ROCHAS
VULCÂNICAS DA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU
(PA), PROVÍNCIA CARAJÁS**

**Dissertação apresentada por:
ANA TAYLA RODRIGUES FERREIRA
Orientador: Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão (UFPA)**

**BELÉM
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

F383g Ferreira, Ana Tayla Rodrigues

Geologia, petrografia e geoquímica das rochas vulcânicas da área Sul de São Félix do Xingu (PA), Província Carajás / Ana Tayla Rodrigues Ferreira; Orientador: Claudio Nery Lamarão - 2011.

xviii, 82 fl.: il.

Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

1. Rochas vulcânicas e vulcanoclásticas. 2. Geoquímica. 3. Petrografia. 4. Fácies. 5. Grupo Uatumã. I. Lamarão, Cláudio Nery, *orient.* II. Universidade Federal do Pará III. Título.

CDD 22º ed.: 552.22098115



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

**GEOLOGIA, PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DAS ROCHAS
VULCÂNICAS DA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA),
PROVÍNCIA CARAJÁS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

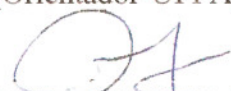
ANA TAYLA RODRIGUES FERREIRA

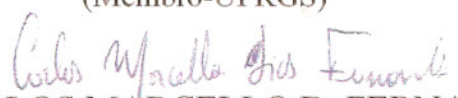
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

Data de Aprovação: 03 / 03 / 2011

Banca Examinadora:


Prof. CLAUDIO NERY LAMARÃO
(Orientador-UFPa)


Prof. CARLOS AUGUSTO SOMMER
(Membro-UFRGS)


Prof. CARLOS MARCELLO D. FERNANDES
(Membro-UFPa-Campus Marabá)

Aos meus pais, Antônio e Tereza, irmãos Telison e Teles, cunhadas Thays e Luciane, sobrinhas Estefany, Thalyssa e Tiele e aos tantos amigos verdadeiros que me incentivaram em diversos momentos, acreditando e não poupando esforços para contribuírem para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, o Bom Pastor.

À querida mãe D. Maria Tereza Rodrigues Ferreira pela educação e dedicação que me foi dada, bem com a maravilhosa família, alicerces da minha vida.

À Universidade Federal do Pará através do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) do Instituto de Geociências (IG), pela acolhida e oportunidade na elaboração deste trabalho e por fornecer a infra-estrutura necessária ao desenvolvimento da parte experimental.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica-PROCAD (Projeto-0096/05-9) e ao INCT-GEOCIAM/CNPq pelo apoio financeiro em diversas etapas deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão pela imensurável força, apoio, orientação e ensinamentos que foram de extrema importância para meu crescimento, profissional e intelectual.

Ao Prof. Dr. Roberto Dall'Agnol pelas valiosas sugestões e avaliações em momentos-chaves o desenvolvimento deste trabalho e mais ainda pela inspiração que tem sido para tantas gerações da formação de recursos humanos na área das geociências na Amazônia.

À querida amiga Gilmara Feio que tem sido para mim mais que uma colega de trabalho, mas uma amiga sempre disposta a repassar sua experiência científica e pessoal, muitas vezes, nos ajudando a contornar o “caminho das pedras”.

Ao geólogo JARDEL MESQUITA pelo irrecompensável apoio durante o trabalho de campo.

Ao Prof. Dr. Carlos Marcello Dias Fernandes pelas discussões, orientações e disponibilidade durante a realização deste trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG) do IG/UFPa e seus membros contemporâneos (Albano, Alice, Carlos Marcello D. Fernandes, Eleilson, Fabriciana, Francisco, Gilmara Feio, Jardel, Katucha, Arimatéia, Marcelo, Pablo, Régis) Por Todo Apoio Irrestrito Em Todos os aspectos que envolveram o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores CARLOS SOMMER e Evandro Lima da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e MARCELO ARNOSIO da Universidade de Salta, Argentina, pela disponibilidade e paciência durante minha estada em Porto Alegre em julho de 2010.

Aos demais professores do PPGG pelo compromisso diário de fazer do IG (UFPA) um lugar de incansável trabalho na busca da excelência acadêmica.

À secretária Cleida, pelo profissionalismo, disponibilidade e atenção com os discentes do PPGG, além da descontração anual em tempos de confraternização.

Aos bibliotecários, funcionários e bolsistas da biblioteca do Instituto de Geociências pelo apoio e dedicação no repasse das informações de nosso rico acervo de livros, periódicos, TCCs, dissertações, teses, mapas, relatórios, etc.

Ao Prof. e amigo RONALDO LIMA LEMOS pela constante atenção, respeito e amizade.

Aos amigos-irmãos Karla Nascimento, Luciana Neves, Eder Barbosa, Marilúcia Bezerra, Roseana Souza e Wagner Pires, Andrea Pelais, Patrícia Gabriela.

Aos eternos amigos André Ricardo, Alessandro Monteiro, Alciney, Diogo Lima, Manoel Costa, Paulo Lopes, Raimundo Sodré.

À toda turma da Geologia 2004, sobretudo os companheiros do dia-a-dia Saney Freitas, Gilberto Cruz, Luiz Daniel, Williams Santos, Lívio Corrêa, Andrey Prestes.

Ao Fábio Henrique G. Domingos.

A todos contemporâneos do mestrado, principalmente, a querida amiga Alexandra Lalor, Gêssica Andressa, Daniele Nascimento, Ana Paula.

A todos os funcionários do Instituto de Geociências pela atenção e dedicação proporcionadas no decorrer deste trabalho.

“O mundo perdeu a esperança
A vida não tem segurança
O sonho acabou, a fome aumento
Foi tudo o que restou

A triste certeza da guerra
A falta de paz sobre a Terra
A fuga do amor, o império da dor
Foi tudo o que restou

Cristo volte, volte já
Eu não quero aqui ficar
Volte Jesus, volte Jesus
Venha logo me buscar
Cristo volte, volte já

A falta de fé e harmonia
A crise na economia
A Terra tremeu, o ódio cresceu
Foi tudo o que restou

A luta por sobrevivência
A vida imoral, a indecência
Doença ruim, o choro sem fim
Foi tudo o que restou

Cristo volte, volte já
Eu não quero aqui ficar
Volte Jesus, volte Jesus
Venha logo me buscar
Cristo volte, volte já”

Williams Costa Jr.

RESUMO

As rochas vulcânicas da área sul de São Félix do Xingu, centro-sul do Estado do Pará, estão inseridas no contexto geológico da Província Geocronológica Amazônia Central, sudeste do Cráton Amazônico. Estas rochas são predominantemente relacionadas à Formação Sobreiro, e muito subordinadamente à Formação Santa Rosa, ambas pertencentes ao Paleoproterozóico Grupo Uatumã. A Formação Sobreiro é encontrada em áreas de relevo arrasado levemente colinoso de cotas inferiores a 300m. Na área em questão, as poucas ocorrências da Formação Santa Rosa também não ultrapassam altitudes de 300m. Três *fácies* distintas da Formação Sobreiro foram identificadas: 1-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição subalcalina, constitui a *fácies* dominante da área estudada; 2-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição cálcio-alcalina a shoshonítica; 3-*Fácies* vulcanoclástica subaérea. Todas as ocorrências da Formação Santa Rosa foram enquadradas em uma única *fácies* denominada, *fácies* de fluxo de lavas subaérea. As rochas vulcânicas da Formação Sobreiro são individualizadas em um amplo espectro de litotipos petrográficos: 1-plagioclásio-anfibólio andesito basáltico microporfirítico; 2-plagioclásio-clinopiroxênio-anfibólio andesito microporfirítico a porfirítico e 3-plagioclásio-anfibólio andesito microporfirítico; 4-feldspato potássico-plagioclásio-clinopiroxênio traquiandesito porfirítico, 5-feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito microporfirítico a porfirítico, 6-plagioclásio-anfibólio traquiandesito microporfirítico, 7-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito porfirítico, 8-plagioclásio-feldspato potássico-anfibólio traquiandesito microporfirítico a porfirítico, 9-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquito porfirítico e 10-plagioclásio-feldspato potássico traquito porfirítico (*Fácies 1*); 11-plagioclásio-anfibólio-clinopiroxênio traquiandesito cálcio-alcalino a shoshonítico porfirítico, 12-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito cálcio-alcalino a shoshonítico microporfirítico a porfirítico, 13-feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito cálcio-alcalino a shoshonítico porfirítico e 14-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquito cálcio-alcalino a shoshonítico (*Fácies 2*); 15-tufos de cristais félsicos, 16-lapili-tufos de cristais máficos e, 17-brechas polimíticas (*Fácies 3*). Os litotipos da Formação Santa Rosa variam de plagioclásio-feldspato potássico-quartzo riolitos a feldspato potássico-quartzo riolitos. Os dados geoquímicos dessas rochas mostram que a Formação Sobreiro variam com conteúdos de SiO₂ entre 52,14 e 69,21% e razões K₂O/Na₂O entre 0,16 e 1,62. Enquanto os vulcanitos da Formação São Rosa formam uma série evoluída com teores de SiO₂ entre 72,27 e 77,14% e razões K₂O/Na₂O entre 1,50 e 2,12. A Formação Sobreiro tem caráter essencialmente cálcio-

alcalino discretamente transicional cálcio-alcalino a shoshonítico, tem composição metaluminosa a fracamente peraluminosa e assinatura tectônica de ambiente de arco vulcânico. A Formação Santa Rosa tem composição peraluminosa a fracamente metaluminosa e assinatura tipo A, com afinidade tectônica intraplaca. Estudos comparativos das rochas vulcânicas da área sul, margem leste da segunda grande volta do Rio Xingu, com as rochas vulcânicas da área oeste/sudoeste, margem oeste, mostram perfeitas correlações das Formações Sobreiro e Santa Rosa em ambas as áreas e indicam continuidade lateral dessas unidades.

Palavras-chave: Rochas vulcânicas e vulcanoclásticas. Petrografia. Geoquímica. Fácies. Grupo Uatumã.

ABSTRACT

The volcanic rocks of south area of São Félix do Xingu, center-south of the Pará State, are inserted in the geologic context of the geocronologic Amazonia Central Province, southeastern of the Amazonian craton. These rocks are dominantly related to the Sobreiro Formation, and subordinate to the Santa Rosa Formation, both belonging to the paleoproterozoico Uatumã group. The Sobreiro Formation is found in lightly hilly and broken topography, with lower levels of 300m. In the study area, the few occurrences of the Santa Rosa Formation also do not exceed levels of 300m. Three distinct facies of the Sobreiro Formation had been identified: 1- Subaerial Lava flow of subalcalina composition facies, this it constitutes the dominant facies of the studied area; 2- Subaerial lava flow of calc-alkaline to shoshonitic composition facies; and, 3- Subaerial volcanoclastic facies. All described samples of the Santa Rosa Formation had been fit in simple facies called, Subaerial lava flow facies. The volcanic rocks of the Sobreiro Formation are individualized in wide specter of petrographic lithotype: 1-plagioclase-amphibole microporphyritic-basaltic andesite, 2-plagioclase-clinopyroxene-amphibole-microporphyritic to porphyritic andesite, 3-plagioclase-amphibole-microporphyritic andesite, 4-K-feldspar-plagioclase-clinopyroxene-porphyritic traquiandesite, 5-K-feldspar-plagioclase-amphibole-microporphyritic to porphyritic traquiandesite, 6-plagioclase-amphibole-microporphyritic traquiandesite, 7-amphibole-porphyritic traquiandesite, 8-plagioclase-K-feldspar-amphibole-microporphyritic to porphyritic traquiandesite, 9-amphibole-K-feldspar-plagioclase-porphyritic traquite, and 10-plagioclase-K-feldspar-porphyritic traquite (Facies 1); 11-calc-alkaline to shoshonitic plagioclase-amphibole-clinopyroxene-porphyritic traquiandesite, 12-calc-alkaline to shoshonitic amphibole-K-feldspar-plagioclase-microporphyritic to porphyritic traquiandesite, 13-calc-alkaline to shoshonitic K-feldspar-plagioclase-amphibole-porphyritic traquiandesite, and 14-calc-alkaline to shoshonitic amphibole-K-feldspar-plagioclase-porphyritic traquite (Facies 2); Felsic crystal tuffs, Mafic crystal lapili-tufos and polymictic breccias (Facies 3). The lithotypes of the Santa Rosa Formation vary of plagioclase-K-feldspar-quartz rhyolites to K-feldspar-quartz rhyolites. The geochemical data of these rocks show that the Sobreiro Formation have contents of SiO₂ between 52,14 and 69,21% (wt) and K₂O/Na₂O ration between 0,16 and 1,62. On the other hand, the volcanites of the Santa Rosa Formation form a evolved series with contents of SiO₂ between 72,27 and 77,14% (wt) and K₂O/Na₂O ratios between 1,50 and 2,12. The Sobreiro Formation is main calc-alkaline weakly transitional calc-alkaline to shoshonitic magmatic serie, has metaluminous to weakly peraluminous

composition and tectonic signature of volcanic arc environment. The Santa Rosa Formation has peraluminous to weakly metaluminous composition and A-type signature with intraplate tectonic affinity. Comparative studies of the volcanic rocks of the south area, edge east of the second great curve of the Xingu River, with the volcanic rocks of the west/southwestern area, edge west, shows to perfect correlations of the Sobreiro and Santa Rosa Formations in both the areas and indicates lateral continuity of these units.

Keywords: Volcanic and volcanoclastic rocks. Petrography. Geochemistry. Facies. Uatumã Group.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área sul de São Félix do Xingu.....	3
Figura 2: Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico, segundo o modelo de Tassinari & Macambira (2004).....	4
Figura 3: Mapa geológico da região de São Félix do Xingu, segundo Vasquez <i>et al.</i> (2008).....	5
Figura 4: Mapa geológico das Formações Sobreiro e Santa Rosa na região de São Félix do Xingu (Juliani e Fernandes 2010).....	11
Figura 5: Mapa geológico da região de São Félix do Xingu, modificado de Vasquez <i>et al.</i> (2008).....	19
Figura 6: Característica de campo das formações Sobreiro (a a f) e Santa Rosa (f). a) Morrote de topo abaulado de andesito (<i>fácies 1</i>); b) Detalhe em lajeiro mostrando contraste de viscosidade entre andesito basáltico microporfirítico (<i>fácies 1</i>) e a rocha afanítica mais jovem; esta feição pode ser indicativa de que a <i>fácies 1</i> da Formação Sobreiro, tal qual a definição adotada neste trabalho, foi formada por mais de um derrame de fluxo de lavas; c) Blocos e lajeiro de traquito porfirítico (<i>fácies 2</i>); d) Detalhe em bloco de lapili-tufo (<i>fácies 3</i>); e) Bloco métrico de brecha polimítica (<i>fácies 3</i>); f) Morrotes de topo abaulado cobertos por blocos submétricos a métricos das formações Sobreiro e Santa Rosa, a linha tracejada vermelha mostra o limite observado entre essas duas unidades.....	21
Figura 7: Aspectos texturais macroscópico e microscópico de plagioclásio-anfibólio andesito basáltico microporfirítico da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico; b) Aspecto microglomeroporfirítico (NC); c) Microfenocristais de anfibólio (actinolita) com lamelas de biotita e microfenocristal de anfibólio intensamente oxidado (NC); d) Microfenocristais de plagioclásio (NC). Anf=anfibólio; Bt=biotita; Pl=plagioclásio; NC=nicóis cruzados.....	25
Figura 8: Aspectos texturais macro e microscópico de andesitos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de plagioclásio-clinopiroxênio-anfibólio andesito microporfirítico; b) Aspecto porfirítico marcado por cristais de anfibólio intensamente oxidados; c) Cristais subédricos de clinopiroxênio preservados e cristal euédrico de anfibólio oxidado imersos em matriz micro a criptocristalina (NC); d) Aspecto microscópico de plagioclásio-anfibólio andesito afanítico; e) Textura microporfirítica com microfenocristais euédricos de anfibólio preservados com zoneamento concêntrico e geminação simples (NC); f) Microfenocristal de plagioclásio moderadamente alterado imerso em matriz micro a criptocrstalina (NC); g) Fragmentos líticos (setas brancas) arredondados em amostra de mão; h) Fragmento lítico contornado por opacos em lâmina (NP). Anf=anfibólio; Cpx=clinopiroxênio; Pl=plagioclásio; FL=fragmento lítico; NC=nicóis cruzados; NP=nicóis paralelos.....	27

Figura 9: Aspectos texturais macro e microscópico de traquiandesitos subalcalinos da Formação Sobreiro. a), c), e) e g) Aspectos macroscópicos; b) Aspecto porfirítico marcado por cristais de anfibólio moderada a intensamente oxidados imersos em matriz pilotaxítica local (NC); d) Aspecto microglomeroporfirítico de feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito (NC); f) Fenocristais de plagioclásio leve a moderadamente alterados e de anfibólio imersos em matriz micro a criptocristalina (NC); h) Fenocristal de plagioclásio com sinais de reabsorção e de clinopiroxênio preservado (NC). Anf=anfibólio; Pl=plagioclásio; Cpx=clinopiroxênio; NC=nicóis cruzados..... 29

Figura 10: Aspectos texturais macro e microscópico de traquitos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquito; b) Aspecto glomeroporfirítico (NC); c) Matriz micro a criptocristalina quartzo-feldspática com microfenocristal zonado de feldspato potássico (NC); d) Aspecto macroscópico de plagioclásio-feldspato potássico traquito; e) Fenocristais de feldspato potássico com borda parcialmente reabsorvida (NC); f) Fenocristais de plagioclásio moderada a intensamente sericitizado. FK=feldspato potássico; Pl=plagioclásio; Anf=anfibólio; NC=nicóis cruzados..... 31

Figura 11: Aspectos texturais macro e microscópicos de traquitoandesitos cálcio-alcalinos a shoshoníticos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito porfirítico; b) Fenocristais euédricos de anfibólio e subédricos de plagioclásio e feldspato potássico imersos em matriz microcristalina de composição quartzo-feldspática (NC); c) Aspecto macroscópico de anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito microporfirítico a porfirítico; d) Fenocristais de plagioclásio e feldspato potássico imersos em matriz criptocristalina a vitrofírica (NC); e) Fenocristais de plagioclásio, vidro alterado (cloritizado) e opacos anédricos (NP); f) Amígdala arredondada com preenchimento de epidoto (NC). Anf=anfibólio; FK=feldspato potássico; Pl=plagioclásio; Vd=vidro desvitrificado; Amig=amígdala; NC=nicóis cruzados; NP=nicóis paralelos..... 33

Figura 12: Aspectos texturais macro e microscópicos de traquitos cálcio-alcalinos a shoshoníticos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico; b) Textura porfírica marcada pela presença de fenocristais subédricos imersos em matriz microcristalina de composição quartzo-feldspática (NC); c) Fenocristais de anfibólio reliquiar, plagioclásio e feldspato potássico; d) Fenocristal subédrico de quartzo com feições de reabsorção e de feldspato potássico moderadamente alterado para argilominerais (NP). FK=feldspato potássico; Pl=plagioclásio; Anf=anfibólio; Qz=quartzo; NC=nicóis cruzados; NP=nicóis paralelos..... 34

Figura 13: Aspectos texturais macro e microscópicos de tufo de cristais da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de tufo de cristais de composição dacítica; b) Textura piroclástica em tufo de composição dacítica (NC); c) Marcante presença de vidro desvitrificado ou simplesmente alterado (NP); d) Aspecto macroscópico de tufo félsico de cristais de composição traquítica; e) Cristaloclástos de plagioclásio, feldspato potássico e quartzo (NC); f) Textura piroclástica em tufo de composição traquítica com destaque para vidro desvitrificado formando intercrescimentos esferulíticos do tipo axiolítico (NC). Vd=vidro desvitrificado; Pl=plagioclásio; FK=feldspato potássico; Qz=quartzo; NC=nicóis cruzados; NP=nicóis paralelos..... 36

Figura 14: Aspectos texturais macro e microscópicos de lapili-tufos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de lapili-tufo; b) Textura piroclástica em lapili-tufo de composição traquianadesito basáltico (NC); c) Fragmento lítico do tipo 1 com limites pouco definidos possivelmente devido a parcial reabsorção do mesmo (NC); d) Fragmento lítico do tipo 2 com forma angulosa e limites bem definidos (NC); e) Fragmento lítico do tipo 3 e vidro alterado na matriz (manchas marrom; NP); f) Fragmento lítico do tipo 4 (NC); g) Fragmento lítico com sinais de reabsorção em amostra de mão; h) Cristal de anfibólio compartilhado por fragmento lítico e a matriz da rocha (NP). Pl=plagioclásio; FK=feldspato potássico; Anf=anfibólio; FL=fragmento lítico; NC=nicóis cruzados, NP=nicóis paralelos.....	38
Figura 15: Aspectos texturais macro e microscópico de brechas polimíticas da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico; b) Textura piroclástica da matriz da rocha (NC); c) Fragmentos líticos do tipo 1, envolvidos pela matriz (NP); d) Fragmento lítico do tipo 2; e) Fragmento lítico do tipo 3; f) Fragmento lítico do tipo 4. Setas vermelhas indicam limites de fragmentos líticos. FL=fragmento lítico; NC=nicóis cruzados, NP=nicóis paralelos.....	40
Figura 16: Aspectos texturais macro e microscópicos dos riolitos da Formação Santa Rosa. a) Aspecto macroscópico; b) Fenocristais subédricos e euédricos de quartzo imersos em matriz microcristalina de composição quartzo-feldspática (NC); c) Fenocristais de feldspato potássico alterados para argilominerais (NC); d) Fenocristais de quartzo com feições de reabsorção e esferulitos submilimétrico (NC). Qz=quartzo; FK=feldspato potássico; Pl=plagioclásio; NC=nicóis cruzados.....	42
Figura 17: Classificação das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa a partir do diagrama TAS (Le Bas <i>et al.</i> 1986, Le Maitre 2002).....	45
Figura 18: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro, no diagrama K ₂ O <i>versus</i> SiO ₂ de Peccerillo & Taylor (1976).....	46
Figura 19: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro no diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971).....	47
Figura 20: Distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa no diagrama de Maniar e Piccoli (1989) baseado no índice de Shand (1950).....	48
Figura 21: Diagramas de Harker mostrando a distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa (valores em percentagem em peso). Símbolos conforme figura 17.....	49
Figura 22: Diagramas de variação das Formações Sobreiro e Santa Rosa. a) K ₂ O/Na ₂ O <i>versus</i> SiO ₂ ; b) A/CNK <i>versus</i> SiO ₂ ; c) #mg <i>versus</i> SiO ₂ ; d) FeO/(FeO + MgO) <i>versus</i> SiO ₂ . Símbolos conforme figura 17.....	50
Figura 23: Diagramas de variação de elementos traço <i>versus</i> SiO ₂ (percentagem em peso) mostrando a distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa. Símbolos conforme figura 17.....	52
Figura 24: Diagramas geoquímicos das Formações Sobreiro e Santa Rosa. a) Ba/Rb <i>versus</i> Rb/Zr; b) Rb/Sr <i>versus</i> Rb/Zr.....	53

- Figura 25: Padrões de Elementos Terras Raras normalizados ao condrito de Nakamura (1974). a) *Fácies 1*, b) *Fácies 2* e c) *Fácies 3*, Formação Sobreiro; e, d) *Fácies 1* da Formação Santa Rosa. Símbolos conforme figura 17..... 54
- Figura 26: Diagramas de afinidade tectônica das Formações Sobreiro e Santa Rosa. a) FeO^*/MgO versus $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$, Whalen (1987); b) $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{CaO}$ versus $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$, Whalen (1987); c) Ta versus Yb, Pearce *et al.* (1984); d) Th versus Hf/3 versus Ta, Wood (1980)..... 55
- Figura 27: Classificação das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu a partir do diagrama TAS (Le Bas *et al.*, 1986; Le Maitre, 2002). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=*fácies* vulcanoclásticas subalcalinas; losango=*fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos..... 62
- Figura 28: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu no diagrama K_2O versus SiO_2 de Peccerillo & Taylor (1976). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=*fácies* vulcanoclásticas subalcalinas; losango=*fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica..... 63
- Figura 29: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu no diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=*fácies* vulcanoclásticas subalcalinas; losango=*fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica..... 63
- Figura 30: Distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu no diagrama de Maniar & Piccoli (1989) baseado no índice de Shand (1943). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina coerente; triângulos=*fácies* vulcanoclásticas subalcalinas; losango=*fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos..... 64

Figura 31: Padrões de elementos terras raras, normalizados ao condrito de Nakamura (1974), das Formações Sobreiro (a, b, c e d) e Santa Rosa (e e f) das áreas sul (Este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu. a) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina (área sul); b) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina (área oeste/sudoeste); c) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica (áreas sul e oeste/sudoeste); d) *Fácies* vulcanoclásticas (áreas sul e oeste/sudoeste); e) *Fácies* de relacionadas a fluxo de lavas da Formação Santa Rosa (área sul); f) *Fácies* de relacionadas a fluxo de lavas da Formação Santa Rosa (área oeste/sudoeste). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=*fácies* vulcanoclásticas subalcalinas; losango=*fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos..... 65

Figura 32: Diagramas de afinidade tectônica Ta *versus* Yb, Pearce *et al.* (1984), das Formações Sobreiro e Santa Rosa das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu. Símbolos cheios: legenda conforme figura. 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=*fácies* vulcanoclásticas subalcalinas; losango=*fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshoníticas. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos..... 66

TABELAS

Tabela 1 - Composições químicas das rochas vulcânicas das formações Sobreiro e Santa Rosa, área sul de São Félix do Xingu.....	44
Tabela 2 - Composições químicas das rochas vulcânicas da Formação Sobreiro, área oeste/Sudoeste de São Félix do Xingu.....	60
Tabela 3 - Composições químicas das rochas vulcânicas da Formação Santa Rosa, área oeste/Sudoeste de São Félix do Xingu.....	61

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	2
1.3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	4
1.3.1 Complexo Xingu.....	5
1.3.2 Grupo São Félix.....	6
1.3.3 Granitos Tipo-I Indiferenciados.....	6
1.3.4 O Grupo Uatumã.....	7
1.3.4.1 Um Breve Histórico	7
1.3.4.2 Síntese do Estado da Arte do Grupo Uatumã.....	8
1.3.4.3 Formação Sobreiro.....	9
1.3.4.4 Formação Santa Rosa.....	10
1.3.5 Formação Triunfo.....	12
1.3.6 Suíte Intrusiva Velho Guilherme.....	12
1.3.7 Diabásio Cururu.....	13
1.3.8 Lateritos.....	14
1.3.9 Aluviões.....	14
1.4 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.5 OBJETIVOS.....	15
1.5.1 Objetivo Geral.....	15
1.5.2 Objetivos Específicos.....	15
1.6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
1.6.1 Pesquisa Bibliográfica.....	15
1.6.2 Mapeamento e Amostragem.....	16
1.6.3 Petrografia.....	16
1.6.4 Geoquímica.....	17
2 GEOLOGIA E FACIOLOGIA.....	18
2.1 FORMAÇÃO SOBREIRO.....	20
2.2 FORMAÇÃO SANTA ROSA.....	22
3 PETROGRAFIA.....	23
3.1 FORMAÇÃO SOBREIRO.....	24
3.2 FORMAÇÃO SANTA ROSA.....	41
4 GEOQUÍMICA.....	43
4.1 ELEMENTOS MAIORES.....	45
4.2 ELEMENTOS TRAÇO.....	51
4.3 ELEMENTOS TERRAS RARAS.....	53

4.4 AFINIDADE TECTÔNICA.....	55
5 ESTUDO COMPARATIVO.....	56
6 DISCUSSÕES.....	67
7 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS.....	70
ANEXOS.....	77
ANEXOS A1- TABELA DE PONTOS-CONTROLE DA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).....	78
ANEXOS A2 - TABELA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE AS ROCHAS VULCÂNICAS AFLORANTES NA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).....	79
ANEXOS A3 - TABELA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE UNIDADES GEOLÓGICAS DIVERSAS AFLORANTES NA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).....	81
ANEXOS B - MAPA GEOLÓGICO E DE PONTOS DA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).....	83

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Na Província Geocronológica Amazônia Central (Santos *et al.* 2006, Tassinari & Macambira 2004), bem como em todo o Cráton Amazônico, são encontradas extensas ocorrências de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas, sobretudo, de composições intermediárias e félsicas. Na região de São Félix do Xingu, essas rochas têm sido agrupadas ao Grupo Uatumã (Macambira & Vale 1997). Dada a ampla cobertura vegetal da floresta Amazônica, a dificuldade de acesso e a falta de continuidade lateral dos afloramentos, durante muito tempo, os estudos realizados nestas rochas deu-se em escala regional, merecendo destaque aqueles realizados por Macambira & Vale (1997) e Teixeira *et al.* (2002). Nos últimos anos, a consolidação e o fortalecimento de grupos de pesquisa nas universidades federais do país têm fomentado a realização de estudos mais detalhados dessas rochas. Nesse contexto, Fernandes (2005), Fernandes *et al.* (2006), Juliani & Fernandes (2010) e Fernandes *et al.* (2011) têm fornecido importantes contribuições a evolução do conhecimento geológico do Grupo Uatumã. Estes trabalhos apresentam a unidade basal do Grupo Uatumã representada por um conjunto formado predominantemente por rochas vulcânicas efusivas, de textura de fluxo de lavas e vulcanoclásticas agrupadas na Formação Sobreiro. A unidade superior do Grupo Uatumã, geoquimicamente distinta da unidade basal, é apresentada como um conjunto formado por derrames vulcânicos e intrusões subvulcânicas associadas, além de depósitos vulcanoclásticos soldados e não-soldados agrupados na Formação Santa Rosa.

As rochas vulcânicas da área sul de São Félix do Xingu, por outro lado, até a realização deste trabalho, eram apresentadas na literatura apenas com estudos de reconhecimento. Assim, para esta pesquisa foram traçados os objetivos de se caracterizar geológica, petrográfica e geoquimicamente essas ocorrências, visando assim, melhorar a cartografia geológica dessa área e correlacioná-las com os demais vulcanitos encontrados nas áreas vizinhas.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área desta pesquisa está localizada na porção sul do município de São Félix do Xingu, região centro-sul do estado do Pará (Figura 1). Ela compõe parte da Folha SB-22-Y-B - São Félix do Xingu (1:250000; Macambira & Vale 1997) sendo limitada pelos paralelos 6°40'S e 7°00'S e meridianos 51°50' W e 52°12' W. Tem como vias de acesso terrestre mais fácil as rodovias PA-150 e PA-279 (Xinguara - Tucumã - São Félix do Xingu). A razoável quantidade de estradas e vicinais que conduzem às sedes de fazendas e as condições das mesmas que, em épocas de estiagem, permitem a circulação de veículos, tornam possíveis os trabalhos de campo.

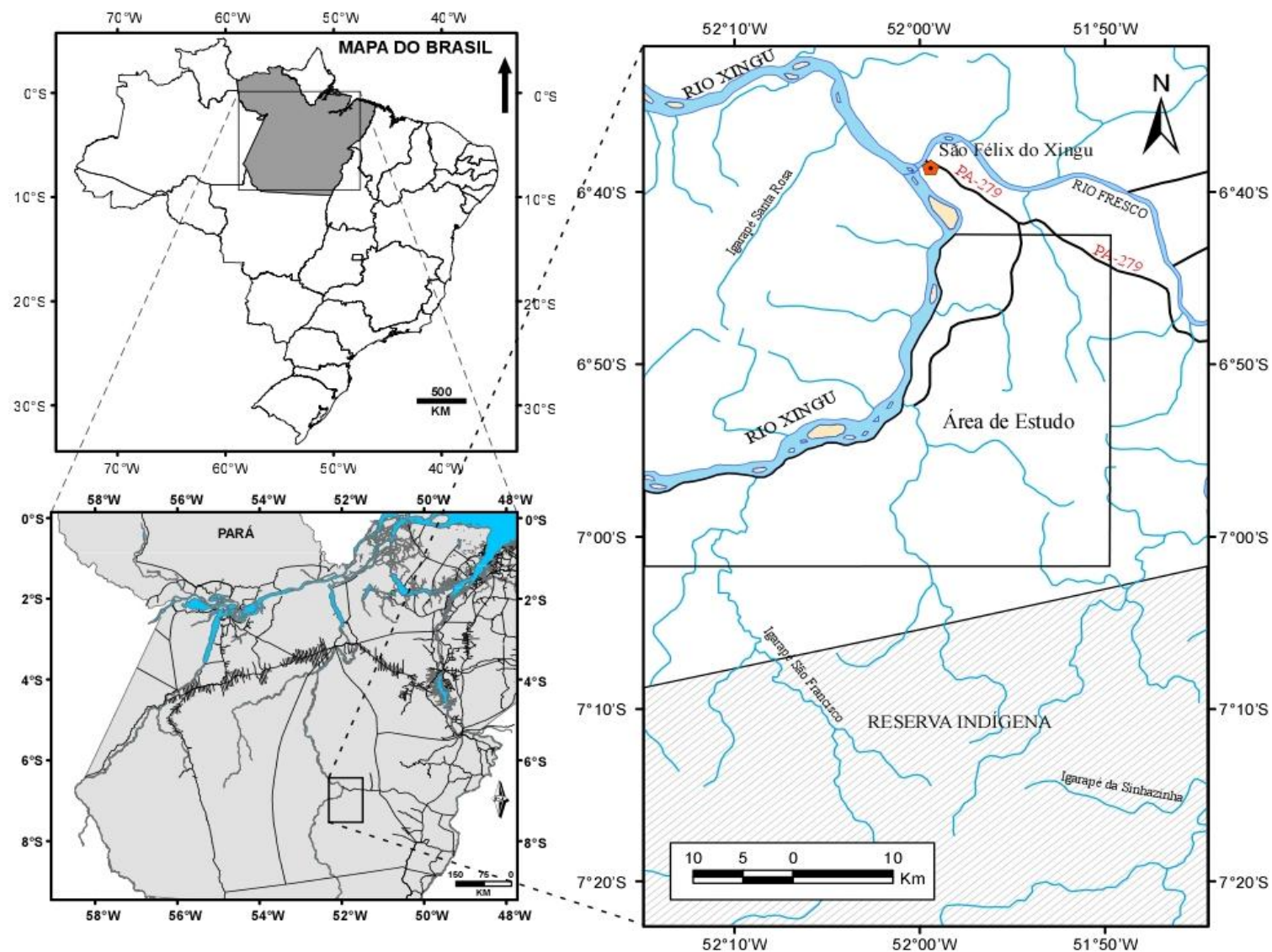


Figura 1: Mapa de localização da área sul de São Félix do Xingu.

1.3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A região de São Félix do Xingu, segundo o modelo de Tassinari & Macambira (2004; Figura 2) ou de Santos *et al.* (2006) está inserida no contexto geológico da Província Geocronológica Amazônia Central, borda leste do Cráton Amazônico. O quadro litoestratigráfico dessa região, segundo o Mapa Geológico do Estado do Pará (Figura 3; Vasquez *et al.* 2008), é representado pelas unidades arqueanas do Complexo Xingu (2,97 Ba.; Pb-Pb em zircão; Avelar *et al.* 1999) e Grupo São Félix. Um conjunto de granitóides cálcio-alcalinos denominados Granitos Tipo I Indiferenciados (Vasquez *et al.* 2008), as formações Sobreiro e Iriri que juntas formam o Grupo Uatumã (1,88 Ba; Pinho *et al.* 2006), a Suíte Intrusiva Velho Guilherme (Macambira & Vale 1997) e a Formação Triunfo (Silva *et al.* 1974) compõem o Proterozóico aflorante nesta região. O Fanerozóico é representado pelo Diabásio Cururu, lateritos e depósitos aluvionares (Macambira & Vale 1997).

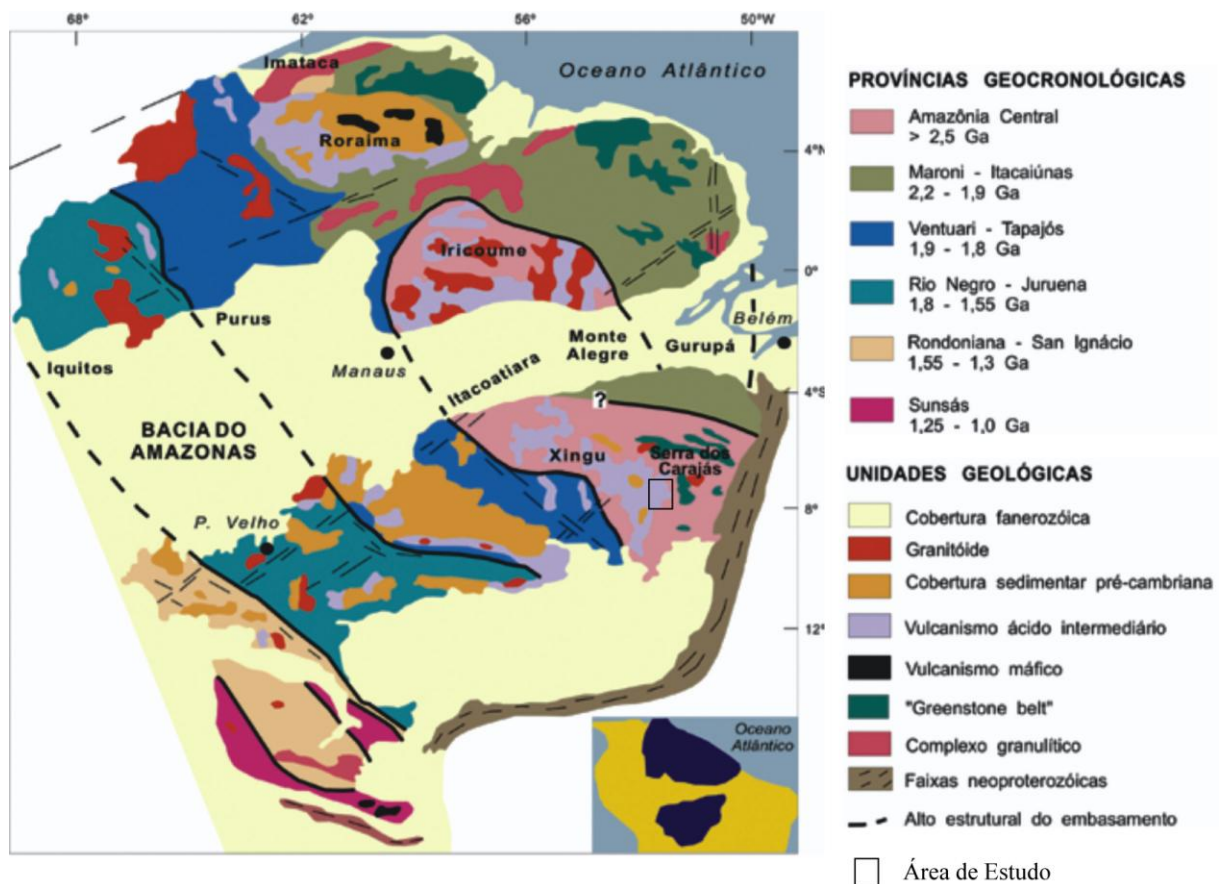


Figura 2: Províncias Geocronológicas do Cráton Amazônico, modelo de Tassinari & Macambira (2004).

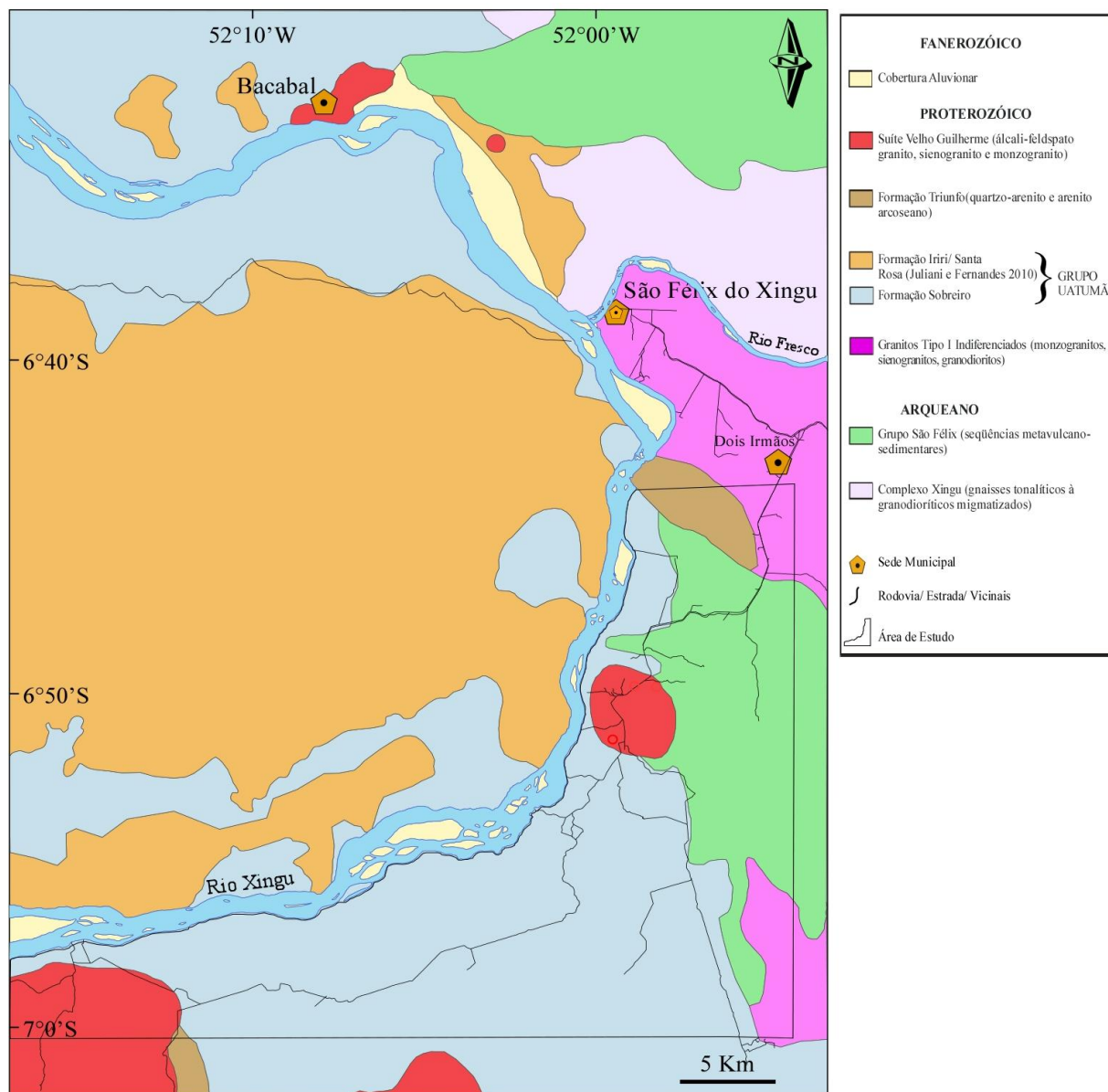


Figura 3: Mapa geológico da região de São Félix do Xingu, segundo Vasquez *et al.* (2008).

1.3.1 Complexo Xingu

O Complexo Xingu, segundo Vasquez *et al.* (2008) corresponde a um conjunto de ortognaisses e migmatitos fortemente associados, bimodais (ricos em ortoanfibolitos), além de granitóides pouco estudados. Predominam as composições tonalíticas enquanto as granodioríticas e trondhjemiticas são subordinadas. Avelar *et al.* (1999) dataram ortognaisses granodioríticos da região de Tucumã, proximidades da região de São Félix do Xingu, e obtiveram idades de 2974 ± 15 Ma (Pb-Pb em zircão). Machado *et al.* (1991) realizam estudos geocronológicos em leucossomas coletados nos arredores de Curionópolis que forneceram idades de 2859 ± 2 Ma (U-Pb em RT), estes interpretaram essa idade como a última migmatização registrada. Vasquez *et al.* (2008), com base na compilação de dados de

muitos pesquisadores (Machado *et al.* 1991, Pimentel & Machado 1994, Avelar 1996, Huhn *et al.* 1999, Faraco *et al.* 2004, Lacerda Filho *et al.* 2004) e na obtenção de novos dados (Macambira *et al.* 2001, 2003, Vasquez *et al.* 2005, Vasquez 2006), em nota explicativa, propuseram que essa unidade fosse referida apenas como as ocorrências do Domínio Carajás passando, então, a incorporar somente as rochas mesoarqueanas as quais teriam sido o embasamento ou as encaixantes das seqüências de *greenstone belts* e granitóides neoarqueanos do referido domínio, incluindo aí aquelas do Grupo São Félix. Segundo Araújo *et al.* (1991), em termos tectonoestruturais, da escala de mapa até a de lâmina delgada, estas rochas apresentam padrões anastomosados e fortemente assimétricos, e são controladas por um regime tectônico imbricado (em geral, foliações com mergulhos $< 60^\circ$ e *trend* E-W).

1.3.2 Grupo São Félix

O Grupo São Félix, segundo Vasquez *et al.* (2008), é constituído por seqüências metavulcano-sedimentares do tipo *greenstone belts*; sua idade neoarqueana deve-se a forte correlação dessas seqüências com aquelas dos Grupos Grão Pará (2758 ± 39 Ma; U-Pb em zircão; Wirth *et al.* 1986), Igarapé Salobo, Igarapé Bahia, Igarapé Pojuca, Rio Novo, Aquiri e São Sebastião.

Segundo Macambira & Vale (1997), o Grupo São Félix é constituído por rochas metaultramáficas, metamáficas, metavulcânicas ácidas e metassedimentares, que apresentam deformação heterogênea desde pouco deformadas até com forte estiramento mineral e milonitização. As rochas metaultramáficas e metamáficas são representadas por anfibolitos e clorita xistos, metabasaltos e serpentinitos, finos a afaníticos. As metavulcânicas ácidas são afaníticas e de ocorrência subordinada. O conjunto metassedimentar é representado por metarenitos, metarcóseos, metagrauvacas, filitos ferruginosos, xistos micáceos, quartzitos e formações ferríferas bandadas.

O metamorfismo que afetou as supracrustais do Grupo São Félix é de fácies xisto verde. O quimismo dos metamafitos indica composição toleítica, tipo TH2 de Condie (1981), com características de ambiente tipo arco de ilha, sem descartar, no entanto, a possibilidade de um ambiente continental ou transicional (Macambira & Vale 1997).

1.3.3 Granitos Tipo-I Indiferenciados

A unidade paleoproterozóica informalmente denominada por Vasquez *et al.* (2008) de Granitos Tipo I Indiferenciados compõe um conjunto de granitóides cálcio-alcalinos de idade 1921 ± 69 Ma (Rb-Sr em RT; razão inicial de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i = 0,7045$; Macambira & Vale 1997).

Tais corpos foram individualizados a partir da interpretação de produtos de sensores remotos e aerogeofísicos (Faraco *et al.* 2004, Ferreira *et al.* 2004, Rizzoto *et al.* 2004). Na região de São Félix do Xingu, eles apresentam relevo intensamente arrasado, com radiação média em mapas de contagem total (Vasquez *et al.* 2008). Ainda nesta região, Macambira & Vale (1997) mapearam um batólito composto por monzogranitos, além de sienogranitos e granodioritos, subordinados, com biotita, hornblenda e hiperstênio e diopsídio reliquiais, com afinidade química cálcio-alcalina. São rochas de cor cinza, equigranulares e porfíricas, de granulação média a fina, e isotrópicas. Este corpo foi intrudido pelo Granito Antônio Vicente da Suíte Velho Guilherme, recoberto por rochas vulcânicas félsicas do Grupo Iriri e sedimentares da Formação Triunfo, e recortado por diques de diabásio mesozóicos (Diabásio Cururu). Por correlação com os granitos da Suíte Intrusiva Parauari os Granitos Tipo I Indiferenciados são considerados orosirianos.

1.3.4 O Grupo Uatumã

1.3.4.1 Um Breve Histórico

Ao logo do tempo, o termo Uatumã passou por uma série de modificações, correspondendo primeiramente às rochas vulcânicas e sedimentares, depois, restrito as efusivas intermediárias, e, atualmente, envolvendo além das vulcânicas ácidas e intermediárias e as sedimentares, um conjunto de rochas intrusivas comumente associadas às vulcânicas ácidas. Em tais modificações o termo sofreu oscilação também quanto à categoria de nomenclatura estratigráfica que deveria assumir. Assim, o termo foi inicialmente cunhado como Série Uatumã, onde estavam inclusas as rochas vulcânicas e sedimentares coletadas ao longo do vale do Rio Uatumã (Oliveira & Leonardos 1949, Albuquerque 1922). Anos mais tarde, correspondendo a um pacote de rochas vulcânicas intermediárias intercaladas com arcósios encontradas na bacia do Rio Tapajós nasceu o termo Grupo Uatumã (Barbosa *et al.* 1966). Posteriormente, o termo foi estendido às rochas encontradas em ambas as margens da bacia do Amazonas (Barbosa 1966). Na década de 1970, fazendo menção apenas às rochas vulcânicas, o chamado Grupo Uatumã foi formalizado nessa categoria (Caputo *et al.* 1972). Pouco tempo depois, esse Grupo foi dividido nas formações Rio Fresco (base), Sobreiro (intermediária) e Iriri (topo), Silva *et al.* (1974). No ano seguinte, foram incluídas no Grupo Uatumã rochas vulcânicas ácidas e subvulcânicas do tipo granófiros, granitos e granodioritos (Santos *et al.* 1975).

Outros trabalhos (Bizarella *et al.* 1980, Santos 1984, Faraco *et al.* 1997, Reis & Fraga 1996) agruparam as descontínuas ocorrências desse amplo magmatismo Paleoproterozóico e

as denominaram genericamente Supergrupo Uatumã (SGU). Durante muito tempo, todas as rochas vulcânicas do SGU foram tidas como ligadas a um único evento que teria afetado todo o Cráton Amazônico (Santos 1984). A partir de dados geoquímicos, no entanto, o magmatismo do SGU foi considerado heterogêneo e composto de pelo menos duas séries vulcânicas, não comagmáticas e, provavelmente, não contemporâneas (Dall'Agnol *et al.* 1994, 1999a, b). Lamarão *et al.* (2002) com base em assinaturas geoquímicas e dados geocronológicos Pb-Pb em zircão de vulcanitos da região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós, caracterizaram duas sequências vulcânicas distintas: a primeira, com idades aproximadas de 2000 Ma e afinidade cálcio-alcalina, denominada Formação Vila Riozinho e a segunda, com idades que variam de 1875 a 1890 Ma e características subalcalinas, denominada Formação Moraes Almeida.

Dependendo de suas áreas de ocorrência, atualmente são utilizadas para as rochas vulcânicas Paleoproterozóicas do Cráton Amazônico, as seguintes denominações: Grupo Uatumã (Vasquez *et al.* 2008, Macambira & Vale 1997, Teixeira *et al.* 2002) na região de São Félix do Xingu (PA); Grupo Iriri (Santos *et al.* 1975), na região do Tapajós (PA); Grupo Iricoumé (Montalvão 1975), nas regiões de Pitinga (AM) e noroeste do Pará; e, Grupo Surumu (Montalvão 1975), em Roraima.

1.3.4.2 Síntese do Estado da Arte do Grupo Uatumã

Atualmente o termo Grupo Uatumã é utilizado conforme Macambira & Vale (1997) que durante mapeamento da Folha São Félix do Xingu (SB-22-Y-B), determinaram que o Grupo Uatumã seria parte de uma sequência vulcano-sedimentar Paleoproterozóica que preenche a Bacia do Médio Xingu. Estes autores consideraram o Grupo Uatumã como uma unidade formada por duas associações vulcânicas distintas. A primeira delas corresponderia à unidade inferior do Grupo, teria composição intermediária a félsica e seria denominada Formação Sobreiro (termo proposto por geólogos do Projeto Rio Fresco, IDESP 1970; nome este advindo da extinta localidade Sobreiro onde teria sido feita a seção-tipo desta formação). A segunda associação representaria a porção superior do Grupo Uatumã, teria composição exclusivamente félsica e seria denominada Formação Iriri (nome este que teria sido emprestado do Rio Iriri, ao longo do qual, foram encontrados os primeiros registros dessa unidade por geólogos do Projeto Pesquisa Mineral no Iriri-Curuá, desenvolvido pela Geomineração Ltda., para a antiga Superintendência da Amazônia-SUDAM).

Em trabalhos mais recentes, realizados na região de São Félix do Xingu, o Grupo Uatumã é tido como uma unidade bimodal (Figura 4) formada a partir de um evento vulcano-

plutônico ocorrido durante o Paleoproterozóico (1,88 a 1,87 Ba) e representaria parte do Supergrupo Uatumã (Fernandes 2009). Juliani & Fernandes (2010), a fim de distinguir as rochas vulcânicas félsicas da região de São Félix do Xingu, até então denominadas Formação Iriri, dos vulcanitos félsicos cálcio-alcálinas do Grupo Iriri (Faraco *et al.* 1997, Juliani *et al.* 2005), Província Aurífera do Tapajós, com base em dados geoquímicos, propuseram que a unidade superior do Grupo Uatumã fosse denominada Formação Santa Rosa.

1.3.4.3 Formação Sobreiro

A Formação Sobreiro, encontrada em ambas as margens da chamada segunda grande volta do Rio Xingu (Figura 4), é uma associação vulcânica de composição predominantemente intermediária e, subordinadamente, félsica (Macambira & Vale 1997, Teixeira *et al.* 2002, Juliani & Fernandes 2010) de idade 1880 ± 6 Ma (dacito; Pb-Pb em zircão; Pinho *et al.* 2006). Compreende *fácies* de fluxo de lavas, com estruturas de fluxo horizontal a subhorizontal, representada por andesitos basálticos, andesitos, lati-andesitos, latitos, quartzo latitos, dacitos e riódacitos (classificação segundo o diagrama R1 *versus* R2 de De La Roche 1980 utilizada por Fernandes 2009), e *fácies* vulcanoclásticas de origem autoclástica, brecha autoclástica; ou fluxo piroclástico, tufos de cristais máfico, lapili-tufo e brecha polimítica maciça (Juliani & Fernandes 2010).

Geoquimicamente, essas rochas são metaluminosas, de natureza cálcio-alcálica transicional de alto-K a shoshonítica e têm afinidade geoquímica de granitóide de arco vulcânico (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009). Constituem uma série expandida com conteúdos de SiO₂ entre 51 e 65% e baixas razões K₂O/Na₂O (em média 0,8). Todas as rochas dessa formação são enriquecidas em elementos terras raras leves em relação aos pesados, com razões (La/Yb)_N entre 9,72 e 23,88 nas rochas coerentes, e entre 8,85 e 17,72 nas rochas vulcanoclásticas, e têm baixas a inexistentes anomalias de Eu, com razões (Eu/Eu*) entre 0,82 e 1,12 (Fernandes 2009). Quando comparado ao MORB de Pearce (1983) o quimismo dessas rochas mostra um enriquecimento em *large ion lithophile elements*-LILE (Sr, Rb, Ba e K) e um expressivo empobrecimento em Ta, Nb, Ti, Y e Yb.

Teixeira *et al.* (2002), com base em estudos de isótopos de Nd em andesitos da Formação Sobreiro, determinaram valor de ϵ_{Nd} igual a -10,1 e idade T_{DM} de 3,11 Ba. Recentemente, Fernandes (2009), a partir de amostras de lati-andesitos e andesitos, determinou valores de ϵ_{Nd} entre -9,61 e -4,56 e intervalo de idades T_{DM} entre 2,89 e 2,49 Ba.

1.3.4.4 Formação Santa Rosa

A Formação Santa Rosa, de ocorrência mais expressiva nas porções sudoeste e nordeste de São Félix do Xingu (Figura 4), corresponde a uma associação vulcânica félsica gerada por episódios multicíclicos, explosivo e efusivo predominantemente, associado com grandes fissuras crustais de até 30 Km de comprimento de direções NE-SW e, subordinadamente, NW-SE (Juliani & Fernandes 2010). Estes mesmos autores, com base em observações de campo e petrográficas, identificaram 4 *fácies* distintas, são elas: 1-*Fácies* de fluxo de lava subárea maciça e intrusões félsicas; 2-*Fácies* ignimbrítica próxima a intermediária da fonte com tufos de cinza não soldados; 3-*Fácies* vulcanoclástica félsica próxima da fonte com tufos, lapili-tufos e brechas; 4-*Fácies* intrusivas félsicas tardias representadas por granitos porfiríticos na forma de *stocks* ou diques de espessura métrica.

Fernandes (2009) datou, pelo método Pb-Pb em zircão, amostras de tufo de cinza e riolito desta formação e obteve valores respectivos de $1884 \pm 1,7$ Ma e 1879 ± 2 Ma. Idades essas levemente superiores àquelas determinadas por Teixeira *et al.* (2002) e Pinho *et al.* (2006) para os granitos da Suíte Intrusiva Velho Guilherme em torno de 1,87 Ba

Geoquímicamente, as rochas da Formação Santa Rosa compreendem álcali riolitos, e subordinados riolitos e riodacitos, peraluminosos, levemente, metaluminosos com características subalcalinas a alcalinas e afinidade geoquímica intraplaca (Fernandes *et al.* 2006; Fernandes 2009). Constituem uma série evoluída com conteúdos de SiO₂ entre 65 e 77 % e altas razões K₂O/Na₂O (em média 1,96). Todas as rochas dessa formação são enriquecidas em elementos terras raras leves em relação aos pesados, com razões (La/Yb)_N entre 8,6 e 27,05 nas rochas de textura de fluxo de lavas (*fácies* 1), entre 5,37 e 40,62 nos ignimbritos e tufos associados (*fácies* 2), entre 8,88 e 12,14 nos tufos de cristais félsicos, entre 11,39 e 18,44 nos granitos porfiríticos (*fácies* 4), e têm anomalias negativas de Eu em quase todas as amostras, com razões (Eu/Eu*) entre 0,07 e 1,04 (Fernandes, 2009). Em relação ao MORB de Pearce (1983) o quimismo dessas rochas mostra, além das anomalias negativas em Ta e Nb também atribuídas as amostras da Formação Sobreiro, anomalias negativas de Sr, Ba, K e Ti.

O modelo de evolução proposto por Juliani & Fernandes (2010) para essa formação compreende 4 estágios: 1-Fase predominantemente extensional durante a qual teria se formado uma câmara magmática batolítica ou uma série de câmaras magmáticas; 2-Fase de erupção rica em voláteis (primeiro vulcanismo explosivo) e formação dos primeiros depósitos vulcanoclásticos; 3-Fase de erupção efusiva sem a participação de voláteis e formação de

extensa cobertura riolítica por fluxo de lava; e, 4-Fase de intrusões rasas de granitos porfíricos na forma de diques e *stocks*.

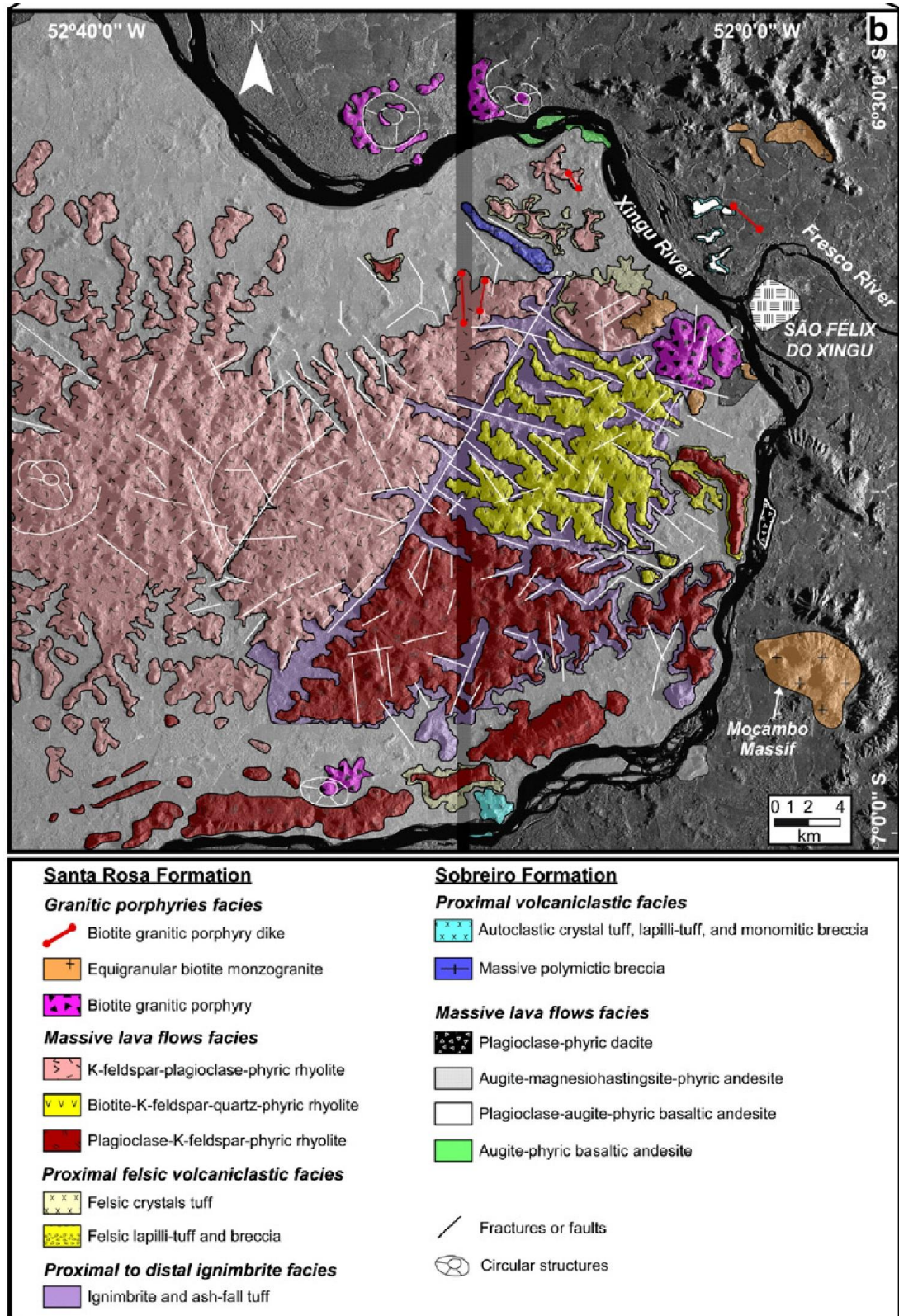


Figura 4: Mapa geológico das Formações Sobreiro e Santa Rosa na região de São Félix do Xingu (Juliani e Fernandes 2010).

1.3.5 Formação Triunfo

A Formação Triunfo corresponde às rochas sedimentares de significativa contribuição detrítica, principalmente de origem vulcânica félsica, relacionadas a um estágio avançado da evolução de um rifte (tafrogênese) implantado durante o Orosiriano e o Estateriano (Vasquez *et al.* 2008), posteriores, portanto às vulcânicas do Grupo Uatumã. Esta unidade é composta de quartzos arenitos, arenitos líticos e arenitos arcoseanos subordinados, com conglomerados polimíticos e siltitos associados. Os arenitos geralmente são de granulação média a fina, arredondamento dos grãos variado, selecionamento moderado com cimentos silicosos e ferruginosos. Nos arenitos líticos, os clastos são de chert e rocha vulcânica, e nos arenitos arcoseanos os grãos de feldspatos apresentam variado grau de argilização (Vasquez *et al.* 2008). Os grãos de quartzo mostram fraca extinção ondulante e raro sobrecrecimento silicoso (Forman *et al.* 1972; Macambira & Vale 1997). Os conglomerados polimíticos apresentam seixos arredondados de até 20 cm de rochas vulcânicas félsicas, quartzitos e formações feríferas, em uma matriz de arenito lítico grosseiro. Silva *et al.* (1974) descrevem seixos de granito, enquanto Forman *et al.* (1972) destacam a ausência desses nos conglomerados. Os siltitos são avermelhados e endurecidos, por vezes hospedam concreções argilosas centimétricas. Macambira & Vale (1997) propuseram um ambiente continental, do tipo leque aluvial e fluvial entrelaçado para deposição dos sedimentos da Formação Triunfo. Macambira & Vale (1997) identificaram rochas da Formação Triunfo sobrepostas ao Complexo Xingu, Grupo São Félix, Formação Sobreiro e Grupo Iriri, e sugeriram que a Formação Triunfo seria cortada pelo Granito Antônio Vicente da Suíte Intrusiva Velho Guilherme. Embora as relações estratigráficas da Formação Triunfo ainda não estejam bem definidas, pode-se admitir que esta sedimentação continental sucedeu o vulcanismo orosiriano do Grupo Iriri e Formação Sobreiro.

1.3.6 Suíte Intrusiva Velho Guilherme

A Suíte Intrusiva Velho Guilherme, assim definida por Macambira & Vale (1997), inclui os granitos Velho Guilherme, Antônio Vicente, Benedita, Bom Jardim, Serra da Queimada, Ubim, Rio Xingu e Mocambo. Os granitos dessa suíte ocorrem como stocks e batólitos de formas arredondadas e irregulares, que nos produtos de sensores remotos, inclusive aerogeofísicos, são caracterizados por um relevo cupuliforme e uma radiação elevada, contrastantes com as suas rochas encaixantes (Vasquez *et al.* 2008). De modo geral, são leucogranitos de cores rosa e cinza, apresentando cores avermelhadas quando alterados

hidrotermalmente, com texturas que variam de equigranular a porfirítica seriada, isótipos e de granulação média a fina. Por vezes, ocorrem greisens associados. Teixeira (1999) estudou alguns corpos graníticos desta suíte, distinguindo sienito e monzogranitos com biotita e anfibólio (hastingsita e edenita), com subordinados feldspato alcalino granitos e sienogranitos granofíricos no Granito Antônio Vicente; sienito e monzogranitos a biotita no Granito Mocambo, sienogranitos hololeucocráticos com biotita no Granito Velho Guilherme e um predomínio de feldspato-alcalino granitos com biotita nos granitos Rio Xingu e Benedita. Pinho (2009) reconheceu monzogranitos e sienogranitos a biotita médios a grossos, no Granito Bom Jardim. Mineralizações de cassiterita, wolframita e tantalita foram identificados nas rochas sienograníticas e monzograníticas hidrotermalmente alteradas e em corpos de greisens associados. Plagioclásio sódico (albita e oligoclásio), microclínio perítico, biotitas ricas em ferro e alumínio (anita e siderofilita), zircão, monazita, allanita e óxidos de Fe e Ti são minerais comuns a esses corpos graníticos. Albita, microclínio, epidoto, clorita, sericita, muscovita, fluorita, fluorcerita, thorita, topázio, carbonato, clorita, estanita, calcopirita e esfalerita, ocorrem como produto de alteração hidrotermal pós-magmática. Os greisens apresentam variedades com siderofilita, sericita, muscovita, clorita e quartzo. A cassiterita está associada aos granitos alterados e greisens. Esses granitos apresentam uma assinatura química típica de granitos tipo A de ambiente continental intraplaca (Teixeira 1999, Teixeira *et al.* 2005). Teixeira *et al.* (2002b) e Pinho *et al.* (2006) obtiveram idades de cristalização entre 1887 ± 5 e 1862 ± 16 Ma para os granitos da Suíte Intrusiva Velho Guilherme através do método Pb-Pb em zircão. Segundo Teixeira *et al.* (2002b), os isótopos de Nd (ϵ_{Nd} 1,86 Ba de -12,2 a -7,9 e T_{DM} de 3,25 a 2,98 Ba) dos granitos desta suíte indicam uma significativa contribuição crustal arqueana na origem. Conforme Macambira *et al.* (1997), os granitos da Suíte Intrusiva Velho Guilherme intrudem rochas arqueanas do Complexo Xingu, dos Grupos São Félix e Tucumã, e rochas paleoproterozóicas da Formação Sobreiro e do Grupo Iriri (este último aqui denominado de Formação Santa Rosa, segundo a proposição de Juliani & Fernandes 2010), além dos Granitos Tipo I Indiferenciados e da Formação Triunfo.

1.3.7 Diabásio Cururu

A unidade denominada Diabásio Cururu é constituída por enxames de diques máficos de vários quilômetros de extensão, dispostos, preferencialmente, nas direções NW-SE e NE-SW (Macambira & Vale 1997). Não existem dados geocronológicos desta unidade no âmbito da Folha São Félix do Xingu, no entanto, devido sua correlação cronolitoestratigráfica com outras ocorrências de magmatismo máfico do Cráton Amazônico, tais como o Diabásio da

Cachoeira do Piriquito (rio Aripuanã) do triássico e as rochas basálticas da Bacia do Amazonas datadas pelo método K-Ar no intervalo entre o Permiano Inferior e o Jurássico, Tomaz Filho *et al.* (1974), estes autores admitem que essa unidade tenha idade Mesozóica, entre o Eo-Paleozóico e o Eo-Cretáceo.

1.3.8 Lateritos

Macambira & Vale (1997) denominaram Terciário Laterítico as coberturas sedimentares e crostas lateríticas encontradas em toda a área de abrangência da Folha São Félix do Xingu, normalmente, associadas a cotas superiores a 300 metros, constituídas de oxihidróxidos de ferro e alumínio, argilominerais e minerais resistatos, originados de rochas preexistentes, submetidas às condições climáticas reinantes no Terciário.

1.3.9 Aluviões

Na região de São Félix do Xingu, o Fanerozóico é representado por depósitos de sedimentos, predominantemente, inconsolidados de natureza areno-argilosa e topo siltico-argiloso, com matéria orgânica, associados aos cursos d'água, limitados a cotas inferiores a 200 m, constituindo faixas alongadas ou não, com espessura máxima ligeiramente superior a 5 metros (Macambira & Vale 1997, Vasquez *et al.* 2008).

1.5 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A grande quantidade e diversidade de depósitos minerais hospedados na Província Carajás têm alertado, desde a década de 50, sobre a importância de se caracterizar e entender geologicamente toda sua área de abrangência. Embora, há muito, tal necessidade tenha sido percebida por diversos órgãos e pesquisadores (DOCEGEO 1988, Hirata *et al.* 1982, Hasui *et al.* 1984, 1993), ainda predominam os trabalhos em escala regional (1:250000). Neste sentido, estudos de semidetalhe e detalhe podem contribuir para melhorar o conhecimento geológico local e regional.

Trabalhos de campo recentes realizados por pesquisadores do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG-UFPA) levaram a descoberta de diversos vulcanitos na área sul de São Félix do Xingu. Entretanto, estudos sobre as relações de campo, petrográficos e geoquímicos em tais rochas ainda encontram-se ausentes, dificultando uma análise comparativa com outras ocorrências de rochas vulcânicas do cráton Amazônico como um todo e, principalmente, com aquelas situadas nas porções oeste e sudoeste de São Félix do Xingu (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010).

Portanto, tais rochas necessitam de trabalhos de campo, estudos petrográficos e geoquímicos detalhados que permitam uma melhor compreensão quanto às séries magmáticas, ambiência geotectônica, evolução e gênese das mesmas. Além disso, esses estudos permitirão comparações detalhadas entre esses vulcanitos situados a sul de São Félix e outros de áreas circunvizinhas.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo central deste trabalho foi a caracterização das rochas vulcânicas da área sul de São Félix do Xingu no que diz respeito aos seus aspectos geológicos, petrográficos e geoquímicos. Pretendeu-se com isso ampliar o conhecimento sobre os vulcanitos da Província Carajás.

1.6.2 Objetivos Específicos

O desenvolvimento deste trabalho teve os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar e classificar petrográfica e geoquimicamente as rochas vulcânicas da área sul de São Félix do Xingu;
- Definir suas afinidades geoquímicas, séries magmáticas e ambiência geotectônica;
- Correlacionar essas rochas com aquelas presentes nas áreas oeste e sudoeste de São Félix do Xingu (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010).
- Melhorar a cartografia dessas rochas tendo por base o Mapa Geológico do Estado do Pará (Vasquez *et al.* 2008).

1.7 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram empregadas as seguintes técnicas para alcançar os objetivos traçados nesta pesquisa.

1.7.1 Pesquisa Bibliográfica

Foi realizado um amplo levantamento bibliográfico referente à geologia da área de estudo, bem como dissertações e artigos que abordam a integração dos dados petrográficos e geoquímicos. Temas específicos, concernentes à evolução, petrogênese e geoquímica de rochas vulcânicas também foram consultados.

1.7.2 Mapeamento e Amostragem

A fase de campo, realizada durante o período de 06 a 14/07/09, teve como objetivo delimitar a área de estudo em função de sua acessibilidade e condição aflorante dos vulcanitos. Para isso, foram utilizados como mapa-base as informações de bases logísticas e geológicas da Folha São Félix do Xingu (SB-22-Y-B) elaboradas por Macambira & Vale (1997) e modificadas mais tarde pela Vasquez *et al.* (2008), acrescentadas as estradas locais tomadas a partir da interpretação de imagens de satélite através do *software Google Earth*. Os trabalhos de campo possibilitaram a descrição de afloramentos e a tomada de 97 pontos por GPS (Sistema de Posicionamento Global), além da coleta sistemática de amostras correspondentes a diversos litotipos vulcânicos encontrados. Desses 97 pontos, 15 correspondem a pontos-controles (sedes de fazendas, bifurcações, etc.; Anexo A1), 41 são pontos em que afloram outras unidades geológicas da área sul de São Félix do Xingu, como por exemplo o Grupo São Félix (Anexo A3) e os demais 41 são pontos em que afloram rochas do Grupo Uatumã, foco deste trabalho (Anexo A2). Foram utilizados ainda, 6 pontos de rochas vulcânicas do acervo do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides-PPGG (IG/UFPA) identificados por Pinho (2009). A distribuição cartográfica de todos os pontos levantados e compilados consta no Anexo B.

1.7.3 Petrografia

Foram feitas descrições macroscópicas de todas as amostras coletadas, incluindo aí algumas amostras de metavulcânicas máficas do Grupo São Félix muito semelhantes a algumas vulcânicas intermediárias da Formação Sobreiro. Os resultados petrográficos apresentados neste trabalho representam os dados obtidos a partir do estudo macroscópico e da descrição microscópica de 59 lâminas polidas de rochas do Grupo Uatumã, sendo 6 referentes a Formação Santa Rosa e as demais 53 pertencentes à Formação Sobreiro. Durante esta fase, foram realizadas identificações mineralógicas, observações texturais e estimativas modais de fenocristais e de fragmentos de cristais, vítreos e líticos, no caso das amostras de rochas vulcanoclásticas. Dessa maneira, o estudo petrográfico possibilitou que as rochas de textura coerente fossem nomeadas segundo os critérios de McPhie *et al.* (1993) e que as rochas vulcanoclásticas fossem classificadas, em conformidade com o diagrama de Fisher (1966), segundo o conteúdo modal estimado e os tamanhos dos fragmentos presentes nas mesmas. Além disso, foram realizadas, interpretações das feições texturais e das transformações tardi a pós-magmáticas dos minerais transparentes.

1.7.4 Geoquímica

Com base nos estudos petrográficos e na distribuição cartográfica, 19 amostras consideradas preservadas e com poucas transformações tardi-magmáticas, portanto, representativas das variedades de rochas vulcânicas encontradas na área sul de São Félix do Xingu, foram selecionadas para análises químicas em rocha total. Para isso, as amostras foram trituradas, pulverizadas e quarteadas isoladamente. Feita esta preparação, foram realizadas análises químicas por meio de ICP-ES (*Inductively Coupled Plasma – Emission Spectrometry*) para elementos maiores e menores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , MnO , Na_2O , K_2O , P_2O_5), e por meio de ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry*) para os elementos traços (Rb, Sr, Ba, Ga, Y, Zr, Nb, U, Th, Cr, Ni, V), incluindo os Terras Raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Er, Yb e Lu), no Laboratório ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTDA. Isto possibilitou a classificação geoquímica dos vulcanitos segundo as recomendações da IUGS e os critérios de Le Maitre (2002), além da caracterização de seus quimismos segundo os procedimentos indicados em Rolisson (1993). Dada a heterogeneidade de algumas vulcanoclásticas mais grosseiras (brechas polimíticas), estas não foram consideradas apropriadas para análise química em rocha total e sua classificação final seguiu apenas os critérios descritivos de Fisher (1996), conforme já mencionado no tópico anterior. Análises químicas compiladas a partir de dados fornecidos por pesquisadores do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (IG/UFGA) de outras 5 amostras dessa área também foram utilizadas neste trabalho.

2 GEOLOGIA E FACIOLOGIA

Ao longo dos anos, os estudos realizados nas rochas vulcânicas existentes na área de São Félix do Xingu apontaram para existência de duas associações vulcânicas distintas que juntas compõem o Grupo Uatumã. Destacam-se os trabalhos de Macambira & Vale (1997) que, durante mapeamento da Folha São Félix do Xingu (SB-22-Y-B), realizaram estudos petrográficos, geoquímicos e aerogeofísicos destas unidades e relacionaram as rochas vulcânicas intermediárias da Formação Sobreiro a um intenso magmatismo extrusivo exclusivamente efusivo que representaria a porção basal do Grupo Uatumã. A outra unidade, representando o topo do grupo, compreenderia um conjunto de rochas vulcânicas e vulcanoclásticas materializadas a partir de um intenso e extenso vulcanismo félsico que por correlação com as vulcânicas félsicas do Grupo Iriri, Província Aurífera do Tapajós, receberam a denominação de Formação Iriri. Fernandes (2005 e 2009), Fernandes *et al.* (2006) e Juliani & Fernandes (2010) perceberam que embora predominantemente originada por vulcanismo efusivo, a história genética da Formação Sobreiro guardava também registros de episódios explosivos. Juliani & Fernandes (2010) propuseram que as vulcânicas félsicas da região de São Félix fossem desassociadas das vulcânicas félsicas do Grupo Iriri e que fossem renomeadas Formação Santa Rosa.

Este trabalho teve como foco as ocorrências de rochas vulcânicas do Grupo Uatumã encontradas na porção sul de São Félix do Xingu, mais especificamente, na margem leste da segunda grande volta do Rio Xingu. Abrangeu predominantemente, portanto, a Formação Sobreiro e, subordinadamente, a Formação Santa Rosa (Figura 5).

A natureza predominantemente intermediária da Formação Sobreiro e félsica da Formação Santa Rosa permitem que, logo em campo, usando a cor das amostras como critério, estas duas unidades sejam preliminarmente distinguidas. Os dados de campo, petrográficos e geoquímicos obtidos neste trabalho possibilitaram subdividir a Formação Sobreiro em três *fácies* e permitiram esboçar novos limites leste para as ocorrências de ambas as formações, pelo menos na porção entre os paralelos 6°40' S e 7°00' S, conforme mostra o mapa na Figura 5.

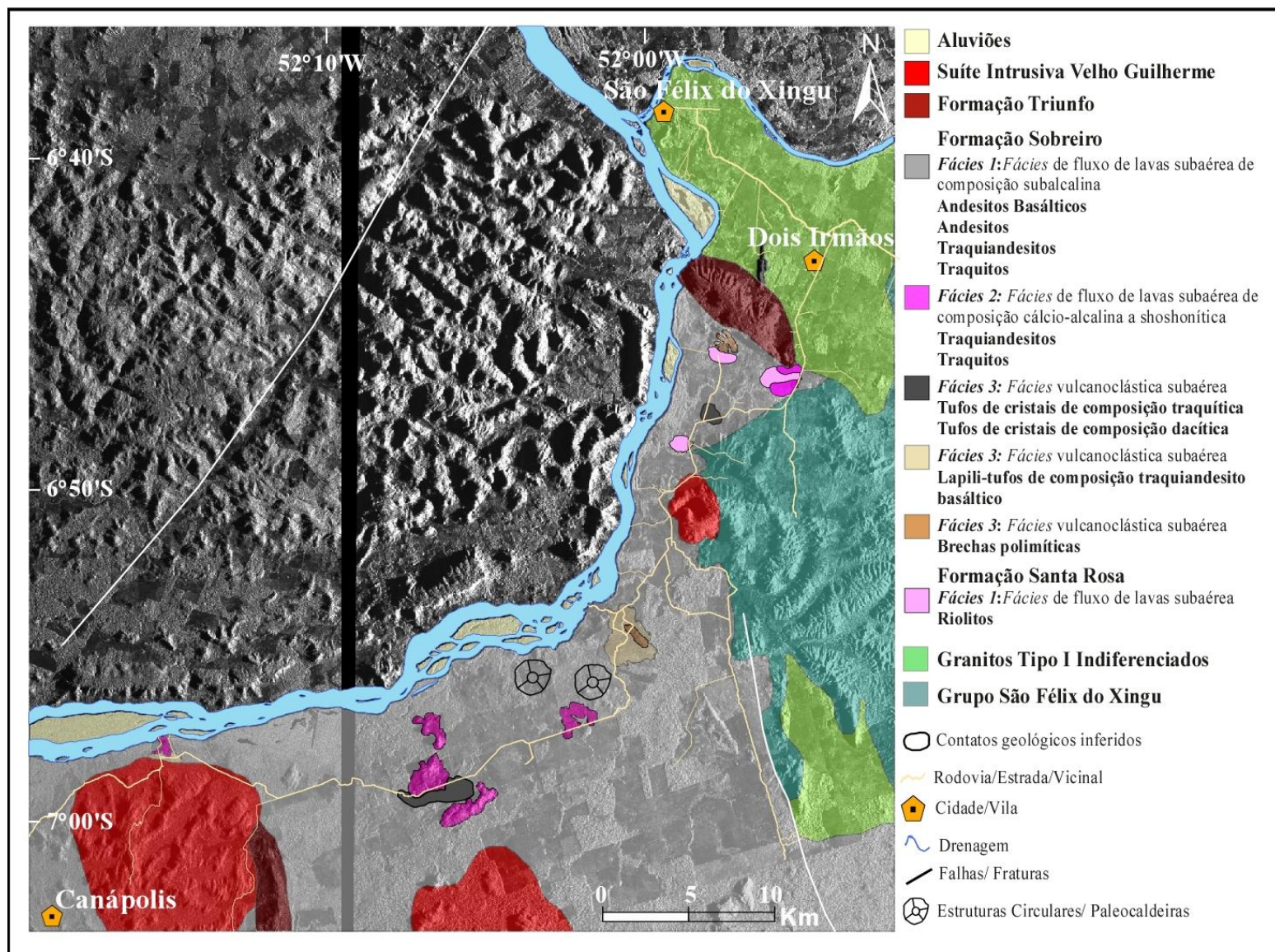


Figura 5: Mapa geológico da área sul de São Félix do Xingu, modificado de Vasquez *et al.* (2008).

2.1 FORMAÇÃO SOBREIRO

As ocorrências da Formação Sobreiro, na área em questão, são encontradas na forma de morrotes de topo abaulado que representam pequenas elevações em sistema de relevo predominantemente arrasado com muitos afloramentos na forma de blocos submétricos e métricos ou, subordinadamente, na forma de lajeiros (Figuras 5a a e). As relações entre esta unidade e o substrato arqueano ou com ocorrências da Formação Santa Rosa não foram claramente observadas.

Três *fácies* desta formação foram identificadas na área sul de São Félix do Xingu, são elas: 1-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição subalcalina: constitui a *fácies* dominante da área estudada neste trabalho. É encontrada em todas as formas de afloramento mencionadas e sem relações claras com as demais *fácies*; 2-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição cálcio-alcalina a shoshonítica: encontrada na forma de morrotes recobertos por blocos próximo ao contato com riolitos da formação Santa Rosa (Figura 6f), ou como blocos submétricos a métricos próximo a ocorrências da *fácies* 3 desta mesma unidade; 3-*Fácies* vulcanoclástica: encontrada como blocos isolados em áreas arrasadas (tufos) ou como blocos métricos que recobrem porções arrasadas ou ainda como morrotes abaulados que se destacam na topografia (lapili-tufos e/ brechas polimíticas).

Embora as relações entre as *fácies* da Formação Sobreiro não sejam claras, a proximidade espacial de lapili-tufos e brechas polimíticas (Figura 5), considerando os modelos genéticos de depósitos vulcanoclásticos de McPhie *et al.* (1983), pode sugerir que tais rochas representem paleodepósitos distais a intemediários (lapili-tufos) e proximais (brechas polimíticas) de um paleocentro vulcânico explosivo. Ademais, a distribuição em mapa (Figura 5) das ocorrências de brechas polimíticas pode indicar a existência de pelo menos mais de um centro vulcânico.



Figura 6: Característica de campo das formações Sobreiro (a a f) e Santa Rosa (f). a) Morrote de topo abaulado de andesito (*fácies 1*); b) Detalhe em lajeiro mostrando contraste de viscosidade entre andesito basáltico microporfirítico (*fácies 1*) e a rocha afanítica mais jovem; esta feição pode ser indicativa de que a *fácies 1* da Formação Sobreiro, tal qual a definição adotada neste trabalho, foi formada por mais de um derrame de fluxo de lavas; c) Blocos e lajeiro de triquito porfirítico (*fácies 2*); d) Detalhe em bloco de lapili-tufo (*fácies 3*); e) Bloco métrico de brecha polimítica (*fácies 3*); f) Morrotes de topo abaulado cobertos por blocos submétricos a métricos das formações Sobreiro e Santa Rosa, a linha tracejada vermelha mostra o limite observado entre essas duas unidades.

2.2 FORMAÇÃO SANTA ROSA

Conforme mostra a Figura 5, a Formação Santa Rosa tem sua máxima extensão leste em torno do meridiano $51^{\circ}30'W$, sendo aí encontrada como blocos submétricos a métricos que recobrem um pequeno morro de topo abaulado associado com rochas cálcio-alcalinas a shoshoníticas da Formação Sobreiro (Figura 6f). Apesar de identificadas as áreas aproximadas de contato dessas unidades, a forma de afloramento não permite que relações de contato sejam observadas. Os demais pontos em que a Formação Santa Rosa foi descrita situam-se em porções mais a oeste no mapa geológico (Figura 5), e mais uma vez são representados por blocos submétricos a métricos sempre associados à *fácies* coerente subalcalina e/ou vulcanoclástica da Formação Sobreiro. Os aspectos texturais típicos de depósitos de fluxo de lavas dessas rochas são idênticos aos descritos por Juliani & Fernandes (2010) em *fácies* de fluxos de lavas da Formação Santa Rosa das áreas oeste e sudoeste de São Félix do Xingu. Assim, todas as ocorrências desta formação encontradas na área foco deste trabalho foram agrupadas em uma única *fácies* aqui denominada *fácies* de fluxo de lavas subaérea.

3 PETROGRAFIA

As observações petrográficas das rochas vulcânicas da área sul de São Félix do Xingu permitiram, como já mencionado no capítulo anterior, identificar rochas originadas por vulcanismo efusivo e vulcanismo explosivo. Tais processos foram principalmente registrados pelas variedades litológicas associadas à Formação Sobreiro. E, embora a existência de depósitos vulcanoclásticos descritos por vários pesquisadores (Vasquez *et al.* 2008, Juliani & Fernandes 2010) seja indiscutível, as poucas ocorrências da Formação Santa Rosa encontradas durante este trabalho foram classificadas como depósitos de fluxo de lavas de origem efusiva.

As nomenclaturas aqui apresentadas para as rochas vulcânicas seguem princípios estabelecidos por McPhie *et al.* (1993), mas obedecem a proposta da IUGS, que recomenda a classificação geoquímica a partir do diagrama total de álcalis *versus* sílica para rochas de granulação fina ou cujos constituintes não possam ser totalmente identificados ao microscópio. Já as rochas vulcanoclásticas têm suas nomenclaturas baseadas no diagrama de Fisher (1966), tendo sido realizada a classificação geoquímica apenas daquelas consideradas suficientemente homogêneas para análises químicas em rocha total.

Os litotipos da Formação Sobreiro descritos são: 1-plagioclásio-anfibólio andesito basáltico microporfirítico; 2-plagioclásio-clinopiroxênio-anfibólio andesito microporfirítico a porfirítico e 3-plagioclásio-anfibólio andesito microporfirítico; 4-feldspato potássico-plagioclásio-clinopiroxênio traquiandesito porfirítico, 5-feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito microporfirítico a porfirítico, 6-plagioclásio-anfibólio traquiandesito microporfirítico, 7-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito porfirítico, 8-plagioclásio-feldspato potássico-anfibólio traquiandesito microporfirítico a porfirítico, 9-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquito porfirítico e 10-plagioclásio-feldspato potássico traquito porfirítico (*Fácies 1*); 11-plagioclásio-anfibólio-clinopiroxênio traquiandesito cálcio-alcálico a shoshonítico porfirítico, 12-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito cálcio-alcálico a shoshonítico microporfirítico a porfirítico, 13-feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito cálcio-alcálico a shoshonítico porfirítico e 14-anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquito cálcio-alcálico a shoshonítico (*Fácies 2*); 15-tufos de cristais félsicos, 16-lapili-tufos de cristais máficos e, 17-brechas polimíticas (*Fácies 3*).

Os litotipos da Formação Santa Rosa descritos são: plagioclásio-feldspato potássico-quartzo riolitos e feldspato potássico-quartzo riolitos, pertencentes à *fácies* de fluxo de lavas subárea (*Fácies 1*).

3.1 FORMAÇÃO SOBREIRO

A Formação Sobreiro é a unidade dominante encontrada na área sul de São Félix do Xingu, sendo mais amplamente representada pelas rochas relacionadas a processos de fluxo de lavas a partir de magmas subalcalinos, aqui denominados *fácies 1*. As *fácies 2* e *3* têm ocorrência relativamente restritas (Figura 5).

As descrições detalhadas dos aspectos macroscópicos e microscópico de cada litotipo são apresentadas a seguir, dentro de suas respectivas *fácies*.

1-Fácies de fluxo de lava subaérea de composição subalcalina

Traquiandesitos de aspecto porfirítico são os litotipos dominantes desta *fácies*. Em menor proporção, são descritos, andesitos basálticos, andesitos e traquitos que, de modo geral, variam de microporfiríticos a porfiríticos.

Andesitos Basálticos

Os andesitos basálticos correspondem petrograficamente a plagioclásio-anfibólio andesitos basálticos microporfiríticos. São de cor preta, microporfiríticos em amostras de mão (Figura 7a), localmente microglomeroporfiríticos (Figura 7b), com cerca de 10 % de microfenocristais de granulação fina (< 1 mm) a média (1 a 3 mm). Esses são constituídos principalmente por cristais euédricos de anfibólio (hornblenda) intensamente oxidados (Figura 7c), completamente negros ou apenas com bordas negras, cuja mineralogia é representada por finos cristais anédricos de hematita, e cristais subédricos prismáticos, por vezes fibrosos, de anfibólio que comumente são levemente alterados para biotita (Figura 7c). Fenocristais de plagioclásio (Figura 7d) são restritos. A matriz, microcristalina a criptocristalina, é constituída por finos agregados de plagioclásio e biotita, além de anfibólio e opacos (cromo-espinélio). Micrólitos de feldspatos potássicos são identificáveis apenas por análise química pontual em microscopia eletrônica de varredura. Além da biotita, opacos são freqüentes minerais secundários.

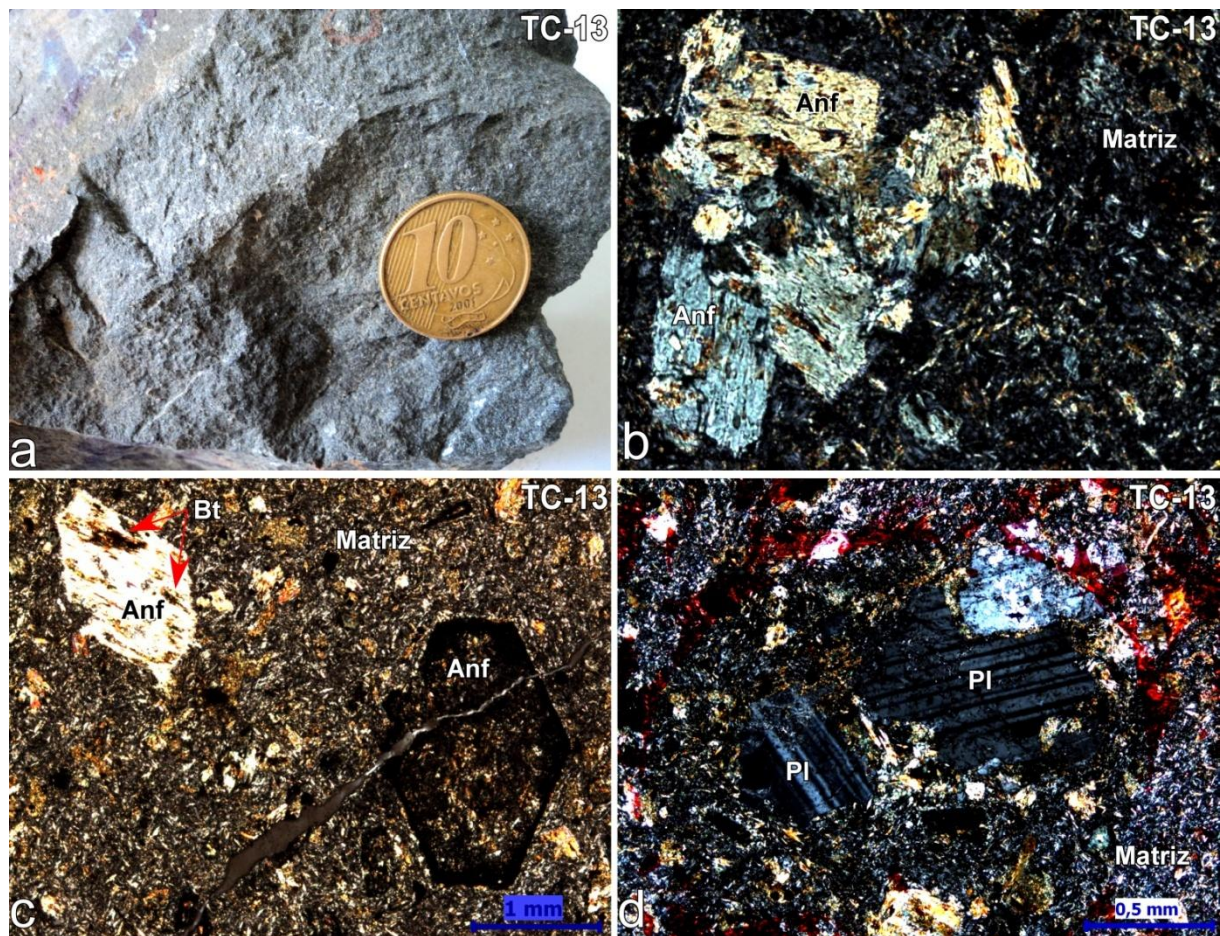


Figura 7: Aspectos texturais macroscópico e microscópico de plagioclásio-anfibólio andesito basáltico microporfirítico da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico; b) Aspecto microglomeroporfirítico (NC); c) Microfenocristais de anfibólio (actinolita) com lamelas de biotita e microfenocristal de anfibólio intensamente oxidado (NC); d) Microfenocristais de plagioclásio (NC). Anf=anfibólio; Bt=biotita; Pl=plagioclásio; NC=nicóis cruzados.

Andesitos

Os andesitos variam de plagioclásio-clinopiroxênio-anfibólio andesito microporfirítico a porfirítico a plagioclásio-anfibólio andesito microporfirítico. São de cor cinza escuro (Figura 8a), textura afanítica (Figura 8d) ou microporfirítica a porfirítica, com conteúdos de fenocristais entre 10 e 40 %, cuja granulação varia de fina a média. Esses são, principalmente, representados por cristais euédricos de anfibólio intensamente oxidados (Figuras 8b e 8c) ou preservados, neste último caso, é possível perceber geminação simples e zonamentos concêntricos (Figura 8e). Os fenocristais de clinopiroxênio, presentes em algumas amostras, são comumente preservados e se apresentam como cristais subédricos prismáticos (Figura 8c). Os fenocristais de plagioclásio são restritos e moderadamente alterados (Figura 8f). A matriz, micro a criptocristalina, contém

cristais muito finos de feldspatos, quartzo e anfibólio. Apatita figura como mineral acessório, enquanto os minerais secundários são representados por opacos, clorita, epidoto e argilominerais. Em quase todas as amostras, ocorrem fragmentos líticos arredondados, de cor rosa amarronzados e aspecto afanítico (Figura 8g). Ao microscópio, constituem agregados quartzo-feldspáticos muito finos (Figura 8h).

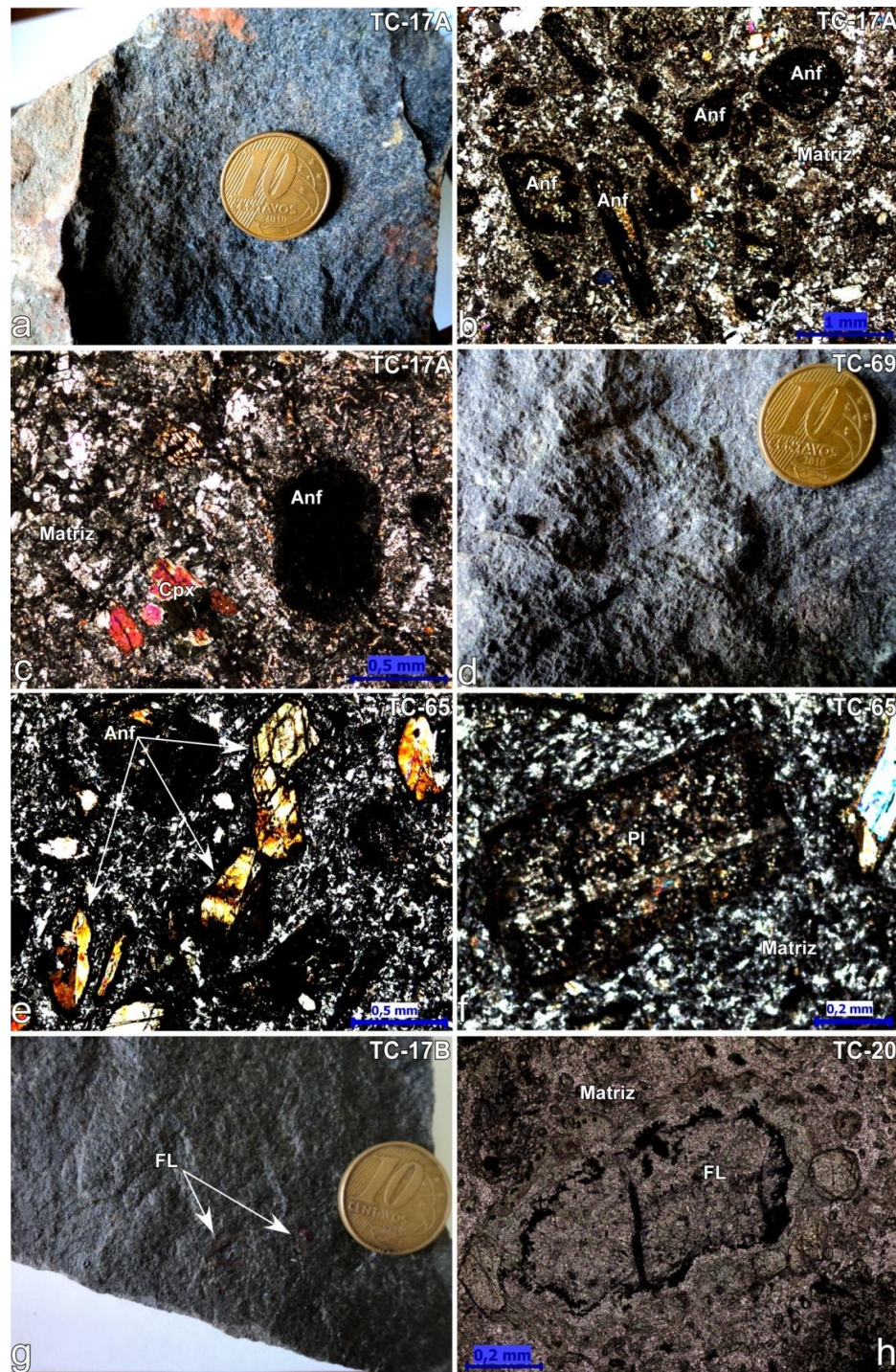


Figura 8: Aspectos texturais macro e microscópico de andesitos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de plagioclásio-clinopiroxênio-anfibólio andesito microporfirítico; b) Aspecto porfirítico marcado por cristais de anfibólio intensamente oxidados; c) Cristais subédricos de clinopiroxênio preservados e cristal euédrico de anfibólio oxidado imersos em matriz micro a criptocristalina (NC); d) Aspecto microscópico de plagioclásio-anfibólio andesito afanítico; e) Textura microporfirítica com microfenocristais euédricos de anfibólio preservados com zoneamento concêntrico e geminação simples (NC); f) Microfenocristal de plagioclásio moderadamente alterado imerso em matriz micro a criptocristalina (NC); g) Fragmentos líticos (setas brancas) arredondados em amostra de mão; h) Fragmento lítico contornado por opacos em lâmina (NP). Anf=anfibólio; Cpx=clinopiroxênio; Pl=plagioclásio; FL=fragmento lítico; NC=nícois cruzados; NP=nícois paralelos.

Traquiandesitos

Os traquiandesitos subalcalinos constituem um grupo macro e microscopicamente diversificado e são os principais litotipos da Formação Sobreiro. Em função da natureza e proporção modal estimada dos fenocristais, foram subdivididos em feldspato potássico-plagioclásio-clinopiroxênio traquiandesito porfirítico, feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito microporfirítico a porfirítico (rocha dominante), plagioclásio-anfibólio traquiandesito microporfirítico, anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito porfirítico e plagioclásio-feldspato potássico-anfibólio traquiandesito microporfirítico a porfirítico (Anexo A2).

Devido à semelhança existente nas descrições isoladas dessas rochas optou-se apresentá-las em conjunto.

São rochas afaníticas, microporfiríticas, porfiríticas ou glomeroporfiríticas de cor preta (Figura 9a), cinza esverdeado (Figura 9c), cinza esbranquiçado (Figura 9e) ou marrom avermelhado (Figura 9g). Os microfenocristais variam de granulação fina a média, com conteúdos entre 2 e 4 %. Já os fenocristais variam de granulação média a grossa com conteúdos entre 10 e 65 %. Em lâmina, é possível observar amostras representadas quase exclusivamente por fenocristais euédricos de anfibólio moderadamente oxidados (Figura 9b) ou preservados (Figura 9d), amostras em que predominam cristais de plagioclásio (Figura 9f) e amostras em que predominam cristais de clinopiroxênio. A matriz, de modo geral, varia de micro a criptocristalina (Figuras 8b, d e f e h), localmente pilotaxítica (Figura 9b) e, muito restritamente, do tipo feltral. A composição da matriz é predominantemente feldspática, com a presença comum de agregados anédricos de quartzo e/ou cristais muito finos de anfibólio. Apatita aparece como mineral acessório. Opacos, epidoto, clorita e mica branca constituem os minerais secundários. Vidro desvitrificado é encontrado em pequenas proporções em algumas amostras. A textura amigdaloidal é observada apenas em algumas amostras e normalmente preenchida por epidoto e/ou quartzo.

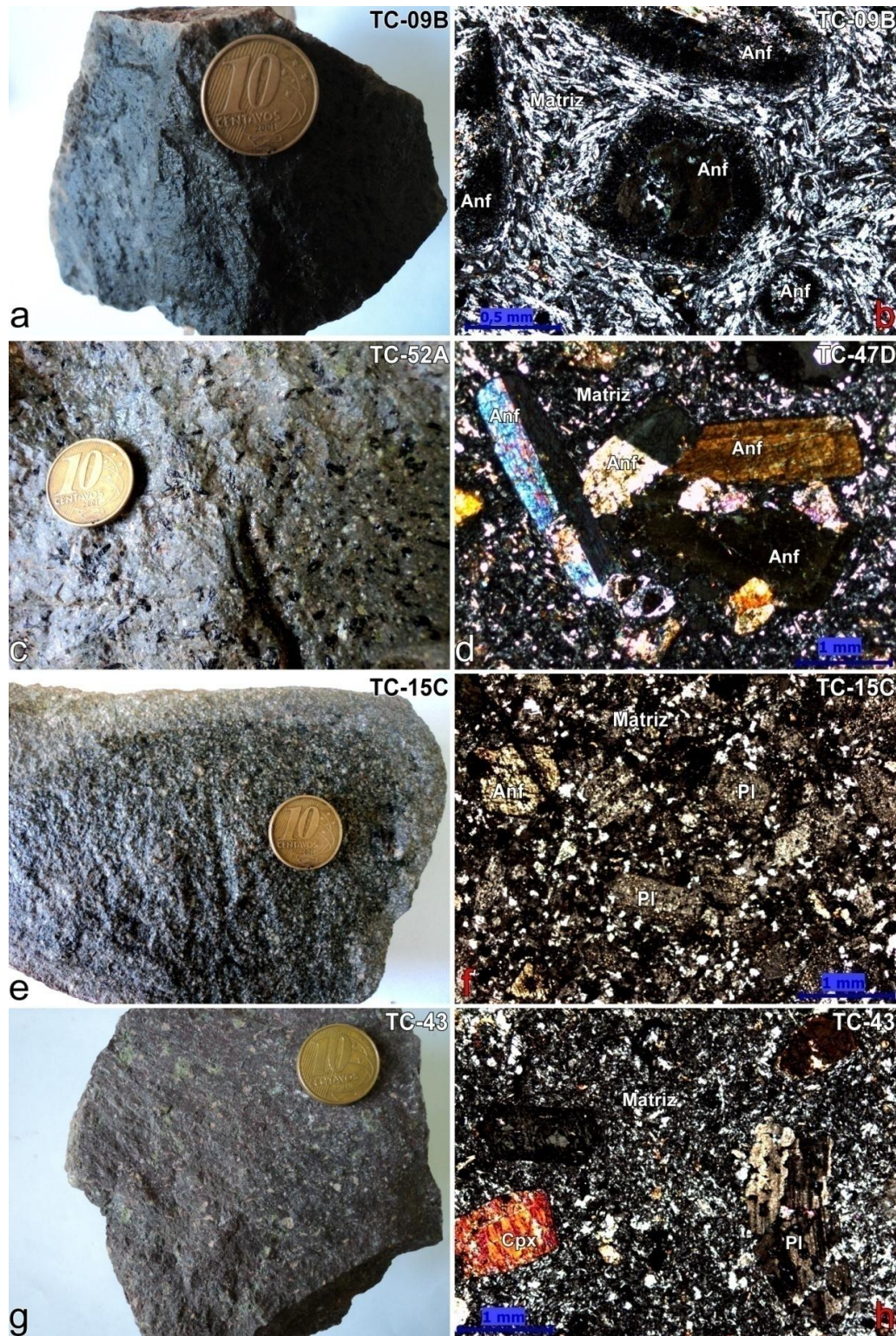


Figura 9: Aspectos texturais macro e microscópico de traquiandesitos subalcalinos da Formação Sobreiro. a), c), e) e g) Aspectos macroscópicos; b) Aspecto porfirítico marcado por cristais de anfibólio moderada a intensamente oxidados imersos em matriz pilotaxítica local (NC); d) Aspecto microglomeroporfirítico de feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito (NC); f) Fenocristais de plagioclásio leve a moderadamente alterados e de anfibólio imersos em matriz micro a criptocristalina (NC); h) Fenocristal de plagioclásio com sinais de reabsorção e de clinopiroxênio preservado (NC). Anf=anfibólio; Pl=plagioclásio; Cpx=clinopiroxênio; NC=nícleos cruzados.

Traquitos

Os traquitos variam de anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquito (Figuras 10a) a plagioclásio-feldspato potássico traquito (Figuras 10d). São de cor cinza escuro, aspecto porfírico, localmente glomeroporfírico (Figuras 10b), com fenocristais de granulação média a grossa, cujos conteúdos variam entre 6 e 10 %. Esses são, predominantemente, representados por cristais subédricos de plagioclásio moderada a intensamente sericitizados (Figuras 10f) ou de feldspato potássico alterados para argilominerais. Por vezes, os fenocristais de feldspato potássico apresentam sinais de reabsorção (Figuras 10e) e zonamento concêntrico (Figuras 10c). Cristais de anfibólio são normalmente reliquiares (Figuras 10b) e encontrados apenas em algumas amostras. A matriz varia de micro a criptocristalina e tem composição quartzo-feldspática. Cristais de zircão, opacos e apatita constituem as fases acessórias, por vezes, inclusas nos fenocristais. Os minerais secundários são mica branca, argilominerais, clorita e, em menor quantidade, carbonatos, epidoto e muscovita. Vênulas de epidoto são encontradas em algumas amostras.

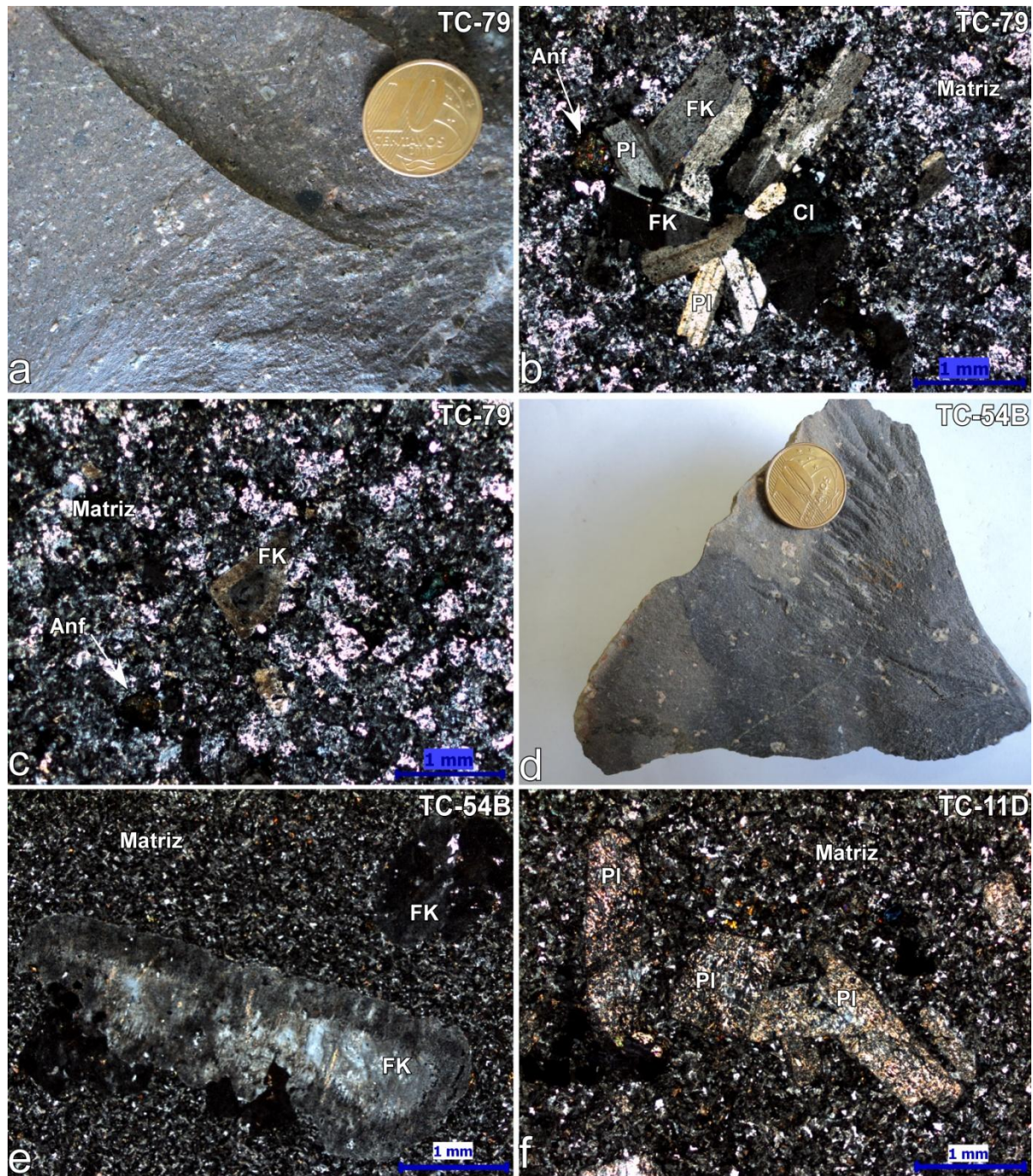


Figura 10: Aspectos texturais macro e microscópico de traquitos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquito; b) Aspecto glomeroporfírico (NC); c) Matriz micro a criptocristalina quartzo-feldspática com microfenocrystal zonado de feldspato potássico (NC); d) Aspecto macroscópico de plagioclásio-feldspato potássico traquito; e) Fenocristais de feldspato potássico com borda parcialmente reabsorvida (NC); f) Fenocristais de plagioclásio moderada a intensamente sericitizado. FK=feldspato potássico; PI=plagioclásio; Anf=anfibólio; NC=nícleos cruzados.

2-Fácies de fluxo de lavas subaérea de composição cálcio-alcálica a shoshonítica

Os litotipos que compõem esta *fácies*, sobretudo os traquiandesitos, são de modo geral, rochas petrograficamente similares àqueles da *fácies 1*, no entanto, separam-se da mesma devido diferenças em seus comportamentos geoquímicos.

Traquiandesitos microporfirítico a porfirítico são os litotipos dominantes desta *fácies*. Em menor proporção, são descritos traquitos porfiríticos.

Traquiandesitos cálcio-alcálicos a shoshoníticos

Os traquiandesitos dessa *fácies* são rochas de cor marrom avermelhado (Figura 11a) ou cinza escuro (Figura 11c), com aspecto porfirítico (Figura 11b) ou microporfirítico (Figura 11d). Os fenocristais variam com conteúdos entre 20 e 45 %, e a granulação varia desde fina a grossa. Em função da natureza e proporção modal relativa estimada dos fenocristais, os tais traquiandesitos foram subdivididos em plagioclásio-anfibólio-clinopiroxênio traquiandesito porfirítico, quando predominam os fenocristais de clinopiroxênio em relação aos cristais de anfibólio e plagioclásio, feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito porfirítico, quando predominam os fenocristais de anfibólio em relação aos cristais de plagioclásio e feldspato potássico e, anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito microporfirítico a porfirítico, quando predominam os fenocristais de plagioclásio em relação aos cristais de feldspato potássico e de anfibólio. De modo geral, os cristais de clinopiroxênio são prismáticos subédricos, os cristais de anfibólio são euédricos, com geminação simples e zonamentos concêntricos, com alteração para epidoto ou com moderada a intensa oxidação. Os cristais de plagioclásio são prismáticos com leve a moderada sericitização e epidotização e, os cristais de feldspato potássico são prismáticos com leve alteração para mica branca. A matriz é cripitocristalina a vitrofírica com porções amigdaloidais (Figura 11f). Sua composição é quartzo-feldspática com cristais diminutos de anfibólio e presença de vidro alterado (Figura 11e). Cromo-espinélio e apatita aparecem como fases acessórias. Opacos indistintamente dispersos, epidotos, carbonatos, titanita e clorita são as principais fases secundárias. Argilominerais são encontrados como produto de alteração incipiente dos fenocristais feldspáticos.

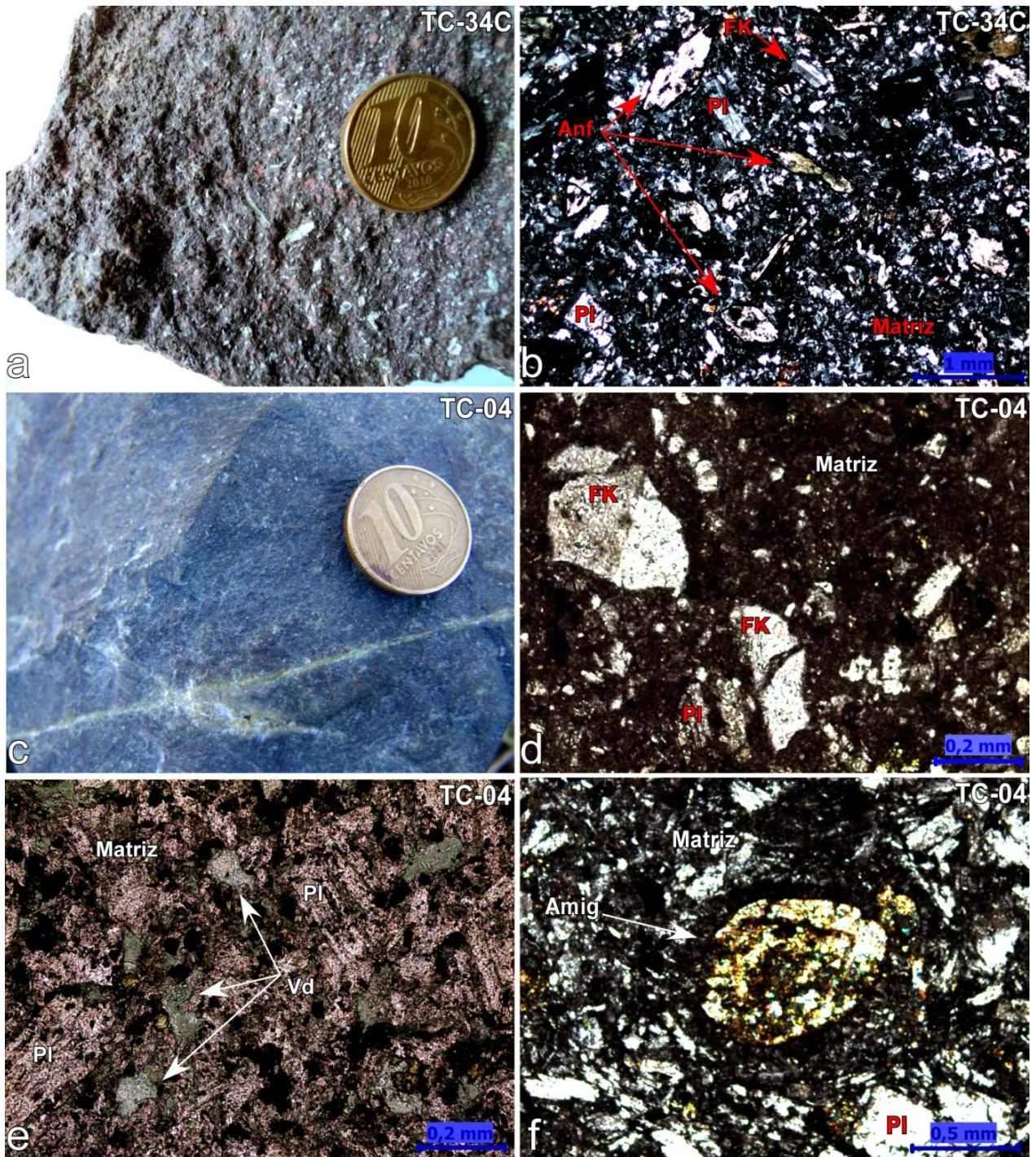


Figura 11: Aspectos texturais macro e microscópicos de traquitoandesitos cálcio-alcálinos a shoshoníticos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de feldspato potássico-plagioclásio-anfibólio traquiandesito porfirítico; b) Fenocristais euédricos de anfibólio e subédricos de plagioclásio e feldspato potássico imersos em matriz microcristalina de composição quartzo-feldspática (NC); c) Aspecto macroscópico de anfibólio-feldspato potássico-plagioclásio traquiandesito microporfirítico a porfirítico; d) Fenocristais de plagioclásio e feldspato potássico imersos em matriz criptocristalina a vitrofírica (NC); e) Fenocristais de plagioclásio, vidro alterado (cloritizado) e opacos anédricos (NP); f) Amigdalita arredondada com preenchimento de epidoto (NC). Anf=anfibólio; FK=feldspato potássico; Pl=plagioclásio; Vd=vidro desvitrificado; Amig=amigdalita; NC=nicóis cruzados; NP=nicóis paralelos.

Traquitos cálcio-alcálinos a shoshoníticos

São rochas de aspecto porfirítico, com matriz afanítica de cor cinza escura e fenocristais de cor rosa, branco e, subordinadamente, transparentes (Figura 12a). Os fenocristais, cerca de 60 % da rocha, são de granulação média a grossa. Esses são representados predominantemente por cristais prismáticos de feldspato potássico leve a moderadamente alterados para argilominerais (Figura 12d) seguidos de plagioclásio e quartzo. Os cristais de quartzo são subédricos a euédricos com feições de reabsorção (Figuras 12b e d). Fenocristais reliquias de anfibólio, comumente, epidotizados também são encontrados (Figura 11c). A matriz é microcristalina e tem composição quartzo-feldspática (Figuras 12a, b e c). Agregados de carbonatos associados com epidotos, comumente contornando os fenocristais de plagioclásio, são frequentemente observados. Opacos, epidoto, argilominerais, carbonatos e clorita são fases secundárias.

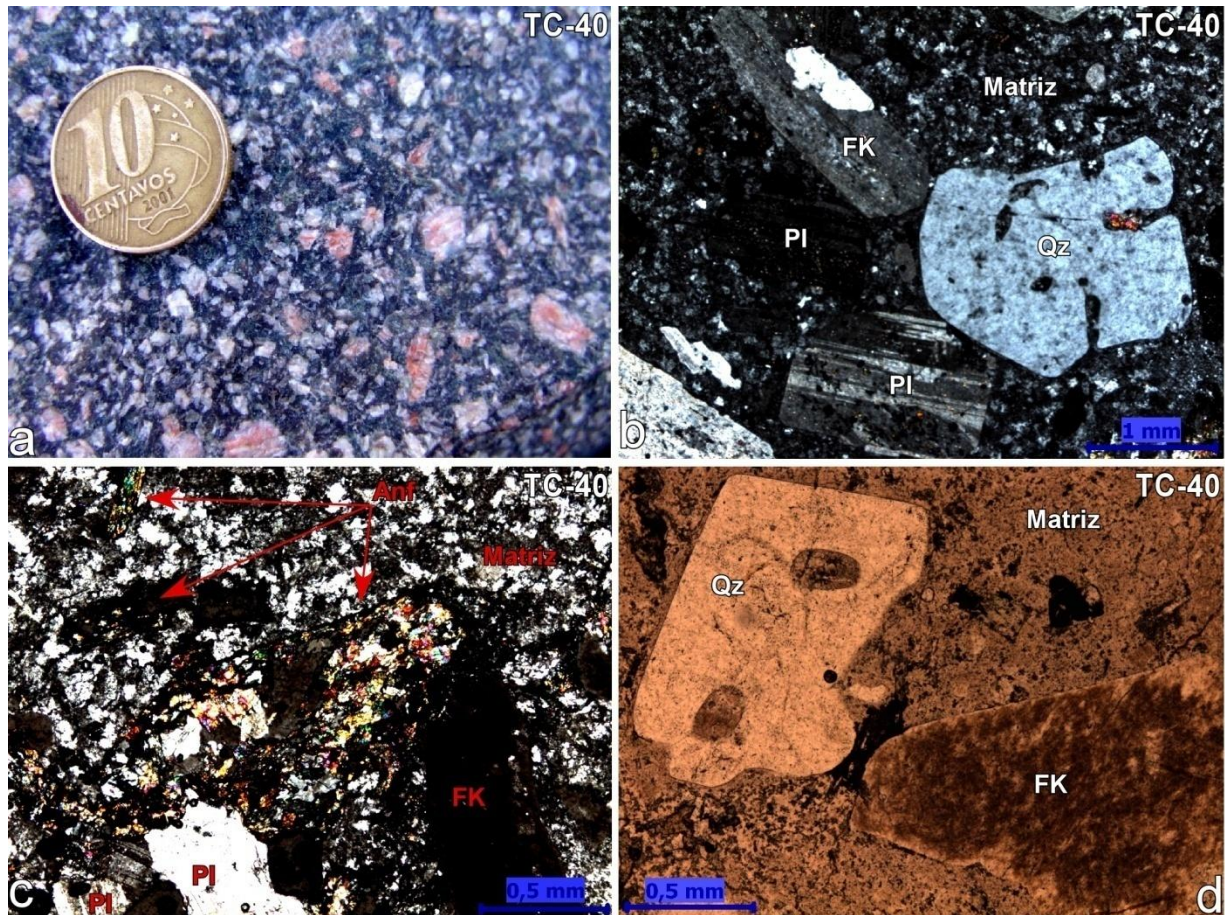


Figura 12: Aspectos texturais macro e microscópicos de traquitos cálcio-alcálinos a shoshoníticos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico; b) Textura porfírica marcada pela presença de fenocristais subédricos imersos em matriz microcristalina de composição quartzo-feldspática (NC); c) Fenocristais de anfibólio reliquiar, plagioclásio e feldspato potássico; d) Fenocristal subédrico de quartzo com feições de reabsorção e de feldspato potássico moderadamente alterado para argilominerais (NP). FK=feldspato potássico; Pl=plagioclásio; Anf=anfibólio; Qz=quartzo; NC=nicóis cruzados; NP=nicóis paralelos.

3-Fácies vulcanoclástica

Os litotipos que compõem essas *fácies*, conforme a classificação de Fisher (1966), são tufos de cristais (rocha vulcanoclástica cujos constituintes são, em sua grande maioria fragmentos de granulação inferior a 2 mm), lapili-tufos (rocha vulcanoclásticos compostos por mais de 75% de fragmentos de cristais e líticos de granulação entre 2 e 64 mm) e brechas polimíticas (rocha vulcanoclástica essencialmente constituída por blocos líticos de natureza e tamanhos diversos). Embora alguns fragmentos líticos apresentem feições de reabsorção e composição mineralógica semelhante a da matriz vulcanoclástica, sugerindo possivelmente serem produtos diferentes de um mesmo magma pai, as brechas não foram consideradas apropriadas para análises químicas em rocha total.

Tufos de Cristais

Em amostras de mão, essas rochas são muito semelhantes àquelas de aspecto de fluxo de lavas (Figuras 13a e 13d), porém em lâmina distinguem-se por suas texturas vulcanoclásticas.

São rochas afaníticas, maciças, de cor cinza escuro ou esverdeado (Figuras 13a e 13d). Em lâmina, apresentam textura piroclástica definida pela presença de cristaloclástos (entre 70 e 85 %) de granulação cinza (< 2 mm) e formas angulosas (Figuras 13b, 13c, 13e e 13f). A assembléia mineral identificada é, sobretudo, representada por fragmentos de cristais de quartzo, plagioclásio e, subordinadamente, feldspato potássico com ou sem maclamento xadrez. Cristais de zircão fortemente alterados e apatita também são comumente encontrados. Vidro desvitrificado (Figuras 13c e 13e), epidoto, titanita, opacos e clorita são fases secundárias. Localmente, são encontradas vênulas preenchidas por quartzo e/ou epidoto. Intercrescimentos esferulíticos, como produto da desvitrificação (Figura 13f) de vidro, e cristais de muscovita foram identificados apenas em algumas amostras.

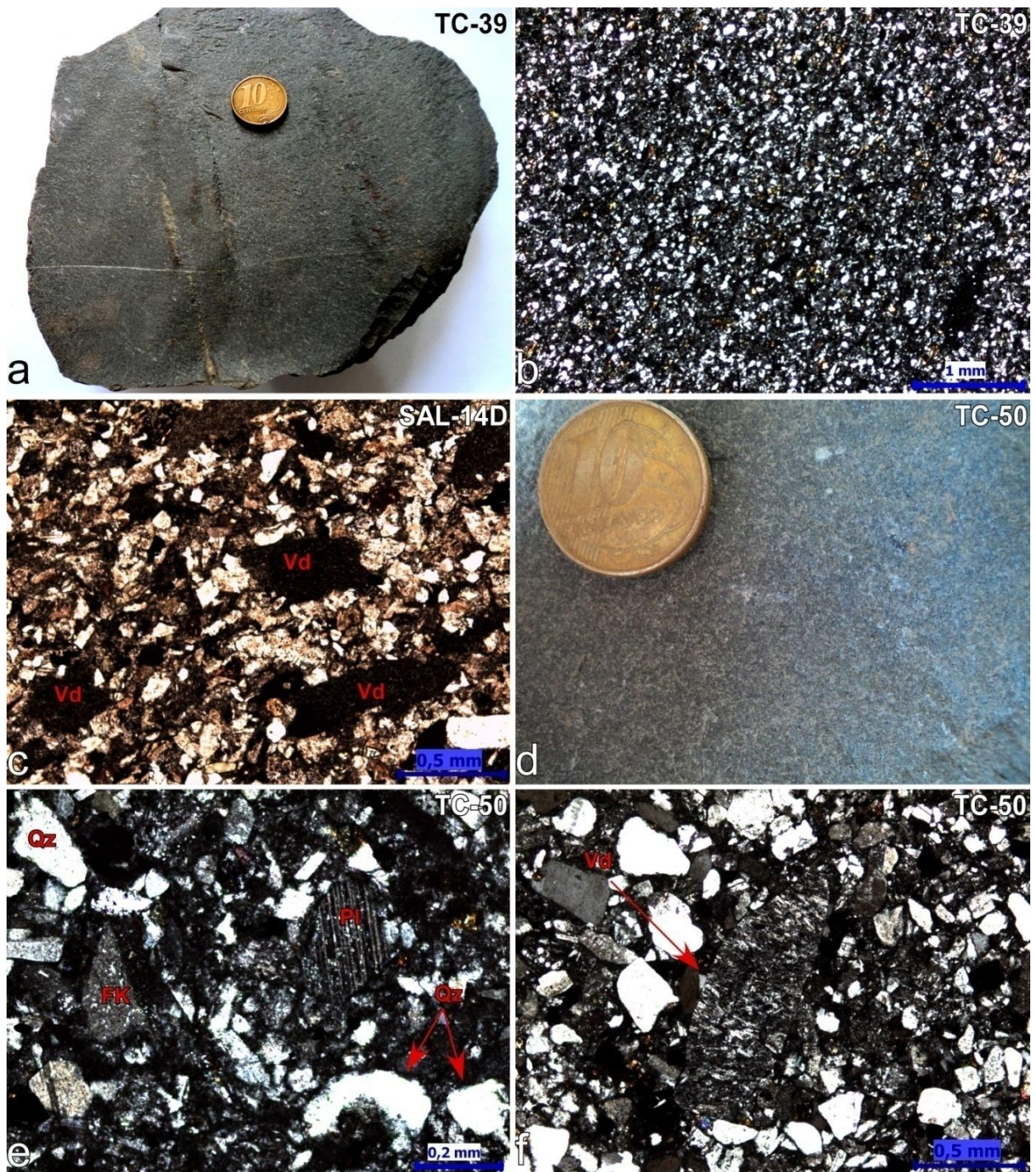


Figura 13: Aspectos texturais macro e microscópicos de tufo de cristais da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de tufo de cristais de composição dacítica; b) Textura piroclástica em tufo de composição dacítica (NC); c) Marcante presença de vidro desvitrificado ou simplesmente alterado (NP); d) Aspecto macroscópico de tufo félsico de cristais de composição traquítica; e) Cristaloclastos de plagioclásio, feldspato potássico e quartzo (NC); f) Textura piroclástica em tufo de composição traquítica com destaque para vidro desvitrificado formando intercrescimentos esferulíticos do tipo axiolítico (NC). Vd=vidro desvitrificado; Pl=plagioclásio; FK=feldspato potássico; Qz=quartzo; NC=nicóis cruzados; NP=nicóis paralelos.

Lapili-tufos

São rochas de cor marrom esverdeado (Figura 14a e 14g), formadas por fragmentos de cristais (matriz) e líticos milimétricos e centimétricos. Quatro tipos de fragmentos líticos foram descritos: 1-Fragmento lítico porfirítico, cuja assembléia de fenocristais é representada por cristais subédricos de plagioclásio e euédricos de anfibólio e, cuja matriz é do tipo afanítica vitrofírica (Figura 14c); 2-Fragmento lítico porfirítico semelhante ao tipo 1, diferindo deste por sua forma mais angulosa, intensa oxidação dos fenocristais de anfibólio, grau de argilização do plagioclásio, presença de fenocristais de feldspato potássio e matriz microcristalina de composição quartzo-feldspática (Figura 14d); 3-Fragmento lítico porfirítico arredondado cuja assembléia de fenocristais é representada exclusivamente por cristais de anfibólio intensamente oxidados. A matriz é microcristalina formada por agregados muito finos quartzo-feldspáticos (Figura 14e); 4-Fragmento lítico porfirítico, com fenocristais subédricos de anfibólio preservado e matriz microcristalina traquítica definida por ripas de plagioclásio alinhadas (Figura 14f). Por vezes, alguns desses fragmentos mostram sinais de reabsorção (Figura 14b e 14g). Tais fragmentos nadam em uma matriz de textura piroclástica rica em cristaloclástos de tamanhos variados de anfibólio e plagioclásio e, em menor quantidade, fragmentos cristalinos de quartzo e feldspato-potássico (Figura 14b). Embora, de modo geral, os limites dos fragmentos líticos sejam determinados pela presença de cristais quebrados nos contatos dos fragmentos com a matriz, algumas vezes é possível observar fenocristais de anfibólio compartilhados tanto pelo fragmento quanto pela matriz da rocha (Figura 14h).

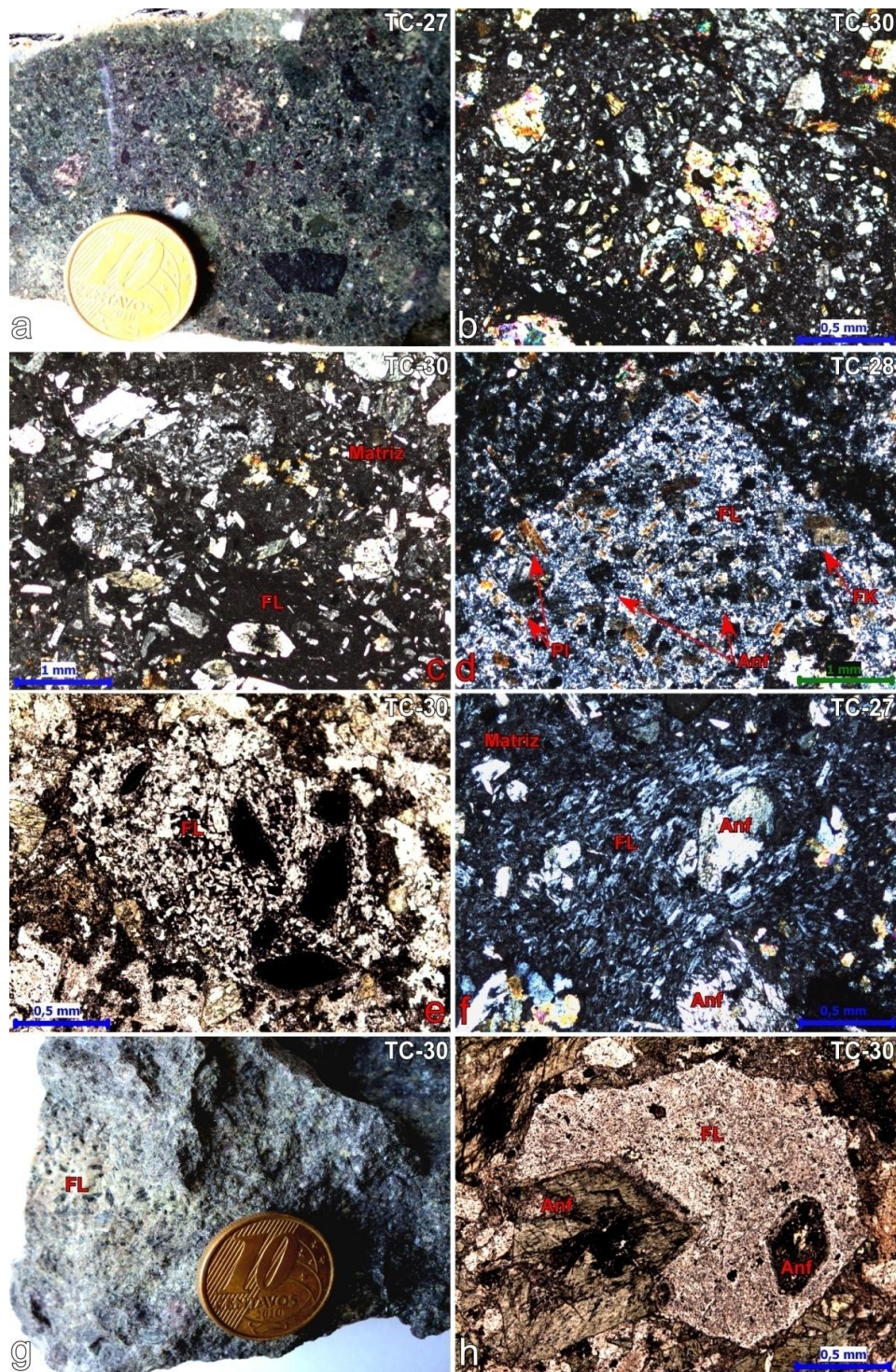


Figura 14: Aspectos texturais macro e microscópicos de lapili-tufos da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico de lapili-tufo; b) Textura piroclástica em lapili-tufo de composição traquianadesito basáltico (NC); c) Fragmento lítico do tipo 1 com limites pouco definidos possivelmente devido a parcial reabsorção do mesmo (NC); d) Fragmento lítico do tipo 2 com forma angulosa e limites bem definidos (NC); e) Fragmento lítico do tipo 3 e vidro alterado na matriz (manchas marrom; NP); f) Fragmento lítico do tipo 4 (NC); g) Fragmento lítico com sinais de reabsorção em amostra de mão; h) Cristal de anfibólio compartilhado por fragmento lítico e a matriz da rocha (NP). Pl=plagioclásio; FK=feldspato potássico; Anf=anfibólio; FL=fragmento lítico; NC=nicóis cruzados, NP=nicóis paralelos.

Brechas polimíticas

Pelo menos quatro tipos de fragmentos de tamanhos e formas variadas foram descritos como constituintes dessas rochas. Fragmento 1: de cor rosa, aspecto porfirítico, formas angulosas e tamanhos variados (desde 4 até 50 cm). Constituem 50 % da brecha. A assembléia de fenocristais é representada por anfibólio, plagioclásio e, muito subordinadamente, feldspato potássico. Estes constituem cristais subédricos preservados (anfibólios) ou levemente alterados (feldspatos). A matriz é microcristalina de composição quartzo-feldspática (Figura 15b). Fragmento 2: de cor cinza escuro esverdeada, aspecto porfirítico e formas angulosas e tamanho variados (6 a 40 cm). São comparativamente menos abundantes que os fragmento do tipo 1 (~ 25% da rocha). Sua assembléia de fenocristais é predominantemente representada por cristais subédricos a euédricos preservados de anfibólio. Subordinadamente são encontrados fenocristais de plagioclásio. A matriz é afanítica criptocristalina a vítrea (Figura 15d). Fragmento 3: de cor marrom avermelhada, aspecto porfirítico, formas subarredondadas e tamanhos variados (1 a 4 cm). Representam cerca de 4 % da rocha. São ricos em fenocristais (~70 %) constituídos, sobretudo por cristais prismáticos de plagioclásio e, em menor proporção, cristais preservados de anfibólio. A matriz é criptocristalina a vítrea (Figura 15e); Fragmento 4: de cor marrom avermelhada, totalmente afaníticos, de tamanhos entre 0,5 e 4 cm e formas variadas, desde arredondadas a subangulosas. Constituem menos que 1% da rocha. Em lâmina, é possível identificar agregados anédricos muito finos de quartzo e feldspato (Figura 15f).

Esses fragmentos líticos são envolvidos por uma matriz (~ 20 %) de textura piroclástica rica em cristaloclástos de tamanhos diversos representados, sobretudo por plagioclásio e anfibólio e, em menor quantidade, feldspato potássico e quartzo.

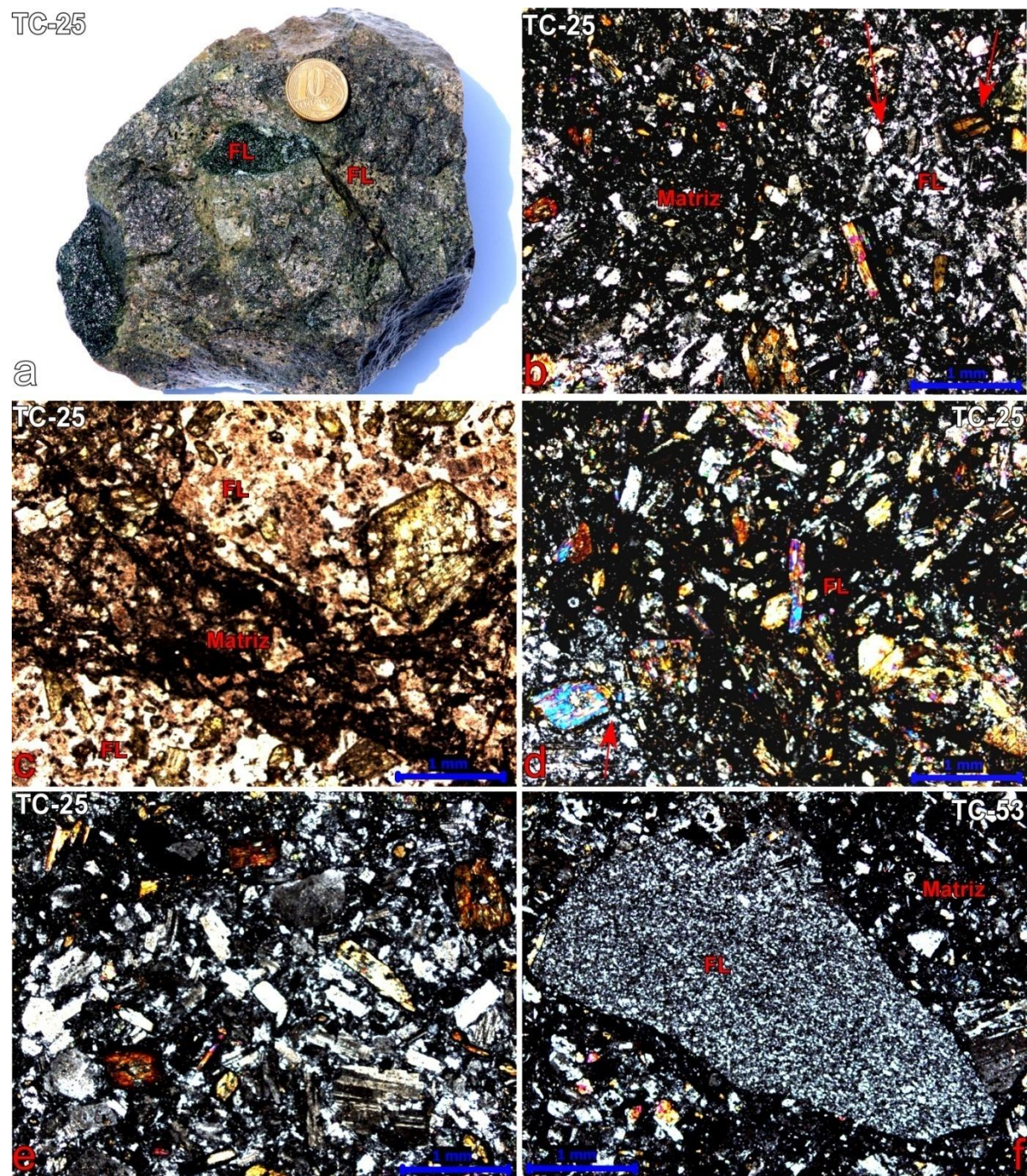


Figura 15: Aspectos texturais macro e microscópico de brechas polimíticas da Formação Sobreiro. a) Aspecto macroscópico; b) Textura piroclástica da matriz da rocha (NC); c) Fragmentos líticos do tipo 1, envolvidos pela matriz (NP); d) Fragmento lítico do tipo 2; e) Fragmento lítico do tipo 3; f) Fragmento lítico do tipo 4. Setas vermelhas indicam limites de fragmentos líticos. FL=fragmento lítico; NC=nicóis cruzados, NP=nicóis paralelos.

3.2 FORMAÇÃO SANTA ROSA

As ocorrências da Formação Santa Rosa são muito restritas na área sul de São Félix do Xingu. Os poucos afloramentos encontrados estão localizados na porção norte do mapa (Figura 5). Como já mencionado no capítulo anterior, o aspecto de fluxo de lavas observado em todas as amostras dessa unidade possibilitou que as mesmas fossem agrupadas em uma única *fácies* denominada *fácies de fluxo de lavas subaérea*.

1-Fácies de fluxo de lavas subaérea

Essa *fácies* é representada unicamente por riolitos microporfiríticos a porfiríticos. A natureza e proporção relativa dos fenocristais dessas rochas permitem, no entanto, reconhecer dois grupos distintos de riolitos. Os aspectos macroscópicos e microscópicos de tais grupos são detalhadamente apresentados a seguir.

Riolitos

São rochas de cor rosa (Figura 16a) e aspecto microporfirítico a porfirítico de matriz afanítica. Os fenocristais variam desde granulação fina até grossa e ocupam entre 15 e 30 % da rocha. Variam de plagioclásio-feldspato potássico-quartzo riolito, litotipo em que, embora em pequenas quantidades, o plagioclásio figura como fenocristal e feldspato potássico-quartzo riolito, litotipo em que não foram descritos fenocristais de plagioclásio. Os cristais de quartzo variam de subédricos a euédricos (Figura 16b) e, normalmente, apresentam feições de reabsorção. Os fenocristais de feldspato potássico são prismáticos, subédricos, leve a moderadamente alterados para argilominerais e mica branca. A matriz varia com porções de textura microcristalina de composição quartzo-feldspática (Figuras 16b e 16c), localmente, granofirícas. Em algumas amostras, são encontrados esferulitos esféricos formados por cristais de feldspato potássico com hábito radial contornando cristais de quartzo (Figura 16d). Zircão e muscovita são os minerais acessórios presentes em algumas amostras. Epidoto, argilominerais, mica branca, clorita, opacos e, subordinadamente, titanita e fluorita figuram como fases minerais secundárias.

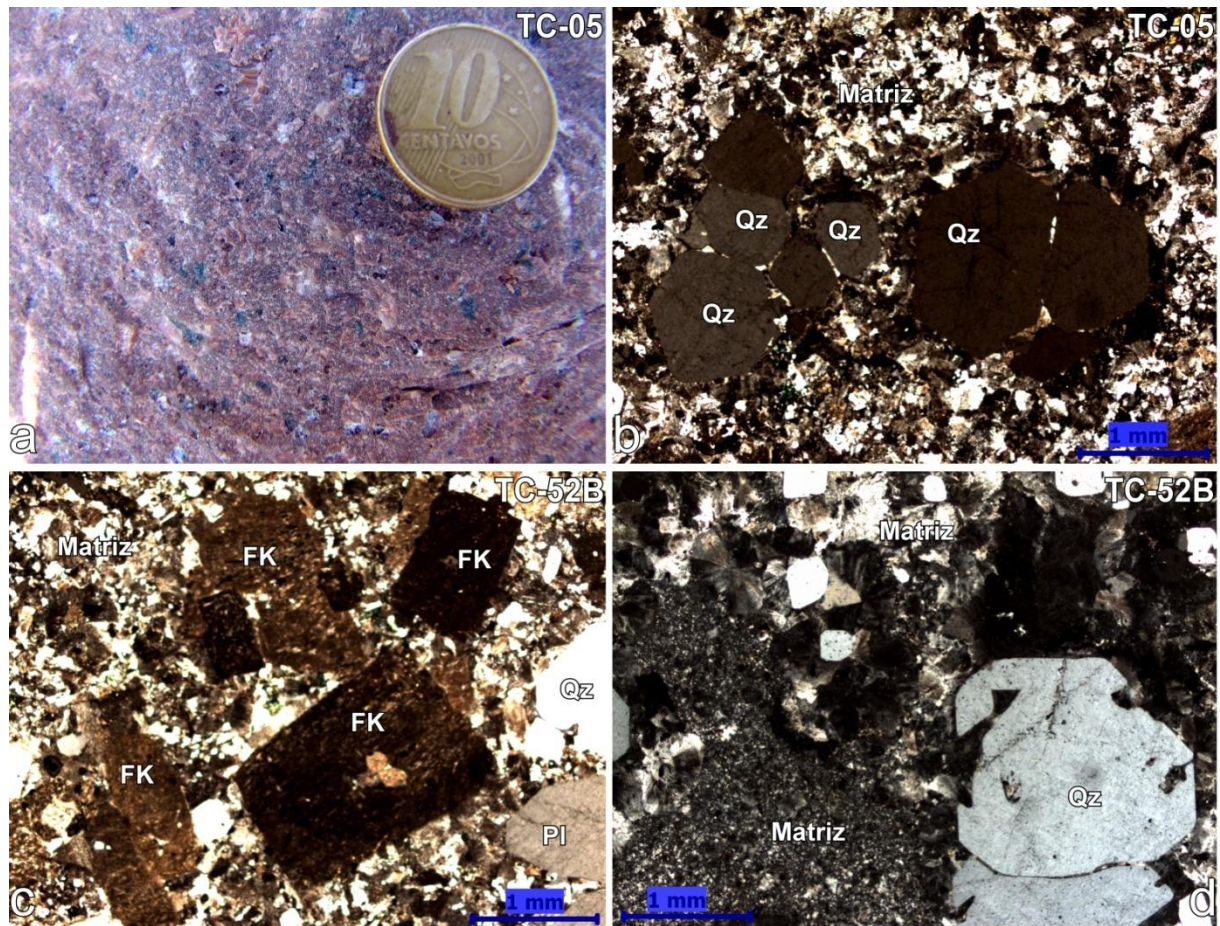


Figura 16: Aspectos texturais macro e microscópicos dos riolitos da Formação Santa Rosa. a) Aspecto macroscópico; b) Fenocristais subédricos e euédricos de quartzo imersos em matriz microcristalina de composição quartzo-feldspática (NC); c) Fenocristais de feldspato potássico alterados para argilominerais (NC); d) Fenocristais de quartzo com feições de reabsorção e esferulitos submilimétrico (NC). Qz=quartzo; FK=feldspato potássico; Pl=plagioclásio; NC=nicóis cruzados.

4 GEOQUÍMICA

As rochas vulcânicas da área sul de São Félix do Xingu são associações de composições distintas que variam desde intermediárias até félsicas, são representadas predominantemente pelas efusivas subalcalinas (*fácies 1*) e explosivas (*fácies 3*) da Formação Sobreiro e, muito subordinadamente, pelas efusivas cálcio-alcalinas a shoshoníticas (*fácies 2*) e os riolitos da Formação Santa Rosa (Figura 5). Por serem rochas de difícil classificação petrográfica, em conformidade com as recomendações da IUGS, 24 amostras consideradas representativas e suficientemente homogêneas foram selecionadas para análises químicas em rocha total, sendo 21 amostras pertencentes à Formação Sobreiro, *fácies* de fluxo de lavas e *fácies* vulcanoclásticas, e 3 pertencentes a Formação Santa Rosa. Tais dados são apresentadas na Tabela 1.

Os dados geoquímicos da Formação Sobreiro são aqui tratados em função de suas distintas *fácies*. Afim de evitar confusões entre a *fácies 1* da Formação Sobreiro e a *fácies 1* da Formação Santa Rosa, as amostras desta serão aqui denominadas simplesmente de riolitos.

Tabela 1- Composições químicas das rochas vulcânicas das formações Sobreiro e Santa Rosa, área sul de São Félix do Xingu.

Unidade	Formação Sobreiro																				Formação Santa Rosa																		
Fácies	1																				2			3				1											
Rocha	AB		AN		SAL-75B		TC-65	SAL-75A	TC-43	TC-09A	TA		TC-52A	TC-11A	TC-15C	TR	TC-54B	SAL-65	TA		TC-04	TC-36	TC-40	TAB		SAL-64A	TC-30	TR		SAL-31	TC-50	DAC	TC-39	RL			TC-11B	TC-05	TC-52B
Amostra	TC-13	TC-17A	SAL-75B	TC-65	SAL-75A	TC-43	TC-09A	TC-22A	TC-52A	TC-11A	TC-15C	TC-54B	SAL-65	TC-04	TC-36	TC-40	SAL-64A	TC-30	SAL-31	TC-50	TC-39	TC-11B	TC-05	TC-52B															
SiO ₂	53,97	55,48	56,26	57,24	55,8	56,73	56,74	57,38	58,46	59,05	60,49	62,27	54,07	54,54	56,39	66,71	52,14	53,97	64,41	65,34	69,21	72,27	76,62	77,14															
TiO ₂	0,63	0,44	0,5	0,47	0,49	0,58	0,60	0,51	0,54	1,24	0,65	0,89	0,59	0,54	0,49	0,37	0,56	0,60	0,43	0,48	0,39	0,21	0,13	0,08															
Al ₂ O ₃	13,28	13,95	15,56	14,90	16,36	14,57	16,45	16,27	17,14	14,65	16,62	14,35	15,83	17,94	16,32	14,93	13,70	15,65	13,97	15,32	13,35	13,38	11,65	11,96															
FeO	7,04	5,28	6,29	5,66	6,41	5,74	7,05	6,26	5,85	7,54	5,34	6,69	6,51	7,19	6,26	2,96	7,08	7,56	4,17	4,08	3,42	2,42	1,62	1,34															
MnO	0,11	0,08	0,11	0,10	0,12	0,17	0,16	0,09	0,10	0,15	0,11	0,13	0,11	0,18	0,11	0,05	0,12	0,13	0,07	0,08	0,07	0,11	0,02	0,01															
MgO	9,61	9,18	5,26	6,65	4,96	5,97	4,13	5,71	2,83	1,96	2,34	1,67	5,66	4,03	4,87	1,57	9,44	5,60	2,43	2,14	1,68	0,12	0,04	0,03															
CaO	7,54	5,72	7,27	5,55	6,34	5,78	4,66	3,92	5,77	4,71	4,17	2,98	5,64	3,93	3,75	2,08	7,73	7,47	3,89	1,43	3,80	1,44	0,57	0,30															
Na ₂ O	3,57	3,49	3,14	3,30	3,26	4,61	5,94	5,03	4,22	3,50	4,33	4,25	4,57	3,93	4,17	3,45	2,79	3,66	3,27	3,80	3,77	2,81	2,93	3,39															
K ₂ O	1,64	2,32	2,65	2,58	2,66	2,61	0,97	1,21	2,74	3,69	2,87	3,86	2,75	3,35	3,9	5,60	2,75	1,88	4,86	4,69	2,14	5,97	5,10	5,10															
P ₂ O ₅	0,27	0,24	0,21	0,21	0,23	0,34	0,34	0,25	0,31	0,65	0,24	0,3	0,31	0,30	0,21	0,13	0,49	0,21	0,21	0,15	0,19	0,02	0,02	0,01															
LOI	1,0	2,7	1,8	2,2	2,2	1,8	1,9	2,3	1,0	1,7	2,0	1,5	2,9	2,8	2,4	1,5	1,7	2,1	1,6	1,7	1,4	0,8	1,0	0,4															
Sum	99,63	99,58	99,78	99,58	99,57	99,62	99,75	99,64	99,65	99,68	99,71	99,64	99,72	99,55	99,56	99,72	99,41	99,67	99,79	99,67	99,76	99,81	99,92	99,93															
Traços (ppm)																																							
Ba	710	1118	1188,3	1387	1401,3	1147	750	1079	1575	1365	1299	2005	1387	2149	2540	1497	2654	1020	1457,3	1919	797	1097	143	99															
Sr	922,2	974,3	1117,7	1056,6	1476,6	1033,7	496,5	1019,8	889,8	627,2	665,5	336,3	1312,2	878,7	567,9	417,9	1431,1	761,3	610,6	472,4	715,4	95,5	39,3	47,6															
Zr	91,1	95,8	86,2	93,3	93,8	142,3	116,4	98,4	124,8	193,2	140,6	232,1	108,0	91,9	91,8	228,2	109,4	74,1	200,7	150,4	167,3	306,7	215,9	204,9															
Y	10,0	7,7	9,8	8,7	9,8	10,6	12,1	10,5	11,2	30,5	15,5	31,7	11,8	10,8	10,7	15,4	9,7	10,7	10,5	17,5	20,1	40,4	59,5	83,6															
Hf	2,5	2,8	2,3	2,7	2,3	3,6	3,2	2,8	3,5	5,3	4,0	6,4	2,9	2,6	2,3	6,2	2,9	2,2	5,6	4,6	4,8	8,2	8,5	9,0															
Nb	3,2	3,0	2,5	2,3	2,9	5,7	9,0	3,3	4,4	9,6	6,8	11,4	3,1	4,1	2,7	8,1	3,1	2,7	6,7	7,1	9,1	14,4	18,3	20,3															
Ga	17,4	16,3	20,1	16,9	20,5	20,5	17,6	18,4	19,6	19,3	18,5	18,1	19,2	17,5	16,6	17,9	16,8	19,7	15,4	17,7	15,0	19,3	17,7	20,9															
Rb	97,4	36,4	41,5	39,1	45,2	45,1	40,5	36,7	53,9	134,0	92,6	122,6	53,4	84,4	63,8	135,6	84,8	32,9	112,2	121,1	53,8	264,9	175,1	148,2															
Ta	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,8	0,5	0,8	0,2	0,3	0,1	0,7	0,2	0,1	0,5	0,5	0,6	1,1	1,6	1,5															
Th	1,3	2,0	1,8	1,5	5,4	4,3	7,6	3,0	4,2	11,1	7,2	15,9	1,9	4,8	1,9	11,0	2,6	2,1	7,8	10,4	11,0	21,9	34,8	28,4															
ETR (ppm)																																							
La	17,5	21,7	16,1	17,8	20,6	30,2	35,5	21,5	29,0	44,9	32,8	54,7	23,6	24,5	18,5	34,6	21,0	16,1	30,1	31,0	32,7	67,4	81,5	67,3															
Ce	34,5	40,4	33,5	35,6	41,5	56,1	72,6	41,2	54,3	95,0	62,2	109,4	47,1	46,6	33,7	63,9	43,8	31,4	59,5	61,8	68,0	129,2	168,5	132,8															
Pr	4,4	4,6	4,05	4,1	4,85	6,5	7,7	4,6	6,0	10,5	6,9	11,96	6,3	5,5	4,13	6,6	5,4	3,8	6,86	6,8	7,4	14,5	18,0	14,9															
Nd	18,30	17,70	15,3	16,10	18,9	25,50	28,30	18,20	23,60	39,80	26,80	40,5	23,20	21,50	16,3	23,80	20,60	16,30	22,4	25,00	25,50	53,10	63,40	58,10															
Sm	3,4	2,8	2,7	2,5	3,1	4,1	4,5	3,2	3,9	7,3	4,5	6,82	3,9	3,7	2,79	3,5	3,3	2,9	3,5	4,2	4,9	8,6	11,3	11,8															
Eu	1,09	0,84	0,82	0,84	0,82	1,14	1,24	1,00	1,18	1,99	1,24	1,69	1,14	1,14	0,92	0,79	1,07	0,97	0,75	1,03	0,83	0,96	0,34	0,11															
Gd	2,70	1,95	2,2	2,06	2,55	2,79	3,15	2,57	2,91	6,23	3,43	6,06	3,12	2,67	2,31	2,45	2,62	2,58	2,44	3,25	3,66	7,14	9,77	12,71															
Tb	0,38	0,29	0,36	0,32	0,4	0,39	0,40	0,37	0,43	0,89	0,54	0,97	0,46	0,40	0,35	0,40	0,39	0,39	0,38	0,46	0,54	1,21	1,53	2,32															
Dy	1,83	1,41	1,85	1,56	1,94	2,08	2,48	1,96	2,25	5,54	2,85	5,48	2,21	1,94	1,84	2,17	1,83	1,90	1,81	3,07	3,21	7,08	9,99	14,36															
Ho	0,34	0,26	0,34	0,29	0,35	0,35	0,44	0,38	0,41	1,13	0,54	1,15	0,38	0,36	0,35	0,44	0,35	0,39	0,34	0,58	0,71	1,42	2,09	3,03															
Er	1,00	0,72	0,93	0,78	0,96	0,97	1,25	1,05	1,11	3,03	1,46	3,12	1,10	1,07	1,02	1,31	1,05	1,11	1,04	1,66	2,13	4,26	6,16	8,96															
Tm	0,14	0,11	0,12	0,14	0,16	0,15	0,17	0,15	0,17	0,42	0,22	0,48	0,18	0,16	0,14	0,19	0,14	0,16	0,16	0,23	0,31	0,60	0,88	1,30															
Yb	0,91	0,70	0,93	0,74	0,97	0,88	1,20	1,07	1,16	2,86	1,41	3,01	0,99	1,09	0,95	1,21	0,86	1,02	0,89	1,57	2,15	3,93	5,50	8,03															
Lu	0,13	0,11	0,14	0,12	0,15	0,14	0,19	0,15	0,18	0,42	0,22	0,47	0,14	0,15	0,15	0,19	0,14	0,16	0,17	0,25	0,32	0,60	0,81	1,18															
K ₂ O+Na ₂ O	5,21	5,81	5,79	5,88	5,92	7,22	6,91	6,24	6,96	7,19	7,20	8,11	7,32	7,28	8,07	9,05	5,54	5,54	8,13	8,49	5,91	8,78	8,03	8,49															
K ₂ O/Na ₂ O	0,46	0,66	0,84	0,78	0,82	0,57	0,16	0,24	0,65	1,05	0,66	0,91	0,60	0,85	0,94	1,62	0,99	0,51	1,49	1,23	0,57	2,12	1,74	1,50															
A/CNK	0,62	0,75	0,73	0,81	0,83	0,70	0,85	0,97	0,84	0,80	0,93	0,87	0,76	1,04	0,91	0,96	0,63	0,72	0,79	1,10	0,87	0,98	1,02	1,03															
FeO _{tot} /(FeO _{tot} +MgO)	0,42	0,37	0,54	0,46	0,56	0,49	0,63	0,52	0,67	0,79	0,70	0,80	0,53	0,64	0,56	0,65	0,43	0,57	0,63	0,66	0,67	0,95	0,98	0,98															
#mg	70,87	75,61	59,85	67,68	57,97	64,96	51,08	61,92	46,30	31,67	43,86	30,80	60,78	49,98	58,10	48,60	70,39	56,90	50,95	48,32	46,69	8,12	4,22	3,84															
Rb/Sr	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,08	0,04	0,06	0,21	0,14	0,36	0,04	0,10	0,11	0,32	0,06	0,04	0,18	0,26	0,08	2,77	4,46	3,11															
Ba/Rb	7,29	30,71	28,63	35,47	31,00	25,43	18,52	29,40	29,22	10,19	14,03	16,35	25,97	25,46	39,81	11,04	31,30	31,00	12,99	15,85	14,81	4,14	0,82	0,67															
Rb/Zr	1,07	0,38	0,48	0,42	0,48	0,32	0,35	0,37	0,43	0,69	0,66	0,53	0,49	0,92	0,69	0,59	0,78	0,44	0,56	0,81	0,32	0,86	0,81	0,72															
(La/Yb) _N	12,82	20,67	11,54	16,04	14,16	22,88	19,72	13,40	16,67	10,47	15,51	12,12	15,89	14,99	12,98	19,06	16,28	10,52	22,55	13,16	10,14	11,43	9,88	5,59															
Eu/Eu*	1,10	1,10	1,03	1,14	0,90	1,04	1,01	1,08	1,08	0,91	0,97	0,81	1,01	1,11	1,11	0,83	1,12	1,08	0,79	0,86	0,61	0,38	0,10	0,03															

AB=andesito basáltico; TR=traquandeito; TAB=traquandeito basáltico; *Fácies* (Formação Sobreiro)=1-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição subalcalina; 2-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição cálcio-alcalina a shoshonítica; 3-*Fácies* vulcanoclástica subaérea.
 AN=andesito; DAC=dacito; RL=nólito.
 TA=traquandesito; *Fácies* (Formação Santa Rosa)=1-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea.

séries cálcio-alcálicas de médio e alto potássio. O maior conteúdo de K_2O na amostra de andesito basáltico em relação a algumas amostras de traquiandesitos sugere que tais rochas não estejam vinculadas por processos de cristalização fracionada, visto que, o potássio como elemento incompatível tenderia a enriquecer nas rochas mais evoluídas. Alternativamente, tal distribuição das amostras da *fácies 1* poderia ser justificada por diferentes graus de interação e contaminação crustal.

Ainda no diagrama de Peccerillo & Taylor (1976; Figura 18) observa-se um espalhamento das amostras da *fácies 3*, com um predomínio das mesmas no campo das séries shoshoníticas e com representatividade subordinada nos campos das séries cálcio-alcálicas de médio e alto K. Tal comportamento é justificado pelas heterogeneidades petrográficas dessas amostras. O comportamento fortemente divergente da amostra TC-39 (tufo de cristais de composição dacítica) pode ser explicado por uma intensa lixiviação de álcalis, ou simplesmente por uma natureza distinta das demais amostras dessa *fácies*.

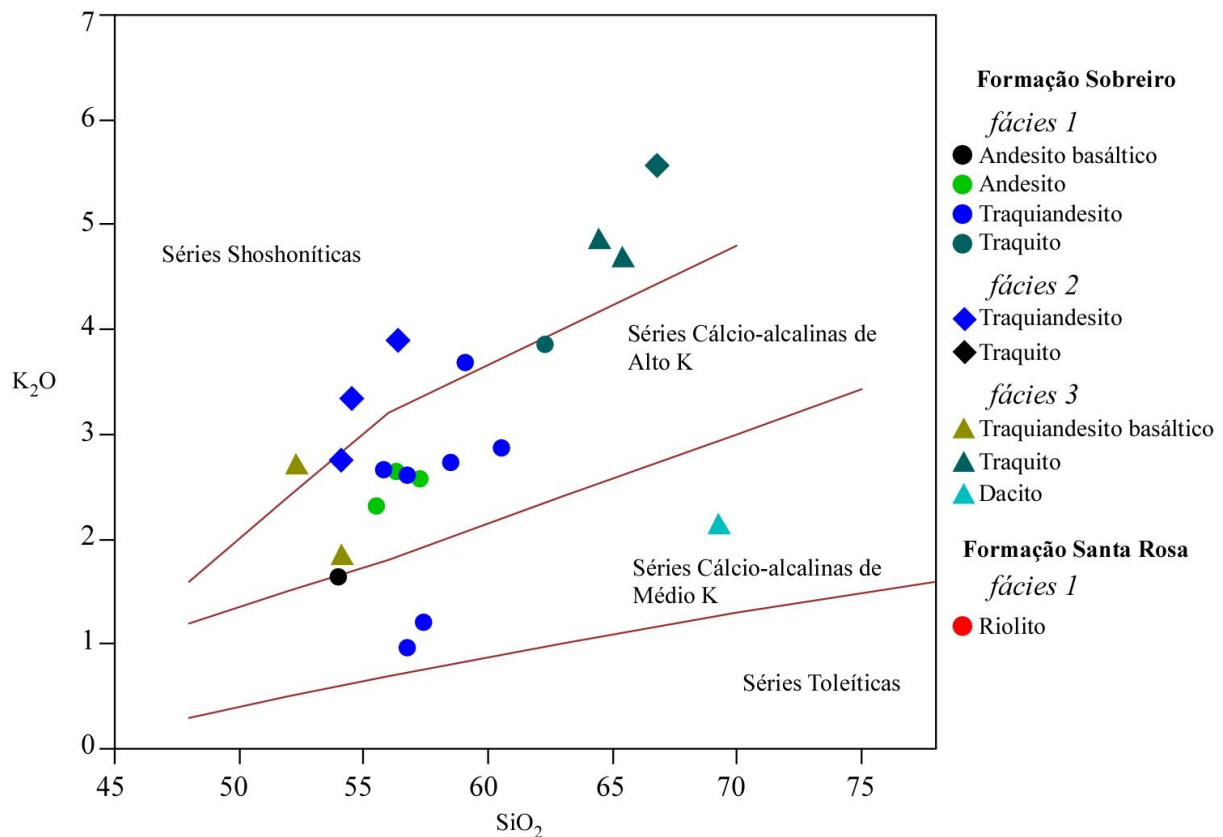


Figura 18: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro, no diagrama K_2O versus SiO_2 de Peccerillo & Taylor (1976).

No diagrama triangular AFM ($A = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ versus $F = \text{FeO}^*$ versus $M = \text{MgO}$; Figura 19) de Irvine e Baragar (1971), as amostras da Formação Sobreiro plotam no campo das séries cálcio-alcalinas. Apesar disso, é possível observar ainda que a medida que o MgO diminui e a soma $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ aumenta tem-se um contínuo e gradual aumento do FeO^* no sentido andesito-basáltico-andesito-traquiandesito-traquito. Duas amostras, TC-11A e TC-54B, chegam a atingir o limite entre os campos cálcio-alcalino-toleítico. Este comportamento pode indicar que a Formação Sobreiro possivelmente não é uma série magmática cálcio-alcalina típica.

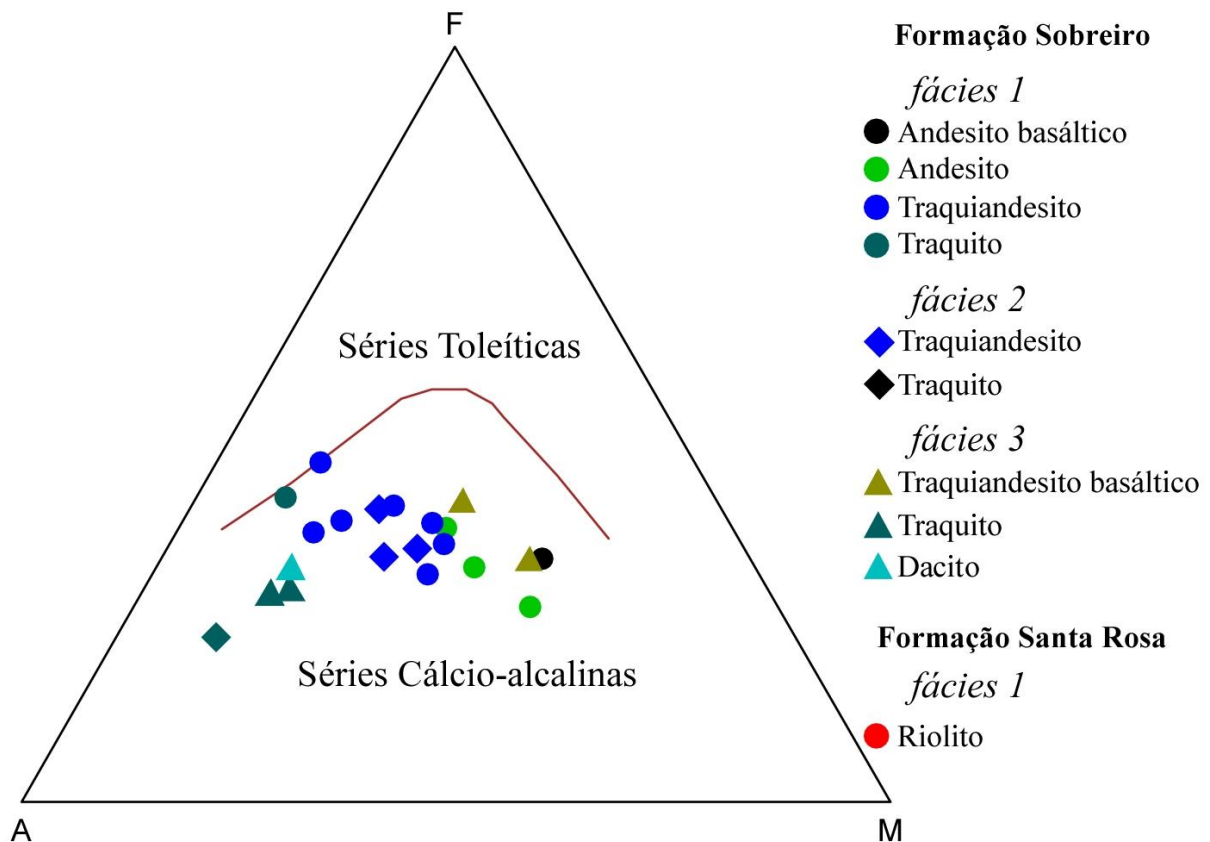


Figura 19: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro no diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971).

Quanto ao índice de saturação em alumina de Shand (1950; Figuras 20; Tabela 1), a Formação Santa Rosa é peraluminosa a fracamente metaluminosa, com apenas uma amostra (TC-11B) com razão $A/\text{CNK} < 1$. Já a *fácies 1* da Formação Sobreiro é inteiramente metaluminosa, tendo todas as amostras dessas *fácies* valores de A/CNK menores que 1. Por outro lado, as *fácies 2* e 3 distribuem-se entre os campos metaluminoso e peraluminoso.

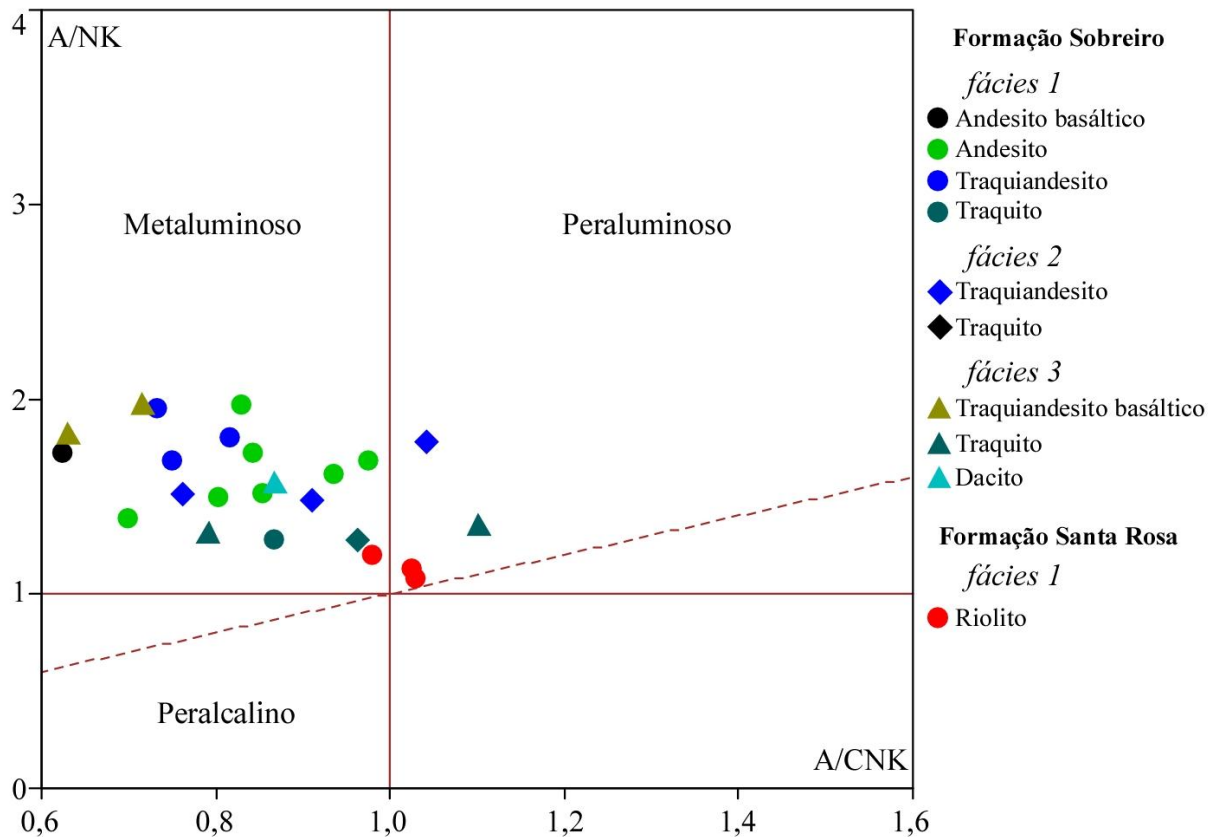


Figura 20: Distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa no diagrama de Maniar & Piccoli (1989) baseado no índice de Shand (1950).

Em diagramas de Harker (Figura 21) é possível observar que, em relação à Formação Sobreiro as amostras da Formação Santa Rosa apresentam, de modo geral, os menores conteúdos de TiO_2 , FeO , MgO , CaO e P_2O_5 , e todos estes elementos têm correlação negativa com a sílica.

No que concerne a Formação Sobreiro se observa, de modo geral, nas figuras 20a-h, que as diversas amostras da *fácies 1* não exibem *trends* de correlação que possam indicar processos de cristalização fracionada a partir de um único magma inicial. Pelo contrário, nos litotipos com análises em mais de uma amostra, como nos casos dos andesitos e, principalmente, dos traquiandesitos, é observado um considerável espalhamento vertical das amostras mesmo num intervalo restrito do conteúdo de SiO_2 (Figura 21; Tabela 1). Esta falta de padrão reforça a hipótese de que, pelo menos, parte das amostras de traquiandesitos não esteja vinculada ao andesito basáltico ou mesmo aos andesitos por cristalização fracionada. A pequena quantidade de análises das *fácies 2* e *3* torna difícil uma análise confiável de suas distribuições nesses diagramas.

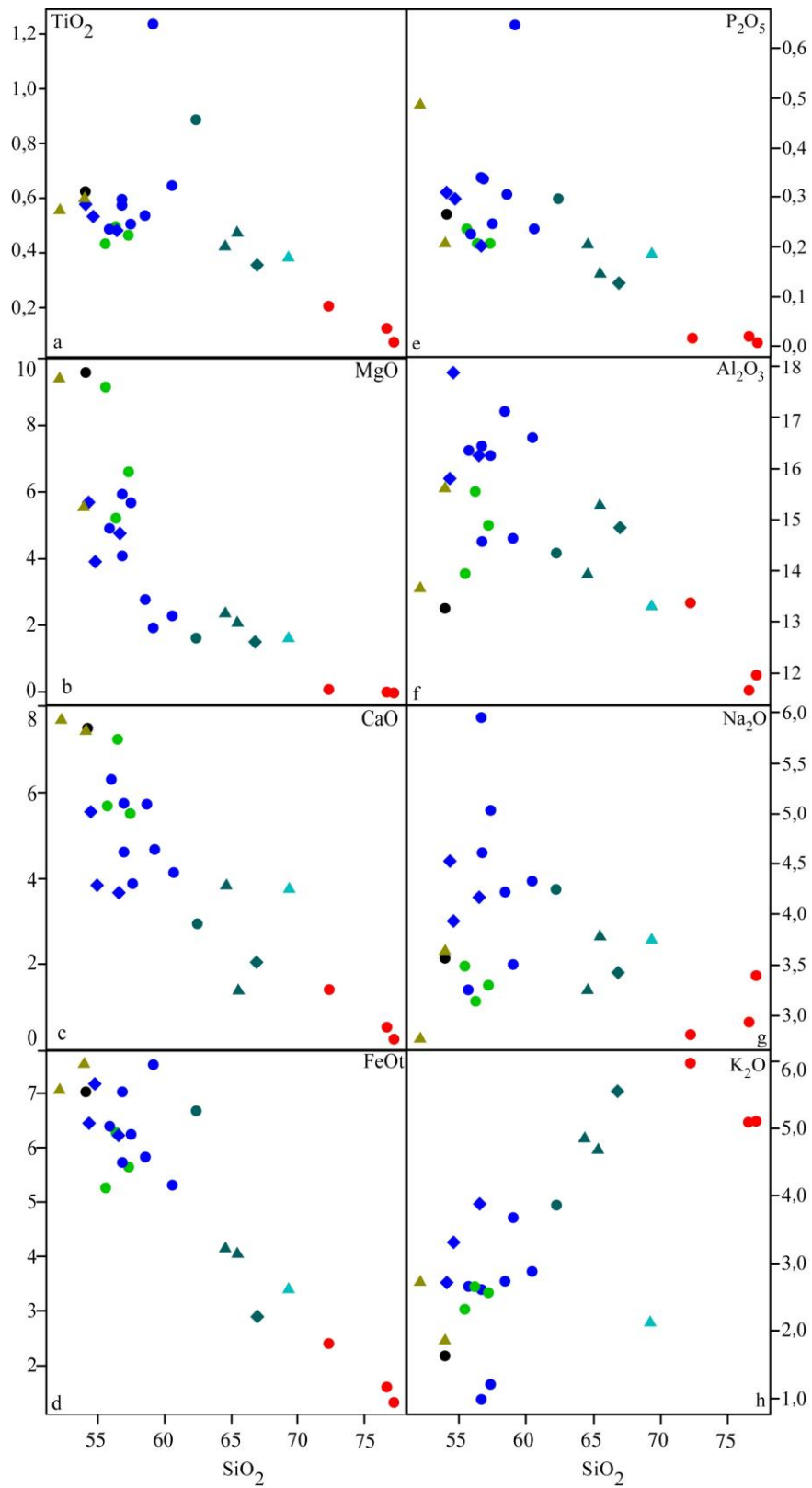


Figura 21: Diagramas de Harker mostrando a distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa (valores em percentagem em peso). Símbolos conforme figura 17.

O não comagmatismo de pelo menos parte dos traquiandesitos subalcalinos com o andesito basáltico, é sugerido também pelo diagrama de variação K_2O/Na_2O versus SiO_2 . Neste diagrama, amostras de traquiandesitos com conteúdos de sílica muito próximos mostram considerável dispersão de valores da razão K_2O/Na_2O (Figura 22a). Este comportamento dos traquiandesitos também é observado no diagrama A/CNK versus SiO_2 (Figura 22b). Os diagramas $\#mg$ versus SiO_2 (Figura 22c) e $FeO/(FeO+MgO)$ versus SiO_2 (Figura 22d), ressaltam as diferenças entre as Formações Sobreiro ($\#mg$ entre 30,08 e 75,61, $FeO/(FeO+MgO)$ entre 0,37 e 0,80) e Santa Rosa ($\#mg$ entre 3,84 e 8,12, $FeO/(FeO+MgO)$ entre 0,95 e 0,98).

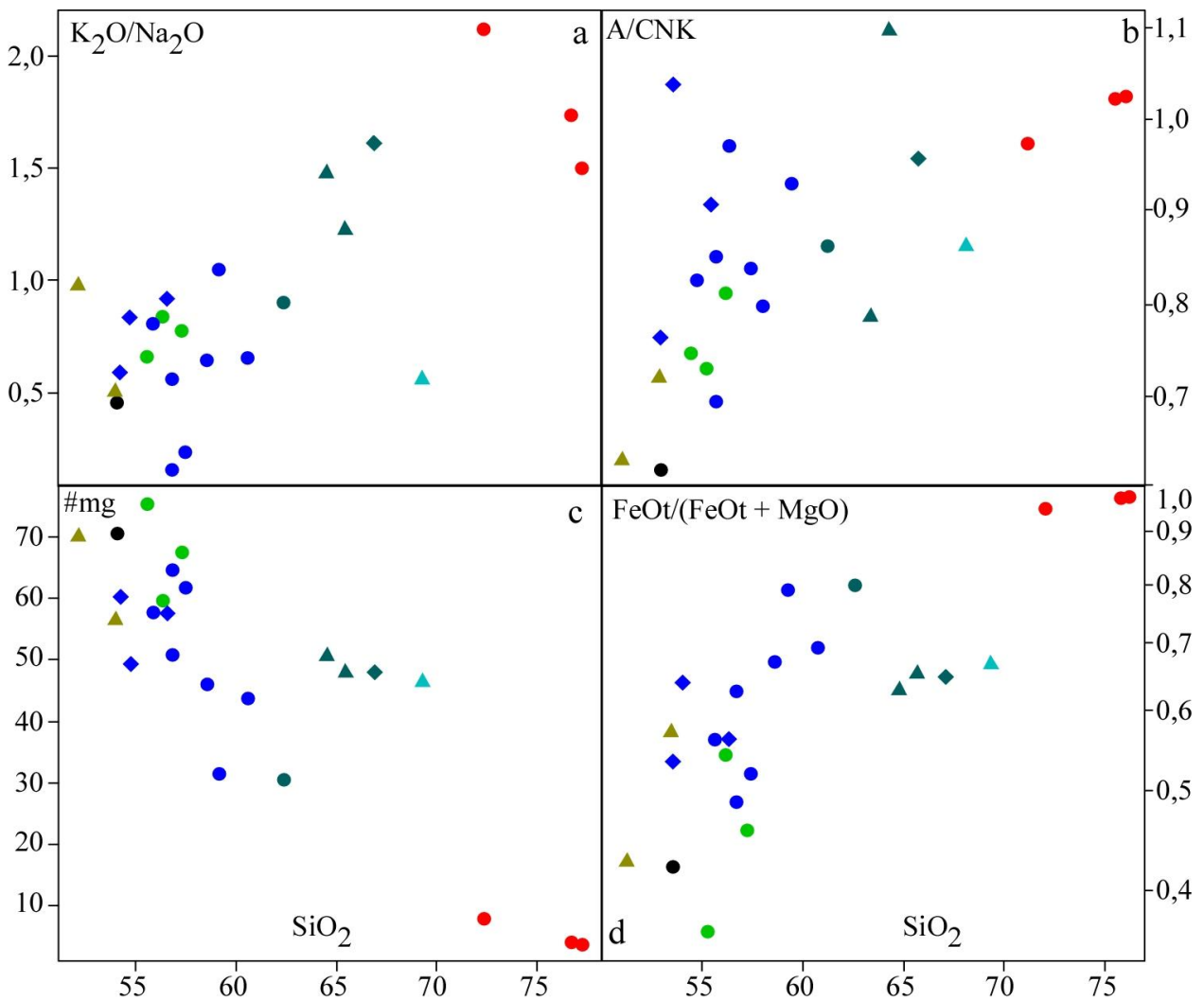


Figura 22: Diagramas de variação das Formações Sobreiro e Santa Rosa. a) K_2O/Na_2O versus SiO_2 ; b) A/CNK versus SiO_2 ; c) $\#mg$ versus SiO_2 ; d) $FeO/(FeO + MgO)$ versus SiO_2 . Símbolos conforme figura 17.

4.2 ELEMENTOS TRAÇOS

Os diagramas binários de elementos traço *versus* SiO₂ (Figura 23) reforçam a distinção entre os riolitos da Formação Santa Rosa e as rochas intermediárias e félsicas da Formação Sobreiro. Os mais baixos conteúdos de Sr e Ba e os mais altos conteúdos de Rb, Nd, Y e Ta são encontrados nesses riolitos. Os baixos valores de Sr (39,3 a 95,5 ppm) dos riolitos refletem a pequena ou ausente participação de plagioclásio em sua assembléia mineralógica.

Quanto a Formação Sobreiro, observa-se mais uma vez um amplo espalhamento dos traquiandesitos subalcalinos na maioria dos diagramas e a inexistência de *trends* de correlação que possam sugerir processos de cristalização fracionada a partir de um único magma inicial homogêneo (Figura 23a, b, d, e, f, h).

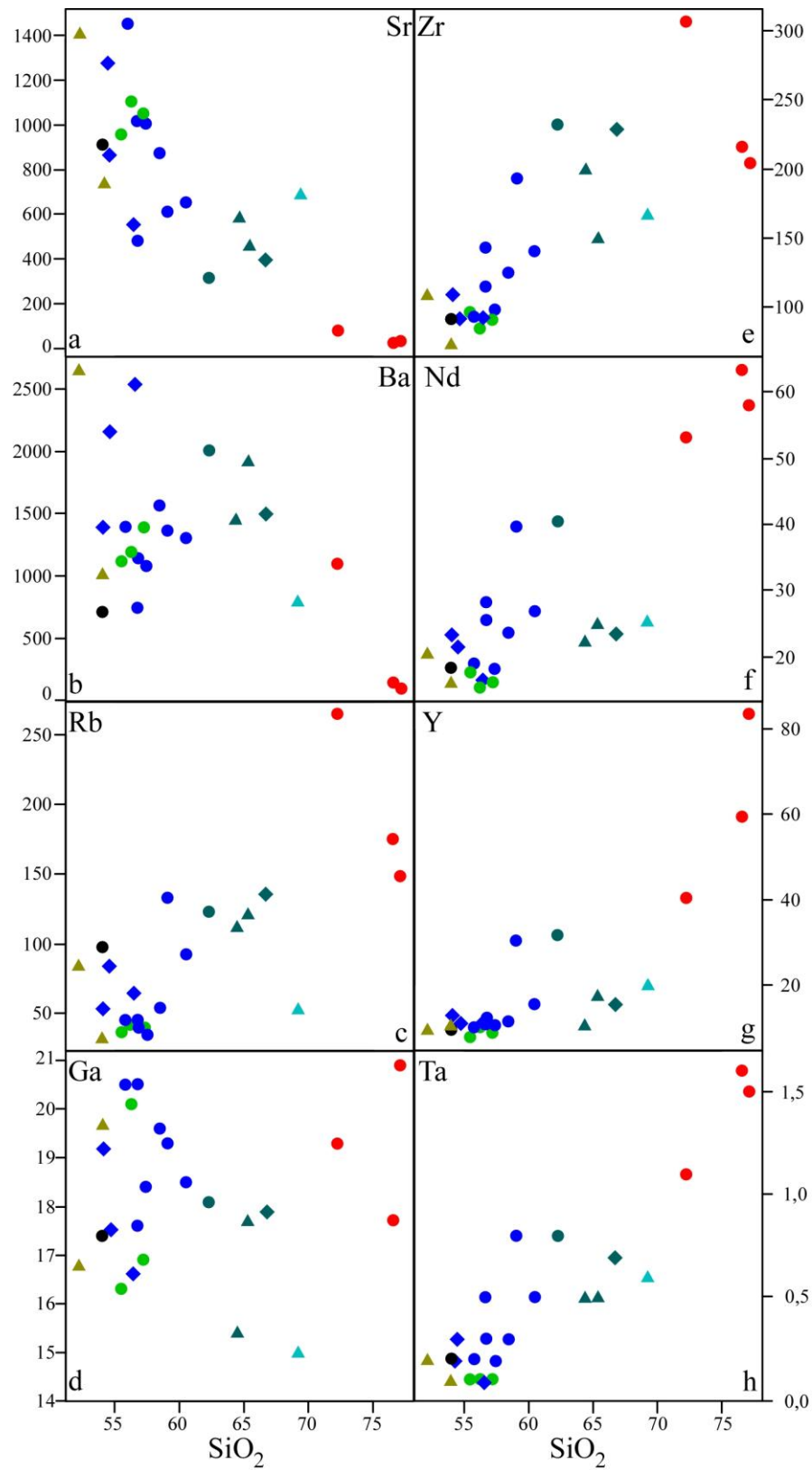


Figura 23: Diagramas de variação de elementos traço versus SiO_2 (porcentagem em peso) mostrando a distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa. Símbolos conforme figura 17.

A disposição dos traquiandesitos no diagrama Rb/Sr versus Rb/Zr (Figuras 24b) reforça a heterogeneidade de seu quimismo e corrobora a hipótese destas rochas corresponderem a derrames vulcânicos distintos, fato este possivelmente explicado por diferentes graus de interação do magma com material crustal. A sobreposição dos valores das razões Ba/Rb e Rb/Sr nos traquiandesitos e andesitos também sustenta essa hipótese (Figuras 24a e b). Enquanto, o alto valor da razão Rb/Zr (1,07) na amostra de andesito basáltico reforça sua não vinculação por cristalização fracionada com os demais litotipos da Formação Sobreiro. A Formação Santa Rosa tem as mais baixas razões Ba/Rb (0,67 a 4,44) e as mais altas razões Rb/Sr (2,77 a 4,46), Figuras 24a e 24b, Tabela 1.

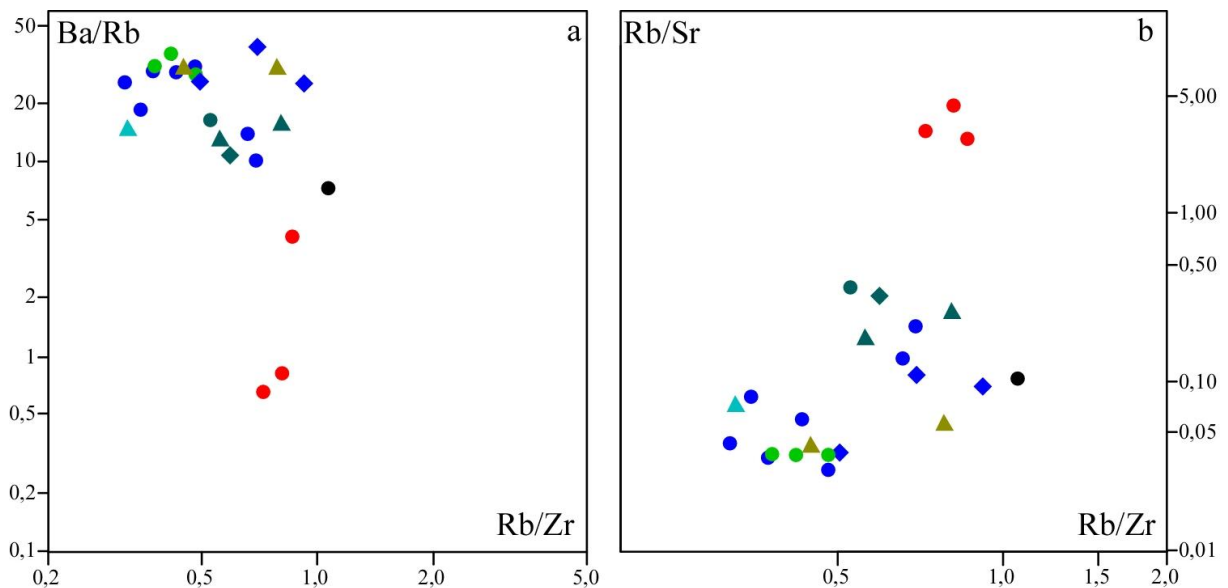


Figura 24: Diagramas geoquímicos das formações Sobreiro e Santa Rosa. a) Ba/Rb versus Rb/Zr; b) Rb/Sr versus Rb/Zr. Símbolos conforme figura 17.

4.3 ELEMENTOS TERRAS RARAS

Os valores dos elementos terras raras (ETR em ppm), bem como as principais razões desses elementos em cada grupo de rochas, são apresentados na Tabela 1. Para elaboração dos diagramas de padrões de ETR utilizou-se a normalização a partir do condrito de Nakamura (1974).

As amostras da Formação Sobreiro exibem, de modo geral, enriquecimento em ETR leves em relação aos pesados ($La_N/Yb_N=10,47$ a $22,88$, *fácies 1*; $La_N/Yb_N=12,98$ a $19,06$, *fácies 2*; $La_N/Yb_N=10,14$ a $22,55$, *fácies 3*) e anomalias de Eu levemente negativa a levemente positiva

($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,81$ a $1,14$, *fácies 1*; $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,83$ a $1,11$, *fácies 2*; $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,61$ a $1,12$, *fácies 3*), com padrões típicos das séries cálcio-alcálinas (Figuras 25a, b e c). Já os rilitos da Formação Santa Rosa exibem padrão que indica moderado a baixo fracionamento dos ETR pesados em relação aos leves ($\text{La}_N/\text{Yb}_N = 5,59$ a $11,43$) e pronunciada anomalia negativa de Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,38$ a $0,03$), denotando portanto um comportamento semelhante ao de granitos tipo A (Figura 25d).

A quase perfeita sobreposição dos padrões das amostras de lapili-tufos da *fácies 3* (Figura 25c) pode indicar que, embora geograficamente descontínuos esses depósitos tenham sido formados a partir de materiais semelhantes entre si e diferentes em relação aos tufos de cristais.

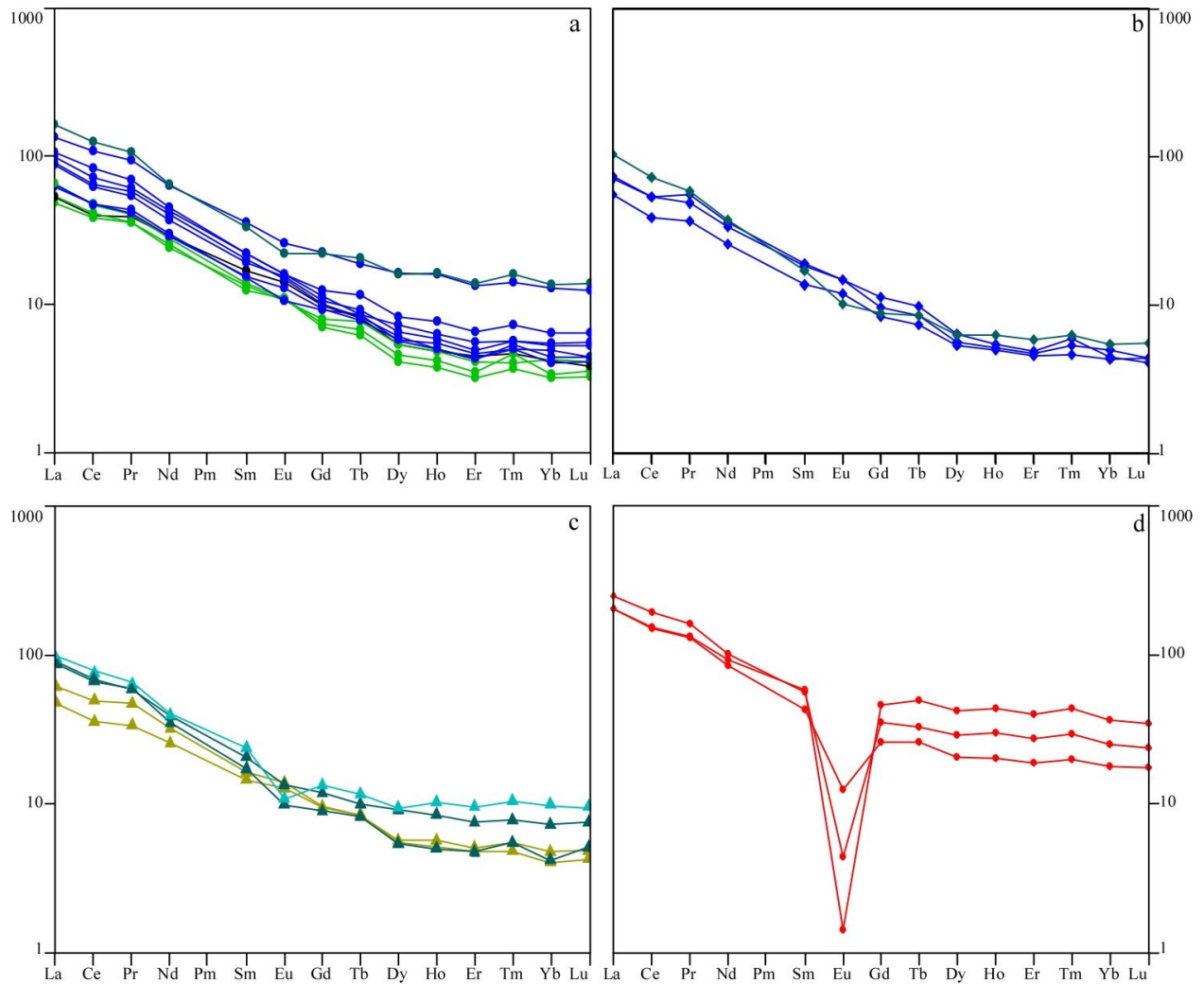


Figura 25: Padrões de Elementos Terras Raras normalizados ao condrito de Nakamura (1974). a) *Fácies 1*, b) *Fácies 2* e c) *Fácies 3*, Formação Sobreiro; e, d) *Fácies 1* da Formação Santa Rosa. Símbolos conforme figura 17.

4.4 AFINIDADE TECTÔNICA

Nos diagramas FeO^*/MgO versus $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ (Figura 26a) e $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{CaO}$ versus $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$ (Figura 26b) de Whalen *et al.* (1987), os riolitos da Formação Santa Rosa plotam no campo dos granitos tipo A, enquanto os diversos litotipos da Formação Sobreiro plotam no campo dos granitos não diferenciados. No diagrama de afinidade tectônica Ta versus Yb (Figura 26c) de Pearce *et al.* (1984), a Formação Santa Rosa mostra afinidade tectônica predominantemente intra-placa e a Formação Sobreiro plota no campo dos granitos de arco vulcânico. Segundo a classificação geotectônica a partir do diagrama Th versus Hf/3 versus Ta (Figura 26d) de Wood (1980), a Formação Sobreiro se enquadra no campo dos basaltos cálcio-alcalinos.

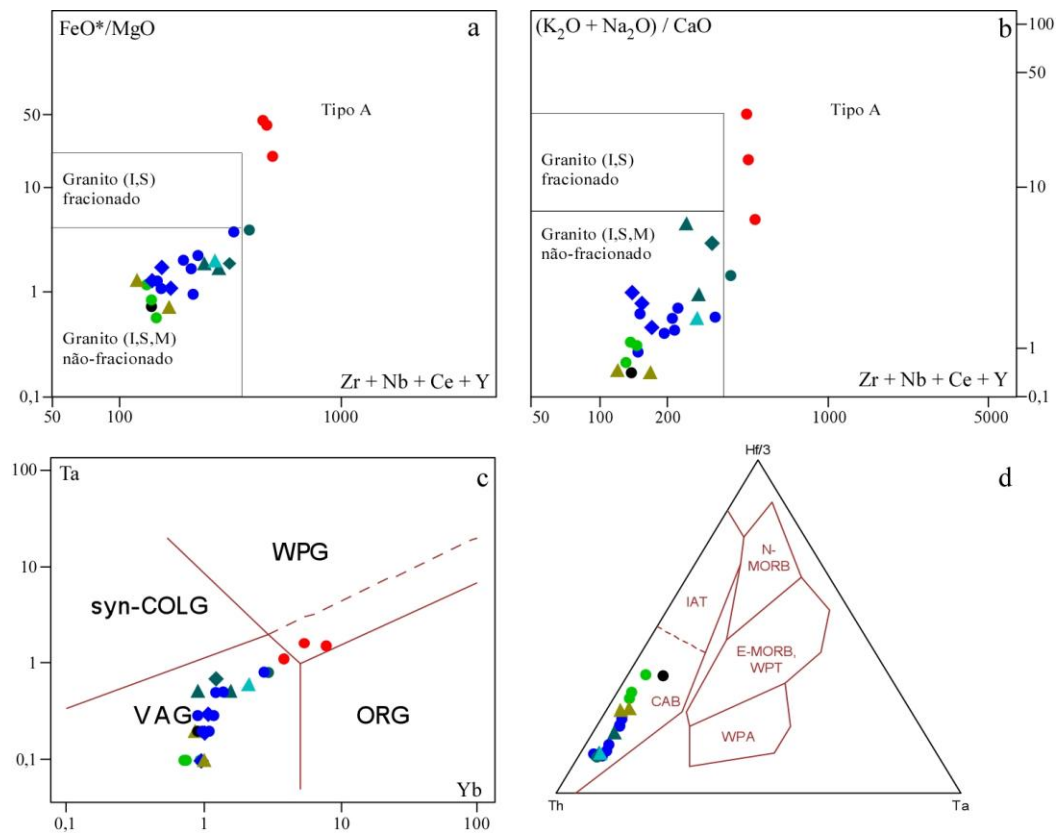


Figura 26: Diagramas de afinidade tectônica das formações Sobreiro e Santa Rosa. a) FeO^*/MgO versus $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$, Whalen (1987); b) $(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})/\text{CaO}$ versus $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}$, Whalen (1987); c) Ta versus Yb, Pearce *et al.* (1984); d) Th versus Hf/3 versus Ta, Wood (1980). VAG=granitos de arco vulcânico; syn-COLG=granitos sin-colisionais; WPG=granitos intraplaca; ORG=granitos de cordeira oceânica; CAB=basaltos cálcio-alcalinos; IAT=toleítos de arco de ilha; WPA= basaltos intraplaca alcalinos; WPT=basaltos intraplaca toleíticos; E-MORB=ENRICHED MID-OCEAN RIDGE BASALT; N-MORB= NORMAL MID-OCEAN RIDGE BASALT. Símbolos conforme figura 17.

5 ESTUDO COMPARATIVO

Neste capítulo é apresentado o estudo comparativo entre as rochas vulcânicas e vulcanoclásticas das áreas sul (margem leste do Rio Xingu; este trabalho) e oeste/sudoeste (margem oeste do Rio Xingu; Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu.

Desde os primeiros trabalhos realizados na região de São Félix do Xingu, as rochas vulcânicas de composições predominantemente intermediárias foram agrupadas na Formação Sobreiro (IDESP 1970, Macambira & Vale 1997, Teixeira *et al.* 2002). Juliani & Fernandes (2010), em trabalhos de mapeamento na área oeste/sudoeste de São Félix do Xingu, caracterizaram um amplo e extenso vulcanismo bimodal efusivo e explosivo de idade Paleoproterozóica que teria gerado duas unidades vulcânicas quimicamente distintas. Na unidade basal, correlacionada à Formação Sobreiro (1880 ± 6 Ma; Pb-Pb em zircão; Pinho *et al.* 2006), foram descritas, *fácies* vulcânicas relacionadas a fluxos de lava, representadas por andesitos basálticos e andesitos, subordinadamente, riódacitos e dacitos, e *fácies* vulcanoclásticas formadas por depósitos de tufo e lapili-tufo máficos auto-clásticos e brechas subordinadas. Na unidade superior, denominada Formação Santa Rosa ($1884 \pm 1,7$ Ma/ 1879 ± 2 Ma; Pb-Pb em zircão; Fernandes 2009), foram descritas *fácies* vulcânicas relacionadas a fluxo de lavas e intrusivas subvulcânicas associadas de composições félsicas, e *fácies* vulcanoclásticas formadas por depósitos ignimbríticos com tufos de cinza não soldados e tufos e lapili-tufo félsicos, com brechas e aglomerados vulcânicos.

Todos os litotipos da Formação Sobreiro descritos por Juliani e Fernandes (2010), a exceção dos lapili-tufos autoclásticos, foram identificados na área sul de São Félix do Xingu, sugerindo, portanto se tratar da mesma unidade. Quanto a Formação Santa Rosa, na área sul, foram reconhecidas apenas ocorrências restritas de *fácies* de fluxo de lavas de composição félsica, não sendo encontrada nenhuma ocorrência de *fácies* vulcanoclásticas. Esse fato permite pensar que o material piroclástico ejetado pelos processos de vulcanismo explosivo ocorrido na área oeste/sudoeste não se depositou a longas distâncias ou foi rapidamente erodido.

A classificação geoquímica das rochas vulcânicas das áreas sul e oeste/sudoeste a partir do diagrama TAS (Le Bas 1980; Figura 27) mostra perfeita similaridade entre as mesmas. A predominância dos traquiandesitos em relação aos andesitos basálticos, andesitos, dacitos e

traquitos da Formação Sobreiro é igualmente observada em ambas as áreas supramencionadas. Ao mesmo tempo, as poucas amostras de traquiandesitos e traquitos cálcio-alcalinos a shoshoníticos encontradas na área sul é concordantemente observada na classificação das vulcânicas da área oeste/sudoeste. Quanto à Formação Santa Rosa, a classificação a partir do diagrama TAS exhibe estreita relação entre os riolitos de ambas as margens do Rio Xingu. Além disso, os conteúdos de SiO_2 e da razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ tanto da Formação Sobreiro quanto da Formação Santa Rosa são perfeitamente sobrepostos (Formação Sobreiro área sul: $\text{SiO}_2=53,97$ a $69,21\%$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0,16$ a $1,62$; Formação Sobreiro área oeste sudoeste: $\text{SiO}_2=51,93$ a $65,91\%$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0,39$ a $1,52$; Formação Santa Rosa área sul: $\text{SiO}_2=72,27$ a $77,14\%$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=1,50$ a $2,12$; Formação Santa Rosa área oeste/sudoeste: $\text{SiO}_2=69,94$ a $76,67\%$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=1,31$ a $3,19$; Tabelas 1,2 e 3).

No diagrama K_2O versus SiO_2 de Peccerillo e Taylor (1976; Figura 28), é possível perceber que, as amostras da *fácies* de fluxo de lavas e composição subalcalina da área oeste/sudoeste, semelhante aos vulcanitos relacionados a processos de vulcanismo efusivo de composição subalcalina da área sul, plotam predominantemente no campo da séries cálcio-alcalinas de alto K, com a dispersão de algumas amostras para os campos de baixo K e das séries shoshoníticas. Essa distribuição reforça a hipótese dessas rochas pertencerem à mesma unidade. As rochas alcalinas saturadas da área oeste/sudoeste, nesse diagrama, alinham-se perfeitamente às alcalinas saturadas área sul, possivelmente, denotando a existência de uma *fácies* predominantemente shoshonítica na Formação Sobreiro. Fernandes (2009), no entanto, interpreta que tais rochas adquirem tal comportamento em função de processos de metassomatismo potássico. A boa preservação da assembléia de fenocristais das amostras da área sul descarta tal possibilidade. A dispersão das amostras das *fácies* vulcanoclásticas de ambas as áreas aqui tratadas nos campos das séries de baixo e alto K chegando até as séries shoshoníticas comprova a heterogeneidade dos materiais que as compõem.

A hipótese dos andesitos basálticos da Formação Sobreiro e pelo menos parte dos traquiandesitos não estarem vinculados por processos de cristalização fracionada é corroborada pela distribuição dos vulcanitos da área oeste/sudoeste no diagrama de Peccerillo e Taylor (1976; Figura 28).

A partir do diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971; Figura 29), percebe-se que o caráter cálcio-alcalino é igualmente demonstrado pelos vulcanitos das áreas sul e oeste/sudoeste.

No diagrama de aluminosidade (Figura 30), é possível perceber que o caráter predominantemente metaluminoso a fracamente peraluminoso das rochas vulcânicas da área sul é igualmente indicado pelas vulcânicas cálcio-alcálicas da área oeste/sudoeste, reforçando mais uma vez a hipótese desses dados pertencerem à mesma unidade. Da mesma forma, o caráter peraluminoso a fracamente metaluminoso observado nas amostras da Formação Santa Rosa da área sul é indicado pelos riolitos da área oeste/sudoeste.

A análise conjunta dos diagramas de ETR das *fácies* de composição subalcalina relacionadas a processos de fluxo de lavas da Formação Sobreiro das áreas sul e oeste/sudoeste de São Félix do Xingu (Figura 31a e b) mostra uma forte coincidência dos padrões dos diversos litotipos, com razões $(La/Yb)_N$ num mesmo intervalo. São encontrados valores da razão $(La/Yb)_N$ entre 10,14 e 22,88 nas amostras da área sul e valores entre 9,52 e 23,88 nas amostras da área oeste/sudoeste, reforçando novamente a hipótese de perfeita continuidade da Formação Sobreiro em ambas as áreas. A partir deste mesmo diagrama, é possível perceber ainda, que andesitos basálticos e, pelo menos parte dos traquiandesitos, não estão vinculados a processos de cristalização fracionada, já que algumas amostras de andesitos basálticos são mais enriquecidas em ETR pesados que alguns traquiandesitos. Da mesma forma, é possível descartar a possibilidade dos dacitos serem representantes mais evoluídos do magma gerador dos andesitos basálticos e traquiandesitos, visto que, nos dacitos é observado maior empobrecimento em ETR pesados que nos andesitos basálticos e, pelo menos em parte dos traquiandesitos. Embora, mais discreta, outra evidência que corrobora tal interpretação são valores da anomalia de Eu, pois as amostras de dacitos apresentam razões Eu/Eu^* (0,98 a 1,05) iguais ou até superiores que algumas amostras de andesitos basálticos (Eu/Eu^* entre 0,82 e 1,10) e traquiandesitos (Eu/Eu^* entre 0,85 e 1,12), descartando a possibilidade de fracionamento magmático.

Quanto as *fácies* de composição cálcio-alcálica a shoshonítica e as *fácies* vulcanoclásticas da Formação Sobreiro, o que se observa são padrões muito semelhantes entre as amostras das áreas sul e oeste/sudoeste (Figuras 31c e d), reforçando a hipótese de continuidade da Formação Sobreiro nestas áreas.

Os riolitos da Formação Santa Rosa também indicam em diagramas de ETR (Figuras 31e e f) a provável continuidade dessa unidade a sul e oeste/sudoeste, visto que apresentam *trends* e valores de anomalias de Eu muito semelhantes em ambas as áreas.

No diagrama Ta *versus* Yb de Pearce *et al.* (1984; Figura 32), é possível perceber que todas as amostras da Formação Sobreiro, seja da área sul ou oeste/sudoeste, plotam agrupadas no campo dos granitos de arco vulcânico. Os riolitos da Formação Santa Rosa da área oeste/sudoeste, de modo geral, plotam predominantemente no campo dos granitos intraplaca com leve dispersão para o campo dos granitos de arco vulcânico. Um ambiente tectônico sin-colisional é indicado por apenas uma amostra de riolito da área oeste/sudoeste, podendo ainda simplesmente representar maior enriquecimento em Yb nessa amostra.

Tabela 2: Composições químicas das rochas vulcânicas da Formação Sobreiro, área oeste/Sudoeste de São Félix do Xingu (Fernandes 2009).

Unidade	Formação Sobreiro																			
Fácies	Fácies de fluxo de lavas														Tufo e Lapili-tufo Máficos					
Rocha	AB			AN			TA				TAA	TRA	DA		AB		AN	TA		
Amostra	NC-26a	26	332	215	122a	78	211	225	126	195	65	374	371	50a	193a	358	241	176	81b	86
SiO ₂	51,93	54,09	54,51	55,29	56,28	57,59	55,68	56,31	56,81	55,98	59,66	57,08	59,10	60,92	65,91	53,62	54,27	54,52	53,35	57,42
TiO ₂	1,15	0,85	0,51	0,58	0,49	0,51	0,68	0,49	0,77	0,64	0,69	0,63	0,62	0,48	0,34	0,66	0,67	0,53	0,56	0,53
Al ₂ O ₃	14,33	16,39	14,00	14,74	15,15	16,44	15,97	15,82	16,24	16,51	16,00	15,75	15,29	14,68	15,07	13,84	13,22	15,15	11,96	15,35
FeO	10,12	8,35	6,67	7,06	5,54	6,32	7,04	4,87	7,73	7,64	5,70	6,27	5,39	4,81	3,29	7,76	7,48	7,84	7,03	6,08
MnO	0,17	0,12	0,11	0,13	0,10	0,12	0,13	0,10	0,12	0,12	0,10	0,12	0,09	0,09	0,09	0,15	0,13	0,13	0,10	0,08
MgO	6,04	4,34	8,59	5,27	6,20	3,21	4,71	6,79	3,22	3,73	2,58	3,52	3,78	3,84	1,47	7,74	7,84	6,05	6,16	3,20
CaO	7,97	6,19	6,61	6,71	5,90	5,55	5,72	4,32	5,96	4,95	4,68	4,80	3,20	4,52	3,40	7,17	8,11	6,10	8,93	4,52
Na ₂ O	3,55	3,70	1,94	2,66	2,84	2,86	3,53	3,39	3,05	4,46	3,51	3,78	3,55	2,62	3,60	2,34	3,02	3,70	3,72	3,59
K ₂ O	1,39	2,68	2,66	2,74	2,85	2,74	2,61	2,65	2,95	2,32	3,82	4,71	5,40	3,84	3,10	2,54	0,99	1,46	1,00	3,06
P ₂ O ₅	0,41	0,26	0,23	0,28	0,28	0,26	0,34	0,31	0,32	0,27	0,34	0,32	0,28	0,27	0,19	0,23	0,32	0,28	0,34	0,27
Traços (ppm)																				
Ba	701	1027	1043	1505	1264	1663	1363	1691	1194	2046	1442	2034	1931	1975	1800	1356	726	998	650	1584
Sr	394	618	683	745	1030	732	1566	1111	895	1619	602	1024	967	940	842	749	928	1161	568	1035
Zr	162	131	75	117	93	108	107	107	154	122	206	178	242	154	95	134	131	93	117	89
Y	26,6	18,6	13,7	15,2	10,7	14,7	15,8	11,4	19,5	16,8	21,5	17,2	16,6	11,5	9,7	18,9	16,4	13,3	12,5	22,5
Hf	4,1	3,1	2,1	3,0	2,5	2,8	2,8	2,8	3,8	3,1	5,2	4,4	5,8	3,9	2,7	3,5	3,2	2,4	2,9	2,3
Nb	8,0	5,2	3,4	4,1	3,3	4,2	4,9	4,0	6,0	4,2	7,4	7,5	8,8	5,0	4,7	6,2	4,1	2,9	3,8	3,0
Rb	69	82	51	56	55	64	51	53	71	34	98	144	158	73	65	59	18	25	20	85
Ta	0,73	0,66	0,29	0,33	0,30	0,52	0,41	0,35	0,55	0,45	0,83	0,87	1,03	0,64	0,65	0,68	0,61	0,37	0,36	0,39
Th	8,50	4,69	2,74	5,41	4,45	5,95	5,53	3,60	6,71	3,20	9,27	8,01	9,82	6,13	5,09	4,56	2,72	2,30	2,70	2,11
ETR (ppm)																				
La	45,00	28,80	17,00	27,70	23,40	27,70	30,00	25,20	32,90	26,70	40,80	35,80	42,60	35,10	28,30	28,50	29,50	20,30	24,00	21,50
Ce	85,50	55,20	32,20	52,50	45,00	51,10	57,10	48,70	65,10	48,60	80,30	66,20	77,40	63,20	50,70	54,70	54,70	36,80	46,80	39,50
Pr	8,87	6,33	3,64	5,63	5,11	5,49	6,46	5,43	7,34	5,30	8,73	7,11	8,11	6,44	5,63	6,10	6,35	4,23	5,21	4,89
Nd	29,60	22,00	13,70	20,50	18,40	19,70	23,40	19,20	25,70	18,30	31,40	23,20	26,00	20,10	19,40	21,10	22,70	14,70	17,90	18,10
Sm	5,89	4,84	2,67	3,67	3,15	3,36	4,18	3,34	4,63	3,86	5,23	4,57	4,93	3,83	2,96	4,54	4,80	3,09	3,82	4,06
Eu	1,48	1,33	0,93	1,29	1,07	1,17	1,34	1,10	1,44	1,15	1,54	1,16	1,16	1,07	0,92	1,29	1,43	1,00	1,12	1,31
Gd	5,26	3,87	2,60	3,57	2,74	3,17	3,80	2,74	4,29	3,30	4,73	3,59	3,59	2,96	2,45	3,98	3,84	2,57	3,08	3,98
Tb	0,80	0,55	0,39	0,49	0,37	0,46	0,53	0,38	0,61	0,48	0,71	0,51	0,50	0,39	0,31	0,57	0,49	0,37	0,42	0,57
Dy	4,57	3,03	2,26	2,73	1,99	2,58	2,89	2,09	3,43	2,72	3,80	2,81	2,64	2,00	1,60	3,13	2,55	2,10	2,22	3,23
Ho	0,91	0,61	0,44	0,52	0,37	0,52	0,55	0,39	0,67	0,54	0,77	0,57	0,52	0,38	0,30	0,61	0,49	0,42	0,42	0,64
Er	2,70	1,84	1,28	1,47	1,06	1,47	1,56	1,10	1,99	1,70	2,24	1,75	1,56	1,11	0,85	1,78	1,41	1,30	1,20	1,89
Tm	0,40	0,26	0,19	0,21	0,16	0,21	0,22	0,17	0,29	0,24	0,33	0,26	0,22	0,16	0,13	0,25	0,19	0,18	0,17	0,27
Yb	2,40	1,57	1,19	1,39	0,99	1,39	1,39	1,04	1,85	1,47	2,15	1,57	1,37	1,00	0,79	1,54	1,11	1,12	1,02	1,62
Lu	0,35	0,24	0,18	0,21	0,14	0,21	0,21	0,15	0,28	0,23	0,31	0,22	0,21	0,15	0,12	0,23	0,16	0,16	0,16	0,24
K ₂ O/Na ₂ O	0,39	0,72	1,37	1,03	1,00	0,96	0,72	0,78	0,97	1,25	1,09	1,25	1,52	1,47	0,86	1,09	0,33	0,39	0,27	0,85
(La/Yb) _N	12,50	12,23	9,52	13,29	15,76	13,29	12,23	16,15	11,86	15,20	12,65	15,20	20,73	23,40	23,88	12,34	17,72	12,08	15,69	8,85
Eu/Eu*	0,82	0,94	1,09	1,10	1,12	1,10	0,94	1,12	0,99	0,88	0,95	0,88	0,85	0,98	1,05	0,93	1,02	1,09	1,00	1,00

AB=andesito basáltico;

AN=andesito;

TA=traquiandesito;

TAA=traquiandesito cálcio-alcalino a shoshonítico;

TRA=traquito cálcio-alcalino a shoshonítico;

DAC=dacito;

Tabela 3: Composições químicas das rochas vulcânicas da Formação Santa Rosa, área oeste/Sudoeste de São Félix do Xingu (Fernandes 2009).

Formação Santa Rosa																			
Rocha	Riolitos																		
Amostra	366b	177	11	658	385	647	110	69	656	27d	42	251	317	319	33	320	662	84	51a
SiO ₂	71,56	72,08	74,21	77,07	69,94	70,19	71,83	72,58	73,53	73,56	73,71	74,75	74,85	74,83	75,28	75,37	75,81	76,42	76,67
TiO ₂	0,32	0,46	0,20	0,16	0,42	0,55	0,48	0,31	0,25	0,54	0,26	0,17	0,15	0,27	0,19	0,19	0,17	0,13	0,14
Al ₂ O ₃	13,66	13,94	12,85	11,47	13,42	13,48	12,03	12,61	12,81	13,29	13,57	11,96	11,64	12,83	12,63	12,67	12,14	11,69	12,14
FeO	2,16	2,30	3,52	2,66	2,02	2,83	4,43	2,21	2,12	2,52	2,36	1,96	1,85	1,26	2,31	1,69	1,02	1,82	1,93
MnO	0,10	0,05	0,08	0,06	0,08	0,06	0,10	0,06	0,03	0,03	0,08	0,05	0,13	0,02	0,18	0,02	0,02	0,04	0,05
MgO	0,23	0,38	0,06	0,09	0,26	0,22	0,25	0,12	0,12	0,17	0,15	0,05	0,05	0,18	0,06	0,05	0,14	0,02	0,05
CaO	0,75	0,68	1,04	0,19	1,24	0,13	0,51	0,61	0,05	0,21	0,34	0,75	0,56	0,40	0,48	0,32	0,37	0,14	0,33
Na ₂ O	5,55	3,22	3,42	2,58	3,41	2,86	1,64	2,83	3,26	3,41	3,21	2,92	2,90	2,42	3,37	2,44	2,52	3,53	3,09
K ₂ O	2,71	5,57	5,42	5,03	5,25	5,63	5,23	6,19	4,96	5,01	5,45	5,30	5,04	6,52	5,62	6,35	6,62	4,61	5,39
P ₂ O ₅	0,04	0,09	0,01	0,02	0,06	0,08	0,12	0,04	0,03	0,13	0,06	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02
Traços (ppm)																			
Ba	1154	1965	1098	615	1672	2963	2703	1147	617	2571	1003	379	259	935	514	557	828	45	55
Sr	85	124	86	33	113	79	287	46	41	141	54	31	54	117	38	74	98	13	13
Zr	408	345	357	296	360	609	547	505	352	287	352	304	287	240	414	350	154	375	382
Y	36,2	34,00	40,50	46,00	90,10	37,70	62,70	40,20	38,80	30,30	275,00	44,50	54,70	75,00	56,90	45,00	20,20	44,20	56,10
Hf	10,5	8,40	9,60	8,30	8,90	13,30	14,20	11,90	9,30	6,90	9,40	8,70	8,50	6,80	10,40	9,60	5,00	10,40	10,50
Nb	13,9	18,10	14,30	14,00	12,70	13,90	17,80	13,60	16,40	11,30	16,00	15,80	19,60	13,70	17,10	16,10	12,90	19,80	19,60
Rb	126	169	184	181	192	139	154	167	150	116	173	168	208	188	165	200	219	169	216
Ta	1,99	1,56	2,04	1,53	1,65	1,67	1,45	1,75	2,18	1,50	1,69	2,19	2,10	1,71	2,23	1,88	2,59	2,99	2,52
Th	17,80	17,30	22,30	22,40	15,70	13,30	22,10	16,30	21,50	14,00	28,60	30,90	34,00	24,10	27,70	32,30	28,00	27,80	31,50
ETR (ppm)																			
La	76,80	63,80	68,60	88,50	92,40	58,50	113,00	85,10	89,40	57,10	491,00	101,00	101,00	122,00	101,00	90,80	58,20	74,20	73,00
Ce	142,00	122,00	131,00	141,00	121,00	121,00	205,00	149,00	167,00	107,00	207,00	187,00	191,00	205,00	184,00	172,00	103,00	161,00	163,00
Pr	14,50	13,00	13,80	16,20	16,00	12,10	22,50	16,00	16,70	11,60	82,90	19,90	20,30	25,90	19,30	18,90	9,68	13,30	15,10
Nd	45,80	45,20	43,20	50,90	50,90	40,70	78,30	49,80	52,00	40,70	279,00	65,70	67,40	90,80	60,00	62,00	28,00	40,40	50,50
Sm	8,44	7,49	8,28	9,10	9,42	7,98	13,70	9,24	9,27	6,62	40,70	10,30	11,30	14,90	10,90	9,97	4,70	7,37	9,19
Eu	1,16	1,64	0,88	0,65	1,71	2,43	2,90	1,29	0,82	1,73	5,20	0,70	0,55	2,12	0,81	0,75	0,48	0,15	0,22
Gd	6,86	6,52	6,62	8,19	9,84	6,50	12,50	8,04	7,51	6,06	49,20	8,82	10,50	13,50	8,80	9,07	3,45	5,67	8,73
Tb	1,04	0,99	1,14	1,21	1,43	1,00	2,00	1,17	1,13	0,86	6,52	1,35	1,63	1,99	1,46	1,39	0,54	1,02	1,48
Dy	6,00	5,63	7,07	6,93	8,29	5,98	11,30	6,62	6,27	4,76	34,50	7,95	9,63	11,20	8,73	8,14	3,12	6,66	8,97
Ho	1,20	1,12	1,46	1,41	1,80	1,22	2,13	1,33	1,29	0,93	6,53	1,54	1,88	2,05	1,81	1,58	0,63	1,43	1,77
Er	3,65	3,31	4,36	4,51	6,12	3,81	6,28	4,00	3,98	2,85	17,50	4,79	5,68	6,02	5,64	4,81	1,98	4,69	5,45
Tm	0,55	0,52	0,66	0,69	0,93	0,57	0,89	0,59	0,60	0,45	2,20	0,73	0,85	0,87	0,83	0,73	0,31	0,73	0,87
Yb	3,41	3,35	4,14	4,34	5,62	3,56	5,73	3,74	3,81	2,93	12,10	4,63	5,25	5,60	5,13	4,65	2,01	4,59	5,66
Lu	0,53	0,50	0,62	0,65	0,82	0,54	0,83	0,58	0,57	0,44	1,77	0,69	0,79	0,81	0,78	0,70	0,30	0,69	0,86
K ₂ O/Na ₂ O	0,49	1,73	1,58	1,95	1,54	1,97	3,19	2,19	1,52	1,47	1,70	1,82	1,74	2,69	1,67	2,60	2,63	1,31	1,74
(La/Yb)N	15,01	12,70	11,05	13,59	10,96	10,96	13,15	15,17	15,64	12,99	27,05	14,54	12,83	14,52	13,13	13,02	19,30	10,78	8,60
Eu/Eu*	0,47	0,72	0,36	0,23	0,55	1,04	0,68	0,46	0,30	0,84	0,36	0,23	0,16	0,46	0,25	0,24	0,36	0,07	0,08

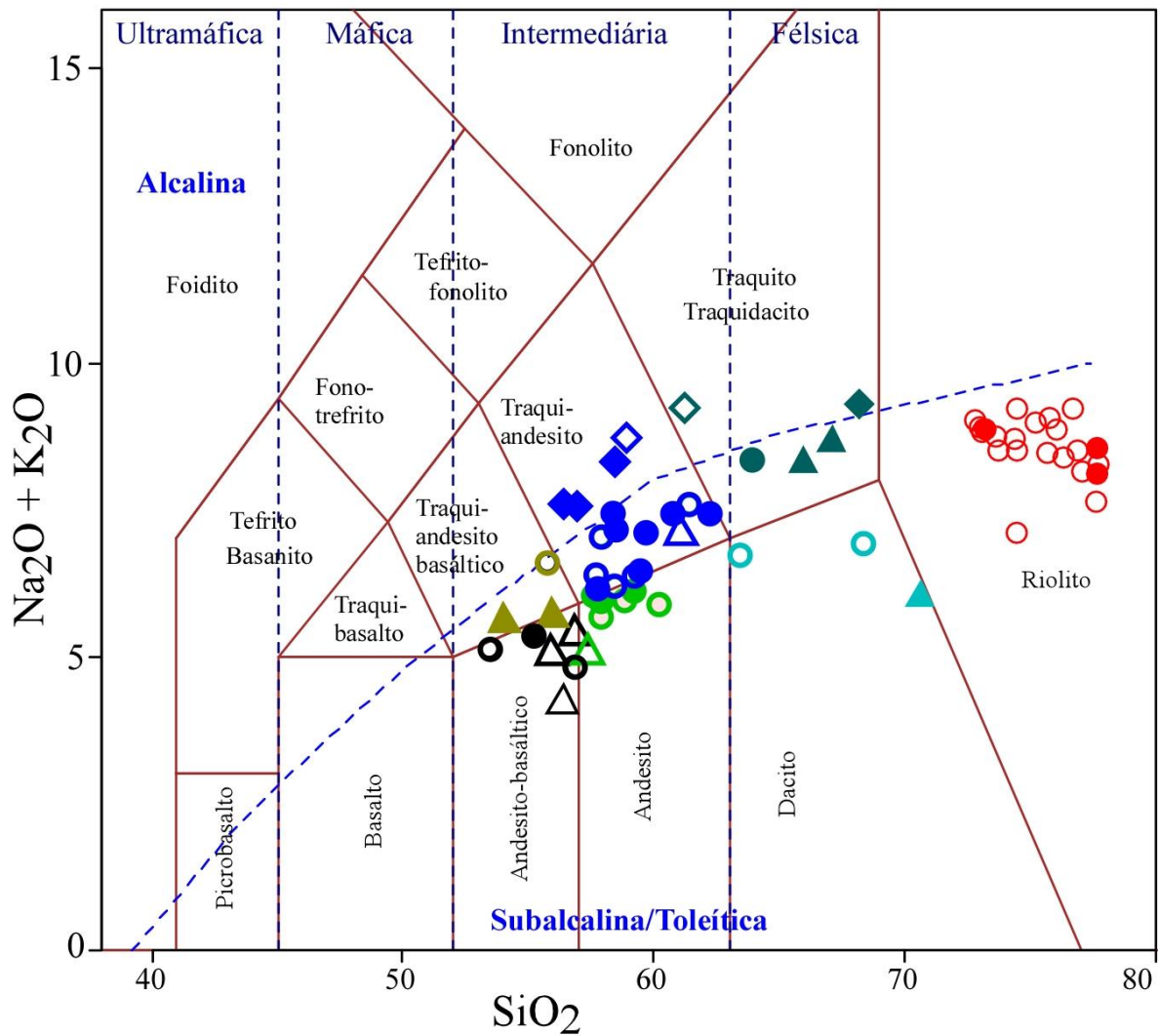


Figura 27: Classificação das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu a partir do diagrama TAS (Le Bas *et al.*, 1986; Le Maitre, 2002). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=fácies vulcanoclásticas subalcalinas; losango=fácies relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos.

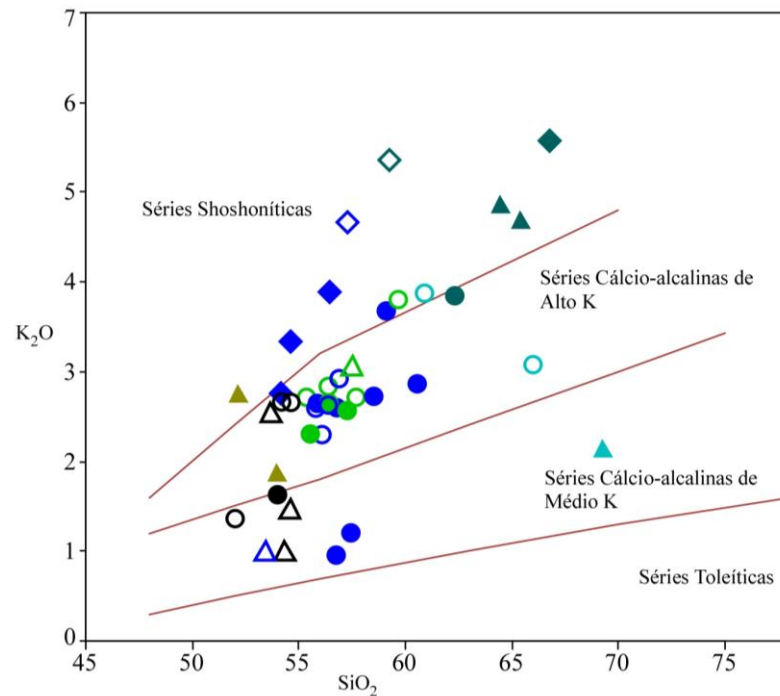


Figura 28: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu no diagrama K_2O versus SiO_2 de Peccerillo & Taylor (1976). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=fácies vulcanoclásticas subalcalinas; losango=fácies relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcálinas a shoshonítica.

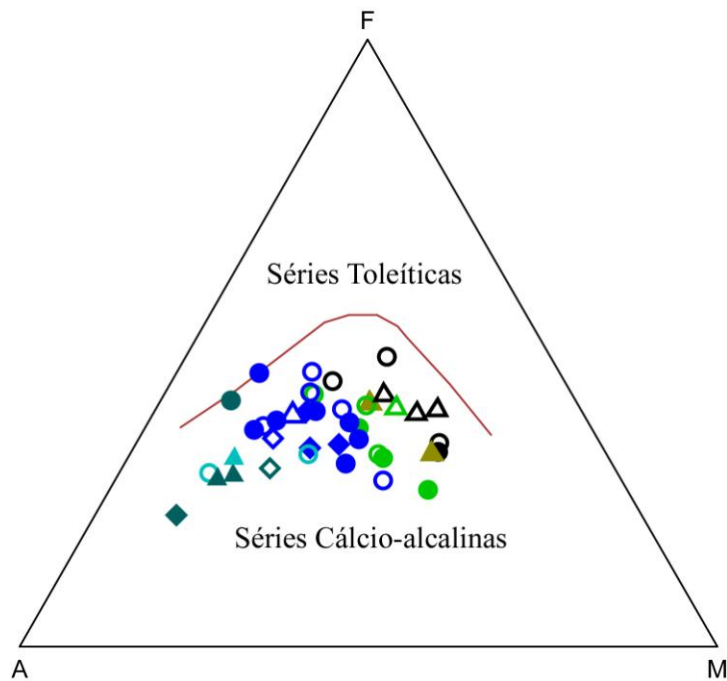


Figura 29: Distribuição das amostras da Formação Sobreiro das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu no diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=fácies vulcanoclásticas subalcalinas; losango=fácies relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcálinas a shoshonítica.

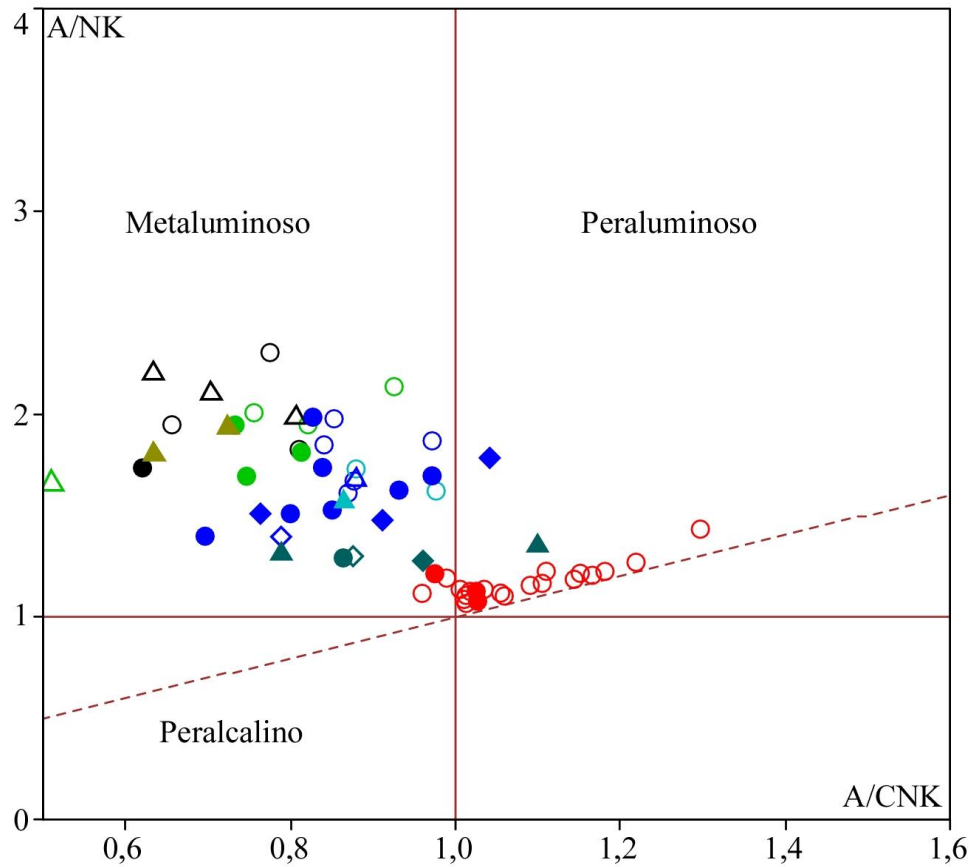


Figura 30: Distribuição das amostras das Formações Sobreiro e Santa Rosa das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu no diagrama de Maniar & Piccoli (1989) baseado no índice de Shand (1943). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina coerente; triângulos=fácies vulcanoclásticas subalcalinas; losango=fácies relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos.

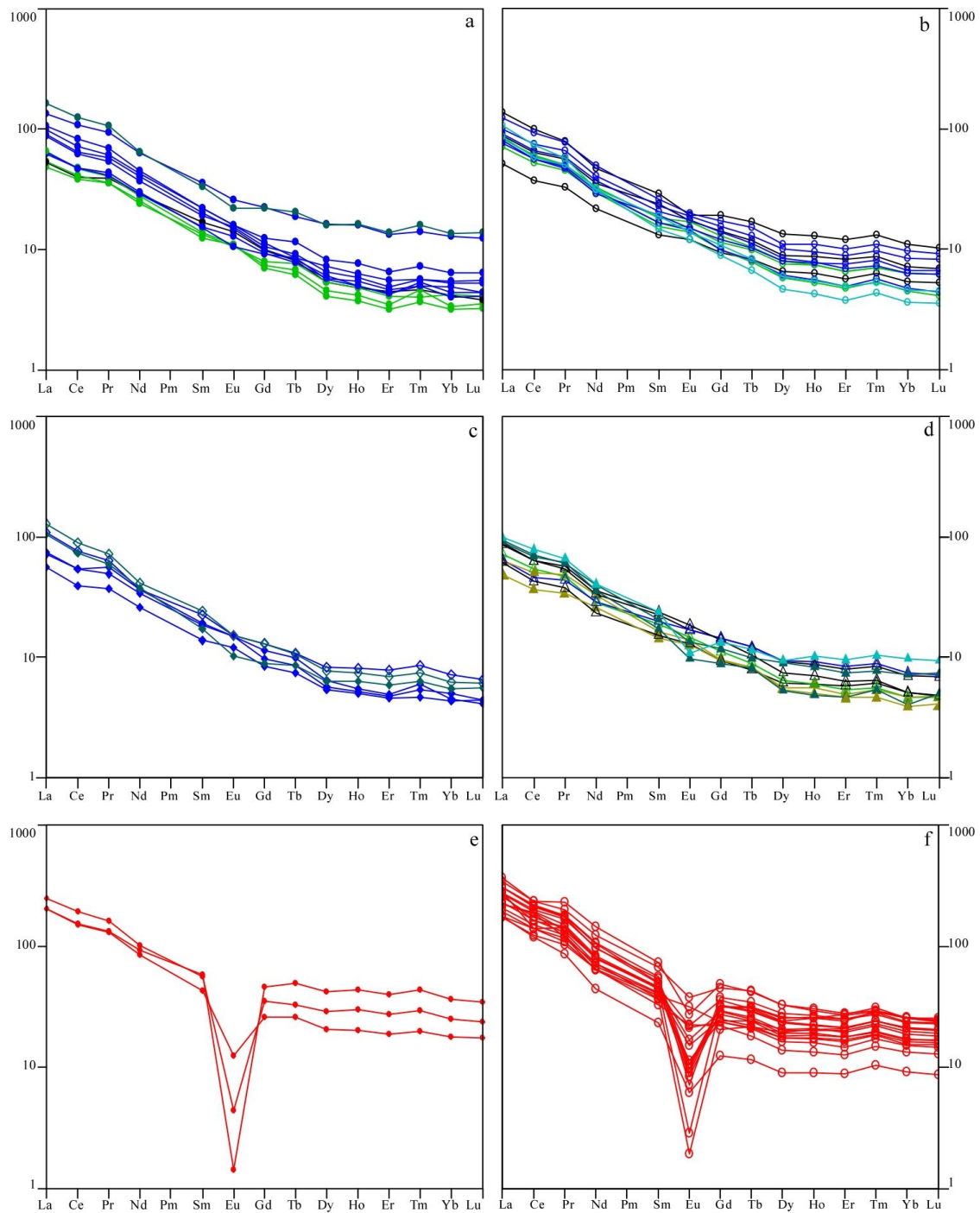


Figura 31: Padrões de elementos de Terras Raras, normalizados ao condrito de Nakamura (1974), das Formações Sobreiro (a, b, c e d) e Santa Rosa (e e f) das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu. a) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina (área sul); b) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina (área oeste/sudoeste); c) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica (áreas sul e oeste/sudoeste); d) *Fácies* vulcanoclásticas (áreas sul e oeste/sudoeste); e) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas da Formação Santa Rosa (área sul); f) *Fácies* relacionadas a fluxo de lavas da Formação Santa Rosa (área oeste/sudoeste). Símbolos cheios: legenda conforme figura 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=*fácies* vulcanoclásticas subalcalinas; losango=*fácies* relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshonítica. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos.

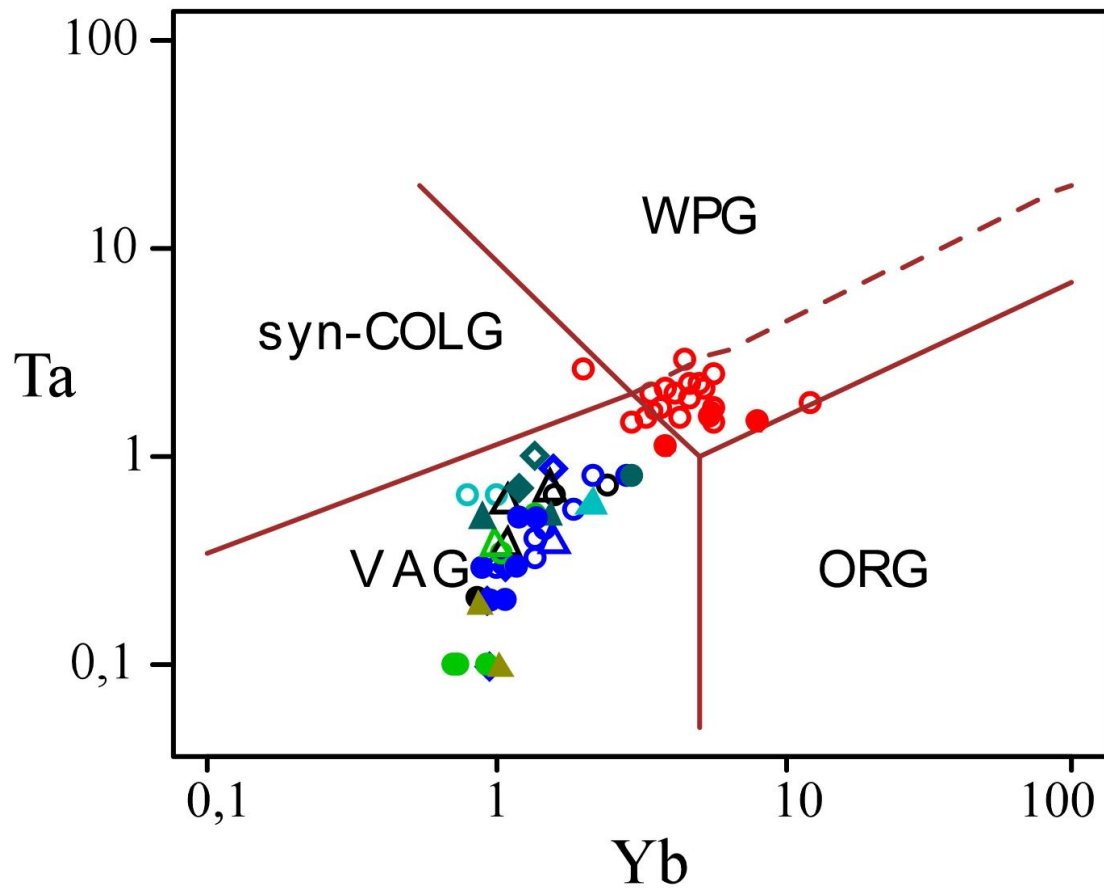


Figura 32: Diagramas de afinidade tectônica Ta versus Yb, Pearce *et al.* (1984), das Formações Sobreiro e Santa Rosa), das áreas sul (este trabalho) e oeste/sudoeste (Fernandes *et al.* 2006, Fernandes 2009, Juliani & Fernandes 2010) de São Félix do Xingu. Símbolos cheios: legenda conforme figura. 17; símbolos vazados: círculo=rochas relacionadas a fluxo de lavas de composição subalcalina; triângulos=fácies vulcanoclásticas subalcalinas; losango=fácies relacionadas a fluxo de lavas de composição cálcio-alcalina a shoshoníticas. Formação Santa Rosa=círculos vermelhos.

6 DISCUSSÕES

A variedade faciológica descrita nas rochas vulcânicas da área sul de São Félix do Xingu, conforme apresentado no capítulo 2 dessa dissertação, associada a existência indiscutível de pelo menos duas séries magmática distintas, a saber, as Formações Sobreiro e Santa Rosa, denota a complexidade dos processos eruptivos que geraram o Grupo Uatumã.

Dados de campo mostram a ocorrência local de afloramento de andesitos basálticos da Formação Sobreiro interagindo com rocha cinza afanítica não estudada neste trabalho (Figura 6b), possivelmente também relacionada à *fácies* de fluxo de lavas desta unidade. O contraste de viscosidade observado entre as duas rochas indica possível precocidade de extravasamento do magma gerador do andesito basáltico em relação a rocha não estudada. Além disso, a assembléia de fenocristais dos andesitos basálticos é representada por cristais subédricos de hornblenda e pargiolásio, ao passo que o clinopiroxênio nos andesitos e em algumas amostras de traquiandesitos é uma fase mineral importante entre os fenocristais, chegando a ser a fase mais abundante em alguns traquiandesitos. Tais informações são consideradas indicadoras da possibilidade dessas rochas não estarem, pelo menos em sua totalidade, vinculadas por processos de cristalização fracionada.

Alguns diagramas geoquímicos, como por exemplo, o de Peccerilo & Taylor (1976; Figura 18), o AFM (Figura 19), o diagrama K_2O/Na_2O versus SiO_2 (Figura 22a), os binários Sr versus SiO_2 (Figura 23a) e Rb versus SiO_2 (Figura 23c), tal como os diagramas das razões Ba/Rb versus Rb/Zr (Figura 24a) e Rb/Sr versus Rb/Zr (Figura 24b), além dos padrões de ETR (Figura 25a), como já comentado no capítulo 4, trazem a mesma indicação.

A complexidade da Formação Sobreiro é agravada pela existência de amostras com afinidade shoshonítica, fato que confere a ela um caráter transicional cálcio-alcálico a shoshonítico.

A existência de estruturas circulares que lembram possíveis paleocaldeiras e o espaçamento geográfico dos depósitos de lapili-tufos e brechas polimíticas (Figura 5) indicam que, embora os depósitos vulcanoclásticos sejam menos abundantes que os depósitos de fluxo de lavas, os processos vulcânicos explosivos tiveram extensa expressão na área sul de São Félix do Xingu.

Os estudos de correlação das ocorrências das rochas vulcânicas e vulcanoclásticas da área sul de São Félix do Xingu com estes mesmo vulcanitos identificados na área oeste/sudoeste deste

município, indicam perfeita continuidade das Formações Sobreiro e Santa Rosa em ambas as margens do Rio Xingu.

7 CONCLUSÕES

As rochas vulcânicas pertencentes ao Grupo Uatumã aflorantes na área sul de São Félix do Xingu são principalmente relacionadas à Formação Sobreiro e subordinadamente a Formação Santa Rosa.

A Formação Sobreiro é formada por 3 *fácies*: 1-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição subalcalina, 2-*Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição cálcio-alcalina a shoshonítica, 3-*Fácies* vulcanoclástica subaérea.

Todas as ocorrências encontradas da Formação Santa Rosa, na área sul de São Félix do Xingu, apresentam aspecto típico de fluxo de lavas, sendo ausentes os litotipos vulcanoclásticos.

Petrograficamente, as rochas da Formação Sobreiro são predominantemente de cor cinza escura variando desde totalmente afaníticas, passando por amostras de textura microporfirítica e chegando a rochas ricas em fenocristais de granulação média a grossa. As rochas da Formação Santa Rosa são sempre de cor rosa e variam de afaníticas a porfiríticas.

Geoquimicamente, a Formação Sobreiro é predominantemente representada por traquiandesitos, e subordinadamente por andesitos basálticos, andesitos, traquitos e dacitos, todos subalcalinos. Além destas rochas, traquiandesitos e traquitos cálcio-alcalinos a shoshoníticos são litotipos subordinadamente encontrados na Formação Sobreiro. A Formação Santa Rosa é toda representada por riolitos.

A Formação Sobreiro tem caráter metaluminoso a fracamente peraluminoso, é predominantemente cálcico-alcalina, com algumas amostras de assinatura transicional cálcio-alcalina a shoshonítica, tem homogeneamente afinidade tectônica de arco vulcânico.

A Formação Santa Rosa forma uma série magmática peraluminosa a fracamente metaluminosa, apresenta afinidade tipo A relacionada a ambiente tectônico intraplaca.

As rochas vulcânicas da área sul apresentam perfeita correlação petrográfica, geoquímica e tectônica com os vulcanitos da área oeste/sudoeste de São Félix do Xingu.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque O.R. 1922. Reconhecimento geológico no vale do Amazonas (Campanhas de 1918 e 1919). Boletim do sgm, Rio de Janeiro, nº 3, p.1-84.
- Araújo O.J.B. & Maia R.G.N. 1991. Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil. Folha SB 22-Z-A. Serra dos Carajás, Estado do Pará. Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais de Solo e de Vegetação para a área do Projeto Grande Carajás: Subprojeto Recursos Minerais. Brasília, CPRM: 164.
- Avelar V.G., Lafon J.M., Correia Jr., F.C., Macambira E.M.B. 1999. O magmatismo arqueano da região de Tucumã-Província Mineral de Carajás: novos resultados geocronológicos. Rev. Bras. Geoc. 29(2); 454-460.
- Avelar V.G. 1996. Geocronologia Pb–Pb por evaporação em monocristal de zircão, do magmatismo da região de Tucumã, SE do Estado do Pará, Amazônia Oriental. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Belém, Universidade Federal do Pará. MSc. thesis: 149.
- Barbosa, O. 1966. Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do Projeto Araguaia. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. Monografia. 94 p.
- Barbosa, O. et al. 1966. Geologia básica e econômica da região do Médio Tapajós. Estado do Pará. Boletim do DNPM. Rio de Janeiro: Monografia do DNPM, nº 19.
- Bizinella G.A., Santiago A.F., Melo A.F.F., Santos A., Borges F.R., Godoy H.K., Yamaguti H.S., Oliveira J.R., Carmona J.R.M., D'Antona R.J.G., Oliveira R.L. 1980. Projeto Tapajós-Sucundurí. Manaus. DNPM/CPRM. 8v. (Relatório final).
- BRASIL - Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). 1972. Pesquisa Mineral do Iriri/Curuá. Relatório Preliminar. Belém, Divisão de Recursos Naturais, 62p.
- Caputo M.V., Rodrigues R., Vasconcelos D.N.N. 1972. Nomenclatura Estratigráfica da Bacia do Amazonas: História e Atualização. In: Congr. Bras. Geol., 26., Belém, 1972., Anais, 35-46.
- Condie K.C. 1981. Archean greenstone belts. Amsterdam, Elsevier Scientific Pub. Development in Precambrian Geology. 434p.
- 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., Ramo 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., Lafon J.M., Macambira M.J.B. 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: geochronological, petrological and geochemical aspects. *Mineral. Petrol.*, 50 (1/3): 113-138.

De La Roche H., Laterrier J., Grand Claude P. e Marchal M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major-element analyses – Its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29 (1-4): 183-210.

DOCEGEO (Rio Doce Geologia e Mineração - Distrito Amazônia). 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém. Anexos. Belém, SBG. Vol. Província Mineral de Carajás-Litoestratigrafia e Principais Depósitos Minerais. p. 11-54.

Faraco M.T.L. et al. 2004. Folha SB.22 - Araguaia. In: Schobbenhaus C. et al. (Ed.). Carta geológica do Brasil ao milionésimo: Sistema de informações geográficas-SIG. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM. 1 CD-ROM.

Faraco M.T.L., Carvalho J.M.A., Klein E.L. 1997. Carta Metalogenética da Província Aurífera do Tapajós. In: Costa M.L., Angélica R.S. (eds). Contribuições à Geologia da Amazônia. Belém: FINEP, SBG-NO. p. 423-437.

Fernandes C.M.D., Juliani, C., Monteiro, L.V.S, Lagler, B. e Missas, 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* (2011), doi 10.1016/j.sames.

Fernandes C.M. 2009. Estratigrafia e Petrogênese das Sequências Vulcânicas Paleoproterozóicas na região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 190p.

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*, v. 36, p 565-576.

Fernandes C.M.D. 2005. Geologia, Geoquímica e Geocronologia das vulcânicas do Grupo Uatumã, região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás. Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 136 p.

Ferreira A.L. et al. 2004. Folha SB.21 - Tapajós. In: Schobbenhaus, C. et al. (Ed.) Carta geológica do Brasil ao milionésimo: Sistema de informações geográficas-SIG. Programa Geologia do Brasil. Brasília, Brasília: CPRM, 2004. 1 CD-ROM.

Fisher R.V. 1966. Rocks composed of volcanic fragments. *Earth Sci Rev* 1:287-298.

Forman J.H.A. et al. 1972. Pesquisa Mineral no Iriri/Curuá: relatório preliminar. Belém: Sudam/ Departamento de Recursos Naturais, 1972. 62 p., il.

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*. v. 191, n. 3-4, p. 167-79.

Juliani C., Rye R.O., Nunes C.M.D., Snee L.W., Correa Silva R.H., Monteiro L.V.S., Bettencourt J.S., Neumann R., Neto A.A. 2005. Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chemical Geology*, v. 215, p 95-125.

Lacerda Filho J.V. de et al. (Org.). *Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso: Sistema de informações Geográficas – SIG: Texto explicativo dos mapas geológicos e de recursos minerais do Estado de Mato Grosso: Escala 1:1.000.000*. Goiânia: CPRM, 2004. CPRM/SICME-MT, 225 p. il. 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil (PGB).

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 the Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Res*, 119:189-223.

Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeizen A., Zanettin B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*. Oxford. Vol.27, p.745-750. (Basaltic trackyandesite).

Le Maitre R.W. 2002. *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. 2nd Edition, London, 193 p.

Hasui Y., Haralyi N.L.E., Costa J.B.S. 1993. Megaestruturação Pré-Cambriana do território brasileiro baseada em dados geofísicos e geológicos. *Geociências*, 12 (1): 7-31.

Hasui Y., Haralyi N.L.E., Schobbenhaus, C. 1984. Elementos Geofísicos e Geológicos da Região Amazônica: subsídios para o modelo geodinâmico. In: *SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 2, Belém. Anais.Belém: DNPM. p.129-147.

Hirata W.K., Rigon J.C., Kadokaru K., Cordeiro A.A.C., Meireles E.A. 1982. Geologia Regional da Província Mineral de Carajás. In: *Simp. Geol. Amaz.. Anais. Belém, Soc. Bras. Geol. (NO)*. V.1, p. 100-110.

Huhn S.B., Macambira M.J.B., Dall'Agnol R. 1999. Geologia e geocronologia Pb/Pb do Granito Alcalino Planalto, Região da Serra do Rabo, Carajás-Pa. In: *VI Simpósio de Geologia da Amazônia*, 6, Manaus. Boletim de Resumos Expandidos... SBG. p. 463-466.

IDESP. 1970. Programa de Pesquisa de Carvão Mineral na Bacia do Rio Fresco, afluente do Rio Xingu, Estado do Pará. Relatório de Pesquisa II, Fase 2. Belém. 21p.

Irvine T.N. & Baragar W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8: 523-546.

Macambira M.J.B. *et al.* 2003. New isotope evidences confirming the existence of a Paleoproterozoic terrain in the region at north of the Carajás Mineral Province. In: IV SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, Salvador. Short papers... Salvador. p. 205-208.

Macambira E.M.B. & Vale A.G. 1997. São Félix do Xingu: folha SB.22-Y-B, Estado do Pará, escala 1:250.000. Texto Explicativo. Brasília: CPRM, 1997. 344 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).

Macambira M.J.B. *et al.* 2001. Novos dados geológicos e geocronológicos para a região ao norte da Província de Carajás, evidências para o estabelecimento do limite Arqueano-Paleoproterozóico no sudeste do Cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7. Belém. Resumos expandidos...Belém: SBG, 2001. 1 CD-ROM.

Machado N., Lindenmayer Z., Krogh T.E., Lindenmayer D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. *Precambrian Res.*, 49: 329-354.

Maniar P.D. & Piccoli, P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 97:635-643.

Montalvão R.M.G. 1975. Grupo Uatumã no Cráton Guianês. In: Conferência Geológica Interguianas, 10, Belém, Departamento Nacional de Produção Mineral. p. 286-339.

McPhie J., Doyle M., Allen R. 1993. *Volcanic Textures. A Guide to the interpretation of textures in volcanic rocks.* University of Tasmania, Australia. 198 p.

Nakamura N. 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na e K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geoquim. Cosmochim. Acta*, 38, 757-775.

Oliveira A.I. de & Leonardos O.H. 1949. Reconhecimento Geológico do Rio Xingu, Estado do Pará. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico, Rio de Janeiro*, nº 29. p. 3-22 (Perfil Geológico).

Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.B. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25: 956-983.

Pearce J.A. 1983. The role of subcontinental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In: C.J.H.a.M.J. Norry (Editor), *Continental basalts and mantle xenoliths*, Shiva, pp. 230-249.

Peccerilo A. & Taylor S.R. 1976. Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58: 63-81.

Pimentel M.M. & Machado N. 1994. Geocronologia U-Pb dos Terrenos granito-greenstone de Rio Maria, Pará. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, 1988. Boletim de Resumos Expandidos. Camboriú, SBG. p. 390-391.

Pinho S.C.C. 2009. Geologia, Petrografia e Geoquímica do granito Bom Jardim, região de São Félix do Xingu, Província Mineral de Carajás. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. 121 p.

Pinho S.C.C., Fernandes C.M.D., Teixeira N.P., Paiva Jr. A.L., Cruz V.L., Lamarão C.N. e Mora C.A.V. 2006. O magmatismo paleoproterozóico da região de São Félix do Xingu, Província Estanífera do sul do Pará: Petrografia e Geocronologia. Revista Brasileira de Geociências, 36 (4): 793-802.

Reis N.J. & Fraga L.M.B. 1996. Vulcanismo Surumu. Estado de Roraima. Caracterização de seu comportamento químico à luz de novos dados. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador. Anais, v.2. SBG. p. 88-91.

Rizzotto, G.J. *et al.* 2004. Folha SC.21-Juruena. In: Schobbenhaus C. *et al.* (Ed.) Carta geológica do Brasil ao milionésimo: Sistema de informações geográficas-SIG. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. 1 CD-ROM.

Rollinson H. 1993. Using Geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Zimbabwe, pp.1-344.

Santos J.S.O., Hartmann L.A., Faria M.S., Riker S.R., Souza M.M., Almeida M.E., Mcnaughton N.J. 2006. A compartimentação do Cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000-2006. In: Simpósio de geologia da Amazônia, 9, Belém. Resumos Expandidos, Belém, SBG. (CD-ROM).

Santos J.O.S., Loguercio S.O.C. 1984. A parte meridional do Cráton Amazônico (Escudo Brasil-Central e as bacias do Alto-Tapajós e Parecis-Alto Xingu. In: Schobbenhaus C. *et al.* (Coord.). Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais. Escala 1:250.000. Brasília: DNPM, 1984. p. 93-127.

Santos D.B., Fernandes P.E.C.A., Dreher A.M., Cunha F.M.B., Basei M.A.S., Teixeira J.B.G. 1975. Geologia. In: Projeto Radam Folha SB-21; Tapajós. (Levantamento de Recursos Naturais, v.7, 15-116.)

Silva, G.G.; Lima, J.J.C.; Andrade, A.R.F.; Issler, R.S.; Guimarães, G. 1974. Geologia. In: Projeto Radam Brasil. Folha SC.22/Tocantins. Rio de Janeiro, DNPM, v.4, p.1-143. (LEV. REC. NAT., 22).

Shand S. J. 1950. Eruptive rocks their genesis, composition, classification e their relation to ore deposit. 4ed., London, 488p.

Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 2004. Evolução tectônica do Cráton Amazônico. *Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de F.F.M. de Almeida*. V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. D. R. Carneiro and B. B. d. Brito Neves. São Paulo, BECA: 471–486.

Teixeira N.P., Bettencourt, J.S., Dall'Agnol R., Moura C.A.V., Fernandes C.M.D. e Pinho S.C.C. 2005. Geoquímica de granitos Paleoproterozóicos da Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do sul do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*, 35 (2): 217-226.

Teixeira N.P., Bettencourt J.S., Moura C.A.V., Dall'Agnol R., Macambira E.M.B. 2002a. Archean crustal sources for Paleoproterozoic tin-mineralized granites in the Carajás Province, SSE Pará, Brazil: Pb-Pb geochronology and Nd isotope geochemistry. *Precambrian Res*, 119:329-353.

Teixeira N.P., Fernandes C.M.D., Moura C.A.V., Pinho S.C.C., Bettencourt J.S. 2002b. *Geologia, Geoquímica, Geocronologia e isótopos de Sm-Nd de rochas vulcânicas paleoproterozóicas do Grupo Uatumã ocorrentes na região de São Félix do Xingu, Província Mineral de Carajás, Cráton Amazônico, Brasil*. In: Simp. sobre vulc. e amb. assoc., 2., Belém, Boletim de Resumos e Roteiro da Excursão, SBG/Sociedade Brasileira de Geologia, p.28.

Teixeira N.P. 1999. Contribuição ao estudo das rochas granitóides e mineralizações associadas da Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Estanífera do sul do Pará. São Paulo. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 508 p. (Tese de Doutorado).

Tomaz Filho A. et al. 1974. Idades K-Ar de rochas basálticas da Bacia Amazônica e sua significação tectônica regional. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre. Anais, v.6. SBG. p. 273-278.

Vasquez L.V., Rosa-Costa L.R., Silva C.G., Ricci P.F., Barbosa J.O., Klein E. L., Lopes E.S., Macambira E.B., Chaves C.L., Carvalho J.M., Oliveira J.G., Anjos G.C., Silva H. R. 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*. Organizadores, Vasquez M. L., Rosa-Costa L. T. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM.

Vasquez M.L. 2006. 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. Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. 212p. (Tese de Doutorado).

Vasquez M.L., Macambira M.J.B., Galarza M.A. 2005. Granitóides transamazônicos da Região Iriri-Xingu, Pará - Novos dados geológicos e geocronológicos. In: Horbe A.M.C., Souza V.S. (Coord). Contribuições à geologia da Amazônia. Manaus: SBG-Núcleo Norte. v. 4, p. 16-31.

Wirth K.R., Gibbs A.K., Olszewski Jr W.J. 1986. U-Pb ages of zircões from the Grão Pará Group and Serra dos Carajás Granite, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16(2): 195-200.

Wood D.A. 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50:11-30.

Whalen J.W., Currie K.L., Chappell B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.* 95 (4), 407-419.

ANEXOS

ANEXO A1 - TABELA DE PONTOS-CONTROLE DA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTIMETRIA	LOCALIZACAO
TC-01	9259052	400403	279	Bifurcação PA-279-vicinal principal
TC-07	9249394	397632	208	Bifurcação vicinal principal-vicinal leste
TC-10	9248396	392882	209	Entrada da Fazenda Samauma
TC-14	9241910	391038	210	Vicinal principal (oeste), Entrada Montes Belos
TC-49	9226910	383895	213	Vicinal: bifurcação da estrada da Fazenda Sabiá
TC-51	9251820	393750	198	Sede da Fazenda Samaúma
TC-62	9232636	395063	209	Vicinal próximo da Fazenda da Velha Alzira
TC-66	9227322	388865	211	Bifurcação
TC-67	9226420	389028	217	Saprólito granítico em meio a solo avermelhado
TC-68	9225112	389210	212	Estradas S e N depois da bifurcação
TC-82	9246812	398127	226	Fim da vicinal de acesso a Fazenda Maré Mansa
TC-83	9250986	401198	224	Fim da vicinal de acesso a Fazenda Maré Mansa
TC-91	9264534	394928	205	PA-279: vicinal norte
TC-93	9259699	393982	194	Vicinal sul, km 7: fim da vicinal
TC-94	9260110	393708	157	Margem do Rio Xingu

ANEXO A2 - TABELA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE AS ROCHAS VULCÂNICAS AFLORANTES NA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).

(Continua)

FORMAÇÃO	PONTO	LAT	LONG	ALT (m)	LAM	QUIM	ROCHA	ROCHA	FÁCIES
SOBREIRO	TC-13	9244462	390709	230	X	X	Pl-Anf AB	AB	1
	TC-74	9244142	390372	222	X	-	Pl-Anf AB		
	TC-75	9244630	390166	229	-	-	Pl-Anf AB		
	TC-76	9244844	390391	230	X	-	Pl-Anf AB		
	TC-77	9244174	391013	266	-	-	Pl-Anf AB		
	TC-65	9228596	390569	214	X	-	Anf-Pl-Cpx AN	AN	1
	TC-69	9229666	388195	195	X	-	Anf-Pl-Cpx AN		
	SAL-75B	9230662	382404	-	X	X	Pl-Cpx-Anf AN		
	TC-17A	9238948	389064	187	X	X	Pl-Cpx-Anf AN		
	TC-17B	9238948	389064	187	X	-	Pl-Cpx-Anf AN		
	TC-18	9239108	388929	205	-	-	Pl-Cpx-Anf AN	TA	1
	TC-20	9239334	388840	191	X	-	Pl-Cpx-Anf AN		
	TC-21	9239544	388906	189	X	-	Pl-Cpx-Anf AN		
	SAL-75A	9230662	382404	-	X	X	Pl-Anf TA		
	TC-42	9227696	375199	206	X	-	Or-Pl-Cpx TA		
	TC-43	9228158	373837	207	X	X	Or-Pl-Cpx TA	TA	1
	TC-15C	9246736	392110	203	X	X	Anf-Or-Pl TA		
	TC-09A	9248934	394372	198	X	X	Pl-Or-Anf TA		
	TC-09B	9248934	394372	198	X	-	Pl-Or-Anf TA		
	TC-22A	9238252	388785	204	X	X	Or-Pl-Anf TA		
	TC-22B	9238252	388785	204	X	-	Or-Pl-Anf TA	TA	1
	TC-22C	9238252	388785	204	X	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-23	9238174	388741	212	-	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-11A	9247208	392026	221	X	X	Or-Pl-Anf TA		
	TC-31B/C	9234848	387770	207	X	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-34A/B	9231592	386379	215	X	-	Or-Pl-Anf TA	TA	1
	TC-35	9231512	385928	213	X	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-44	9231106	381094	261	X	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-45	9231430	380425	206	-	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-46	9232722	379297	194	X	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-47A/B	9233288	379369	218	X	-	Or-Pl-Anf TA	TR	1
	TC-47D	9233288	379369	218	X	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-52A	9252136	393843	203	X	X	Or-Pl-Anf TA		
	TC-79	9246862	392157	329	X	-	Anf-Or-Pl TR		
	TC-54B	9247108	392022	239	X	X	Pl-Or TR		
	TC-11D	9247208	392026	221	X	-	Pl-Or TR		

AB=andesito basáltico; AN=andesito; TA=traquiandesito; TR=traquito; *Fácies 1*: *Fácies* de fluxo de lavas subaérea de composição subalcalina.

ANEXO A2 - TABELA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE AS ROCHAS VULCÂNICAS AFLORANTES NA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).

(Conclusão)

FORMAÇÃO	PONTO	LAT	LONG	ALT (m)	LAM	QUIM	ROCHA	ROCHA	FÁCIES
SOBREIRO	SAL-65	9230816	361420	-	X	X	Pl-Anf-Cpx TA		
	TC-04	9250856	398449	235	X	X	Anf-Or-Pl TA		
	TC-06	9250486	398302	233	X	-	Anf-Or-Pl TA	TA	2
	TC-08	9248938	395493	207	X	-	Anf-Or-Pl TA		
	TC-34C	9231592	386379	215	X	-	Or-Pl-Anf TA		
	TC-36	9231218	385165	200	X	X	Or-Pl-Anf TA		
	TC-40	9228092	377709	211	X	X	Anf-Or-Pl TR	TR	2
	TC-41	9227526	376221	210	-	-	Anf-Or-Pl TR		
	TC-50	9248906	393024	201	X	X	TR		
	SAL-14D	9227544	376383	-	X	X	TR	TR	3
	SAL-31	9227736	375374	-	X	X	TR		
	TC-39	9228292	378304	204	X	X	DAC	DAC	3
	SAL-64B	9229688	361578	-	X	X	TAB		
	TC-27	9238082	388292	200	X	-	TAB		
	TC-28	9237170	388228	195	X	-	TAB	TAB	3
	TC-29	9236610	388512	211	-	-	TAB		
	TC-30	9235896	388029	197	X	X	TAB		
	TC-31A	9234848	387770	207	X	-	TAB		
	TC-25	9237044	388603	201	X	-	BRECHA		
	TC-26	9236944	388678	213	-	-	BRECHA	BRECHA	3
	TC-53	9252384	393874	219	X	-	BRECHA		
SANTA ROSA	TC-11B	9247208	392026	221	X	X	Or-Qz-RL		
	TC-11C	9247208	392026	221	X	-	Or-Qz-RL		
	TC-52B	9252136	393843	203	X	X	Or-Qz-RL	RL	1
	TC-05	9250772	398413	236	X	X	Pl-Or-Qz-RL		
	TC-54A	9247108	392022	239	X	-	Pl-Or-Qz-RL		

TA=traquiandesito; TR= traquito; DAC=dacito; TAB= traquiandesito basáltico; RL= riolito; Fácies 2: Fácies de fluxo de lavas subaérea de composição cálcio-alcálica a shoshonítica; Fácies 3: Fácies vulcanoclástica. Formação Santa Rosa: Fácies 1= Fácies de fluxo de lavas subaérea.

ANEXO A3 - TABELA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE UNIDADES GEOLÓGICAS DIVERSAS AFLORANTES NA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).

(Continua)

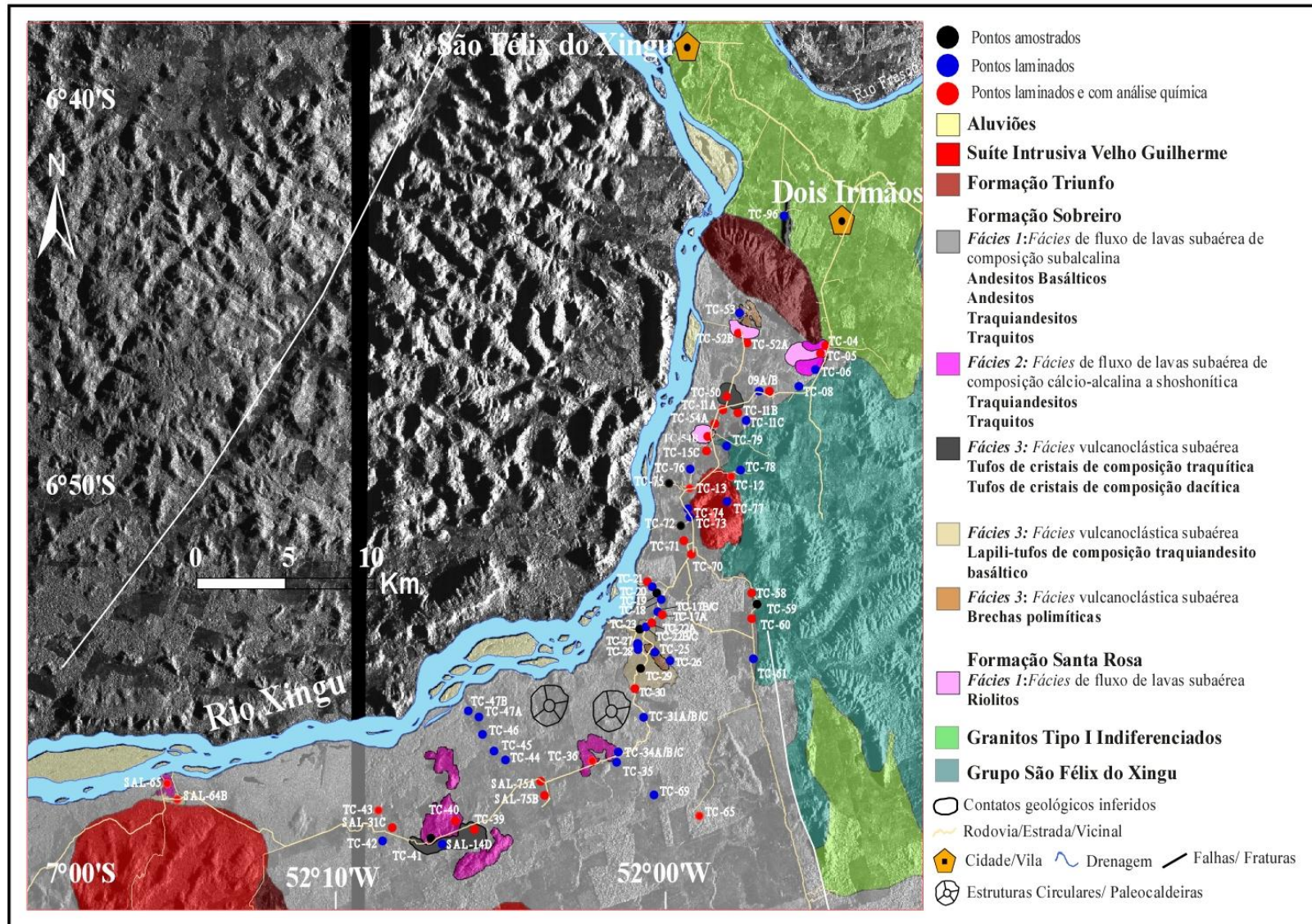
PONTO	LAT	LONG	ALT (m)	AMOST	LAM	QUIM	ROCHA	DESC_AFLOR	LOCALIZ
TC-02	9252902	398396	233	-	-	-	Veio de Qz	Veio de Qz	Vicinal princ.
TC-03	9252374	398588	241	-	-	-	Veio de Qz	Veio de Qz (peq serra=55°Az)	Vicinal princ. (leste)
TC-84	9251186	399798	225	-	-	-	Muscovita-gnaiss	Corte de estrada, muscovita-gnaiss	Vicinal de acesso Ó Faz Estrela Guia
TC-85	9251808	398712	228		-	-	Mica-xisto + granodiorito	Corte de estr, morrt, mica-xisto e bls de granodiorito	Vicinal princ: ambos os lados
TC-86	9255146	398693	216	-	-	-	Metassedimentos	Corte de estrada, metassedimenstos	Vicinal princ: ambos os lados
TC-87	9255616	398896	221	-	-	-	Metassedimentos	Corte de estr,metassedimenstos + veio de Qz (140°Az)	Vicinal princ: a leste
TC-88	9256046	399089	209	-	-	-	Metassedimentos	Corte de estrada, metassedimenstos	Vicinal princ: a leste
TC-89	9264604	392993	198	-	-	-	Metassedimentos	Corte de estrada, metassedimenstos	PA-279
TC-90	9263656	393227	196	-	-	-	Metassedimentos	Corte de estrada, metassedimenstos	PA-279
TC-92	9260610	394351	201	-	-	-	Metassedimentos + Veio de Qz	Corte de estrada, metassedimenstos + veios de Qz	PA-279: vicinal sul, km 7
TC-95	9261852	395960	205	-	-	-	Metassedimentos	Metassedimentos	Interior da Faz Santa Rita
TC-96	9257480	395955	230	X	X	-	Metassed + mobiliz de msc-qz	Metassedim c matacoes de gnaiss e mobiliz de msc-qz	Interior da Faz Santa Rita
TC-97	9256676	395410	201	-	-	-	Metassedimentos + Veio de Qz	Metassedimentos + veios de qz	Interior da Faz Santa Rita, fim da estrada
TC-16	9241944	390675	201	-	-	-	Laterito	Blocos de laterito	Vicinal Montes Belos (norte)
TC-19	9239288	388827	187	-	-	-	Laterito	Blocos métricos de laterito	Vicinal: a oeste
TC-24	9237754	388298	195	-	-	-	Laterito	Blocos metricos de laterito	Vicinal: a oeste
TC-32	9233390	388438	200	-	-	-	Laterito	Blocos submetricos de laterito	Vicinal: a oeste
TC-33	9231936	387408	195	-	-	-	Laterito	Blocos submetricos de laterito	Vicinal: a oeste
TC-37	9230466	382827	205	-	-	-	Laterito	Blocos metricos de laterito	BifurcaçÕo que dista 4 km da Faz Sabiã
TC-38	9230538	382123	214	-	-	-	Laterito	Blocos metricos de laterito	Vicinal: ambos os lados
TC-48	9229444	383118	210	-	-	-	Laterito	Blocos submetricos de laterito	Vicinal: a leste, em direçÕo Ó faz Sabiã
TC-63	9233856	393226	203	-	-	-	Laterito	Blocos submetr de laterito	Vicinal em meio a um baixÕo arrazado
TC-80	9248494	393374	211	-	-	-	Laterito	Bloco de laterito em extenso baixao arrazado	Vicinal princ. ipal: a leste
TC-81	9247276	398002	217	-	-	-	Laterito	Blocos e lajado de laterito	Vicinal da Faz. MarÚ Mansa

ANEXO A3 - TABELA DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE UNIDADES GEOLÓGICAS DIVERSAS AFLORANTES NA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).

(Conclusão)

PONTO	LAT	LONG	ALT (m)	AMOST	LAM	QUIM	ROCHA	DESC_AFLOR	LOCALIZ
TC-55	9240698	393070	208	X	-	-	Metamorfito	Bloco metr de roch cinza esc, GSFx	Vicinal princ: a oeste, ap ³ / ₄ s o Mocambo
TC-56	9240440	392373	220	X	-	-	Metamorfito	Bls metr de roch cinza esc sobre grand serra, GSFx	Vicinal princ: a leste, Grand Serra
TC-57	9240224	393951	218	X	-	-	Metamorfito	Bls metr de roch cinza esc sobre grand serra, GSFx	Vicinal princ: a leste, Grand Serra cont
TC-58	9239132	394514	231	-	X	X	Andesito + metamorfito	Contato de andes c metamorfito do GSFx, grand morr	Vicinal princ: a oeste
TC-59	9238946	394724	237	-	-	-	Andesito + metamorfito	Contato de andes c metamorfito do GSFx, grand morr	Vicinal princ: a leste
TC-60	9238580	394296	231	X	X	X	Metamorfito (Andesito porf ?)	Bls de andesito porf com sulfetos	Vicinal princ: a oeste
TC-61	9236398	394420	213	X	X	-	Metamorfito + filito	Bls em morrot d and c frag granit+veio d Qz+filit	Vicinal princ: a oeste
TC-70	9241990	391050	209	X	X	X	Metamorfito	Morrote de metamorfito igual a TC-56	Vicinal princ: leste
TC-71	9242794	390920	204	X	X	X	Metamorfito + andesito	Blocos rolados de metamorfito e de andesito afanit	Vicinal princ: a oeste
TC-72	9243042	390973	202	X	-	-	Metamorfito	Bls de metamorfito encaixante do Mocambo	Vicinal princ: a leste
TC-73	9243596	390461	230	X	X	-	Metamorfito (Diq de diabasio?)	Morrote de rocha preta porf (dique?)	Vicinal princ: a oeste
TC-78	9244796	391916	206	-	-	-	Sienogranito ?	Serra de sienogranito grosso_Mocambo	Vicinal princ:a leste
TC-12	9244456	391102	215	X	X	X	Riolito	Bloco metr de roch cinza esverdeada, GSFx	Vicinal princ:a leste
TC-15A/B	9246736	392110	203	X	-	-	Metarenito	Blocos metr de matarenito foliado rec p vios de Ep	Vicinal princ:a leste
TC-64	9233694	392695	210	-	-	-	Metarenito	Blocos metr de matarenito foliado rec p vios de Ep	Vicinal em meio a um baixão arrazado

ANEXO B - MAPA GEOLÓGICO E DE PONTOS DA ÁREA SUL DE SÃO FÉLIX DO XINGU (PA).



Fonte: Modificado de Vasquez *et al.* (2008).