

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**GEOLOGIA DA REGIÃO DA SERRA DA ALEGRIA,  
EXTREMO SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO,  
MUNICÍPIO DE PORTO MURTINHO - MS**

***EDUARD LOPES DA SILVA***

Orientador: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**COMISSÃO JULGADORA**



**Nome**

**Assinatura**

Presidente: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher

*Johann Hans Daniel Schorscher*

Examinadores: Prof. Dr. Oswaldo Siga Junior

*Oswaldo Siga J.*  
*Vicente Antonio Vitorio Girardi*

Prof. Dr. Vicente Antonio Vitorio Girardi

**SÃO PAULO  
1998**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**GEOLOGIA DA REGIÃO DA SERRA DA ALEGRIA,  
EXTREMO SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO,  
MUNICÍPIO DE PORTO MURTINHO - MS.**

Eduard Lopes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Johann Hans D. Schorscher

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

DEDALUS - Acervo - IGC



30900005641



SÃO PAULO  
1998

Mes meus pais queridas,  
Vão e Queida

## Resumo

A região da serra da Alegria, parte do extremo sul do Cráton Amazônico, com extensão de cerca de 830 km<sup>2</sup>, foi estudada com métodos geológicos de campo, fotogeológicos e laboratoriais, mineralógico-petrográficos e litogeoquímicos, visando o mapeamento regional de reconhecimento (esc. 1:100.000), contribuições à evolução precambriana e verificações iniciais do potencial metalogenético. A área comprehende de W para E a transição de partes estáveis, do Cráton para a Faixa Móvel proterozóica do Complexo Rio Apa, em partes de sua porção denominadas de Associação Metamórfica do Alto Tererê. A área é constituída em seus setores W e Central por um segmento crustal siálico, regionalmente contínuo, de gnaisses polimetamórficos de alto grau e metagranitóides intrusivos de tipo TTG, incluindo ainda rochas supracrustais compreendidas na Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica com características de tipo greenstone belt, tectonicamente inseridas nas rochas graníticas. Destacam-se nas porções basais dessa seqüência, metabasitos/anfibolitos com estruturas de lavas almotadadas bem preservadas e características geoquímicas de toleitos de fundo oceânico, associados com xistos de metatufo básicos. A Intrusão Diferenciada Gabbro-Anortosito-Granofírica da Serra da Alegria é parte de um vasto corpo magmático e o principal marco geomórfico da área de estudo, localizada no setor Central com extensão além dos seus limites N. Compreende duas séries magmáticas anorogênicas independentes, entretanto envolvidas em processos de mistura e contaminação. A primeira série, de gabros e anortositos predominantes, é toleítica manto-derivada e sofreu processos de fracionamento durante a ascenção, assim como de diferenciação por cristalização fracionada em câmara magmática crustal relativamente rasa. A segunda comprehende granofiros diversos, apresenta tendências alcalinas e é considerada de derivação crustal profunda. Metavulcanitos e Subvulcanitos Ácidos e Metadiabásios complementam o quadro petrográfico regional. A petrogênese dos metavulcanitos ácidos, dacitos/riodacitos e riolitos é problemática, existindo apenas indícios não-inequívocos, quanto as suas relações mútuas e com os metagranofiros da Intrusão da Serra da Alegria. Os metadiabásios encontrados em duas ocorrências apenas são considerados as rochas precambrianas mais jovens da região. O setor E constitui-se numa associação de gnaisses graníticos e xistos, incluindo possíveis equivalentes de rochas dos setores Central e W, com características tectónicas por excelência. Forma um bloco parautóctone a alóctone transportado de E para W, por processos orogênicos proterozóicos mais jovens de formação de faixa móvel. O metamorfismo regional progressivo (de W para E) de grau médio atingiu no extremo E condições máximas de facies anfibolito média transicionais para superior.

Os principais metalotectos regionais são a Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica, com indícios isolados de Cu e potencial para Au e metais base, e a Intrusão Diferenciada da Serra da Alegria em sua parte magmato-estratigráfica inferior, de rochas básico-ultrabásicas e ultramáficas, com ocorrências isoladas de platinóides em gabros heterogêneos mais ricos em Cr e possíveis cromititos estratiformes e sulfetos magmáticos de tipo Ni-Cu-Fe, entre outros.

A evolução geotectônica precambriana compreende quatro eventos principais incluindo três ciclos orogenéticos: (1)-formação dos gnaisses polimetamórficos TTG e eventualmente dos metagranitóides TTG intrusivos, em um ou mais processos metamórficos de alto grau e anatexia crustal arqueanos; (2)-formação e colapso tectono-metamórfico da bacia oceânica, possivelmente de tipo retro-arco da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica arqueana ou paleoproterozóica; (3)-intrusão e diferenciação do complexo magmático gабro-anortosit-granofírico da serra da Alegria, paleo a mesoproterozóico, em regime de estabilidade crustal, incluindo eventualmente como fase final as rochas metavulcânicas ácidas, e (4)-desenvolvimento regional da faixa móvel da Associação Metamórfica do Alto Tererê constituindo o setor E da área, com idades mínimas mesoproterozóicas segundo dados geocronológicos da literatura.

## Abstract

The Serra da Alegria region with an area of 830 km<sup>2</sup> is a part of the southernmost extremity of the Amazon Craton (Cráton Amazônico) located in Mato Grosso do Sul State, Brazil. It was studied by fieldwork and photogeology as well as by mineralogical, petrographical and geochemical laboratory methods. A regional lithostructural reconnaissance map at a scale of 1:100.000 and results concerning the Precambrian geological evolution and metallogenesis are presented. From W to E the study area encompasses the transition from stable Archean parts of the Craton to the adjoining portions of the Proterozoic mobile belt comprising the Alto Tererê Metamorphic Association (Associação Metamórfica do Alto Tererê) of the Rio Apa Complex (Complexo Rio Apa). According to the main lithostructural features, the area was subdivided into Western, Central and Eastern sectors. The Western and Central sectors are composed of a regionally continuous major sialic crustal segment of high-grade polymetamorphic TTG-gneisses and intrusive TTG-metagranitoids. As minor tectonic inliers they host supracrustal rocks having greenstone-belt characteristics named the Basic Metavulcano-Sedimentary Sequence (Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica). Basal portions of the supracrustal sequence include basic metavolcanics, now amphibolites, with well-preserved pillow lava structures and geochemical properties of ocean floor tholeiites, associated with mafic schists derived from basic to intermediate tuffs. The differentiated plutonic to hypabyssal igneous intrusion of the Serra da Alegria forms the most prominent geomorphological marker of the study area. It intruded the sialic basement rocks throughout the northern half of the Central Sector, extending regionally to the north far beyond this sector. There occur two genetically unrelated anorogenic magmatic series locally involved in magmatic mixing and contamination processes. The first one comprises major cumulate and layered gabbros and anorthosites as well as minor felsic differentiates (as veins intruding the gabbros). These rocks formed by magma chamber differentiation through fractional crystallization under rather shallow crustal conditions (as shown by Sr-fractionation in the anorthosite plagioclases), from upper mantle tholeiitic gabbroic parental magmas subjected to fractionation processes during mantle ascent. The second series consists of a huge amount of younger granophyres. These are felsic rocks of alkaline affinities inferred to have originated from lower-crust magmas. Acid metavolcanics and subvolcanics and metadiabases complete the regional petrographic spectrum. The petrogenesis of the acid metavolcanics, which include dacites/rhyodacites and rhyolites, is still problematical, since only ambiguous evidence was found regarding their mutual relationships and those with the metagranophyres of the Serra da Alegria Intrusion. The metadiabases were observed in only two occurrences; they are low-grade metamorphic rocks considered to be the youngest Precambrian rocks of the region. Throughout the

Eastern Sector occurs an intimate association of granitic gneisses and metapelitic to quartzose schists prominently tectonized, also including probable equivalents of rocks of the adjoining Central and Western sectors. The Eastern Sector represents a parautochthonous to allochthonous, E-to-W transported block, structured and emplaced in the course of the younger orogenic processes of the Proterozoic mobile belt. Progressive regional metamorphism from W to E in this sector is medium grade and reached - in the extreme E of the sector - maximum conditions, transitional from medium to upper amphibolite facies.

The main regional metallotects are the Metabasic Volcano-Sedimentary Sequence of greenstone-belt characteristics and the Differentiated Layered Intrusion of the Serra da Alegria. The former shows isolated Cu anomalies and an inferred potentiality for gold and base metals. The latter shows traces of platinum minerals in heterogeneous Cr-richer gabbros and an inferred potentiality for stratiform chromitites and magmatic sulphides of the Ni-Cu-Fe type, among others, related to basic-ultrabasic and ultramafic lower portions of the intrusion.

The Precambrian geotectonic evolution comprises four major events including three orogenic cycles: (1)-formation of the polymetamorphic TTG-gneisses and possibly the intrusive TTG-metagranitoids in the course of one or more Archean processes of high-grade metamorphism and crustal anatexis; (2)-generation and tectono-metamorphic collapse of the oceanic (possibly back-arc) basin of the Metabasic Volcano-Sedimentary Sequence of greenstone-belt characteristics of Archean or Palaeoproterozoic age; (3)-emplacement and magmatic evolution of the layered intrusion of the Serra da Alegria in a period of crustal stability and tectonic calm of Palaeo- to Mesoproterozoic age, including perhaps, as a final stage, the acid metavolcanics, and (4)-regional mobile belt development of the Alto Tererê Metamorphic Association affecting mainly the rocks of the Eastern Sector of the study area, with a Mesoproterozoic minimum age (of 1.7-1.6 Ga), as reported in geochronological studies in the literature.

## AGRADECIMENTOS

Neste momento tão esperado de conclusão, gostaria de agradecer todos aqueles que colaboraram para a realização deste trabalho.

Em especial agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher, pelas inúmeras dúvidas esclarecidas e pela sua grande disposição nos seus ensinamentos, não só durante a elaboração deste trabalho, mas também desde meus tempos de aluno de graduação e iniciação científica. Os conhecimentos adquiridos durante todo este período como integrante de seu grupo de pesquisa, contribuíram muito para minha formação profissional.

À minha esposa Marta pela revisão ortográfica e, principalmente, pelo companheirismo nos momentos mais complicados, bem como aos meus familiares, pelo auxílio e incentivo.

Ao sr. Elieser Steimbrüch, proprietário da fazenda Santa Otília, pelo seu grande apoio e incentivo à pesquisa geológica na realização deste trabalho, principalmente nas etapas de levantamento geológico de campo.

À toda equipe técnica da MGA-Mineração e Geologia Aplicada Ltda., em especial aos meus amigos e sócios Henrique Izumi Yoshikawa e Hércio Akimoto, pelo grande apoio e esforço demonstrados.

Pela disposição e incentivo à pesquisa demonstrados pelos Profs. Drs. Waldir R. Paradela e Paulo Veneziani, do INPE, durante a fase de tratamento digital e fotogeologia de imagens de satélite, bem como à colaboração dos técnicos do Laboratório de Tratamento de Imagens Digitalizadas (LTID).

Ao Prof. Dr. Teodoro R. Isnard, coordenador do Laboratório de Informática Geológica e aos colegas Fábio ("Safa") e Renato ("Ninguém"), que auxiliaram e incentivaram os trabalhos de tratamento digital da imagem TM-LANDSAT, assim como ao Prof Dr. Caetano Juliani pelo apoio na emissão final da imagem tratada.

Às participações de meu amigo Cássio Luis Alves Guimarães ("Golbery"), geólogo, nos levantamentos de campo, que muito contribuiu para os estudos dos afloramentos, do técnico em mineração Adalto e dos funcionários da fazenda Santa Otília, sr. José Nunes e "Pico".

Aos docentes e colegas de pós-graduação do Departamento de Mineralogia e Petrologia deste Instituto, em especial aos integrantes do grupo de pesquisa do orientador, que incentivaram e ajudaram de alguma forma a realização deste trabalho.

Às equipes do Laboratório de Laminação, Informática e Gráfica deste Instituto, bem como do Laboratório de Geoquímica da Universidade de Mainz, da Alemanha.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de mestrado concedida.

## ÍNDICE

<b>Resumo.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....</b>	<b>1</b>
<b>2.2 GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3 CLIMA E VEGETAÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>3. MÉTODOS E MATERIAIS .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 TRABALHOS PRELIMINARES .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 TRABALHOS DE CAMPO.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 ESTUDOS LABORATORIAIS .....</b>	<b>8</b>
<b>3.4 TRATAMENTO DOS DADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4. TRABALHOS ANTERIORES .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 GEOLOGIA REGIONAL.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1.1 COMPLEXO RIO APA (SYN.: COMPLEXO CRISTALINO             BRASILEIRO; COMPLEXO BASAL E ASSOCIAÇÃO             METAMÓRFICA DO ALTO TERERÊ) .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1.2 GRUPO AMOGUIJÁ E SUITE INTRUSIVA ALUMIADOR             (SYN: QUARTZO PÓRFIROS DO AMOGUIJÁ; INTRUSIVAS             E EXTRUSIVAS ÁCIDAS; COMPLEXO DO AMOGUIJÁ) .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.3 FORMAÇÃO PANTANAL .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 GEOLOGIA LOCAL.....</b>	<b>20</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>5.1 MAPA FOTOGEOLÓGICO.....</b>	<b>21</b>
<b>5.2 CARACTERÍSTICAS LITO-ESTRUTURAIS E ESTRATIGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.1 SETOR OESTE.....</b>	<b>23</b>
<b>5.2.2 SETOR CENTRAL.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2.3 SETOR LESTE.....</b>	<b>35</b>

<b>5.3 PETROGRAFIA.....</b>	<b>39</b>
5.3.1 GNAISSES E GRANITOS.....	40
5.3.2 XISTOS METAPELÍTICOS E QUARTZOSOS .....	48
5.3.3 METABASITOS .....	52
5.3.4 METAGABROS/ANORTOSITOS/GRAFOFIROS .....	61
5.3.5 METAVULCANITOS A SUBVULCANITOS ÁCIDOS.....	70
<b>5.4 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....</b>	<b>74</b>
<b>5.5 GEOQUÍMICA.....</b>	<b>82</b>
5.5.1 SEQÜÊNCIA METAVULCANO-SEDIMENTAR BÁSICA.....	83
5.5.2 INTRUSÃO DIFERENCIADA GABRO-ANORTOSITO-GRAFOFIÍRICA DA SERRA DA ALEGRIA...97	
5.5.3 GRUPO DE METAVULCANITOS A SUBVULCANITOS ÁCIDOS....124	
5.5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	134
<b>6. INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA - CONCLUSÕES.....</b>	<b>136</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>142</b>

**Anexos:**

1. Mapa de afloramentos
2. Relação dos afloramentos, petrografia e geoquímica
3. Mapa fotogeológico
4. Varioogramas Binários para os metavulcanitos ácidos em conjunto com os metagranofiro da Intrusão da Serra da Alegria (4.1) e metabasitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar (4.2)

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 2-1:</b> Localização e vias de acesso.....	<b>2</b>
<b>Fig. 2-2:</b> Contexto geomorfológico regional conforme Alvarenga et al. (1982).....	<b>4</b>
<b>Fig. 4-1:</b> Contexto geológico regional conforme Araújo et al. (1982).....	<b>12-13</b>
<b>Fig. 5-1:</b> Imagem TM-LANDSAT (triplete 4, 5 e 7-RGB), da área estudada.....	<b>22</b>
<b>Fig. 5-2:</b> Fotografia da parte sudoeste da serra da Alegria.....	<b>27</b>
<b>Fig. 5-3:</b> Fotografia de matações de anortositos maciços na borda W da serra da Alegria.....	<b>28</b>
<b>Fig. 5-4:</b> Fotografia da textura em detalhe dos anortositos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>29</b>
<b>Fig. 5-5:</b> Fotografia da textura em detalhe de leucogabros pegmatíticos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>29</b>
<b>Fig. 5-6:</b> Fotografia de pequenos matações de brechas magmáticas da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>30</b>
<b>Fig. 5-7:</b> Fotografia de metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar com estruturas de <i>pillow-lavas</i> .....	<b>33</b>
<b>Fig. 5-8:</b> Fotografia do aspecto geomorfológico de cristas alinhadas do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos do setor E.....	<b>35</b>
<b>Fig. 5-9:</b> Representação das medidas estruturais do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos no diagrama de Schimidt Lambert.....	<b>38</b>
<b>Fig. 5-10:</b> Fotografia de dobras intrafoliares em gnaisse róseo do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos.....	<b>39</b>
<b>Fig. 5-11:</b> Representação dos granitos e gnaisses dos setores W, E no diagrama de Streckeisen (1976).....	<b>41</b>
<b>Fig. 5-12:</b> Fotomicrografias de gnaisses polimetamórficos e metagranitóides do setor W.....	<b>44</b>

<b>Fig. 5-13:</b> Fotomicrografias de gnaisses graníticos do setor E.....	<b>47</b>
<b>Fig. 5-14:</b> Fotomicrografias de xistos metapelíticos a quartzosos dos setores W, Central e E.....	<b>51</b>
<b>Fig. 5-15:</b> Grade petrogenética simplificada de Yardley et al. (1992) para metassedimentos pelíticos do setor E.....	<b>53</b>
<b>Fig. 5-16:</b> Fotomicrografias dos metabasitos dos setores W, Central e E.....	<b>58-59</b>
<b>Fig. 5-17:</b> Fotomicrografias de gabros/anortositos/granofiro da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>68-69</b>
<b>Fig. 5-18:</b> Fotomicrografias de metavulcanitos ácidos dos setores W e Central.....	<b>72</b>
<b>Fig. 5-19:</b> Variogramas binários segundo Harker (1909) para os elementos maiores dos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar.....	<b>86-87</b>
<b>Fig. 5-20:</b> Variogramas binários segundo Harker (1909) para elementos traços dos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar.....	<b>88-90</b>
<b>Fig. 5-21:</b> Representação de metabasitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar nos diagramas de Hughes (1973) e Floyd (1976).....	<b>93</b>
<b>Fig. 5-22:</b> Representação de metabasitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar nos diagramas de Jensen (1976) e Irvine & Baragar (1971).....	<b>94</b>
<b>Fig. 5-23:</b> Representação de metabasitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar nos diagramas de Pearce & Cann (1973) e Shervais (1982).....	<b>95</b>
<b>Fig. 5-24:</b> Variograma multielementar para os metabasitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar.....	<b>96</b>
<b>Fig. 5-25:</b> Representação dos gabros, anortositos e granofiro nos diagramas de Debon & Le Fort (1983) e Middlemost (1985).....	<b>104</b>

<b>Fig. 5-26:</b> Diagramas de Cox et al. (1979) e Irvine & Baragar (1971) para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>106</b>
<b>Fig. 5-27:</b> Variogramas Zr x TiO <sub>2</sub> segundo Hallberg (1985) para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>107</b>
<b>Fig. 5-28:</b> Variogramas binários segundo Harker (1909) para os elementos maiores dos litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>109-110</b>
<b>Fig. 5-29:</b> Variogramas segundo Harker (1909) para os elementos traços dos litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>111-113</b>
<b>Fig. 5-30:</b> Variogramas binários com índice de diferenciação FeO/(FeO+MgO) para os elementos maiores dos litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>114-115</b>
<b>Fig. 5-31:</b> Variogramas binários com índice de diferenciação FeO/(FeO+MgO) para os elementos traços dos litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>116-118</b>
<b>Fig. 5-32:</b> Variogramas multielementares dos litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>120-121</b>
<b>Fig. 5-33:</b> Diagramas de Winschoster & Floyd (1977) Peacock (1931) e Irvine & Baragar (1971) para os metavulcanitos ácidos não deformados do setor W.....	<b>125</b>
<b>Fig. 5-34:</b> Variogramas binários segundo Harker (1909) para os elementos maiores de rochas metavulcâncias ácidas do setor W.....	<b>127-128</b>
<b>Fig. 5-35:</b> Variogramas binários segundo Harker (1909) para os elementos traços de rochas metavulcânicas ácidas do setor W.....	<b>129-131</b>
<b>Fig. 5-36:</b> Variogramas multielementares para rochas metavulcânicas ácidas do setor W e destas, em conjunto com metagranofiro da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>133</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tab. 4-1:</b> Quadro sintético dos principais conceitos litoestratigráficos do precambriano do extremo sul do Cráton Amazônico.....	<b>15</b>
<b>Tab. 5-1:</b> Mineralogia fundamental de Gnaisses Polimetamórficos e Granitos do setor W.....	<b>41</b>
<b>Tab. 5-2:</b> Mineralogia fundamental de gnaisses graníticos do setor E.....	<b>46</b>
<b>Tab. 5-3:</b> Mineralogia fundamental de xistos metapelíticos e quartzosos dos setores W, Central e E.....	<b>49</b>
<b>Tab. 5-4:</b> Mineralogia fundamental de metabasitos dos setores W, Central e E.....	<b>54</b>
<b>Tab. 5-5:</b> Limites de detecção da análises litogeoquímicas.....	<b>83</b>
<b>Tab. 5-6:</b> Dados geoquímicos dos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do setor Central.....	<b>85</b>
<b>Tab. 5-7:</b> Composição normativa dos metabasitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do setor Central.....	<b>91</b>
<b>Tab. 5-8:</b> Dados geoquímicos dos gabros, anortositos e granofiro da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>98-99</b>
<b>Tab. 5-9:</b> Composição normativa de gabros, anortositos e granofiro da Intrusão da Serra da Alegria.....	<b>101-102</b>
<b>Tab. 5-10:</b> Dados geoquímicos de rochas metavulcânicas ácidas não deformadas do setor W.....	<b>124</b>
<b>Tab. 5-11:</b> Composição normativa de metavulcanitos ácidos não deformados do setor W.....	<b>126</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa de mestrado propõe-se ao estudo geológico de terrenos precambrianos de uma área que abrange cerca de 830 Km<sup>2</sup> inserida no contexto do Cráton Amazônico - Província Tapajós, no extremo sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul.

A pesquisa realizada tem como objetivo principal, contribuir para os conhecimentos sobre a evolução crustal e o potencial metalogenético regional, com base em trabalhos de mapeamento geológico de reconhecimento, interpretações fotogeológicas de imagem de sensoreamento remoto e de fotografias aéreas, integrados em escala 1:100.000, incluindo a caracterização petrográfica, geoquímica e considerações petro-metagenéticas das unidades geológicas presentes na área.

Este projeto contou com auxílio da equipe do laboratório de fluorescência de raios X do Instituto de Geociências da Universidade de Mainz/Alemanha, na forma de cooperação científica, para os trabalhos de geoquímica analítica. Toda infra-estrutura para realização dos trabalhos de campo foi fornecida pelo sr. Elieser Steimbrüch, proprietário da fazenda Santa Otília, localizada na área desta pesquisa.

## 2. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

### 2.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área pesquisada localiza-se no município de Porto Murtinho, no extremo sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul, ou ainda, na borda oeste da serra da Bodoquena, destacada feição geomorfológica regional, no trecho do médio curso do rio Branco, o qual deságua no rio Paraguai, integrando-se à planície pantaneira (Fig. 2-1).

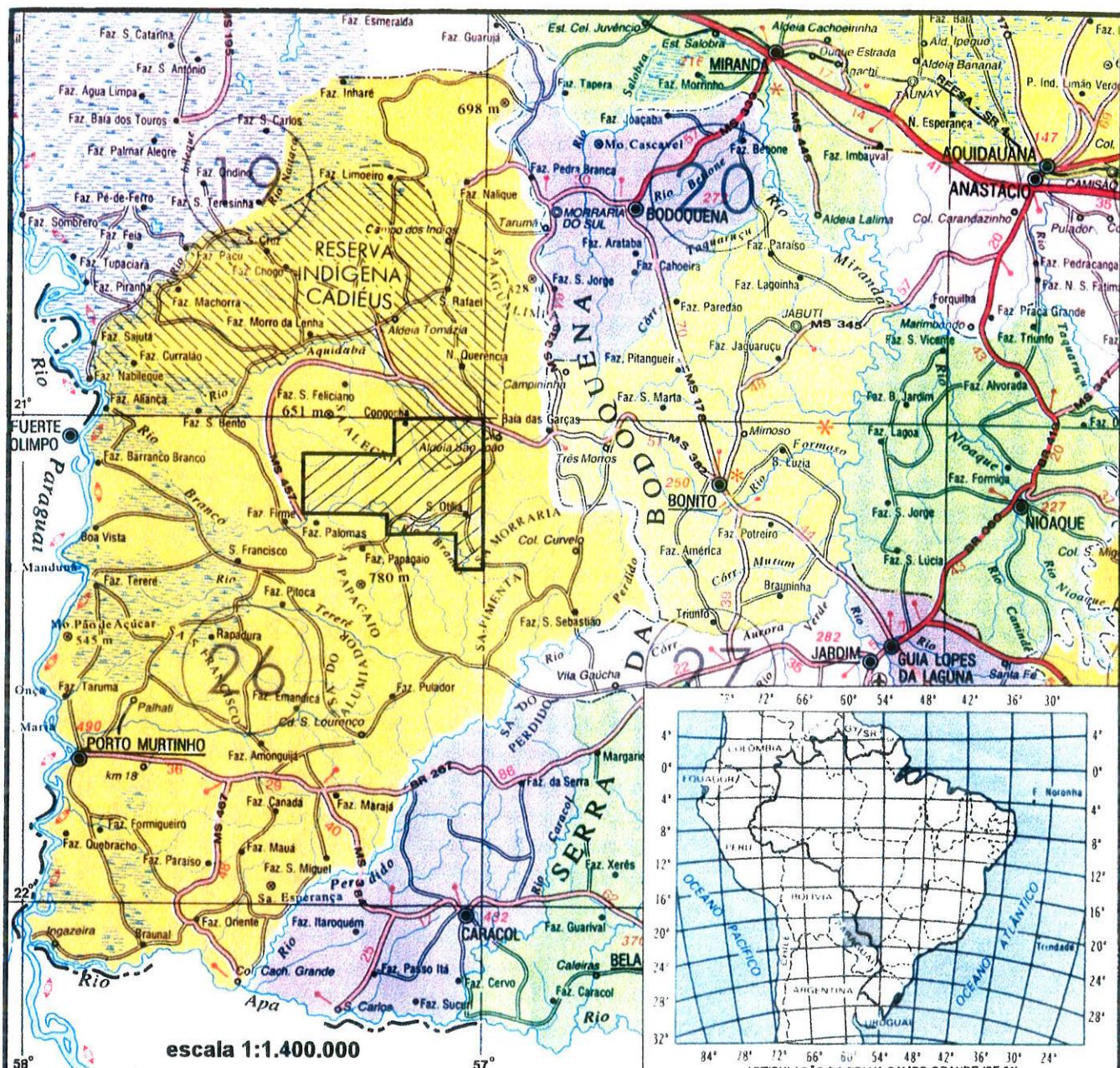


Fig. 2-1: Localização e vias de acesso

O acesso à área, partindo-se de Campo Grande, se faz pela rodovia BR-262 até o entroncamento para os municípios de Anastálio e Aquidauana, onde toma-se o rumo sul para o município de Nioaque. Após um percurso de cerca de 20 km toma-se à direita a estrada estadual MS-346, sem pavimentação, por cerca de 105 km até o município de Bonito, muito conhecido pelo seu grande potencial turístico. Posteriormente, segue-se rumo oeste por mais cerca de 100 km para Fazenda Santa Otília, também por estrada sem pavimentação, passando pela Cachoeira do Aquidabã, Baía das Garças e Aldeia São João. Esta estrada normalmente se encontra em bom estado para trafegar, porém, deve-se tomar cuidado com animais selvagens e trechos com concentrações de buracos. O percurso total até Campo Grande soma cerca de 370 Km e até o município de São Paulo 1390 Km.

No interior da área pesquisada os acessos são realizados pelas estradas secundárias internas às fazendas e/ou que as interligam. Principalmente em épocas de chuva, nos trechos de várzeas dos rios, o tráfego é precário, sendo necessário veículo apropriado para o deslocamento.

## 2.2 GEOMORFOLOGIA

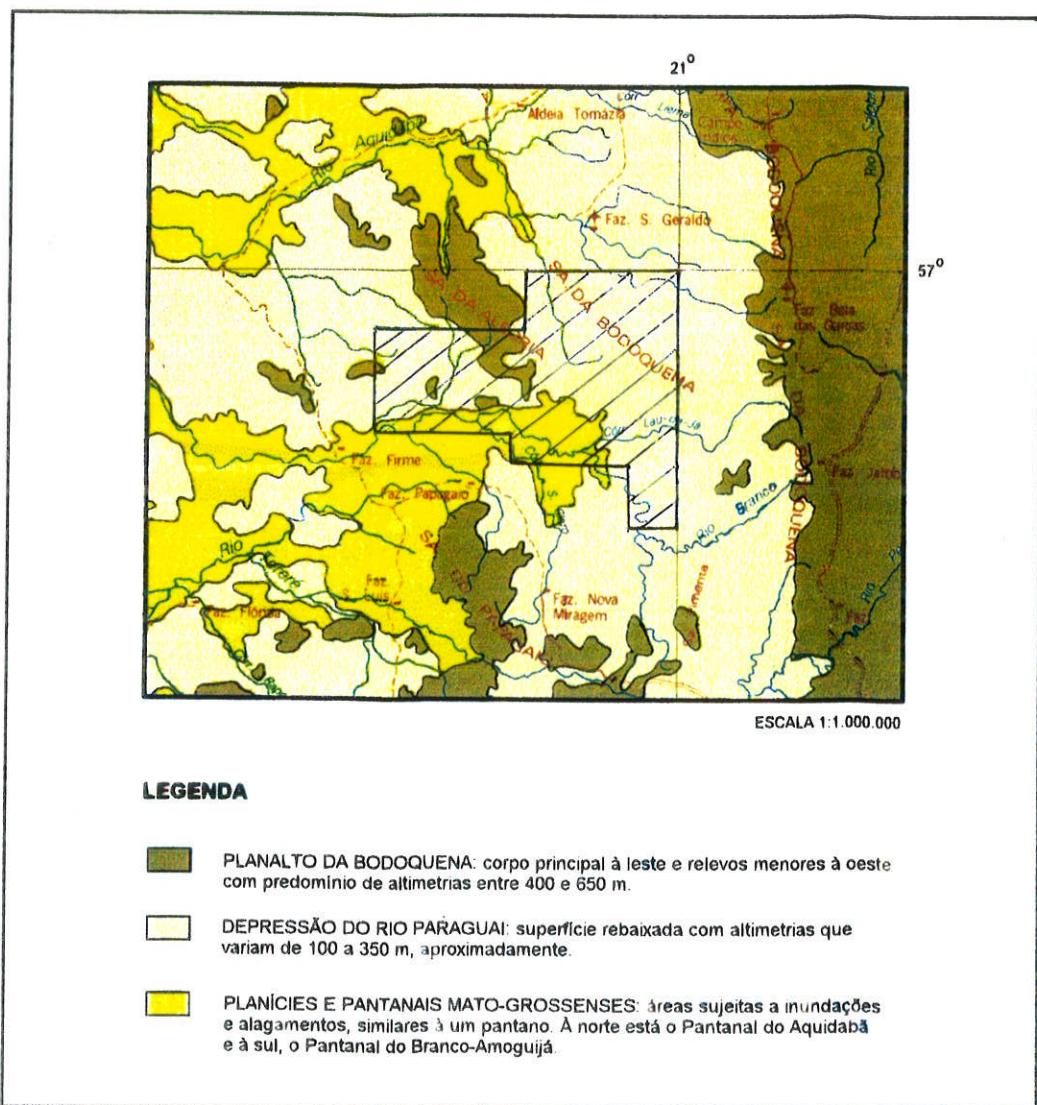
Conforme estudos geomorfológicos regionais realizados por Alvarenga et al. (1982) na Folha SF-21, a geomorfologia no contexto da área desta pesquisa abrange as seguintes unidades, descritas sucintamente a seguir (Fig. 2-2):

- 1) Planalto da Bodoquena;
- 2) Depressão do rio Paraguai;
- 3) Planícies e Pantanais Mato-Grossenses.

**1) Planalto da Bodoquena:** comprehende um conjunto de relevos dispostos na direção Norte-Sul, com altimetrias que variam predominantemente em torno de 400 a 650 m, abrangendo a serra da Bodoquena como corpo principal com aproximadamente 200 Km de extensão por 65 Km de largura e, subordinadamente, relevos

menores representados pelas serras da Alegria, de São Paulo, de São Francisco, do Papagaio, do Alumiador, da Bocaina e da Esperança.

O Planalto da Bodoquena está representado na área estudada pela parte sul da serra da Alegria, considerado por Alvarenga et al. (1982) como relevos residuais de proporções reduzidas que compõem este planalto (Fig. 2-2).



**Fig 2-2:** Contexto geomorfológico regional da área estudada (hachurada), conforme Alvarenga et al. (1980), simplificado.

A serra da Alegria apresenta-se escarpada na borda oeste com pronunciada orientação para NW, enquanto na borda leste o relevo acentua-se gradativamente em direção ao topo. Esta forma sugere que houve um basculamento deste corpo intrusivo na sua porção oeste, associada a um maior desgaste erosivo na sua borda leste.

**2) Depressão Paraguaia:** compreende uma vasta superfície rebaixada que se estende por toda a parte centro-ocidental da Folha SF-21. Limita-se a leste com as frentes de cuesta e os relevos dissecados da borda do Planalto de Maracaju-Campo Grande. A oeste e sudoeste, une-se às Planícies e Pantanais Mato-Grossenses, às quais por vezes se interpenetra. A continuidade desta superfície é interrompida pelos relevos residuais do Planalto da Bodoquena, que se erguem em sua parte central.

Ainda de acordo com Alvarenga et al. (1982), esta unidade é subdividida segundo suas altimetrias em dois compartimentos: mais baixo com altimetrias de 100 a 200 m e mais elevado com altimetrias de 200 a 350 m.

Na área estudada estes compartimentos se distribuem, respectivamente, a oeste e leste da serra da Alegria. A porção oeste - compartimento mais baixo - compreende uma extensa superfície conservada recoberta por sedimentos quaternários (Formação Pantanal), constituindo um pediplano inundado. Sua continuidade espacial é interrompida por morros isolados do tipo *inselberge* (Fig. 2-2).

Na porção leste - compartimento mais elevado - a depressão é constituída por rochas precambrianas do Complexo Rio Apa. O relevo é dissecado e dominam as formas convexas com drenagem pouco aprofundada.

**3) Planícies e Pantanais Mato-Grossenses:** esta unidade, segundo Alvarenga et al. (1982), está inserida na área do Alto Paraguai

e limita-se a leste com a Depressão do Rio Paraguai, com altimetrias mais elevadas, que atingem até 140 m e a oeste com a Região Chaqueña da República Federativa do Paraguai. Suas altimetrias diminuem nas proximidades dos rios Paraguai e Apa, atingindo 80 m.

Trata-se de uma área de sedimentos recentes, constantemente sujeita a inundações e alagamentos com fisionomia similar a de um pântano. Alvarenga et al. (1982) reconheceram a existência de diversos pantanais associados a sub-bacias do rio Paraguai. Na área desta pesquisa descreve o Pantanal do Branco-Amoguijá, que se estende para leste entre as serras da Alegria e Papagaio (Fig. 2-2). Foi caracterizado como área de acumulação com fraca inundaçāo e vegetação de Campo Cerrado. É regido pelo regime hidrológico da bacia do rio Paraguai e pelo regime pluvial do Planalto da Bodoquena, onde encontram-se as cabeceiras dos rios que o drenam.

### **2.3 CLIMA E VEGETAÇÃO**

Conforme Furtado et al. (1982), regionalmente a área se insere no contexto de transição entre os climas tropicais quentes do Centro-Oeste, com duas estações bem definidas e os climas subtropicais do sul do Brasil, sem período seco.

Genericamente, caracteriza-se por um total de precipitações anuais distribuídas entre 1.300 mm a 1.700 mm, sendo os maiores valores registrados nos planaltos e os menores nas planícies e pantanais. O trimestre mais chuvoso e mais seco corresponde, respectivamente, aos meses de novembro a janeiro e de junho a agosto. As temperaturas médias anuais ficam entre 20°C e 22°C e durante os meses de verão a temperatura média é de 25°C, enquanto nos meses de abril a setembro decresce até 17°C. As temperaturas médias máximas anuais ficam entre 27°C e 32°C, sendo que as

mínimas comumente chegam a 0°C, podendo atingir valores negativos.

Conforme estudos fitcecológicos de Furtado et al. (1982) na Folha SF-21, a vegetação dominante na área desta pesquisa é savana e savana estépica, principalmente do tipo arbórea densa. Na porção oeste observou-se, nos trabalhos geológicos de campo desta pesquisa, áreas com variações desta fisionomia para parque.

### **3. MÉTODOS E MATERIAIS**

Este projeto de pesquisa foi planejado para ser desenvolvido nas seguintes etapas fundamentais:

- 1) trabalhos preliminares;
- 2) trabalhos de campo;
- 3) estudos laboratoriais;
- 4) tratamentos de dados;
- 5) avaliações finais.

#### **3.1 TRABALHOS PRELIMINARES**

Compreendem levantamento bibliográfico, segundo enfoques temáticos e de geologia local e regional. Foram realizados também trabalhos de foto-interpretações de fotografias aéreas de escala 1:60.000 (USAF, 1966), que juntamente com o mapa topográfico de escala 1:100.000 (Ministério do Exército/Diretoria do Serviço Geográfico, 1982), subsidiaram o planejamento das etapas de campo.

### **3.2 TRABALHOS DE CAMPO**

Na área de pesquisa com extensão total de cerca de 830 Km<sup>2</sup>, foram realizadas duas campanhas de campo, totalizando 55 dias, fazendo-se o reconhecimento, definição e amostragem das unidades litológicas de mapeamento, bem como a caracterização preliminar de suas estruturas e relações de contatos.

Na primeira etapa de campo foi possível estabelecer as principais unidades geológicas lito-estruturais, assim como esboçar sua provável configuração em escala 1:100.000. Na etapa final, com duração de cerca de 20 dias, já de posse de dados petrográficos e de interpretações fotogeológicas, foram verificados contextos problemáticos e outros considerados de importância para a integração do mapa fotogeológico regional desse trabalho (Anexo 3).

Considerando suas características fisiográficas, a área não é pobre em afloramentos. Entretanto, é de difícil acesso. Ainda assim, foram descritos e, quando possível, amostrados um total 76 afloramentos, incluindo perfis em caminhamentos, principalmente, nas drenagens e serrarias (Anexos 1 e 2).

### **3.3 ESTUDOS LABORATORIAIS**

Foram realizados dois conjuntos principais de estudos laboratoriais:

- 1) mineralógicos e petrográficos;
- 2) geoquímicos multielementares.

**1) Estudos mineralógicos e petrográficos:** visaram a caracterização qualitativa e semiquantitativa/comparativa dos

conjuntos litológicos regionais principais, incluindo o estabelecimento do seu estado metamórfico e a escolha de grupos litológicos e/ou amostras individuais para detalhamentos geoquímicos. Foram efetuados:

- descrições macroscópicas detalhadas de todas as amostras e definidos os roteiros analíticos individuais;
- estudos microscópico-petrográficos (luz transmitida) de 98 lâminas delgadas e de microscopia de minerais opacos (luz refletida) de 14 seções polidas de grupos selecionados de rochas de interesses metalogenéticos;
- a escolha, com base nos estudos macro e microscópicos, para detalhamentos geoquímicos, de 37 amostras de 3 conjuntos litoestruturais regionais: Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica, Metavulcanitos a Subvulcanitos Ácidos, e Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica;

**2) Estudos geoquímicos multielementares:** efetuados através de fluorescência de raios X para auxiliar na classificação das rochas metaigneas e, em geral, para estabelecer as características petrogenéticas e metalogenéticas dos conjuntos litológicos anteriormente definidos. Estes trabalhos incluiram:

- preparação analítica das amostras através de prensagem e moagem até granulometria < 200#;
- análises geoquímicas de 26 elementos maiores e traços por amostra, pelo método da fluorescência de raios X seqüencial automática (espectrômetro Philips), em 37 amostras, distribuídas da seguinte forma: 24 da intrusão diferenciada gabro-anortosito-granofírica, 6 de metavulcanitos ácidos e 7 de metabasitos de seqüência vulcano-sedimentar. As análises

foram realizadas no Laboratório de Fluorescência de Raios X do Instituto de Geociências da Universidade de Mainz/Alemanha, no âmbito de um programa de cooperação científica do orientador.

#### **3.4 TRATAMENTO DOS DADOS**

Os dados de reconhecimento lito-estruturais da área foram integrados através de trabalhos fotogeológicos de fotografias aéreas e do triplete 4, 5 e 7 (RGB) TM-LANDSAT (passagem em 16.05.85, órbita 226, quadrante 75A), obtido utilizando-se técnicas usuais de tratamento digital de imagens, como filtragens e aumento linear de contraste, através do software ER Mapper 5.2 (Earth Resource Mapping Pty Ltd, 1995), pelo próprio autor. O resultado destes trabalhos de integração é o mapa fotogeológico na escala 1:100.000 (Anexo 3).

As informações petrográficas das unidades mapeadas foram utilizadas na classificação e caracterização detalhada dos tipos litológicos constituintes, procurando-se ainda abordar os eventos metamórficos e suas características como marcos temporais e de evolução crustal destas unidades. A integração com os dados de campo, principalmente das relações de contatos, em comparação com os dados da literatura, auxiliaram ainda na elaboração da coluna estratigráfica.

Os dados petroquímicos foram tratados utilizando-se os programas NEWPET (Clarke, 1992-1994) e MINPET 2.02 (Richard, 1988-1996) de classificação geoquímica e interpretações petrometalogenéticas e geotectônicas. Estes estudos complementaram a caracterização petrográfica e forneceram subsídios para interpretação e formulação do modelo geológico evolutivo, além de contribuir para a avaliação do potencial mineral regional.

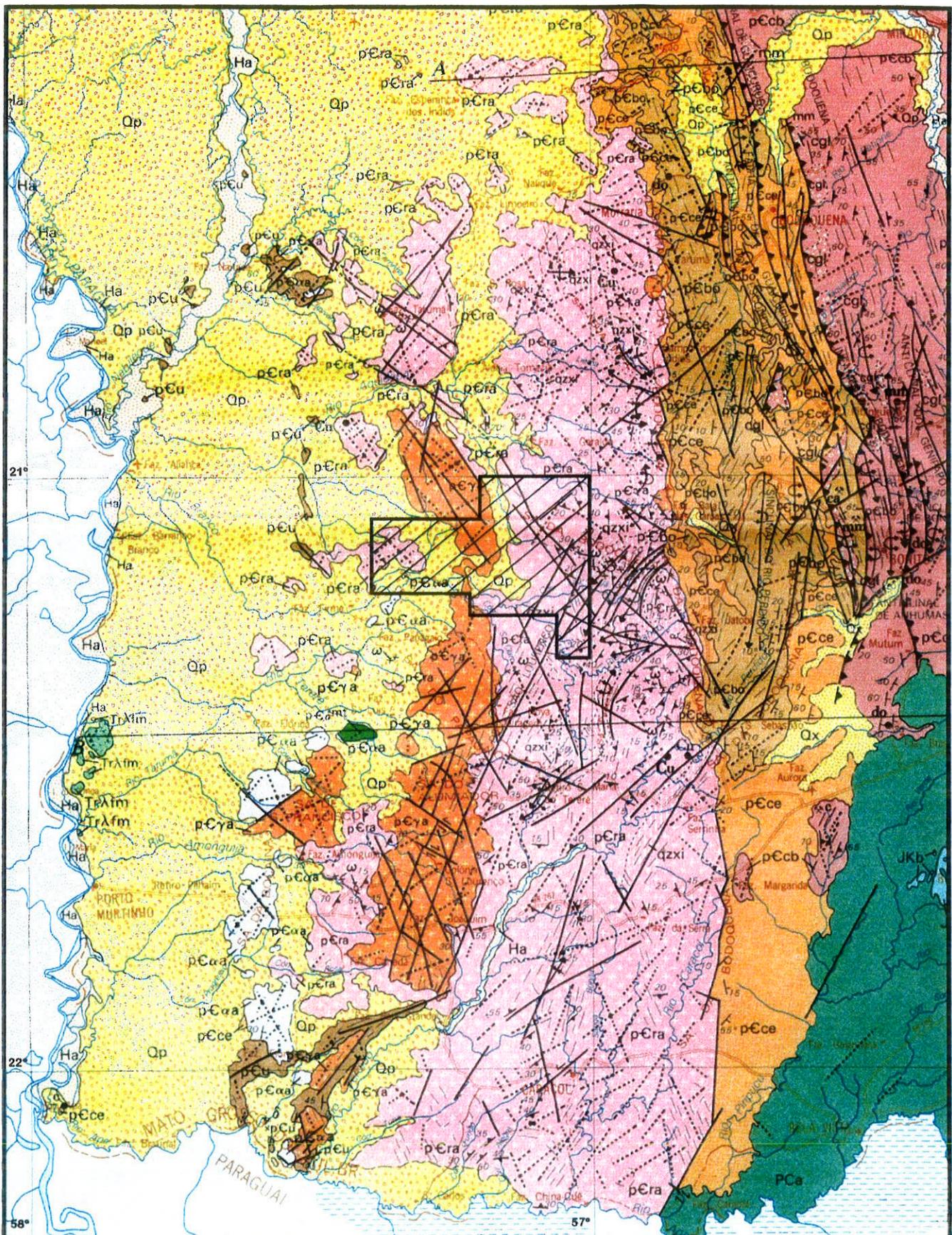
Em uma última etapa foram realizadas a análise, interpretação integrada e documentação dos dados dessa pesquisa; a confrontação dos resultados próprios com os dados da literatura e elaborados modelos para a evolução geológica (lito-estrutural, petro-metalogenética) e crustal regional.

#### 4. TRABALHOS ANTERIORES

##### 4.1 GEOLOGIA REGIONAL

A área em estudos insere-se no contexto geotectônico regional da porção sul do Cráton Amazônico, mais especificamente na extremidade sul da Província Estrutural do Tapajós, ou ainda, na porção sul da Subprovíncia Madeira (Amaral, 1984). Trabalhos sobre esta grande região são em geral escassos, destacando-se o trabalho de reconhecimento geológico de Almeida (1965) e 3 projetos de mapeamentos regionais, por Corrêa et al. (1976; 1979), respectivamente nas escalas 1:250.000 e 1:500.000, Schobbenhaus & Soares (1979) e Araújo et al. (1982), ambos na escala 1:1.000.000. O posicionamento da área desta pesquisa em relação às unidades geológicas individualizadas no mapa de Araújo et al. (1982) é mostrado na Figura 4-1.

Na subdivisão geotectônica de Corrêa et al. (1976; 1979), a área em questão inclui partes do extremo sul do "Cráton do Guaporé" e as "Metamórficas do Alto Tererê". A "Plataforma do Guaporé", está representada na parte W da área pelas rochas gnáissicas e graníticas do Complexo Basal e, na parte central, por granitos incluídos no grupo de intrusivas e extrusivas ácidas. As "Metamórficas do Alto Tererê", na parte E da área, seriam indicadoras de tectono-orogenia antiga, representando importante episódio de regeneração da porção meridional da "Plataforma do Guaporé". As demais partes da área estão encobertas por "Sedimentos do Pantanal".



**Fig. 4-1: Contexto geológico regional da área estudada (hachurada), conforme Araújo *et al.* (1982) - escala 1:1.000.000.**

## ESTRATIGRAFIA



## CONVENÇÕES

- 30**  
Atitude de camada, medida
- 40**  
Atitude de foliação ou xistosidade, medida
- Contato, tracejado onde localizado aproximadamente
- Contato litológico
- Eixo de anticinal com cimento
- Eixo de anticinal invertido
- Eixo de anticinal invertido com cimento
- Eixo de sinclinal
- Eixo de sinclinal com cimento
- Eixo de sinclinal invertido
- Eixo de sinclinal invertido com cimento
- Estrutura não determinada
- Falha normal, tracejado onde inferida, A-bloco alto; B-bloco baixo
- Falha de deslocamento horizontal
- Falha inversa, tracejado onde encoberta. Vértices indicam o sentido do deslocamento do teto
- Falha indiscriminada, traços médios onde inferida, traços curtos onde descoberta
- Fratura
- Alinhamento: delineação de estruturas traço de camada
- Dique ou corpo tabular
  - Gabro
  - Diabásio
  - Traquito
- Ocorrências minerais

Apesar do pequeno número de trabalhos sobre essa parte do Cráton Amazônico, já existe considerável controvérsia a respeito dos conceitos lito-estruturais e lito-estratigráficos do Precambriano. Estes estão sintetizados na Tabela 4-1, com enfoque nas unidades que afloram na área estudada.

A seguir são apresentadas sucintamente algumas das características principais dessas unidades regionais, em geral aceitas com base nos trabalhos mais recentes. Entretanto, é preciso ressaltar, que no seu trabalho de reconhecimento geológico, Almeida (1965) já subdividiu o Precambriano da região da serra da Bodoquena em inferior e superior, incluindo mica xistos quartzitos, anfibolitos, gnaisses e intrusões de granitos no Complexo Cristalino Brasileiro, de idade precambriana inferior. Reconheceu ainda, rochas vulcânicas ácidas, quartzo pórfiros diversos e produtos piroclásticos associados, que denominou de Quartzo Pórfiros do Amoguijá, incluindo-os no Precambriano Superior.

#### 4.1.1 COMPLEXO RIO APA (SYN.: COMPLEXO CRISTALINO BRASILEIRO; COMPLEXO BASAL E ASSOCIAÇÃO METAMÓRFICA DO ALTO TERERÉ)

As rochas mais antigas, incluídas por Almeida (1965) no Complexo Cristalino Brasileiro, segundo Araújo et al. (1982), pertencem ao Complexo Rio Apa, de idade precambriana inferior a média. Sua área de exposição abrange toda a região compreendida entre a Serra da Bodoquena à leste e a bacia Pantaneira à oeste, excetuando-se as intrusões da Suite Alumiador, assim como as intrusões gábricas e rochas subvulcânicas e vulcânicas ácidas do Grupo Amoguijá (Fig. 4-1).

O Complexo Rio Apa, conforme citam Araújo et al. (1982), foi definido por Araújo & Montalvão em relatório interno de campo do Projeto RADAMBRASIL (Araújo & Montalvão, 1980) como a

TABELA 4-1: Quadro sintético dos principais conceitos lito-estratigráficos do Precambriano do extremo sul do Cráton Amazônico.

CORRÊA ET AL. (1976, 1979)		SCHOBBENHAUS & SOARES (1979)		ARAÚJO ET AL. (1982)	
UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS	PERÍODO	UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS	PERÍODO	UNIDADES LITO-ESTRATIGRÁFICAS	PERÍODO
<b>Associação Metamórfica do Alto Tererê:</b> pEIII3: mica xistos, quartzitos comumente anfibolíticos e anfibolitos; pEIII2: mica xistos, quartzitos e gnaisses comumente granatíferos; pEIII1: predominância de biotita gnaisses finos.	<b>PRECAMBRIA NO SUPERIOR</b>	<b>Complexo do Amoguijá:</b> rochas vulcânicas ácidas representadas por variedades diversas de quartzo pôrфиros e produtos piroclásticos. A composição dessas rochas é riodacítica, sendo por vezes aglomeráticas, com frequentes intercalações de tufos, tuhos lapiliticos e brechas vulcânicas. Localmente, ocorrem tipos amigdaloidais e esferulíticos. A matriz comumente apresenta-se sericitizada. Granitos, granófiros, granitos gráficos e aplitos, com gnaisses graníticos nas bordas dos maciços; biotita microgranitos porfiríticos.	<b>PRECAMBRIA NO SUPERIOR</b> (1,0-1,8 Ga)	<b>Suite Intrusiva Alumiador:</b> granitos, biotita granitos, biotita granitos foliados, granitos porfiríticos, microgranitos porfiríticos cataclasados, granófiros, granodioritos, biotita-hornblenda granodioritos, metamicrogranitos, metamicrogranitos porfiríticos e milonites. IDADE Rb/Sr = 1.680 ±40Ma. <b>Grupo Amoguijá:</b> riolitos, riodacitos, riodacitos porfiríticos, riodacitos porfiríticos, tonalitos, metariclitos, metaridacitos porfiríticos, brechas vulcânicas, hornfels, metavulcânicas ácidas, metavulcânicas intermediárias e lapilli tuhos riodacíticos. IDADE Rb/Sr = 1.650±30Ma.	<b>PRECAMBRIA NO SUPERIOR</b> (1,0-1,8 Ga)
<b>Intrusivas e Extrusivas Ácidas:</b> granitos, microgranitos e quartzo pôrфиros. <b>Complexo Basal:</b> biotita gnaisses, muscovita-biotita gnaisses, leptinitos, hornblenda-biotita gnaisses e granitos.	<b>PRECAMBRIA NO INFERIOR A MÉDIO</b>	<b>Associação Metamórfica do Alto Tererê:</b> biotita gnaisses e hornblenda gnaisses, com muscovita gnaisses, migmatitos e anfibolitos subordinados. Muscovita quartzitos granatíferos e muscovita xistos granatíferos, além de gnaisses e anfibolitos. Muscovita xistos e/ou biotita xistos com gradações para anfibólito xistos e anfibolitos.	<b>PRECAMBRIA NO MÉDIO</b> (1,8-2,5 Ga)	<b>Complexo Rio Apa:</b> gnaisses, biotita-muscovita gnaisses, biotita-epidoto gnaisses, hornblenda-granada-muscovita-biotita gnaisses, epidoto-biotita-hornblenda gnaisses, gnaisses tonalíticos, granitos, biotita granitos, microclinio granitos, biotita gnaisses graníticos, granitos alaskíticos, granitos cataclásticos, migmatitos, metamicrogranitos, micromonzodioritos, augita-hornblenda-quartzo dioritos, metadioritos, monzonitos, anfibolitos, pegmatitos, leptinitos, quartzo-tremolita-actinolita xistos, muscovita-quartzo xistos, muscovita-granada-quartzo xistos, quartzitos, muscovita quartzitos, epidositos e cataclasitos. Intercalações de quartzitos, xistos e gnaisses. IDADE Rb/Sr = 1.680±30Ma.	<b>PRECAMBRIA NO INFERIOR A MÉDIO</b>
—	—	<b>Precambriano Indiferenciado:</b> biotita gnaisses com anfibolitos, granitos e quartzitos subordinados. <b>Rochas Intrusivas:</b> troctolito coronítico do Morro do Jaraguá, granitos, corpos e diques anfibolíticos.	<b>PRECAMBRIA NO INDIFERENCIADO</b>	—	—

unidade estratigráfica constituída essencialmente por granitos foliados e maciços, gnaisses, migmatitos, intercalações de quartzitos e anfibolitos, bem como xistos ricos em muscovita e sericita, que ocorrem na Folha SF-21 Rio Apa e se estendem para norte até a parte meridional da Folha SE-21 Corumbá. Segundo Araújo et al. (1982), trata-se de associações de rochas polimetamórficas, gnaisses diversos orto e paraderivados, de xistos metapelíticos, quartzitos e anfibolitos, entre outros, assim como de diques diversos de diabásios, gabros, traquitos e sienitos.

Araújo et al. (1982), salientam que as rochas polimetamórficas do Complexo Rio Apa sofreram fortes eventos metassomáticos, de retrometamorfismo e dinâmicos. Áreas localizadas do Complexo onde ocorrem uma dominância de xistos, quartzitos e gnaisses intercalados, foram interpretadas como "...restos de um cinturão metamórfico formado sobre a crosta siálica pré-existente." (Araújo et al., 1982, p. 31). Datações Rb/Sr resultaram em uma isócrona de referência de  $1.680 \pm 30$  Ma., com razão inicial de  $0,706 \pm 0,001$ . Esta idade foi interpretada como indicativa da época dos eventos metassomáticos que afetaram e/ou formaram a unidade. Representaria, ou uma idade mínima de rejuvenescimentos isotópicos sobre rochas do embasamento que teriam se formado em época anterior, possivelmente no Ciclo Transamazônico, ou então a própria idade de formação das rochas.

As rochas do Complexo Rio Apa já foram mapeadas por Corrêa et al. (1976; 1979), sendo entretanto, subdivididas, incluindo a parte Sul e Norte da região com predominância de gnaisses, no Complexo Basal, de posição estratigráfica e idade equivalente ao Complexo Rio Apa, e, a parte central com predominância de rochas parametamórficas, na denominada Associação Metamórfica do Alto Tererê.

Petrograficamente, o Complexo Basal apresenta-se com predomínio de biotita gnaisses; subordinadamente ocorrem gnaisses muscovíticos, nôrnbienda biotíticos e graníticos. Foram considerados metamórficos na facies anfibolito, sendo que muscovita gnaisses seriam produtos de retrometamorfismo a partir de biotita gnaisses e os gnaisses graníticos representariam estágios metamórficos mais elevados.

A Associação Metamórfica do Alto Tererê (Corrêa et al., 1976; 1979), de idade precambriana superior, foi subdividida em três conjuntos litológicos: um ( $p\in III_1$ ) com predominância de biotita-gnaisses finos de facies anfibolito e, os outros dois conjuntos, com predominância de metassedimentos de graus metamórficos distintos - ( $p\in II_3$ ): micaxistas e quartzitos comumente anfibolíticos e anfibolitos de facies xistos verdes e ( $p\in II_2$ ): micaxistas, quartzitos e gnaisses comumente granatíferos, transicional de facies xistos verdes a anfibolito (Tab. 4-1). A unidade basal  $p\in III_1$  ocorre sotoposta à unidade  $p\in II_3$  através de contato concordante gradativo e relaciona-se com a unidade  $p\in II_2$  através de falhas inversas.

Corrêa et al. (1976; 1979) sugerem como estrutura regional um amplo anticlinório reverso com eixo aproximadamente N-S e flancos voltados para leste. As relações de contato entre as rochas da Associação Metamórfica do Alto Tererê e do Complexo Basal são variáveis: na borda ocidental da sequência metamórfica estes conjuntos estão justapostos tectonicamente, enquanto na extremidade oriental a Associação Metamórfica do Alto Tererê encontra-se sobreposta discordantemente ao Complexo Basal. Em outras localidades como em porções meridonais e norte-ocidentais os contatos se dão por falhas inversas.

Nogueira et al. (1978), Olivatti & Correia Filho (1981) e Santos & Loguércio (1984), também reconheceram a existência da

Associação Metamórfica do Alto Tererê, admitindo entretanto idades e constituição diferentes para essa unidade.

Schobbenhaus & Soares (1979) mantiveram a subdivisão regional entre o Complexo Basal e a Associação Metamórfica do Alto Tererê de Corrêa et al. (1976; 1979), entretanto, incluíram o Complexo Basal no Precambriano Indiferenciado e a Associação Metamórfica do Alto Tererê no Precambriano Médio.

Na região paraguaia, Wiens (1986) descreveu como Complexo Basal Rio Apa, um conjunto de rochas constituído por gnaisses diversos, metassedimentos, granitóides e anfibolitos.

#### 4.1.2 GRUPO AMOGUIJÁ E SUITE INTRUSIVA ALUMIADOR (SYN: QUARTZO PÓRFIROS DO AMOGUIJÁ; INTRUSIVAS E EXTRUSIVAS ÁCIDAS; COMPLEXO DO AMOGUIJÁ)

O Grupo Amoguijá (Araújo et al., 1982) é composto principalmente por rochas metavulcânicas de baixo grau, ácidas a intermediárias, riolitos, riodacitos, dacitos e rochas metavulcano-clásticas afins (brechas vulcânicas e tufos). As idades radiométricas Rb/Sr, ainda segundo estes autores, seriam de  $1.650 \pm 63$  Ma. com razão inicial de  $0,702 \pm 0,004$  e foram interpretadas como evidência de derivação direta do manto. Os Quartzo Pórfiros do Amoguijá descritos por Almeida (1965) representam parte desse Grupo.

A Suite Intrusiva Alumiador (Araújo et al., 1982) é representada por corpos plutônicos e, mais raramente, subvulcânicos de granitos, granodioritos e granofiroso diversos, incluindo tipos microgranulares, porfiríticos, metamórficos e deformados (Fig. 4-1). As datações radiométricas dessas rochas indicaram idade Rb/Sr de  $1.600 \pm 40$  Ma. com razão inicial de  $0,707 \pm 0,004$ , interpretadas petrogeneticamente como indicativas de

magmas originados por refusão de rochas crustais, ou ainda, de magmas diferenciados do manto que sofreram contaminação crustal durante sua ascenção. A Suite Intrusiva Alumiador foi considerada representativa de associações litológicas co-magmáticas do Grupo Amoguijá.

Há muita controvérsia a respeito da subdivisão, correlação e idades das rochas ígneas e metaigneas ácidas do Grupo Amoguijá e da Suite Intrusiva Alumiador. Alguns autores, como Corrêa et al. (1979), agruparam as rochas graníticas e micrograníticas, intrusivas no Complexo Basal e as vulcânicas ácidas, num conjunto denominado de Intrusivas e Extrusivas Ácidas. Consideraram-nas do Precambriano Inferior a Médio, junto com o Complexo Basal. Nogueira et al. (1978) individualizaram três corpos graníticos ao longo da borda ocidental da serra da Bodoquena, denominando-os de Intrusivas Ácidas. Schobbenhaus & Soares (1979) dividiram o "Complexo do Amoguijá" em duas associações: uma superior, de rochas vulcânicas ácidas representadas por diversas variedades de quartzo pórfiros e produtos piroclásticos, e a outra, inferior compreendendo maciços intrusivos de granitos, granofiro, granitos gráficos, biotita microgranitos porfiríticos, aplitos e gnaisses graníticos representativos de facies foliadas das bordas dos maciços.

#### 4.1.3 FORMAÇÃO PANTANAL

A Formação Pantanal, quaternária, de acordo com a subdivisão proposta por Corrêa et al. (1976; 1979), compreende três unidades lito-faciais sem definições estratigráficas formais:

- Unidade Qp1: é constituída por depósitos colúvico-aluvionares grossos (arenitos conglomeráticos e/ou conglomerados polimíticos), resultados de processos de erosão remontante, que ocorre em áreas restritas às morrarias.
- Unidade Qp2: comprehende os depósitos aluvionares flúvio-lacustrinos siltico-argilosos de partes periodicamente inundadas da planicie pantaneira, sendo a unidade de maior distribuição areal.
- Unidade Qp3: é formada por depósitos aluvionares que ocorrem nas calhas dos principais rios da planicie do Pantanal.

Almeida (1965) estudou a Formação Pantanal e considerou que estaria em desenvolvimento desde pelo menos o Pleistoceno.

#### 4.2 GEOLOGIA LOCAL

Sobre a área desta pesquisa são escassas as referências na literatura. Apenas alguns trabalhos regionais e os mapeamentos citados no item anterior contém informações geológicas e petrográficas locais, além de interpretações fotogeológicas e produtos de sensores remotos.

Os trabalhos de Almeida (1965), Corrêa *et al.* (1979) e Araújo *et al.* (1982) mencionam perfis e afloramentos da bacia do rio Branco no limite S da área estudada.

Almeida (1965) descreveu muscovita xistos quartzosos e granatíferos, biotita xistos, quartzitos feldspáticos, além de rochas graníticas no vale do rio Branco; Corrêa *et al.* (1979) encontraram, a sul da fazenda Santa Otilia, mica xistos quartzo-feldspáticos que incluíram na Associação Metamórfica do Alto

Tererê (unidade p<sub>eIII</sub>). Araújo et al. (1982) observaram a ocorrência nas proximidades da cabeceira do rio Branco, de gnaisses, sericita-quartzo xistos, sericita quartzitos e epidoto-clorita-actinolita xistos, incluindo-os no Complexo Rio Apa. Estes últimos autores mencionaram ainda a ocorrência de anfibolitos também pertencentes a esta unidade e efetuaram uma datação radiométrica (K/Ar em anfibólio com idade de  $1267 \pm 25$  Ma) que, de acordo com a localização informada, também seria proveniente da área desta pesquisa. Esta idade foi interpretada como indicativa da época de resfriamento regional e, portanto, representando um tectonismo durante o Ciclo Uruaçuano.

## 5. RESULTADOS

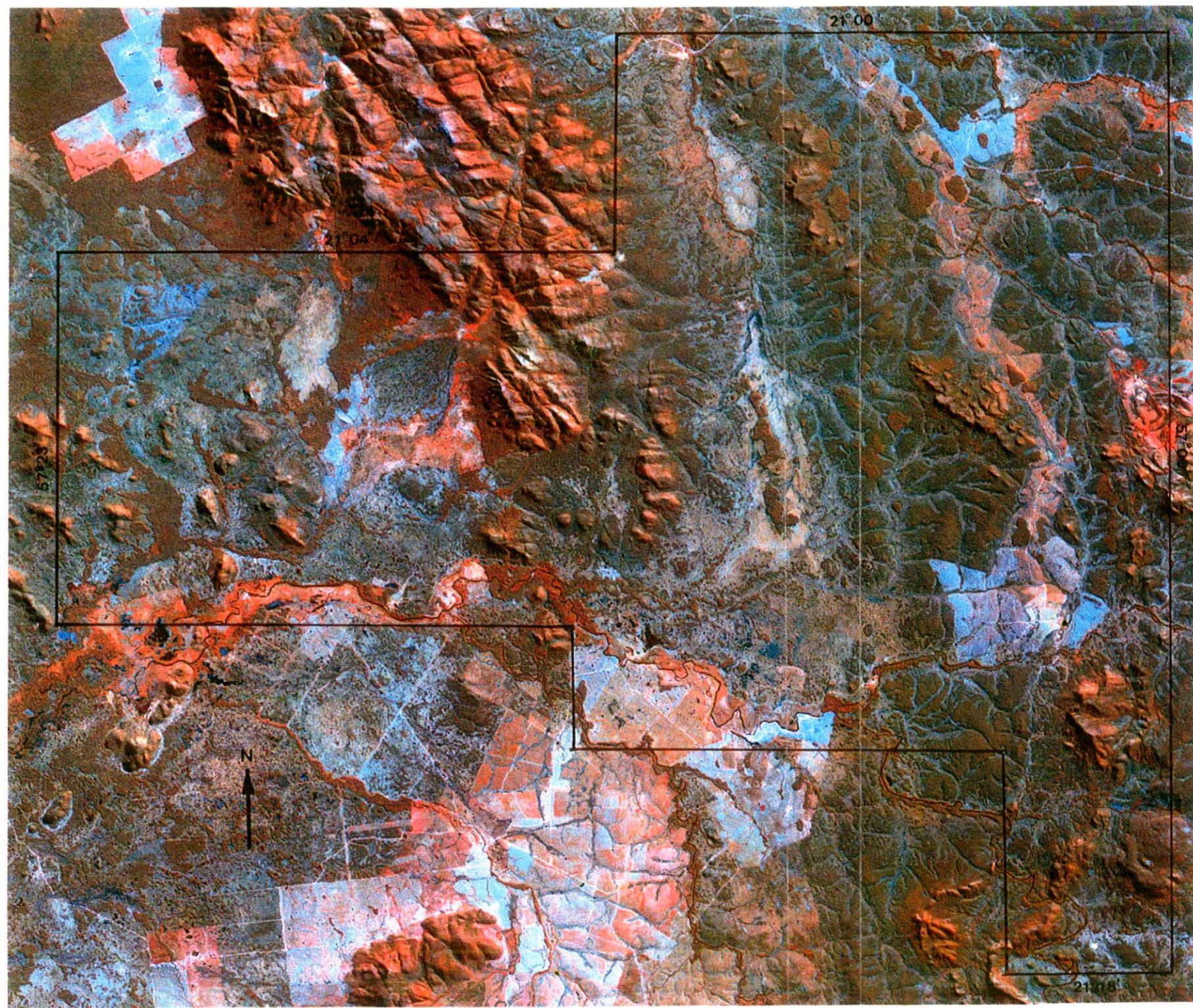
### 5.1 MAPA FOTOGEOOLÓGICO

Os levantamentos geológicos de campo juntamente com a interpretação da imagem TM-LANDSAT (triplete 4/5/7-RGB, Fig. 5-1) e de fotografias aéreas, permitiram integrar num mapa fotogeológico em escala 1:100.000 as seguintes unidades lito-estruturais principais (Anexo 3):

- 1) Gnaisses Polimetamórficos e Granitos;
- 2) Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos;
- 3) Gnaisses Polimetamórficos e Xistos;
- 4) Seqüência Metavulcano-sedimentar Básica;
- 5) Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica;
- 6) Grupo de Metavulcanitos a Subvulcanitos Ácidos;
- 7) Formações quaternárias.

A seguir essas serão descritas segundo suas características lito-estruturais, petrográficas e geoquímicas e discutidas suas

FIG. 5-1: Imagem TM-LANDSAT (passagem em 16.05.85), triplete 4, 5 e 7 (RGB) na escala 1:180.000, compreendendo a área estudada.



possíveis correlações com as unidades regionais descritas na literatura.

## 5.2 CARACTERÍSTICAS LITO-ESTRUTURAIS E ESTRATIGRÁFICAS

Os trabalhos de campo e de fotogeologia foram complementados com estudos petrográficos de todas as unidades lito-estruturais precambrianas individualizadas no mapa fotogeológico, bem como estudos geoquímicos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica, da Intrusão Diferenciada Gábro-Anortosito-Granofírica e do Grupo de Metavulcanitos a Subvulcanitos Ácidos, discutidos nos itens 5.3 e 5.5, respectivamente.

A seguir serão abordadas as características da área estudada, por setores oeste, central e leste, estabelecidos de acordo com os principais sub-domínios geomorfológicos e lito-estruturais regionais precambrianos, todos em si heterogêneos, entretanto, dominados respectivamente, por: Gnaisses Polimetamórficos e Granitos; Intrusão Diferenciada Gábro-Anortosito-Granofírica e Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica; Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos (Anexo 3).

### 5.2.1 SETOR OESTE

Esse setor é, em grande parte, encoberto por depósitos quaternários da Fm. Pantanal. As áreas de afloramentos de rochas precambrianas são restritas a morros isolados (*inselberge*) de pequena elevação (em torno de 200 a 300 m). A divisa E deste setor é dada pela borda W da Serra da Alegria e suas continuações para S nos terrenos rebaixados. As associações precambrianas incluem, na ordem decrescente de abundância (considerando a área de ocorrência):

- Gnaisses polimetamórficos e granitos;
- Metavulcanitos a subvulcanitos ácidos;
- Xistos quartzosos a metapelíticos;
- Metabasitos.

#### GNAISSES POLIMETAMÓRFICOS E GRANITOS

Gnaisses polimetamórficos e granitos predominam amplamente nesse setor. As ocorrências de gnaisses polimetamórficos concentram-se na porção N (Anexos 1 a 3). São rochas de cores claras esverdeadas, apresentando bandas milimétricas a centimétricas quartzo-feldspáticas de granulação média e outras mais ricas em micas, incluindo muscovita e biotita parcialmente cloritizada de granulação fina. No extremo noroeste o bandamento composicional gnáissico apresenta direção N75E subvertical. É evidente nestes gnaisses a ocorrência de um evento retrometamórfico pela presença de clorita e epidoto e, às vezes, de milonitização e cataclase.

Os granitos afloram principalmente na parte sul e leste do setor, às vezes com metavulcanitos ácidos associados (Anexos 1 a 3). São rochas de granulação fina a média, homogêneas, em geral maciças, de cores claras cinza-esverdeadas (por epidoto e clorita retrometamórficos). Eventualmente apresentam enclaves maficos centimétricos. Localmente ocorrem zonas de milonitização e, de forma generalizada, intenso fraturamento e venulitização de quartzo.

A associação de gnaisses polimetamórficos com granitos intrusivos, dominante neste setor W da área estudada, corresponde ao Complexo Basal, assim denominado por Corrêa et al. (1976; 1979) e foi incluída no Complexo Rio Apa por Araújo et al. (1982).

### XISTOS QUARTZOSOS A METAPELÍTICOS

Foram encontrados em afloramento *in situ* neste setor em apenas um pequeno morro testemunho com crista orientada na direção NW, além de blocos rolados que permitiram inferir uma extensão maior do corpo (Anexos 1-3). São xistos constituídos essencialmente de muscovita e quartzo (em proporções variáveis), sempre intensamente deformados e milonitizados, com forte remobilização de quartzo leitoso em veios milimétricos a decimétricos também dobrados, incluindo dobras "em bainha".

Os xistos quartzosos a metapelíticos, subordinados no setor W da área estudada, representam, mais provavelmente, continuações em intercalações tectônicas descontínuas das rochas similares do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos, que ocupa o setor E da área estudada em toda sua extensão.

### METAVULCANITOS A SUBVULCANITOS ÁCIDOS

Similarmente aos Gnaisses Polimetamórficos e Granitos, ocorrem em morros isolados que sobressaem da planície Pantaneira e atingem cotas altimétricas próximas de 300 m (Anexo 3).

São riolitos, riodacitos, dacitos e rochas piroclásticas afins de cores cinza-claras a escuras, que em geral preservam muito bem suas estruturas e texturas magmáticas primárias, principalmente microporfiríticas com matrizas muito finas a afaníticas. Apenas localmente observam-se fraturamentos maiores.

Estas rochas são correlacionáveis ao Grupo Amoguijá (Araújo et al., 1982; ver também Almeida, 1965). Diferentemente destes autores, Corrêa et al. (1976; 1979) incluíram todas as rochas graníticas e micrograníticas intrusivas (no Complexo Basal) e as

metavulcânicas ácidas aqui descritas, num conjunto denominado de Intrusivas e Extrusivas Ácidas.

#### METABASITOS

Estas rochas formam ocorrências localizadas no extremo noroeste da área. Foram estudadas apenas nos afloramentos RSJ-6 e RSJ-7 (Anexos 1 e 2), sendo metadiabásios de granulação fina, maciços de cor verde-escura, sem deformação. Não foram observadas as relações de contato com as rochas encaixantes, entretanto devem ser admitidos como intrusivos. Pela falta de deformação e o metamorfismo incipiente esses metabasitos são considerados os litotípos precambrianos mais jovens do setor, podendo ainda ser relacionados ao magmatismo básico de processos tipicamente cratônicos da Subprovíncia Madeira (cf. Amaral, 1984).

#### 5.2.2 SETOR CENTRAL

Este setor constitui-se na faixa central da área estudada, de direção geral NNW-SSE, compreendendo as elevações da parte meridional da Serra da Alegria e os terrenos rebaixados em sua continuação S; sendo balizada à E por importante zona de falha inversa limítrofe com o setor E do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos (Anexos 1, 3). No setor central ocorrem os seguintes conjuntos lito-estruturais:

- Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica;
- Gnaisses Polimetamórficos e Xistos;
- Sequência Metavulcano-Sedimentar Básica;
- Metavulcanitos a Subvulcanitos Ácidos.

### INTRUSÃO DIFERENCIADA GABRO-ANORTOSITO-GRANOFÍRICA

Esta intrusão (denominada também de Intrusão da Serra da Alegria) sustenta a porção sul da serra da Alegria, que é parte integrante do Planalto da Bodoquena (Alvarenga et al., 1982), constituindo-se na principal elevação geomorfológica da área (Anexo 3), com altitudes em torno de 600 m (Fig. 5-2).

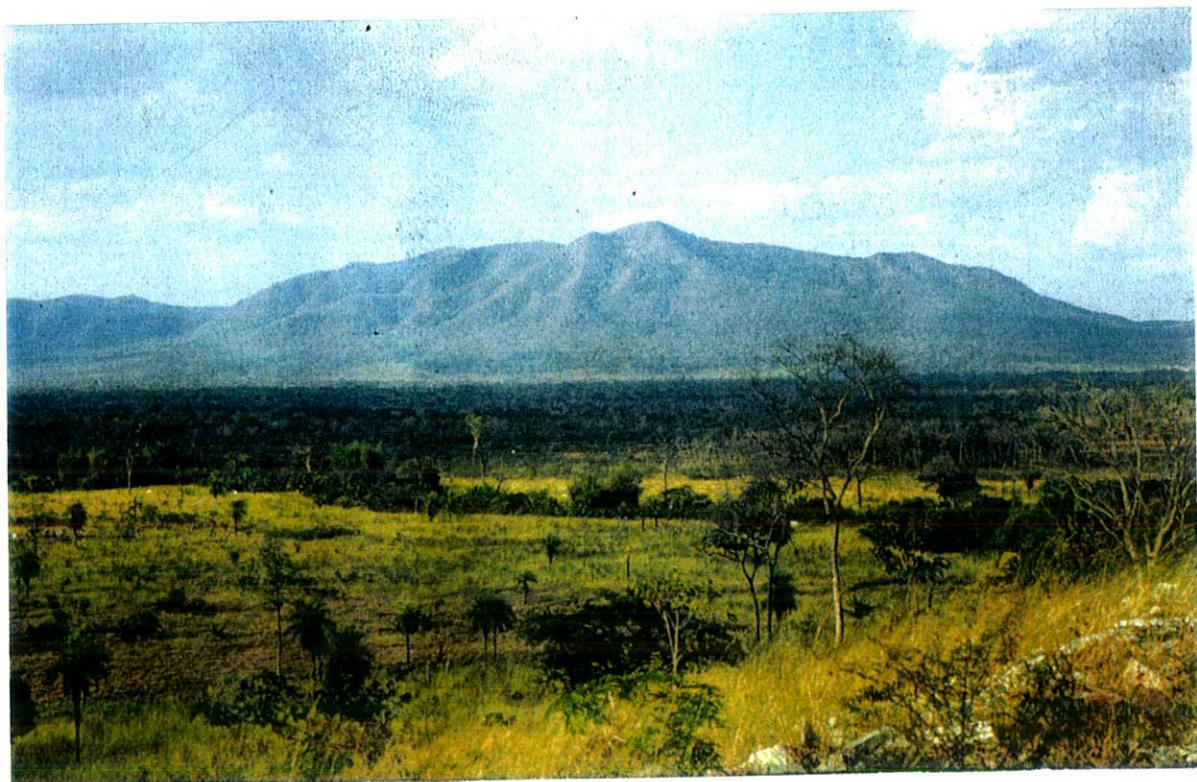


Fig. 5-2: Parte sudoeste da serra da Alegria, constituída e geomorficamente sustentada pela Intrusão Gabro-Anortosito-Granofírica.

Nas porções dos sopés da borda W, de escarpa íngreme, da serra ocorrem afloramentos extensos (de dezenas de metros) e, principalmente, matacões (de 2 a 5 m) residuais de intemperismo *in situ* de gabros e anortositos grossos, além de blocos rolados menores (submétricos) de rochas graníticas predominantemente microporfiríticas com matriz faneríticas finas ou mesmo afaníticas (Fig. 5-3).



**Fig. 5-3:** Matações de anortositos maciços, com formas tabulares e estruturas de estratificação magmática realçadas pelo intemperismo; sopé da parte W da serra da Alegria (afloramento RS-7, Anexo 1).

Entre as intrusivas básicas foram observados anortositos homogêneos maciços de granulação grossa, com grã média em torno de 1 cm, de cor escura a preta predominante. Estes apresentam comumente materiais finos de cores brancas; ora em concentrações intersticiais de formas e distribuição irregulares, milimétricas a centimétricas, entre os plagioclásios grossos escuros; ora em veios e fraturas de várias direções, com espessuras milimétricas (Fig. 5-4). Num nível acima dos anortositos, observam-se gabros com transições compostionais contínuas para leucogabros, incluindo porções pegmatíticas com plagioclásios de até 7 cm (Fig. 5-5). Estes gabros preservam ainda estruturas/texturas de acamamento/bandamento magmático e são freqüentemente cortados por veios e diques irregulares decimétricos, ácidos de granulação fina e/ou máficos de granulação fina a média, ricos em magnetita, causando estruturas de brechas (Fig. 5-6).

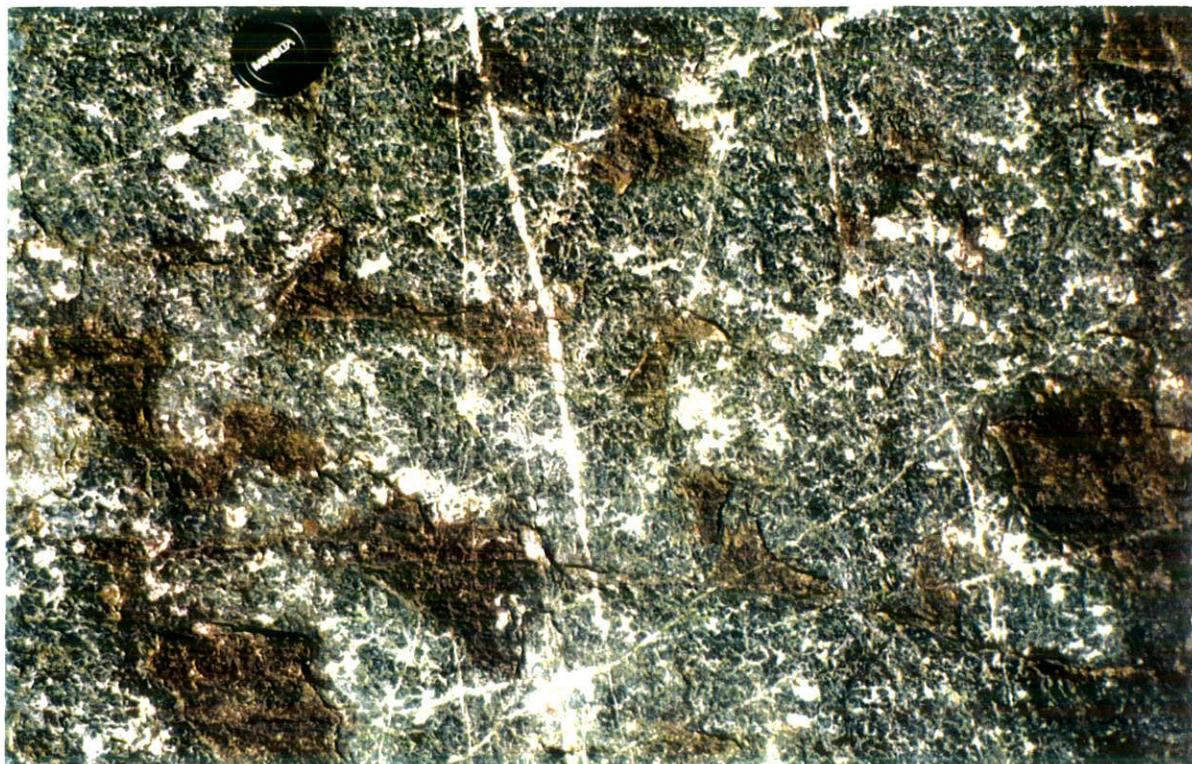


Fig. 5-4: Anortositos de granulação grossa com concentrações intersticiais aos plagioclásios (cinza-escuros) e em veios discordantes (várias gerações) de material félsico fino de cor branca (afloramento RS-7, Anexo 1).



Fig 5-5: Detalhe de leucogabro grosso pegmatítico com cristais de feldspatos (plagioclásio) de até 7 cm (afloramento RS-7, Anexo 1).



**Fig. 5-6:** Pequenos matacões de leucogabros com veios e diques de material máfico intrusivo formando brechas magmáticas (afloramento RS-7, Anexo 1, nível acima dos anortositos).

Nas porções superiores e da borda E da serra ocorrem rochas graníticas de texturas granofíricas incluindo tipos porfiríticos, expostas em pequenos matacões ( $\varnothing < 2$  m) e afloramentos extensos *in situ*. A distribuição litológica regional em perfis atravessando a serra de W para E, evidencia uma seqüência ígnea intrusiva contínua desde gабro e anortositos cumuláticos, estratiformes até diferenciados ácidos granito-granofíricos subvulcânicos.

Por todo o corpo de rochas intrusivas da serra da Alegria observam-se efeitos de fraturamentos tectônicos e cataclase (Anexo 3).

As rochas da serra da Alegria foram incluídas por Corrêa et al. (1976; 1979), junto com metavulcânicas ácidas e granitos intrusivos no Complexo Basal, no conjunto denominado de

Intrusivas e Extrusivas Ácidas. Já Araújo et al. (1982) individualizaram as rochas da serra que consideraram integralmente como graníticas, composta de granitos, granodioritos e granofiro diversos, compreendendo-as na Suite Intrusiva Alumiador. Neste trabalho adota-se a proposta de Araújo et al. (1982), incluindo, entretanto, na Suite Intrusiva Alumiador, todos os litotipos desde gabros e anortositos, atualmente desconhecidos na literatura geológica regional, até as rochas granito-granofíricas e outras que pertencem ao complexo intrusivo diferenciado da parte sul da serra da Alegria. Desta forma, amplia-se o conceito e significado geológico e metalogenético desta unidade, que se constitui numa série diferenciada bem mais ampla e contínua, compreendendo desde gabros, anortositos e, eventualmente, rochas ultrabásicas e/ou ultramáficas até granitos e granofiro.

#### GNAISSES POLIMETAMÓRFICOS E XISTOS

Observados em apenas 3 afloramentos (RA-1, RS-9 e RB-8, Anexos 1-3), trata-se, no primeiro, de biotita gnaisse cinza milonitizado, fino com foliação N50E/20SE, concordante com a estruturação regional e, nos outros dois, de blocos submétricos de quartzo muscovita xisto de granulação fina, de cor clara; subordinadamente ocorrem camadas decimétricas de quartzito puro de granulação fina e cor branca, intercaladas.

Estas associações litológicas amoldam-se como encaixantes à Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica em sua continuação S. Contatos diretos não foram observados, entretanto, admite-se que a Intrusão da Serra da Alegria ocorreu após uma deformação pretérita dos gnaisses e xistos e que esses sejam continuações lito-estruturais regionais, transicionais quanto ao estado de deformação e metamorfismo, entre os gnaisses polimetamórficos e granitos do setor W e as rochas análogas mais

fortemente deformadas e metamórficas do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos que ocupa o setor E.

#### SEQUÊNCIA METAVULCANO-SEDIMENTAR BÁSICA

Ocorre em exposições restritas numa faixa de cerca de 10 km de largura na direção E-W, cortada obliquamente pelo rio Branco, entre seus córregos afluentes Laudejá e Carne Pôdre e, ainda, na borda leste da serra da Alegria (Anexos 1 e 3). Abrange, respectivamente, áreas inundáveis da Planície Pantaneira e áreas mais elevadas da Depressão do rio Paraguai (Alvarenga et al., 1982).

Esta unidade é composta por rochas metavulcânicas maficas, anfibolitos e anfibólio xistos, foliadas passando a milonitizadas e metamorfizadas na facies dos xistos verdes. As rochas metavulcânicas maficas são principalmente anfibolitos homogêneos de textura fina a média, cor verde, contendo, às vezes, planos ricos em biotita. Possuem veios/remobilizados de quartzo leitoso, de espessuras milimétricas a centimétricas, concordantes/pseudoconcordantes à foliação. Este conjunto de rochas apresenta foliação principal (Sn) bem desenvolvida, variando nas direções NNE a NNW, com mergulhos suaves para leste. Entretanto, localmente preserva ainda estruturas magmáticas primárias de derrames maciços e de *pillow-lavas* (com  $\emptyset < 2$  m) às vezes vesiculares, com intercalações xistosas de metatufo e tufitos. Epidotização, carbonatação e exsudações de quartzo são comuns e representam, eventualmente, feições palimpsesticas de alteração hidrotermal de fundo oceânico (Fig. 5-7).

As rochas da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica, como também os gabros e anortositos da intrusão diferenciada da serra da Alegria, não foram descritas na região anteriormente. Para a



**Fig.5-7:** Seqüência de rochas metavulcânicas básicas compreendendo anfibolitos maciços com estruturas de *pillow-lavas*, anfibolitos foliados e anfibólito xistos de derrames finos com estrutura de fluxo e tufos maficos associados. Notam-se ainda exsudações de quartzo e/ou carbonato com ou sem epidotização preenchendo veios e fraturas irregulares restritas aos corpos das *pillow-lavas*, prováveis feições de alteração de fundo oceânico pré-metamórfica (afloramento RB-4, Anexo 1).

avaliação do posicionamento dessa seqüência supra-crustal, no contexto da evolução lito-estrutural e estratigráfica global da área estudada, é importante ressaltar que as rochas vulcano-sedimentares básicas não foram afetadas pelo metamorfismo de alto grau dos gnaisses polimetamórficos do setor W, apresentando características de campo estruturais e metamórficas similares aos gnaisses e xistos com os quais se relacionam mais proximamente. Portanto são mais jovens em relação aos primeiros e mais antigos em relação a intrusão diferenciada da serra da Alegria - da qual existem datações mesoproterozóicas (Araújo et al., 1982) - podendo representar, junto com os xistos e gnaisses

regionalmente associados, restos de uma associação de tipo granito-greenstone belt arqueana e/ou paleoproterozóica.

#### METAVULCANITOS A SUBVULCANITOS ÁCIDOS

Ocorrem em exposições restritas no rio Branco e suas imediações, intercalados com contatos encobertos por sedimentos quaternários e junto à Intrusão da Serra da Alegria (Anexo 3). Neste setor, excetuando-se ocorrência intrusiva na serra da Alegria, diferentemente das exposições no setor oeste, apresentam-se progressivamente deformados pela foliação regional principal, às vezes passando à milonítica. Nos afloramentos do rio Branco, esta foliação apresenta-se concordante à foliação principal da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica. Em decorrência da deformação os cristais porfiríticos de feldspato e quartzo milimétricos ( $\varnothing_{\text{médio}} = 5 \text{ mm}$ ) apresentam-se com formas lenticulares às vezes sigmoidais. Notam-se ainda veios quartzo-feldspáticos concordantes/pseudoconcordantes à foliação com espessuras centimétricas e coloração rosa, assim como planos de falhas inversas concordantes à foliação principal, com estrias oblíquas nas direções  $140/15^\circ$  e  $120/20^\circ$ , indicativas do transporte tectônico para NW dos blocos sobrepostos.

As cores de alteração das rochas metavulcânicas ácidas variam de rosas a esverdeadas.

As rochas metavulcânicas e subvulcânicas ácidas deste setor são equivalentes, com metamorfismo e deformação mais fortes, às rochas análogas do setor W e, consequentemente, correlacionáveis ao Grupo Amoguijá (Araújo et al., 1982; ver também Almeida, 1965).

### 5.2.3 SETOR LESTE

Abrange áreas rebaixadas correspondentes à unidade geomorfológica denominada por Alvarenga et al. (1982) de Depressão do rio Paraguai. Possui eventuais cristas e serrarias alinhadas em faixas, de orientação geral N-S na parte sul, sofrendo inflecção para NW na parte norte (Fig. 5-1). Estas cristas e serrarias apresentam perfil escarpado na borda oeste e cimento suave na borda leste (Fig. 5-8).



Fig. 5-8: Vista de sul para norte da porção centro-leste da área de ocorrência do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos no setor leste. Os morros apresentam cristas alinhadas na direção N-S, com cimentos suaves para E e bordas escarpadas à W.

Neste setor ocorrem apenas rochas cristalinas, que foram incluídas neste trabalho num conjunto lito-estrutural regional denominado de Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos. Este conjunto é estruturalmente bastante homogêneo com

características gerais tectónicas, porém litologicamente heterogêneo, composto por:

- Gnaisses Graníticos;
- Xistos Metapelíticos e Quartzosos;
- Anfisólitos.

#### GNAISSES GRANÍTICOS

Constituem-se num dos grupos litológicos maiores do setor e foram subdivididos macroscopicamente, segundo diferenças de cores, em dois subgrupos: gnaisses cinzas e róseos. Ambos apresentam características texturais similares, possuindo granulação fina a média, comumente com porfiroblastos centimétricos de K-feldspato e sem bandamento composicional proeminente. Os gnaisses cinzas são leucocráticos, entretanto, possuem quantidades expressivas de biotita, enquanto os gnaisses róseos variam de hololeucocráticos a leucocráticos, sendo ainda, com bastante freqüência, portadores de granada em pequenas quantidades. Nos gnaisses graníticos ocorrem veios/mobilizados quartzo-feldspáticos pseudoconcordantes, descontínuos, e discordantes de espessuras centimétricas. Grãos milimétricos de magnetita foram observados tanto nos gnaisses cinzas e róseos, como também nos veios/mobilizados quartzo-feldspáticos.

As relações de contato entre os gnaisses graníticos róseos e cinzas não foram observadas e, portanto, não puderam ser detalhadas em campo. Entretanto, as similaridades estruturais e texturais, assim como as alternâncias regionais, sugerem interdigitações estruturais entre áreas maiores de predominância de um e do outro tipo.

### XISTOS METAPELÍTICOS E QUARTZOSOS

Constituem-se no segundo grupo litológico de grande expressão no setor. Dentre os xistos notam-se tipos com predominância ora de muscovita, ora de biotita, assim como tipos mistos com as duas micas em proporções similares. Os mica xistos são freqüentemente granatíferos com destaque para pacotes de espessuras métricas de quartzo-muscovita xistos com granadas abundantes e grossas ( $\varnothing$  máx.  $\geq 1$  cm), de cor avermelhada característica da almandina. Os xistos metapelíticos transicionam de teores crescentes em quartzo para tipos quartzosos.

### ANFIBOLITOS

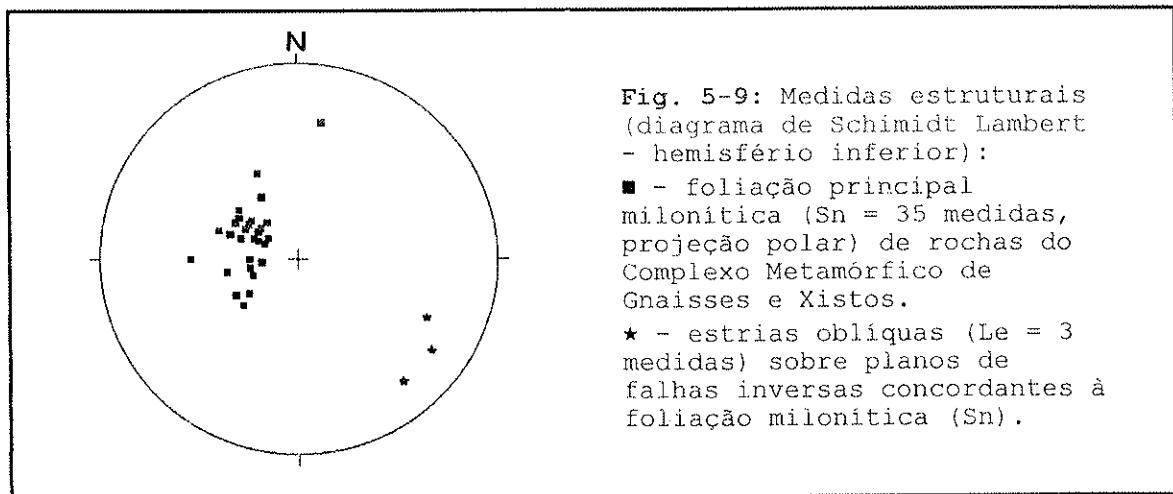
Estas rochas ocorrem como raras intercalações concordantes/pseudoconcordantes nos gnaisses graníticos e xistos, formando níveis e/ou corpos tabulares. Um corpo melhor preservado, encaixado em mica xistos quartzosos (Anexo 2; afloramento SF-7) apresenta espessura de cerca de 3 metros. A cor destas rochas é preta levemente esverdeada, a granulometria é média e a foliação principal concordante com as rochas encaixantes.

### CONSIDERAÇÕES GERAIS

Dentre os tipos litológicos principais - gnaisses graníticos e mica xistos - não foi possível estabelecer qual seria predominante, nem delinear ou mapear áreas preferenciais de ocorrência, à excessão, talvez, das serrarias alinhadas, que entretanto não foram detalhadas sob estes aspectos. As observações em afloramentos e perfis melhor preservados evidenciam repetidas intercalações de gnaisses e xistos em pacotes decimétricos a decamétricos, freqüentemente com características tectoníticas proeminentes. Por toda a extensão

da unidade, os solos são argilosos e quartzosos ricos em micas, incluindo muscovitas e biotitas alteradas, apresentando cores claras amareladas a avermelhadas.

Em escala mesoscópica (centimétrica) os gnaisses e xistos apresentam, com freqüência, foliação milonítica bem desenvolvida, dada por níveis milimétricos ricos em micas na forma de planos anastomosados, originando uma trama de lentes, faixas e sigmóides na rocha. As direções da foliação principal ( $S_n$ ) variam de NNE para NNW predominantemente com caiimentos baixos para leste (Fig. 5-9).



Em determinados afloramentos (Anexos 1 e 2; Afloramentos SO-12 e SO-14) verificaram-se planos de falhas inversas com estrias oblíquas na direção entre  $115/15^\circ$  e  $140/30^\circ$ , indicativas do transporte tectônico para NW dos blocos sobrepostos. Dobras em bainha ocorrem no afloramento RSJ-3, indicando a superposição de mais de um evento de dobramento isoclinal. No afloramento SO-14 ocorrem dobras intrafoliares apertadas de níveis quartzosos, com flancos rompidos (Fig. 5-10).



**Fig. 5-10:** Dobras intrafoliares isoclinais apertadas, com flancos rompidos e paralelos à foliação milonítica em gnaisse róseo do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos no setor E (afloramento SO-14, Anexos 1 e 2).

O Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos é correlacionável ao Complexo Rio Apa de Araújo *et al.* (1982) ou ainda a Associação Metamórfica do Alto Tererê (Corrêa *et al.*, 1976, 1979). As evidências de campo deste trabalho indicam tratar-se (na íntegra ou parcialmente) de continuação da associação de gnaisses e xistos do setor central, que no setor E sofreu retrabalhamento tectono-metamórfico mais intenso em processo posterior à intrusão diferenciada da serra da Alegria.

### 5.3 PETROGRAFIA

Nos estudos petrográficos mineralógico-texturais utilizaram-se os trabalhos de Willians *et al.* (1954), Turner &

Verhoogen (1960), Higgins (1971), Hyndman (1972), Spry (1974), Deer et al. (1977), Winkler (1977), Tröger (1979), Bard (1980), Mackenzie (1982), Yardley et al. (1992) e Passchier & Trouw (1996). Na classificação das rochas metaígneas procurou-se seguir as recomendações internacionais estabelecidas pela IUGS.

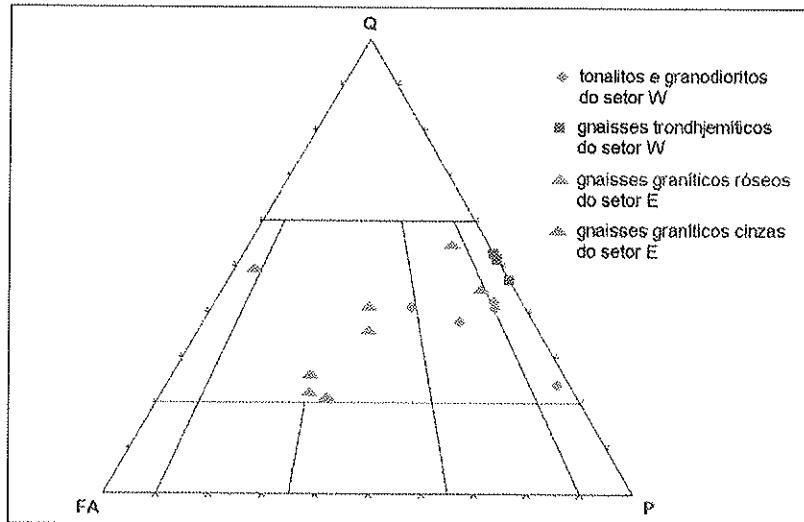
Estudos de minerais opacos por microscopia de minérios foram efetuados com base nas bibliografias fundamentais de Uytenbogaardt (1971) e Ramdohr (1969), nos grupos litológicos de maior interesse e potencial mineral: nos metabasitos/anfibolitos da seqüência metavulcano-sedimentar e metagabros da Intrusão da Serra da Alegria, que ocorrem no setor Central da área. Os resultados destes estudos encontram-se descritos em parágrafos próprios, nos finais das respectivas descrições petrográficas.

### 5.3.1 GNAISSES E GRANITOS

Serão apresentados a seguir os dados petrográficos dos gnaisses e granitos, separados por setores W e E. Num total de 16 seções delgadas foram identificados diversos tipos composticionais. Esses foram representados no diagrama de classificação de Streckeisen (Fig. 5-11). No final serão discutidos os resultados de forma comparativa e integrada, em relação ao contexto geológico evolutivo da área estudada.

#### SETOR W: GNAISSES POLIMETAMÓRFICOS E GRANITOS

Foram encontrados e descritos um total de 7 afloramentos que permitiram amostragens para estudos laboratoriais microscópicos petrográficos, efetuados em 8 seções delgadas. Na Tabela 5-1 são apresentados os dados petrográficos fundamentais de 2 afloramentos de gnaisses e 5 de granitos (as composições modais baseiam-se em estimativas visuais). Na tabela foi feita a



**Fig. 5-11:** Representação dos granitos e gnaisses dos setores W e E no diagrama de classificação de Streckeisen (1976).

distinção entre duas gerações de titanita, uma de origem “primária” metamórfica de grau médio-alto ou magmática acessória (designada Titanita) e outra “secundária” de retrometamorfismo que ocorre em agregados de leucoxênio (designada Leucoxênio/Titanita).

**TABELA 5-1:** Mineralogia fundamental de Gnaisses Polimetamórficos e Granitos do Setor Oeste (composição modal por estimativa visual; tr: mineral traço <1%-vol.; - não observado).

LITO TIPOS	GNAISSES			GRANITOS				
	Nº SEÇÃO	RSJ-11A	RSJ-11B	RSJ-5A	RQC-2	RQC-3	RQC-4	RSJ-12A
QUARTZO	45	48	40	35	38	35	20	40
PLAGIOCLÁSIO	40	45	45	45	35	46	62	50
K-FELDSPATO	-	-	-	13	20	5	2	5
BIOTITA	tr	tr	tr	2	3	10	10	2
EPIDOTO/CLINOZOISITA	tr	tr	tr	2	3	3	4	2
CLORITA	5	2	5	2	-	-	1	tr
MUSCOVITA	5	1	5	-	-	tr	-	-
OPACOS	3	2	3	tr	tr	tr	tr	tr
LEUCOXÊNIO/TITANITA	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
CARBONATO	-	-	-	-	-	-	-	tr
TITANITA	tr	tr	-	tr	tr	tr	-	tr
APATITA	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
ZIRCÃO	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
GRANADA	-	-	-	tr	tr	-	-	-

## GNAISSES POLIMETAMÓRFICOS

Apresentam características mineralógicas e texturais principais de gnaisses leucotionalíticos/trondhjemíticos ( $M \leq 15$ , ausência de feldspato alcalino, Tab. 5-1; Fig. 5-11) polimetamórficos, originados por metamorfismo regional de grau médio a alto com anatexia incipiente, retrometamórficos na facies dos xistos verdes. A estrutura é gnáissica, dada por alternâncias de bandas centimétricas a milimétricas ora mais ricas em quartzo, ora em plagioclásio com clorita subordinada. A textura de granulação predominante fina a média é sustentada por plagioclásios xenomórficos-lobados orientados no bandamento e quartzo que se apresenta estirado, com extinção ondulante e contatos serrilhados. Entre os constituintes menores e traços ainda considerados da associação original (do metamorfismo de grau médio-alto) constam opacos idiomórficos octaédricos (magnetitas) e eventualmente xenomórficos (ilmenitas?), apatita e titanita (idiomórfica a subidiomórfica) em grãos finos.

O retrometamorfismo é caracterizado pela saussuritização avançada a total dos plagioclásios (mascarando inclusive a geminação polissintética original); pela substituição de biotitas por clorita (de pleocroísmo anômalo, provavelmente da série peninita-clinocloro), muscovita e opacos secundários de granulação muito fina (hematita?); por clorita e muscovita de uma segunda geração textural bem formadas e independentes de biotitas alteradas; por leucoxênio/titanita formada a custos de opacos titaníferos anteriores e pela formação de epidoto-clinozoisita em grãos finos bem formados intergranulares (independente da saussuritização dos plagioclásios) - Fig. 5-12:A,B.

## GRANITOS

Em termos mineralógicos variam de trondjemitos, tonalitos a granodioritos (Fig. 5-11), todos leucocráticos ( $M \leq 10$ ), sendo os principais minerais ígneos quartzo, feldspatos, biotita e acessórios e clorita, muscovita, epidoto/clinzoisita, leucoxênio/titanita e granada, esta última apenas nos metagranodioritos, os principais constituintes metamórficos de grau baixo (Tab. 5-1).

Apresentam texturas variáveis de microporfíritica a equigranular/subequigranular (Fig. 5-12:C). Os tipos porfiríticos contém fenocristais de plagioclásios subidiomórficos de até 5 mm em matriz fina quartzo-feldspática. Por vezes observam-se pequenos enclaves de composição também granítica, porém de granulação fina e algo mais maficos (com maiores quantidades de biotita e epidoto). Os plagioclásios são subidiomórficos a xenomórficos, parcial ou totalmente saussuritzados, preservando ainda geminação polissintética. Os feldspatos alcalinos (K-feldspatos) são xenomórficos e ricos em finas inclusões, gerando aspecto sujo; o aparecimento de domínios com geminação "em grade" incipiente, indica tratar-se de paramorfose de ortoclásio para microclínio. Observa-se também o crescimento de feldspatos alcalinos substituindo plagioclásios, nesses casos como produtos de processos metassomáticos/autometassomáticos potássicos (Fig. 5-12:D).

Os grãos de quartzo, freqüentemente apresentam extinção ondulante, formando às vezes intercrescimentos granofíricos com K-feldspatos. Geralmente, as biotitas possuem pleocroismo verde acastanhado e ocorrem em finos agregados juntamente com epidoto/clinzoisita granular sendo em geral incipientemente cloritizadas. As evidências de metamorfismo de baixo grau presentes em todas as rochas estudadas restringem-se a pequenos

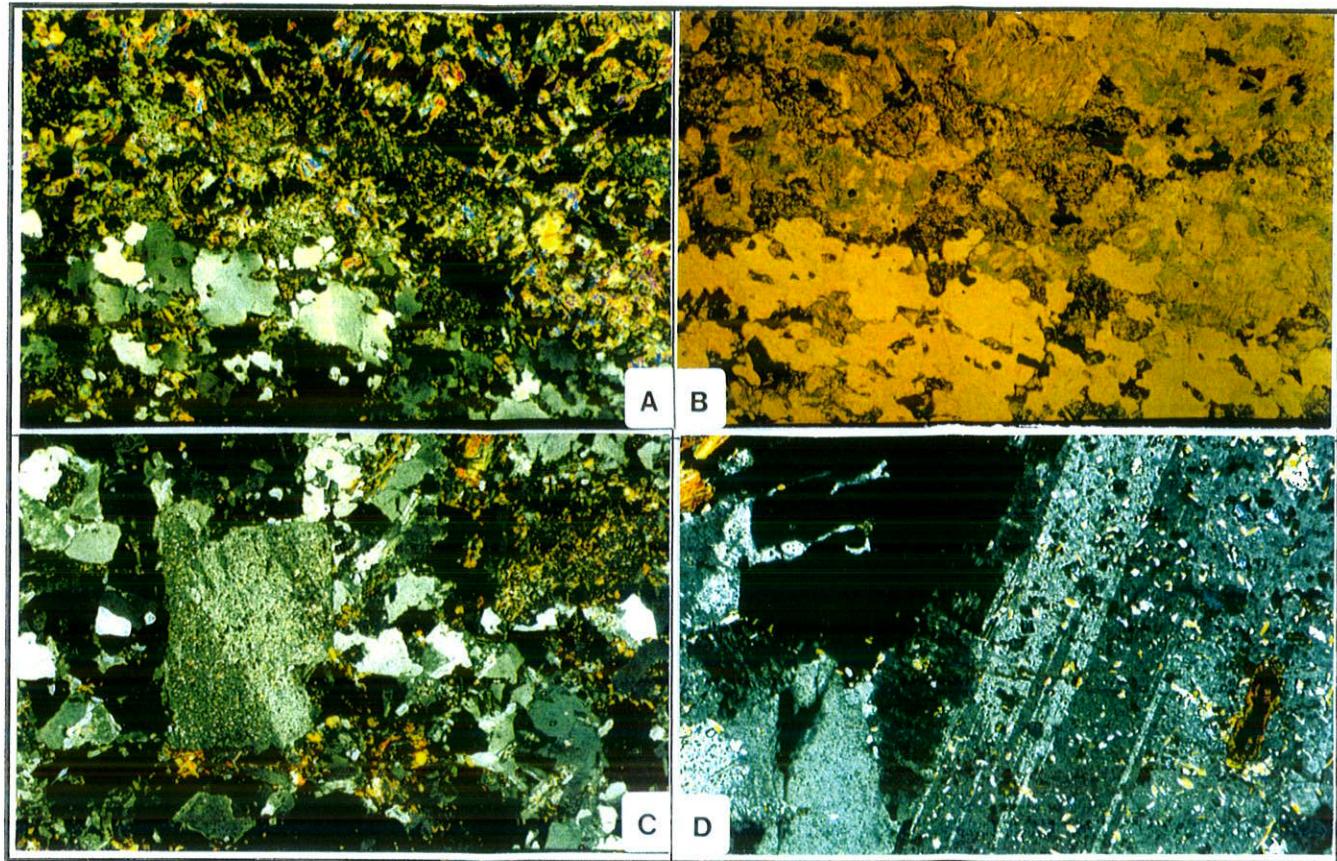


Fig. 5-12: Fotomicrografias de gnaisses polimetamórficos e metagranitóides do setor W.

A: Gnaisse polimetamórfico do setor W, com bandas ora ricas em quartzo, ora em plagioclásios intensamente saussuritizados com clorita associada; amostra RSJ-11B (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

B: Cena anterior com pol. //. Destaca-se a clorita (esverdeada) na banda superior rica em plagioclásio saussuritizado.

C: Metatonalito microporfirítico com fenocristal milimétrico de plagioclásio saussuritizado em matriz fina quartzo-feldspática incluindo alguma biotita retrometamórfica e epidoto granular. Amostra RCQ-2 (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

D: Metatonalito da foto C: plagioclásio saussuritizado com bordas substituídas por feldspato alcalino/microclínio (no centro da foto). Amostra RCQ-2 (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. +).

tecres de clorita, muscovita, leucoxênio/titanita, a saussuritização dos plagioclásios e nos granodioritos as granadas finas e praticamente incolores, indicando composição grossularítica. Os granitos não evidenciam a foliação dúctil de médio-alto grau metamórfico mostrada pelos gnaisses polimetamórficos, entretanto foram afetados por deformação cataclástica que causou zonas de cisalhamento e fraturas.

Em relação à formação dos gnaisses polimetamórficos num evento metamórfico regional de grau médio a alto, os granitos são considerados como intrusões tardias a pós-tectônicas; gnaisses e granitos, entretanto, sofreram conjuntamente todos os efeitos posteriores de metamorfismo retrometamorfismo.

#### SETOR E: GNAISSES GRANÍTICOS

Nesse setor foram encontrados um total de 6 afloramentos maiores (Anexos 1 e 2), em boas condições para estudos petrográficos de campo e laboratoriais dos gnaisses graníticos do complexo metamórfico de gnaisses e xistos. Todos estes afloramentos foram amostrados e estudados ao microscópio num total de 8 seções delgadas. As composições mineralógicas dos gnaisses graníticos cinzas e róseos são apresentadas na Tabela 5-2 e na Figura 5-11.

#### GNAISSES CINZAS

Os gnaisses cinzas estudados nos afloramentos SF-5 e SO-15 (Anexos 1 e 2) apresentam composição de granodioritos a granitos 3b (Fig. 5-11). Sua mineralogia global é dada na Tabela 5-2. São rochas inequigranulares finas a médias que apresentam forte orientação dos minerais micáceos e estiramento de quartzo e feldspatos (intercrescidos com contatos interlobados),

**TABELA 5-2:** Mineralogia fundamental de gnaisses graníticos do Setor Leste (composição modal por estimativa visual; tr: mineral traço < 1% vol.; - não observado).

LITOTIPOS Nº SEÇÃO	GNAISSES CINZAS			GNAISSES RÓSEOS				
	SF-5	SO-15	SO-15B	SF-6	SF-7E	SO-14B	SO-14D	RL-5
QUARTZO	35	40	28	35	20	20	25	40
K-FELDSPATO	5	5	25	25	45	45	46	38
PLAGIOCLÁSIO	38	28	25	25	25	30	25	3
BIOTITA	15	10	15	15	10	3	2	8
MUSCOVITA	4	15	5	-	-	2	2	8
EPIDOTO/CLINOZOISITA	3	2	2	tr	tr	-	-	1
GRANADA	-	-	-	-	-	tr	tr	tr
HORNBLENDÁ	-	-	-	-	tr	-	-	-
ALANITA	tr	tr	-	tr	tr	tr	-	tr
ZIRCÃO	tr	-	tr	tr	tr	-	-	tr
APATITA	tr	tr	tr	-	tr	-	-	-
TITANITA <sup>1)</sup>	-	-	-	-	-	tr	tr	-
LEUCOXÊNIO <sup>2)</sup>	-	-	tr	-	-	-	-	tr
OPACOS	tr	tr	tr	-	-	tr	tr	1

<sup>1)</sup> Titanita acessória

<sup>2)</sup> Leucoxênio retrometamórfico

resultando no desenvolvimento de foliação nitida com bandas de cisalhamento submilimétricas.

As micas formam níveis descontínuos, ondulados, sigmoidais, às vezes com micas pisciformes (*mica fish*) e apresentando *kinks* (Fig. 5-13:A). O quartzo com extinção ondulante freqüentemente apresenta divisão em subgrãos alongados. Os contatos entre grãos de quartzo deformados são serrilhados, localmente ocorre, ainda, recristalização poligonal. Os plagioclásios são, em geral, xenomórficos a subidiomórficos e deformados, como evidenciado por lamelas de geminação polissintéticas onduladas (Fig. 5-13:B). Apresentam saussuritização heteroegênea, ora mais intensa nas bordas, ora nos centros dos grãos e as vezes muito fraca ou ausente. Os plagioclásios menos saussuritzados variam na faixa composicional da albita-oligoclásio, apresentando zoneamento inverso metamórfico e extinção concêntrica. O feldspato alcalino microclínio normalmente apresenta geminação em grade bem

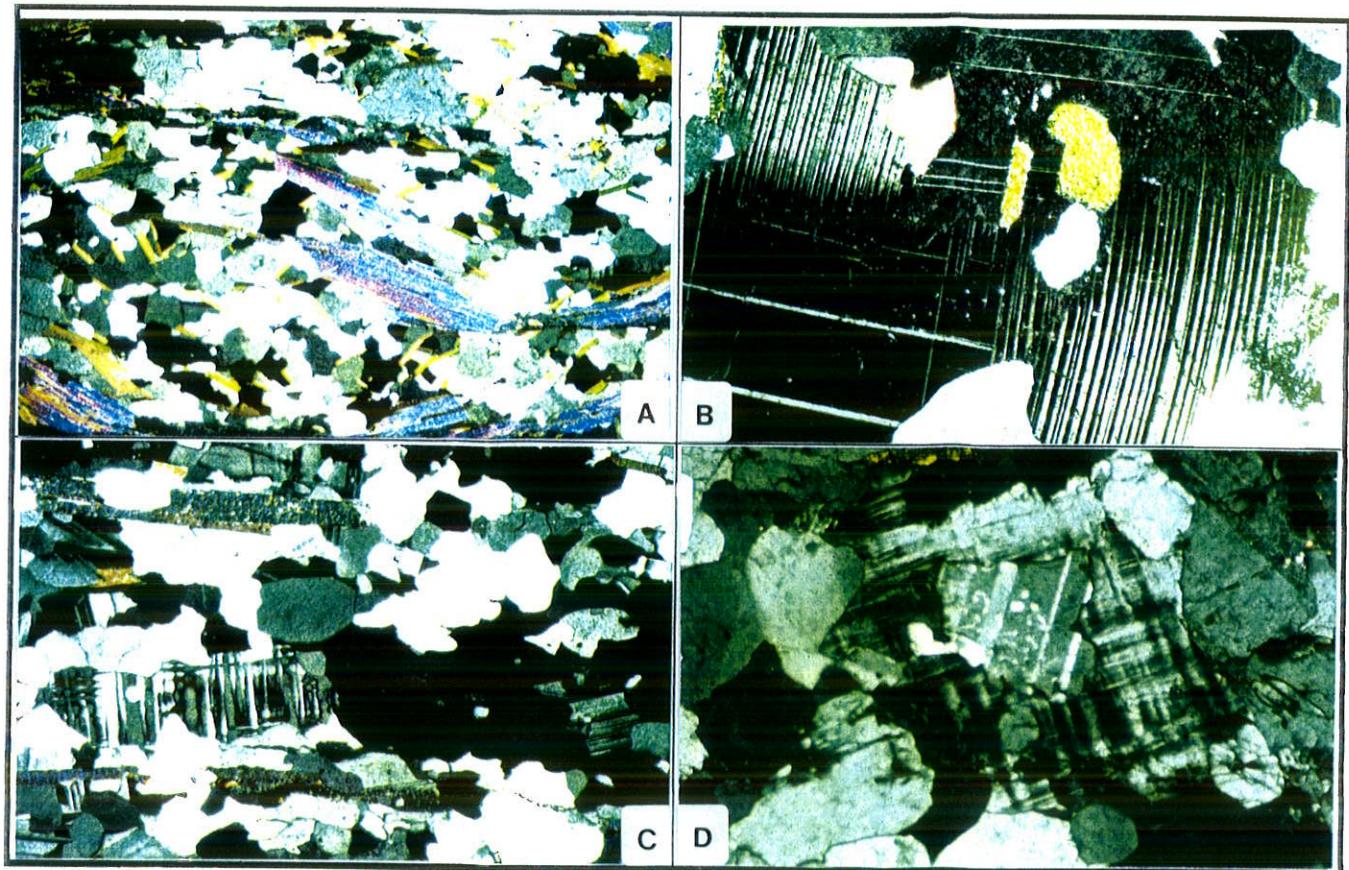


Fig. 5-13: Fotomicrografias de gnaisses graníticos do setor E.

A: Biotita gneisse cinza milonítico com bandas de cisalhamento micáceas anastomosadas apresentando muscovitas com textura *mica fish*. Amostra SO-15 (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

B: Biotita gneisse cinza milonítico: detalhe de plagioclásio geminado deformado. Amostra SF-05 (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. +).

C: Gnaisse róseo milonítico foliado: porção subequigranular com contatos interlobados de quartzo e feldspatos. Amostra SO-14B (comprimento da foto = 2,8 mm; pol. +).

D: Gnaisse róseo milonítico mostrando textura de substituição de plagioclásio por microclínio (no centro da foto) e a formação de mirmecita. Amostra SF-7E (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. +).

desenvolvida. Ocorrem com freqüência reações de substituição entre os feldspatos com a formação de mirmequita. A biotita apresenta predominantemente pleocroísmo com tons de verde escuro, indicando uma composição rica em ferro, ocorrendo ainda biotita castanha. Os cristais de epidoto/clinozoisita são granulares bem desenvolvidos ( $\varnothing_{\text{médio}} = 1 \text{ mm}$ ) e freqüentemente geminados.

### GNAISSES RÓSEOS

Os gnaisses róseos foram estudados nos afloramentos SF-6, SF-7, SO-14 e RL-5 (Anexos 1 e 2). Apresentam composições de granitos 3b a alcali feldspato granitos (Fig. 5-11), e mineralogia global qualitativa similar aos gnaisses cinzas (Tab. 5-2). Estruturalmente e texturalmente são muito similares aos gnaisses cinzas, reportando-se portanto às descrições anteriores (Fig. 5-13:C,D). As principais diferenças mineralógicas em comparação aos gnaisses cinzas dizem respeito ao predomínio do feldspato alcalino (com teores em torno de 40% modais), aos teores menores e eventualmente muito baixos de plagioclásio, aos teores menores de clinozoisita/epidoto e a eventual ocorrência de granada em pequenas quantidades (Tab. 5-2).

#### 5.3.2 XISTOS METAPELÍTICOS E QUARTZOSOS

Rochas deste grupo ocorrem nos três setores, entretanto predominam amplamente no setor E. Amostras dos afloramentos RSJ-3 (setor W), RA-6 (setor central) e SF-7, SO-12, RL-4 (setor E) (Anexos 1, 2) foram estudadas petrograficamente num total de 7 seções delgadas.

Esses xistos são constituídos por teores variáveis de quartzo e muscovita como minerais principais, podendo, às vezes, conter como constituintes petrogenéticos importantes granada e epidoto/clinozoisita e, em apenas num caso, granada, sillimanita, cianita e estaurolita, entre outros (amostra SO-12, Tab. 5-3). Os minerais menores e traços mais comuns são opacos, xenomórficos a subidiomórficos e zircão normalmente com bordas corroídas. A amostra SO-12 destaca-se por apresentar ainda biotita, turmalina, rutilo e clorita, esta última de retrometamorfismo (Tab. 5-3).

**TABELA 5-3:** Mineralogia fundamental de xistos metapelíticos e quartzosos dos Setores W, Central e E (S-W, S-C e S-E) (composição modal por estimativa visual; tr: < 1% vol.; - não observado).

LITOTIPOS	XISTOS						
	S-W	S-C	S-E				
Nº SEÇÃO	RSJ-3	RA-6	SF-7B	SF-7C	SF-7D	SO-12	RL-4B
QUARTZO	50	55	70	60	80	45	70
PLAGIOCLÁSIO	-	tr	-	-	-	-	-
BIOTITA	-	-	-	-	-	tr	-
MUSCOVITA	50	40	30	35	20	50	30
EPIDOTO	-	-	-	-	tr	-	-
GRANADA	-	5	-	5	-	5	-
RUTILO	-	-	-	tr	-	-	-
ALANITA	-	-	-	-	tr	tr	-
ZIRCÃO	tr	-	-	-	tr	tr	tr
SILIMANITA	-	-	-	-	-	tr	-
CIANITA	-	-	-	-	-	tr	-
TURMALINA	-	-	-	-	-	tr	-
ESTAUROLITA	-	-	-	-	-	tr	-
CLORITA	-	-	-	-	-	tr	-
OPACOS	tr	-	tr	tr	tr	tr	tr

As assembléias minerais e características texturais são indicativas das condições metamórficas e da história evolutiva da área. Os quartzo-muscovita xistos apresentam variações granulométricas regulares e sistemáticas, passando gradualmente de valores médios em torno 0,2 mm no setor W (p.ex.: afloramento RSJ-3, Anexos 1, 2) para valores da ordem 0,5 mm na região

limítrofe dos setores Central e E (p.ex.: afloramento RL-4, Anexos 1, 2), até valores de 1 a 2 mm na parte leste do setor E (p.ex.: afloramentos JO-12 e SF-7, Anexos 1, 2), devido ao crescimento metamórfico progressivo dos dois minerais (Fig. 5-14:A,B,C). A granulometria anormalmente fina nesse contexto da amostra RA-6 (Anexos 1, 2) deve-se a processos locais de milonitização.

Os xistos apresentam comumente uma foliação principal milonítica anastomosada dada por bandas e níveis submilimétricos descontínuos de micas, às vezes pisciformes (*mica fish*) e com *kinks* (Fig. 5-14:D). Estas bandas contornam lentes quartzosas. Os grãos de quartzo em geral estão deformados com extinção ondulante, apresentando zonas de subgrãos e as vezes deformação lamelar. As bordas dos grãos são predominantemente serrilhadas e, subordinadamente, ocorre recristalização poligonal orientada/deformada.

Os grãos de granada são comumente idioblásticos a subidioblásticos e de tamanho médio; nas partes internas são poiquiloblásticos ricos em inclusões de opacos, quartzo, muscovita e rutilo, paralelas à foliação principal. As granadas formaram-se tardí a pós-tectónicas em relação à foliação principal e sofreram ainda processos tardios de fraturamentos/cisalhamentos (Fig. 5-14:E,F).

Com relação aos aspectos da evolução metamórfica regional ressalta-se que o principal evento teve natureza dinamotermal e características progressivas no sentido direcional geral de W para E, passando de condições da facies dos xistos verdes até condições da facies anfibolito médio, com ápice termal tardí a pós-tectônico. Embora as paragêneses quartzo-muscovíticas não sejam muito favoráveis, as observações texturais (variação granulométrica), assim como de rochas associadas (gnaisses

**Fig. 5-14: Fotomicrografias de xistos metapelíticos e quartzosos do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos e correlatos.**

**A:** Muscovita-quartzo xisto milonítico com textura granoblástica fina ( $\varnothing \geq 0,2$  mm) homogênea do setor W. Comparar granulometria com as fotos B e C. Amostra RSJ-3 (comprimento da foto = 2,8 mm; pol. +).

**B:** Mucovita-quartzo xisto milonítico com textura granoblástica fina ( $\varnothing \geq 0,5$  mm) do setor Central. Ocorrem microbandas de cisalhamento sigmoidais de muscovita contornando lentes de quartzo. Comparar granulometria com as fotos A e C. Amostra RL-4B (comprimento da foto = 2,8 mm; pol. +).

**C:** Mucovita-quartzo xisto milonítico de granulação média ( $\varnothing \geq 1$  mm) do setor E. Comparar granulometria com as fotos A e B. Amostra SF-7B (comprimento da foto = 2,8 mm; pol. +).

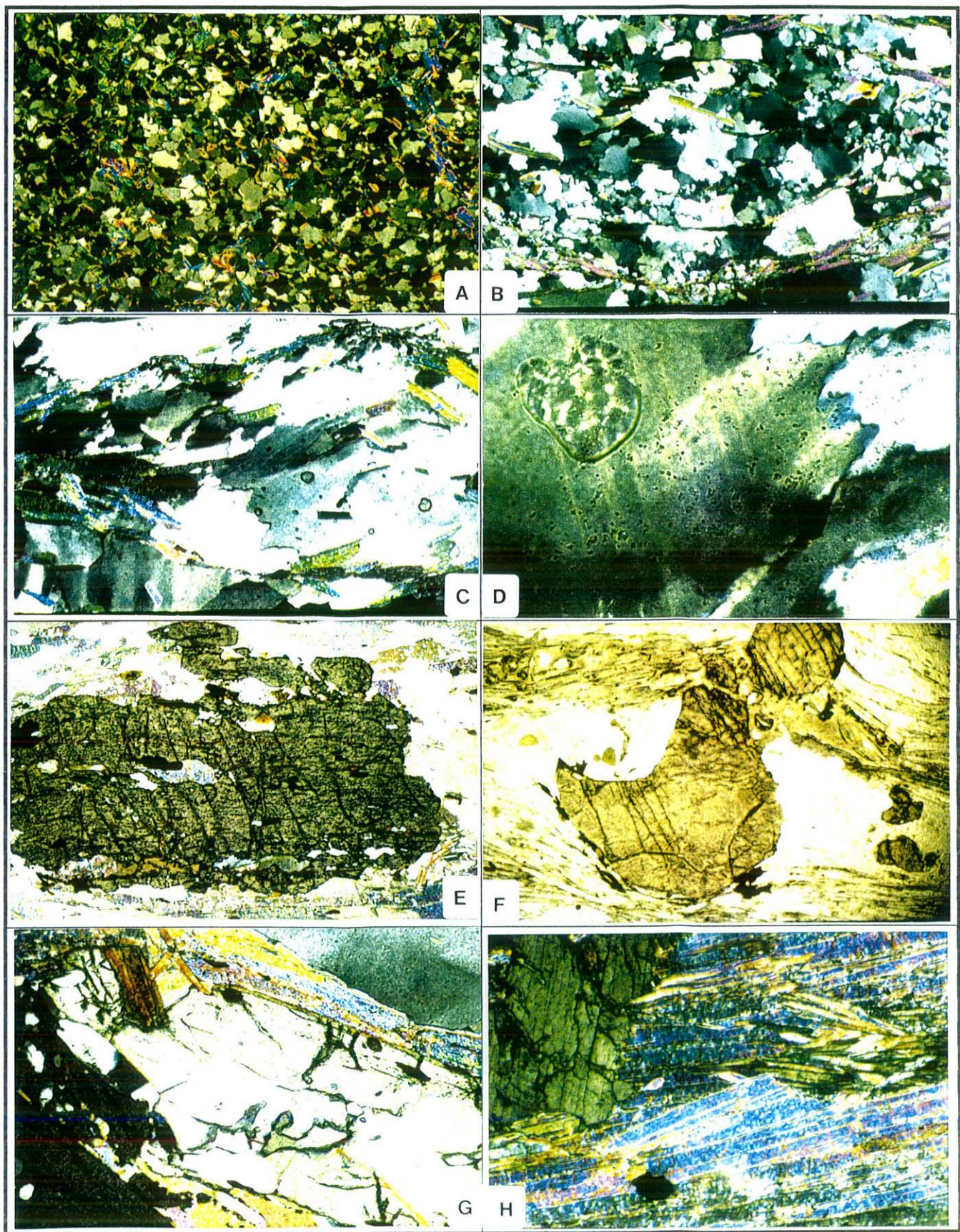
**D:** Mucovita-quartzo xisto milonítico da foto C: detalhe do contato serrilhado e deformação lamelar dos grãos de quartzo. Setor E; amostra SF-7B (comprimento da foto = 0,34 mm; pol. +). Obs: desconsiderar defeito da lâmina na parte superior esquerda.

**E:** Granada-muscovita-quartzo xisto milonítico do setor E mostrando granada orientada (controle composicional de crescimento) rica em inclusões de rutilo paralelas à foliação principal com fraturamentos posteriores. Amostra SO-12 (comprimento da foto = 2,80 mm; pol. x).

**F:** Granada-muscovita-quartzo xisto milonítico do setor E: cisalhamento posterior ao crescimento gerou sombras de presão de quartzo (claro) associadas as granadas. Amostra SO-12 (comprimento da foto = 5,50 mm; pol. //).

**G:** Granada-muscovita-quartzo xisto milonítico do setor E com estaurolita subidioblástica poiquilítica contendo inclusões de rutilo nas bordas e quartzo no centro. Está em contato do lado esquerdo com granada (quase extinta) e silimanita prismática (no canto superior). Amostra SO-12 (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. x).

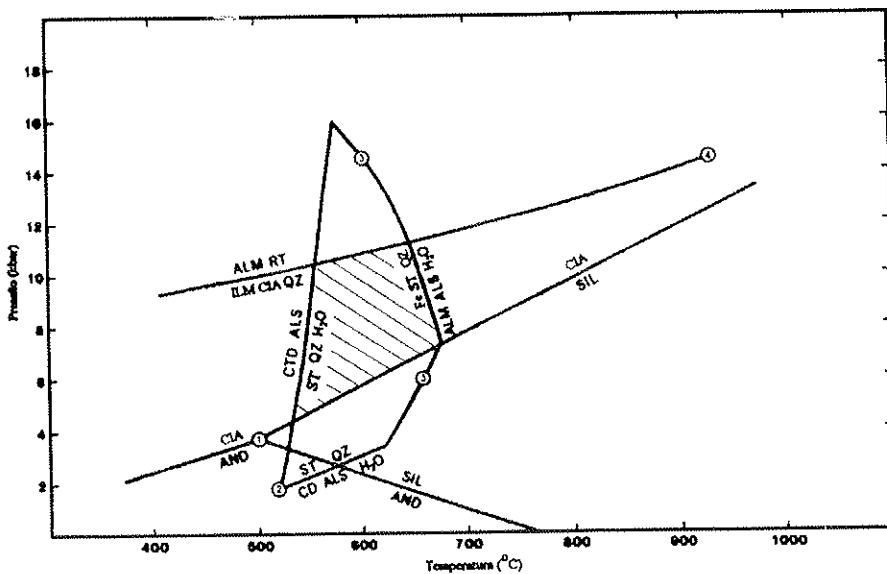
**H:** Granada-muscovita-quartzo xisto milonítico do setor E: detalhe de muscovita em intercrescimento pré a sin-tectônico com silimanita fibrolítica orientada na foliação (na parte central direita) e cianita pós-tectônica (na parte esquerda superior da foto). Amostra SO-12 (comprimento da foto = 0,70 mm; pol. +).



graníticos e metabasitos) permitiram estabelecer regionalmente, metamorfismo de grau baixo nos setores W e Central, a transição do grau baixo para médio e a progressão no grau médio, no setor E. A melhor indicação da região de mais alto metamorfismo, na parte E do setor E, é fornecida pelos xistos metapelíticos do afloramento SO-12 (Fig. 5-14:G,H; Tabela 5-3; Anexos 1 e 2). Sua assembléia com quartzo, muscovita, rutilo com bordas de ilmenita, cianita, sillimanita fibrolítica estaurolita e granada almandina, embora não tenha sido possível observar as reações individuais específicas, é adequadamente descrita pela grade petrogenética da Figura 5-15 simplificada de Yardley et al. (1992). Depreendem-se da análise petrográfica e do diagrama condições algo variáveis entre as fases pré, sin e pós-tectônicas do metamorfismo, no espaço P-T definido pela estabilidade da estaurolita entre condições P-T mínimas dadas pela reação sillimanita  $\Leftrightarrow$  cianita e máximas da reação almandina + rutilo  $\Leftrightarrow$  ilmenita + cianita + quartzo, situadas aproximadamente entre 520 a 650°C e 5 a 10kb (Fig. 5-15, área hachurada). O pico metamórfico foi seguido de reajustes retrógrados eventuais com o desenvolvimento local e subordinado de cloritas.

### 5.3.3 METABASITOS

Nesse conjunto inclui-se a ocorrência de diabásio do afloramento RSJ-6 do setor W e rochas da Sequência Metavulcano-Sedimentar do setor central, todas metamorfizadas na facies dos xistos verdes, além do anfibolito que ocorre no afloramento SF-7 do setor E, no Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos de facies anfibolito. Ainda que se trate de rochas de idades e situações geológicas distintas, a discussão petrográfica conjunta permite comparações metamórficas principalmente no que diz respeito ao último e principal evento regional progressivo. As composições mineralógicas qualitativas e semiquantitativas de



**Fig 5-15:** Grade petrogenética simplificada de Yardley et al. (1992), para metassedimentos pelíticos com  $P = P_{H_2O}$ . As abreviações usadas são: ALM = almandina; ALS = aluminossilicato; AND = andalusita; CD = cordierita; CIA = cianita; CTD = cloritóide; ST = estaurolita; ILM = ilmenita; RT = rutilo e SIL = silimanita.

todos os litotipos estudados, com exceção aos metatufos, os quais não permitiram estimativas semi-quantitativas devido sua grande variação textural, estão apresentadas na Tabela 5-4.

Os metabasitos em geral apresentam-se intensamente transformados pelos eventos metamórficos que atuaram na área, modificando parcial a totalmente sua mineralogia e textura original. Como evidência destacam-se teores freqüentemente elevados de quartzo, clorita e epidoto/clinozoisita. A classificação petrográfica precisa dos protólitos ígneos dessas rochas através da sua mineralogia metamórfica não foi possível. Entretanto, no caso dos metabasitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar, dos quais dispõe-se de dados químicos, essa classificação será tentada a partir das análises normativas (item 5.4).

**TABELA 5-4:** Mineralogia fundamental dos Metabasitos estudados. MD-metadiabásio do Setor W (S.W); metabasitos/anfibolitos e epidositos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do Setor Central e A-anfibolito foliado do Setor E (S.E) (composição modal por estimativa visual; tr: mineral traço < 1% vol.; - não observado).

LITOTIPOS	S.W	SETOR CENTRAL												S.E
		MD	METABASITOS/ANFIBOLITOS (+/-) MILONÍTICOS									EPIDOSITOS		
Nº SEÇÃO	RSJ-6	RB-1B	RB-4B	RB-4D	RB-4E	RB-4F	RB-7B	RB-7D	RL-4A	RSC-9	RST-5	RB-4C	RB-4G	SF-7A
ACTINOLITA	-	42	43	40	40	40	50	50	80	20	60	10	20	-
HORNBLÉNDA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	-	-	60
PLAGIOCLÁSIO	38	15	20	20	30	15	25	20	-	20	20	-	-	25
EPIDOTO/CLI-NOZOISITA	10	20	20	20	15	15	15	10	13	20	7	80	70	15
CLORITA	35	15	10	12	8	15	-	12	2	35	7	-	-	tr
QUARTZO	5	5	5	5	5	10	5	5	-	3	3	3	8	tr
TITANITA LEU-COXÊNIO	10	3	tr	tr	tr	1	tr	tr	5	2	3	7	2	tr
BIOTÍTA	tr	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr
CARBONATO	1	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
OPACOS	1	-	2	3	2	4	-	3	-	-	-	-	-	-
APATITA	tr													tr
RUTILO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr
TITANITA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	tr	tr

#### SETOR W

Os metadiabásios desse setor (Anexos 1 e 2, afloramentos RSJ-6 e 7) são considerados as rochas precambrianas mais jovens da região (item 5.2.1). Sua mineralogia principal é formada por plagioclásios intensamente alterados, clorita, leucoxênio/titanita, epidoto/clinozoisita, quartzo, carbonato e opacos (Tab. 5-4); as estimativas semi-quantitativas neste caso são especialmente precárias devido a granulometria muito fina (dominadamente no limite inferior ou mesmo abaixo da resolução microscópica) dos minerais secundários/metamórficos (Fig. 5-16:A).

O plagioclásio preserva apenas a forma ripiforme sendo fortemente saussuritizado com matriz de albíta. Clorita junto com leucoxênio/titanita, epidoto/clinozoisita e quartzo pseudomorfizaram os clinopiroxênios magmáticos (dominadamente

augitas). Agregados densos prismáticos a lamelares de leucoxênio/titanita substituíram mais provavelmente ilmenitas. Entre os minerais opacos ocorrem ainda sulfetos subidiomórficos (com seções cúbicas e octaédricas) e pigmentos de minerais opacos secundários. A textura palimpsestica ígnea desses metadiabásios é subofítica fina de rochas intrusivas subvulcânicas rasas (Fig. 5-16:A). De um modo geral os metadiabásios estudados apresentam metamorfismo incipiente a fraco sem evidências de deformação (foliação/xistosidade); os minerais metamórficos identificados, pouco específicos, são estáveis praticamente por toda a facies dos xistos verdes.

#### SETOR CENTRAL

Neste setor foram descritos um total de 6 afloramentos de rochas metavulcânicas básicas (Anexos 1 e 2) com estudo petrográfico de 14 seções delgadas (Tab. 5-4).

As rochas estudadas fazem parte do conjunto litológico da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica, sendo identificados, principalmente, metabasitos com estruturas magmáticas palimpsesticas, anfibolitos foliados a miloníticos assim como, subordinadamente, epidotos e metatufores básicos e carbonatados.

#### METABASITOS/ANFIBOLITOS

Essas rochas sempre foliadas e freqüentemente miloníticas são constituídas, em geral, por actinolita, plagioclásio albítico, quartzo, epidoto/clinozoisita, clorita, titanita/leucoxênio e opacos em proporções variáveis (Tab. 5-4).

Predominam texturas de granulação fina foliadas a miloníticas, com bandas de cisalhamento anastomosadas, de

clorita actinolita, as vezes com actinolitas pisciformes, contornando lentes de albita, epidoto/clinozoisita e quartzo, de granulação fina (Fig. 5-16:B,C,D). Ocorrem ainda agregados facoidais de até 5 mm, de actinolitas finas decussadas, prováveis pseudomorfos de piroxênios magmáticos em rochas de textura originalmente mais grossa (Fig. 5-16:E), que evoluem com a progressão metamórfica regional para microporfiroblastos de actinolita com bordas de hornblenda tschermaquítica (Fig. 5-16:F,G).

É comum ainda a presença de finos veios de quartzo tardios, rompendo a foliação milonítica principal, sendo deformados, boudinados e/ou rompidos durante a progressão milonítica (Fig. 5-16:C).

Nos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica foram ainda efetuados estudos exploratórios de microscopia de minérios, face a importância que esses ambientes podem ter para a ocorrência de mineralizações sulfetadas de ouro e de sulfetos maciços, vulvano-exalativas e magmáticas, e considerando a sensibilidade dos minerais opacos como traçadores/indicadores de tais mineralizações. No caso dos metabasitos/anfibolitos estudados, que apresentaram-se no campo com estruturas box-work como possíveis indícios de sulfetos e petrograficamente mais ricos em minerais opacos, verificou-se apenas a presença de ilmenitas lamelares a granulares finas com ou sem alterações marginais para leucoxênio/titanita, sem evidências de sulfetos sugerindo atividade de enxofre nos processos magmáticos, pós-magmáticos hidrotermais e/ou metamórficos envolvidos em sua petrogênese.

## EPIDOSITOS

Apresentam formas irregulares e ocorrem nas partes externas das estruturas de *pillow-lavas*. São constituídos, essencialmente, por epidoto/clinzoisita, actinolita, quartzo, titanita e titanita-leucoxênio (Tabela 5-4).

A matriz é constituida por uma massa homogênea de cristais xenomorfos de epidoto/clinzoisita e, subordinadamente, actinolita subidiomórfica. Preservam-se amígdalas subarredondadas milimétricas de até 5 mm, de quartzo poligonal com extinção ondulante, sendo subordinados, epidoto e/ou actinolita subidiomórficos (Fig. 5-16:H). Eventualmente ocorrem amígdalas de quartzo com feldspato saussuritizado e zeólitas, assim como microveios de quartzo e zeólitas. Uma segunda geração composicional de amígdalas apresenta epidoto e actinolita predominantes e quartzo subordinado, sendo de dimensões menores, com diâmetro em geral  $\leq$  2 mm (Fig. 5-16:I). As estruturas amigdaloidais das *pillow-lavas* indicam profundidades por volta de 150-400 m para o vulcanismo subaquático dessas rochas da seqüência metavulcano-sedimentar (Moore, 1965; Jones, 1969).

## METATUFOS

Metatufo ocorrem como intercalações xistosas associados aos metabasitos/anfibolitos da seqüência metavulcano-sedimentar. Entretanto são raramente preservados para estudos petrográficos.

Um exemplo do afloramento RB-7 (amostra RB-7A) apresenta estrutura de microbrecha, sugerindo origem de *lapilli-tufo*; sendo os fragmentos representados por porções predominantemente quartzo-feldspáticas de granulação ora fina, ora média, "cimentadas" por porções ricas em actinolita de granulação fina (Fig. 5-16:J). A composição mineralógica dessa rocha é de

Fig. 5-16: Fotomicrografias de metabasitos do setor W, da Seqüência Metavulcano-Sedimentar no setor central e do setor E.

A: Metadiabásio do setor W com textura subofítica palimpsestica fina, intensamente transformado. Reconhecem-se cristais ripiformes idiomórficos saussuritzados de plagioclásio (escuros, no canto superior esquerdo) e leucoxênio/titanita pseudomorfizando opacos (escuros menores, subidiomórficos octaedricos) em matriz cloritizada (verde) e epidotizada (amarelo). Amostra RSJ-6 (comprimento da foto = 5,5 mm).

B: Anfibolito milonítico do setor Central com níveis ricos em actinolita anastomosados contornando lentes de quartzo e epidoto. Amostra RB-4D em seção paralela ao estiramento mineral (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. //).

C: Anfibolito milonítico do setor Central com veio de quartzo tardí a pós-tectônico, fracamente deformado. Amostra RB-4D (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

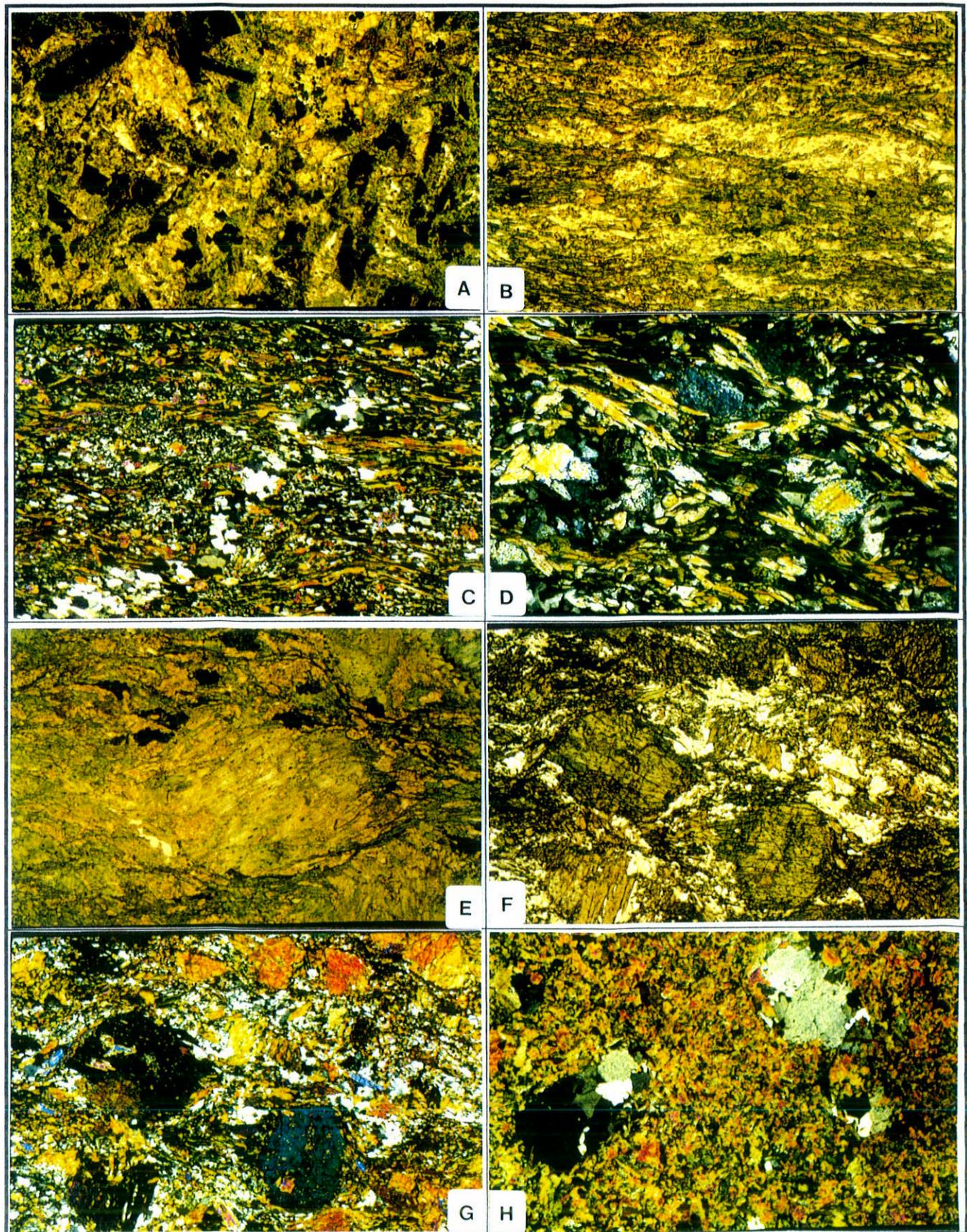
D: Anfibolito milonítico do setor Central mostrando detalhe de bandas ricas em clorita + actinolita contornado, as vezes com agregados pisciformes de actinolita, lentes de epidoto/clinzoisita (cores anômalas) + albite. Amostra RB-1B (comprimento da foto = 0,70 mm; pol. +).

E: Anfibolito milonítico (setor Central) com agregado porfiroblástico de actinolita (centro) contornado por anfibolito finamente foliado, anastomosado com concentrações de titanita/leucoxênio nas bandas de cisalhamento. Amostra RL-4A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. //).

F: Porfiroblastos cisalhados sigmoidais de actinolita com bordas de hornblenda tschermaquítica de pleocroismo mais intenso. Anfibolito porfiroblástico milonítico (setor Central). Amostra RST-5 em seção normal a foliação milonítica. (comprimento da foto = 5,5 mm; pol //).

G: Cena anterior com pol. +.

H: Episodio de metabasito amigdaloidal do setor Central com amigdalas subarredondadas preenchidas por quartzo, epidoto, actinolita e, eventualmente, zeólitas. Amostra RB-4D (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).



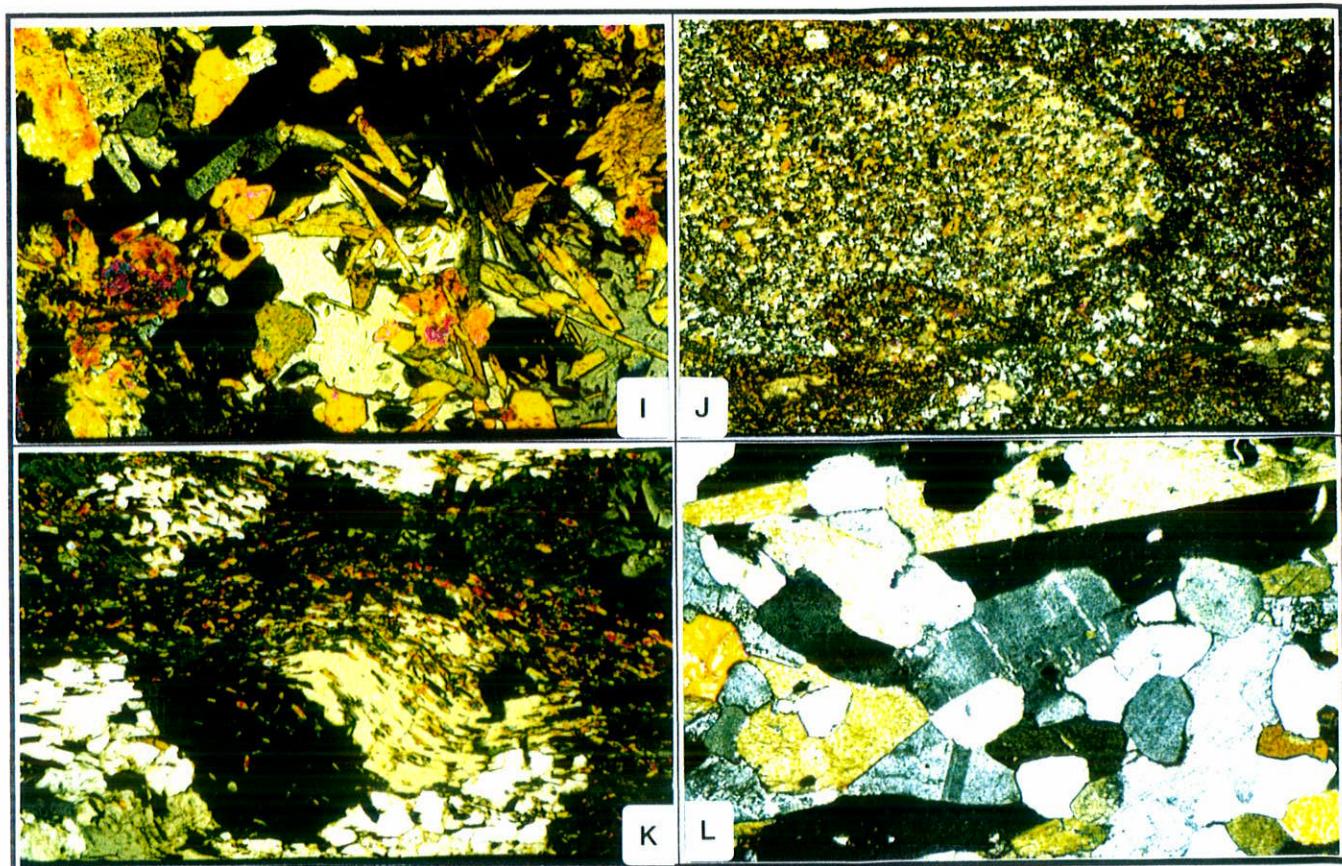


Fig. 5-16 (continuação): Fotomicrografias de metabasitos do setor W, da Seqüência Metavulcano-Sedimentar no setor central e do setor E.

I: Detalhe de uma amigdala em metabasito epidotizado do setor Central com actinolita acicular, epidoto (cores anômalas) e quartzo. Amostra RB-4C (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. +).

J: Metatufo básico do setor Central com fragmentos piroclásticos mais félscico e rico em carbonato (na parte central e esquerda) e máficos (escuros) ricos em actinolita (nas partes inferior e direita da foto). Amostra RB-7A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

K: Metatufo básico foliado do setor Central com porfiroblastos sigmoidais de plagioclásio e epidoto prismático fino (cores amarelas e vermelhas) orientado na foliação. Amostra RB-7C (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

L: Anfibolito foliado (nematooblástico) do setor E de facies anfibolito constituído de hornblenda, eventualmente com geminação simples (parte superior), plagioclásio metamórfico (andesina) e quartzo. Amostra SF-7A (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. +).

carbonato, actinolita, epidoto, quartzo, albita, biotita e opacos (listados na ordem estimada de abundância decrescente).

Um outro metatufo básico do mesmo afloramento (amostra RB-7C) apresenta como minerais principais plagioclásio, clorita, epidoto/clinozoisita, muscovita e opacos, contendo ainda biotita e leucoxênio como constituintes traços. Neste metatufo, os plagioclásios são xenoblásticos e poiquiloblásticos de granulação média (2,5 mm em média), comumente sigmoidais, apresentam extinção complexa, concêntrica e ondulante, respectivamente, do zoneamento metamórfico e da deformação, assim como, às vezes, geminação polissintética. As inclusões poiquiliticas de epidoto/clinozoisita, opacos, clorita e biotita são abundantes. As porções xistosas são constituídas por cloritas médias, subidiomórficas com birrefringência anômala e muscovita, formando bandas que contornam os cristais de plagioclásio. O epidoto/clinozoisita é geralmente idiomórfico e se distribui por toda a rocha. Grãos de epidoto com núcleos de alanita são comuns. Os opacos são lamelares e juntamente com epidoto/clinozoisita, mais abundantes nas porções xistosas (Fig. 5-16:K).

#### SETOR E

Foi encontrada uma ocorrência de anfibolitos fortemente foliados no Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos com preservação adequada para estudos petrográficos. A estrutura desses anfibolitos é caracterizada por uma foliação principal com ondulação sobreposta. A textura é inequigranular média com contatos interlobados dos grãos, dada pelos minerais principais anfibólio e plagioclásio. São anfibolitos típicos da facies anfibolito (Tab. 5-4) com hornblenda tschermaquítica (com  $2V_x$  variável de médio a alto  $> 50^\circ$ , ângulo de extinção  $Z \wedge C$  entre  $\sim 15$  e  $\sim 25^\circ$  e forte pleocroísmo, que segue a fórmula  $y > z > x$ :  $x =$

amarelo claro, y = verde escuro e z = verde) e plagioclásio xenomórfico com zoneamento metamórfico inverso, variando de oligoclásio a andesina (com geminação polissintética ou simples), como constituintes principais. O plagioclásio apresenta ainda fraca saussuritização tardia. Os fracos efeitos de retrometamorfismo são indicados ainda pelos teores em traços de clozita.

#### 5.3.4 METAGABROS/ANORTOSITOS/GRANOFIROS

Este conjunto de rochas pertence à Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica que ocorre como conjunto litoestrutural principal no setor central, sustentando o corpo da serra da Alegria em sua porção S (Anexo 3). Suas características mineralógicas e petrográficas principais serão abordadas com base no estudo de 50 seções delgadas de amostras dos afloramentos SA-3, SA-4, RS-3, RS-4, RS-7, RS-11, RS-12, RST-1 e RST-3 (Anexos 1 e 2). Obtiveram-se assim, essencialmente resultados qualitativos mineralógicos e texturais, além de classificações em grupos litológicos maiores. Tanto a granulometria grossa como, principalmente, o estado de transformação avançado a total dos minerais ferro-magnesianos, impediram a classificação mais precisa dos gabros e anortositos nos diagramas específicos. Como no caso dos metabasitos da Seqüência Vulcano-Sedimentar, a classificação mineralógica preliminar será completada, no caso das rochas analisadas, com métodos normativos (ver item 5.4).

#### METAGABROS

Os metagabros foram estudados apenas nos afloramentos RS-4, 7 e 12, nas porções W e nas cotas altimétricas mais baixas da serra (Anexos 1 e 2). São constituídos por teores variáveis de plagioclásio, actinolita, piroxênios, magnetitas e opacos como

minerais principais. Os constituintes menores são clorita, biotita, epidoto/clinozoisita, quartzo, titanita e apatita. Destes, com excessão à apatita, os demais minerais são produtos de transformações metamórficas que dependendo do estado de alteração da rocha podem atingir teores elevados.

Os plagioclásios são idiomórficos a subidiomórficos normalmente com intensa saussuritização (principalmente epidotização). As actinolitas são minerais metamórficos, xenomórficos, que ocorrem associados com cloritas e epidoto em agregados de minerais maficos secundários intersticiais aos plagioclásios; foram formadas junto com os demais minerais secundários, pela substituição de clinopiroxênios magmáticos, que freqüentemente ainda ocorrem como grãos reliquias preservados nesses agregados (Fig. 5-17:A,B). Mais raramente foram observados pseudomorfos de prováveis ortopiroxênios subidiomórficos a xenomórficos intersticiais aos clinopiroxênios. Estes são constituídos de uma matriz praticamente pura de cloritas finas, preservando ilmenitas lamelares (placoidais hexagonais) em estruturas de exsolução com orientação octaédrica e subordinadas inclusões finas de magnetitas granulares secundárias, podendo ainda conter inclusões silicáticas arredondadas de clinopiroxênios também substituídas por agregados poliminerálicos ferromagnesianos (Fig. 5-17:C). As magnetitas são xenomórficas a subidiomórficas e comumente apresentam alterações secundárias silicáticas ao longo das bordas e fraturas (transformações iniciais para clorita e biotita principalmente), assim como, às vezes, fraturas com preenchimento de quartzo. Também ocorrem inclusões silicáticas arredondadas, pseudomorfizadas, principalmente de prováveis clinopiroxênios magmáticos. Interstícios preenchidos com fases félsicas finais da cristalização magmática são constituídos, nos gabros mais diferenciados por quartzo e felspato alcalino em intercrescimento típico microgranofírico

(Fig. 5-17:B,D). Os gabros mais melanocráticos (menos diferenciados) são caracterizados por texturas ofíticas, ricos em minerais ferro-magnesianos secundários (de transformação principalmente de clinopiroxênios, mais raramente de ortopiroxênios e eventualmente de clivinas) e minerais opacos, prováveis ilmenitas, com bordas de reação de titanita-leucoxênio, além de magnetita (Fig 5-17:E,F). Apatitas bem formadas ocorrem em todos os gabros, como os minerais acessórios magmáticos mais comuns. Os minerais secundários identificados como bictitas são placoidais finas, com pleocroísmo acastanhado, as vezes com inclusões de rutilo acicular e ocorrem predominantemente em pequenos concentrados junto aos minerais opacos. De um modo geral observou-se que os metagabros apresentam certa faixa de variação composicional correspondendo a uma série de diferenciação, desde termos menos diferenciados melagábricos a quartzo-gabros com porções intersticiais granofíricas. Os tipos menos diferenciados ocorrem no campo, nas partes ocidentais em cotas altimétricas mais baixas da porção S da intrusão, seguindo-se para as cotas mais altas gabros e leucogabros mais diferenciados (Anexos 1-3).

Nos níveis gábricos, desde aqueles considerados como a parte inferior exposta da estratigrafia magmática da intrusão, ocorrem transições subordinadas para leucogabros, anortositos e gabros granofíricos. Estes últimos são caracterizados por apresentarem proporções maiores de matriz granofírica em relação a plagioclásios e piroxênios, cumuláticos e pseudomorfizados. Os níveis gábricos são comumente cortados por veios e diques ácidos aplíticos típicos. Estes apresentam texturas finas subequigranulares e composições graníticas hololeucocráticas, de quartzo, plagioclásio saussuritizado e albita xadrez ou feldspato alcalino pertítico, principalmente (Fig. 5-17:G).

Os metagabros e os veios ácidos neles intrusivos, provenientes todos de uma porção relativamente pequena da parte W da intrusão da serra da Alegria, não apresentam entre si variações metamórficas. Todas essas rochas são caracterizadas por paragêneses metaigneas, de saussuritização dos plagioclásios e de alteração para clorita, epidoto, actinolita e leucoxênio/titanita dos minerais ígneos maficos e opacos, estáveis por toda a facies dos xistos verdes média a superior.

Dos metagabros estudados foram selecionados os tipos que apresentaram os mais elevados teores de magnetita e demais minerais opacos, para estudos petro-metacgenéticos de microscopia de minérios. Distinguiram-se assim dois grupos principais de metagabros. O primeiro é mais homogêneo com predominância quase que total de óxidos, magnetita martitizada e com exsoluções e inclusões de ilmenita, além de ilmenita livre comumente afetada por transformações incipientes para hemoilmentita e rutilo. Os sulfetos eventualmente presentes, entretanto sempre em diminutas quantidades, são pirrotita e calcopirita. O segundo grupo de metagabros constitui-se de tipos litológicos heterogêneos, representativos de misturas com anortositos. Estes apresentaram, além dos óxidos já descritos quantidades mais expressivas de sulfetos, pirrotita e calcopirita (com alterações secundárias marginais para covelita/digenita), principalmente livres, em concentrações granulares irregularmente distribuídas e mais raramente incluídos nos óxidos. De interesse especial nessas rochas destaca-se a ocorrência de minerais platinóides (brancos prateados de muito alta refletividade), ainda que em quantidades e grãos muito pequenos, observados apenas em inclusões na magnetita.

## META-ANORTOSITOS

Essas rochas ocorrem também na porção inferior exposta da intrusão em sua parte W, nos afloramentos RS-7 e 11 (Anexos 1 e 2) numa unidade estratiforme de cerca de 30 metros de espessura com posição magmato-estratigráfica inferida, sobreposta e separando os gabros menos diferenciados (melagabros) na base, dos gáros normais e granofíricos nas partes superiores. São constituídas por mais de 90% de plagioclásio e, como minerais acessórios, apatita, titanita/leucoxênio, quartzo, epidoto/clinozoisita, ortozoisita, muscovita, actinolita, rutilo, clorita e opacos.

Apresentam textura cumulática grossa com cristais idiomórficos a subidiomórficos de plagioclásio ( $\varnothing_{\text{médio}} = 1 \text{ cm}$ ) das faixas composticionais andesina-labradorita (Fig. 5-17:H). Esses cristais comumente são incolores com manchas amarronzadas, principalmente nas bordas, saussuritizados ricos em finas inclusões de epidoto/clinozoisita, ortozoisita e sericita, estando freqüentemente fraturados.

Os meta-anortositos mais diferenciados apresentam, analogamente ao que foi visto nos metagabros, interstícios intercúmulos granofíricos, de cristalização tardi-magmática, compostos principalmente de quartzo e feldspato alcalino (Fig. 5-17:J).

Os minerais secundários metamórficos como clorita, epidoto/clinozoisita, titanita/leucoxênio, rutilo e actinolita, ocorrem concentrados entre plagioclásios, em substituição ao material intercúmulos (Fig. 5-17:K), ou ainda em porções de alteração hidrotermal com intensa transformação dos plagioclásios. Quartzo fino ocorre associado a essas alterações indicando também origem secundária. Entretanto, esporadicamente

ocorrem grãos de quartzo mais grossos (de granulometria média) apresentando extinção ondulante, podendo-se tratar de quartzos tardios da cristalização magmática e/ou de quartzo herdado da crosta siálica.

Nos meta-anortositos também são comuns veios félsicos. Estes, apresentam espessuras milimétricas, composição granítica diferenciada com textura micro-granofírica fina, além de quartzo xenomórfico, epidoto e clorita em pequenas quantidades (Fig. 5-17:L). Nas bordas dos veios ocorrem alterações dos plagioclásios dos anortositos encaixantes, com epidotização e formação de quartzo.

Os meta-anortositos estudados e os veios ácidos neles intrusivos, provenientes da mesma porção relativamente restrita da parte W da intrusão, onde foram descritos os metagabros, tal como estes últimos também não apresentam entre si variações metamórficas. Suas paragêneses são qualitativamente iguais aos gabros, predominando quantitativamente aquelas de saussuritização pelos teores mais altos de plagioclásio, enquanto que as paragêneses dos veios ácidos são iguais às dos veios análogos intrusivos nos gabros.

#### METAGRANOFIROS

Os metagranofiros representam as porções magmato-estratigráficas superiores da intrusão e foram encontrados no campo com distribuição regional maior, ocorrendo nas cotas mais altas da serra da Alegria e extendendo-se até a sua borda E (afloramentos SA-3, RS-3, RS-4, RS-7, RS-12, RST-1 e RST-3; Anexos 1 e 2). Um afloramento de meta-ácida porfirítica sem estruturas granofíricas que ocorre no afloramento SA-4 (Anexo 1 e 2) foi considerada como uma intrusiva subvulcânica ácida e será discutida no conjunto dessas rochas (item 5.3.5). Os

metagranofiros são rochas hololeucocráticas a leucocráticas finas, às vezes, microporfiríticas, constituídas por mais de 60 até 90% de intercrescimentos granofíricos de quartzo e K-feldspato, além de fluorita intersticial fina subordinada. Os microfenocristais são de plagioclásio em cristais individuais idiomórficos ou agregados glomeromicroporfiríticos (até ±3 mm), com núcleos saussuritizados e bordas substituídas por microclínio pertítico e quartzo xenomórfico, às vezes com bordas indicativas de corrosão magmática (Fig. 5-17:M,N). Silicatos ferro-magnesianos ígneos primários não foram preservados. Zircão e apatita são os principais acessórios.

As estruturas e texturas amplamente predominantes são granofíricas. Freqüentemente associam-se estruturas granofíricas e esferulíticas, ambas de intercrescimento de quartzo e feldspato alcalino pertítico passando para microclínio pertítico (Fig. 5-17:O). Ocorrem ainda tipos que apresentam as porções esferulíticas e microgranofíricas envolvidas por matrizes microgranulares muito finas de quartzo e feldspato alcalino com estruturas de fluxo (Fig. 5-17:P,Q). Os minerais maficos mais comuns são biotitas, provavelmente de origem ígnea, metamorficamente reequilibradas, com pleocroísmo verde acastanhado. Estas formam pequenas concentrações de finos cristais, regularmente associadas à minerais opacos corroídos (prováveis magnetitas). Como minerais maficos ocorrem ainda estilpnومelano reliquiar associado às biotitas, hornblenda tschermaquítica metamórfica substituindo biotitas, estilpnومelano (típico) e prováveis magnetitas, além de minerais opacos titaníferos (prováveis ilmenitas) com reações para leucoxênio/titanita. Notável entre os minerais de saussuritização mas também livre na matriz, é a presença de granada idiomórfica de granulação fina e cor amarelada (provável grossularita). Por alterações retrógradas finais e mais localizadas formou-se clorita, principalmente a partir das biotitas, e carbonato.

Fig. 5-17: Fotomicrografias de Gabros/Anortositos/Granórfiros da Intrusão da Serra da Alegria.

A: Metagabro subofítico grosso com plagioclásio subidiomórfico intensamente saussuritizado, com bordas limpidas de albite e sobrecrecimento e substituição por feldspato alcalino (pertítico) recristalização nas bordas (no centro), e clinopiroxênio em restos (marrom escuro a preto - canto superior direito) substituído por massas feltrosas de actinolitas finas. Amostra RS-7/2A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

B: Metagrabro subofítico com plagioclásios saussuritizados, clinopiroxênio reliquiar (alaranjado) e material diferenciado granofírico intersticial (à direita). Amostra RS-7/M(A) (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

C: Ortopiroxênio pseudomorfizado por clorita criptocristalina preservando ilmenita (quase preta) lamelar e em plaquinhas hexagonais com disposição (111), contendo uma inclusão arredondada de clinopiroxênio também pseudomorfizado (quase preto) em metagabro. Amostra RS-7M(A) (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. //).

D: Metagabro com porção intersticial felsica diferenciada com textura microgranofírica constituída por quartzo e feldspato alcalino (pertítico). Amostra RS-7/6A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. x).

E: Metagabro melanocrático com textura ofítica de plagioclásios idiomorfos (ripiformes) saussuritizados incluídos por massas finas de minerais maficos de transformação dos piroxênios e 2 grãos de ilmenitas substituídas por leucoxênio e quartzo (centro superior). Amostra RS-4A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. //).

F: Cena anterior com pol. +. Notam-se clorita, actinolita e epidoto finos como produtos de substituição dos clinopiroxênios.

G: Metagabro com textura granular fina (à esquerda) cortado por um dique aplítico granítico (à direita). Amostra RS-7/1A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

H: Meta-anortosito típico, grosso mostrando características de intercrescimento e contato de plagioclásios cumuláticos (ortocumulado). Amostra RS-7/8 (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

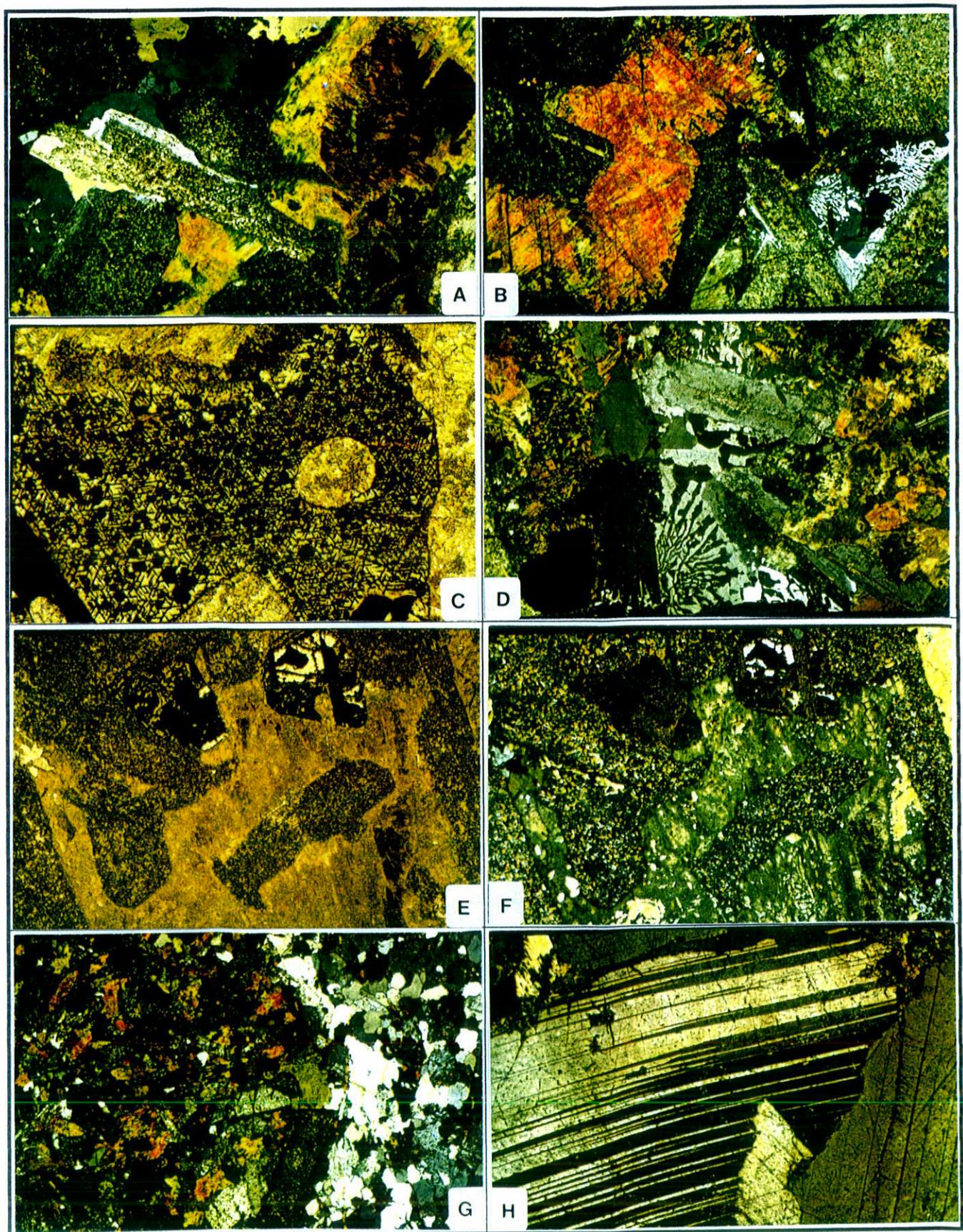


Fig. 5-17 (continuação): Fotomicrografias de Gabros/Anortositos/Granórfiros da Intrusão da Serra da Alegria.

I: Metaanortosito diferenciado plagioclásios idiomórficos grossos cumuláticos saussuritzados e material granito-granofírico intercumulus. Amostra RS-7/2B (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

J: Metaanortosito grosso com concentração de minerais metamórficos finos como epidoto/clinozoisita, clorita e quartzo entre os plagioclásios. Amostra RS-7F (comprimento da foto = 2,8 mm; pol. +).

K: Veio de material ácido diferenciado com bordas microgranofíricas cortando metaanortosito; amostra RS-7G (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

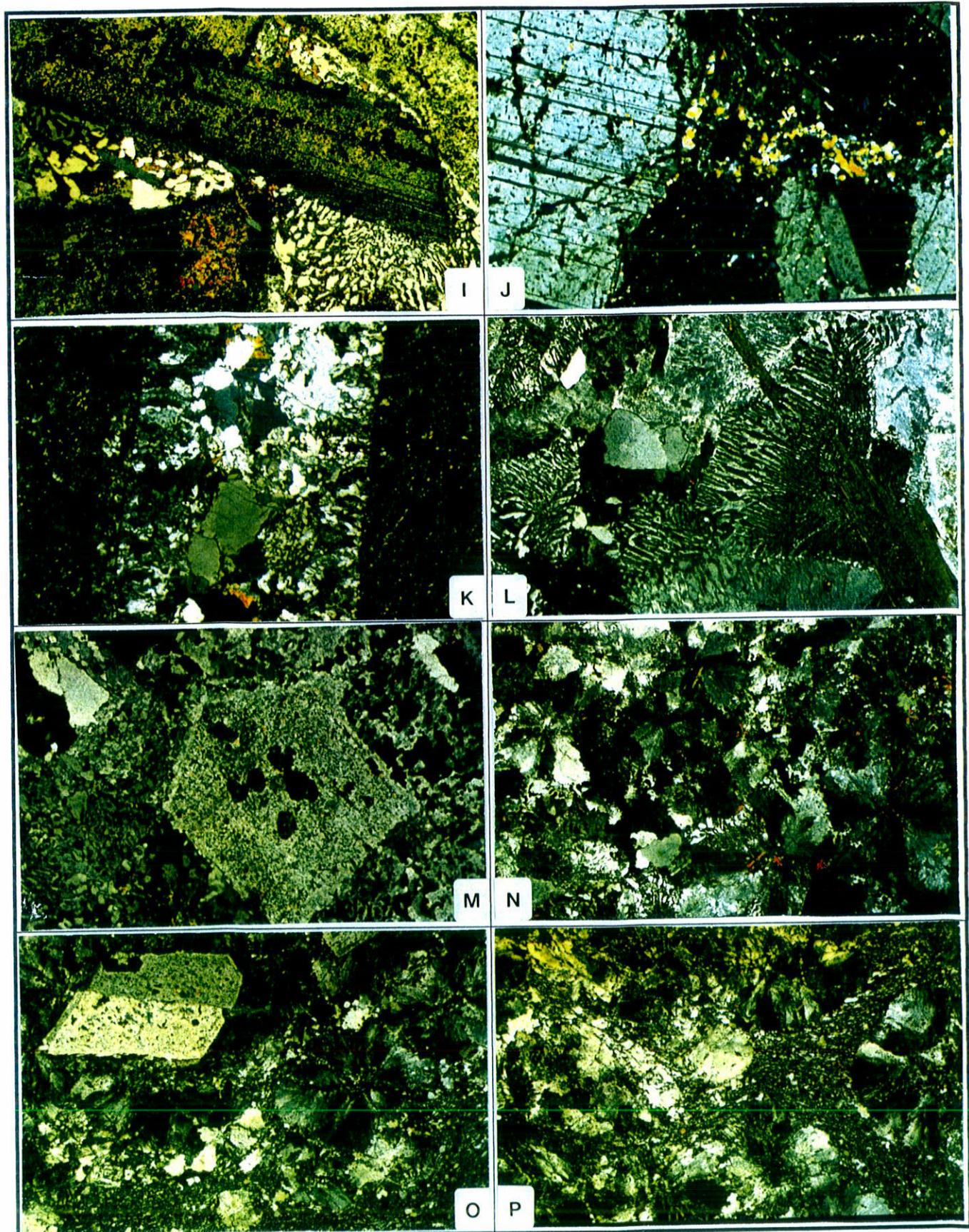
L: Metagranófiro típico com restos de plagioclásios saussuritzados (borda direita) sobrecrescidos e parcialmente substituídos por matriz granofírica que inclui ainda restos de cristais maiores de quartzo com bordas corroídas (centro) e hornblendas tschermaquíticas metamórficas prismáticas (parte direita). Amostra RS-12A (comprimento da foto = 2,8 mm; pol. +).

M: Metagranófiro microporfirítico com fenocristal de plagioclásio saussuritzado com inclusões de grossularitas metamórficas (extintas). Amostra RS-4B (comprimento da foto = 2,8 mm; pol. +).

N: Metagranofiro com texturas associadas microgranofírica e esferulítica. Amostra SA-3 (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

O: Metagranófiro microporfirítico e esferulítico com matriz quartzo-feldspática criptocristalina com estrutura de fluxo. Amostra RS-7(letra)O (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

P: Detalhe da matriz criptocristalina com estrutura de fluxo entre as porções esferulíticas do mesmo metagranófiro da foto anterior. (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).



Os metagranofiros, conforme caracterizados pelas suas propriedades mineralógicas e texturais, são rochas ácidas de origem ígnea supervulcânica, com profundidades de colocação e resfriamento variáveis, conforme indicam ora tipos com matrizess muito finas contendo estruturas de fluxo e esferulíticas, ora granofiros homogêneos relativamente grossos. Os metagranofiros também sofreram uma fase principal de metamorfismo regional progressivo na facies dos xistos verdes média a superior, evidenciada pelos anfibólios tschermaquíticos e granadas associadas. Apesar da abrangência regional maior dessas rochas, provenientes desde o extremo W da Serra até as suas porções limitrofes E, não foram observadas variações metamórficas regionais petrograficamente quantificáveis. É notável ainda a ausência de deformação orogênica, xistosidade e/ou foliação associada ao metamorfismo. Como últimas transformações ocorreram ainda processos retrometamórficos menores e localizados.

### 5.3.5 METAVULCANITOS A SUBVULCANITOS ÁCIDOS

Estas rochas ocorrem nos setores W e Central da área e serão descritas separadamente. Foram levantadas no campo e amostradas 9 ocorrências, incluindo uma de um corpo considerado como intrusivo no complexo da serra da Alegria (RSJ-12, RSJ-13, RSJ-14, RBA-1, RB-2, RB-3, RB-5 RA-4, SA-4; Anexos 1 e 2). Os estudos petrográficos foram realizados em 13 seções delgadas, sendo que as análises modais não foram possíveis pela natureza vulcânica destas rochas, contendo matrizes extremamente finas. Entretanto, verificaram-se os seguintes tipos litológicos fundamentais: metadacitos a riodacitos porfirítico e vidros ácidos devitrificados metamórficos, que ocorrem no setor oeste sem deformação, assim como metadacitos porfiríticos foliados a miloníticos, do setor central.



### META-ÁCIDAS DO SETOR W (sem deformação)

As meta-ácidas desse setor apresentam algumas variações texturais, entretanto sem diferenças mineralógicas petrograficamente quantificáveis. Os minerais principais são plagioclásio, K-feldspato e quartzo. Epidoto/clinozoisita, biotita, clorita, grossularita, titanita/leucoxênio e carbonato ocorrem como constituintes menores metamórficos, e minerais opacos, apatita, zircão, alanita e titanita, como acessórios ígneos.

Fossuem textura porfirítica com fenocristais e agregados glomeroporfiríticos de plagioclásio saussuritizado, de K-feldspato e quartzo tipicamente corroído, com dimensões de até 5 mm (Fig. 5-18:A,B,C). A matriz é quartzo-feldspática fina com cristais xenomórficos, apresentando às vezes textura de fluxo e, localmente, fragmentos piroclásticos com granulação maior. Entre estes fragmentos alguns apresentam matriz com texturas esferulíticas de K-feldspatos, (Fig. 5-18:D,E). Num caso foram observadas texturas de intercrescimento microgranofírico na matriz.

Sob o aspecto do metamorfismo regional, notam-se associações incluindo biotitas de pleocroísmo verde acastanhado, clorita, epidoto/clinozoisita, sericita, grossularita com birrefringência anômala (Fig. 5-18:D), leucoxênio/titanita e, eventualmente carbonato, todas compatíveis com paragêneses da facies dos xistos verdes média a alta. Variações regionais sistemáticas neste setor não foram observadas, tampouco deformações orogênicas de tipo foliação/xistosidade.

Fig. 5-18: Fotomicrografias de metavulcanitos ácidos dos setores W (não deformados) e Central (deformados).

A: Metariodacito do setor W com textura porfirítica e fragmento piroclástico (parte superior) de granulação fina, entretanto algo mais grossa em relação a matriz principal. Notar ainda a saussuritização e corrosão dos fenocristais de plagioclásio. Amostra RBA-1A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

B: Metariodacito microporfírico do setor W com plagioclásios subidiomórficos saussuritzados e textura granofírica fina na matriz. Amostra RSJ-14C (comprimento da foto = 1,39 mm, pol. +).

C: Metariodacito porfirítico do setor W com fenocristais de quartzo magmaticamente corroídos com formas embaciadas e inclusões de mesostasis magnética devitrificada e metamorfizada, fenocristais de plagioclásio em posição de extinção e matriz principal quartzo-feldspática muito fina. Amostra RSJ-13B (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

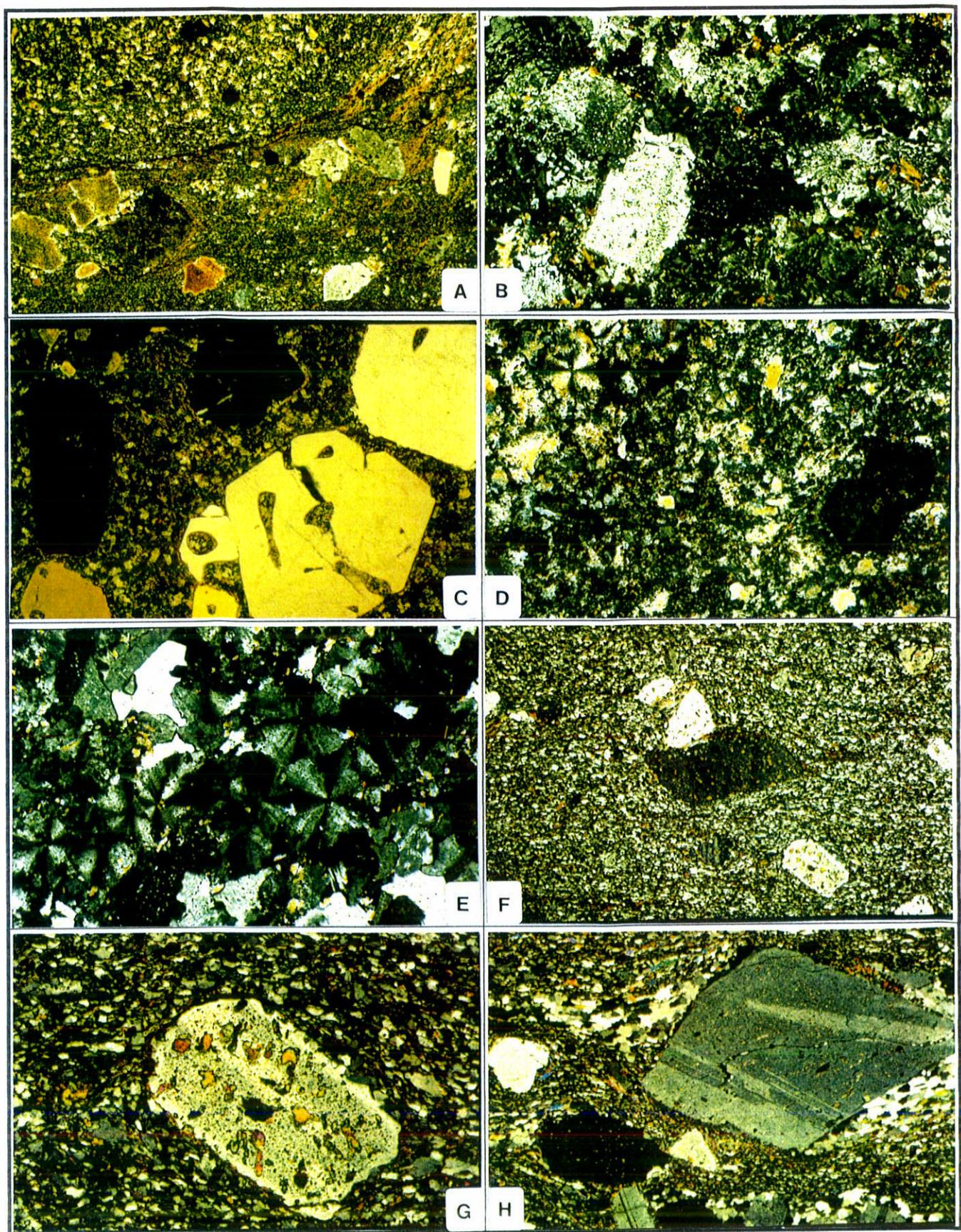
D: Detalhe do fragmento piroclástico do metariodacito da foto A, mostrando estrutura esferulítica em partes da matriz quartzo-feldspática do fragmento (parte esquerda superior) e dois cristais de grossularita intercrescidos (extintos, parte direita) de origem metamórfica. (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. +).

E: Esferulitos de K-feldspatos fibroradiados formados por cristalização/devitrificação em partes da matriz quartzo-feldspática do fragmento piroclástico das fotos A e D. Amostra RBA-1B (comprimento da foto = 0,70 mm; pol. +).

F: Metadacito microporfírico do setor Central com textura de fluxo e matriz quartzo-feldspática muito fina, contendo fenocristais e fragmentos de plagioclásio, alguns com estiramento magnético (centro), sempre saussuritzados. Amostra RB-5A (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).

G: Detalhe da foto F mostrando um microfenocristal de plagioclásio com partes internas saussuritzadas e bordas limpidas, magmaticamente corroídas e metamorficamente reequilibradas albíticas. (comprimento da foto = 1,39 mm; pol. +).

H: Metadacito microporfírico do setor Central com foliação metamórfica nítida. O fenocristal de plagioclásio (maior, no centro) apresenta-se deformado por fratura cisalhante e com sobras de pressão assimétricas de quartzo de cristalização mais grossa. Nota-se ainda o desenvolvimento de micas finas metamórficas nas bandas de granulação mais fina e mais fortemente foliadas da matriz. Amostra RB-2B (comprimento da foto = 5,5 mm; pol. +).



## META-ÁCIDAS DO SETOR CENTRAL (deformado)

Trata-se essencialmente de metadacitos porfiríticos que variam de pouco deformados na parte W desse setor, incluindo a ocorrência intrusiva no complexo ígneo da serra da Alegria (afloramentos RB-5 e SA-4; Anexos 1 e 2), a foliados e miloníticos na sua parte E (afloramentos RB-2, 3; Anexos 1 e 2). Quanto aos minerais e as texturas ígneas reliquiáreas, são idênticos às rochas equivalentes do setor W (Fig. 5-18:F,G), sendo que com a deformação progressiva desenvolvem-se foliação, sombras de pressão, fraturamento dos fenocristais e aumento dos teores de minerais micáceos (biotita e muscovita) orientados na foliação (Fig. 5-18:H). Nos estados mais deformados e metamórficos as foliações inclusive miloníticas tornam-se generalizadas e os minerais metamórficos, principalmente biotita, muscovita e granada (almandina), ganham maior expressão em teor e textura. Neste desenvolvimento tectono-metamórfico as texturas ígneas originais são progressivamente destruídas e substituídas por texturas metamórficas foliadas e miloníticas anastomosadas, incluindo a formação de níveis micáceos com concentrações de titanitas granulares finas, texturas do tipo *mica fish* e *kinks*, restos de fenocristais de plagioclásio (com núcleos saussuritizados eventualmente zonados), que evoluem para porfiroblastos sintectônicos, além de níveis/lentes quartzosas com extinção ondulante ou micro-granulares, oriundos de fenocristais de quartzo.

## CONSIDERAÇÕES REGIONAIS

As ocorrências de rochas meta-ácidas dos setores W e Central apresentam evidências de aumento de metamorfismo regional dinamotermal no sentido de W para E da facies dos xistos verdes média para superior, alcançando como estágio máximo, na ocorrência do afloramento RB-3, condições de

transição para facies anfibolito. Estas condições são inferidas pelo desenvolvimento da granada almandina, assim como pelo crescimento porfiroblástico de plagioclásio, reabsorvendo epidoto/clinozoisita (tanto de saussuritização como da matriz das rochas) e desenvolvendo zoneamento inverso. Quanto a deformação observa-se regionalmente a preservação praticamente total das estruturas e texturas ígneas vulcânicas no setor W, nas ocorrências imediatamente à S do complexo intrusivo da serra da Alegria, bem como no seu interior. À E destas zonas não afetadas pela deformação, iniciam-se processos de foliação leve sobrepostos às estruturas de fluxo, evoluindo rapidamente no sentido E para foliações metamórficas e miloníticas regionais típicas.

#### 5.4 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

Os dados geológicos de campo complementados com os resultados dos estudos petrográficos, interpretações fotogeológicas, e análises em relação aos conceitos de evolução de cráticos precambrianos da literatura (Windley, 1976; 1984; Kröner, 1981; Condé, 1981; 1992; 1994; Glover & Groves, 1981; Tankard et al., 1982; Almeida & Hasui, 1984; Schobbenhaus et al., 1984; Schorscher, 1992), permitem algumas considerações integradas sobre a evolução lito-estrutural e estratigráfica, sobre a petrogênese ígnea e metamórfica, aspectos metalogenéticos, bem como sobre a evolução crustal da área estudada.

A área estudada comprehende três domínios lito-estruturais precambrianos distintos, claramente discerníveis pela análise de imagens de satélites e fotografias aéreas e confirmadas nos estudos de campo e petrográficos. Constituem-se em três faixas subparalelas de direção geral N-S, denominadas de setores W, Central e E, além de coberturas quaternárias da Fm. Pantanal que

não foram objeto de estudo deste trabalho e não serão mais descritas (Fig. 5-1, Anexo 3).

O **setor W** apresenta o quadro evolutivo geológico e polimetamórfico mais simples. É caracterizado pela ocorrência regional de gnaisses polimetamórficos de alto grau, de composições leucotalíticas a trondjemíticas (Fig. 5-11), retrometamórficos por um evento regional dinamotermal. Este evento alcançou condições da facies dos xistos verdes média, regionalmente caracterizada pela neoformação de biotitas metamórficas, pelo reequilíbrio de biotitas preexistentes e intensa saussuritização dos plagioclásios. Estes gnaisses afloram regionalmente na porção NW do setor (Anexo 3). O evento metamórfico regional que causou o retrometamorfismo dos gnaisses foi acompanhado pelo desenvolvimento regional de foliação/xistosidade de baixo grau, fracamente desenvolvida nas rochas maciças. Na porção S do setor W ocorrem ainda metagranitóides intrusivos ígneos não afetados pelo metamorfismo (ou polimetamorfismo) de alto grau que originou os gnaisses. Estes têm composições modais variando de trondjemitos a leucotalitos e leucogranodioritos (Fig. 5-11), apresentando efeitos de metamorfismo e deformação análogos aos observados nas paragêneses retrometamórficas da facies dos xistos verdes média dos gnaisses polimetamórficos.

Os demais conjuntos litológicos desse setor são xistos quartzosos a metapelíticos, metavulcanitos ácidos e uma ocorrência de metadiabásio (Anexo 3). Os xistos quartzosos a metapelíticos apresentam fortes deformações por dobramentos e cisalhamentos superimpostos e paragêneses de metamorfismo regional progressivo, dominadas por quartzo e muscovita de granulometria fina sem minerais diagnósticos. Embora as paragêneses destas rochas sejam estáveis por toda a facies dos xistos verdes e amplas partes da facies anfibolito, são

consideradas como pertencentes à facies dos xistos verdes em função da evolução textural de paragêneses análogas no metamorfismo regional progressivo (Fig. 5-14:A,B,C). Existe um hiato metamórfico e principalmente deformacional entre estes xistos e os metavulcanitos ácidos e metadiabásios do setor, que são isentos de deformação e apresentam efeitos de metamorfismo regional apenas incipientes.

Com base nessas características geológicas e petrográficas admite-se a seguinte evolução geológica:

- Os gnaisses polimetamórficos representam as rochas mais antigas do setor, sendo provavelmente porções expostas de um segmento crustal regional de tipo TTG arqueano com retrabalhamentos tectono-metamórficos tardí arqueanos e/ou proterozóicos;
- Não foram observadas as relações geológicas dos Metagranitóides Intrusivos (designados granitos nos itens 5.2.1 e 5.3.1) com os gnaisses polimetamórficos e os xistos quartzosos a metapelíticos. As características compostionais dos granitóides sugerem proximidade genética com os gnaisses polimetamórficos, talvez como intrusões essencialmente pós-tectônicas em relação aos processos de evolução crustal de alto grau arqueanos dos gnaisses;
- Os xistos quartzosos a metapelíticos integram a única associação de rochas de derivação supra-crustal precambrianas do setor. Por evidências metamórficas e deformacionais são claramente mais jovens do que os gnaisses polimetamórficos. Entretanto, em relação aos granitos intrusivos seu posicionamento não é tão claro, podendo ser tanto mais antigos - por exemplo como partes de uma seqüência metavulcano-sedimentar arqueana - como mais novos, a exemplo de uma cobertura metassedimentar proterozóica. Em função da maturidade composicional e textural dos xistos, esses são aqui

posterior a constituição do terreno granito-gnáissico arqueano com predominância de gnaisses polimetamórficos e intrusivas ígneas de tipo TTG.

- As rochas precambrianas mais jovens do setor compreendem os metavulcanitos ácidos e os metadiabásios e ambos apresentam-se isentos de deformação e de metamorfismo incipiente. Correlações com rochas regionais datadas, respectivamente do Complexo Vulcano-Plutônico do Amoguijá e anfibolitos do Complexo Rio Apa indicariam idades mais antigas em torno de 1,6 Ga para os metavulcanitos ácidos e mais novas em torno de 1,2 Ga para as metabásicas (Araújo et al., 1982; Amaral, 1984; Santos & Loguércio, 1984).

Sob o aspecto da evolução tectono-metamórfica e geotectônica as rochas do setor W podem ser agrupadas em três conjuntos representativos de ciclos orogênicos consecutivos, que as constituíram e/ou afetaram (em ordem cronológica):

1. Um ou mais de um evento de alto grau arqueano que originou os gnaisses polimetamórficos TTG e, eventualmente, associados em fases finais pós-tectônicas, os metagranítoides TTG intrusivos; este conjunto, de gnaisses e granitos TTG, é considerado como embasamento de extensão regional contínua por todo o setor (cf. Corrêa et al., 1976; 1979 e Schobbenhaus & Soares, 1979).
2. O metamorfismo regional dinamotermal de facies dos xistos verdes média, que afetou de forma progressiva os xistos quartzosos a metapelíticos e de forma retrógrada os gnaisses polimetamórficos, atingindo ainda os granítoides intrusivos TTG, de idade aqui inferida como arqueana superior ou paleoproterozóica;
3. O metamorfismo regional incipiente que afetou todo o setor, ficando evidente entretanto apenas nas metavulcânicas ácidas e

nos metadiabásios como rochas não afetadas por eventos metamórficos anteriores.

O **setor Central** comprehende um conjunto de gnaisses polimetamórficos e xistos quartzo-muscovíticos, rochas da seqüência metavulcano-sedimentar básica, a intrusão diferenciada gábro-anortosito-granofírica da serra da Alegria e metavulcânitos a subvulcanitos ácidos. Os gnaisses polimetamórficos desse setor foram encontrados apenas em dois afloramentos, apresentando-se fortemente foliados e intemperizados, num deles associados com xistos quartzo-muscovíticos (Anexos 1 e 2), e não permitiram estudos microscópico-petrográficos. Sua individualização no mapa fotogeológico (Anexo 3) e as considerações que se seguem são, portanto, interpretações preliminares. Os gnaisses polimetamórficos deste setor são considerados continuações físicas do embasamento TTG arqueano do setor W.

A sequência metavulcano-sedimentar básica comprehende metabasitos/anfibolitos originários de vulcanitos e tufos basálticos subaquáticos, anteriormente desconhecidos do contexto geológico regional. São rochas sempre fortemente foliadas, metamórficas na facies dos xistos verdes média a superior, conforme indicam transições de actinolita para tschermaquita e porfiroblastos de plagioclásio. Seus contatos com os demais conjuntos lito-estruturais não foram observados, ora em função das coberturas quaternárias da Fm. Pantanal, ora devido ao estado de intemperismo regional generalizado.

A intrusão diferenciada da serra da Alegria com metagábras, anortositos e granofíros ocupa a porção N do setor. A definição dessa intrusão é uma das contribuições inéditas para a geologia regional dessa parte do Cráton Amazônico. As rochas dessa intrusão apresentam um amplo espectro de estruturas e texturas

magmáticas típicas de complexos estratiformes, perfeitamente preservadas, além de indício de um potencial metalogenético para mineralizações de platina. Seu estado metamórfico é caracterizado por associações de clorita-actinolita e de saussuritização, típicas da facies dos xistos verdes média. Entretanto, alguns granofiros apresentam associações incluindo biotita, grossularita e possível tschermaquita, eventualmente indicativas de condições transicionais para a facies dos xistos verdes superior.

Metavulcanitos a subvulcanitos ácidos são as rochas precambrianas mais jovens do setor, ocorrendo em um caso intrudindo metagranofiros do complexo diferenciado da serra da Alegria. São rochas preservadas de deformação e metamorfismo progressivo na facies dos xistos verdes média a superior, exceto num afloramento do extremo E desse setor, onde se apresentam foliadas e com paragêneses incluindo plagioclásio e granada almandina, indicativas da facies dos xistos verdes superior transicional para a facies anfibolito.

No setor Central os hiatos polimetamórficos são menos expressivos, restando para o estabelecimento do seqüenciamento dos conjuntos litoestratigráfico-estruturais e respectivos eventos petrogenéticos, principalmente, as condições de deformação, escassas relações de campo observadas e correlações litológicas inter-setores. Assim propõe-se o seguinte quadro evolutivo:

1. Formação dos gnaisses polimetamórficos como extensão do complexo embasamental TTG arqueano do setor W.
2. Instalação de uma bacia vulcano-sedimentar de tipo greenstone belt, arqueana ou paleoproterozóica, associada aos terrenos TTG arqueanos, possivelmente incluindo os protólitos sedimentares dos xistos quartzosos a metapelíticos como unidades estratigráficas superiores.

3. Orogênese, metamorfismo regional (facies dos xistos verdes média a superior) e deformação (foliação e cisalhamento), final da evolução vulcano-sedimentar com efeitos de retrometamorfismo sobre as rochas TTG arqueanas.
4. Intrusão do complexo ígneo da serra da Alegria em condições plutônicas (gabros e anortositos) a periplutônicas/hipoabissais (granofiro) com soerguimento e erosão subsequentes.
5. Intrusão subvulcânica rasa e vulcanismo de riodacitos e dacitos (incluindo piroclásticas) correlativo ao magmatismo análogo do setor W.
6. Metamorfismo regional progressivo final em condições variáveis de W para E da facies dos xistos verdes média a superior, com efeitos deformacionais restritos às extremidades E limítrofes do setor, conforme indicam as intrusivas da serra da Alegria e os metavulcanitos ácidos. Este evento é considerado o mesmo que atingiu de forma incipiente, também como evento final, o setor W.

O **setor E** é formado pelo conjunto de rochas denominado de Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos. Tem características tectoníticas por excelência por toda sua extensão, claramente reconhecíveis desde a megaescala nas imagens de satélite e fotografias aéreas à microescala petrográfica. Os litotipos constituintes predominantes são gnaisses polimetamórficos cinzas e róseos, respectivamente, de composições modais granodioríticas (limítrofes com leucotonalitos) a graníticas, e graníticas a alcali-feldspato graníticas (Fig. 5-11), além de xistos quartzosos a metapelíticos. Esses litotipos ocorrem tectonicamente intercalados desde a escala local (de afloramento) a regional e, embora existam domínios com a predominância de um ou outro, não foi possível sua separação na escala do mapa (Anexo 3). Como litotipos subordinados ocorrem corpos tabulares de anfibolitos de protólitos ígneos básicos,

foliados e intercalados concordantemente no conjunto de foliação principal N-S e cimentos baixos de ~30°E. Todo o conjunto apresenta características metamórficas progressivas predominantes crescentes de W para E e leves efeitos de retrometamorfismo. Entre seus litotipos, destacam-se as seguintes características:

- Os gnaisses graníticos são foliados com grãos de quartzo e feldspatos deformados passando a granoblásticos;
- Os xistos quartzosos mostram granocrescência metamórfica (Fig. 5-14:C). Os xistos metapelíticos fornecem localmente boas informações geotermo-barométricas, como no afloramento SO-12, indicando para a região do extremo E do setor condições de pico metamórfico da facies anfibolito média transicional para superior (Fig. 5-15);
- Os anfibolitos são rochas tipicamente foliadas e com paragêneses da facies anfibolito (Fig. 5-16:L).

Dessa forma fica evidente que o Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos constitui-se num conjunto de rochas heterogêneas onde associam-se rochas crustais e supracrustais num pacote regional tectonítico de metamorfismo progressivo. Este conjunto é balisado a W por uma zona regional de falhamento inverso separando-o do setor Central (Anexo 3). Fora dos limites dessa pesquisa se estende numa ampla faixa de direção geral N-S como parte integrante da Associação Metamórfica do Alto Tererê (Corrêa et al., 1976; 1979 e Schobbenhaus, 1979) e/ou do Complexo Rio Apa (Araújo et al., 1982, Fig. 4-1).

Em função dessas características petrográficas e estruturais é praticamente impossível correlacionar litotipos específicos do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos com eventuais equivalentes dos setores adjacentes Central e W da área. Como hipótese deste trabalho propõe-se, com base nas

evidências regionais de um último metamorfismo regional dinamotermal progressivo, indicado nos setores W e Central, principalmente pelos metavulcanitos ácidos e nos três setores pelos xistos muscovíticos e quartzosos (Fig. 5-14:A,B,C), que o Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos foi estruturado e colocado em sua posição atual como uma unidade metamórfica alóctone por este último evento. Entretanto, admite-se também a possibilidade que seus constituintes litológicos individuais, granitic-gnáissicos e supracrustais possam ser equivalentes, respectivamente, dos gnaisses polimetamórficos e embasamento TTG e, da seqüência metavulcano-sedimentar e de xistos quartzosos a metapelíticos associados, dos setores Central e W.

## 5.5 GEOQUÍMICA

Foram efetuados estudos litogeoquímicos multielementares exploratórios por fluorescência de raios X seqüencial automática de metabasitos/anfibolitos da seqüência metavulcano-sedimentar básica, da intrusão da serra da Alegria e de metavulcanitos ácidos, utilizando o espectrômetro Philips do Instituto de Geociências da Universidade de Mainz. As características analíticas para os elementos maiores e traços comuns são mostrados na Tabela 5-5; para os elementos Pb, Ga, Th e U foi utilizada uma calibração analítica especial permitindo determinação de décimos de ppm com erros analíticos totais considerados  $\leq 10\%$  relativo. O elemento ferro foi analisado/representado como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total e, conforme a necessidade, recalculado para FeO e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  utilizando-se as razões  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  recomendadas por Middlemost (1989) no diagrama alcalis x silica (TAS) de Le Maitre et al. (1989).

**Tabela 5-5:** Limites de detecção para as análises litogeoquímicas multielementares por Fluorescência de raios X efetuadas no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da Universidade de Mainz, Alemanha.

ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS	LIMITES DE DETECÇÃO
SiO <sub>2</sub>	0.004
TiO <sub>2</sub>	0.0001
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(T)</sub>	0.002
MnO	0.002
MgO	0.01
CaO	0.0004
Na <sub>2</sub> O	0.01
K <sub>2</sub> O	0.0003
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.007
Cr	1
Ni	1
Co	1
V	1
Cu	1
Pb	0.1
Zn	1
Rb	1
Ba	1
Sr	1
Ga	0.1
Nb	1
Zr	1
Y	1
Th	0.1
U	0.1

OBS: Os dados de Pb, Ga, Th e U apresentam erro analítico relativo considerado ≤ 10%.

#### 5.5.1 SEQÜÊNCIA METAVULCANO-SEDIMENTAR BÁSICA

Desta seqüência foram analisadas 7 amostras dos afloramentos RB-1, RB-4, RB-7 e RL-4 de metabasitos/anfibolitos foliados/miloníticos homogêneos, metamorfizados no facies dos xistos verdes. Estas rochas macroscópica e microscopicamente apresentaram-se menos transformadas, entretanto, os estudos petrográficos indicaram em todos os casos consideráveis transformações pós-magmáticas e/ou metamórficas que resultaram em epidotização, teores notáveis de quartzo e na amostra RB-7B, de carbonato. A amostra RL-4A diferencia-se das demais pelo alto teor de actinolita e ausência total de plagioclásio e quartzo, além de apresentar granulação mais grossa (Tab 5-4). Metabasitos

fortemente transformados, epidositos e metatufo não foram analisados.

Os objetivos específicos dos estudos litogeoquímicos dos metabasitos/anfibolitos da sequência metavulcano-sedimentar básica foram contribuíram para a classificação dos protólitos, análise dos efeitos de alteração e especulações iniciais sobre os ambientes geotectônicos e os processos petrogenéticos. A natureza alterada e o número restrito de amostras analisadas tornam as considerações que se seguem preliminares.

Os dados químicos globais dessas rochas são mostrados na Tabela 5-6. Os elementos maiores apresentam características gerais de rochas básicas normais (Wedepohl, 1969-1978; Condie, 1981; Middlemost, 1985; Wilson, 1989; Rollinson, 1993) com pequenas faixas de variação, notando-se teores baixos de K e relativamente altos de Na; destaca-se do contexto a amostra RL-4A de composição ultrabásica, com teores mais altos de Ti, Fe e, principalmente, Ca e menores de Al e Na, compatíveis com sua composição mineralógica rica em actinolita (Tab 5-4). Quanto aos elementos traços também notam-se valores normais com exceção de uma anomalia positiva em Cu na amostra RB-7B, que também apresenta o mais elevado teor de Sr de todos os metabasitos e dois metabasitos com altos teores de Ba (amostras RB-4D, RB-4F). A amostra RL-4A ultrabásica, já destacada, apresenta os teores mais altos de Cr, V, Sr, indicativos possivelmente de processos cumuláticos no protólito e, de Pb, Ga, Zr e Y, que embora sejam elevados para basaltos toleíticos comuns são normais para metabasitos ricos em anfibólio. Variogramas binários segundo Harker (1909) dos elementos maiores e traços são representados na Figuras 5-19(A-I) e 5-20(A-P). Estes ressaltam a particularidade do metabasito/anfibolito ultrabásico (Amostra RL-4A, Tabs. 5-4 e 5-6) no contexto da população analítica, que para a maioria dos elementos maiores e traços apresenta

agrupamento nítido sem variações sistemáticas notáveis. Excessões dizem respeito aos elementos mais móveis e ou incompatíveis maiores, Mg e K (Fig. 5-19:E,H) e traços, Co, Rb, Ba, Th e U (Fig. 5-20:C,H,I,O,P), além da amostra RB-7B anômala em Cu e Sr (Tab. 5-6; Fig. 5-20:E,J).

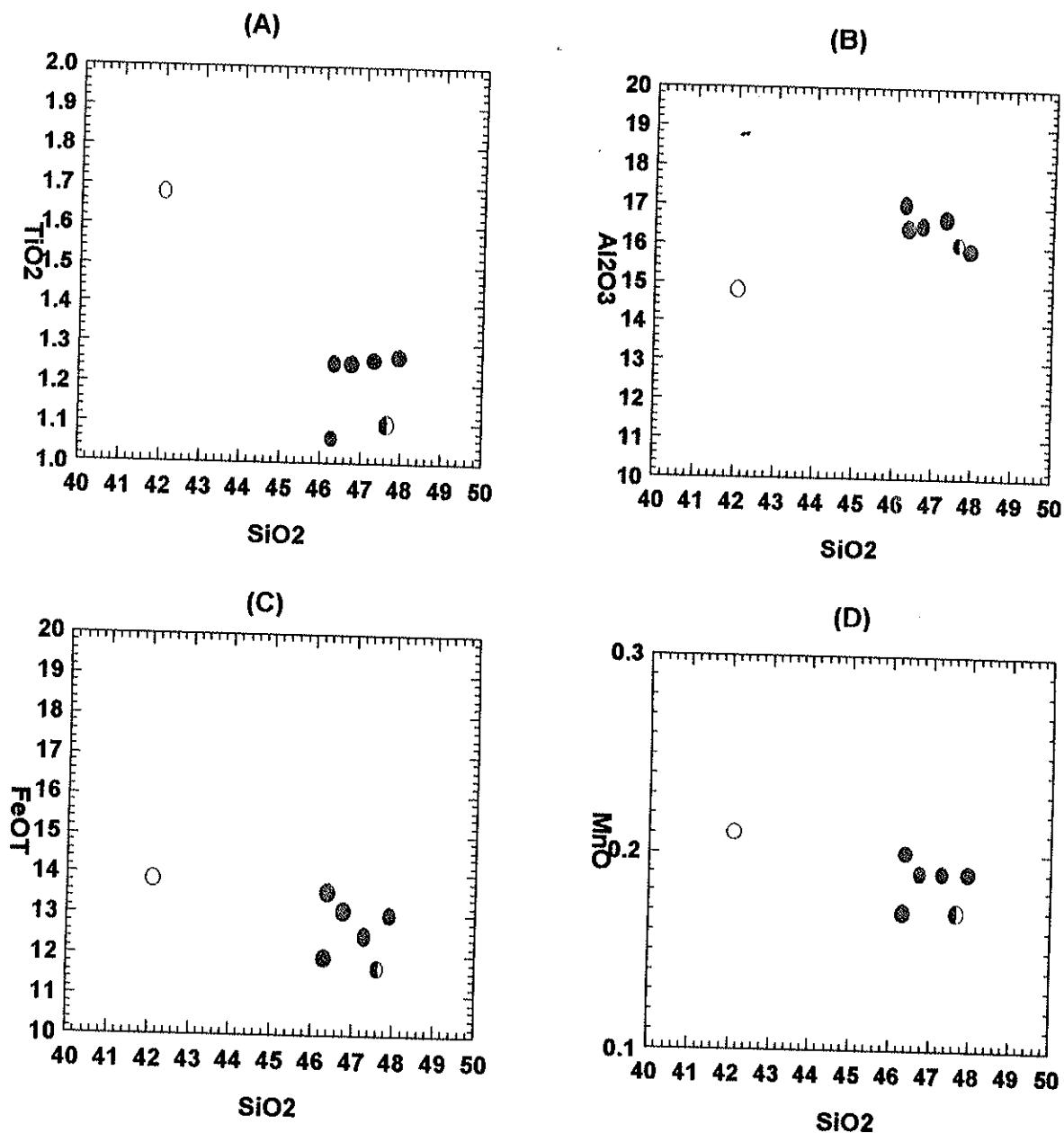
**Tabela 5-6:** Dados geoquímicos de metabasitos/anfibolitos foliados/miloníticos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do setor Central.

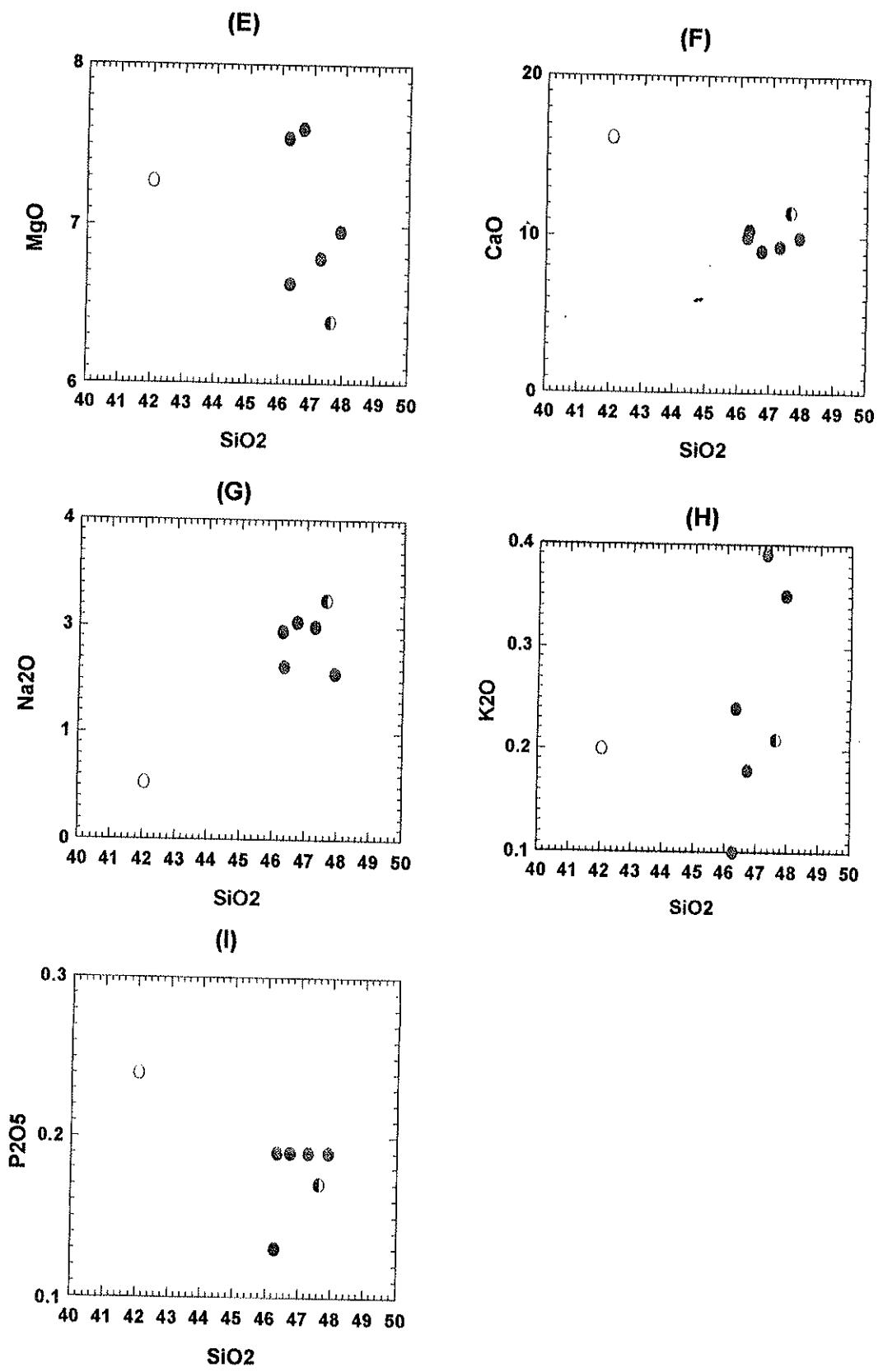
AMOSTRAS	RB-7D	RB-7B	RB-4D	RB-4F	RB-4E	RB-1B	RL-4A
SiO <sub>2</sub>	46.73	47.63	47.29	47.92	46.33	46.29	42.07
TiO <sub>2</sub>	1.25	1.10	1.26	1.27	1.25	1.06	1.68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.51	16.02	16.71	15.87	16.46	17.06	14.79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(T)</sub>	13.35	11.88	12.71	13.23	13.81	12.13	14.12
MnO	0.19	0.17	0.19	0.19	0.20	0.17	0.21
MgO	7.60	6.39	6.79	6.96	6.63	7.54	7.27
CaO	9.03	11.46	9.31	9.90	10.35	9.90	16.14
Na <sub>2</sub> O	2.73	3.00	2.66	2.08	2.17	2.61	0.70
K <sub>2</sub> O	0.18	0.21	0.39	0.35	0.24	0.10	0.20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.17	0.19	0.19	0.19	0.13	0.24
Total	97.76	98.03	97.50	97.96	97.63	96.99	97.42
LOI	2.21	2.02	2.25	1.96	2.20	3.14	1.98
Cr	99	84	91	86	84	139	266
Ni	159	166	157	139	157	161	157
Co	66	73	58	75	68	61	67
V	244	243	247	268	267	230	362
Cu	73	203	91	96	98	84	156
Pb	3.5	5.9	2.2	2.1	5.0	5.0	11.6
Zn	113	95	112	113	115	97	107
Rb	4	2	11	8	4	3	7
Ba	66	41	273	145	83	21	2
Sr	259	324	283	256	282	298	483
Ga	19.2	20.6	18.9	18.7	20.7	18.9	26.5
Nb	4	4	4	4	4	3	6
Zr	102	92	106	105	105	73	151
Y	28	25	29	29	29	25	45
Th	0.5	1.1	-	1.5	0.9	1.2	1.4
U	0.6	0.3	-	0.2	0.8	0.2	0.5

Elementos maiores + LOI = %; Elementos traços = ppm; - = abaixo do limite de detecção

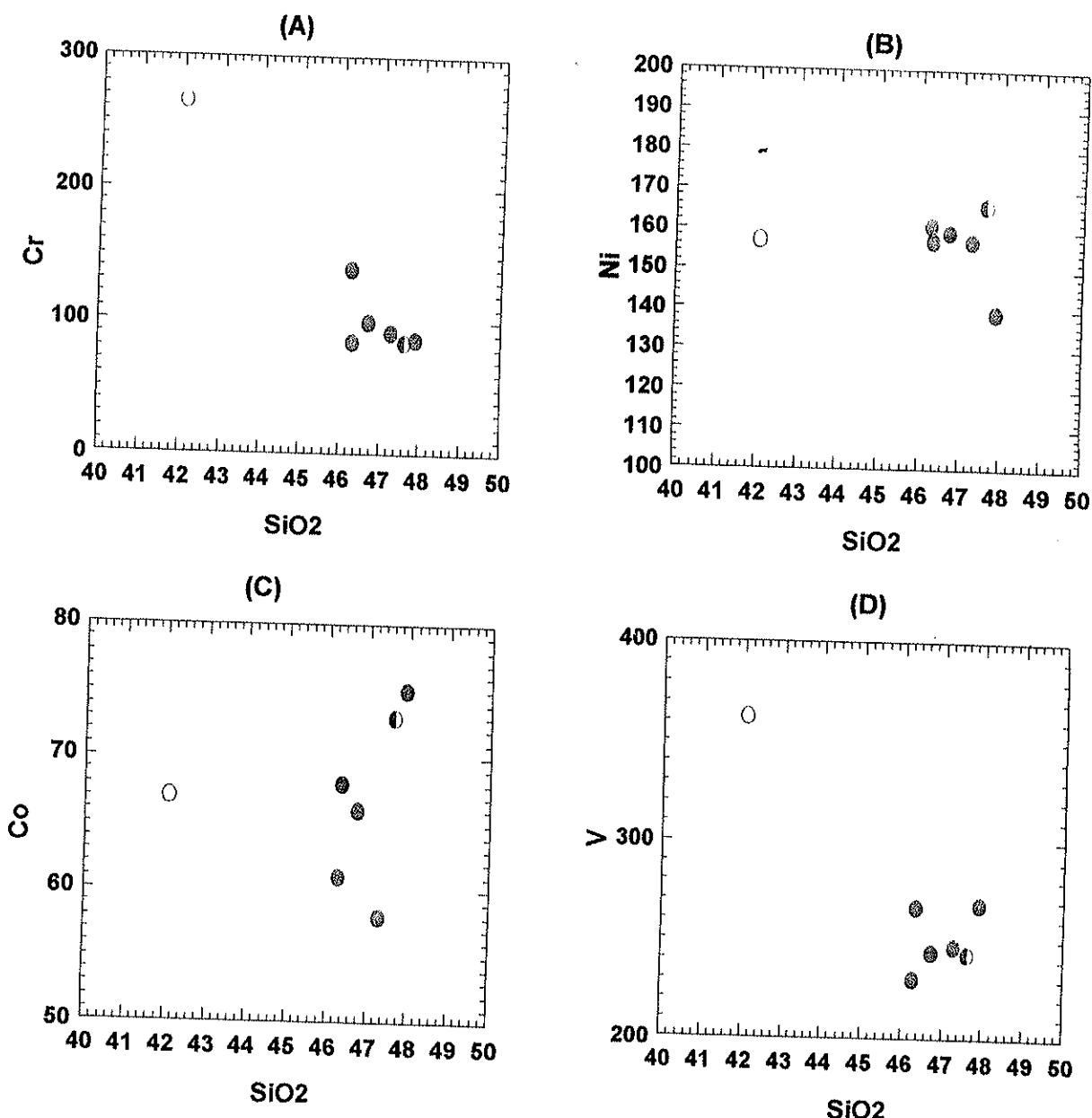
Os cálculos normativos CIPW efetuados com auxílio do programa MINPET 2.02 (Richard, 1988-1996) a partir das análises recalculadas anidras e para a razão Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO de 0,2 são mostrados na Tabela 5-7. Resultaram para os metabasitos normais composições hiperstênio e olivina-normativas de toleítos insaturados. O metabasito carbonatizado (amostra RB-7B) e o anfibolito ultrabásico (amostra RL-4A) mostraram comportamento similar, apresentando normas com nefelina e diopsídio rico em moléculas wolastonita. Estas amostras apresentaram-se isentas de

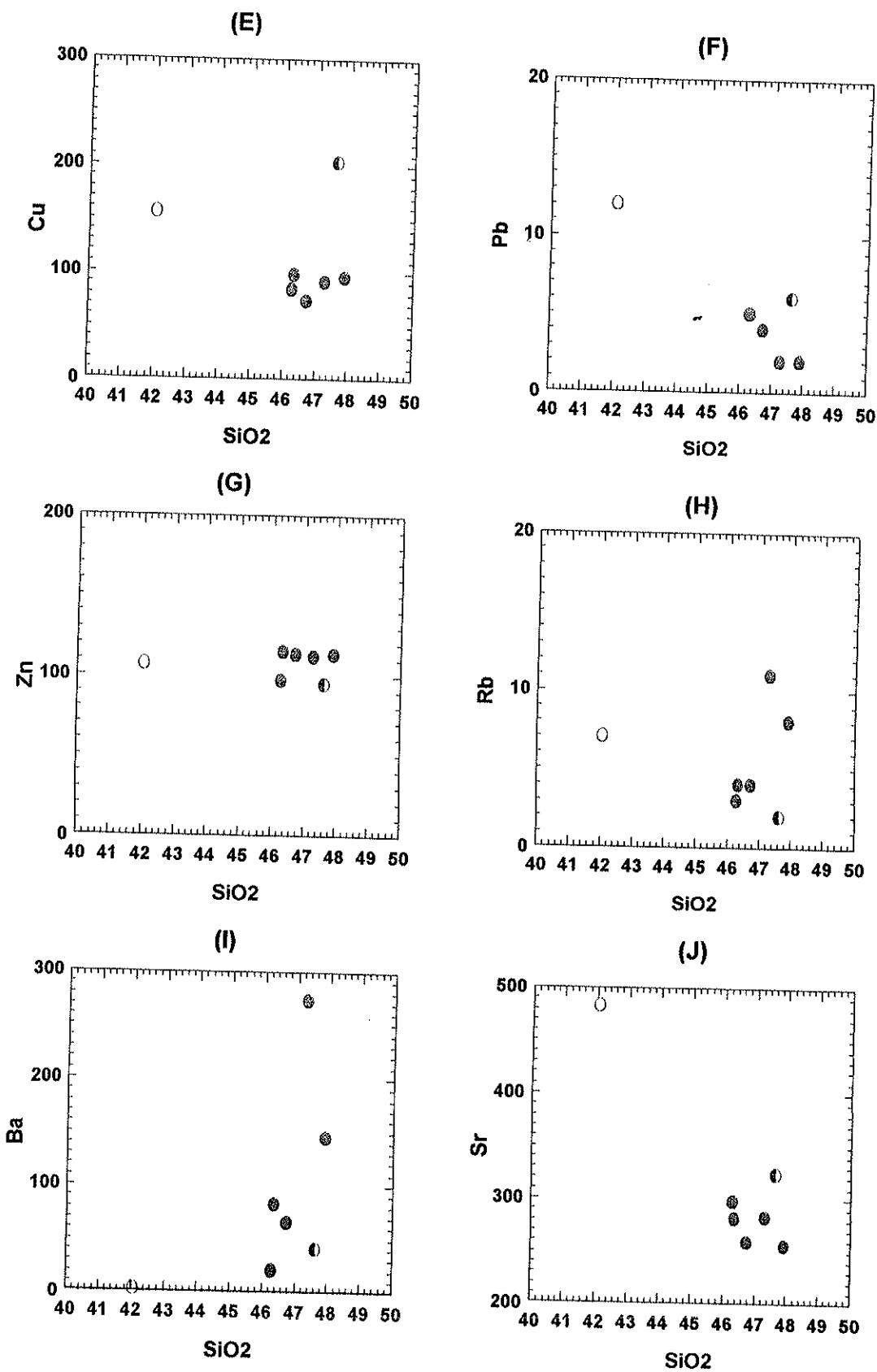
**Fig. 5-19:** Variogramas segundo Harker (1909) para os elementos maiores dos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do setor Central - O : anfibolito ultrabásico (RL-4A); ● : anfibolito carbonatizado (RB-7B); ◉ : demais metabasitos/anfifolitos.

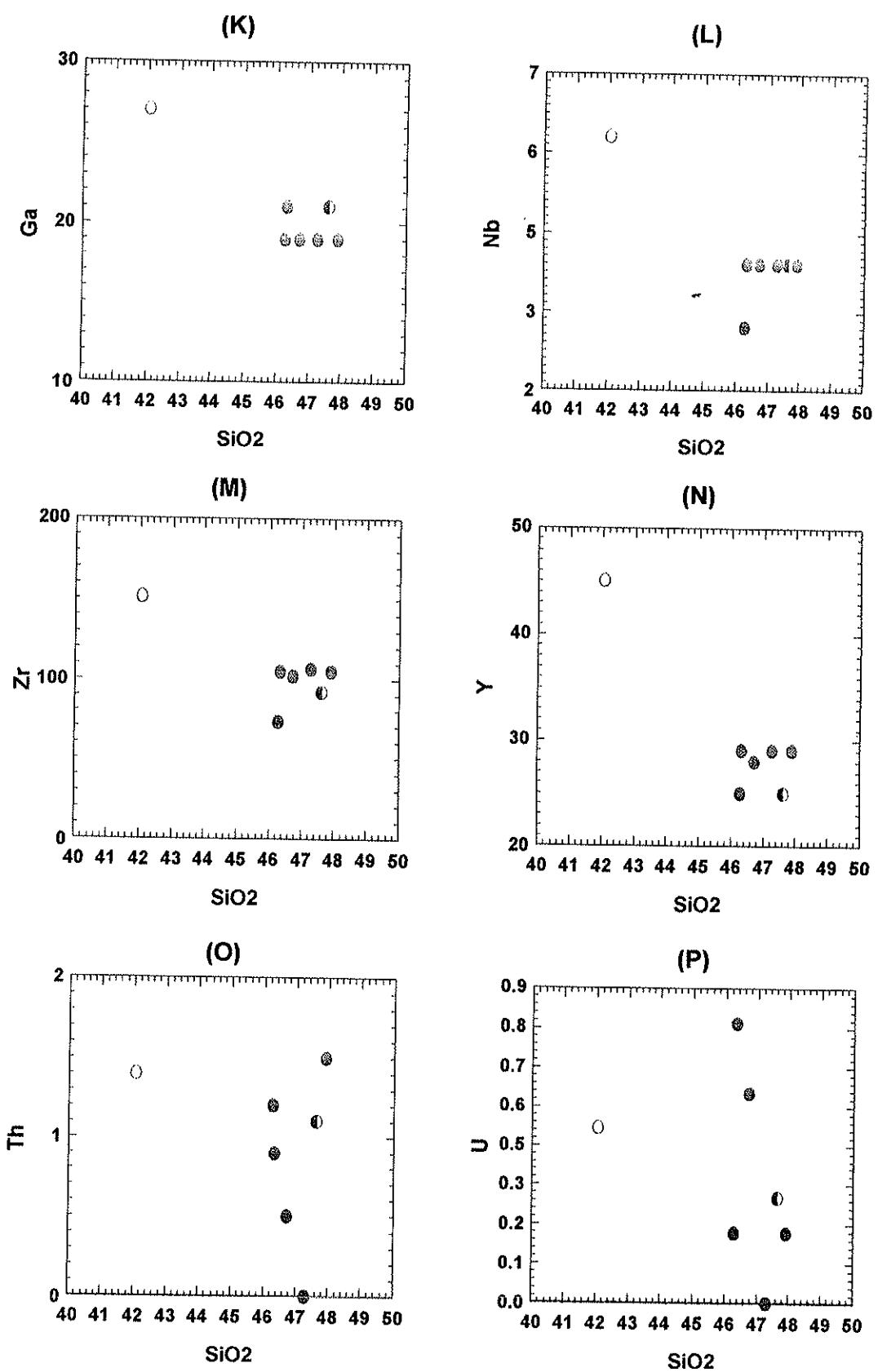




**Fig. 5-20:** Variogramas segundo Harker (1909) para os elementos traços dos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do setor Central - ○ :anfibolito ultrabásico (RL-4A); ● : anfibolito carbonatizado (RB-7B); ◉ : demais metabasitos/anfifolitos.







hiperstênio e, apenas no caso da amostra RL-4A, com baixo teor de albíta normativa. Estas normas são aqui interpretadas como expressão das alterações sofridas, magmáticas e/ou pós-magmáticas e portanto sem significado petrogenético.

**Tabela 5-7:** Composição normativa em percentuais minerais dos anfibolitos miloníticos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica do setor Central.

MINERAIS NORMATIVOS	RB-7D	RB-7B	RB-4D	RB-4F	RB-4E	RB-1B	RL-4A
ORTOCLÁSIO (or)	1,09	1,27	2,37	2,11	1,45	0,61	1,21
ALBÍTA (ab)	23,60	25,67	23,06	17,95	18,79	22,74	2,56
ANORTITA (an)	32,97	30,18	33,29	33,58	35,26	35,57	37,55
NEFELINA (ne)	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90
DIOPSÍDIO (di-wo)	4,90	11,20	5,41	6,45	6,77	5,97	18,05
DIOPSÍDIO (di-en)	2,53	1,64	2,72	3,22	3,24	3,18	9,05
DIOPSÍDIO (Fs)	2,24	5,30	2,56	3,08	3,43	2,60	8,59
HYPERSTÊNIO (hy-en)	6,18	0,00	7,05	12,63	7,34	4,66	0,00
HYPERSTÊNIO (hy-fs)	5,48	0,00	6,62	12,08	7,76	3,82	0,00
OLIVINA (ol-fo)	7,51	7,46	5,34	1,34	4,48	8,12	6,73
OLIVINA (ol-fa)	7,35	7,74	5,54	1,41	5,22	7,35	7,05
MAGNETITA (mt)	3,29	2,93	3,15	3,26	3,42	3,02	3,50
ILMENITA (il)	2,43	2,13	2,46	2,46	2,43	2,08	3,28
APATITA (ap)	0,42	0,38	0,43	0,42	0,42	0,29	0,54
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>						

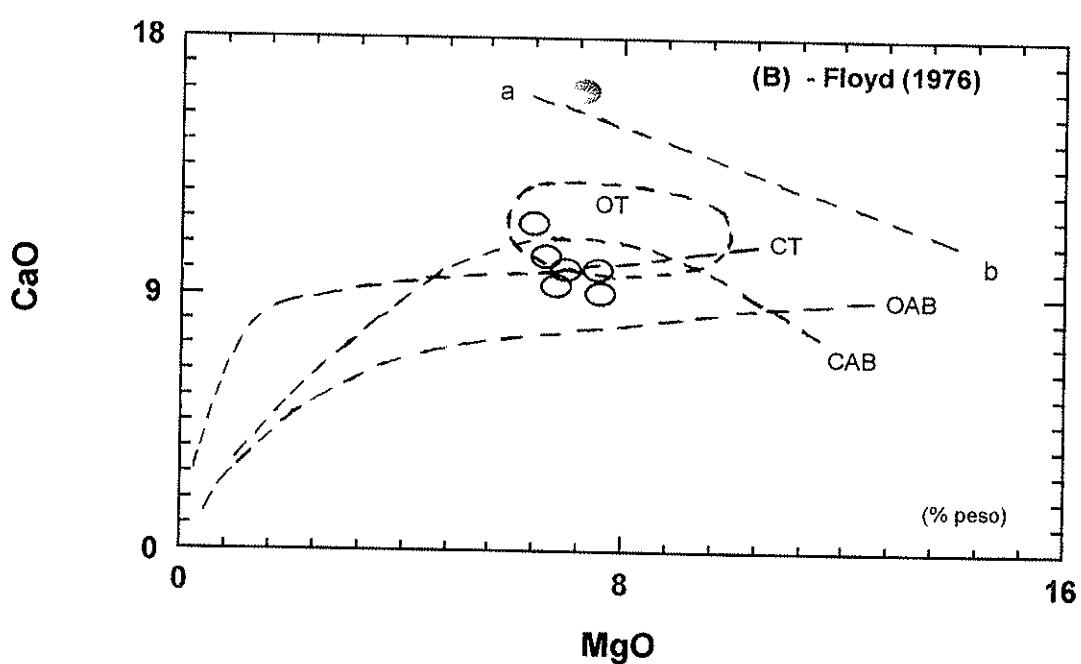
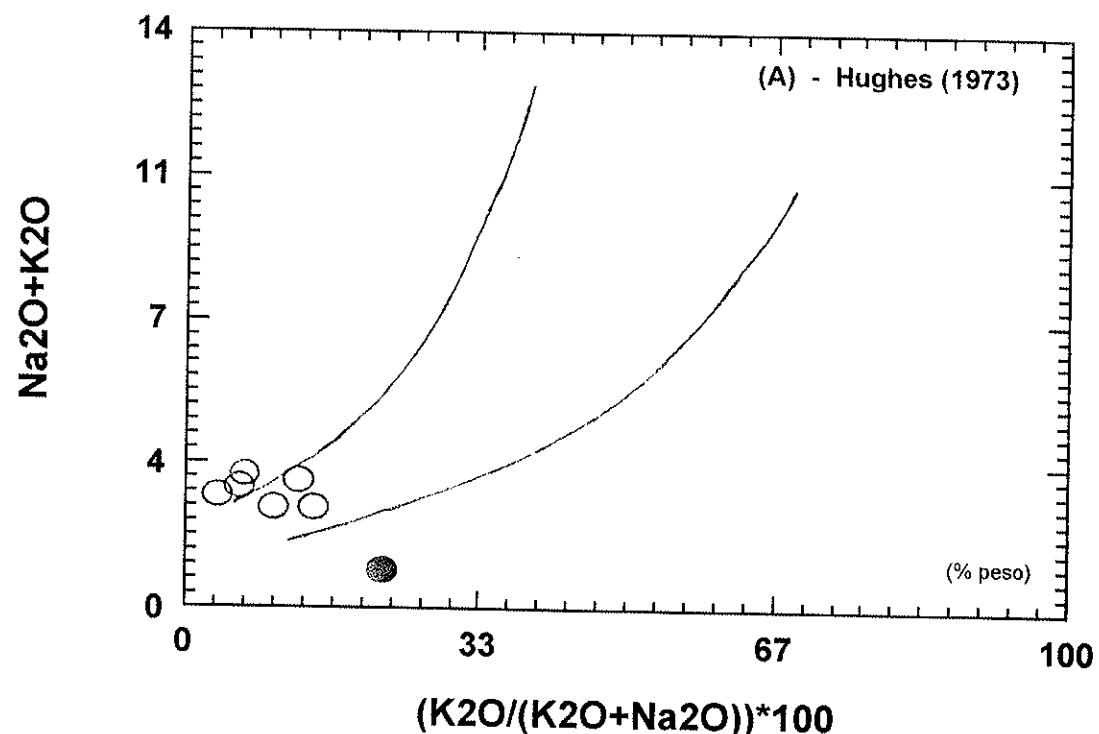
Visando a classificação geoquímica e avaliações preliminares magmatogenéticas e geotectônicas, os dados analíticos foram inicialmente representados em diagramas que separam composições magmáticas de outras afetadas por alterações diversas. Nos diagramas segundo Hughes (1973), Miyashiro (1975), Floyd (1976) e Pearce (1982) a maioria das amostras posicionam-se nos campos de rochas ígneas sem alterações e de fusões basálticas naturais correspondentes. Apenas nos diagramas de Hughes (1973) e Floyd (1976) notam-se o deslocamento nítido do anfibolito ultrabásico (amostra RL-4A) em relação às composições magmáticas comuns, sendo observado ainda no primeiro, alguns metabasitos enriquecidos em álcalis, principalmente Na, em

relação ao "espectro ígneo" como prováveis efeitos de leve espilitização (Fig. 5-21:A,B).

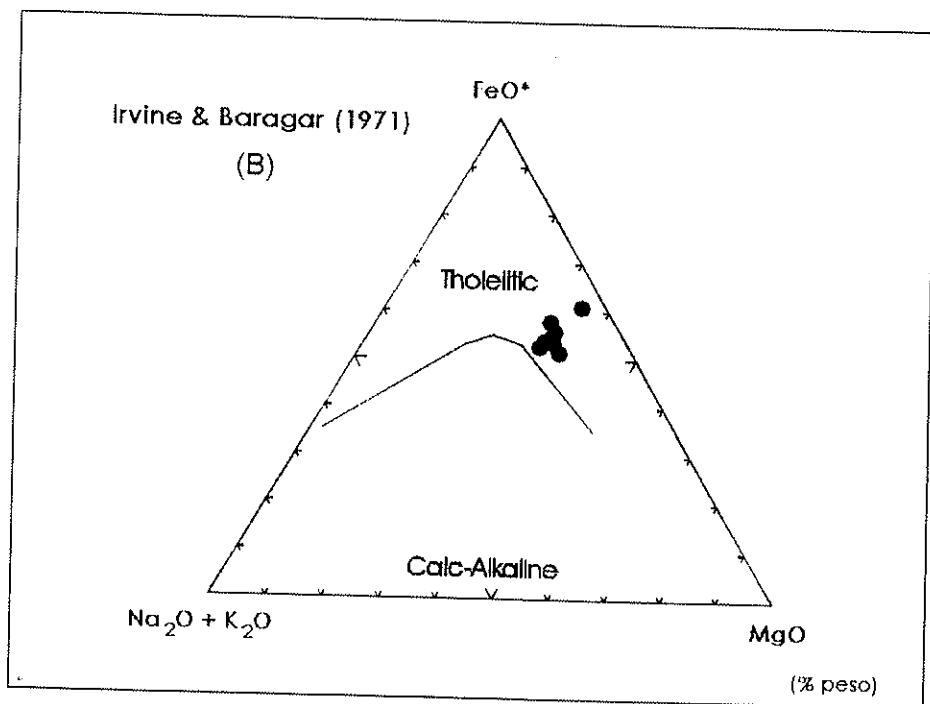
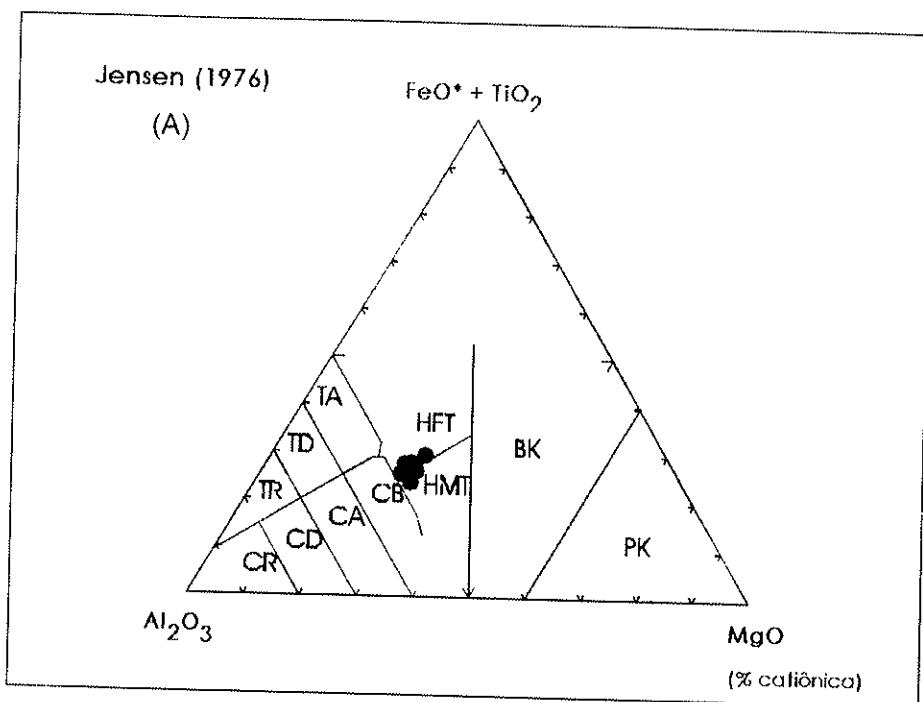
Nos diagramas de classificação todas as amostras situam-se nos campos das rochas toleíticas e/ou de basaltos sub-alcalinos (Fig. 5-22:A,B); no diagrama TAS (Le Maitre, 1989) o anfibolito ultrabásico cai no campo dos picrobasaltos e os demais metabasitos no campo dos basaltos. Nos diagramas de interpretações geotectônicas de Pearce & Cann (1973) e Shervais (1982) ficam ressaltadas características de toleítos de fundo oceânico, eventualmente de bacia de retro-arco (Figs. 5-23:A,B). O variograma multielementar extendido, segundo Taylor & MacLennan (1985), indica processos magmatogênicos de fusão parcial com fator de enriquecimento dos principais elementos incompatíveis em torno de 10 em relação ao manto primordial e alterações magnéticas de fracionamento de olivina e crômio-espinélios/cromita durante a ascensão indicados pelas anomalias negativas de Ni e Cr, respectivamente. Indica ainda alterações posteriores hidrotermais, de intemperismo subaquático e/ou metamórfico-metassomáticas pelas variações mais fortes e irregulares dos principais elementos incompatíveis e/ou mais móveis Ba, Rb, Th, U e Pb (Fig. 5-24), confirmando no geral as observações nos diagramas segundo Harker (1909), representados nas Figuras 5-19 e 5-20.

Estas características geoquímicas de fato são bastante comuns em rochas metabásicas de seqüências vulcâno-sedimentares arqueanas e paleoproterozóicas do Brasil (Schorscher, 1992; Matos, 1994, entre outros) e de terrenos precambrianos antigos análogos de outros continentes (por ex.: Condie, 1981; 1992; 1994, entre outros). Seqüências desta natureza, constituem-se globalmente em importantes metalotectos, sendo ou não especializados e portadores de jazidas de ouro e sulfetos de metais base, com associações por exemplo do tipo Au-As como é o

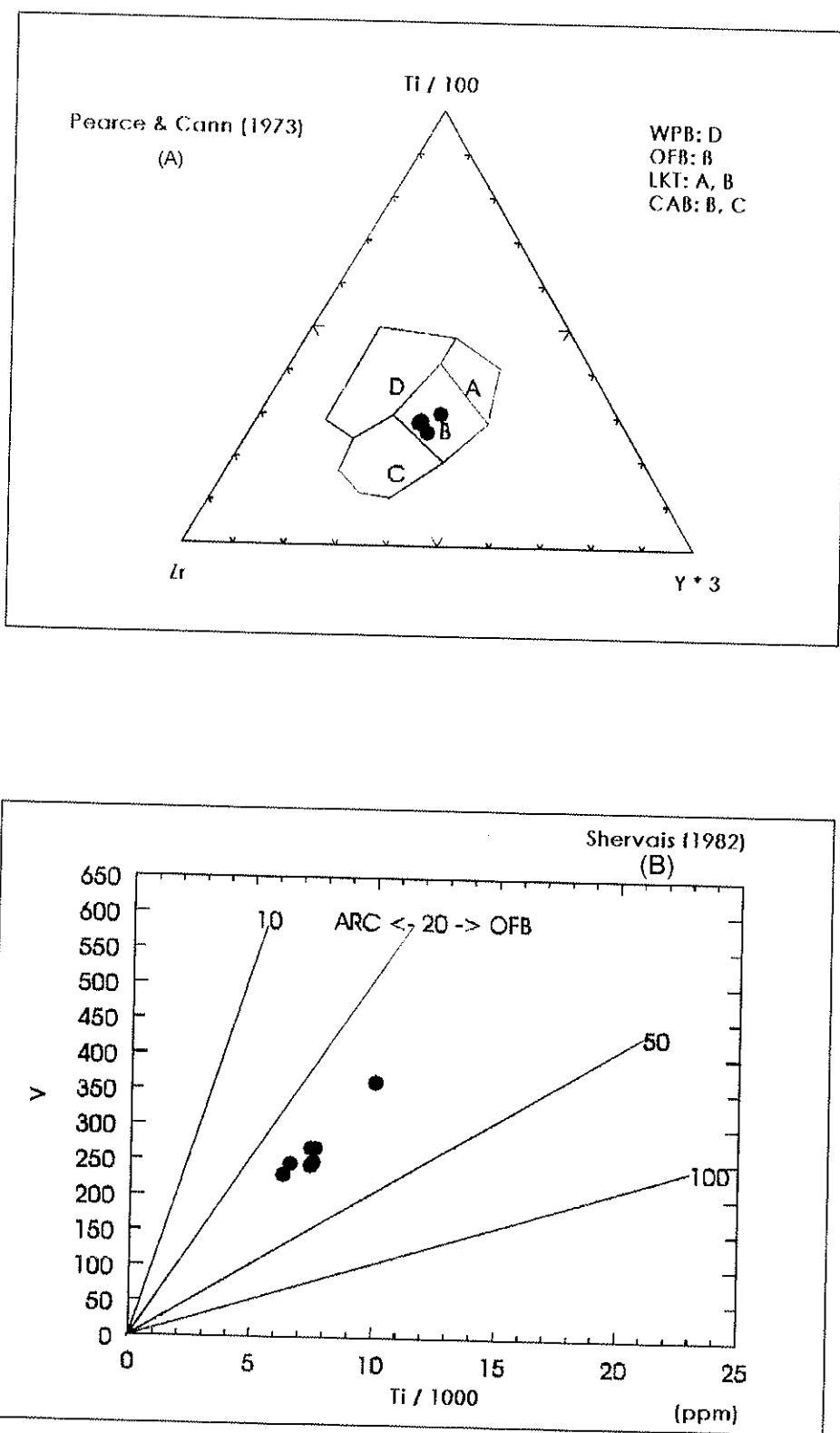
**Fig.5-21:** Representação dos metabasitos/anfibolitos miloníticos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar nos diagramas de alterações relacionadas a processos pós-magmáticos, segundo Hughes (1973) e Floyd (1976). OBS: em (A) o campo entre as curvas representam o espectro ígneo e em (B) a curva ab representa misturas epidoto-clorita; ● = amostra RL-4A.



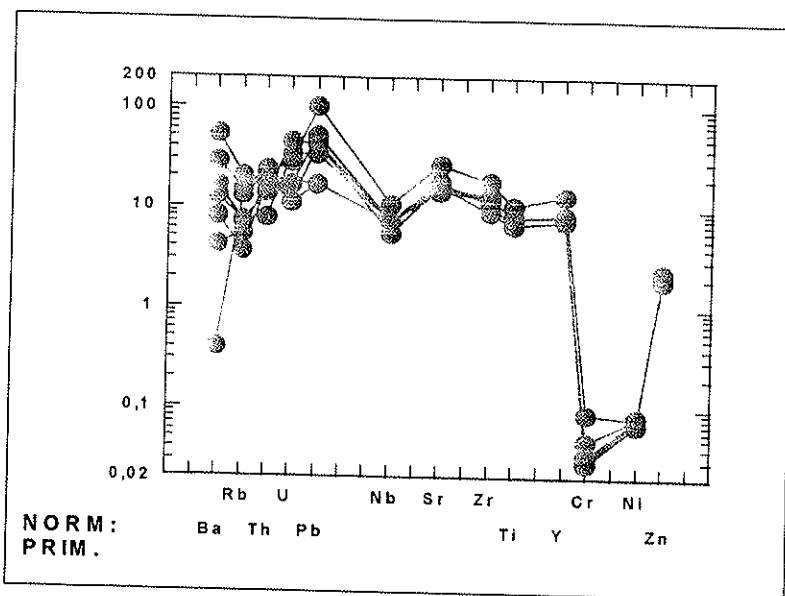
**Fig. 5-22:** Representação de metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar em diagramas de classificação de Jensen (1976) e Irvine & Baragar (1971).



**Fig. 5-23:** Representação de metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcânico-Sedimentar em diagramas de interpretações geotectônicas de Pearce & Cann (1973) e Shervais (1982).



caso de uma grande parte dos greenstone belts arqueanos do Brasil (Schobbenhaus, 1988; Ladeira, 1991; Schorscher, 1992; Abreu, 1995), de sulfetos magmáticos de Ni-Cu-Fe com Au(Ag) e EGP associados (tipo Cambalda e Fortaleza de Minas), ou ainda de sulfetos vulcano-exalativos de Cu-Zn-Fe com Au(Ag) associados (p.ex.: Windley, 1981).



**Fig. 5-24:** Variograma multielementar, normatizado segundo Taylor & MacLennan (1985), dos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar.

No caso das rochas estudadas apenas um metabasito/anfibolito apresenta uma anomalia de ca. de 200 ppm de Cu sendo anômalo também em Sr (Tabela 5-6; Fig. 5-20:E,J). A anomalia de Cu detectada indica processos mineralizantes. Entretanto, para inferências mais significativas sobre o potencial metalogenético da seqüência metavulcano-sedimentar reconhecida e estudada nesse trabalho, deverá ser extendido o programa analítico para os metabasitos de forte alteração hidrotermal-metassomática e aos metatufo, incluindo elementos adicionais específicos como por exemplo As, W, Sb, Se, Te, Au, Ag.

5.5.2 INTRUSÃO DIFERENCIADA GABRO-ANORTOSITO-GRANOFÍRICA DA SERRA DA ALEGRIA

Desta intrusão foram analisadas no total 24 amostras: 11 gabros, 6 anortositos, 5 granofiro e 2 veios ácidos diferenciados intrusivos nos gabros. No grupo dos gabros foram incluídos gabros homogêneos normais (6 amostras), gabros texturalmente heterogêneos (2 amostras) e uma amostra de cada um dos seguintes subtipos compostacionais: melagabro, leucogabro e gabro granofírico. No caso dos anortositos distinguem-se dois tipos principais: anortositos homogêneos típicos (3 amostras) e anortositos textural e composicionalmente heterogêneos transicionais para leucogabros (3 amostras).

Os objetivos específicos dos estudos litogeоquímicos dessas rochas foram a verificação e a complementação das evidências geológicas e petrográficas quanto a natureza do complexo diferenciado intrusivo da serra da Alegria e o estabelecimento, ainda que hipoteticamente, das relações magmatogênicas e petrogenéticas entre os litotipos constituintes estudados, uma vez que as relações de campo (afloramentos de tipo mar de blocos parautóctones) não permitiram amostragens *in situ* de seqüências de diferenciação contíguas como tais caracterizadas. Em seguida, serão verificadas as possíveis indicações metalogenéticas.

Todos os dados analíticos estão apresentados na Tabela 5-8. Os gabros (Tab. 5-8:A) têm composição básica, excetuando-se o melagabro (amostra RS-4A) de composição ultrabásica e o gabro granofírico de composição intermediária (amostra RS-12B). Os veios de rochas meta-ácidas intrusivas nos gabros (Tab. 5-8:A, amostras RS-7/1B e RS-12C) têm características em comum, sendo ambos perquartzosos ( $\text{SiO}_2 > 75\%$ ) e fortemente sódicos ( $\text{Na}_2\text{O} > 5\%$ ). Entretanto, um apresenta-se sodi-cálcico isento de K e o

**Tabela 5-8:A** - Dados geoquímicos de melagabro (1), gatros (2), leucogabro (3), gабro granofírico (4) e veios ácidos intrusivos nos gabros (5), da Intrusão da Serra da Alegria do setor Central.

AMOSTRAS	RS-7C <sup>(3)</sup>	RS-7J(B) <sup>(2)</sup>	RS-7M <sup>(2)</sup>	RS-4A <sup>(1)</sup>	RS-7/1C <sup>(2)</sup>	RS-7/1B <sup>(5)</sup>	RS-7/2A <sup>(2)</sup>
SiO <sub>2</sub>	49.02	46.34	45.19	44.44	47.48	75.40	48.00
TiO <sub>2</sub>	1.52	2.16	1.90	1.82	2.22	0.29	1.99
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.33	15.22	14.26	13.26	13.49	12.45	14.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(T)</sub>	10.67	16.52	17.34	17.72	17.36	2.12	15.43
MnO	0.14	0.19	0.19	0.19	0.22	0.02	0.20
MgO	2.95	5.47	6.57	7.27	5.50	0.10	5.31
CaO	10.09	10.59	9.79	10.78	9.12	3.66	9.20
Na <sub>2</sub> O	2.81	2.21	2.33	1.41	2.41	5.23	2.56
K <sub>2</sub> O	0.96	0.28	0.53	0.09	0.59	0.01	0.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.35	0.18	0.17	0.09	0.31	0.05	0.31
Total	97.84	99.16	98.27	97.07	98.70	99.33	98.00
LOI	1.42	0.92	0.93	2.58	1.40	0.73	1.26
Cr	15	18	113	50	41	4	93
Ni	19	56	96	145	39	-	61
Co	44	76	73	75	74	106	67
V	231	530	553	726	558	18	388
Cu	57	133	198	317	138	12	127
Pb	4.3	5.1	4.6	5.0	8.0	18.0	4.4
Zn	93	121	115	123	146	13	130
Rb	34	7	16	3	22	2	8
Ba	275	127	313	520	242	46	130
Sr	543	463	414	431	371	276	438
Ga	22.1	22.2	21.7	20.4	22.0	15.4	22.4
Nb	5	4	3	3	6	12	5
Zr	100	73	60	37	109	257	106
Y	25	21	18	14	33	35	26
Th	3.3	2.8	2.8	1.7	2.7	16.1	3.2
U	1.3	0.4	0.3	0.1	0.8	1.8	-

Elementos maiores + LOI = %; Elementos traços = ppm; - = abaixo do limite de detecção

**Tabela 5-8:A** - continuação.

AMOSTRAS	RS-7/3 <sup>(2)</sup>	RS-7/4A <sup>(2)</sup>	RS-7/4B <sup>(2)</sup>	RS-7/6 <sup>(2)</sup>	RS-12B <sup>(4)</sup>	RS-12C <sup>(6)</sup>
SiO <sub>2</sub>	47.83	47.40	48.25	46.74	57.23	76.25
TiO <sub>2</sub>	2.26	2.15	2.17	2.26	1.84	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.39	12.31	12.76	13.13	12.79	12.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(T)</sub>	17.15	16.78	16.82	18.55	12.84	3.02
MnO	0.22	0.24	0.24	0.22	0.23	0.04
MgO	5.44	6.13	5.54	6.03	2.30	0.17
CaO	9.32	10.26	9.74	9.71	5.71	1.23
Na <sub>2</sub> O	2.62	2.40	2.53	2.45	3.81	5.89
K <sub>2</sub> O	0.48	0.64	0.55	0.33	1.87	1.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.29	0.28	0.38	0.25	0.97	0.04
Total	99.00	98.59	98.98	99.67	99.59	100.26
LOI	0.33	0.64	0.52	0.68	0.48	0.20
Cr	32	13	14	23	1	1
Ni	37	44	30	47	-	-
Co	60	66	60	75	49	56
V	529	490	428	645	66	5
Cu	89	166	133	170	-	17
Pb	7.1	8.1	7.5	6.5	14.1	19.2
Zn	139	135	141	134	163	34
Rb	16	21	17	11	63	16
Ba	292	428	393	201	897	400
Sr	410	387	428	377	377	158
Ga	23.0	19.9	20.9	20.3	23.0	15.6
Nb	5	5	6	5	10	12
Zr	102	103	122	87	290	487
Y	28	31	35	25	62	54
Th	2.5	2.7	2.9	1.1	8.9	15.8
U	-	0.9	0.1	1.1	0.6	2.3

**Tabela 5-8:B** - Dados geoquímicos de metaanortositos homogêneos (1) e heteroegênicos (2) da Intrusão da Serra da Alegria do setor Central.

AMOSTRAS	RS-7J(A) <sup>(2)</sup>	RS-7A <sup>(1)</sup>	RS-7/2B <sup>(2)</sup>	RS-7/5 <sup>(2)</sup>	RS-7/8 <sup>(1)</sup>	RS-11 <sup>(1)</sup>
SiO <sub>2</sub>	49.76	49.94	49.30	49.24	50.81	51.37
TiO <sub>2</sub>	0.78	0.17	0.96	0.53	0.17	0.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.60	27.24	22.36	25.81	27.81	28.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(T)</sub>	5.96	2.90	7.06	4.07	2.43	1.77
MnO	0.08	0.03	0.09	0.05	0.03	0.02
MgO	1.89	1.76	1.78	1.25	1.43	0.88
CaO	11.20	12.18	11.44	11.31	12.20	12.55
Na <sub>2</sub> O	3.25	3.41	4.19	3.44	3.76	3.81
K <sub>2</sub> O	1.06	0.11	0.83	1.66	0.26	0.22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.04	0.19	0.11	0.05	0.04
Total	97.78	97.78	98.20	97.47	98.95	99.00
LOI	1.48	1.78	1.98	1.63	1.07	0.97
Cr	4	5	17	12	8	13
Ni	13	38	27	7	21	21
Co	41	39	38	37	31	30
V	139	24	185	90	18	23
Cu	30	17	83	34	30	38
Pb	4.5	2.6	6.4	3.3	2.1	1.1
Zn	53	28	58	39	25	21
Rb	29	3	25	47	4	5
Ba	356	92	291	513	121	107
Sr	661	679	628	647	693	721
Ga	21.4	17.1	18.8	18.2	17.9	17.9
Nb	3	2	4	3	2	1
Zr	59	15	58	32	13	13
Y	14	3	15	8	3	4
Th	1.5	-	1.5	0.3	0.9	1.0
U	-	0.1	0.5	-	-	0.4

Elementos maiores + LOI = %; Elementos traços = ppm; - = abaixo do limite de detecção

**Tabela 5-8:C** - Dados geoquímicos de metagranofiros da Intrusão da Serra da Alegria do setor Central.

AMOSTRAS	RS-12A	RST-3	SA-3	RS-4B	RS-3C
SiO <sub>2</sub>	68.10	73.30	74.27	73.09	74.96
TiO <sub>2</sub>	0.60	0.47	0.32	0.39	0.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.54	12.64	12.17	12.32	12.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(T)</sub>	7.64	3.27	3.12	3.63	2.73
MnO	0.17	0.09	0.08	0.09	0.04
MgO	0.15	0.34	0.09	0.19	0.20
CaO	2.30	1.17	0.89	1.02	0.43
Na <sub>2</sub> O	4.04	4.07	3.77	3.71	3.86
K <sub>2</sub> O	3.90	4.52	4.68	4.60	4.90
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.07	0.03	0.05	0.02
Total	99.53	99.94	99.42	99.09	99.45
LOI	0.30	0.46	0.23	0.44	0.31
Cr	-	3	7	3	7
Ni	-	-	-	-	-
Co	43	55	60	76	76
V	3	11	6	7	6
Cu	2	9	4	8	10
Pb	15.6	24.0	28.9	29.0	28.5
Zn	153	77	90	103	111
Rb	117	153	156	162	163
Ba	1263	1208	1225	1264	1283
Sr	247	114	91	119	48
Ga	23.3	16.8	18.3	19.0	18.1
Nb	17	17	19	18	19
Zr	478	399	461	422	453
Y	70	53	62	66	66
Th	12.8	14.6	17.1	16.4	18.5
U	1.7	3.5	3.5	3.2	3.7

outro com teores intermediários de Ca e K. O primeiro intrude gabros normais e o segundo, gábro granofírico. Assim, os dados geoquímicos retratam fielmente as características mineralógicas e as relações geológicas desses veios, sendo aquele isento de feldspato potássico relacionado à um gábro normal pobre em K (Tab. 5-8:A, amostras RS-7/1B e RS-7/1C) e o outro, portador de pertita, relacionado à um gábro granofírico rico em K (Tab. 5-8:A, amostras RS-12C e RS-12B).

As análises normativas dos gabros e veios metaácidos associados estão contidas na Tabela 5-9:A. As variações dos gabros condizem com as observações petrográficas, assim, apenas o leucogábro e o gábro granofírico mostram teores mais significativos (ainda que disparos) de **q** associados a teores elevados de **or** (> 5%). Os demais gabros são **ol** normativos com excessão de um gábro heterogêneo que apresenta baixos teores de **q** (0,26%); todos são relativamente pobres em **or** (<4%) e as variações mais significativas referem-se às proporções e composições dos principais minerais normativos, plagioclásios, orto e clinopiroxênios e olivinas. Os dois veios metaácidos apresentam normas entre si compatíveis dominadas por **q**, **ab** e **an**, sendo que as principais diferenças residem na abundância versus virtual ausência de **or**.

Os anortositos (Tab. 5-8:B) têm todos composições básicas com estreita faixa de variação composicional de SiO<sub>2</sub>; os dois subgrupos litológicos de anortositos homogêneos e heterogêneos distinguem-se principalmente por teores mais altos de Ti, Fe<sub>tot.</sub>, K, V, Zn, Ba, Nb, Zr e Y e mais baixos de Al e Ca, nos anortositos heterogêneos. Os dados normativos (Tab. 5-9:B) também retratam as diferenças mineralógicas e geoquímicas dos dois subgrupos, sendo os anortositos heterogêneos sistematicamente mais ricos em **or**, **cpx**, **ol**, **mt**, **il**, e **ap**,

apresentando-se ainda em dois casos, portadores de **ne** e desprovidos de **opx**.

**Tabela 5-9:A** - Composição normativa em percentuais minerais de gabros (2) da Intrusão da Serra da Alegria, incluindo melagabro (1), leucogabro (3), gábro granofírico (4) e veios ácidos intrusivos (5).

<b>MINERAIS NORMATIVOS</b>	<b>RS-7C<sup>(3)</sup></b>	<b>RS-7J(B)<sup>(2)</sup></b>	<b>RS-7M<sup>(2)</sup></b>	<b>RS-4A<sup>(1)</sup></b>	<b>RS-7/1C<sup>(2)</sup></b>	<b>RS-7/1B<sup>(5)</sup></b>	<b>RS-7/2A<sup>(2)</sup></b>
QUARTZO (q)	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	39,03	0,26
ORTOCLÁSIO (or)	5,80	1,67	3,19	0,55	3,54	0,06	1,57
ALBITA (ab)	24,27	18,84	20,04	12,28	20,64	44,50	22,08
ANORTITA (an)	38,07	31,00	27,32	30,44	24,53	10,52	28,50
DIOPSÍDIO (di-wo)	4,60	8,74	8,81	10,07	8,13	1,67	6,78
DIOPSÍDIO (di-en)	1,73	3,60	3,83	4,53	3,26	0,25	2,84
DIOPSÍDIO (Fs)	2,95	5,20	4,97	5,48	4,95	1,57	3,97
HYPERSTÊNIO (hy-en)	5,81	6,17	2,65	9,16	8,91	0,00	10,71
HYPERSTÊNIO (hy-fs)	9,91	8,92	3,44	11,09	13,53	0,00	14,96
OLIVINA (ol-fo)	0,00	2,82	7,17	3,52	1,23	0,00	0,00
OLIVINA (ol-fa)	0,00	4,49	10,27	4,70	2,07	0,00	0,00
MAGNETITA (mt)	2,64	4,02	4,26	4,41	4,25	1,04	3,80
ILMENITA (il)	2,95	4,14	3,67	3,56	4,27	0,55	3,86
APATITA (ap)	0,78	0,40	0,38	0,20	0,69	0,11	0,69
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>99,30</b>	<b>100,00</b>

**Tabela 5-9:A** - Continuação.

**Tabela 5-9:B** - Composição normativa em percentuais minerais de anortositos homogêneos (1) e heterogêneos (2) da intrusão da Serra da Alegria do setor Central.

MINERAIS NORMATIVOS	RS-7J(A) <sup>(2)</sup>	RS-7A <sup>(1)</sup>	RS-7/2B <sup>(2)</sup>	RS-7/5 <sup>(2)</sup>	RS-7/8 <sup>(1)</sup>	RS-11 <sup>(1)</sup>
ORTOCLÁSIO (or)	6,41	0,67	5,00	10,07	1,55	1,31
ALBITA (ab)	28,09	29,47	27,71	24,23	32,12	32,53
ANORTITA (an)	47,67	59,96	40,43	51,31	58,78	59,67
NEFELINA (ne)	0,00	0,00	4,53	3,04	0,00	0,00
DIOPSÍDIO (di-wo)	3,33	0,68	6,79	2,35	0,89	1,26
DIOPSÍDIO (di-en)	1,34	0,36	2,41	0,93	0,46	0,61
DIOPSÍDIO (Fs)	2,03	0,31	4,54	1,45	0,40	0,63
HYPERSTÊNIO (hy-en)	1,80	3,51	0,00	0,00	0,82	1,45
HYPERSTÊNIO (hy-fs)	2,73	3,04	0,00	0,00	0,72	1,49
OLIVINA (ol-fo)	1,18	0,44	1,49	1,59	1,63	0,11
OLIVINA (ol-fa)	1,98	0,43	3,09	2,74	1,58	0,12
MAGNETITA (mt)	1,47	0,71	1,74	1,01	0,60	0,42
ILMENITA (il)	1,52	0,33	1,86	1,03	0,33	0,31
APATITA (ap)	0,45	0,09	0,42	0,25	0,11	0,09
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Os granofiros (Tab. 5-8:C) constituem um grupo bastante homogêneo de rochas ácidas graníticas com certa excessão para a amostra RS-12A, que se afasta de forma mais significativa do restante da população analítica na maioria dos elementos, sem fugir entretanto das tendências geoquímicas gerais. A mesma homogeneidade e tendências evolutivas são observadas nas análises normativas (Tab. 5-9:C).

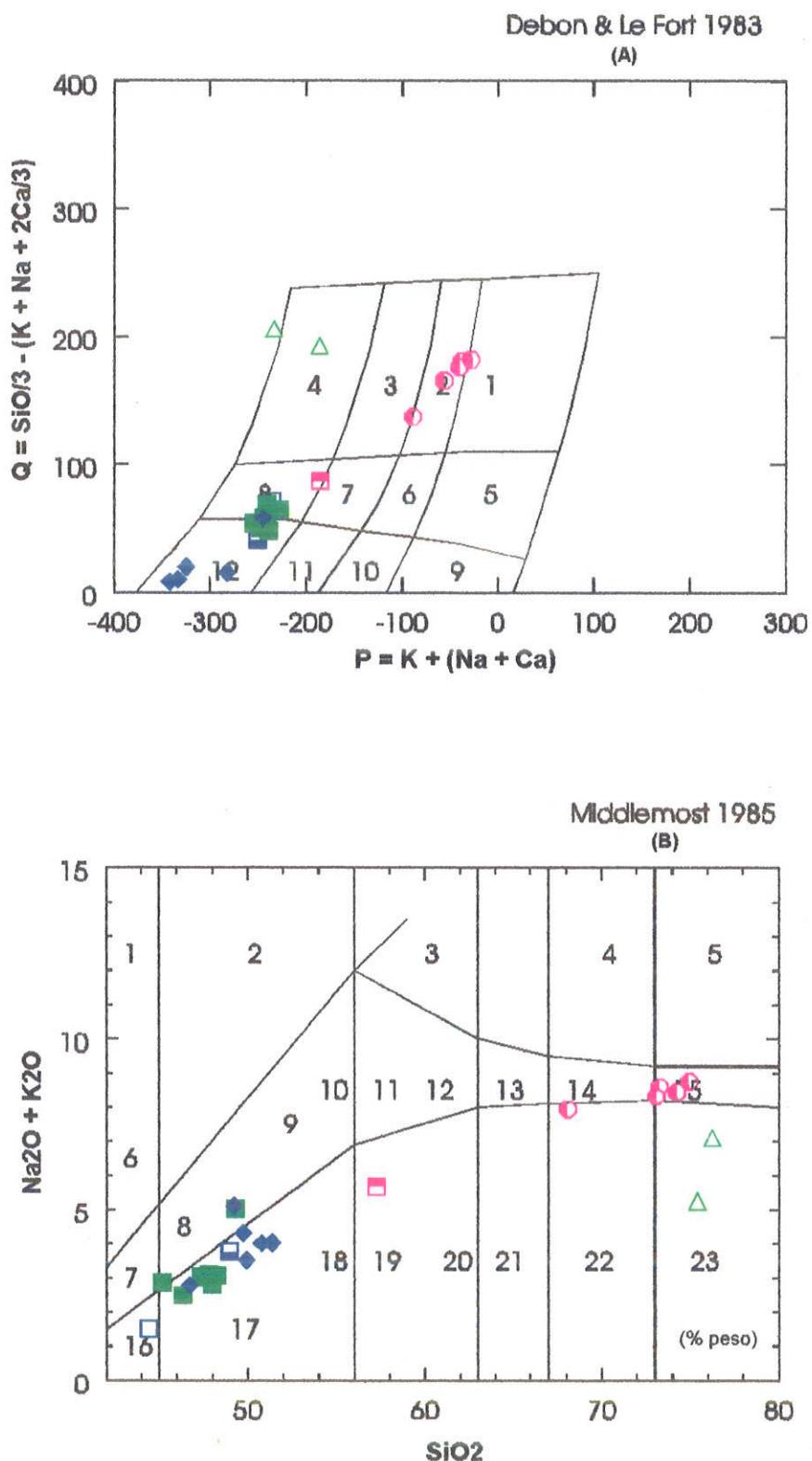
**Tabela 5-9:C** - Composição normativa em percentuais minerais de granófiros da Intrusão da Serra da Alegria do setor Central.

MINERAIS NORMATIVOS	RS-12A	RST-3	SA-3	RS-4B	RS-3C
QUARTZO (q)	23,28	28,96	31,90	30,83	31,98
ORTOCLÁSIO (or)	23,18	26,75	27,84	27,46	29,14
ALBITA (ab)	34,31	34,42	32,05	31,64	32,80
ANORTITA (an)	4,55	2,83	2,44	3,37	1,05
DIOPSÍDIO (di-wo)	2,67	1,07	0,76	0,60	0,41
DIOPSÍDIO (di-en)	0,16	0,29	0,07	0,09	0,08
DIOPSÍDIO (Fs)	2,82	0,84	0,78	0,57	0,36
HYPERSTÊNIO (hy-en)	0,22	0,56	0,16	0,39	0,42
HYPERSTÊNIO (hy-fs)	3,76	1,65	1,81	2,42	1,88
MAGNETITA (mt)	3,71	1,58	1,52	1,77	1,33
ILMENITA (il)	1,15	0,89	0,61	0,75	0,50
APATITA (ap)	0,20	0,15	0,07	0,11	0,04
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Os dados de todos os litotipos analisados da Intrusão da Serra da Alegria foram tratados conjuntamente em diagramas de classificação, alguns com enfoque em complexos intrusivos estratiformes, para verificar as características geoquímicas da associação estudada em relação as tendências de séries de diferenciação magmática típicas. No diagrama segundo Debon & Le Fort (1983) as rochas da Intrusão da Serra da Alegria distribuem-se em três grupos distintos (Fig. 5-25:A), compreendendo: 1) gabros e anortositos nos campos 8 e 12, respectivamente de quartzo dioritos e dioritos; 2) veios ácidos intrusivos nos gabros, no campo 4 de tonalitos e trondhjemitos e 3) granofiro no campo 2 de adamelitos/granitos 3b IUGS. Desse diagrama depreendem-se ainda como inferências petrogenéticas sustentadas pelas evidências geológicas e petrográficas, as seguintes relações evolutivas:

- os anortositos formam-se por fracionamento de plagioclásio a partir dos gabros como magma parental, sendo o leucogabro um termo transicional de diferenciação;
- os veios ácidos (intrusivos nos gabros) representam diferenciados finais em pequenas quantidades, por forte enriquecimento de sílica e plagioclásio sódico (fracionamento de plagioclásio cálcico e de minerais ferro-magnesianos), a partir do mesmo magma parental gábrico que originou os anortositos;
- os granofiro formam-se por uma segunda tendência de diferenciação acarretando o enriquecimento simultâneo de quartzo e feldspato alcalino ou, mais provavelmente, face as relações volumétricas quantitativas de campo, por realimentação da câmara magmática com um magma ácido de tendências alcalinas e misturas magmáticas com restos da fusão gábrica. O gabro granofírico e o granofiro mais "pobre" em sílica (amostra RS-12A, Tab. 5-8:C) seriam termos transicionais de mistura.

**Fig. 5-25:** Diagramas de classificação para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria, incluindo gabros (**■**); melagabro (**□**); leucogabro (**■**); gabro granofírico (**■**); veios ácidos intrusivos nos gabros (**△**); anortositos (**◆**) e granofiro (**●**). Indicam as tendências evolutivas distintas e o caráter sub-alcalino dos gabros e veios ácidos associados, assim como dos anortositos, e ainda a tendência sub-alcalina dos granofiros.

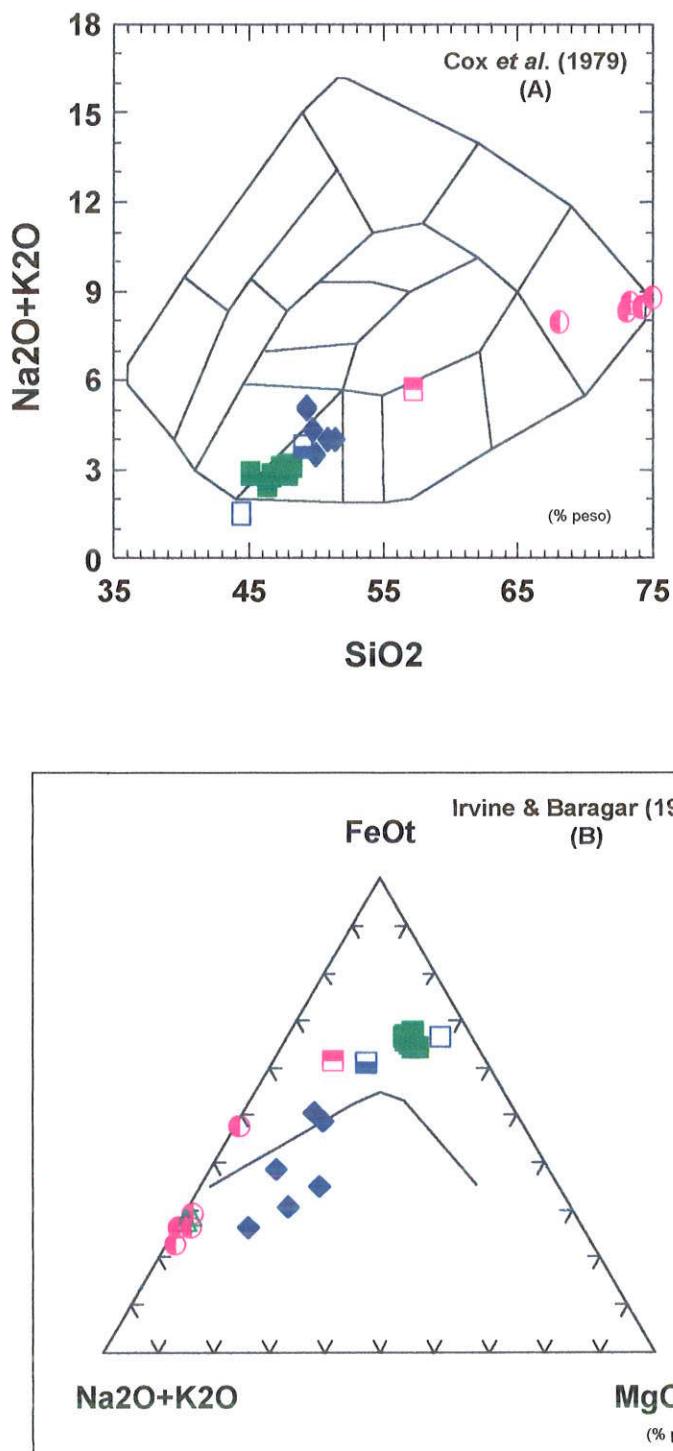


O diagrama TAS modificado por Middlemost (1985), também abrange a população analítica na íntegra (Fig. 5-25:B). Este evidencia para os gabros (incluindo o melagabro, o leucogabro e o gábro granofírico), a maioria dos anortositos e veios ácidos intrusivos nos gabros, características de uma série de diferenciação sub-alcalina ou toleiítica. Já os granofiro principais são rochas ácidas de tendências alcalinas. Dois dos anortositos heterogêneos, que plotam no campo das rochas básicas alcalinas, similarmente ao que foi discutido para o gábro granofírico e o granofiro "pobre" em sílica, podem representar produtos de contaminação com o magma granofírico.

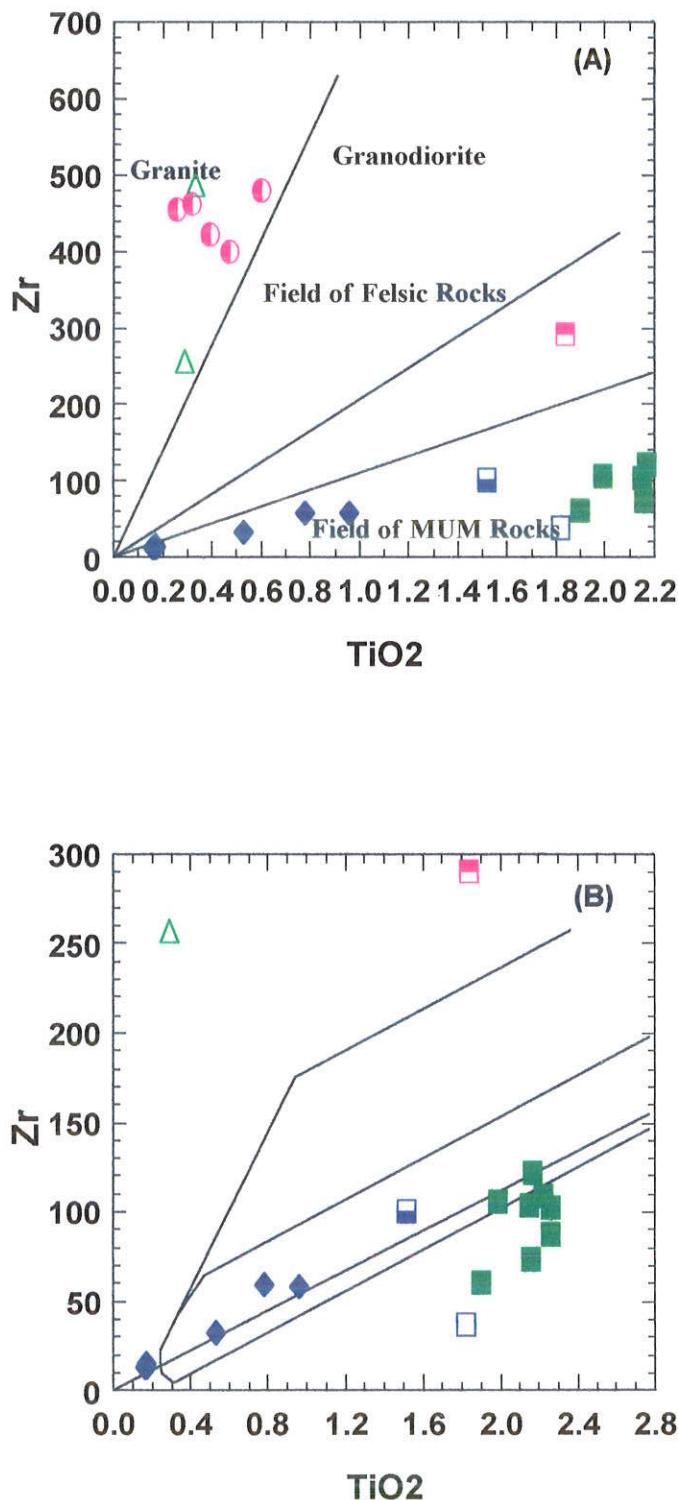
As informações fornecidas pelos diagramas TAS na versão de Cox et al. (1979), adaptada para rochas plutônicas por Wilson (1989), e AFM segundo Irvine & Baragar (1971), são similares às supra-expostas. Apenas no primeiro diagrama (Fig. 5-26:A) não se inclui os veios ácidos (com teores de  $\text{SiO}_2 > 75\%$ ) e no segundo (Fig. 5-26:B), a maioria dos anortositos plotam no campo de rochas cálcio-alcalinas, sendo que os veios ácidos intrusivos nos gabros ficam inseparáveis dos granofiro principais.

Os diagramas  $\text{TiO}_2 \times \text{Zr}$ , em menor e maior escala, representados na Figura 5-27, são específicos para complexos diferenciados, segundo Hallberg (1985). O primeiro sustenta a derivação mantélica dos gabros principais e de todos os anortositos, a natureza em geral granítica sem separação dos granofiro e veios ácidos intrusivos nos gabros, e a composição do gábro granofírico intermediária entre estes dois grupos. O segundo mostra em detalhe a evolução do leucogabro e dos anortositos por um lado e do melagabro e eventuais termos ultrabásicos e ultramáficos adicionais por outro. Estes indicam a evolução a partir de um magma parental, mais proximamente representado pelos gabros principais, através de processos de diferenciação por cristalização fracionada e de separação gravitacional, provavelmente com flutuação de plagioclásios e sedimentação magmática de cumulados máfico-ultramáficos.

**Fig. 5-26:** Diagramas de classificação para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria, incluindo gabros (■), melagabro (□), leucogabro (▨), gabro granofírico (▢), veios ácidos intrusivos nos gabros (△), anortositos (◆) e granofiro (●). Em (A) nota-se o caráter sub-alcalino dos gabros e anortositos, além de tendências alcalinas dos granofiros. Em (B) observa-se o caráter cálculo-alcalino para os granofiros, veios ácidos e principais anortositos.



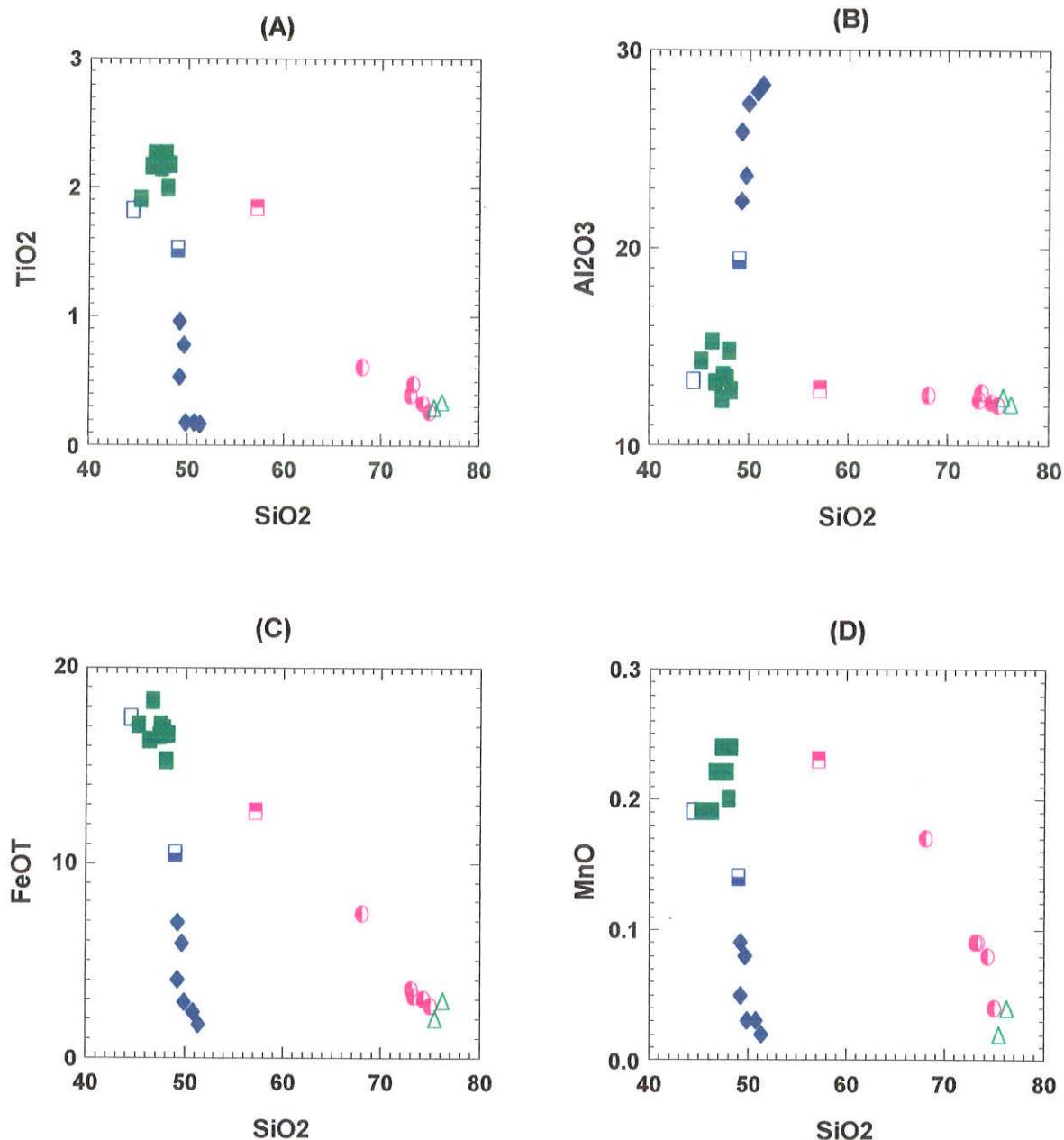
**Fig. 5-27:** Diagramas Zr x TiO<sub>2</sub> específicos para complexos diferenciados, segundo Hallberg (1985) representando todos os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria. Em (A) é sustentada a derivação mantélica para os gabros, em (B) mostra em detalhe a evolução dos anortositos e gabros paralelamente. OBS: a legenda é a mesma da figura anterior.

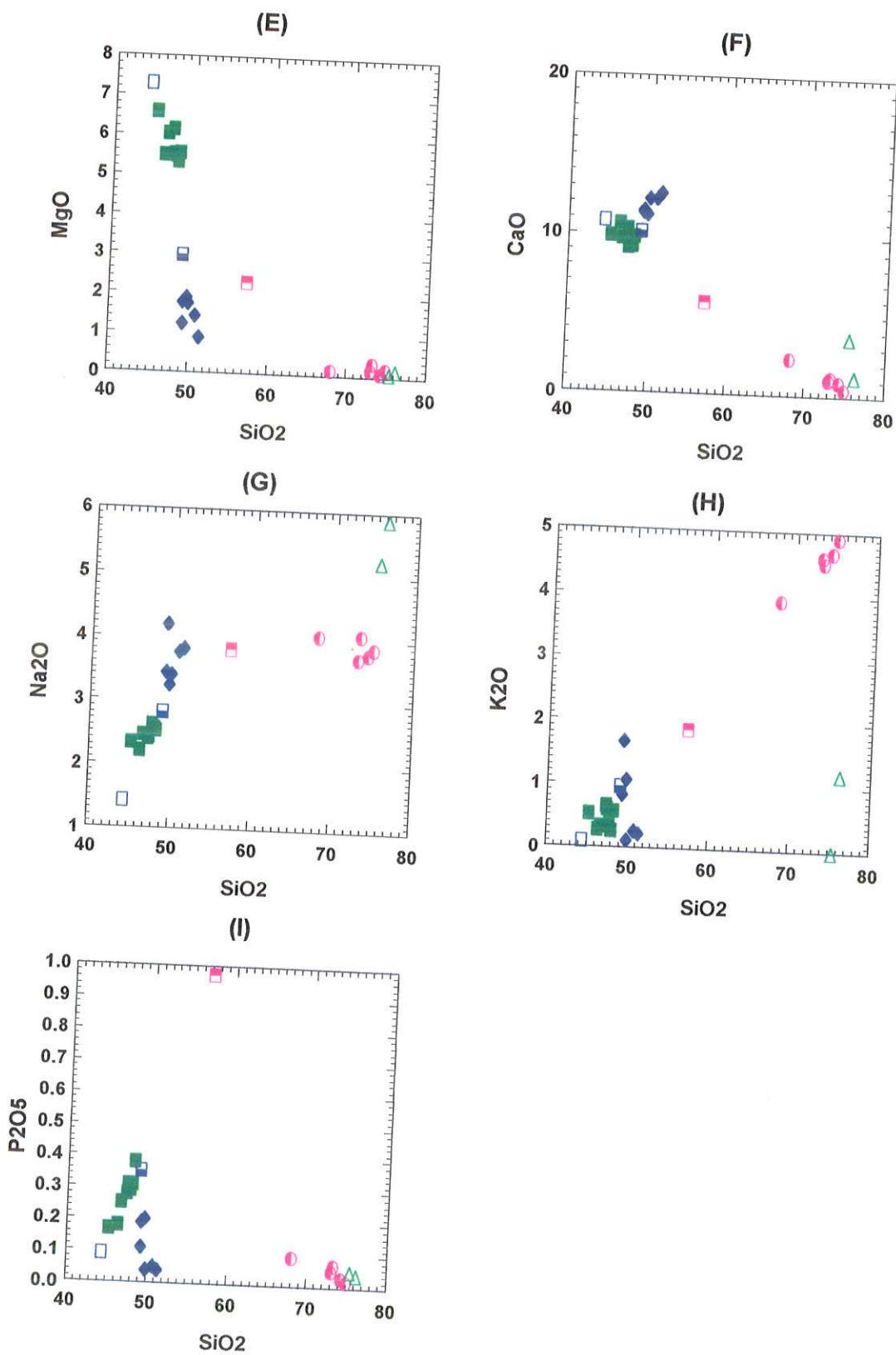


Para viabilizar a análise pormenorizada das variações geoquímicas individuais e assim contribuir para a melhor visualização e definição dos processos petrogenéticos que atuaram na Intrusão da Serra da Alegria, foram elaborados variogramas binários segundo Harker (1909) utilizando-se também a razão  $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$  como índice de diferenciação para todas as amostras incluindo todos os elementos maiores e traços analisados (Fig. 5-28:A-I; Fig. 5-29:A-P ; Fig. 5-30:A-J e Fig. 5-31:A-P, respectivamente). Os variogramas segundo Harker (1909) permitem uma melhor caracterização das rochas intermediárias e ácidas enquanto que aqueles com índice de diferenciação toleítico retratam mais adequadamente as rochas básicas. Esses variogramas serão discutidos apenas em grupos e deve-se ressaltar que todos eles sustentam e complementam com detalhes adicionais as principais inferências petrogenéticas anteriores. No tocante às diferenças e à petrogênese dos veios ácidos intrusivos nos gabros em relação aos granofiro, destacam-se os variogramas segundo Harker (1909) principalmente dos elementos incompatíveis, K (Fig. 5-28:H), Rb e Ba (Fig. 5-29:H,I), além do Zn e Nb (Fig. 5-29:G,L). Estes separam os veios num grupo próprio, com características de diferenciados finais de magmas básicos; nos demais diagramas ocorrem superposições geoquímicas parciais a totais com os granofiro. Quanto aos anortositos notam-se claramente as diferenças entre os anortositos homogêneos típicos, que formam sempre um grupo muito bem definido, e os anortositos heterogêneos de maior variabilidade. As principais diferenças entre os dois grupos são evidenciadas pelos elementos maiores Ti, Al,  $\text{Fe}_{\text{tot.}}$ , Mn, Na, K e P (Fig. 5-28:A,B,C,D,G,H,I) e os elementos traços V, Zn, Rb, Ba e Y (Fig. 5-29:D,G,H,I,N), ocorrendo independentemente das variações de teores de Si.

**Fig. 5-28:** Variogramas binários segundo Harker (1909) para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria, incluindo gabros (■); melagabro (□); leucogabro (□); gábro granofírico (□); veios ácidos intrusivos nos gabros (△); anortositos (◆) e granofiro (○).

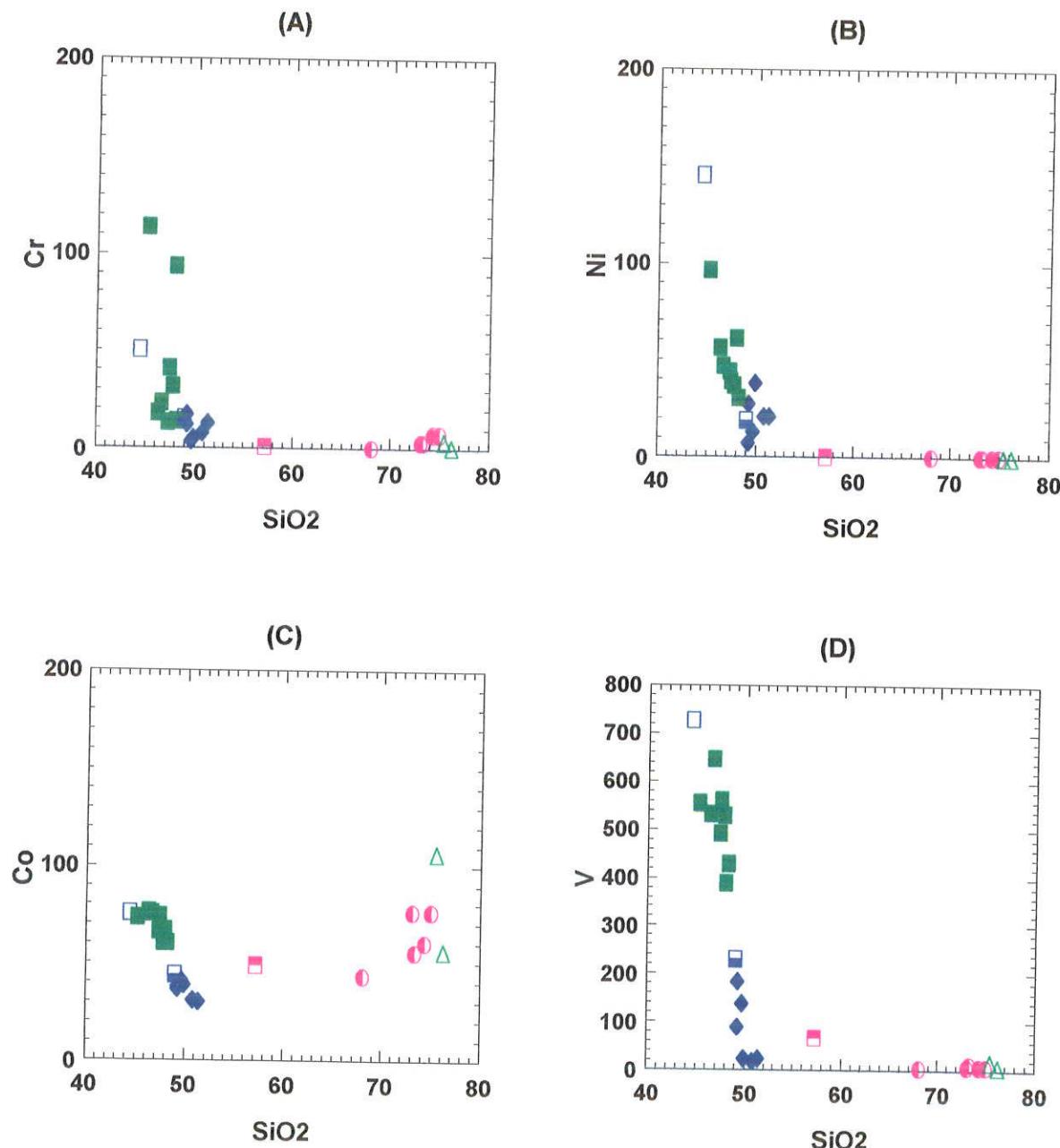
### ELEMENTOS MAIORES

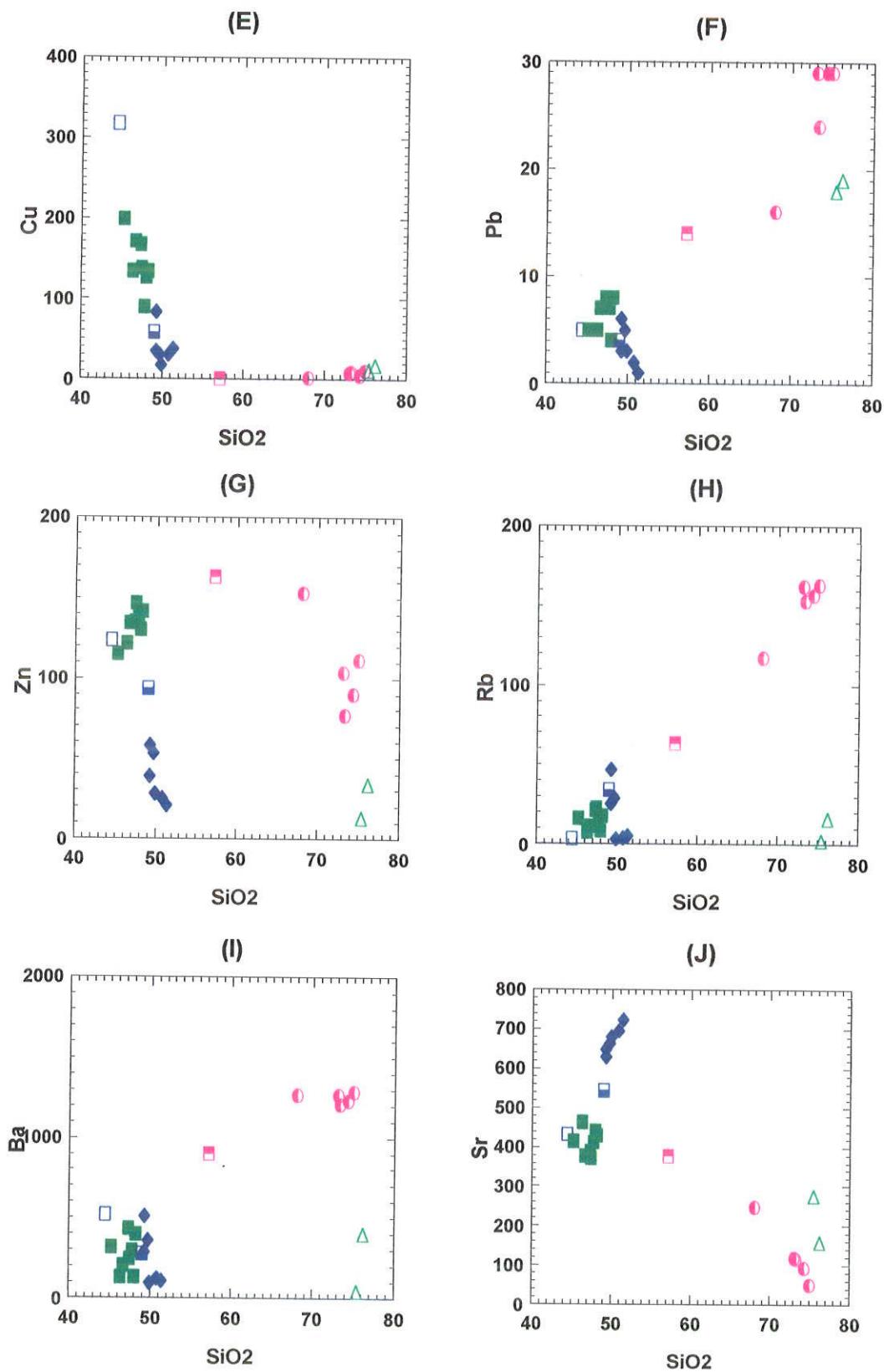


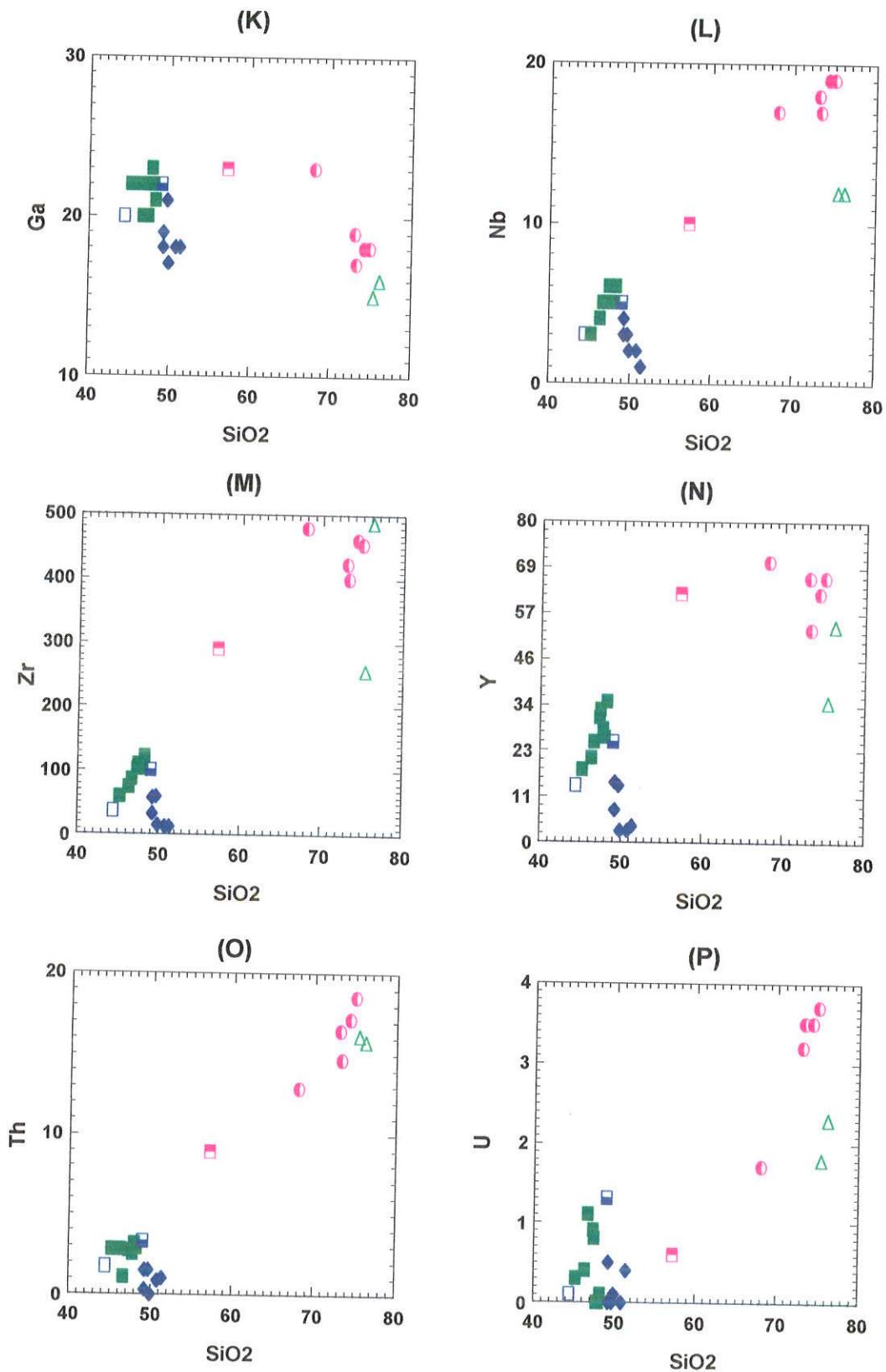


**Fig. 5-29:** Varioogramas binários segundo Harker (1909) para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria, incluindo gabros (■); melagabro (□); leucogabro (■); gabro granofírico (□); veios ácidos intrusivos nos gabros (△); anortositos (◆) e granofiro (●).

### ELEMENTOS TRAÇOS

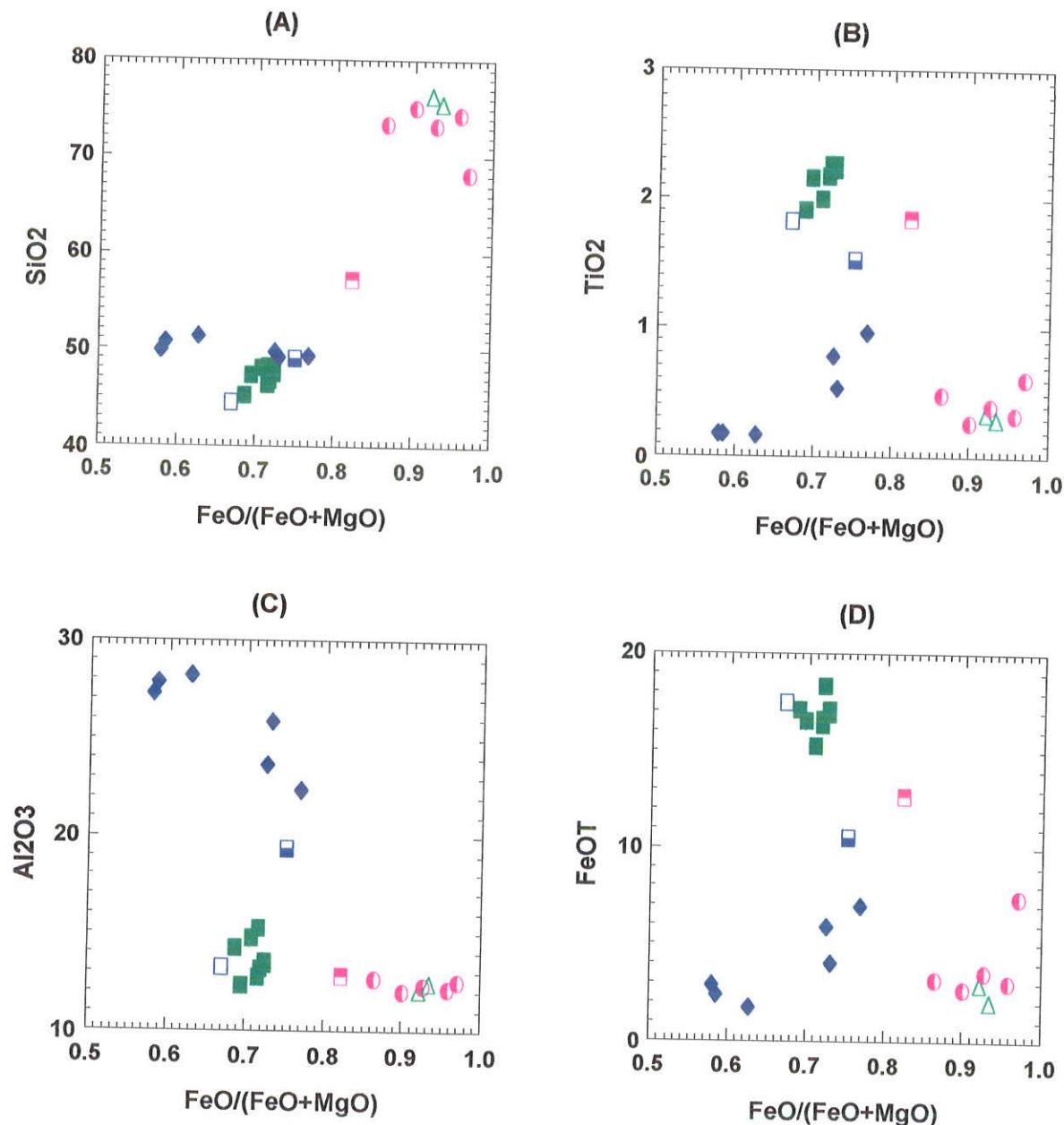


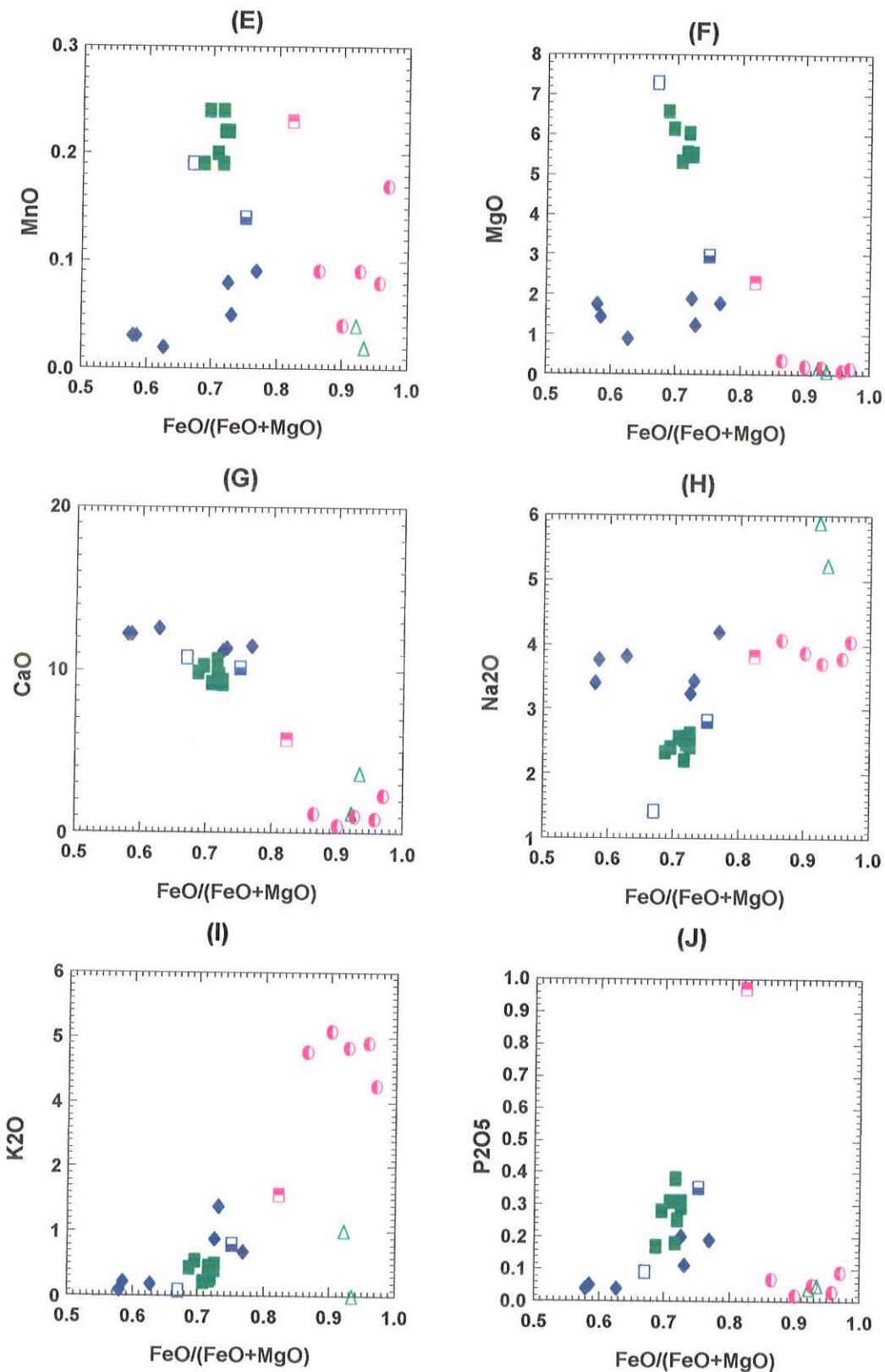




**Fig. 5-30:** Variogramas binários com índice de diferenciação  $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$  para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria, incluindo gabros (■); melagabro (□); leucogabro (□); gabro granofírico (□); veios ácidos intrusivos nos gabros (△); anortositos (◆) e granofiro (●).

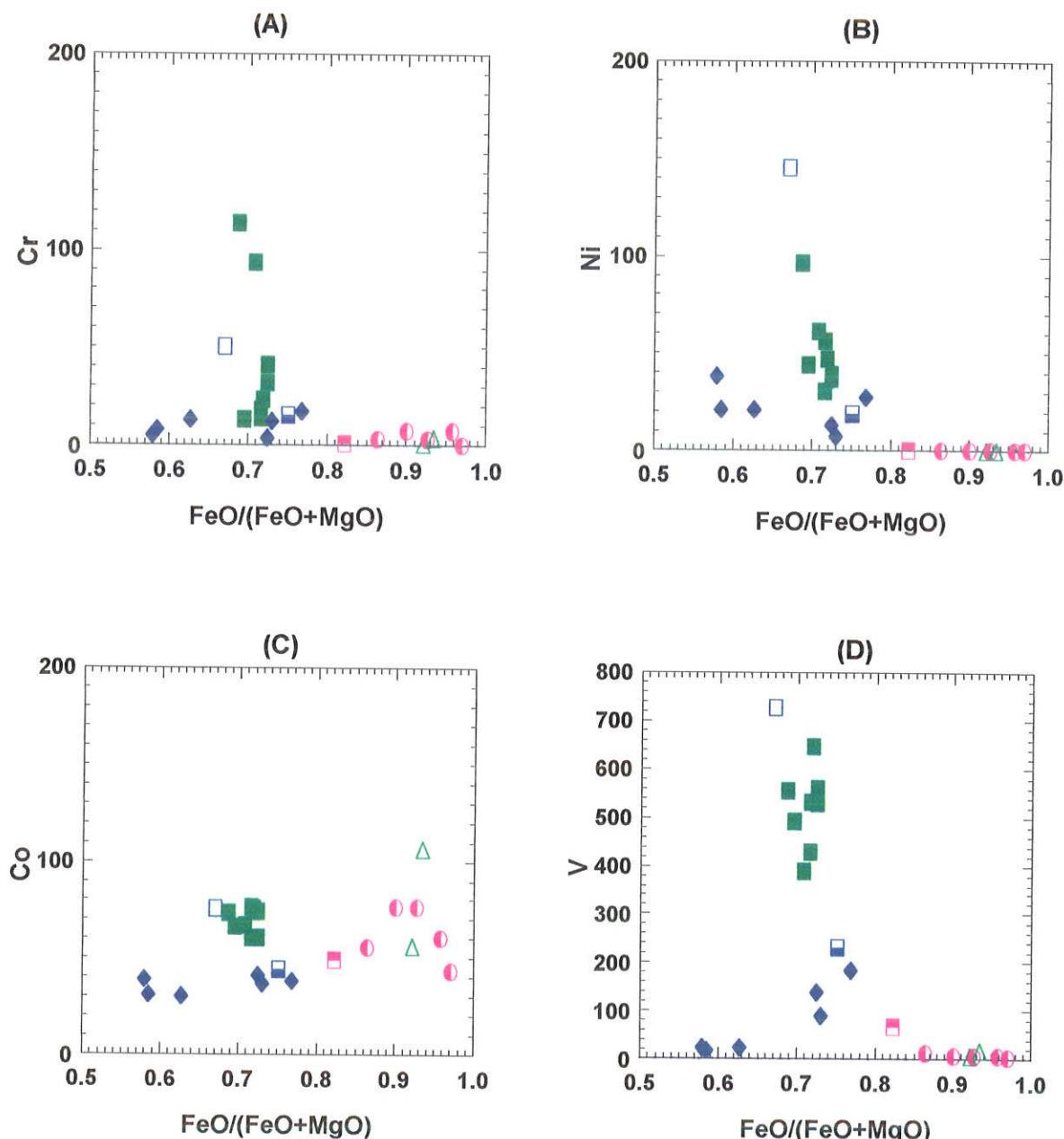
### ELEMENTOS MAIORES

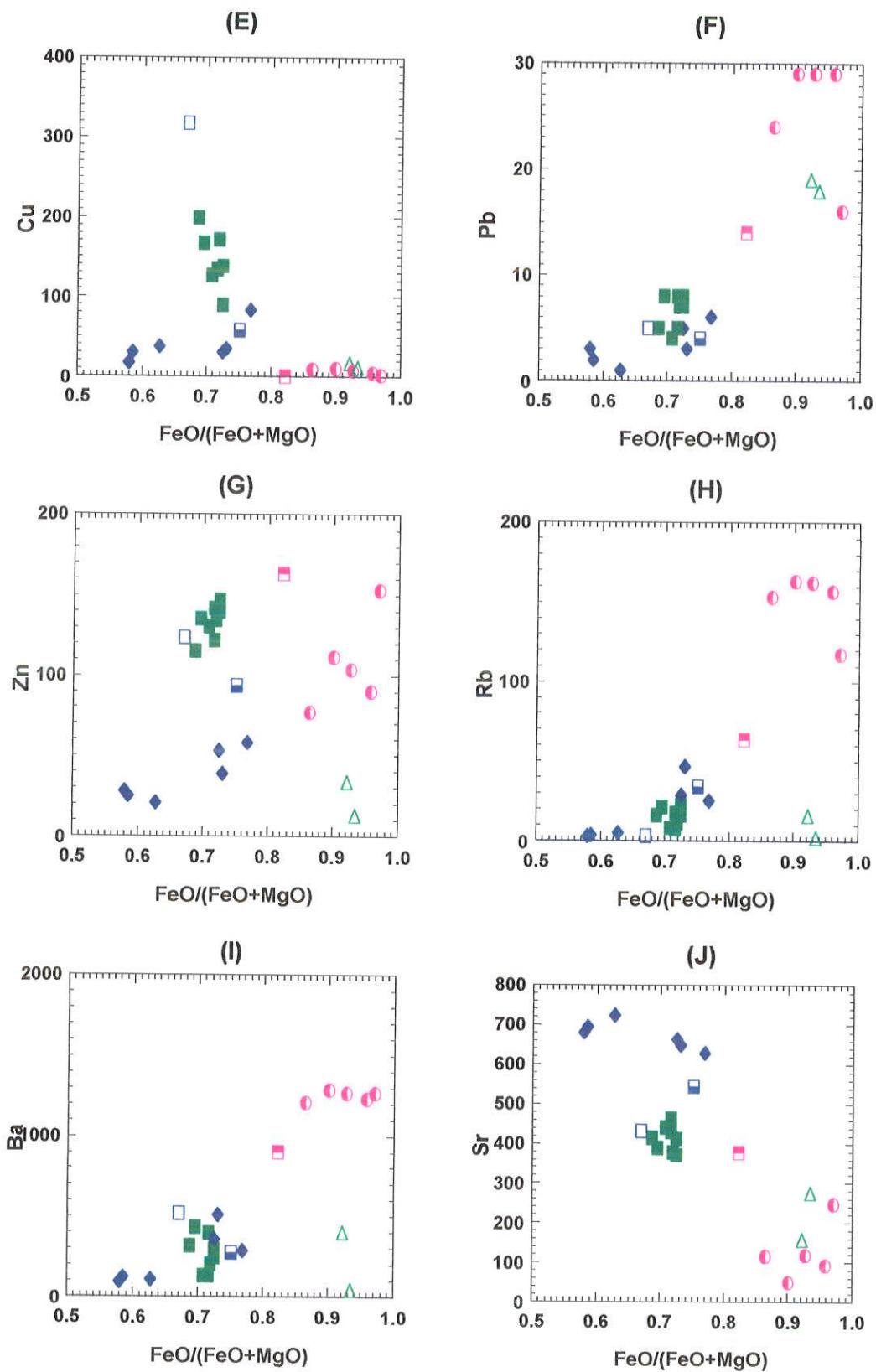


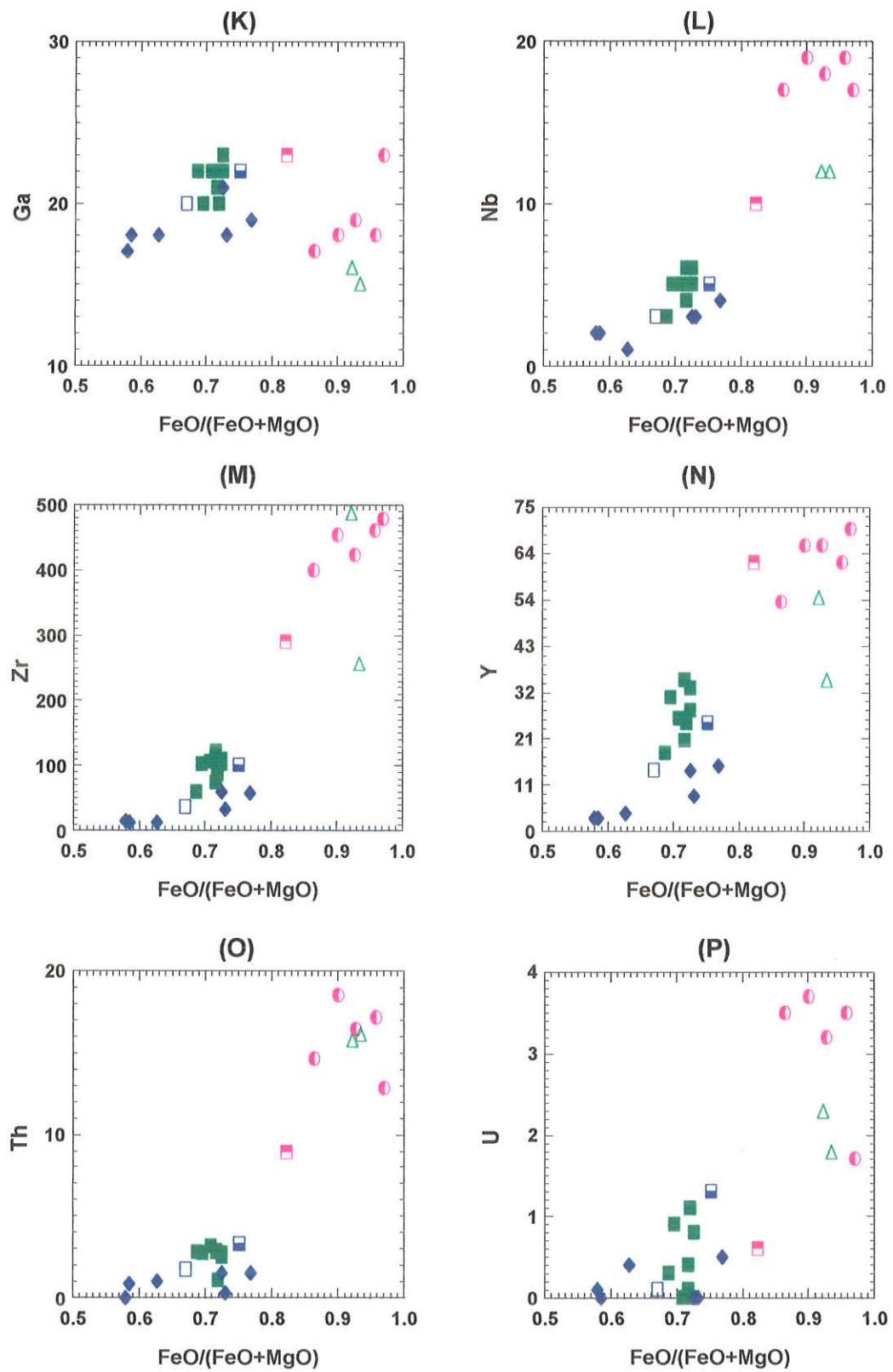


**Fig. 5-31:** Variogramas binários com índice de diferenciação  $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$  para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria, incluindo gabros (■); melagabro (□); leucogabro (■); gabro granofírico (■); veios ácidos intrusivos nos gabros (△); anortositos (◆) e granofiro (●).

### ELEMENTOS TRAÇOS





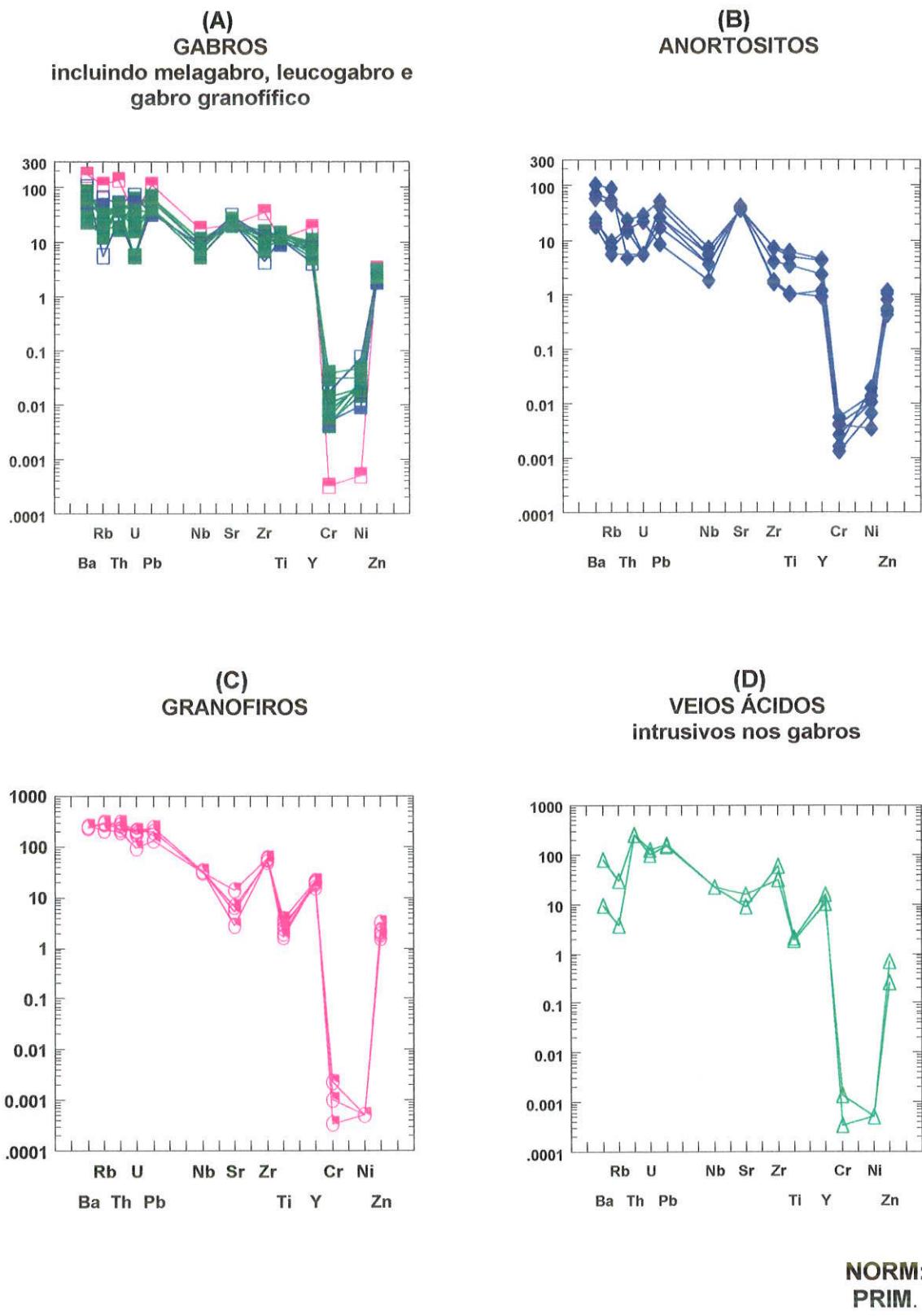


Os variogramas binários com índice de diferenciação toleítico sustentam todas as observações anteriores e complementam as evidências petrogenéticas com novas evidências principalmente no caso dos anortositos. Fica claro nestes variogramas que os dois subgrupos de anortositos provavelmente não são estritamente cogenéticos. Os anortositos homogêneos se apresentam como rochas mais primitivas/menos diferenciadas, mesmo sendo mais ricas em sílica, que os anortositos heterogêneos (Fig. 5-30:A). Como mostram todos os demais elementos maiores e traços (Figs. 5-30:B-J e Fig. 5-31:A-P), esses dois subgrupos não pertencem a uma mesma série de diferenciação, e, tampouco, podem ser derivados pelo mesmo processo de diferenciação de um magma parental único. Enquanto os anortositos heterogêneos e o leucogabro podem ser derivados diretos de um magma de composição média dos gabros principais (excluindo-se apenas o gabro granofírico), os anortositos homogêneos por analogia exigiriam magmas gábricos parentais mais primitivos, assim representando, eventualmente, restos de um ciclo precedente de alimentação magmática e cristalização fracionada da Intrusão da Serra da Alegria (Wager & Deer, 1939; Wager & Brown, 1968; Cox et al., 1979).

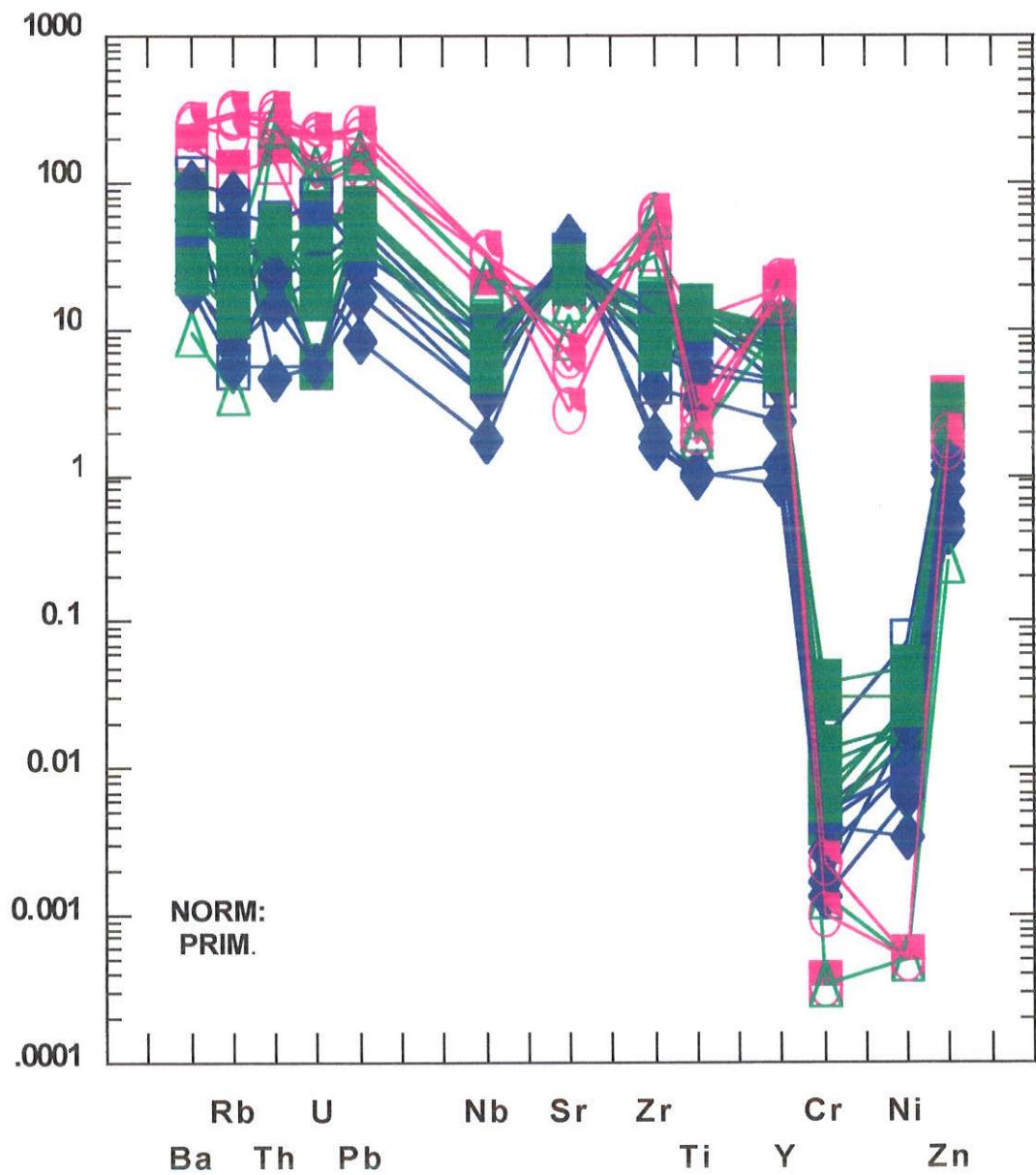
Num outro tratamento foram elaborados variogramas multielementares normalizados com valores do Manto Primitivo (segundo Taylor & MacLennan, 1985) grupos de rochas da Intrusão estudada. Neste tratamento apenas para obter uma representação gráfica mais apurada foram substituídos todos os valores analíticos nulos (ver Tabs. 5-8:A,B,C) por valores iguais ao limite de detecção dos elementos correspondentes (Tab. 5-5).

Estes variogramas são apresentados na Figura 5-32. Os gabros apresentam padrões toleíticos típicos pouco fracionados, com anomalias específicas de forte empobrecimento em Cr e Ni

**Fig. 5-32:** Variogramas multielementares, normatizados segundo Taylor & MacLennan (1985), para os litotipos da Intrusão da Serra da Alegria.  
OBS: a simbologia é a mesma das figuras anteriores.



**Fig. 5-32:E** - Variograma multielementar, normatizado segundo Taylor & MacLennan (1985), para todos os litotipos estudados da Intrusão da Serra da Alegria, conjuntamente. OBS: a simbologia é a mesma das figuras anteriores.



(Fig. 5-32:A). Destacam-se entre os gabros principais: 1) o melagabro, por valores baixos de elementos incompatíveis ou mínimos (por exemplo de Rb, Zr e Y) e altos a máximos dos compatíveis, Cr e Ni, respectivamente; 2) o leucogabro por comportamento inverso em relação ao melagabro, estes dois subtipos de um modo geral balizam a faixa de variação dos gabros normais e 3) o gábro granofírico, que apresenta para todos os elementos com excessão do Sr e Zn, valores máximos de elementos incompatíveis e mínimos para Cr e Ni, caracterizando claramente um litotipo transicional para granofiro (cf. Figs 5-32:A,C).

As anomalias negativas de Cr e Ni nos gabros principais (incluindo mela e leucogabro), certamente retratam em parte as características dos processos de formação por fusão parcial e fracionamentos (de cromita/crômio-espinélios e olivina) do magma parental durante a ascenção do Manto Superior. Entretanto, os valores de Cr e Ni absolutos em geral muito baixos para os litotipos e suas variações indicam ainda, claramente, processos de diferenciação por cristalização fracionada na câmara magmática. Complexos deste tipo conduzem characteristicamente à formação de cumulados ultramáficos com cromititos estratiformes e eventualmente sulfetos magnéticos associados. Enquanto o Cr se concentra principalmente na fase oxídica de cromita e/ou crômio-espinélios, o Ni é fracionado tanto nas olivinas (em substituição do Fe e Mg) como em sulfetos magnéticos, dependendo da atividade do enxofre na fusão.

Em função das anomalias negativas de Cr e Ni e considerando-se ainda a variabilidade geral química e petrográfica dos gabros, suspeita-se a ocorrência de cumulados ultramáficos e cromititos, bem como de concentrações de sulfetos magnéticos, principalmente nas porções magmato-estratigráficas inferiores da Intrusão da Serra da Alegria. Estas considerações são reforçadas pelas observações de microscopia de minérios (cf. pág. 64), que revelaram a ocorrência de minerais de platina em

minúsculas inclusões nas magnetitas magmáticas dos gabros heterogêneos mais ricos em Cr (Figs. 5-29:A e 5-31:A).

Os variogramas multielementares dos anortositos (Fig. 5-32:B) são de um modo geral similares e complementares aos dos gabros, sustentando as relações genéticas já discutidas. Estes caracterizam também os dois subgrupos de anortositos homogêneos e heterogêneos por fatores de enriquecimentos e o comportamento diferenciado principalmente dos elementos Ba, Rb, U, Pb, Zr, Ti e Y. Nota-se ainda em todos os anortositos, de forma diferente que nos gabros, a pronunciada anomalia positiva de Sr em função do fracionamento deste elemento no plagioclásio durante a cristalização dos magmas parentais em condições de baixa pressão (Wilson, 1989). Isto implicaria em processos de câmara magmática e na evolução destes estágios da Intrusão da Serra da Alegria, já em níveis crustais relativamente rasos (menores que 25 km). Nos anortositos as anomalias negativas de Cr e Ni verificadas nos gabros persistem analogamente, sendo mais acentuadas.

Os granofiro e os veios ácidos intrusivos nos gabros são representados nas Figuras 5-32:C e D, respectivamente. Os granofiro distinguem-se dos gabros principais (incluindo mela e leucogabro) para todos os elementos com exceção do Zn, mas apresentam considerável similariedade com o gábro granofírico (cf. Figs. 5-32:C,A). Diversamente, os veios ácidos intrusivos nos gabros apresentam espectros dos elementos Ba, Rb, Th, U, Pb e Nb análogos aos gabros principais, já para os elementos Sr, Zr, Ti, Y, Cr, Ni e Zn são réplicas fiéis dos granofiros ou, de uma forma mais ampla, similares às rochas graníticas como um todo (cf. Figs. 5-32:D,A,C). Notável é apenas o Zn, empobrecido em relação aos granofiros (e gabros) com valores mais similares aos anortositos (cf. Figs. 5-32:D,C,A,B). Este comportamento sustenta a formação dos veios ácidos intrusivos nos gabros como diferenciados finais de composição granítica em pequena quantidade, a partir do magma parental gábrico após a separação

dos anortositos, essencialmente, sem contaminação com os granofiro.

### 5.5.3 GRUPO DE METAVULCANITOS A SUBVULCANITOS ÁCIDOS

Seis amostras de quatro afloramentos deste conjunto lito-estrutural foram analisadas, sendo os dados analíticos apresentados na Tabela 5-10.

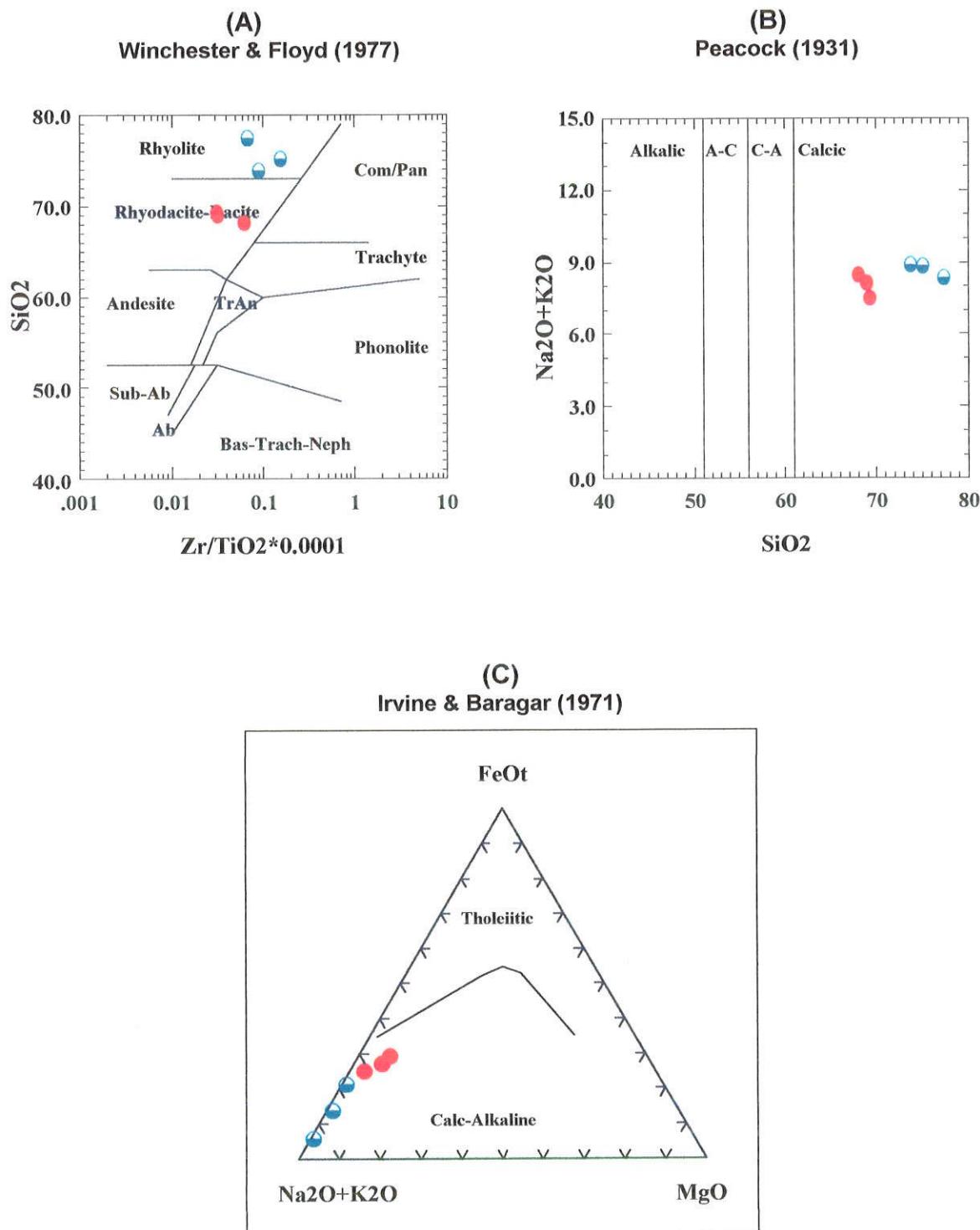
**Tabela 5-10:** Dados geoquímicos de rochas metavulcânicas ácidas não deformadas do setor W.

AMOSTRAS	RBA-1	RSJ-12B	RSJ-13B	RSJ-14A	RSJ-14B	RSJ-14C
SiO <sub>2</sub>	73.76	68.08	77.36	75.05	68.96	69.27
TiO <sub>2</sub>	0.27	0.42	0.08	0.30	0.62	0.64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.67	16.10	12.58	12.26	14.06	14.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(T)</sub>	1.50	3.02	0.52	2.50	3.46	3.59
MnO	0.10	0.09	0.04	0.06	0.08	0.08
MgO	0.17	0.45	0.08	0.13	0.88	0.93
CaO	0.59	1.86	0.37	0.75	2.10	2.39
Na <sub>2</sub> O	4.59	5.24	3.51	3.13	4.86	4.30
K <sub>2</sub> O	4.28	3.18	4.85	5.69	3.26	3.18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.16	0.01	0.03	0.21	0.23
Total	98.97	98.60	99.40	99.90	98.49	98.75
LOI	0.22	0.85	0.40	0.27	0.68	0.82
Cr	3	3	4	3	-	4
Ni	-	-	-	-	-	-
Co	72	35	59	48	58	37
V	6	5	2	5	26	38
Cu	6	6	6	10	8	13
Pb	27.7	22.7	20.8	28.4	14.6	18.9
Zn	63	58	17	79	52	49
Rb	119	105	136	205	103	108
Ba	1579	1151	726	1278	982	1498
Sr	118	445	88	89	334	404
Ga	16.8	17.3	10.7	15.1	16.2	15.8
Nb	13	11	12	22	10	11
Zr	242	267	54	470	197	201
Y	37	26	16	75	26	28
Th	12.8	9.6	8.8	21.6	8.1	10.1
U	2.6	1.5	2.3	4.7	2.3	3.2

Elementos maiores + LOI = %; Elementos traços = ppm; - = abaixo do limite de detecção

Distinguem-se dois grupos litológicos de dacitos/riodacitos e riolitos, ambos de tendências cálcio-alcalinas (Figs. 5-33:A,B,C). Os dacitos/riodacitos apresentam composições normais dos principais elementos maiores e traços com excessão de Mg, Ca, Cr e Ni, que se situam abaixo, V, Cu e Zn na faixa inferior e Co, acima da faixa de variação. Os riolitos de um

**Fig. 5-33:** Diagramas de classificação para rochas metavulcânicas ácidas não deformadas do setor W, mostrando dacitos/riodacitos (●) e riolitos (○) com tendências cálcio-alcalinas.



modo geral acompanham as tendências dos dacitos/riodacitos, com teores normais dos principais elementos maiores e traços, empobrecidas apenas em Mg, Ca, Ni e V e enriquecidas em K e Co em relação aos dados médios da literatura (Wedepohl, 1969-1978; Condie, 1981; Middelmost, 1985). As normas CIPW confirmam as composições normais hololeucocráticas dos dois grupos litológicos e indicam para dois riolitos e um dacito/riodacito teores pequenos de c (Tab. 5-11), que ocorrem independentemente da observação microscópica de granada (grossularita) (cf. pág. 71).

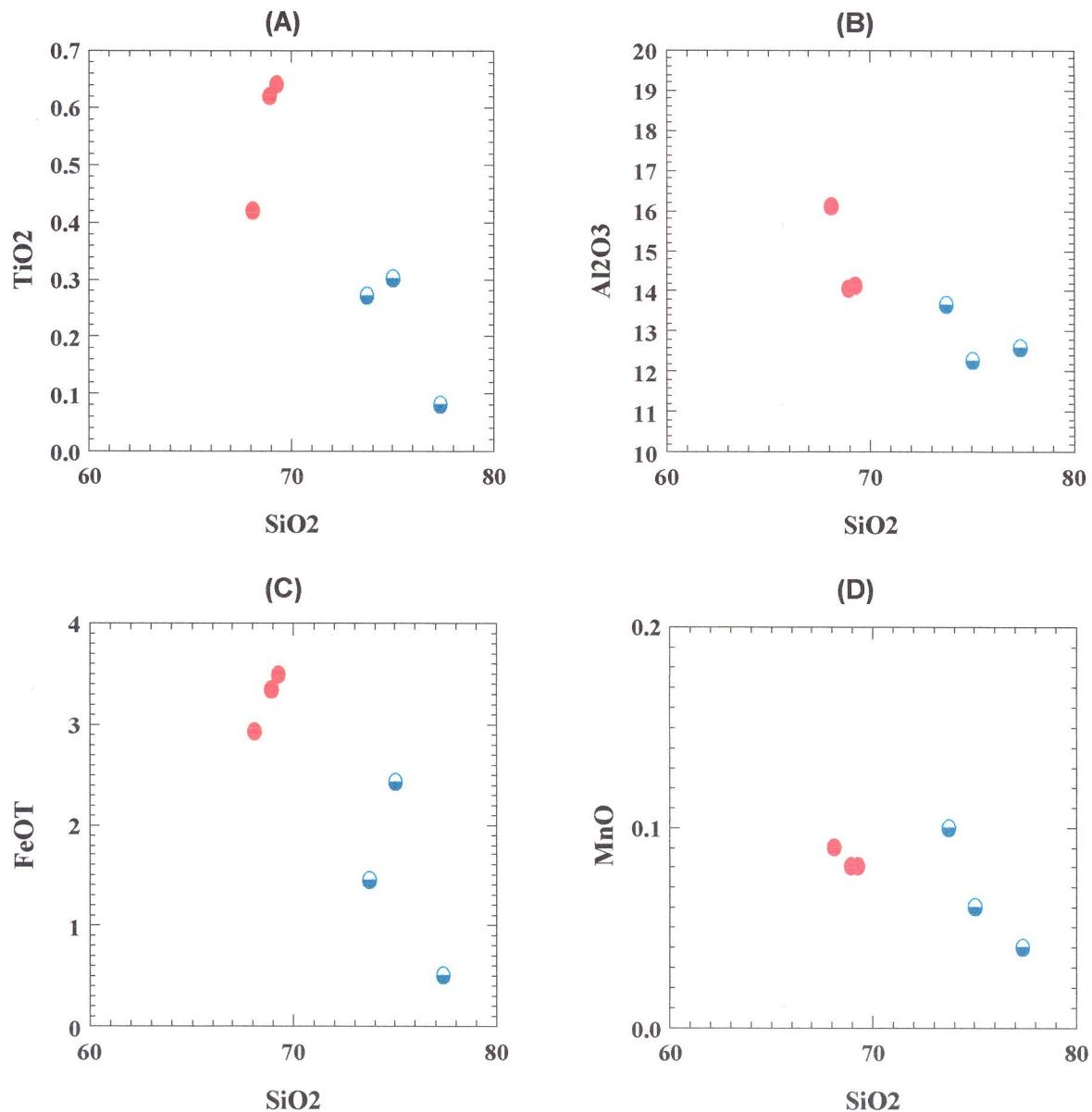
**Tabela 5-11:** Composição normativa em percentuais minerais dos metavulcanitos ácidos não deformados do setor W.

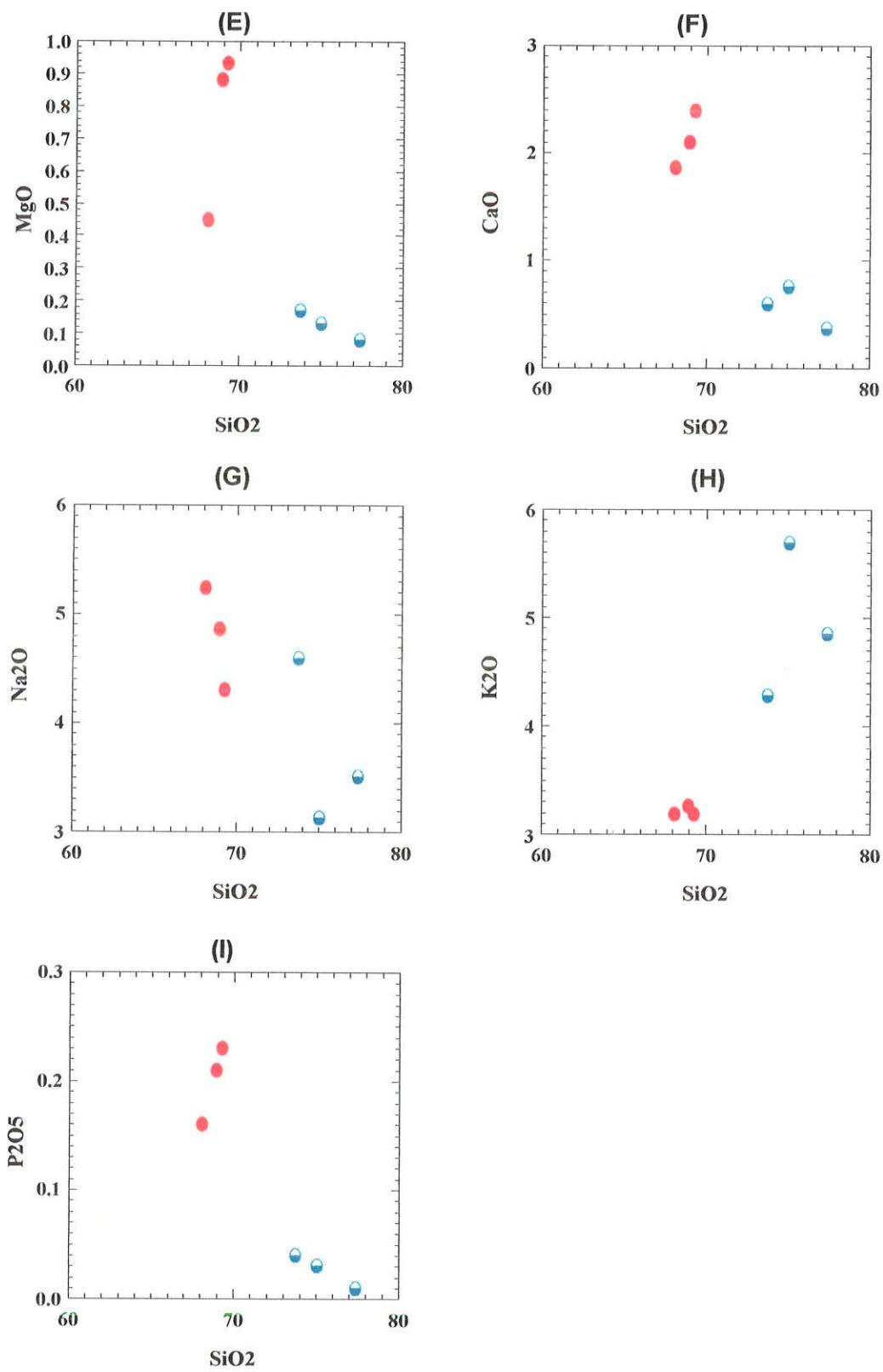
MINERAIS NORMATIVOS	RBA-1	RSJ-12B	RSJ-13B	RSJ-14A	RSJ-14B	RSJ-14C
QUARTZO (q)	29,07	20,45	37,54	32,70	22,71	25,51
ORTOCLÁSIO (or)	25,58	19,08	28,86	33,69	19,58	19,05
ALBITA (ab)	39,20	44,92	29,84	26,48	41,70	36,80
ANORTITA (an)	2,72	8,41	1,79	2,55	6,99	9,98
CÓRINDON (c)	0,49	1,00	0,90	0,00	0,00	0,00
DIOPSÍDIO (di-wo)	0,00	0,00	0,00	0,42	0,98	0,28
DIOPSÍDIO (di-en)	0,00	0,00	0,00	0,06	0,46	0,13
DIOPSÍDIO (di-fs)	0,00	0,00	0,00	0,39	0,50	0,14
HYPERSTÊNIO (hy-en)	0,43	1,14	0,20	0,26	1,77	2,22
HYPERSTÊNIO (hy-fs)	1,17	2,36	0,45	1,61	1,94	2,39
MAGNETITA (mt)	0,73	1,49	0,25	1,20	1,69	1,76
ILMENITA (il)	0,52	0,81	0,15	0,57	1,20	1,23
APATITA (ap)	0,09	0,35	0,02	0,07	0,47	0,51
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Os diagramas de variação binários segundo Harker (1909) são representados para os elementos maiores e traços nas Figuras 5-34:A-I e 5-35:A-O. Em todos os variogramas observa-se uma separação nítida dos dacitos/riodacitos e riolitos em dois grupos distintos. Os elementos maiores variam de acordo com tendências globais de diferenciação cálcio-alcalina (cf. Fig. 5-33:C), sendo que a maioria dos elementos traços não retratam esta tendência, sugerindo apenas tratar-se de dois grupos litológicos entre si diferentes sem relações geoquímico-petrogenéticas aparentes.

**Fig. 5-34:** Variogramas binários segundo Harker (1909) para rochas metavulcânicas ácidas do setor W, incluindo dacitos/riodacitos (●) e riolitos (○).

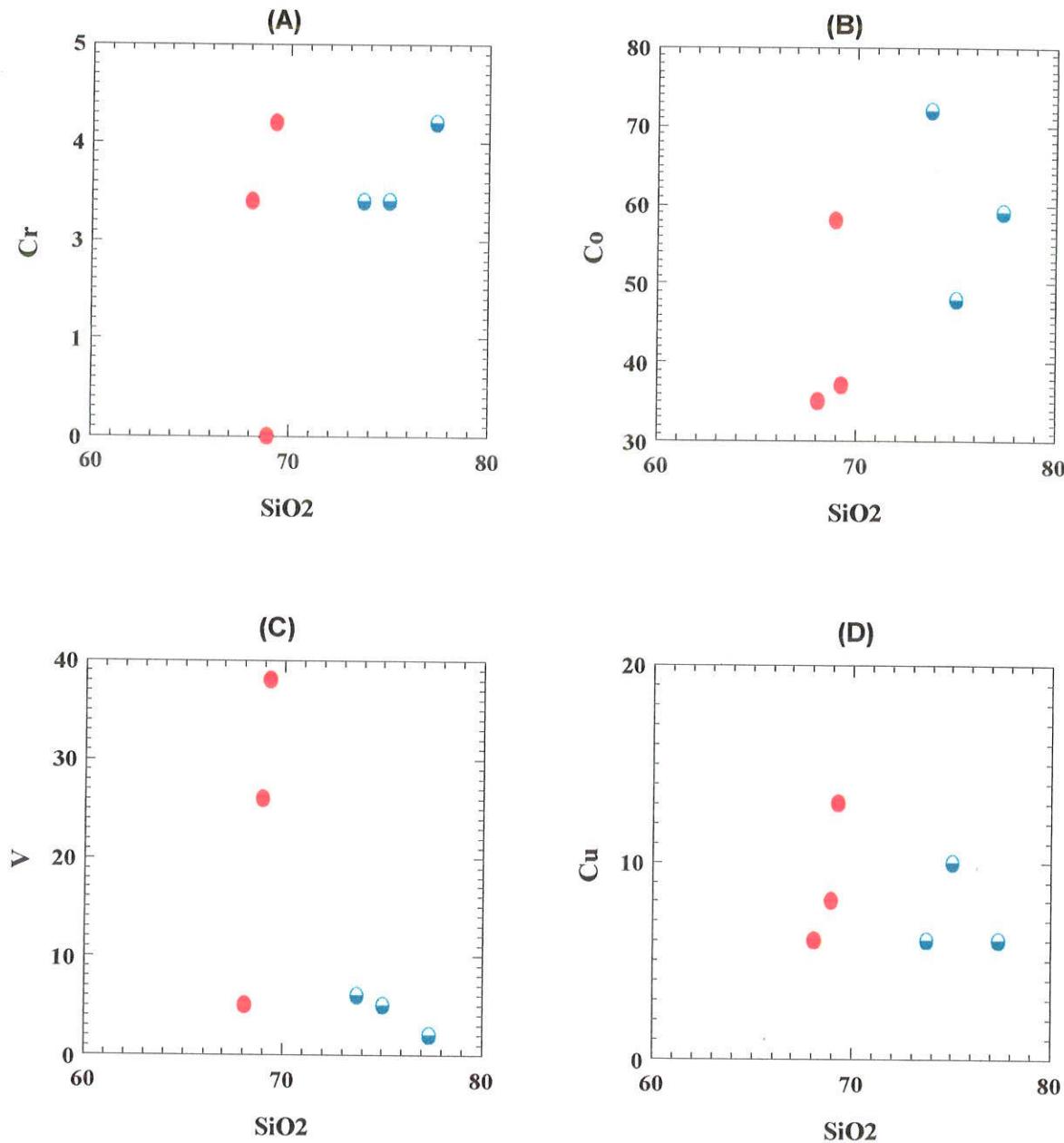
### ELEMENTOS MAIORES

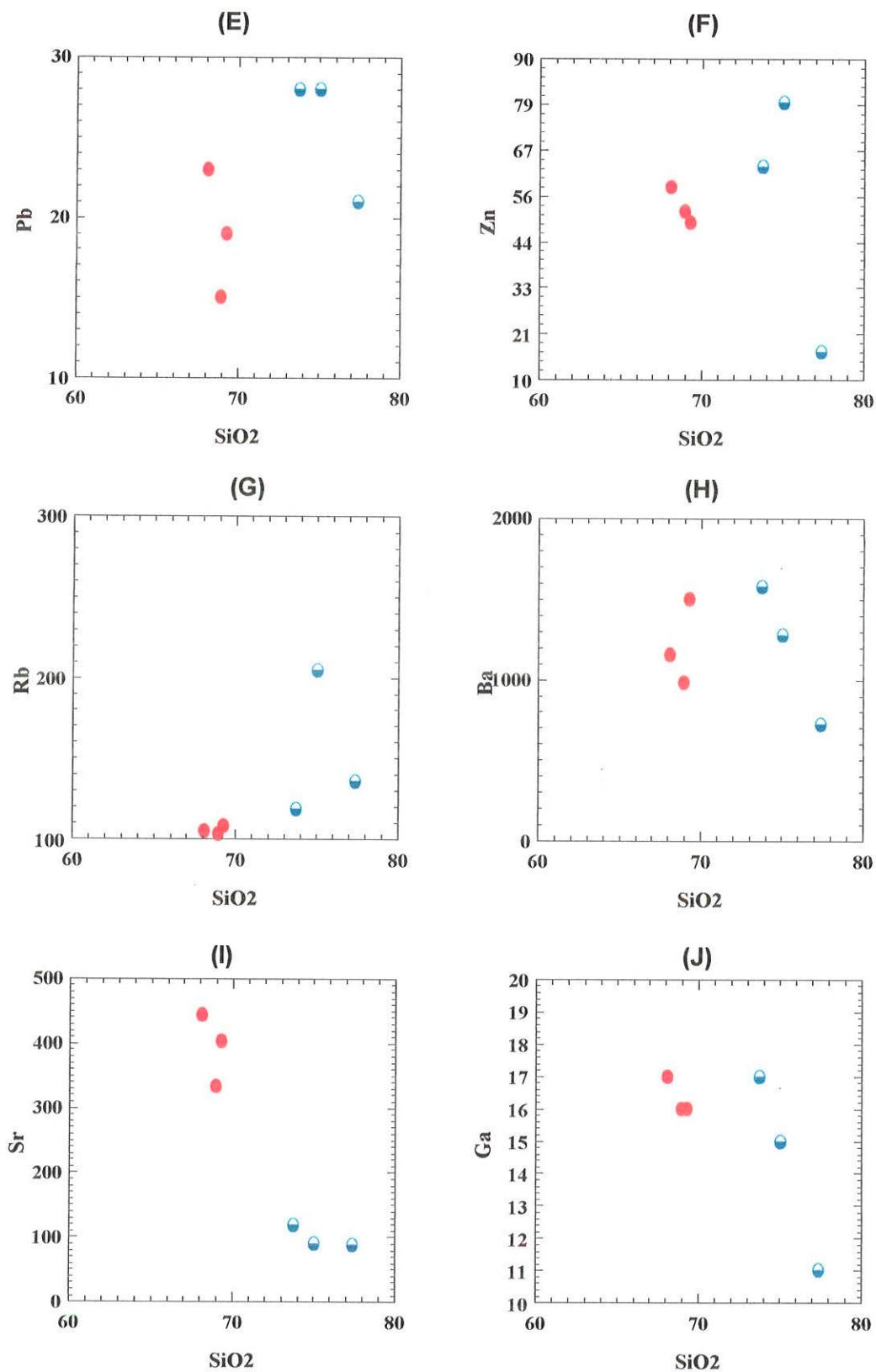


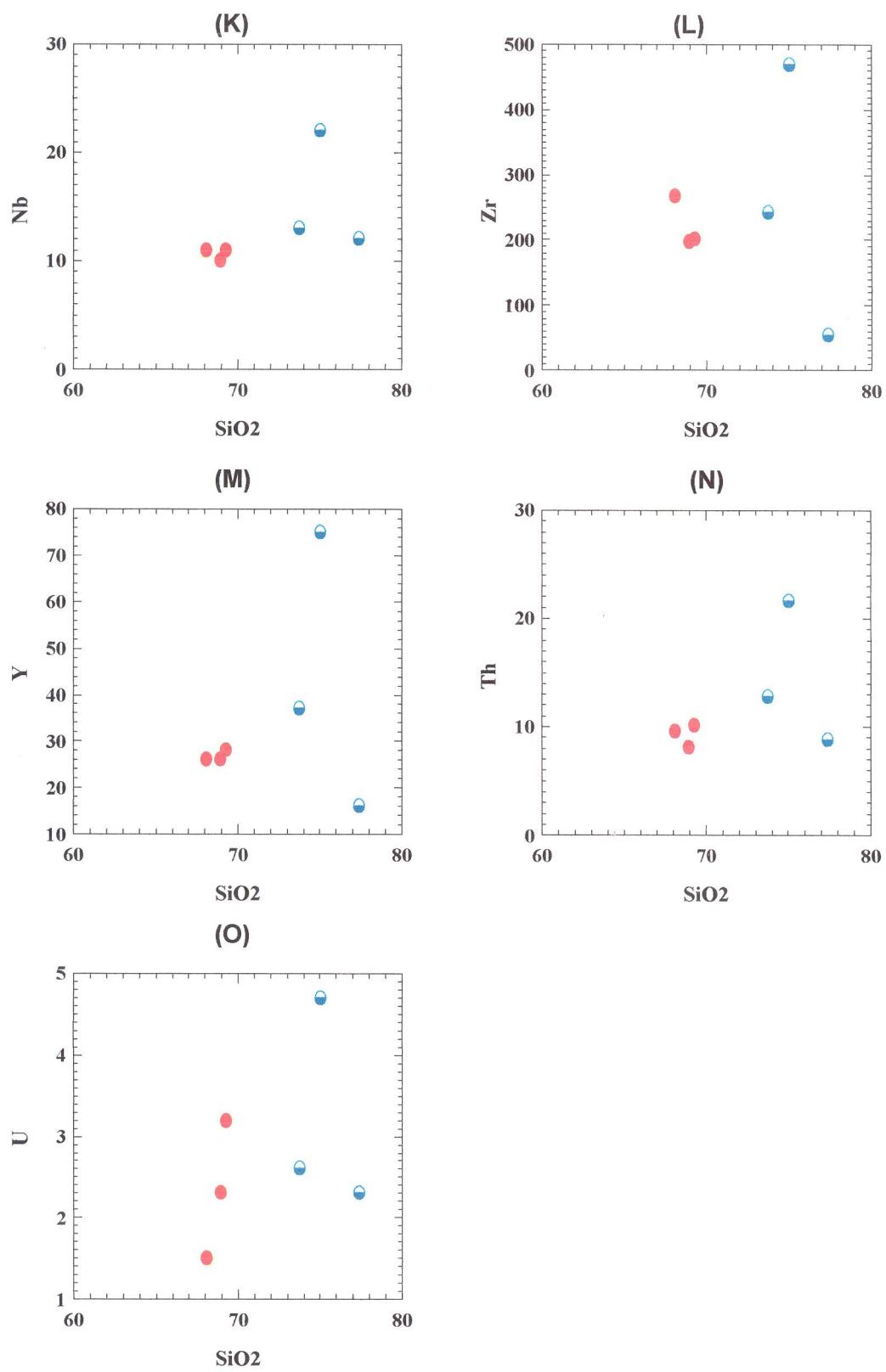


**Fig. 5-35:** Variogramas binários segundo Harker (1909) para rochas metavulcânicas ácidas do setor W, incluindo dacitos/riodacitos (●) e riolitos (○).

### ELEMENTOS TRAÇOS



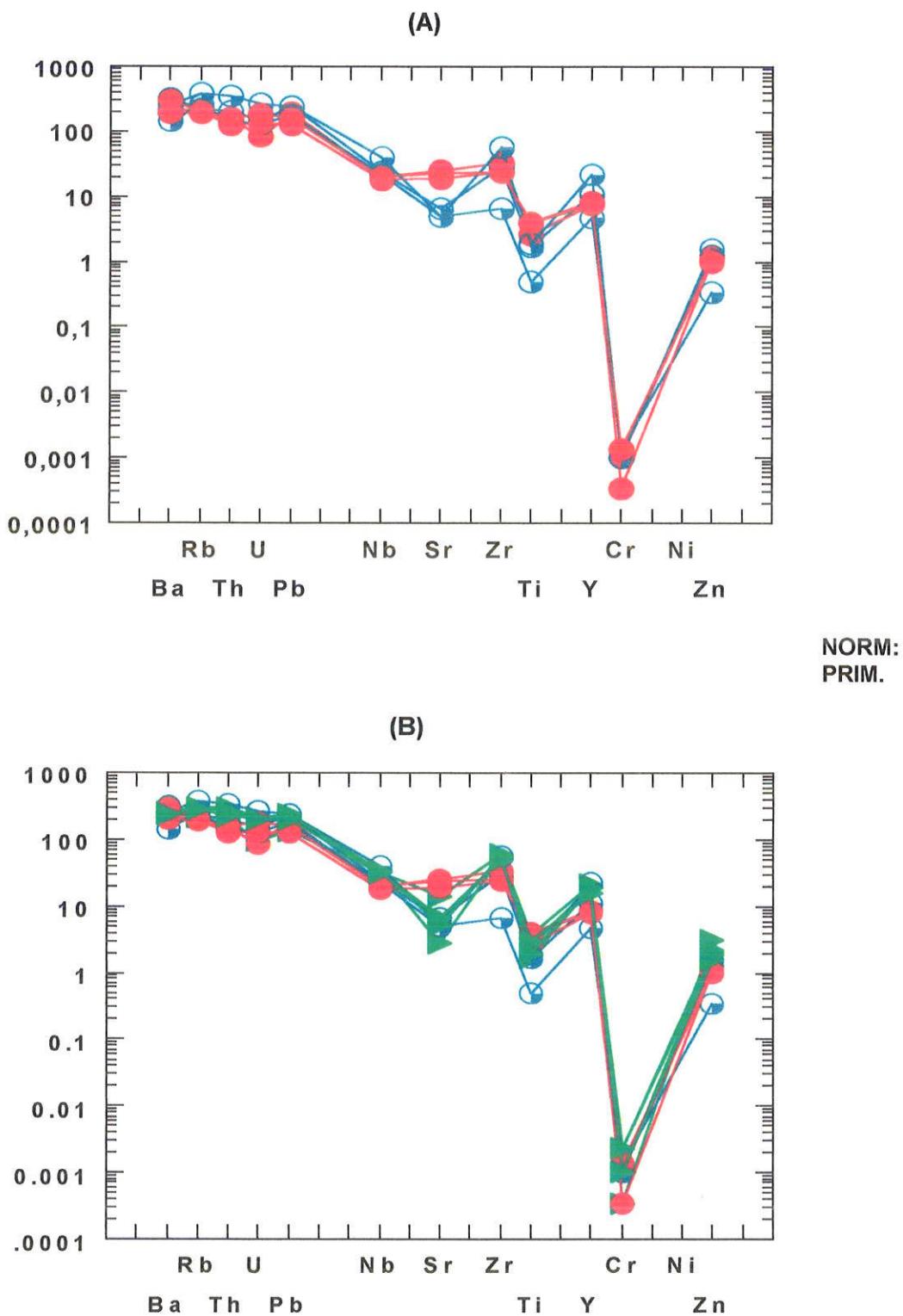




Em tratamentos análogos, os metavulcanitos ácidos (dacites/riodacitos e riolitos) foram estudados em conjunto com os granofiro da Intrusão da Serra da Alegria e com os metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica, em variogramas binários segundo Harker (1909) (Anexo 4). Nestes os metagranofiros distribuem-se, sendo quatro associados aos metariolitos e um (Amostra RS-12A, Tab. 5-8:C) acompanhando mais proximamente os metadacitos/riodacitos (Anexo 4.1:A-Y), nada acrescentando quanto às possíveis relações petrogenéticas. A representação conjunta dos metavulcanitos ácidos com os metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica (Anexo 4.2:A-Y) retrata genericamente as principais relações geoquímicas de alguns elementos maiores (Ti, Fe<sub>tot.</sub>, Mn, Mg, Ca e K), comuns em todas as rochas basálticas a riolíticas normais. Entretanto, as características específicas de elementos mais diagnósticos como Al, Na, P, Cr, Co, Pb, Ba, Sr, Ga e Zr, sugerem séries distintas de filiações independentes para as metavulcânicas ácidas, inclusive em relação aos metabasitos/anfibolitos.

Variogramas multielementares comparativos dos metadacitos/riodacitos e metariolitos e destas rochas em conjunto com os metagranofiros são mostrados nas Figuras 5-36:A e B. A primeira figura mostra as principais diferenças entre os metadacitos/riodacitos e riolitos residentes nos elementos Rb, Th, U, Pb, Nb e Sr, sendo que os demais elementos (Zr, Ti, Y, Cr, Ni e Zn) variam dentro de faixas conjuntas. O segundo variograma mostra os metagranofiros geoquimicamente transicionais entre os metadacitos/riodacitos e metariolitos, para os elementos que caracterizaram as principais diferenças desses dois grupos, complementando ainda, como termos mais extremos, a faixa variacional dos demais elementos. Principalmente as relações geoquímicas evidenciadas na representação conjunta reforçam as observações petrográficas (cf. pág. 71) que também sugeriram possíveis relações genéticas

**Fig. 5-36:** Variogramas multielementares, normatizados segundo Taylor & MacLennan (1985), para rochas metavulcânicas ácidas do setor W (dacitos/riodacitos (●) e riolitos (○); em A) e destas, em conjunto com metagranofiro (▲) da Intrusão da Serra da Alegria; em (B).



conjuntas dos metagranofiros da Intrusão da Serra da Alegria com as metavulcânicas ácidas regionais.

#### 5.5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos litogeoquímicos multielementares de elementos maiores e traços comuns, efetuados de forma exploratória em reduzido número de amostras da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica, da Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Ganofírica da Serra da Alegria e em rochas do Grupo de Metavulcanitos e Subvulcanitos Ácidos, contribuíram para algumas importantes evidências petrogenéticas, geotectônicas e metalogenéticas, ampliando assim os conhecimentos sobre a evolução geológica da área.

Em relação aos metabasitos/anfibolitos da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica, estes estudos apontaram a natureza de toleítos de fundo oceânico, gerados possivelmente em bacia de retro-arco e afetados por alterações pós-magmáticas. Estas evidências sobre a petrogênese do magmatismo corroboram as inferências geológicas sobre a natureza global, possivelmente de greenstone belt arqueano ou paleoproterozóico, da Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica da região da Serra da Alegria descoberta neste trabalho.

A Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica da Serra da Alegria é, sem dúvida, a unidade lito-estrutural de maior destaque e a principal contribuição deste trabalho à geologia regional do extremo sul do Cráton Amazônico. A contribuição lito-geoquímica indica processos magmatogenéticos e petrogenéticos complexos e heterogêneos interrelacionados. A suite compreendendo gabros, anortositos e veios ácidos intrusivos nos gabros é manto-derivada com características toleíticas predominantes. Foi formada por processos de

cristalização fracionada em ciclos distintos a partir de magmas parentais gábricos, separando melagabros e possíveis termos ultramáficos (estes últimos não encontrados no campo) de anortositos homogêneos e heterogêneos. Estes processos de câmara magmática ocorreram em níveis crustais relativamente rasos conforme indica o fracionamento de Sr nos plagioclásios dos anortositos, e foram precedidos, durante a ascenção dos magmas parentais do manto superior, por fracionamento de olivina e eventualmente cromita/crômio-espinélios. O grande volume dos granofiros presente na serra da Alegria não pode ser diferenciado dos magmas parentais dos gabros e anortositos. Representa uma fase própria de magmatismo félsico, relacionada ou não com o magmatismo das rochas meta-ácidas vulcânicas e subvulcânicas regionais, que realimentando a câmara magmática dos gabros, anortositos e diferenciados félsicos, desenvolveu reações de contaminação diversas (fusão-fusão e fusão-rochas) que resultaram em misturas e brechas magmáticas.

Quanto as rochas metavulcânicas e subvulcânicas ácidas, existem evidências petrográficas e geoquímicas coerentes sustentando relações genéticas conjuntas entre os metadacitos/riodacitos e metariolitos, assim como destes com os metagranofiros da Intrusão da Serra da Alegria. Estas evidências são aqui admitidas como resultado preliminar deste trabalho. Entretanto, estas inferências e os demais resultados e interpretações geoquímicas anteriormente discutidas não são inequivocos, necessitando de confirmações com estudos complementares, incluindo amostras e métodos adicionais principalmente de sistemática isotópica e geocronologia.

Sob o aspecto do potencial mineral regional destacam-se como principais metalotectos a Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica e a Intrusão Diferenciada Gábro-Anortositico-Granofírica, esta última principalmente em suas porções magmato-

estratigráficas inferiores de rochas básico-ultrabásicas e ultramáficas. Embora os dados litogegeoquímicos forneçam normalmente apenas evidências metalogenéticas indiretas (pela caracterização da filiação e do tipo do magmatismo assim como de processos petrogenéticos superimpostos) devem ser levadas em consideração as seguintes observações e interpretações: 1) o magmatismo toleítico de fundo oceânico e suas alterações pós-magmáticas indicam para a Seqüência Metavulcano-Sedimentar Básica da região da Serra da Alegria um potencial mineral de ouro e metais base, ainda que apenas uma amostra de metabasito/anfibolito tenha apresentado anomalia positiva de cobre, e 2) na suite gabro-anortositica com diferenciados félsicos menores da Intrusão da Serra da Alegria foram observados platinóides nos gabros heterogêneos mais ricos em Cr, além de características petrogenéticas indicativas para a possível formação de diferenciados ultramáficos, incluindo cromititos estratiformes e, eventualmente, concentrações de sulfetos magnéticos de tipo Ni-Cu-Fe. Esses resultados preliminares também necessitam de complementações com estudos geoquímicos específicos dirigidos à metalogênese e pesquisa mineral.

## 6. INTEGRAÇÃO GEOLÓGICA - CONCLUSÕES

A integração dos diversos estudos geológicos de campo (mapeamento regional), fotogeológicos e laboratoriais mineralógicos, petrográficos e geoquímicos, assim como considerações e comparações com dados da literatura sobre a evolução crustal e metalogênese de outros terrenos precambrianos antigos policíclicos com características similares, permitiram delinear os principais conjuntos lito-estruturais precambrianos da área estudada e correlacioná-los à etapas e processos

geotectônicos evolutivos. A área é parte integrante do extremo sul do Cráton Amazônico na Subprovíncia Madeira (segundo Amaral, 1984), compreendendo em suas partes W e Central domínios estáveis do Cráton, formando o ante-país da faixa móvel que se estende por toda sua parte Leste constituída pelo Complexo Rio Apa (Araújo et al., 1982), mais especificamente na sua parte denominada Complexo Metamórfico do Alto Tererê (Corrêa et al., 1976; 1979). O conjunto lito-estrutural fundamental contínuo por toda a parte W e Central é constituído por gnaisses graníticos polimetamórficos de alto grau com granitóides intrusivos, todos de composição leucotonalítica/trondhjemítica a granodiorítica, formando um segmento crustal de tipo TTG de características arqueanas, retrometamórfico na facies dos xistos verdes. A constituição desse segmento crustal é uma consequência dos processos superimpostos de metamorfismo, anatexia crustal e intrusões ígneas que atuaram na formação da crosta siálica arqueana em seus níveis médios a profundos (Schorscher, 1992). Idades geocronológicas dos gnaisses polimetamórficos e metagranitóides intrusivos não foram determinadas na área desta pesquisa. No contexto regional são atribuídos ao Precambriano Indiferenciado/Arqueano (Schobbenhaus & Soares, 1979; Schobbehaus et al., 1984).

Inserem-se nos domínios deste segmento crustal, com contatos tectônicos, restos de seqüências supracrustais vulcanosedimentares básicas, metamórficas na facies dos xistos verdes superior, encontrados com melhores exposições no setor Central. Estas seqüências, anteriormente desconhecidas do contexto geológico regional, compreendem metavulcanitos básicos que às vezes preservam estruturas de lavas almofadadas, associados à metatufoz basálticos e demais xistos máficos, assim como à xistos quartzosos a metapelíticos. As características litogeocímicas destes metabasitos/anfibolitos interpretadas nos diagramas de Pearce & Cann (1973) e Shervais (1982) indicam protolitos com

características de toleiítos de fundo oceânico gerados, eventualmente, em bacia de retro-arco. A idade geológica destas seqüências é posterior aos gnaisses TTG polimetamórficos e indefinida quanto aos metagranitóides intrusivos; idades geocronológicas, seja de formação ou metamorfismo, são desconhecidas. Admite-se aqui, com base em comparações regionais e dados da literatura, características de tipo greenstone belt e idades arqueanas ou paleoproterozóicas (cf. Condie, 1981; 1992; 1994). O potencial metalogenético destas seqüências inclui ouro e metais base, entre outros, sendo neste trabalho indicado por uma anomalia de Cu, necessitando, para considerações mais apuradas, de estudos específicos complementares.

A Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica da Serra da Alegria, principal contribuição deste trabalho, inédita, localiza-se no setor Central. Apresenta magmatogênese e petrogênese complexa, caracterizadas pela associação com interações magnáticas diversas de duas séries metaigneas anorogênicas principais e petrogeneticamente distintas. A primeira série é constituída por gabros, anortositos e veios ácidos intrusivos nos gabros e, a segunda, por granofiros diversos, sendo ambas de grau metamórfico predominante na facies dos xistos verdes superior.

A série gabro-anortositica de tendências toleiíticas formou-se por processos de diferenciação por cristalização fracionada em câmara magnética crustal relativamente rasa permitindo o fracionamento de Sr no plagioclásio dos anortositos (cf. Wilson, 1989), a partir de pulsos consecutivos de magma parental gábrico manto-derivado. Os dados litogegeoquímicos indicam ainda o fracionamento de olivina e cromita/crômio-espinélios, tanto durante a ascenção do magma parental do manto como também por processos de câmara magnética. Sob os aspectos

metalogenéticos são notáveis a ocorrência de platinóides, incluídos nas magnetitas magmáticas dos gabros heterogêneos com teores de Cr mais elevados, e as evidências petrogenéticas, que apontam para a possível formação de cumulados ultrabásicos e utramáficos, incluindo cromititos estratiformes e eventualmente concentrações de sulfetos magmáticos de Ni-Cu-Fe.

A segunda série metaígnea da Intrusão da Serra da Alegria é representada por grandes volumes de granofiros, que não podem ser explicados como diferenciados dos mesmos magmas parentais da série gábrica. Estes granofiros representam um evento magmático diferente, entretanto com relações espaciais e temporais próximas, sendo magmas félsicos com tendências alcalinas provavelmente de derivação crustal profunda. Durante a realimentação da câmara magmática ocorreram processos diversos de contaminação gerando rochas híbridas de misturas e brechas magmáticas.

A idade da Intrusão Diferenciada Gabro-Anortosito-Granofírica da Serra da Alegria é considerada, sob os aspectos geológicos regionais, como posterior às seqüências supracrustais vulcano-sedimentares básicas consideradas de tipo greenstone belt arqueanas ou paleoproterozóicas, e posterior também em relação aos metagranitóides intrusivos. Idades geocronológicas inexistem na área estudada. Datações efetuadas regionalmente em rochas meta-ácidas da Suite Intrusiva Alumiador, correlacionável em parte com metagranofiros da Intrusão da Serra da Alegria, indicaram cerca de 1,6 Ga (Araújo et al., 1982), compatíveis com as observações sobre a evolução crustal global que indicam a ocorrência com maior freqüência de complexos deste tipo no período compreendido entre o Paleo e Mesoproterozóico (por ex.: Windley, 1984). É consenso na literatura geológica, que complexos ígneos do tipo da Intrusão Diferenciada Gabro-

Anortosito-Granofírica ocorrem tipicamente nas áreas estáveis dos continentes (p. ex.: Cox et al., 1979; Philpotts, 1990)

As rochas do Grupo de Metavulcanitos a Subvulcanitos Ácidos formam vários corpos regionalmente distribuídos nos setores W e Central, intrudindo também metagranofiros da Serra da Alegria. Compreendem metadacitos/riodacitos e metariolitos apresentando similaridades petrográficas e geoquímicas entre si e com os granofiros da Serra da Alegria. Apesar destas analogias, não foi possível demonstrar de forma inequívoca a existência, aqui admitida, de relações petrogenéticas conjuntas dos metadacitos/riodacitos com os metariolitos, e tampouco destes com os metagranofiros. No contexto da evolução magmática da área estudada estas rochas representam um dos últimos eventos, seguidos eventualmente dos metadiabásios intrusivos nos gnaisses TTG no extremo NW da área. Datações geocronológicas regionais em rochas similares atribuídas ao Grupo Amoguijá indicaram também idades de 1,6 Ga (Araújo et al., 1982), inseparáveis da Suite Intrusiva Alumiador.

O setor E da área é constituído integralmente pelo Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos sendo parte do Complexo Rio Apa (Araújo et al., 1982) ou, mais especificamente, da Associação Metamórfica do Alto Tererê (Corrêa et al., 1976; 1979). Este setor, embora possa compreender rochas de idades e origens diversas, incluindo tipos correlacionáveis aos gnaisses polimetamórficos e metagranitóides TTG, à Seqüência Metavulcano-Sedimentar básica e/ou ao Grupo de Metavulcanitos a Subvulcanitos Ácidos dos setores adjacentes Central e W da área, foi integralmente reestruturado e tectonicamente colocado em sua posição atual como unidade parautóctone a alóctone, no último e principal evento tectono-metamórfico regional progressivo. Este evento desconfigurou as características originais das rochas constituintes do setor de tal forma que tornaram-se impossíveis

quaisquer correlações mais confiáveis, seja em relação aos protolitos específicos, seja com outras rochas do contexto regional. O grau metamórfico máximo alcançado nas extremidades leste do setor é de facies anfibolito médio transicional para superior. No contexto regional, considerando a área estudada na íntegra, este evento manifestou-se de maneira apenas incipiente a fraca com progressão lenta por todo o setor W e amplas partes do setor Central, ganhando maior expressão e intensidade rapidamente crescente, a partir da divisa leste deste setor e no setor E. Assim, ficaram preservados os hiatos tectonometamórficos causados nos ciclos geotectônicos anteriores no setores W e Central, que separam: 1) os gnaisses polimetamórficos TTG e eventualmente os metagranitóides TTG intrusivos, como as rochas mais antigas provavelmente arqueanas, 2) a Seqüência Metavulcano-Sedimentar fortemente deformada e metamórfica na facies dos xistos verdes superior, de idade inferida arqueana ou paleoproterozóica e 3) as rochas da Intrusão da Serra da Alegria e do Grupo de Metavulcanitos a Subvulcanitos Ácidos de apenas fraca deformação e metamorfismo originados pelo último evento (do Complexo Metamórfico de Gnaisses e Xistos), datado regionalmente como Complexo Rio Apa em  $1.680 \pm 30$  Ma por Araújo et al. (1982). A proximidade das idades das rochas do contexto regional da folha RADAMBRASIL SF-21 1:1.000.000, da Suite Intrusiva Alumiador, do Grupo Amoguijá e do Complexo Rio Apa, variando todas no intervalo de 1,6 a 1,7 Ga, dentro dos limites dos erros analíticos, torna a interpretação destas datações bastante problemática. Aparentemente houve um evento regional maior causando reajustes isotópicos parciais a totais que afetou todos os litotipos do contexto regional, neste sentido tratar-se-ia de idades mínimas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ABREU, G.C. DE (1995) Geologia e metalogênese do ouro da Mina do Pari, NE do Quadrilátero Ferrífero - MG. São Paulo, 140p. (Dissertação - Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M.DE (1965) Geologia da serra da Bodoquena (Mato Grosso). Rio de Janeiro, DNPM, 96p. (Boletim DGM 219).
- ALMEIDA, F.F.M.DE & HASUI, Y. (coord.) (1984) O Pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda., 378p.
- ALVARENGA, S.M.; BRASIL, A.E.; DEL'ARCO, D.M. (1982) Geomorfologia. In: Projeto RADAMBRASIL, Folha SF-21 Campo Grande. Rio de Janeiro, p.125-184. (Levantamento de Recursos Naturais, 28).
- AMARAL, G. (1984) Provincias Tapajós e Rio Branco. In: O PRÉ-CAMBRIANO DO BRASIL, Editora Edgard Blücher Ltda, p.6-33.
- ARAÚJO, H.J.T.DE; NETO, A.DOS S.; TRINDADE, C.A.H.; ARRUDA PINTO, J.C.DE; MONTALVÃO, R.M.G.DE; DOURADO, T.D.DE C.; PALMEIRA, R.C.DE B. E TASSINARI, C.C.G. (1982) Geologia. In: PROJETO RADAMBRASIL-LEVANTAMENTO DOS RECURSOS NATURAIS, Folha SF-21. Rio de Janeiro, v.28, p.23-124.
- BARD, J.P. (1980) Microtextures of igneous and metamorphic rocks. Holland: Transl. by Marianne Mareschal, Ed. by S.W. Morel. D. Reidel Publ. Co. Dordrecht, 264p.
- BRIDGWATER, D. & WINDLEY, B.F. (1973). Anorthosites, post orogenic granites, acid volcanic rocks and crustal development in the North Atlantic shield during the Mid. Proterozoic. Spec. Public. Geol. Soc. South Africa, 3:307-317.
- CONDIE, K.C. (1981) Archean Greenstone Belts. Amsterdam, Elsevier. 434p.
- CONDIE, K.C. (ed.) (1992) Proterozoic crustal evolution. Amsterdam, Elsevier. 537p.

- CONDIE, K.C. (ed.) (1994) Archean crustal evolution. Amsterdam, Elsevier. 528p.
- CORRÊA, J.A. et al. (1976). Projeto Bodoquena: Mapa geológico da Folha SF-21-V-D. Goiânia, DNPM/CPRM, DGM 2573 (inédito).
- CORRÊA, J.A.; CORREIA FILHO, F.DAS C.L.; SCISLEWSKI, G.; NETO, C.; CAVALLON, L.A.; CERQUEIRA, N.L.DE S.; NOGUEIRA, V.L. (1979) Projeto Bodoquena. Geologia das regiões centro oeste de Mato Grosso do Sul. Brasília, CPRM/DNPM, v. II, 111p.
- COX, K.G.; BELL, J.D.; PANKHURST, R.J. (1979) The interpretation of igneous rocks. London, George Allen & Unwin. 450p.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. (1977) An introduction to the rock forming minerals. London, Longman. 538p.
- DEBON, F. & LE FORT, P. (1983) A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Earth Sciences, n.73 (3, for 1982):135-139.
- FLOYD, P.A. (1976) Geochemical variation in the Greenstones of S.W. England. Journal of Petrology, 17(4):522-545.
- FURTADO, P.P.; GUIMARÃES, G.J.; FONZAR, B.C. (1982) Estudo fitogeográfico. In: PROJETO RADAMBRASIL-LEVANTAMENTO DOS RECURSOS NATURAIS, Folha SF-21 Campo Grande. Rio de Janeiro, v.28, p.281-336.
- GLOVER, J.E & GROVES, D.I. (1980) Archaean geology. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2º , Perth, 1980. Special Publication N° 7, 515p.
- HALLBERG, J.A. (1985) Geology and mineral deposits of the Leonora-Laverton area: Northeastern Yilgarn Block. Perth, Australia, Hesperian Press, 140p.
- HARKER, A. (1909) The natural history of igneous rocks. New York, Macmillan.
- HIGGINS, M.W. (1971) Cataclastic rocks. USGS Prof. Paper, (687).

- HIGGINS, M.D. & DOIG, R. (1981) The Sept Iles anorthosite complex: field relationship, geocronology and petrology. Can. Jour. Earth Sci., n. 18:561-573.
- HYNDMAN, D.W. (1972) Petrology of igneous and metamorphic rocks. New York, McGraw-Hill. 533p.
- HUGHES, C.J. (1973) Spilites, keratophyres and the igneous spectrum. Geological Magazine, (109):513-527.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. The Canadian Journal of Earth Sciences, 8:525-548.
- JENSEN, L.S. (1976) A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario, Div. Mines. Misc. Pap.66.
- JONES, J.G. (1969) Pillow lavas as depth indicators, Am. J. Sci., 267:181-195.
- KRÖNER, A. (ed.) (1981) Precambrian plate tectonics, 2 ed., Amsterdam, Elsevier. 781p.
- LADEIRA, E.A. (ed.) (1991) Brazil Gold'91. Rotterdam, AA. Balkema. 823p.
- LE MAITRE, R.W. (ed.) (1989) A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell Scientif Publications, 193p (by the International Union of Geological Sciences).
- MACKENZIE, W.S.; DONALDSON, C.H. & GUILFORD, C. (1982) Atlas of igneous rocks and their textures. London, Longman. 148p.
- MATOS, J.B.DE. (1994) Contribuição à geologia de parte da porção meridional do Cráton Amazônico: região do rio Alegre, MT. São Paulo, 108p. (Dissertação - Mestrado) Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- MONTALVÃO, R.M.G.DE & BEZERRA, P.E.L. (1980) Geologia e tectônica da Plataforma (Cráton) Amazônica. Rev. Bras. Geoc., 10(1):1-27.
- MIYASHIRO, A. (1975) Classification, characteristics and origin of ophiolites. The Journal of Geology, 83(2):249-281.

- MIDDLEMOST, E.A.K. (1985) Magmas and magmatic rocks. Londom, Longman Scientific & Technical. 266p.
- MIDDLEMOST, E.A.K. (1989) Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks. Chem Geol., (77):19-26.
- MOORE, J.G. (1965) Petrology of deep-sea basalt near Hawaii, Am. J. Sci., 263:40-52.
- NOGUEIRA, V.L. et al. (1978) Projeto Bonito-Aquidauana. Relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM, v. 1. Relatório DGM, 2744.
- OLIVATTI, O. & CORREIA FILHO, F.DAS C.L. 1981. Problemas estratigráficos do Pré-cambriano no Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 1, Goiânia, 1981. Anais Goiânia, SBG, p. 212-224.
- PASSCHIER, C.W. & TROUW, R.A.J. (1996) Micro-tectonics. 2 ed., Germany, Springer. 289p.
- PEACOCK, M.A. (1931) Classification of igneous rock series. Journal of Geology, 39(1):54-67.
- PEARCE, J.A. (1982) A "user's guide" to basalt discrimination diagrams. Apostila, inédito.
- PEARCE, J.A. & CANN, J.R. (1973) Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and Planetary Science Letters, 19(2):290-300.
- PHILPOTTS, A.R. (1990). Principles of igneous and metamorphic petrology. 498 pp., Prentice Hall, New Jersey.
- RAMDOHR, P. (1969) The ore minerals and their intergrowths. 3 ed., Germany, Pergamon. 1174p.
- ROLLINSON, H. (1993) Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. Singapore, Longman. 352p.
- SANTOS, J.O.S. & LOGUÉRCIO, S.O.C. (1984) A Parte Meridional do Cráton Amazônico (Escudo Brasil-Central) e as Bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu. Geologia do Brasil. Brasilia, DNPM, p. 93-127.

- SCHOBENHAUS, C. & SOARES, M.E.S. (1979) Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folha SF-21 Rio Apa. Brasília, DNPM. Esc. 1:1.000.000.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R. e ASMUS, H.E. (coord.) (1984) Geologia do Brasil. Brasília, DNPM, 501p.
- SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coord.) (1988) Principais depósitos minerais do Brasil. Brasília: DNPM, v.III, 670p.
- SCHORSCHER, J.H.D. (1992) Arcabouço petrográfico e evolução crustal de terrenos precambrianos do sudeste de Minas Gerais: Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e domínios granito-gnáissicos adajacentes, São Paulo, 2v., 394p. (Tese - Livre Docêncie) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SHERVAIS, J.W. (1982) Ti-V plots and the petrogenesis of modern ophiolitic lavas. Earth and Planetary Science Letters, 59:269-278.
- SPRY, A. (1974) Metamorphic textures. Pergamon, Oxford. 350p.
- STRECKEISEN, A. (1976) To each plutonic rocks its proper name. Earth Sci. Rev. 12: 1-33.
- TANKARD, A.J.; ERIKSSON, K.A.; HUNTER D.R.; JACKSON, M.P.A.; HOBDAY, D.K. and MINTER, W.E.L. (1982) Crustal Evolution of Southern Africa. New York, Springer-Verlag. 523p.
- TAYLOR, S.R. & MCLENNAN, S.M. (1985) The continental crust: its compositional and evolution. Blackwell, Oxford. 312p.
- TRÖGER, W.E. (1979) Optical determination of rock forming minerals. Part 1 (Determinative Tables). English edition of the fourth German ed. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche. 191p.
- TURNER, F.J. & VERHOOGEN, J. (1960) Igneous and metamorphic petrology. New York, McGraw-hill Book Co.
- UYTENBOGAARDT, W. & BURKS, E.A.J. (1971) Tables for microscopic identification of ore mineral. Amsterdam, Elsevier. 430p.

- YARDLEY, B.W. (1992) Introdução a petrologia metamórfica. Brasília, Edunb, 1994. 340p.
- WAGNER, L.R. & DEER, W.A. (1939) Geological investigations in East Greenland, Pt III, Petrology of the Skaegaard intrusion, Kangerdluzsuaq, East Greenland Medd. Groeland, Bd 105(4).
- WAGNER, L.R. & BROWN, G.M. (1968) Layered igneous rocks, Oliver & Boyd, Edinburgh.
- WEDEPOHL, K.H. (ed.) (1969-1978) Handbook of Geochemistry. v:II/1-II/5, Springer-Verlag.
- WIENS, F. (1986) Zur lithostratigraphischen, petrographischen und strukturellen entwicklung des Rio Apa-Hochlandes, nordost-Paraguay. 280p, Clausthaler geowissenschaftliche dissertationen, herausgegeben von den geowissenschaftlichen - Instituten der Technischen Universität Clausthal.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F.J. e GILBERT, C.M. (1970) Petrografia: Uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas. São Paulo, Polígono. 445p.
- WILSON, M. (1989) Igneous petrogenesis: a global tectonic approach. London, Unwin Hyman. 466p.
- WINCHESTER, J.A. & FLOYD, P.A. (1977) Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chem. Geol., 20, 325-343.
- WINDLEY, B.F. (ed.) (1976) The Early history of earth. New York, Wiley. 619p.
- WINDLEY, B.F. (1984) The Envolving Continents. 2nd ed., New York, Wiley. 399p.
- WINKLER, H.G.F. (1977) Petrogênese das rochas metamórficas. 4 ed., São Paulo, Editora Blücher Ltda. 254p.

## **ANEXO 1**

### **MAPA DE AFLORAMENTOS**

AFLORA-MENTO	DESCRIÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM.
RSJ-5	encosta do morrote com vários blocos fraturados de gnaisse pouco alterado contendo bandas de quartzo intercaladas a bandas esverdeadas de composição talcosa, clorítica.	-	RSJ-5a: gnaisse esverdeado pouco alterado RSJ-5b: banda esverdeada pouco alterada	+	-	-
RSJ-6	próximo a um córrego, afloramento constituído por anfibolito, cor verde com alteração avermelhada, granulação fina, maciça.	-	RSJ-6a: anfibolito verde maciço pouco alterado RSJ-6b: rocha alterada ferruginosa	+	-	-
RSJ-7	faixa milonitzada na direção N75E, ocorrendo rochas alteradas semelhantes à do afloramento RSJ-5 e RSJ-6, e ainda, blocos rolados de quartzo leitoso de veio.	-	-	-	-	-
RSJ-8	córrego seco; afloramento de gnaisse milonítico com bandamento na direção N75E, cor esverdeada, muito alterado	-	RSJ-8: gnaisse milonítico, muito alterado-	-	-	-
RSJ-10	pequenos blocos rolados, fraturados, na encosta do morrote de rocha alterada esverdeada bandada, semelhante à RSJ-5A	-	-	-	-	-
RSJ-11	encosta do morrote idem anterior pouco alterado.	-	RSJ-11: gnaisse esverdeado pouco alterado	a,b	-	-
RQC-2	encosta do morrote, maciço de rocha granítóide cataclasada, granulação média, cor rosa esverdeada, pouco alterada	-	RQC-2: granítóide rosa-esverdeado, pouco alterado	+	-	-
RQC-3	encosta do morrote, maciço de rocha granítóide de cor rosa-esverdeada, intensamente fraturado	Fp: N55W/subv.	RQC-3: granitoide rosa-esverdeado, pouco alterado	+	-	-
RQC-4	corredeira do rio Branco, rocha cataclástica granítica com lentes de quartzo estirado, pouca biotita, fraturado, alterado.	-	RQC-4: rocha cataclástica granítica, alterada	+	-	-
RSJ-12	matações de rocha cataclástica granítica, granulação fina, pouco alterada, esverdeada, com cristais de feldspato e ainda, matações de rocha ácida afanítica pouco alterada de cor cinza esverdeada, maciça	-	RSJ-12a: rocha cataclástica granítica pouco alterada RSJ-12b: rocha ácida afanítica maciça pouco alterada	+	-	+
RSJ-13	maciço de rocha cataclástica granítica pouco alterada semelhante à amostra RSJ-12A, com sistema de fraturamento intenso. Ocorre ainda, blocos rolados de rocha vulcânica microporfírica com alteração superficial branca-amarelhada (qz-pôrfiro ?).	Fp: N60E/subv.	RSJ-13a: rocha cataclástica granítica pouco alterada RSJ-13b: rocha vulcânica porfírica pouco alterada (quartzo-pôrfiro ?).	+	-	+
RSJ-14	maciço na encosta do morro de composto por rocha vulcânica ácida pouco alterada, cinza esverdeada, fina, com variações na textura passando de afanítica para porfírica fina. Na estrada ocorre rocha semelhante a RSJ-13b, caolinizada, muito alterada.	-	RSJ-14a: rocha vulcânica ácida afanítica homogênea pouco alterada. RSJ-14b: rocha vulc. ácida microporfírica com fenocristais de feldspato pouco alterada RSJ-14c: rocha subvulc. ácida com granulação fina, maciça pouco alterada	+	-	+

AFLORA-MENTO	DESCRÍÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM.
RBA-1	margem direita do río Branco, rocha vulc. ácida microporfírica com matriz afanítica e microfenocristais de feldspatos (2-5cm), cor preta, fraturado, pouco alterado.	Fp: N80W/subv.	RBA-1: rocha vulc. ácida microporfírica preta pouco alterada	a,b	-	+
RA-1	afloramento no leito do cór. Carne Pôdre, em baixo da ponte. Constitui-se de gnaisse cinza milonitzado, fino, muito alterado.	Fp: N50E/20SE	RA-1: biotita gnaisse milonítico, muito alterado	-	-	-
RA-3	margem do córrego Carne Pôdre, rocha milonitzada com quartzo lenticular e clorita, muito alterado, com fraturamento.	Fp: N45E/60SE	-	-	-	-
RA-4	no chão, rocha esbranquiçada caolinizada com grãos de quartzo e feldspato rosa, muito alterada (quartzo-pórfiro ?).	-	RA-4: quartzo pórfiro (?) muito alterado	-	-	-
RA-5	leito do cór. afluente do cór. Carne Pôdre, rocha milonítica granítóide, esverdeada, com caolim, muito alterada.	-	RA-5a: granítóide milonítico esverdeado, muito alterado. RA-5b: idem	-	-	-
RA-6	no chão da estrada, quartzo xisto milonítico, muito fino, alterado.	Sn: NS/45E	RA-6: quartzo xisto sericítico milonítico	+	-	-
RB-2	confluência do río Branco com o cór. Laudejá. rocha milonítica com porfiroblastos estirados de K-feldspato (0,5 cm) e matriz fina rica em biotita, contendo granada em pequena quantidade. Ocorre freqüentemente veios centimétricos de quartzo-feldspáticos leitoso rosa remobilizado contendo biotita grossa. Apresenta planos de falha com estrias (Le) e sistema de fraturamento (Fn) com espessamento métrico bem penetrativo.	Sn: N35E/15SE Le: 140/15 Fn: N70E/subvert	RB-2: rocha milonitzada pouco alterada	a,b	-	-
RB-3	leito do río Branco, pacote com espessura mínima de 50m composto por biotita-quartzo xisto milonitzado, com variação composicional, ora mais, ora menos biotita, contendo ainda veio de quartzo remobilizado. Contém sistema de fraturamento proeminente.	Sn: N10W/30NE Le: 120/20 Fn: NS/subv	RB-3: biotita-quartzo xisto milonítico alterado	+	-	-
RB-5	margem direita do río Branco, pacote de rocha vulcânica felsica, milonítica, passando de um nível inferior grosso porfirítico para um nível superior mais fino e micáceo.	Sn: N35W/30SW	RB-5a: vulcânica felsica porfirítica RB-5a: vulcânica felsica micácea fina	+	-	-
SA-2	encosta SW da Serra da Alegria, pequenos blocos de granítóide, granulação fina, cinza rosado, alterado.	-	-	-	-	-
SA-3	parte alta da serra da Alegria, blocos de 0,5m em média, granítóide de granulação média, rosado/vinho, pouco alterado	-	SA-3: granítóide rosa/vinho, pouco alterado	+	-	+

AFLORA-MENTO	DESCRIÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM.
SA-4	alto da serra da Alegria, vários matações de dois tipo de rocha: 1 - granitóide de granulação média homogêneo com pouco quartzo; 2 - granitóide porfírico, esverdeado, com fenocristais de quartzo e feldspato (0,5-1,0cm)	-	SA-4a: granitóide homogêneo, granulação média, rosa, pouco alterado SA-4b: granitóide porfírico esverdeado, pouco alterado	- +	- -	-
SA-5	córrego no alto da serra da Alegria, maciço de granitóide homogêneo de granulação fina, rosa	-	SA-5: granitóide homogêneo, fino, rosa, alterado	-	-	-
RS-3	na encosta vários blocos rolados de granitóide fino de cor rosada e granitóide cinzento porfírico com fenocristais de feldspatos em matriz afanítica	-	RS-3a: granitóide rosa, alterado RS-3b: granitóide, porfírico, cinza, pouco alterado RS-3c: granitóide homogêneo, rosa de granulação fina, pouco alterado	- - +	- -	-
RS-4	na planicie próxima ao cór., dique de gabro de granulação grossa. Ocorre ainda, no barranco da encosta , granitóide homogêneo, porfírico de cor rosa.	-	RS-4a: gabro homogêneo esverdeado, pouco alterado RS-4b: granitóide rosa homogêneo porfírico pouco alterado	a,b + +	- -	+ +
RS-6	pelo chão na trilha, vários blocos de granitóides idem ponto RS-3	-	-	-	-	-
RS-7	na encosta SW da serra da Alegria, afloramento do tipo mar de blocos, com matações de 1,5 a 6,0 m, de composições diversas:  1) na porção topográfica inferior ocorrem anortositos em blocos tabulares de textura grossa, comumente com finos veios ácidos diferenciados de cor branca.  2) na porção topográfica superior predominam gabros e leucogabros hererogêneos contendo bolsões e/ou diques maficos intrusivos ricos em maganetita, gerando aspecto brechóide. São comuns porções heterogêneas com estruturas pegmatóides. Ocorrem ainda, veios ácidos afaníticos ou de granulação muito fina, de espessura decimétrica, intrusivos.  Ocorre com freqüência pequenos blocos (< 0,5 m) de granitóides, em geral, de textura fina microporfírica.	-	RS-7a: anortosito homogêneo RS-7f: anortosito homogêneo RS-7k: anortosito homogêneo RS-7e: gabro RS-7c: facies pegmatóide do gabro/leucogabro RS-7j: leucogabro pegmatóide com veio intrusivo contendo magnetita RS-7m: gabro de veio com magnetita RS-7l: anortosito heterogêneo, grosso com minerais verdes prismáticos RS-7d: parte pegmatóide do leucogabro RS-7n: anortosito caolinizado, alterado RS-7g: anortosito homogêneo com veio fino, ácido diferenciado, de cor branca	+ + + + + + a,b,c a,b + + + + +	- - - - - - a,b,c - - - - -	+ - - - + A: pegmatóide B: veio, fino + - - -

AFLORA-MENTO	DESCRÍÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM.
RS-7	continuação		RS-7l: gabbro heterogêneo de veio, com porções leucogábricas RS-7r: granítóide esverdeado, de textura homogênea muito fina RS-7/1: veio ácido fino, branco esverdeado, encaixado no gabbro (porção máfica fina) RS-7/2: gabbro heterogêneo com porção máfica passando para felsíca com fenocristais de feldspato branco RS-7/3: gabbro de textura fina homogênea RS-7/4: gabbro heterogêneo contendo magnetita grossa RS-7/5: leucogabbro pegmatóide com cristais de feldspato branco de até 3,0 cm RS-7/6: gabbro com veio ácido de textura fina RS-7/8: porção homogênea do anortosito RS-7p: granítóide microporfíritico cinza rosado, com fenocristais de feldspato RS-7b: granítóide rosa microporfíritico com fenocristais de feldspato RS-7o: granítóide preto microporfíritico com fenocristais de feldspato	a,b,c,d + a,b,c a,b,c a,b + + + a,b + + + + +	a,b - + a,b + a,b - a,b + - -	- - B: veio ácido C: máfica fina A: máfica B: pegmatóide + A/B: máfica +
RS-11	encosta SW da serra da Alegria, matações tabulares de até 6,0 m de anortosito homogêneo	-	RS-11: anortosito homogêneo	+	-	+
RS-12	encosta SW da serra da Alegria, granítóide homogêneo rosa fino com cristais prismáticos. Logo acima, rocha básica gabróide porfirítica com veio ácido intrusivo de textura fina	Fp: N85E/65NW	RS-12A: granítóide com cristais prismáticos RS-12B: gabróide encaixante RS-12C: veio ácido de textura fina	+	-	+
RST-2	barranco da estrada ( <i>in situ</i> ), granítóide cinza rosado com alteração ocre	-	RST-2: granítóide, alterado	-	-	-
RST-3	encosta da Serra da Alegria, vários matações de 1,0 m em média, de rocha granítóide rosado homogêneo com pouco alterado.	-	RST-3: granítóide rosa pouco alterado	+	-	+
RST-1	córrego afluente do córrego Congonhas, rocha granítóide homogênea, rosada, alterada.	-	RST-1: granitoide de granulação fina, cor rosa	+	-	-

AFLORA-MENTO	LOCALIZAÇÃO DESCRIÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM.
RB-1	leito do rio Branco, anfibolito, fino de cor verde, foliado, com segregação de quartzo em veios concordantes, pouco alterado.	Sn: N15W/15NE	RB-1A: anfibolito foliado com veios de quartzo RB-1B: anfibolito foliado com lentes talcosas esbranquiçadas	- + -	- - -	- +
RB-4	Margem do rio Branco, rochas metamáficas foliadas e xistos maficos de textura fina, cor verde e apresentando um nível com estrutura de <i>pillow-lava</i> ( $\varnothing \cong 0,5$ m). Veios de quartzo de espessura decimétrica a centimétrica são comuns, inclusive no interior da lavas almofadadas. Localmente observa-se cavidades octaédricas nos anfibolitos, provavelmente de alteração de sulfetos ou de carbonato.	Sn: N40E/10SE N20W/25SW  Fn: N70E/subv.	RB-4a: metamáf. foliada, fina RB-4c: metamáf. foliada, fina, com veio de quartzo remobilizado RB-4d: metamáf. foliada, fina RB-4b: metamáf. foliada, fina RB-4e: metamáf. foliada, fina RB-4f: metamáfica foliada fina com cavidades RB-4g: metamáfica com quartzo remobilizado	- a,b + + + + + +	- - - - - - -	- - + - + + -
RB-7	margem direita do rio Branco, rocha metamática, fina, foliada, com quartzo em veios/remobilizados e lentes de tufo vulcânico básico com textura piroclástica. Contém sistema de fraturamento (Fr) proeminente.	Sn: N30W/20NE N20E/35SE  Fn: N70E/subv.	RB-7a: metatufo, fino, de cor verde, com quartzo remobilizado, alterado RB-7b: metamáf. foliada, fina, pouco alterada RB-7c: metatufo com textura piroclástica, alterada RB-7d: metamáfica foliada, fina, pouco alterada	+ + + +	- - - -	- + - +
RSC-9	voçoroca próximo ao córrego Congonhas, rocha metamática, verde milonítica, fina, alterada.	Sn: N40E/35SE	RSC-9: metamática, milonítica, verde alterada	+	-	-
RST-5	chão da estrada, rocha metamática verde, milonítica, alterada	-	RST-5: metamática, milonítica, fina, verde, alterada	+	-	-
RSJ-3	morrote com vários blocos fraturados de quartzito sericítico com quartzo leitoso remobilizado em veios de espessura centimétrica a decimétrica budinados e/ou dobrados (dobras em "bainha").	-	RSJ-3: quartzito sericítico pouco alterado	+	-	-
RS-9	pequeno cór., vários blocos de quartzito sericítico esverdeado	-	-	-	-	-
RL-1	leito do cór. Laudejá. Sericita-quartzo xisto crenulado, fino, branco esverdeado, muito alterado	Sn: N35E/20SE	-	-	-	-
RL-2	margem do córrego Laudejá, quartzo-muscovita xisto, alterado	Sn: N35E/15SE	-	-	-	-

AFLORA-MENTO	LOCALIZAÇÃO / DESCRIÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM.
RL-4	encosta do morrote, blocos fraturados de quartzito sericítico de coloração esverdeada, pouco alterados. Próximo ocorre afloramento em meio ao solo de cor roxa, de rocha metarnáf., foliada, fina, de cor verde.	-	RL-4a: metamáf. foliada, fina, pouco alterada RL-4b: quartzito micáceo, homogêneo, foliado, pouco alterado	+	-	+
RL-5	margem direita do córrego Laudejá, gnaisse granatífero de granulação fina com veios de quartzo remobilizado, de cor rosa, alterado. Com dois sistemas de fraturamentos, F1, mais proeminente e F2, menos proeminente.	Sn: N35E/30SE Le: 115/30 F1: N35W/subv. F2: N25E/subv.	RL-5: gnaisse granatífero, fino homogêneo, de cor rosa, alterado	+	-	-
RL-6	confluência de pequeno córrego com o córrego Laudejá, na margem esquerda. Biotita gnaisse com lentes de quartzo estiradas, muito alterado	Sn: N50E/20SE	-	-	-	-
RL-7	córrego Laudejá, idem anterior	Sn: N40E/25SE	-	-	-	-
RB-8	barranco da estrada próximo ao Retiro da Alegria, quartzo xisto granatífero com intercalações de quartzito fino puro, branco,	-	RB-8: quartzito puro fino, branco	-	-	-
SO-9	morrote, quartzito puro recristalizado, granulação média-grossa	Sn: N40E/25SE	-	-	-	-
SO-10	afluente do córrego Caitetú, quartzo-biotita xisto fino, alterado com veio pegmatítico contendo quartzo transparente, feldspato rosa, muscovita e alteração ferruginosa.	Sn: N10W/20NE N20W/20NE	-	-	-	-
SO-12	córrego Laudejá, pacote de biotita gnaisse cinza, com proporção variável de biotita em contato por falha com pacote de espessura mínima de 4,0 m composto por granada-quartzo-muscovita-xisto com quartzo de veio remobilizado.	Sn: N40E/20SE Le: 140/20	SO-12: quartzo-muscovita xisto com granada, alterado	+	-	-
SO-13	córrego Laudejá, biotita gnaisse cinzento	Sn: N50E/20SE	-	-	-	-
SO-14	cachoeira no córrego Laudejá, muscovita-biotita-gnaisse fino milonítico, avermalhado, com quartzo de veio remobilizado, com dobras intra-foliais. Ocorrem dois sistemas de fraturamento (F1 e F2)	Sn: N40E/20SE Le: 125/20 F1: N60W/subv F2: N35E/subv	SO-14: muscovita-biotita gnaisse, milonítico fino, de cor rosa, pouco alterado	+	-	-
SO-15	barranco da estrada para o Retiro São Felício, biotita-gnaisse milonítico, cinza, com lentes de K-feldspato centimétricas.	Sn: N25E/20SE N30E/25SE N25E/18SE	SO-15: biotita-gnaisse, milonítico, cinza, com lentes de porfiroblastos de K feldspato, pouco alterado SO-15B: biotita gnaisse, milonítico, cinza, pouco alterado	+	-	-

AFLORA-MENTO	DESCRIÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM.
SO-17	morrote próximo à sede, biotita gnaiss com cor de alteração avermelhada.	Sn: NS/20E	-	-	-	-
SO-20	córrego próximo a entrada da Fz. Sta. Otilia, quartzito muscovítico alterado, cor amarronzado	Sn: N40W/30NE	-	-	-	-
SO-22	no chão da estrada, muscovita-biotita-quartzo xisto, cinza, alterado	-	-	-	-	-
SO-23	póximo à cabeceira do córrego Carne Pôdre, gnaiss alterado de cor rosa, granulação grossa com lentes (3 cm) de quartzo e feldspato	Sn: N30W/30NE	-	-	-	-
SO-24	leito de pequeno córrego, quartzo-biotita xisto alterado, fino com veios de quartzo	Sn: N10W/30NE	-	-	-	-
SO-25	córrego afluente do córrego Carne Pôdre, rocha milonítica sericitizada, alterada, contendo quartzo, biotita, muscovita, cor amarelada. Intensamente fraturada, com espaçamento decimétrico	Sn: N20W/20NE Fn: N10W/subv	-	-	-	-
SO-26	afloramento junto à sede da fazenda, constitui-se de gnaiss cinza, de granulação fina, com bandas quartzo-feldspáticas alternadas a bandas ricas em biotita. Apresenta dois sistemas de fraturas (F1 e F2), bem proeminentes com espaçamento decimétrico.	Sn: N40E/32SE F1: N20E/subv F2: N65E/subv	-	-	-	-
SF-5	margem do cór. afluente do rio Branco. Gnaiss rico em biotita, com porfiroblastos de K-feldspato estirados, de tamanho centimétrico, cor cinza escuro.	Sn: N25E/20SE	SF-5: biotita gnaiss cinza com porfiroblastos estirados de K-feldspato, pouco alterado	+	-	-
SF-6	encosta do morro próximo à estrada. Gnaiss rico em biotita, com porfiroblastos de K-feldspato e cor de alteração rosa.	Sn: N30E/30SE	SF-6: biotita gnaiss róseo, com porfiroblastos estirados de K-feldspato, pouco alterado	+	-	-
SF-7	encosta do morro, próximo à estrada. Anfibolito foliado sobreposto concordantemente por muscovita-quartzo xisto. Poucos metros abaixo, na estrada sentido sul, biotita gnaiss rosa, alterado	Sn: N25E/20SE	SF-7a: anfibolito foliado SF-7b, c, d: muscovita-quartzo xisto com foliação ondulada	+	-	-
SF-8	afloramento às margens de um pequeno cór. afluente do rio Branco. Blocos de biotita gnaiss de coloração avermelhada ricos em granada de até 0,5 cm, alterado	Sn: N20E/25SE	SF-7e: biotita gnaiss, alterado, rosa	-	-	-
SF-9	afloramento às margens de um pequeno cór. afluente do rio Branco. Gnaiss rico em biotita, cor cinza escuro, alterado.	Sn: N60E/30SE	-	-	-	-
SF-12	afloramento no leito do rio Branco. Quartzito foliado rico em muscovita, fraturado, alterado.	Sn: N65E/40SE Fn: N65E/subv.	SF-12: quartzito muscovítico, alterado	-	-	-

AFLORA-MENTO	DESCRÍÇÃO	MEDIDAS ESTRUTURAIS	AMOSTRAS COLETADAS	SEÇÕES DELGADAS	SEÇÕES POLIDAS	GEOQUÍM..
SF-15	afloramento no leito do cór. São Felício. Biotita-quartzo xisto muito fino, homogêneo, de aparência maciça, alterado.	-	-	-	-	-
SF-16	afloramento na margem direita do cór. São Felício. Biotita-gnaisse cinza, muito alterado, com veios de quartzo de 1 a 3 cm de espessura, formando dobras intrafoliais. Ocorre magnetita associada aos veios e na matriz da rocha.	Sn: N20E/30SE	SF-16a: biotita gnaisse cinza com veios de quartzo, alterado SF-16b: biotita gnaisse cinza, alterado	-	-	-
SF-19	afloramento na margem direita do rio Branco. Quartzito com fraturamento intenso, granulação fina, cor avermelhada de alteração.	Sn: N80W/60SE Fn: N30E/subv	-	-	-	-
RSC-2	margem do rio Aquidabã, biotita gnaisse alterado, cinza escuro	Sn: N05W/15NE	-	-	-	-
RSC-3	córrego afluente do rio Aquidabã, biotita-gnaisse, cinza escuro.	Sn: N25E/15SE	-	-	-	-
RSC-5	pequena drenagem próximo à estrada, biotita gnaisse cinza alterado com fraturamento intenso, quartzo de veio	Sn: N55W/25NE Fn:N10W/subv	-	-	-	-
RSC-6	chão da estrada próximo ao córrego Congonhas, muscovita-quartzo xisto com granada, alterado	Sn: N35E/25SE	-	-	-	-
RSC-10	próximo à estrada, vários blocos de até 1,5 m de laterita do tipo "box work", alta densidade	-	RSC-10: laterita com estrutura "box work"	-	-	-
RSC-11	pequena drenagem, muscovita-quartzo xisto muito alterado, nas proximidades, ocorre laterita idem RSC-10	-	-	-	-	-

## **ANEXO 3**

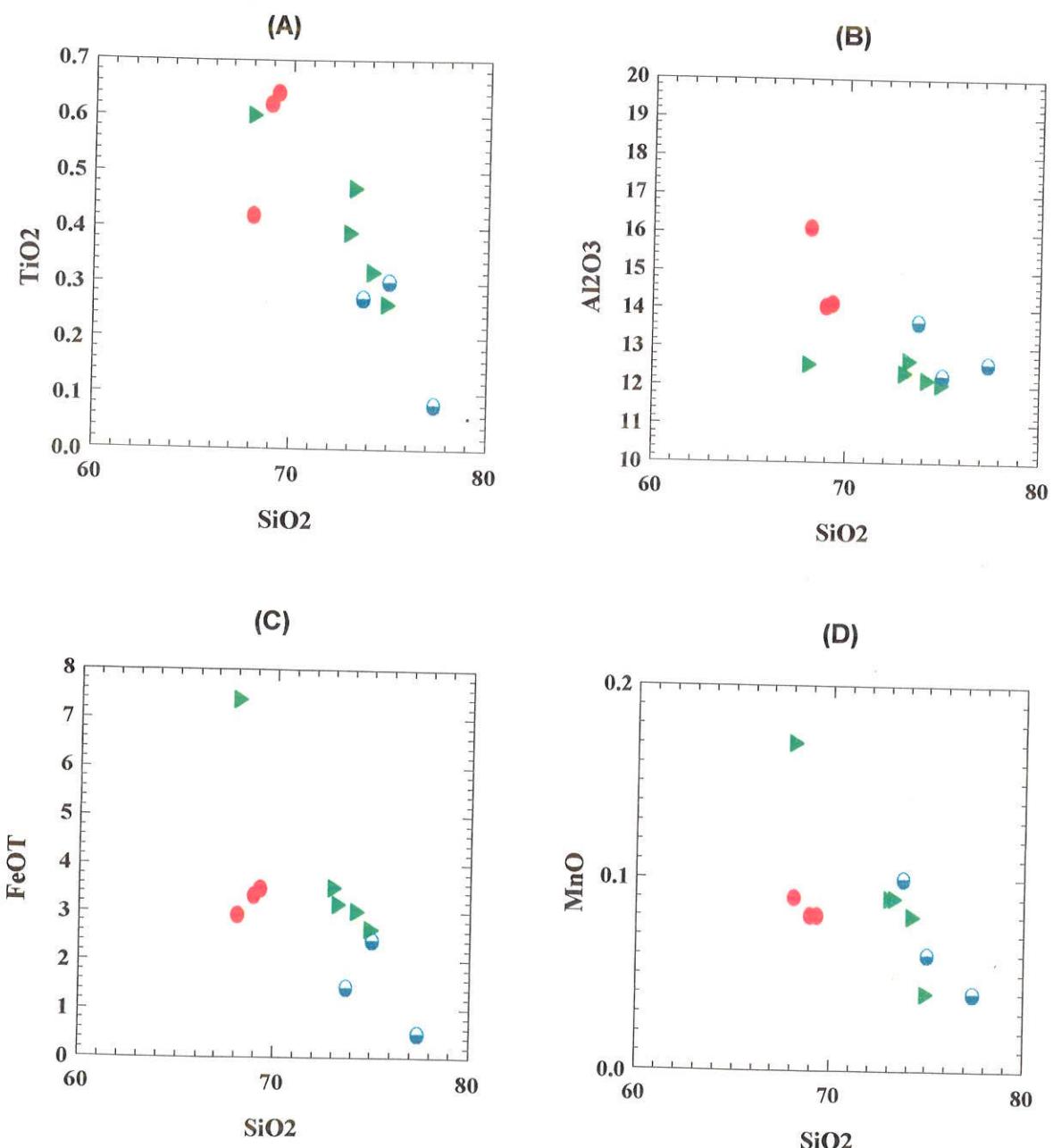
### **MAPA FOTOGEOLÓGICO**

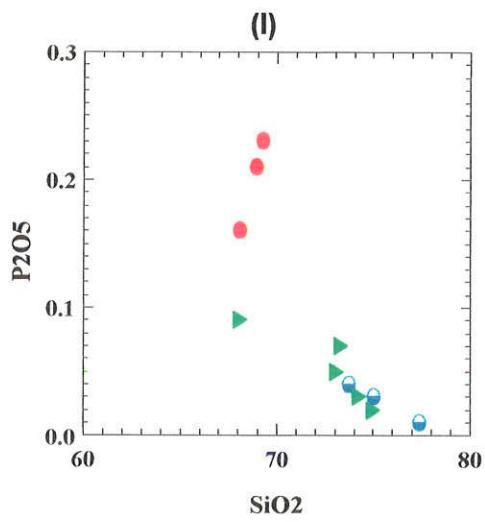
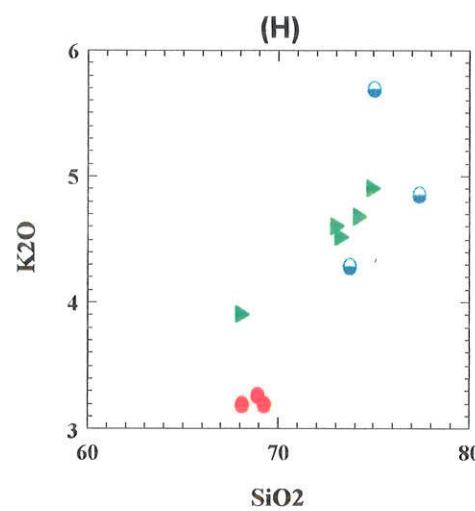
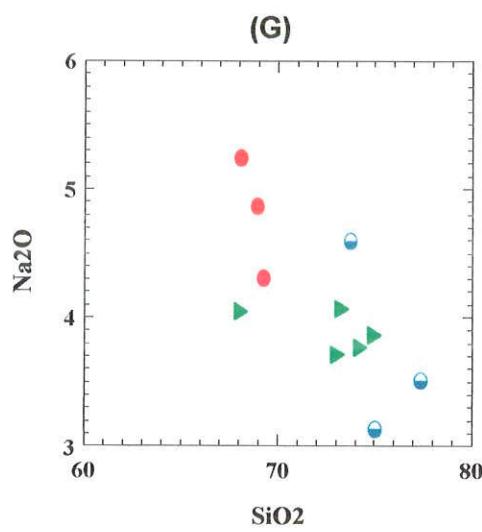
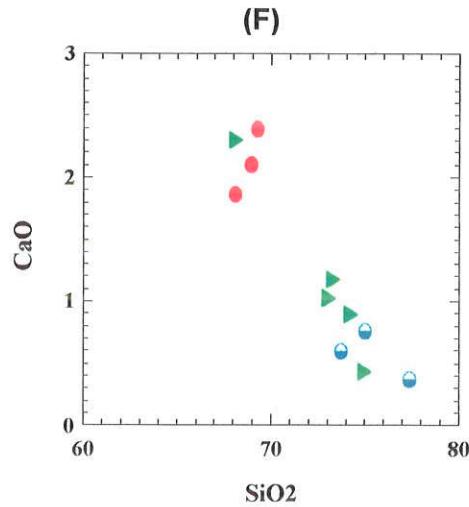
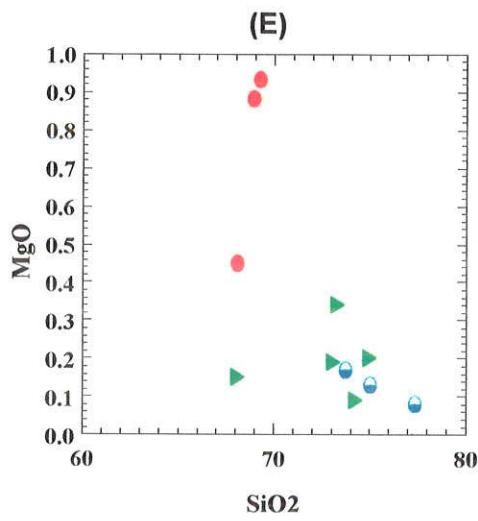
## **ANEXO 4**

**VARIOGRAMAS BINÁRIOS PARA OS  
METAVULCANITOS ÁCIDOS DO SETOR W EM  
CONJUNTO COM OS METAGRANOFIROS DA  
INTRUSÃO DA SERRA DA ALEGRIA (4.1) E  
METABASITOS/ANFIBOLITOS DA SEQÜÊNCIA  
METAVULCANO-SEDIMENTAR (4.2)**

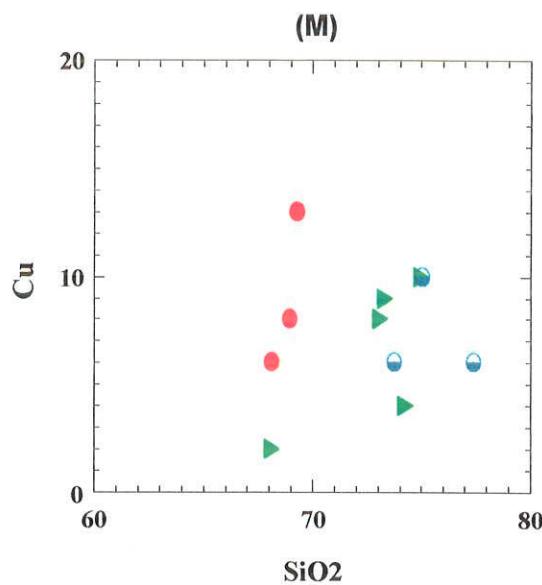
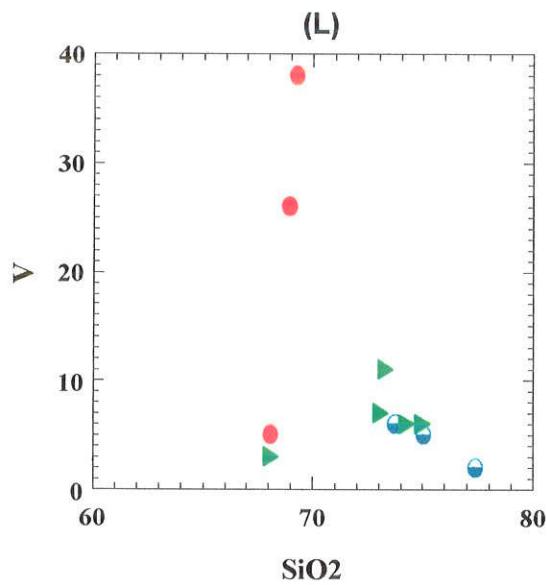
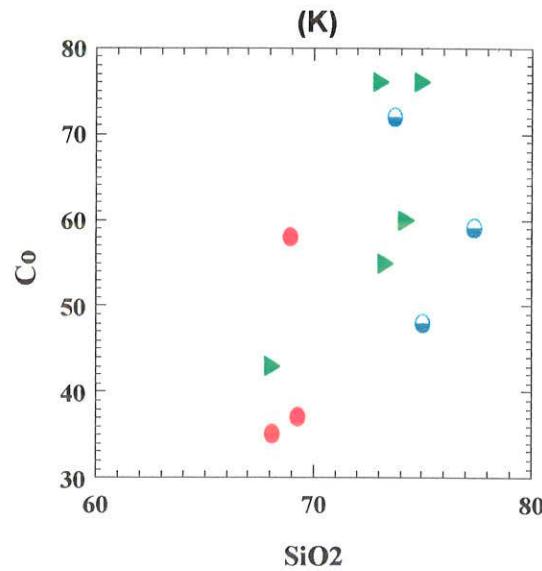
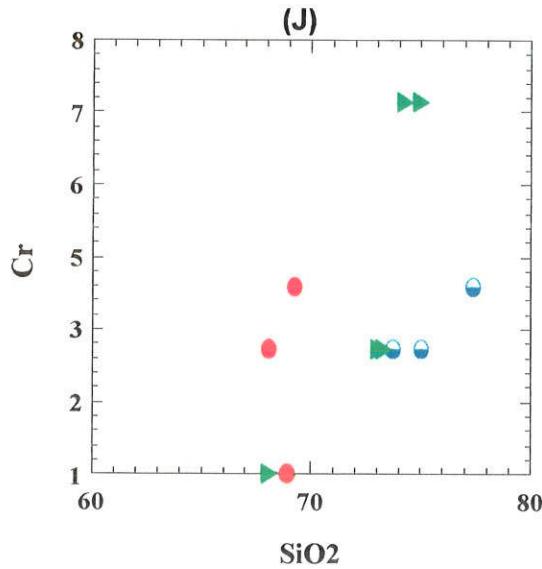
**ANEXO 4.1:** Variogramas binários segundo Harker (1909) para os metavulcanitos ácidos do setor W (dacitos/riodacitos (●) e riolitos (◐)), juntamente com metagranofiros (►) da Intrusão da Serra da Alegria.

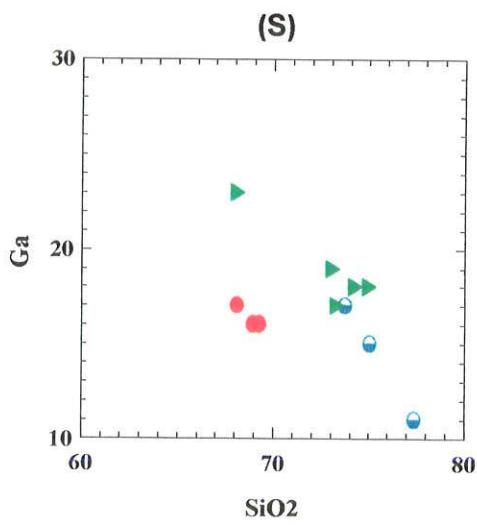
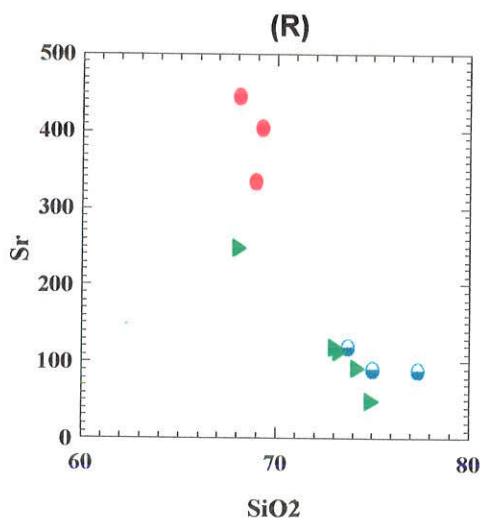
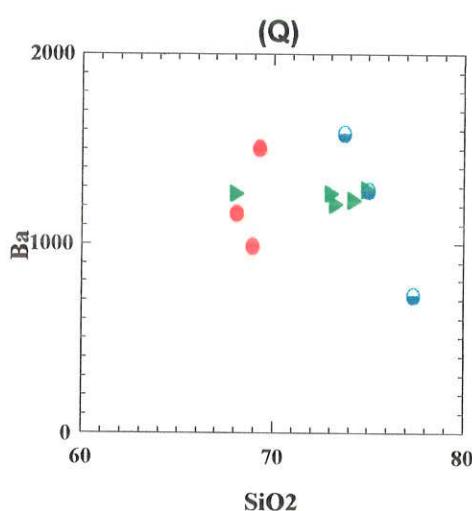
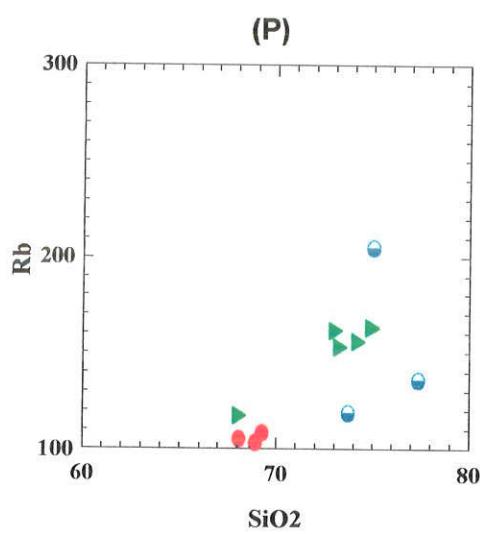
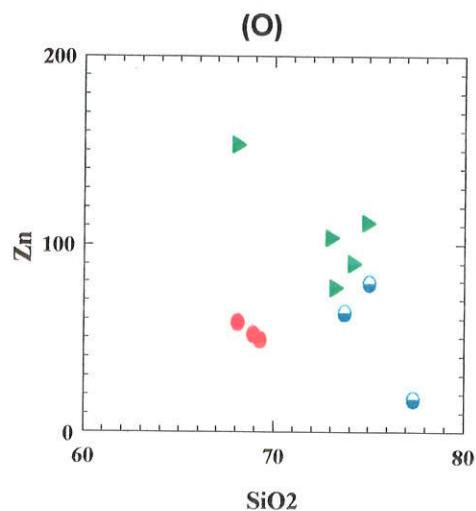
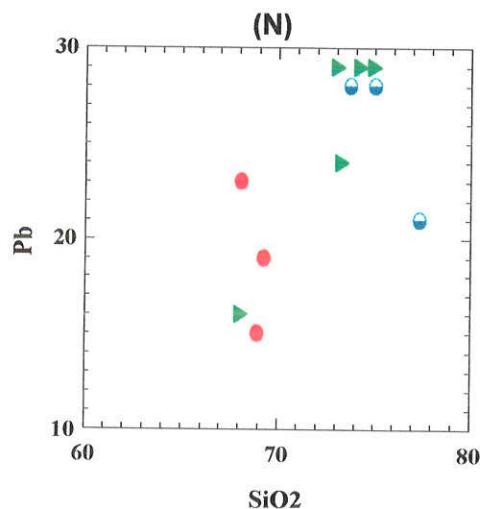
### ELEMENTOS MAiores

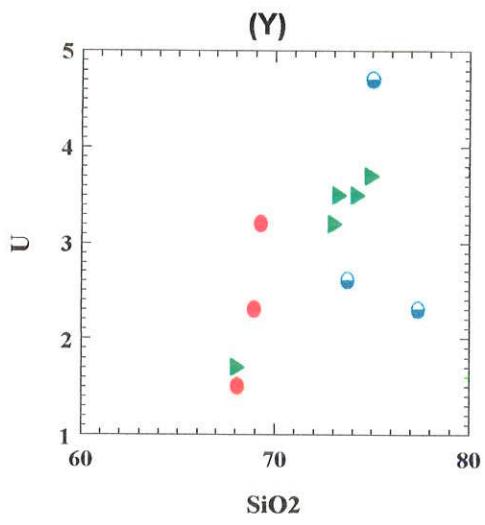
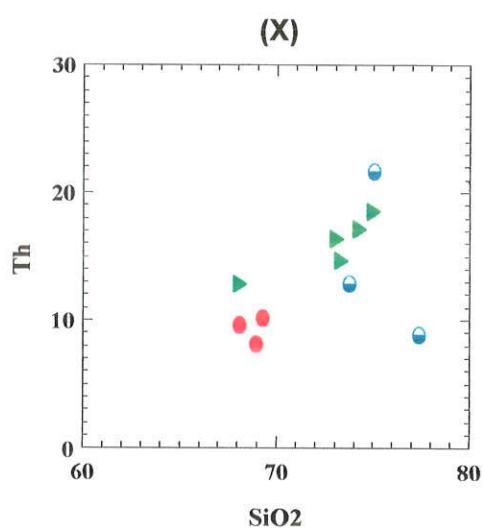
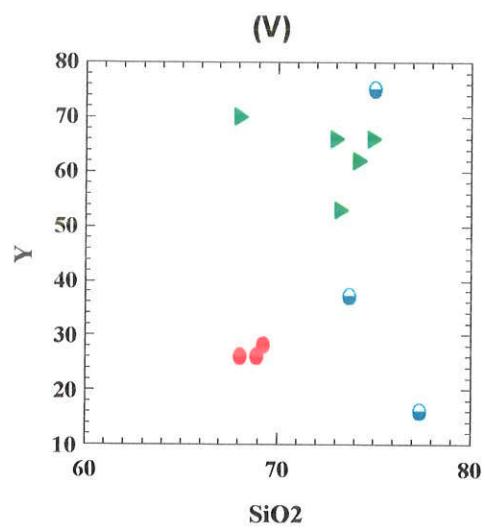
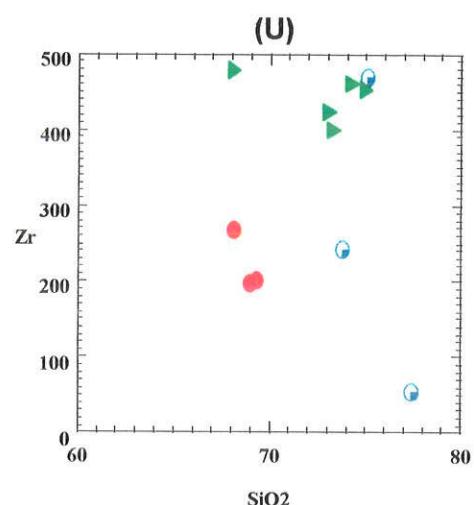
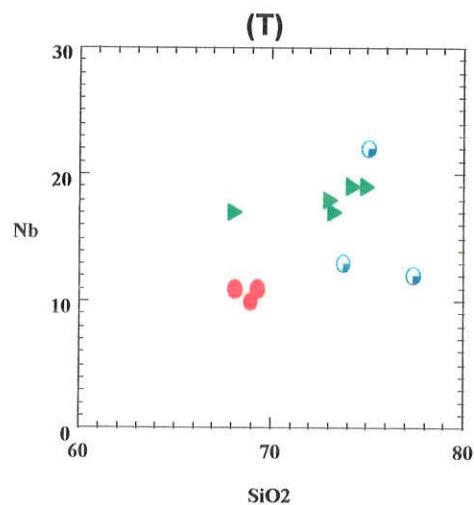




## ELEMENTOS TRAÇOS

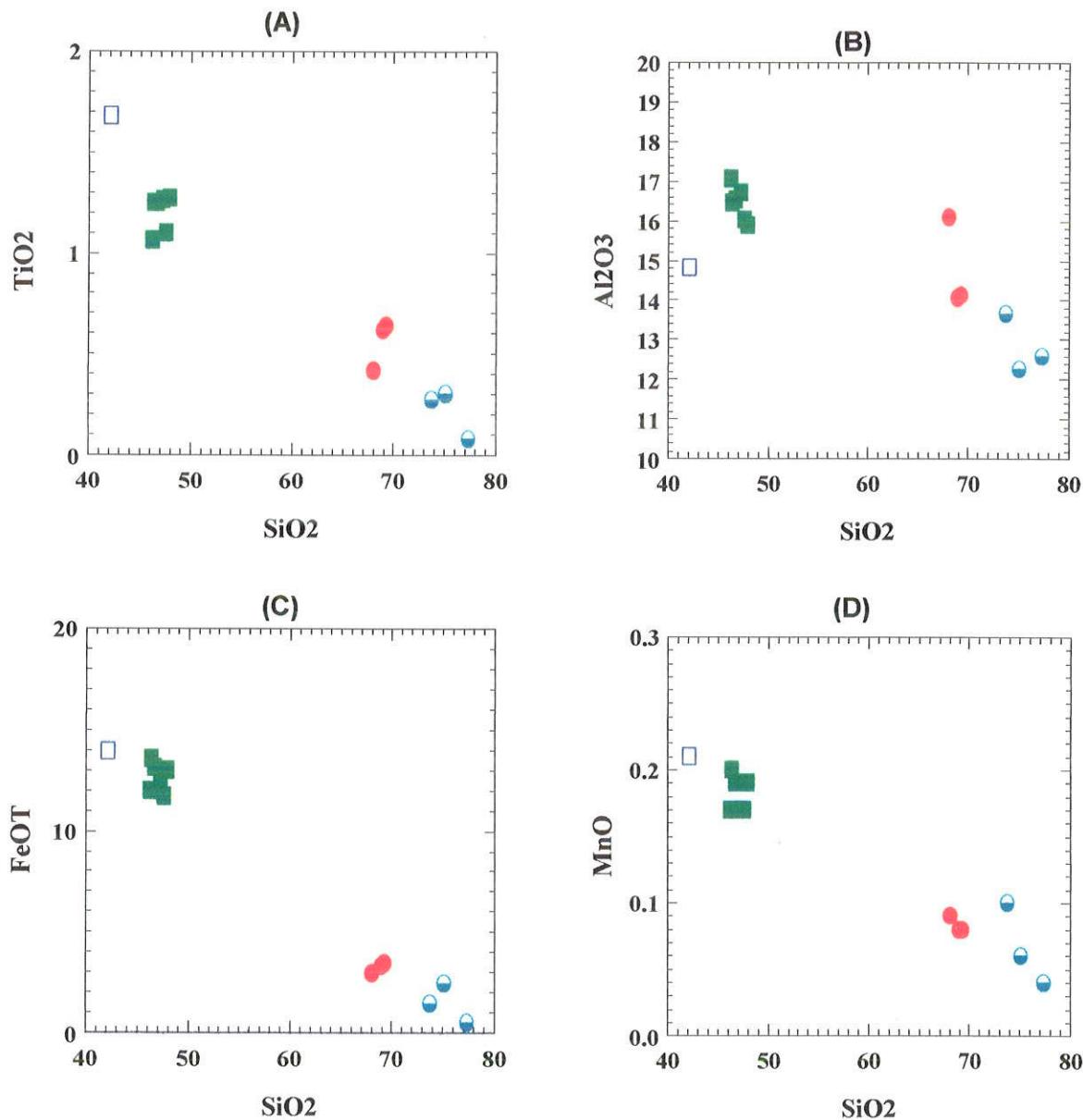


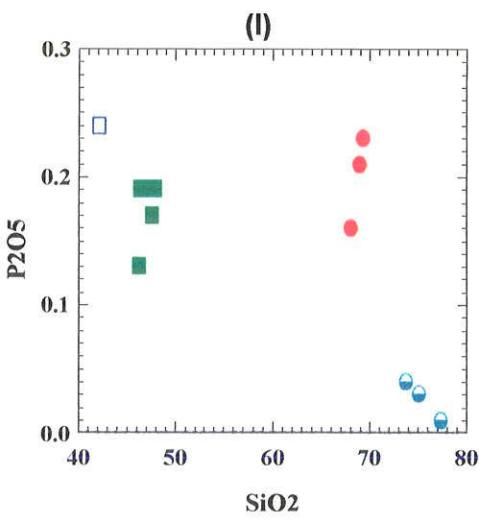
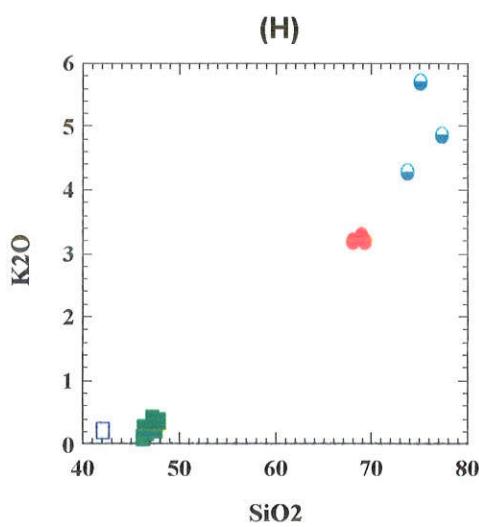
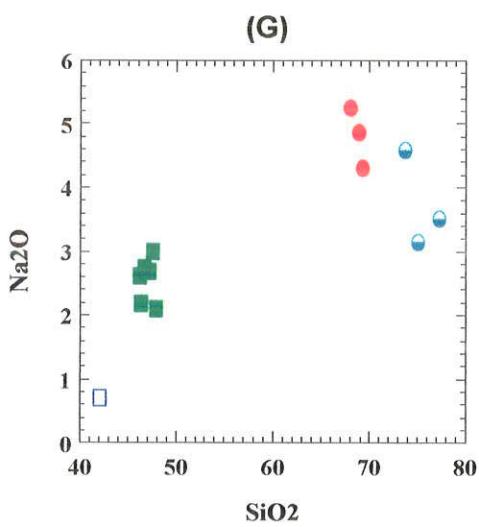
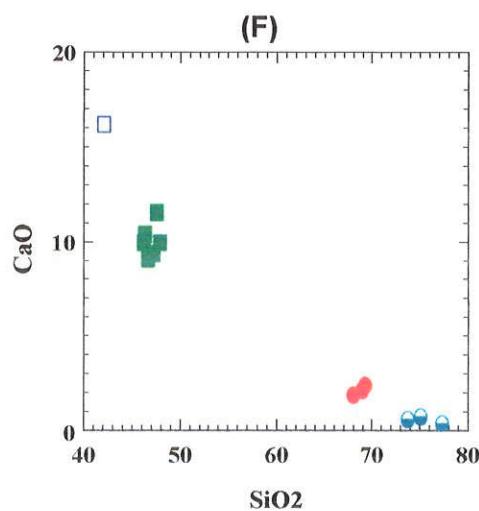
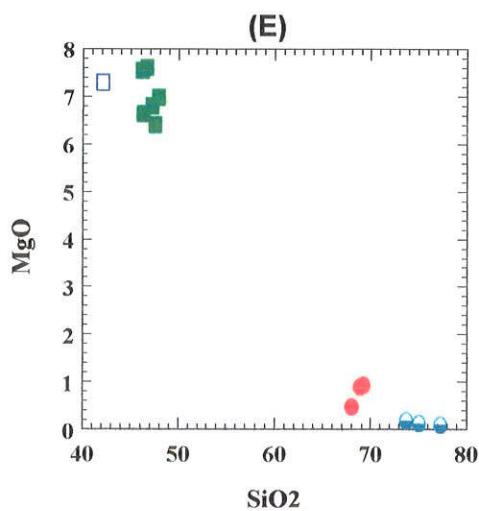




**ANEXO 4.2:** Variogramas binários segundo Harker (1909) para os metavulcanitos ácidos do setor W (dacitos/riodacitos (●) e riolitos (○)), juntamente com metabasitos/anfibolitos (■) e anfibolito ultrabásico (amostra RL-4A (□)), da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do setor Central.

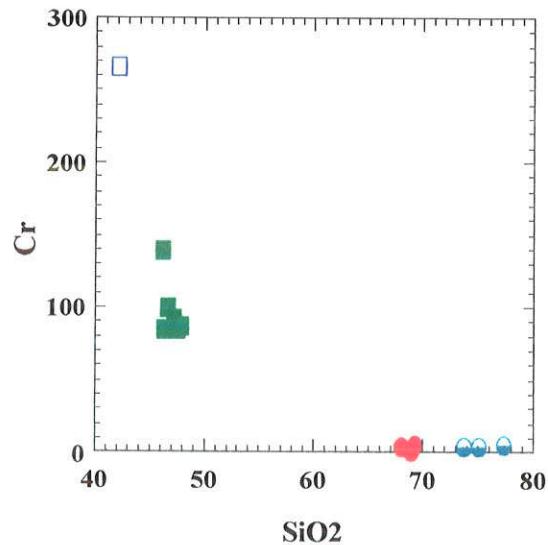
### ELEMENTOS MAIORES



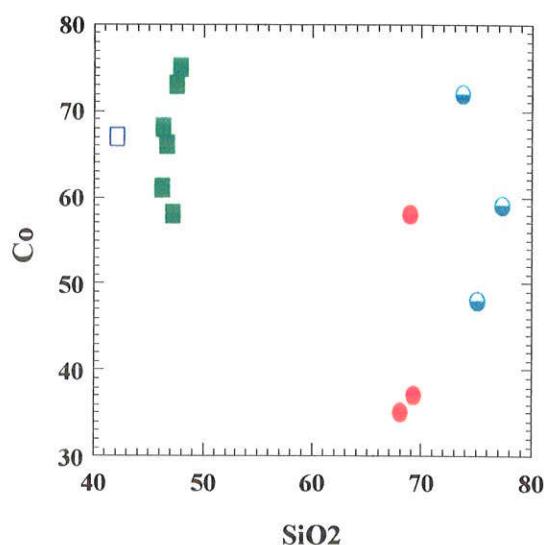


## ELEMENTOS TRAÇOS

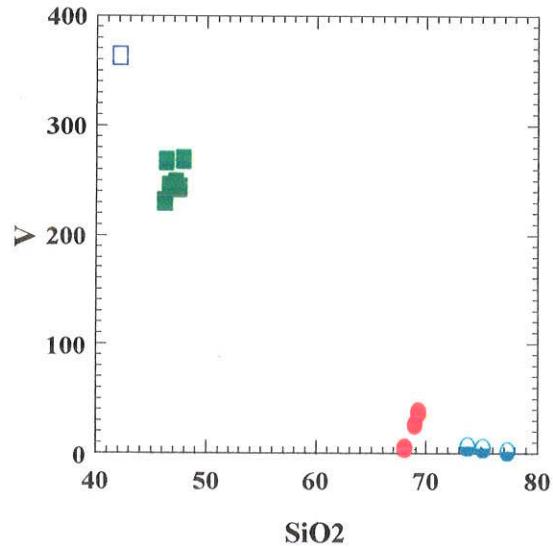
(J)



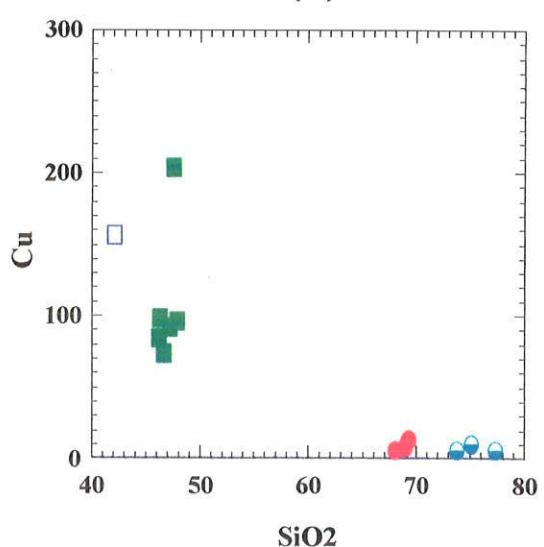
(K)

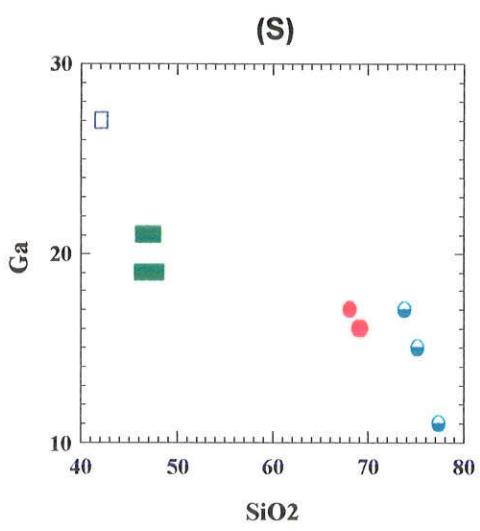
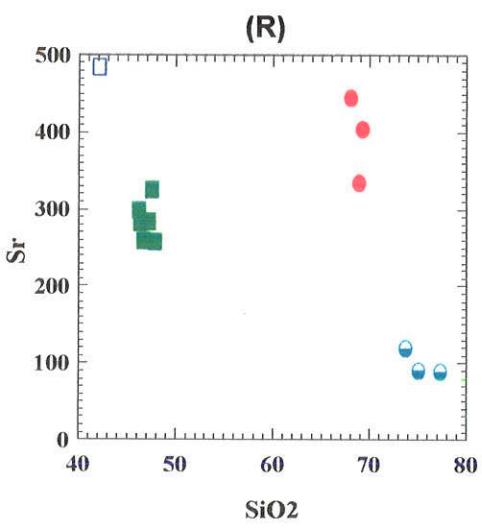
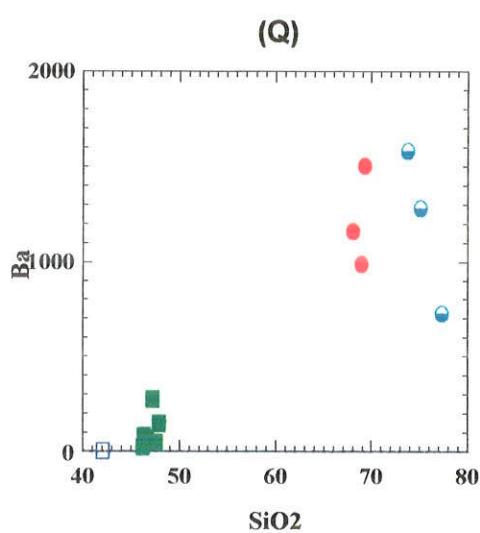
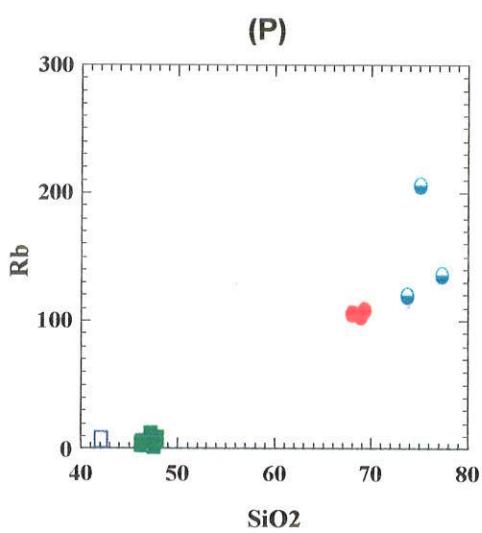
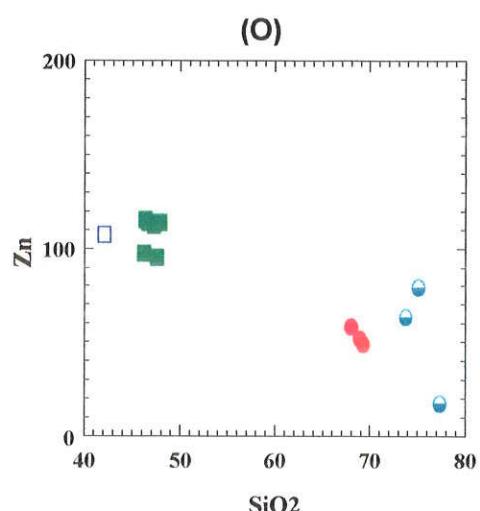
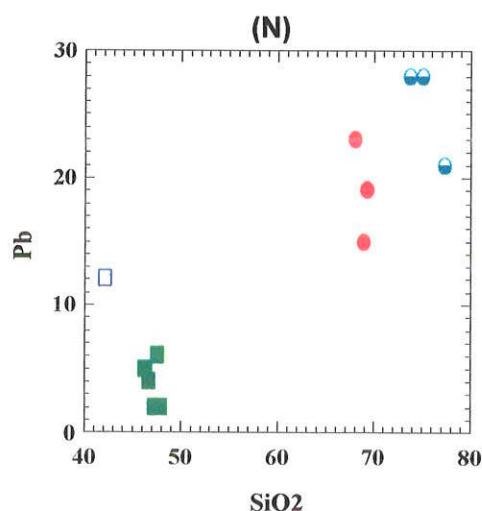


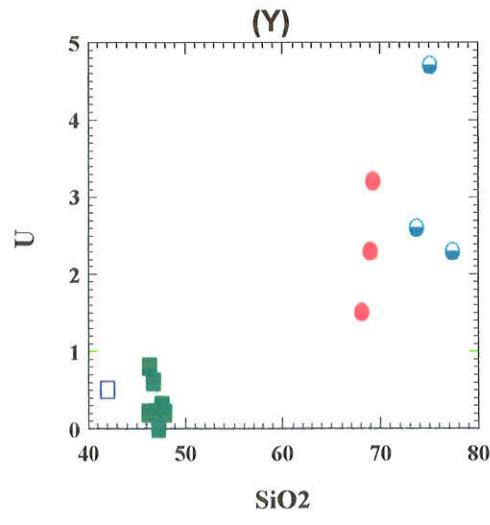
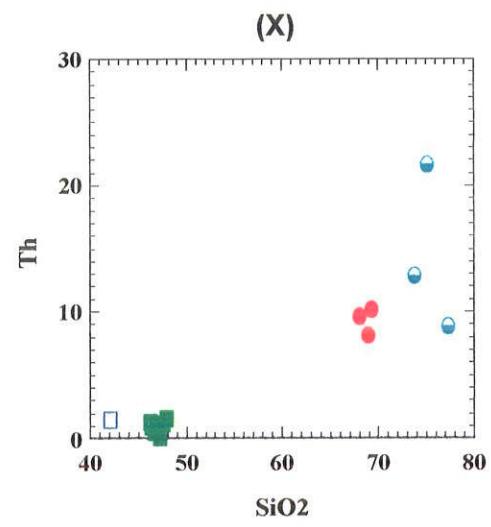
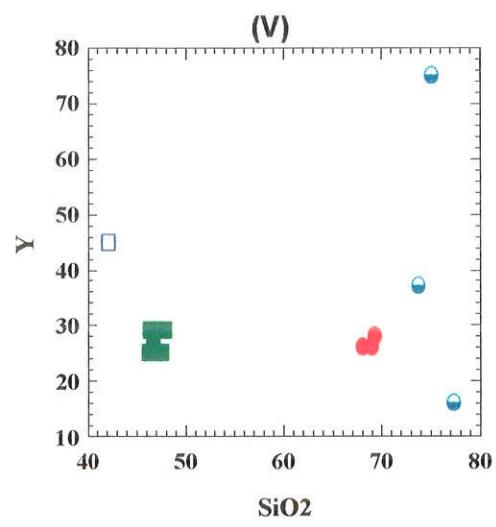
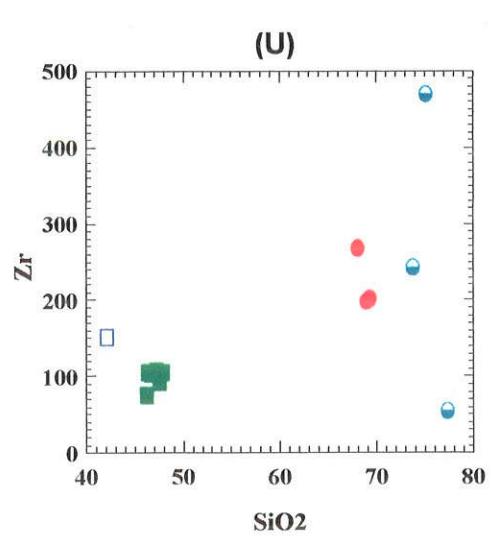
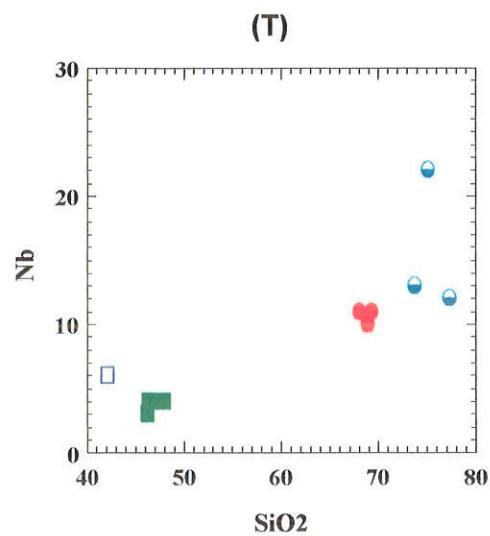
(L)



(M)

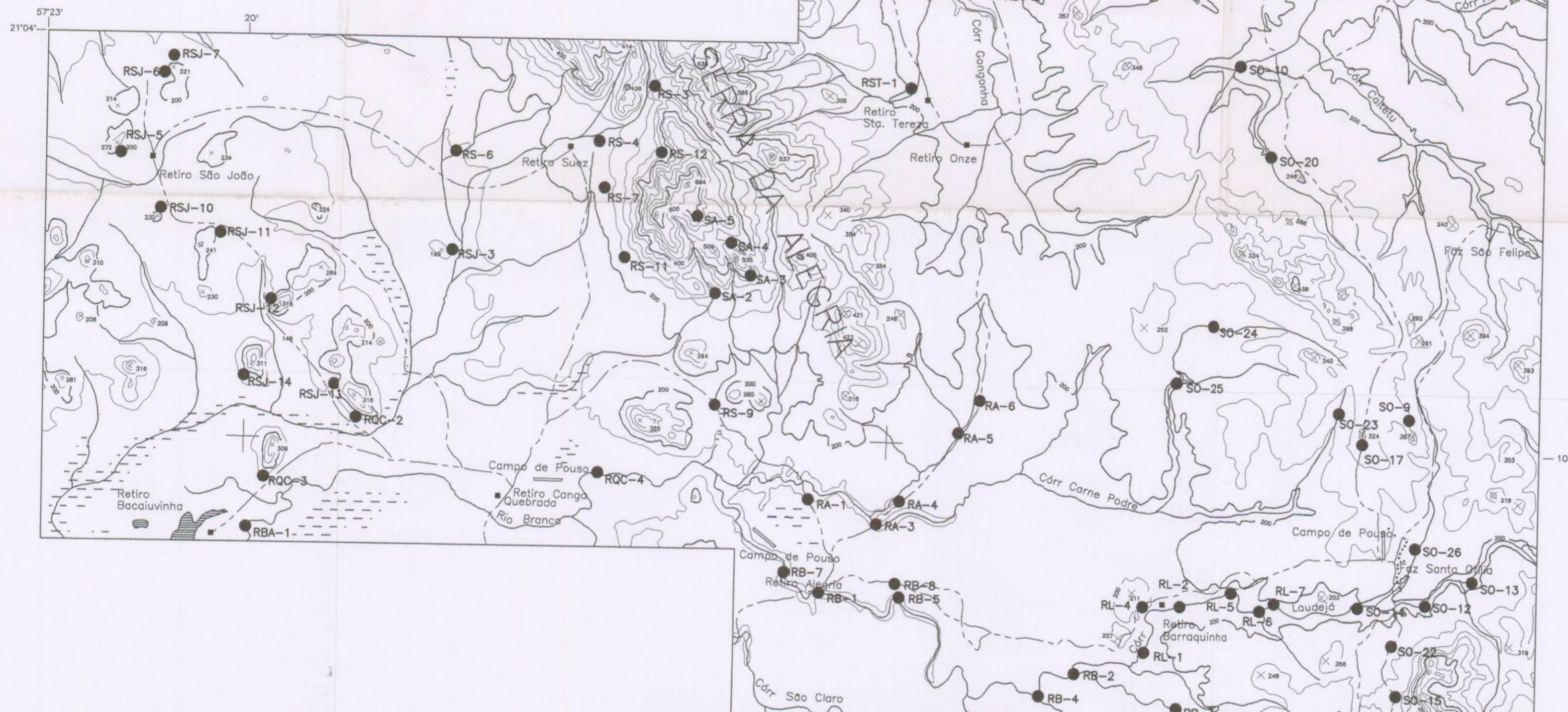






## MAPA DE AFLORAMENTOS

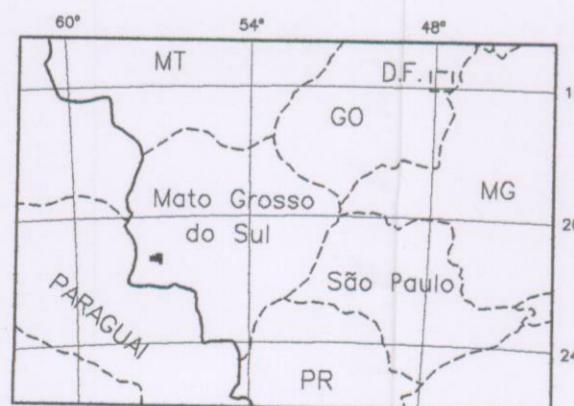
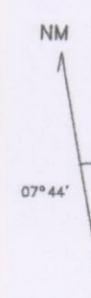
REF. CART.: FL. FAZENDA STA. OTILIA (SF-21-V-D-III/MI-2618),  
ESCALA 1/100.000, MINISTÉRIO DO EXÉRCITO-DSG, 1982



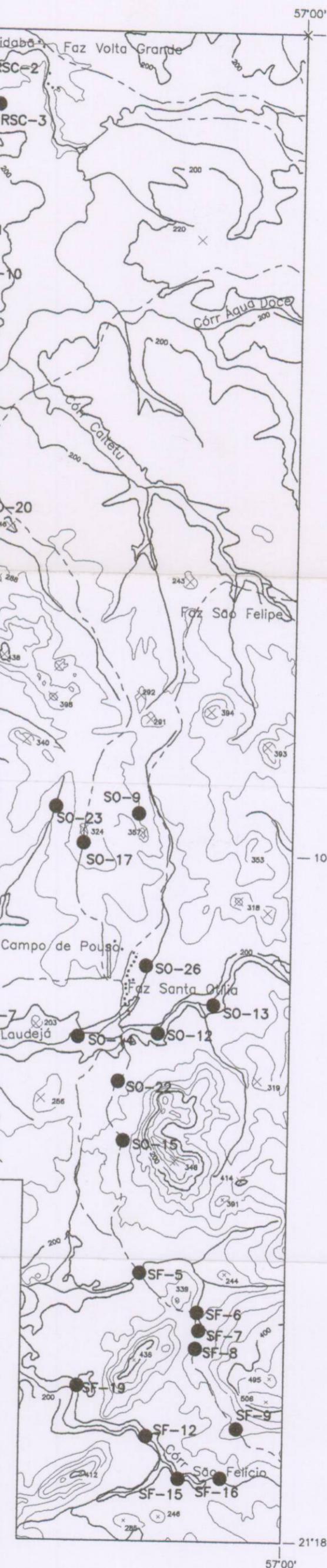
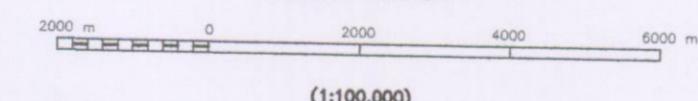
## LEGENDA

- AFLORAMENTO
- - - ESTRADA DE TERRA SECUNDÁRIA
- - - TERRENOS SUJEITOS A INUNDAÇÃO
- LAGO OU LAGOA INTERMITENTE
- CURSO D'ÁGUA
- × COTA ALTIMÉTRICA

## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA PESQUISADA

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1971  
(CRESCE 10W ANUALMENTE)

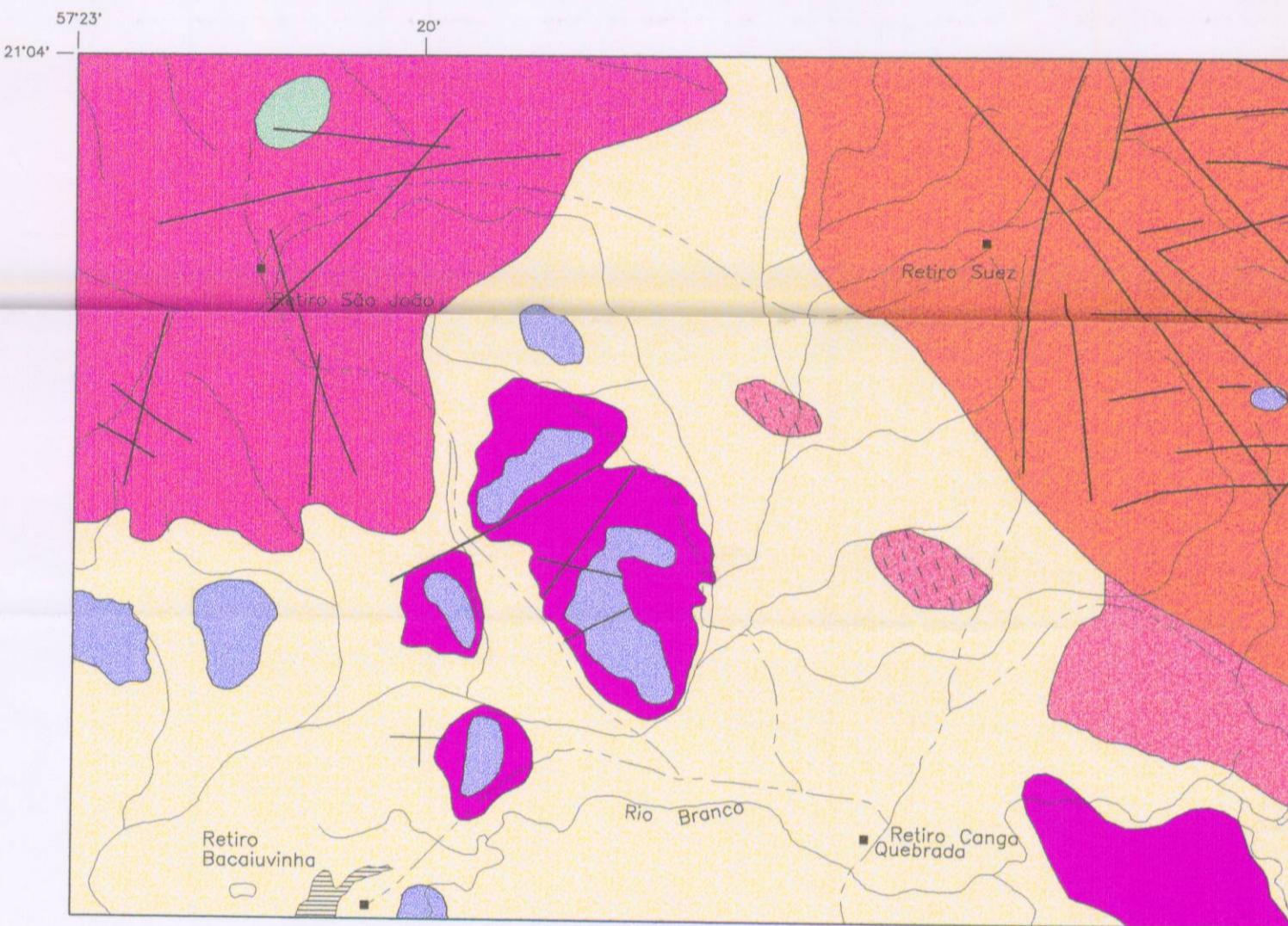
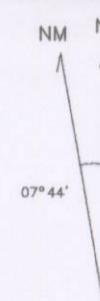
## ESCALA GRÁFICA



MAPA FOTOGEOLÓGICO DA REGIÃO DA SERRA DA ALEGRIA,  
MUNICÍPIO DE PORTO MURTINHO - MS

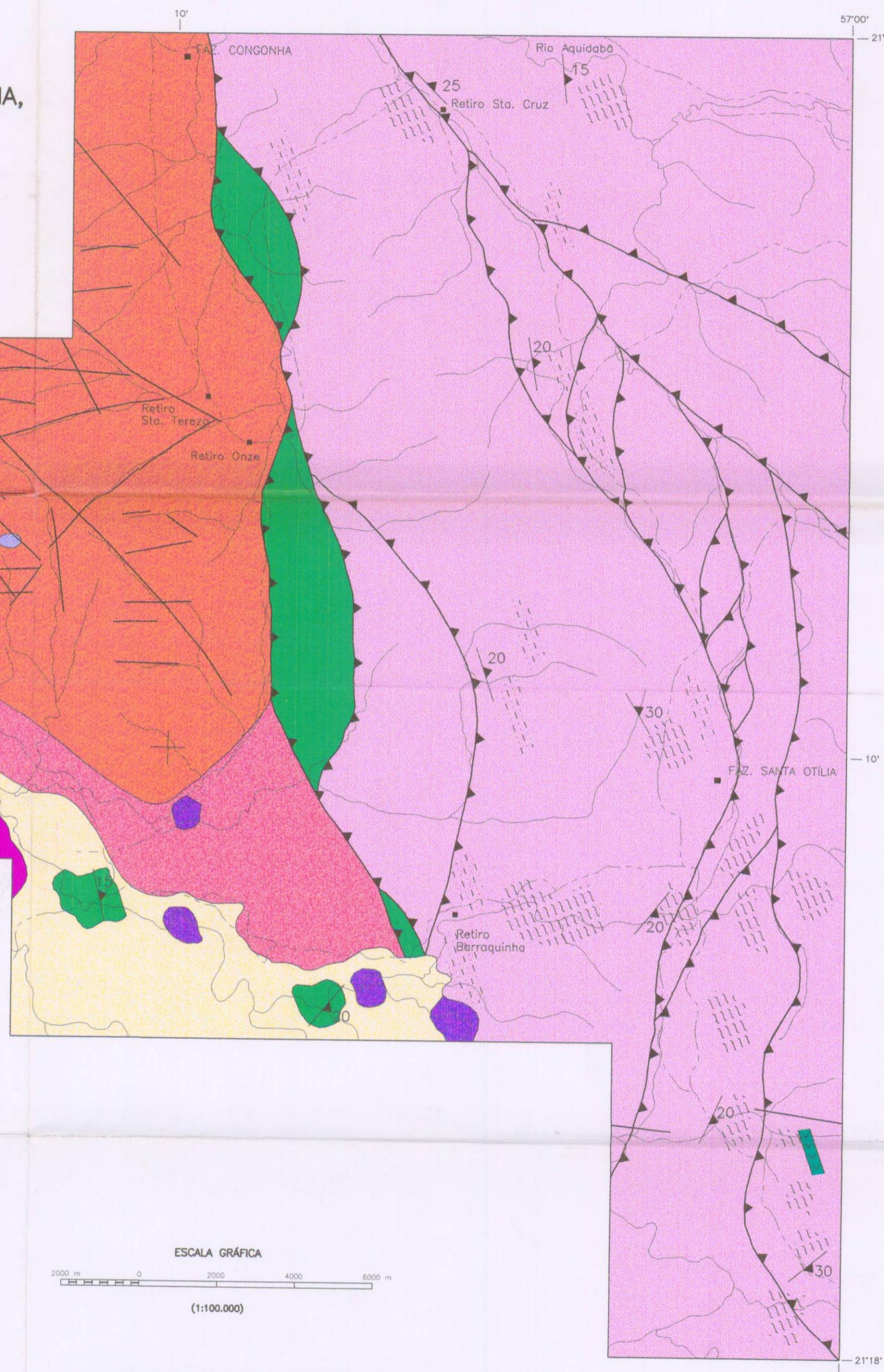
AUTOR: EDUARD LOPES DA SILVA (02-1998)

ESCALA 1:100.000

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 1971  
(CRESCE 10W ANUALMENTE)

ESCALA GRÁFICA  
(1:100.000)

2000 m 0 2000 4000 6000 m



## LEGENDA

	FORMAÇÕES QUATERNÁRIAS
	METADIABÁSIOS NÃO DEFORMADOS
	GRUPO DE METAVULCANITOS A SUBVULCANITOS ÁCIDOS NÃO DEFORMADOS ① E FOLIADOS ②
	INTRUSÃO DIFERENCIADA GABRO-ANORTOSITO-GRANOFÍRICA
	GNAISSES POLIMETAMÓRFICOS E XISTOS: INDIFERENCIADO ① E XISTOS ②
	SEQUÊNCIA METAVULCANO-SEDIMENTAR BÁSICA
	COMPLEXO METAMÓRFICO DE GNAISSES E XISTOS: GNAISSES ①, XISTOS ②, INDIFERENCIADO ③ E ANFIBOLITO FOLIADO ④
	GNAISSES POLIMETAMÓRFICOS ① E GRANITOS ②

## CONVENÇÕES

- FOLIAÇÃO PRINCIPAL
- CONTATOS INFERIDOS
- FALHAS E FRATURAS
- FALHAS INVERSAS

- ESTRADA DE TERRA SECUNDÁRIA
- LAGO
- CURSO D'ÁGUA
- FAZENDAS OU RETIROS