

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL – PGB
LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS

**GEOLOGIA E RECURSOS
MINERAIS DA FOLHA SOUSA
SB.24-Z-A**
Escala 1:250.000

Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará

Brasília 2008

CRÉDITOS DE AUTORIA

Capítulo 1	Vladimir Cruz de Medeiros
Capítulo 2	Vladimir Cruz de Medeiros
Capítulo 3	3.1 e 3.2 Vladimir Cruz de Medeiros 3.3 e 3.4 Dunaldson E.G. Alcoforado da Rocha Cristiano de Andrade Amaral Vladimir Cruz de Medeiros
Capítulo 4	Vladimir Cruz de Medeiros
Capítulo 5	Vladimir Cruz de Medeiros
Capítulo 6	Vladimir Cruz de Medeiros
Capítulo 7	Carlos Alberto C. Lins Frederico José Campelo de Souza
Capítulo 8	Roberto Batista Santos Vanildo Almeida Mendes Antônio José Barbosa
Capítulo 9	Manoel Júlio da Trindade G. Galvão Waldir Duarte Costa Filho
Capítulo 10	Vladimir Cruz de Medeiros Roberto Batista Santos Carlos Alberto C. Lins
Referências Bibliográficas	Dalvanise da Rocha S. Bezerril
Carta Geológica	Vladimir Cruz de Medeiros Cristiano de Andrade Amaral Dunaldson E.G. Alcoforado da Rocha Roberto Batista Santos
Carta de Recursos Minerais	Roberto Batista Santos Jardo Caetano dos Santos Vanildo Almeida Mendes Valdecílio G. Duarte de Carvalho
Digitalização de Mapas	Luiz Cláudio Ferreira Ana Paula R. Jacques Francisco A. Batista de Moraes Roberto Batista Santos Robson de Carlo da Silva
Editoração Eletrônica	Claudio Scheid
Análises Petrográficas	Roberto Vieira Araújo Maria Angélica Fonseca Sampaio

Revisão Final
Vladimir Cruz de Medeiros

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL
LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS SISTEMÁTICOS
Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) - Serviço Geológico do Brasil
Superintendência Regional de Recife

Coordenação Editorial a cargo da
Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento - GERIDE

M488

Medeiros, Vladimir Cruz de (Org.)

Geologia e Recursos Minerais da Folha Sousa SB.24-X-A. Escala 1:250.000. Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. / Vladimir Cruz de Medeiros...[et al.]. - Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008.

312p il. + mapas

Programa Geologia do Brasil - PGB. Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

1. Geologia Regional 2. Mapeamento Geológico 3.. SIG 4. Brasil
5. Rio Grande do Norte 6. Paraíba 7. Ceará I. Título

CDD 558.13

Resumo

O presente texto explicativo reporta as considerações sobre a geologia e os recursos minerais obtidas no mapeamento da Folha Sousa (SB.24-Z-A, escala 1:250.000) no âmbito do Programa Geologia do Brasil (PGB), executado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, na Superintendência Regional de Recife (SUREG/RE).

Além do texto foram também elaborados os mapas geológico e de recursos minerais (meio analógico e digital), e os dados do projeto foram inseridos no GEOBANK – banco de dados corporativo da CPRM. Esses produtos resultaram da integração e atualização da cartografia geológica e dos conhecimentos da região estudada, com base em trabalhos de campo e laboratoriais, incluindo estudos petrográficos, litogeoquímica, geocronologia e geoquímica prospectiva.

A região é constituída essencialmente por rochas pré-cambrianas (cerca de 75 % da área), que se distribuem em porções dos domínios: Jaguaribeano, Rio Piranhas-Seridó e Zona Transversal, estes limitados entre si por zonas de cisalhamento expressivas.

No domínio Jaguaribeano foram cartografados unidades do Riaciano (complexos Jaguaretama e Acopiara), Estateriano (Suíte Serra do Deserto, grupos Orós e Serra de São José), Toniano (Suíte Caldeirão) e do Ediacarano (granitóides brasileiros).

No domínio Rio Piranhas-Seridó as unidades precambrianas reconhecidas são do Arqueano (Complexo Granjeiro), Riaciano (Complexo Caicó), Orosiriano (Suíte Poço da Cruz) e do Ediacarano (supracrustais do Grupo Seridó e da Formação Lavras da Mangabeira, além de granitóides brasileiros).

Com relação ao Domínio da Zona Transversal na Folha Sousa, o mesmo representa apenas um pequeno segmento constituído por supracrustais do Ediacarano da Formação Santana dos Garrotes (Grupo Cachoeirinha).

Bacias sedimentares Juro-Cretáceas também estão representadas (bacias Riacho São Lourenço, Rio do Peixe, Lima Campos, Icó, Icozinho, Coronel João Pessoa e Rafael Fernandes), além de coberturas paleógenas e neógenas.

Os dados litogeoquímicos obtidos permitiram indicar que os litotipos dioritos constituem uma suíte metaluminosa shoshonítica, os batólitos de Pedregulho (PB) e Catolé do Rocha

(RN/PB) são suítes K-calcioalcalinas porfíricas, enquanto que os leucogranitos de Capuxu (PB) e Arruda Câmara (PB) constituem uma suíte K-calcioalcalina equigranular.

No batólito de Catolé do Rocha-PB (fácies Alexandria) foi obtida uma idade de 571 Ma, condizente com os dados isotópicos da suíte K-calcioalcalina porfírica do domínio Rio Piranhas-Seridó. A idade obtida de 541 Ma para o *stock* de Capuxu, implica na presença de um magmatismo ediacarano posicionado posteriormente a zona de cisalhamento Malta.

Foram reconhecidos em campo três eventos deformacionais (dúcteis) nas rochas pré-cambrianas, onde o mais antigo (D_1) encontra-se registrado apenas nos complexos riacianos ou mais antigos, enquanto que os outros dois (D_1 e D_2), também estão impressos em litotipos mais jovens (orosirianos a ediacaranos). Uma deformação em regime frágil de idade mesozóica também é ressaltada na região, a qual é responsável pela implantação das bacias sedimentares Juro-cretáceas.

Na Folha Sousa estão cadastrados 311 ocorrências/depósitos, classificados como gemas, metais nobres, metais ferrosos, metais não ferrosos e semimetais, materiais de uso na construção civil, rocha e minerais industriais e recursos minerais energéticos. A representação dessas ocorrências/depósitos sobre uma base tectônica integra o Mapa de Recursos Minerais da Folha Sousa, onde também são apresentadas áreas potenciais consideradas alvos para prospecção. Adicionalmente, foram disponibilizados os indícios geoquímicos e mineralógicos, anômalos, provenientes dos levantamentos prospectivos através de sedimentos de corrente e de concentrados de bateia.

Tendo em vista a escala do mapa, diversas ocorrências/depósitos não foram plotados, todavia estão disponibilizados em uma tabela no capítulo referente aos recursos minerais. Dentre as diversas substâncias minerais, destacam-se, presentemente, a esmeralda, a água marinha e as rochas ornamentais.

Abstract

This explanatory text contains considerations on the geology and the mineral resources present in the Sousa's Sheet (SB.24-Z-A, on the scale 1:250.000) comprising the “Programa Geologia do Brasil - PGB”, geologic maps executed by the Brazil Geological Survey - CPRM, in the Recife Regional Superintendency (SUREG-RE) jurisdiction.

Besides the text, the geological map and the mineral (analogical and digital media) resources map were also elaborated; the project data were inserted in GEOBANK, a CPRM corporative database. Those products resulted from the integration and updating of the geological cartography and the knowledge of the studied area, based in field and laboratory works, including petrographic, litho-geochemic, geochronologic and prospective geochemistry studies.

The area is constituted essentially by precambrian rocks (75% of the area), that are distributed in portions of the domains known as: Jaguaribeano, Rio Piranhas-Seridó and Zona Transversal, these limited amongst themselves by expressive shear zone areas.

In the Jaguaribeano Domain units of Riaccian Age (Jaguaretama and Acopiara Complexes), Estaterian Age (Serra do Deserto Suite, Orós and Serra de São José Groups), Tonian Age (Caldeirão Suite) and of Ediacaran Age (Brasiliano granitoids) were mapped.

In the Rio Piranhas-Seridó Domain, the recognized Precambrian units are of Archean Age (Granjeiro Complex), Riaccian Age (Caicó Complex), Orosirian Age (Poço da Cruz Suite) and of Ediacaran Age (supracrustals of the Seridó Group and of the Lavras da Mangabeira Formation, and also Brasiliano granitoids).

Regarding the Transversal Area Domain, in the Sousa Sheet, it just represents a small segment constituted by supracrustals of Ediacaran Age from the Santana dos Garrotes Formation (Cachoeirinha Group).

Jurassic-Cretaceous sedimentary basins are also represented here (Riacho São Lourenço, Rio do Peixe, Lima Campos, Icó, Icozinho, Coronel João Pessoa and Rafael Fernandes basins), and also paleogenous and neogenous sediment recoverings.

Litho-geochemic data allowed to indicate that the diorite lithotypes constitute a metaluminous shoshonitic suite; the Pedregulho (PB) and Catolé do Rocha (RN / PB) batholiths are K-calcalkaline porphiritic suites, while the Capuxu (PB) and Arruda Câmara (PB) leucogranites constitute a K-calcalkaline equigranular suite.

An age of 571 million years was obtained in the Catolé do Rocha-PB (Alexandria facies) batholith, in accordance with the isotopic data of the porphyritic K-calkalcaline suite of the Rio Piranhas-Seridó domain. The obtained age of 541 million years for the Capuxu stock, implies in the presence of ediacaran magmatism positioned late to the Malta shear zone.

Three deformational (ductile) events were recognized during field work in the precambrian rocks, so the oldest (D_1) one is registered just in the riacian complexes or older complexes, while the others (D_1 and D_2), are also printed in younger (orosirian to ediacaran) lithotypes. A deformation event in fragile regime, of mesozoic age, is also emphasized in the area, and is responsible for the implantation of the Jurassic-Cretaceous sedimentary basins.

In the Sousa Sheet 311 occurrences/deposits were registered, classified as gems, noble metals, ferrous metals, non ferrous metals and semimetals, materials for the civil construction, also rocks, industrial minerals and energy mineral resources. The representation of those occurrences/deposits on a tectonic base integrates the Map of Mineral Resources of the Sousa Sheet, also areas considered as potential objectives are presented for future research. Additionally, available are the geochemical and mineralogical anomalies, coming from prospective researches via stream sediments and pan concentrates.

Considering the scale of the map, several occurrences/deposits were not signaled; they are, however, available in a chart in the chapter regarding the mineral resources. Among several mineral substances, the more important, to this moment are emerald, aquamarine and dimension stones.

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	01
1.1 Metodologia e produtos	02
1.1.1 Etapa preparatória preliminar	02
1.1.1.1 Mapas pré-existentes	02
1.1.1.2 Base cartográfica	02
1.1.1.3 Imagens de satélite	04
1.1.1.4 Fotografias aéreas	06
1.1.1.5 Dados aerogeofísicos	07
1.1.1.6 Bases de dados	09
1.1.2 Atividades de campo e análises laboratoriais	09
1.1.3 Etapa final e produtos gerados	10
2 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	13
3 - UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	21
3.1 Unidades precambrianas	21
3.1.1 Domínio Jaguaribeano	23
3.1.1.1 Complexo Jaguaretama (PP2j)	23
3.1.1.2 Complexo Acopiara (PP2a)	25
3.1.1.3 Suíte Serra do Deserto (PP4 γ s)	25
3.1.1.4 Grupo Orós (PP4o)	26
3.1.1.5 Grupo Serra de São José (PP4sj)	27
3.1.1.6 Suíte Magmática Caldeirão (NP1 δ c)	28
3.1.2 Domínio Rio Piranhas-Seridó	28
3.1.2.1 Complexo Granjeiro (A4g)	30
3.1.2.2 Complexo Caicó (PP2caivs, PP2 γ cai e PP2cai)	31
3.1.2.3 Suíte Poço da Cruz (PP3 γ pc e PP3 δ pc)	33
3.1.2.4 Grupo Seridó (NP3s)	35

3.1.2.5 Formação Lavras da Mangabeira (NP3 _{lm})	38
3.1.3 Domínio da Zona Transversal	40
3.1.3.1 Grupo Cachoeirinha-Formação Santana dos Garrotes (NP3 _{st})	40
3.1.4 Magmatismo Ediacarano	40
3.1.4.1 Suíte Intrusiva São João do Sabugi (NP3 _{δ2s})	43
3.1.4.2 Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3 _{γ2it})	44
3.1.4.3 Suíte intrusiva Dona Inês (NP3 _{γ2di})	46
3.1.4.4 Suíte Intrusiva Catingueira (NP3 _{λ2ct})	47
3.1.4.5 Suíte Intrusiva Umarizal (NP3 _{γ4u})	48
3.1.4.6 Granitóides Diversos (NP3 _{γi})	48
3.2 Magmatismo Cambriano	49
3.2.1 Diques de Pegmatito (ε12 _p)	49
3.3 Bacias Sedimentares e Magmatismo Juro-Cretáceo	49
3.3.1 Bacia Riacho São Lourenço	51
3.3.1.1 Formação Iborepi (Jibi)	52
3.3.1.2 Formação Serrote do Limoeiro (J1 _{sl})	52
3.3.1.3 Basalto Umarizinho (J1 _{βu})	53
3.3.2 Basalto Rio Ceará-Mirim (K1 _{βcm})	54
3.3.3 Bacia Rio do Peixe	54
3.3.3.1 Grupo Rio do Peixe	55
3.3.3.2 - Sítios paleontológicos da Bacia Rio do Peixe	63
3.3.4 Bacia Lima Campos	65
3.3.4.1 Grupo Iguatu	67
3.3.5 Bacia Icó ..	69
3.3.6 Bacias Icozinho, Coronel João Pessoa e Rafael Fernandes	71
3.3.6.1 Bacia Icozinho	71
3.3.6.2 Bacia Coronel João Pessoa	72
3.3.6.3 Bacia Rafael Fernandes	73
3.4 Coberturas Cenozóicas	74
3.4.1 Formação Serra do Martins (EN _{sm})	76
3.4.2 Coberturas Colúvio-Eluviais (N23 _c)	77
3.4.3 Depósitos Aluvionares e de Terraços (N34 _a)	77

4 PETROLOGIA E LITOGEOQUÍMICA	80
4.1 Introdução	80
4.2 Ortognaisse de Areia (sul de Pombal-PB)	92
4.2.1 Petrografia	92
4.2.2 Litogeoquímica	96
4.3 Magmatismo Ediacarano	98
4.3.1 Dioritos (NP3 δ 2s)	99
4.3.1.1 Petrografia	99
4.3.2 Batólito de Pedregulho (NP3 γ 2it)	102
4.3.2.1 Petrografia	102
4.3.3 Batólito de Catolé do Rocha (NP3 γ 2it)	105
4.3.3.1 Fácies Alexandria (RN) – Petrografia	105
4.3.3.2 Fácies Brejo dos Santos (PB) – Petrografia	109
4.3.3.3 Fácies Maniçoba (PB) – Petrografia	110
4.3.4 Granito Capuxu (NP3 γ 2di)	114
4.3.4.1 Petrografia	114
4.3.5 Litogeoquímica	117
4.3.5.1 Dioritos	117
4.3.5.2 Batólito de Pedregulho (PB)	123
4.3.5.3 Batólito de Catolé do Rocha (RN/PB)	124
4.3.5.4 <i>Stock</i> de Capuxu (PB), diques de Arruda Câmara (PB) e correlatos	125
4.3.5.5 Comparação com outros granitóides do Domínio Rio Piranhas-Seridó	127
5 GEOCRONOLOGIA	129
5.1 Introdução	129
5.2 Resultados U-Pb	130
5.2.1 Monzogranito do <i>Stock</i> de Capuxu-PB	130
5.2.2 Sienogranito do Batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (fácies Alexandria)	132
5.3 Considerações sobre os dados obtidos	134
6 GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA	136
6.1 Introdução	136
6.2 Eventos precambrianos (cisalhamentos dúcteis)	136
6.2.1 Evento D ₁ (deformação paleoproterozóica)	136

6.2.2 Evento D ₂ (pré-transcorrências brasileiras)	138
6.2.3 Evento D ₃ (transcorrências brasileiras)	140
6.3 Eventos mesozóicos (cisalhamentos rúpteis)	143
6.4 Assinaturas magnéticas das estruturas	144
7 GEOQUÍMICA PROSPECTIVA	147
7.1 Introdução	147
7.2 Metodologia	147
7.2.1 Trabalhos de campo	147
7.2.2 Analítica	148
7.3 Resultados obtidos	149
7.3.1 Sedimentos de corrente	149
7.3.1.1 Teste de variância	149
7.3.1.2 Sumário dos estimadores	149
7.3.1.3 Correlações	155
7.3.1.4 Análise de agrupamentos	155
7.3.1.5 Mapas de distribuição	159
7.3.2 Concentrados de bateia	167
7.4 Observações conclusivas	172
8 RECURSOS MINERAIS E ÁREAS POTENCIAIS	173
8.1 Gemas	175
8.1.1 Esmeralda	175
8.1.1.1 Área potencial II – Esmeralda	178
8.1.2 Água marinha	178
8.1.2.1 Área potencial I - Água marinha e feldspato	180
8.1.3 Coríndon (Rubi)	180
8.1.4 Ametista	180
8.1.5 Amazonita	181
8.2 Metais nobres	182
8.2.1 Ouro	182
8.3 Metais ferrosos	184
8.3.1 Tungstênio (Scheelita)	184
8.3.1.1 Areas potenciais: V - Tungstênio e VI - Tungstênio e mármore	186

8.3.2 Ferro	187
8.3.2.1 Ocorrências ^{253}Fe , ^{248}Fe , ^{249}Fe e ^{15}Fe	187
8.3.2.2 Área potencial IV - Ferro e asbesto	205
8.4 Metais não ferrosos e semimetais	206
8.4.1 Berílio (Berilo) e Nióbio (Tantalita-columbita)	206
8.4.2 Cobre	206
8.5 Material de uso na construção civil	208
8.5.1 Rochas ornamentais	208
8.6 Rochas e minerais industriais	217
8.6.1 Asbesto	217
8.6.1.1 Áreas potenciais: III - Asbesto e mármore e IV - Ferro e asbesto	217
8.6.2 Mármore e calcário	217
8.6.2.1 Áreas potenciais: III - Asbesto e mármore, VI - Tungstênio e mármore, VII - Mármore e VIII – Mármore	218
8.6.3 Calcita	219
8.6.4 Caulim	220
8.6.5 Fuorita	220
8.6.6 Feldspato	221
8.6.7 Grafita	221
8.6.8 Granada	221
8.6.9 Talco	222
8.7 Recursos minerais energéticos	222
8.7.1 Petróleo	222
8.7.2 Urânio	222
8.8 Listagem de ocorrências minerais	222
9 HIDROGEOLOGIA	249
9.1 Introdução	249
9.2 Aspectos hidrogeológicos regionais	249
9.2.1. Províncias hidrogeológicas do Nordeste	250
9.3 Domínios e subdomínios hidrogeológicos da Folha Sousa	255
9.3.1 Domínio hidrogeológico 1	255
9.3.1.1 Domínio 1 (Fcal) – Subdomínio 1a1 – Aluviões (N34a)	255
9.3.1.2 Domínio 1 (Fci) – Subdomínio 1i – Coberturas arenosas (N23c)	258

9.3.1.3 Domínio 1 (Fcb) - Subdomínio 1b – Formação Serra do Martins (ENsm)	259
9.3.2 Domínio hidrogeológico 2	259
9.3.2.1 Domínio hidrogeológico 2 (BcRP) – Subdomínio 2RP – Bacias tipo Rio do Peixe	259
9.3.3 Domínio hidrogeológico 4 (MM)	283
9.3.3.1 Domínio hidrogeológico 4 (MM) – Subdomínio 4 – Metassedimentos e vulcânicas	283
9.3.4 Domínio hidrogeológico 6 - Subdomínio C – Cristalino	284
9.4 Considerações finais	286

10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	288
--	------------

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	290
--	------------

ANEXOS

- Mapa geológico - Folha Sousa SB.24-Z-A

- Mapa de recursos minerais - Folha Sousa SB.24-Z-A

1. Introdução

A Folha Sousa (SB.24-Z-A, escala 1:250.000) é parte integrante do Programa Geologia do Brasil (PGB), ação de Levantamento Geológico Sistemático, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, no âmbito da Superintendência Regional de Recife. Compreende uma área de 18.000 km² delimitada pelas coordenadas 06°00'S a 07°00'S e 37°30'W a 39°00'W, abrangendo parte dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Ceará (figura 1.1).



Figura 1.1 - Localização geográfica da Folha Sousa.

A região situa-se no semi-árido nordestino, onde estão localizados importantes centros urbanos/cidades, tais como Sousa (PB), Cajazeiras (PB), Pombal (PB), Catolé do Rocha (PB), Pau dos Ferros (RN), Patu (RN), Almino Afonso (RN), Martins (RN), São Miguel (RN), Alexandria (RN), Orós (CE), Icó (CE), Lavras da Mangabeira (CE) e Aurora (CE), além de várias outras localidades menores.

1.1 METODOLOGIA E PRODUTOS

A metodologia utilizada procurou seguir a sistemática elaborada pelo Programa Geologia do Brasil (PGB), em execução pela CPRM, obedecendo às seguintes etapas:

1.1.1 Etapa preparatória/preliminar

Esta etapa corresponde à análise do acervo disponível, compreendendo a aquisição de material técnico (mapas geológicos pré-existentes, bases cartográficas, imagens de satélite, fotografias aéreas, dados/mapas aerogeofísicos, bases de dados do GEOBANK/CPRM, dados geocronológicos e litogeoquímicos, etc.) e compilação de dados da bibliografia. A seguir foram realizados os tratamentos, interpretações e integrações dos dados obtidos, com o intuito de elaborar o mapa geológico preliminar.

Nesta etapa também foi feito o planejamento das estações para o levantamento geoquímico de campo e dos recursos/ocorrências minerais a serem reavaliadas.

1.1.1.1 Mapas pré-existentes

Dentre os mapas pré-existentes ressaltam-se mapas geológicos estaduais, projetos do DNPM/CPRM e mapas de teses/dissertações de pós-graduação, conforme ressaltado na figura 1.2. Além destes também foram utilizados os trabalhos em escala de 1:50.000 realizados no extremo oeste do estado do Rio Grande do Norte (Lira, 1981; Medeiros Neto, 1981; Rego, 1981; Sena de Sá, 1981 e Souza, 1981), os quais foram integrados por Jardim de Sá *et al.* (1981 e 1986).

1.1.1.2 Base cartográfica

A base cartográfica digital do projeto foi inicialmente elaborada pela Divisão de Cartografia do Departamento de Apoio Técnico da CPRM (DICART, Escritório do Rio de Janeiro) a partir da montagem e simplificação das seis cartas topográficas em escala de 1:100.000 que constituem a Folha Sousa (folhas Orós SB.24-Z-A-I, Pau dos Ferros SB.24-Z-A-II, Catolé do Rocha SB.24-Z-A-III, Cajazeiras SB.24-Z-A-IV, Sousa SB.24-Z-A-V e Pombal SB.24-Z-A-VI).

Em um segundo momento (no âmbito da SUREG/RE com o apoio da DICART), a partir da definição/padronização da CPRM em ajustar todas as cartas/mapas do território nacional tendo como âncora um mosaico de imagens do projeto GeoCover (Global Land Cover Facility), a referida base foi ajustada à imagem GeoCover do ano de 2000 (figura 1.3).

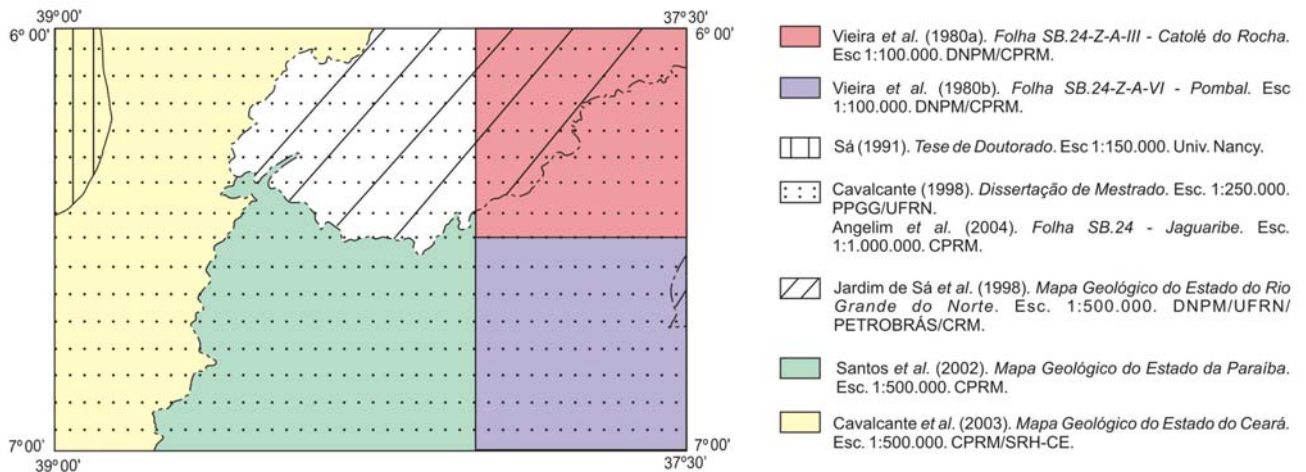


Figura 1.2 - Principais mapas geológicos pré-existentis utilizados na fase de integração de dados.

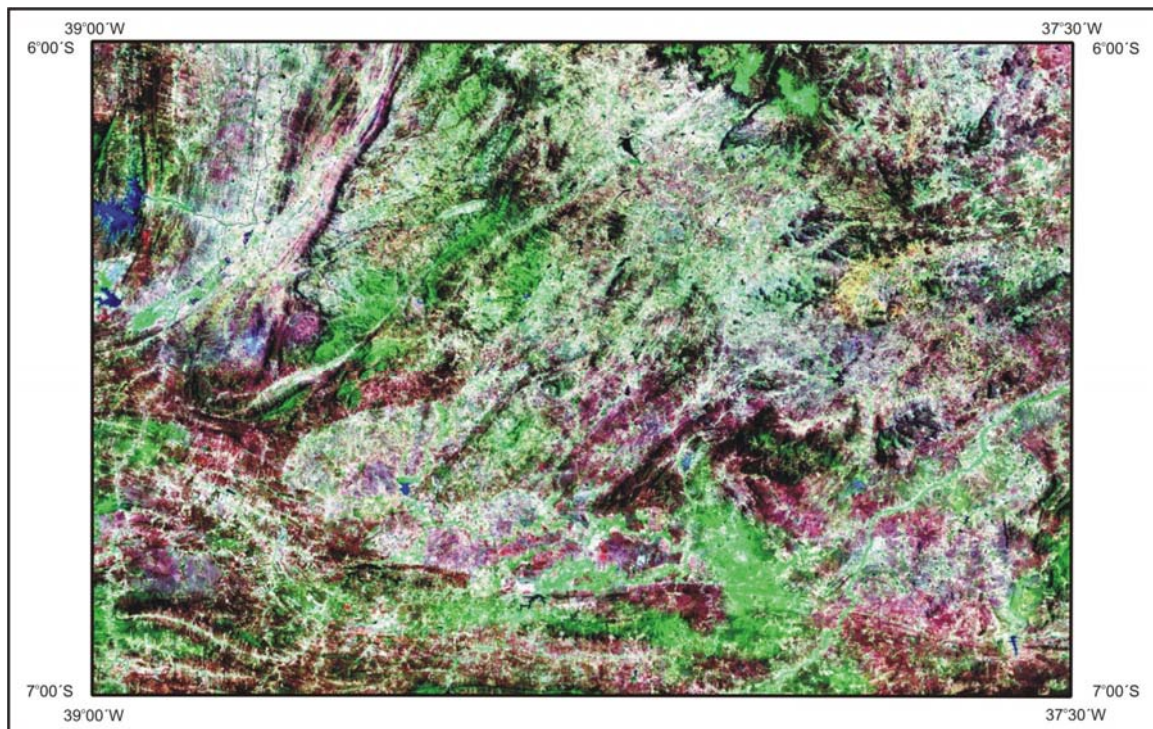


Figura 1.3 - Mosaico de imagem GeoCover do ano de 2000 (combinação em RGB742), utilizada para realizar os ajustes da base cartográfica da Folha Sousa.

O mosaico GeoCover corresponde às imagens selecionadas do satélite Landsat 7 ETM+ (obtidas em 2000), das bandas 7, 4 e 2, e fusão com a banda 8, cuja precisão locacional foi obtida através de dados da NGA (*Geoespatial Intelligence Agency*) e USGS (*United States Geological Survey*) e consistida pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

1.1.1.3 Imagens de satélite

Com o intuito principal de auxiliar na cartografia geológica da Folha Sousa (unidades litológicas, traços de foliações e lineações, zonas de cisalhamento, dobras, falhas, diques, etc.) foram utilizadas três segmentos de produtos/imagens do satélite Landsat 7 ETM+ e uma imagem *SRTM-Shuttle Radar Topography Mission* (quadro 1.1 e figuras 1.4 e 1.5), as quais foram processadas em ambiente ENVI (versão 4.0).

Quadro 1.1 - Relação e características de dados/imagens de satélites utilizadas na cartografia geológica.

IMAGEM	ÓRBITA/REFERÊNCIA	DATA	CONCESSÃO
Landsat 7 ETM+ (bandas 1 a 8)	WRS 216/065	02/10/2000	CPRM
	WRS 216/064	13/08/1999	GLCF/NASA http://glcf.umiacs.umd.edu/aboutUs
	WRS 217/064	25/10/2000	
SRTM	S-24-05	02/2000	SRTM/NASA http://glcf.umiacs.umd.edu/aboutUs

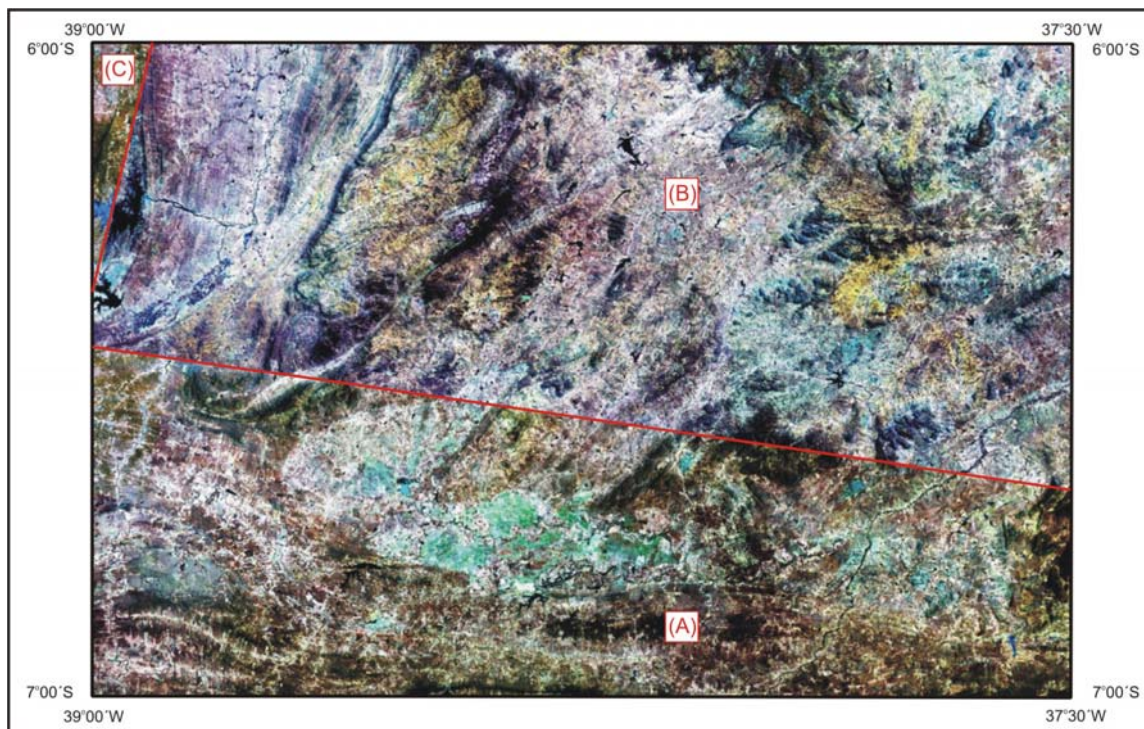


Figura 1.4 - Mosaico de imagens Landsat 7 ETM+ da Folha Sousa (combinação RGB531) com indicação dos segmentos das cenas utilizadas. (A) órbita WRS 216/065, (B) órbita WRS 216/064, (C) órbita WRS 217/064.

O SRTM fornece dados de elevação topográfica obtidos a partir de um sistema de RADAR utilizado na *Space Shuttle Endeavour*, durante 11 dias de fevereiro de 2000, sob responsabilidade da NGA e NASA. No território brasileiro, a precisão vertical dos dados concedidos é de 16 metros (intervalo de confiança de 90%) e a espacial é de 90 metros.

Após a importação das cenas/imagens Landsat e SRTM para o programa ENVI e recorte das mesmas nos limites geográficos da Folha Sousa, foi realizado o cálculo de estatística das bandas, geração das imagens por APC's (Análise por Principais Componentes), razões de bandas, composições coloridas, aplicação de realce de contraste, filtros direcionais e modelos digitais de terreno.

A extração de lineamentos e bordas das zonas homólogas/unidades de paisagem foram inicialmente obtidas através da digitalização dos três segmentos das imagens Landsat processadas. Entretanto, no decorrer do projeto (principalmente durante as campanhas de campo) as mesmas foram delineadas de maneira analógica e vetorizadas na fase final do projeto.

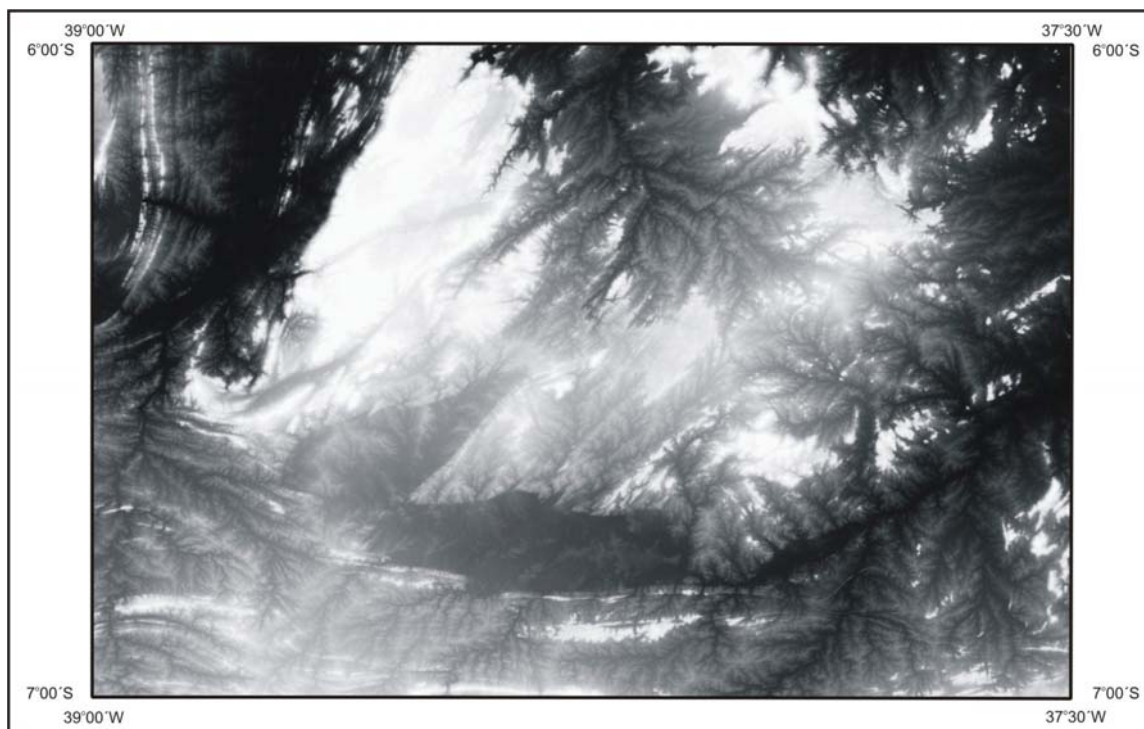


Figura 1.5 - Imagem SRTM da Folha Sousa com aplicação de contraste do tipo *equalize*. Os tons de cinza mais claros representam áreas com topografia mais elevada.

1.1.1.4 Fotografias aéreas

Tendo em vista a disponibilidade de fotografias aéreas na escala de 1:70.000, obtidas no ano de 1965 pelo SACS (Serviços Aerofotográficos Cruzeiro do Sul S.A) em grande parte da Folha Sousa, as mesmas também foram utilizadas na cartografia geológica, principalmente na região das bacias Juro-Cretáceas, no segmento leste da Folha Sousa e em regiões específicas onde as imagens de satélites não apresentaram definição satisfatória.

Concluídas as campanhas de campo e fotointerpretação final das fotografias aéreas, as feições delineadas foram transpostas para as bases cartográficas na escala 1:100.000. Após escaneadas, tais feições foram georeferenciadas no programa ENVI, digitalizadas em ambiente ArcGis e ajustadas a partir da imagem GeoCover.

Em função da densidade de informações obtidas nas fotografias e da disponibilidade de pontos de controle de campo (pontos de GPS com precisão de ± 25 metros), em algumas regiões (como na Bacia Rio do Peixe) os mosaicos das fotografias foram diretamente escaneados e georeferenciados para a digitalização das feições demarcadas nas mesmas.

1.1.1.5 Dados aerogeofísicos

Os dados aerogamaespectrométricos utilizados são provenientes do Projeto Iguatu, originalmente obtidos pela NUCLEBRÁS (Empresas Nucleares Brasileiras S.A.) através da ENCAL S.A. (1977), enquanto que para os dados aeromagnéticos também foi utilizado o Projeto Seridó, executado pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) através da LASA S.A. (1973/1974). Os parâmetros destes projetos estão relacionados no quadro 1.2.

Quadro 1.2 - Parâmetros dos levantamentos aerogeofísicos utilizados.

PARÂMETROS	PROJETO IGUATU	PROJETO SERIDÓ
Período de aquisição dos dados.	10/1976 a 07/1977	04 a 08/1973
Total de perfis.	55.000 km	28.000 km
Altura de vôo.	150 m	135 m
Área Total.	52.000 km ²	25.000 km ²
Direção das linhas de vôo.	N45W	E-W
Espaçamento das linhas de vôo.	1 km	1 km
Direção das linhas de controle (LC).	N45E	N-S

Os dados acima foram convertidos e transformados para meio digital pelo Projeto *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project* (GSC; CPRM; PGW, 1997), onde os dados aeroradiométricos (canais do K, U e Th) foram convertidos para concentração de elementos (%) para K, parte por milhão (ppm) para equivalente Urânio (eU) e equivalente Tório (eTh).

Como o Projeto Iguatu não abrangeu toda a área da Folha Sousa, os dados aeromagnéticos utilizados foram adquiridos a partir de um mosaico do território nacional fornecido pela Divisão de Geofísica da CPRM (DIGEOP, Escritório do Rio de Janeiro), que inclui os dados do Projeto Seridó. Tais dados (canal de contagem total) já encontram-se convertidos para Microrentgen por hora.

Tendo em vista a natureza dos dados disponíveis, as imagens aerogamaespectrométricas geradas (figura 1.6) foram utilizadas no auxílio da cartografia geológica e do potencial metalogenético da região, enquanto que os mapas aeromagnéticos (figura 1.7) contribuíram essencialmente no arcabouço tectônico regional e na representatividade e/ou continuidade de estruturas geológicas em profundidade.

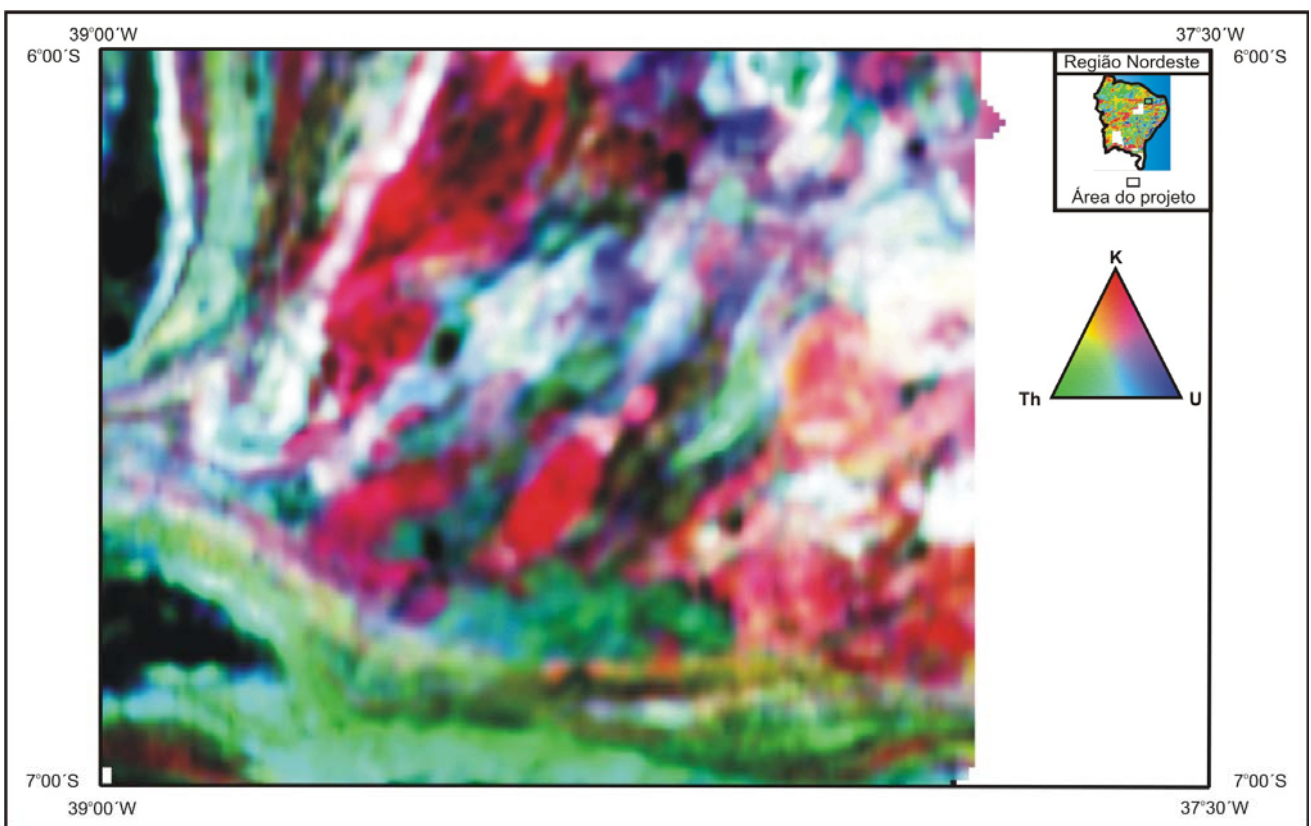


Figura 1.6 - Exemplo de mapa aerogamaespectrométrico (U-Th-K) da região da Folha Sousa.

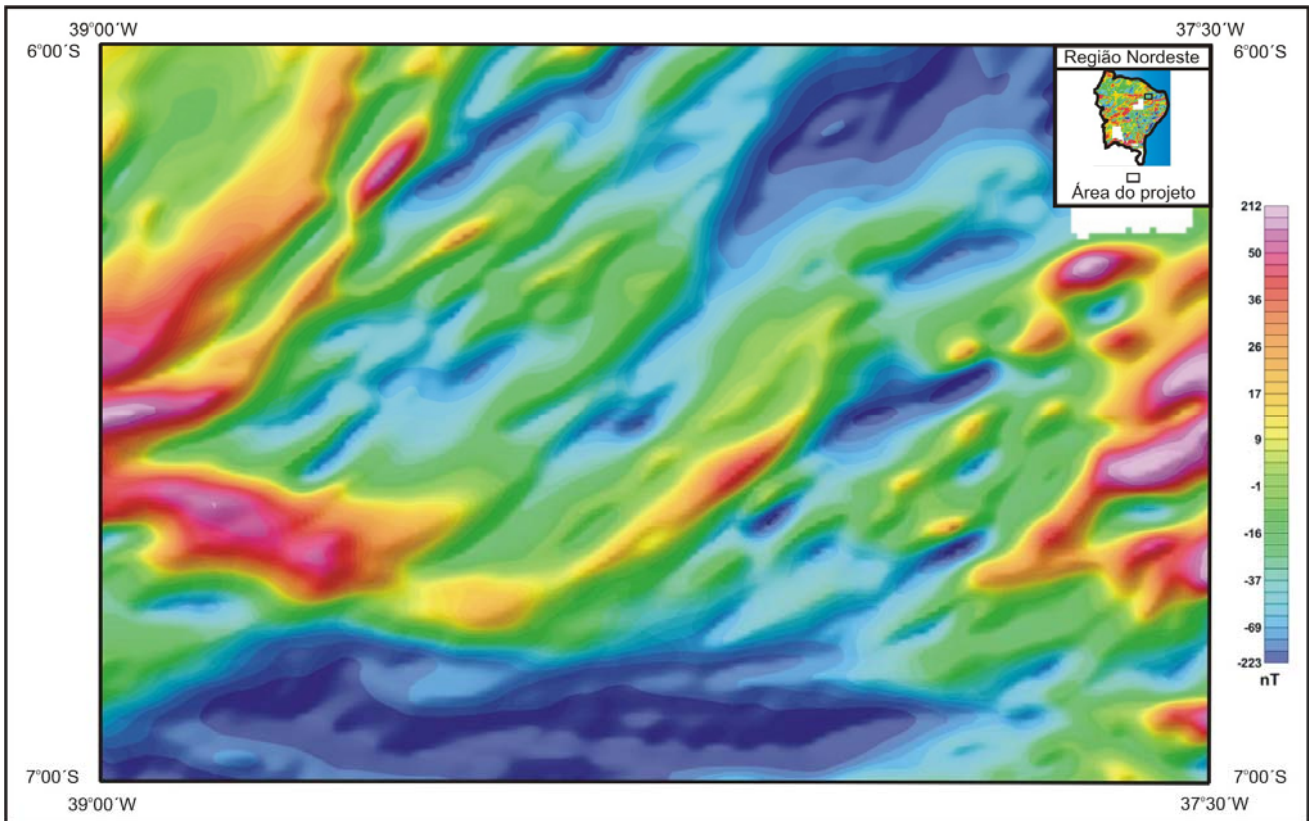


Figura 1.7 - Exemplo de mapa aeromagnético do campo total da região da Folha Sousa (imagem sombreada, com inclinação de 45° e declinação de 315° de azimuth).

1.1.1.6 Bases de dados (GEOBANK)

A partir de dados disponíveis no GEOBANK (banco de dados da CPRM), foi possível recuperar informações de 178 ocorrências, 986 análises químicas de sedimento de corrente (análises multi-elementares), além de 490 descrições de afloramentos (estes restritos a porção leste da Folha Sousa). Com relação aos recursos minerais, nesta fase também foram incorporados outros dados disponíveis da bibliografia.

1.1.2 Atividades de campo e análises laboratoriais

Campanhas de campo foram realizadas com o intuito de coletar dados para a cartografia geológica, cadastramento e reavaliação de recursos minerais, levantamento geoquímico e coleta de amostras para análises litogeoquímicas e geocronológicas.

O mapeamento geológico foi realizado, predominantemente, ao longo de seções transversais às unidades geológicas delineadas no mapa geológico preliminar. Para tal utilizou-se a malha de acesso disponível (composta por como estradas, caminhos/trilhas e drenagens), ao longo da qual foram identificados/descritos 1244 afloramentos e coletadas 259 amostras de rochas para estudos petrográficos.

As campanhas de campo para o cadastramento de recursos minerais objetivaram a consistência locacional e a reavaliação de ocorrências previamente cadastradas, o cadastramento de novas ocorrências (total de 118 ocorrências visitadas), bem como a coleta de amostras de rocha para estudos de seções polidas (06 amostras) e análises litogeoquímicas (16 amostras).

O levantamento geoquímico foi realizado em 375 estações previamente selecionadas ao longo de drenagens de ordens mais elevadas da Folha Sousa. Em todas elas foram coletadas amostras de sedimento de corrente para análises geoquímicas multi-elementares, sendo também coletadas 106 amostras de concentrados de batéia para estudos mineralógicos.

As amostras de rocha para análises litogeoquímicas de elementos maiores, traços e terras raras (49 amostras) e datação geocronológica U/Pb em zircão (5 amostras), foram coletadas na fase final desta etapa, e constam de amostras de granitóides brasileiros e ortognaisses, além da descrição e registro fotográfico dos afloramentos e das amostras coletadas.

As preparações e análises químicas multi-elementares em amostras de rocha, minério e sedimentos de corrente foram realizadas no laboratório da ACME - Analytical Laboratories Ltda.

Os estudos mineralógicos dos concentrados de batéia foram efetuados no âmbito da CPRM-SUREG/RE.

Com relação aos estudos petrográficos de seções delgadas de rocha, a maioria foi realizada na CPRM-SUREG/RE e uma menor parte foi executada pela Terra&Mar Soluções em Geologia e Geofísica, enquanto que as seções polidas foram descritas pelo Prof. Dr. Hartmut Beurlen.

Concentrados de batéia de três amostras foram preparados e enviados para datações geocronológicas (U-Pb em zircão) no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília.

1.1.3 Etapa final e produtos gerados

Nesta etapa realizou-se a integração dos dados disponíveis, elaboração, digitalização e edição do mapa geológico e do mapa de recursos minerais, digitação de bases de dados e elaboração do presente relatório.

Os produtos gerados neste projeto foram os mapas geológico e o de recursos minerais na escala 1:250.000 (anexos) digitalizados em ambiente ArcGis, e a presente nota explicativa, todos disponibilizados para impressão e consulta em formato PDF.

Além destes, também foi elaborado um SIG (Sistema de Informações Geográficas) com os mapas supracitados, imagens de satélites, mapas aerogeofísicos, além de descrição de dados pontuais como afloramentos, recursos minerais, fotografias de campo, etc. Neste também estão disponibilizados arquivos digitais (formato ArcGis) dos diversos temas utilizados na elaboração dos mapas e do SIG.

Tanto nesta como nas fase anteriores, para as idades obtidas ou referidas no presente trabalho, e as siglas (letras-símbolos) das unidades litoestratigráficas, utilizou-se a tabela/coluna do tempo geológico proposta pela Comissão Internacional de Estratigrafia-ICS (figura 1.8).

Com relação aos dados cadastrais, os mesmos foram acrescentados e/ou atualizados no banco de dados da CPRM (GEOBANK), os quais também poderão ser consultados via internet através do site <http://geobank.sa.cprm.gov.br>.

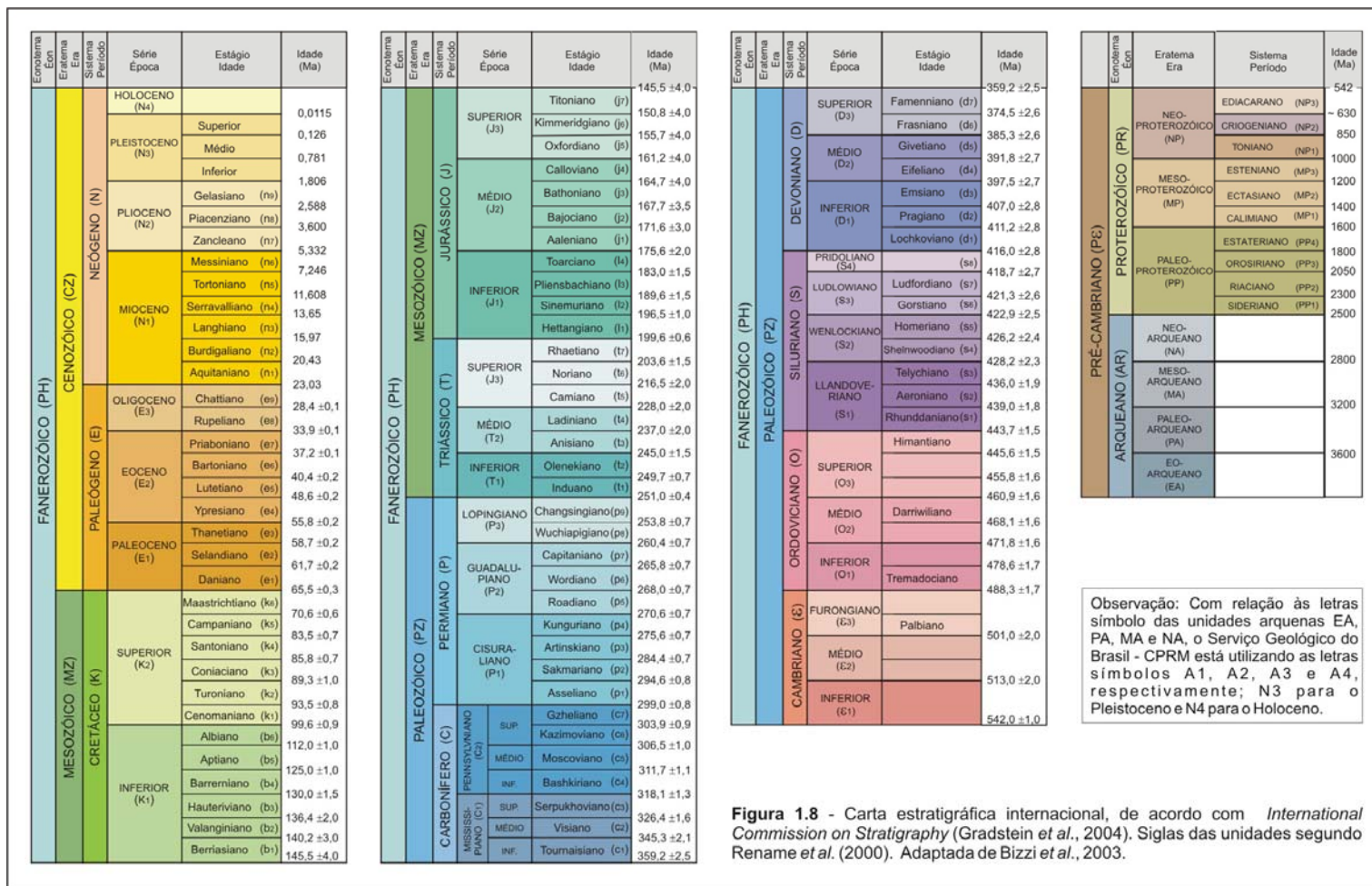


Figura 1.8 - Carta estratigráfica internacional, de acordo com *International Commission on Stratigraphy (Gradstein et al., 2004)*. Siglas das unidades segundo *Renne et al. (2000)*. Adaptada de *Bizzi et al., 2003*.

Observação: Com relação às letras símbolo das unidades arqueanas EA, PA, MA e NA, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM está utilizando as letras símbolos A1, A2, A3 e A4, respectivamente; N3 para o Pleistoceno e N4 para o Holoceno.

2. Contexto Geológico Regional

A Folha Sousa encontra-se inserida na porção centro-norte da Província Borborema, de Almeida *et al.* 1977 e 1981 (figura 2.1), sendo constituída essencialmente por litotipos precambrianos e bacias sedimentares Juro-Cretáceas (incluindo termos vulcânicos), com um pequeno percentual representado por coberturas plataformais paleógenas/neógenas e formações superficiais neógenas.

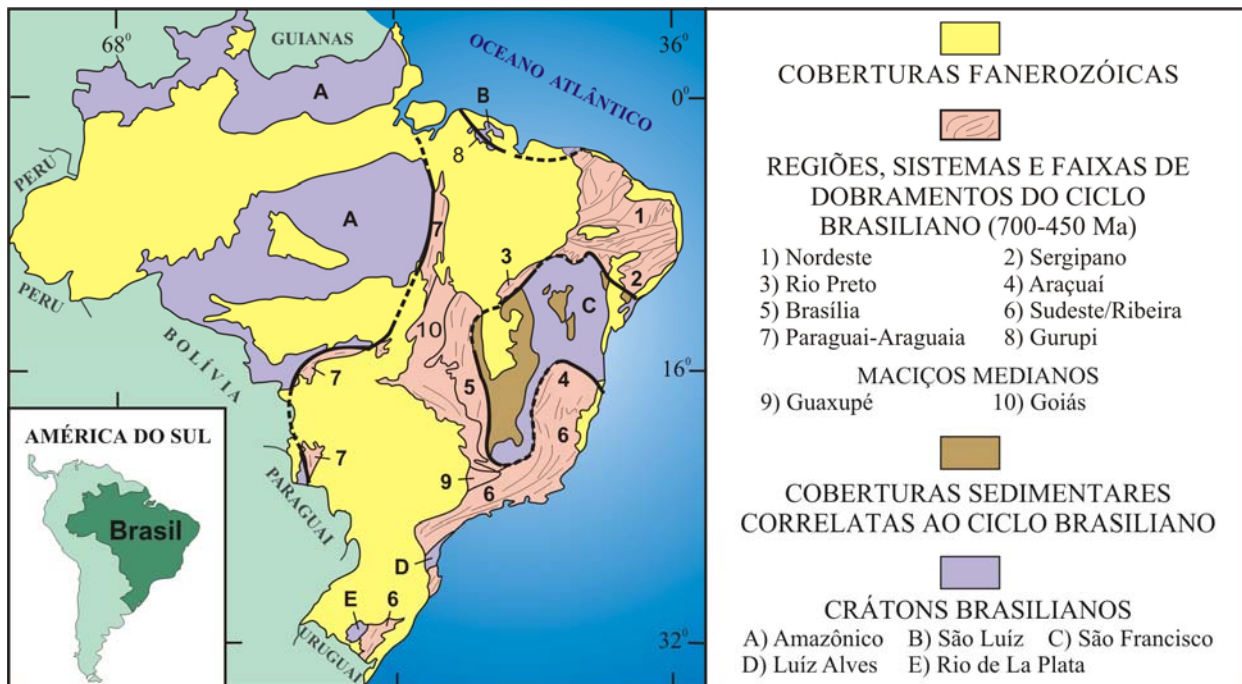


Figura 2.1 - Compartimentação do território brasileiro, segundo Schobbenhaus *et al.* (1984). A Província Borborema de Almeida *et al.* (1977 e 1981), compreende a Região de Dobramentos Nordeste e a Faixa Sergipana (áreas 1 e 2 na figura).

Nas décadas de 70 e 80 vários trabalhos de cunho regional procuraram compartimentar a Província Borborema, tais como: Brito Neves (1975 e 1983), Almeida *et al.* (1977), Santos & Brito Neves (1984) e Santos *et al.* (1984), dentre outros. Nestes trabalhos foram propostas diferentes

subdivisões para a província, tais como faixas dobradas, faixas de supracrustais, maciços medianos e domínios estruturais.

Durante aquele período também teve ênfase o questionamento científico sobre a evolução monocíclica ou policíclica na região. Neste enfoque Jardim de Sá *et al.* (1988) e Caby *et al.* (1991) sugeriram a compartimentação da Província Borborema a luz deste modelo evolutivo. Na concepção/proposta destes autores, a Folha Sousa estaria representada tanto por regiões com evolução monocíclica (supracrustais) como policíclica (supracrustais e embasamento gnáissico-migmatítico), conforme ressaltado na figura 2.2.

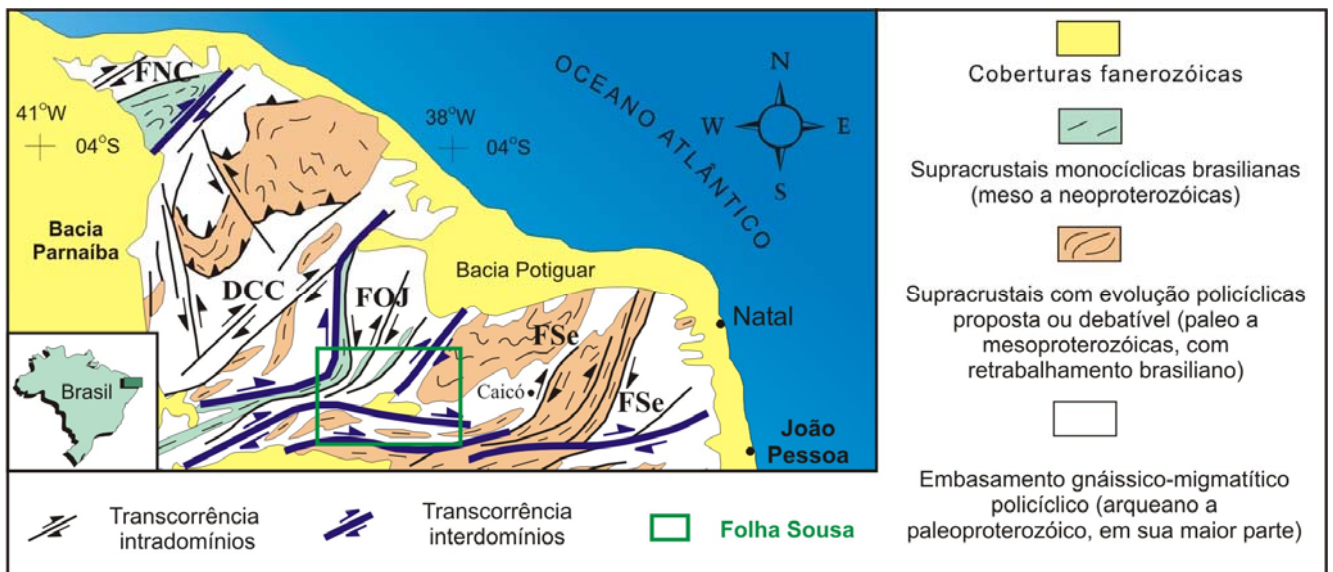


Figura 2.2 - Segmento norte da Província Borborema com evolução monocíclica ou policíclica, e delimitação em subprovíncias ou domínios estruturais, segundo Jardim de Sá *et al.* (1988), Caby *et al.* (1991) e outros, representado em Jardim de Sá (1994). FNC - Faixa Noroeste do Ceará, DCC - Domínio Ceará Central, FOJ - Faixa Orós-Jaguaribe; Fse - Faixa Seridó.

Durante a década de 90 surgiram outros modelos de compartimentação da província, estes baseados essencialmente no arcabouço tectono-estrutural da região. Decorrente da aplicação do modelo de terrenos alóctones/exóticos de Coney *et al.* (1980), Coney (1989) e Howell (1995) na Província Borborema, Jardim de Sá *et al.* (1992), Santos (1996) e Santos *et al.* (1999) ressaltaram a presença de terrenos exóticos/alóctones na província.

Utilizando o modelo de terrenos tectono-estratigráficos (alóctones) Santos (1996 e 2000) e Santos *et al.* (1999) compartimentaram a Província Borborema em domínios (ou super-terrenos) e terrenos. Naquela concepção a região da Folha Sousa seria constituída por segmentos dos terrenos Rio Piranhas, Granjeiro, Orós-Jaguaribe e Banabuiú, além de um pequeno segmento do Terreno Piancó-Alto Brígida (figura 2.3).

À luz do referido modelo, Santos (1996) e Santos *et al.* (1999) consideram os quatro terrenos supracitados como segmentos crustais com estratigrafia e evolução tectônica características e distintas dos terrenos adjacentes, estando delimitados por falhas ou zonas de cisalhamento marcantes/profundas (suturas).

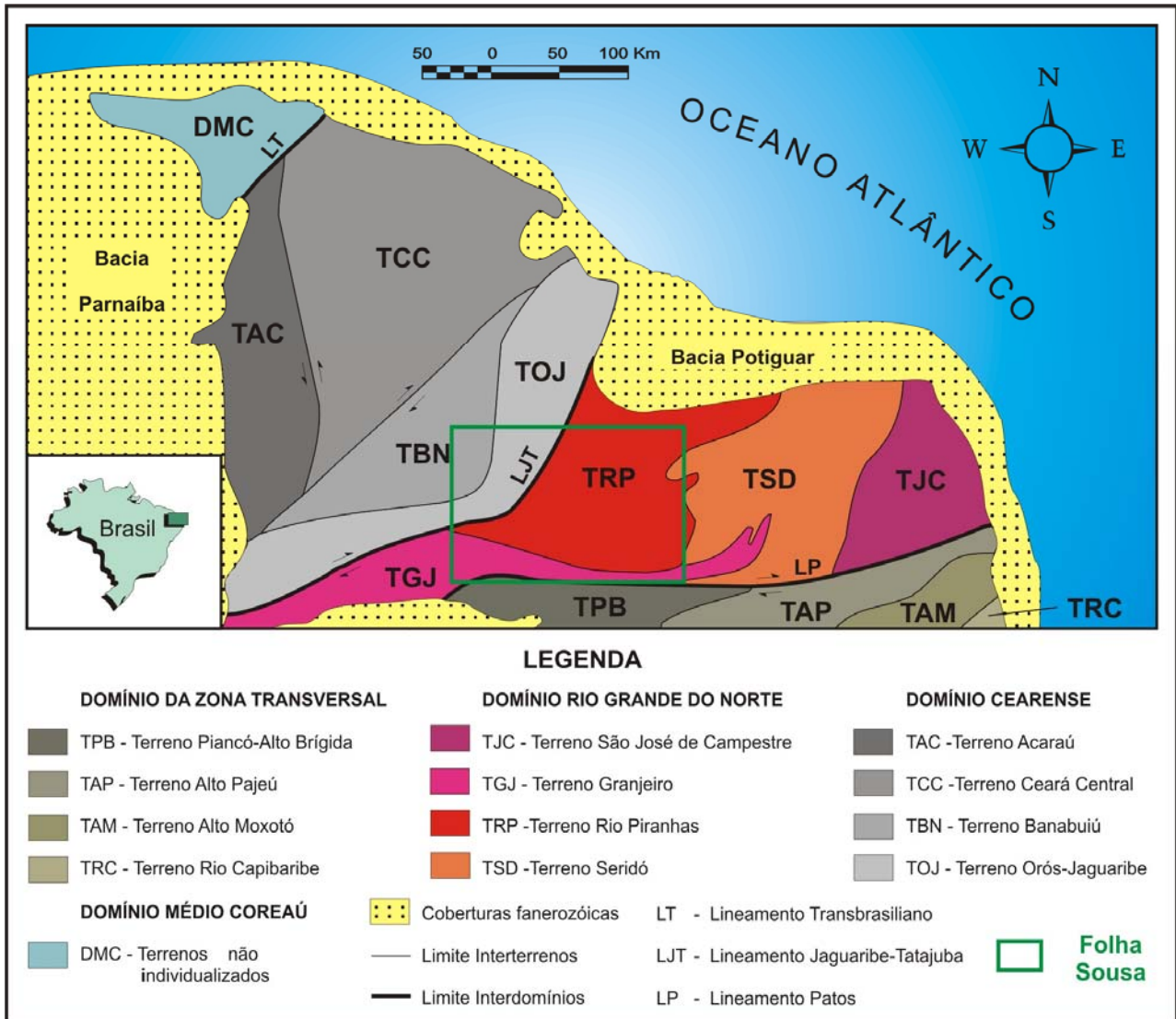


Figura 2.3 - Compartimentação do segmento norte da Província Borborema em domínios (ou super-terrenos) e terrenos tectono-estratigráficos, segundo Santos (1999 e 2000).

Contribuindo para a análise e aplicação do modelo de terrenos alóctones na porção norte da Província Borborema, Jardim de Sá *et al.* (1997) e Campelo (1999) a partir da integração e interpretação de dados gravimétricos sugeriram algumas zonas de cisalhamento com potencial

para serem consideradas como estruturas profundas/suturas e, conseqüentemente, constituírem prováveis limites de terrenos (figura 2.4).

No contexto da Folha Sousa, estes dados gravimétricos sugerem que a zona de cisalhamento Patos e a de Portalegre sejam as estruturas tectônicas mais importantes (figura 2.4); conseqüentemente são candidatas a serem limites de compartimentos geológicos distintos (domínios, faixas, terrenos, etc.).

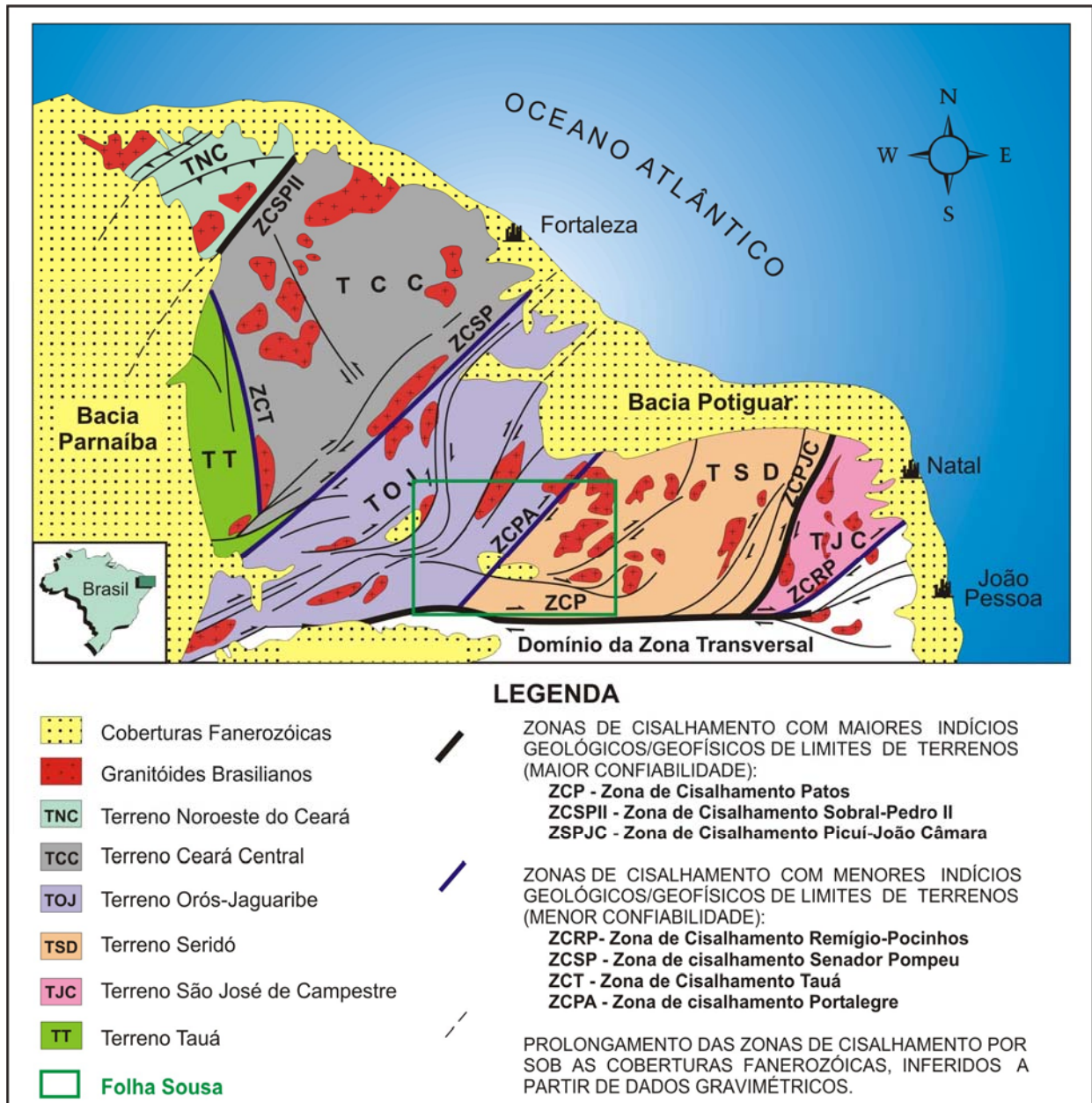


Figura 2.4 - Divisão da porção setentrional da Província Borborema (norte do Lineamento Patos) em terrenos tectono-estratigráficos, segundo Jardim de Sá *et al.* (1997) e Campelo (1999).

Integrando os modelos supracitados (principalmente nos dados de Jardim de Sá *et al.*, 1997 e Campelo, 1999) com os dados obtidos no presente mapeamento (incluindo mapas aerogeofísicos, dados geocronológicos e metalogenéticos) a Folha Sousa foi compartimentada nos domínios da Zona Transversal, Rio Piranhas-Seridó e Jaguaribeano.

Os limites entre estes domínios são demarcados por zonas de cisalhamento expressivas em superfície (Patos e Portalegre) e apresentam continuidade em subsuperfície (confirmada por dados gravimétricos e aeromagnéticos), conforme ressaltado na figura 2.5.

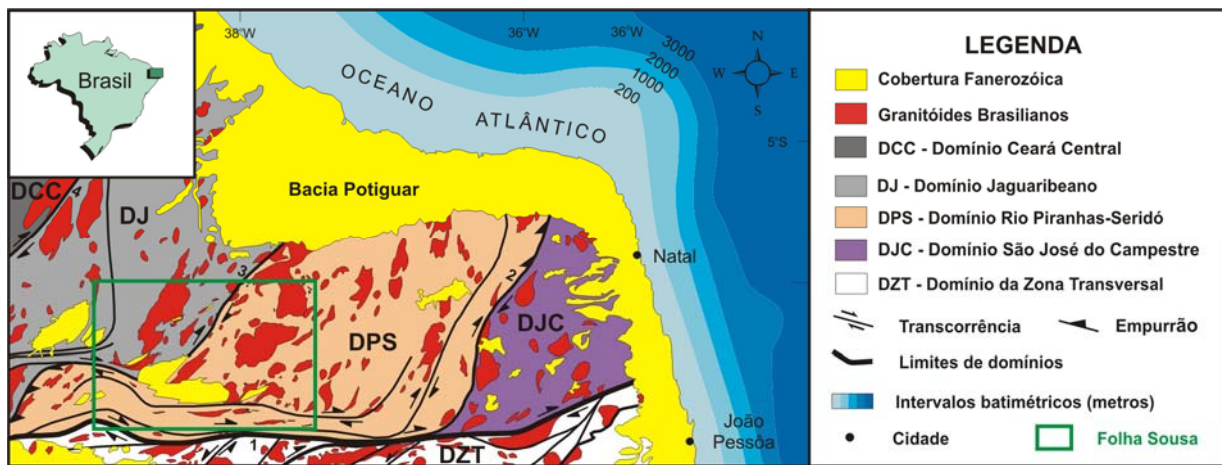


Figura 2.5 - Compartimentação tectônica utilizada para a Folha Sousa e áreas adjacentes. Limites/ zonas de cisalhamento interdomínios: 1) Patos, 2) Picuí-João Câmara, 3) Portalegre e 4) Senador Pompeu.

Com relação às seqüências Juro-Cretáceas (bacias Riacho São Lourenço, Rio do Peixe, Lima Campos, Icó, Icozinho, Coronel João Pessoa e Rafael Fernandes) as mesmas representam remanescentes isolados das bacias marginais equatoriais, cuja estruturação desenvolveu-se no Mesozóico. Estas bacias representam testemunhos do episódio de abertura do Oceano Atlântico (figura 2.6), que culminou com a separação entre as placas Sul-americana e Africana.

Várias propostas sobre a evolução e estruturação destas bacias são apresentadas na bibliografia, tais como Rabinowitz & LaBrecque (1979), Szatmari *et al.* (1985 e 1987), Françolin & Szatmari (1987), Françolin (1992), Matos (1992 e 1999), dentre outros. Os modelos de Szatmari *et al.* (1987) e Matos (1992) são os mais difundidos na região. De acordo com o modelo de Szatmari *et al.* (1987) a evolução das bacias foi originada no Jurássico Superior, através de um fraturamento na porção sul do supercontinente Gondwana, com movimentação divergente E-W

(figura 2.7a). No Cretáceo Inferior teria ocorrido uma rotação horária da placa Sul-americana em relação à Africana (pólo de rotação na Província Borborema, figura 2.7b).

No Aptiano o pólo de rotação teria migrado para noroeste (litoral do Amapá), finalizando a movimentação/cinemática vigente no Cretáceo Inferior (figura 2.7c). Com o rompimento do supercontinente, teve início o movimento leste-oeste de separação entre a África e a América do Sul no Cretáceo Superior, gerando cisalhamento transcorrente/transformante dextral (figura 2.7d). Szatmari *et al.* (1987) consideraram como o último evento deformacional importante na margem equatorial, uma compressão com direção Norte-Sul, (figura 2.7.e).

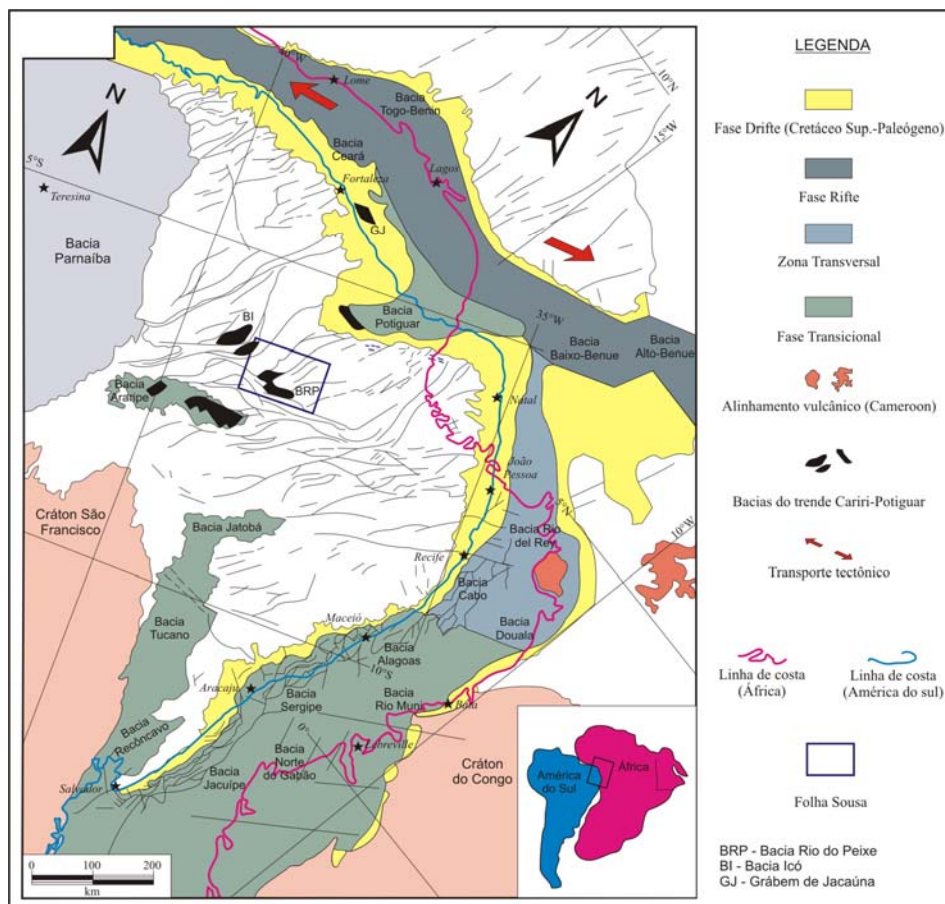


Figura 2.6 - Reconstrução pré-deriva aptiana dos continentes Africano e Sul-americano, segundo Matos (1999).

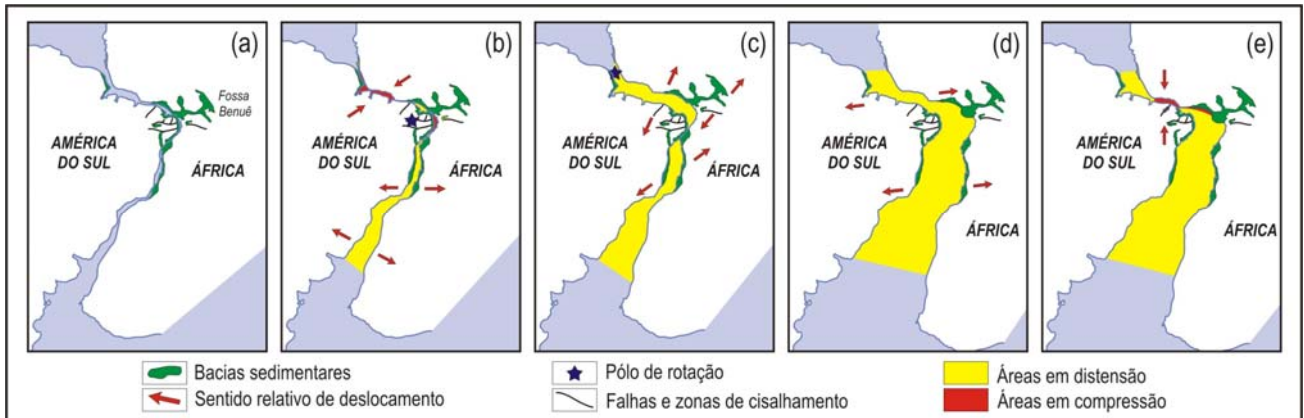


Figura 2.7 – Modelo de evolução estrutural mesozóica segundo Szatmari *et al.* (1985 e 1987). (a) Jurássico; (b) Final do Neocomiano; (c) Final do Andar Alagoas (Albiano); (d) Cretáceo Superior (Santoniano); (e) Cretáceo Superior (Maastrichtiano).

Matos (1992 e 1999) propõe um modelo alternativo para a separação entre os continentes africano e sul-americano a partir de três estágios sin-riftes (I, II e III) desenvolvidos durante o Jurássico-Cretáceo (figura 2.8).

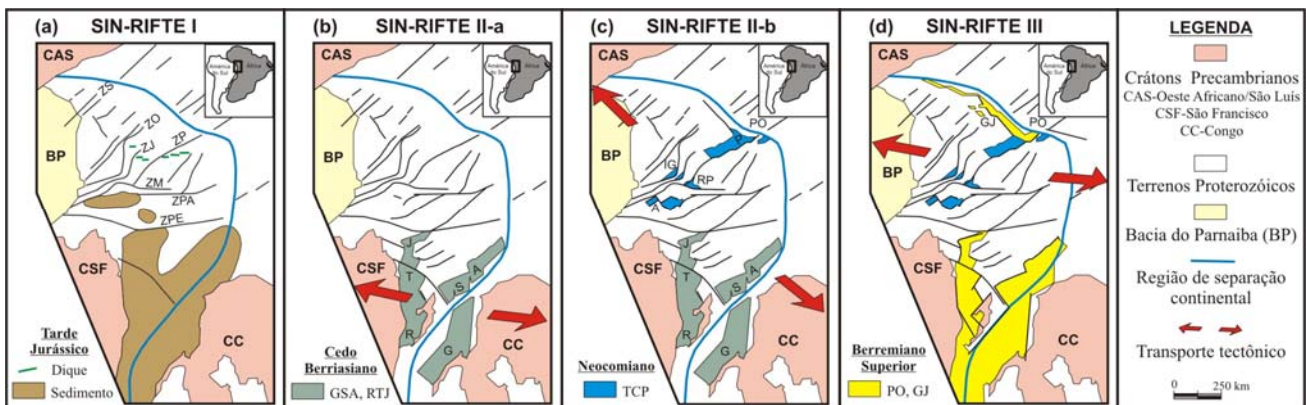


Figura 2.8 - Evolução estrutural mesozóica segundo modelo de Matos (1999). Zonas de cisalhamento: ZS-Sobral, ZO-Orós, ZJ-Jaguaribe, ZP-Portalegre, ZM-Malta, ZPA-Patos, ZPE-Pernambuco. GSA-Trende Gabão-Sergipe-Alagoas, TCP-Trende Cariri-Potiguar (A-Araripe, RP-Rio do Peixe, IG-Iguatu, P-Potiguar). PO-Potiguar off shore, GJ-Gráben de Jacaúna.

O estágio Sin-rifte I seria do final do Jurássico (Andar Dom João) a início do Barremiano, sendo representado por sedimentos remanescentes de uma bacia Intracontinental (depressão Brasil-África referida por Ponte, 1971) e pelo magmatismo Rio Ceará Mirim. Alguns autores

também consideram este estágio como do tipo pré-rifte. A Bacia Riacho São Lourenço (porção noroeste da folha Sousa) pode ser considerada como um representante (precoce ?) deste evento.

O estágio Sin-rifte II corresponde à fase continental do Neocomiano a Barremiano Inferior, responsável pela implantação de meios grábens assimétricos separados por altos do embasamento, falhas de transferências e/ou zonas de acomodação, tais como Gabon-Sergipe-Alagoas, Recôncavo-Tucano-Jatobá e Cariri-Potiguar, onde parte deste último está inserido na folha Sousa.

O estágio Sin-rifte III (Barremiano Superior) é caracterizado por uma grande mudança no estilo da deformação no setor equatorial, e abortamento da sedimentação no vale do Cariri.

Baseado em estudos de traços de fissão em apatita nas adjacências do cisalhamento de Portalegre, Nóbrega *et al.* (2005) obtiveram uma idade em torno de 140 a 120 Ma para a abertura do Oceano Atlântico. Com relação ao cisalhamento de Portalegre os referidos autores obtiveram uma idade de cerca de 140 Ma para a reativação desta estrutura, provocando uma subsidência e sedimentação no segmento a oeste deste cisalhamento.

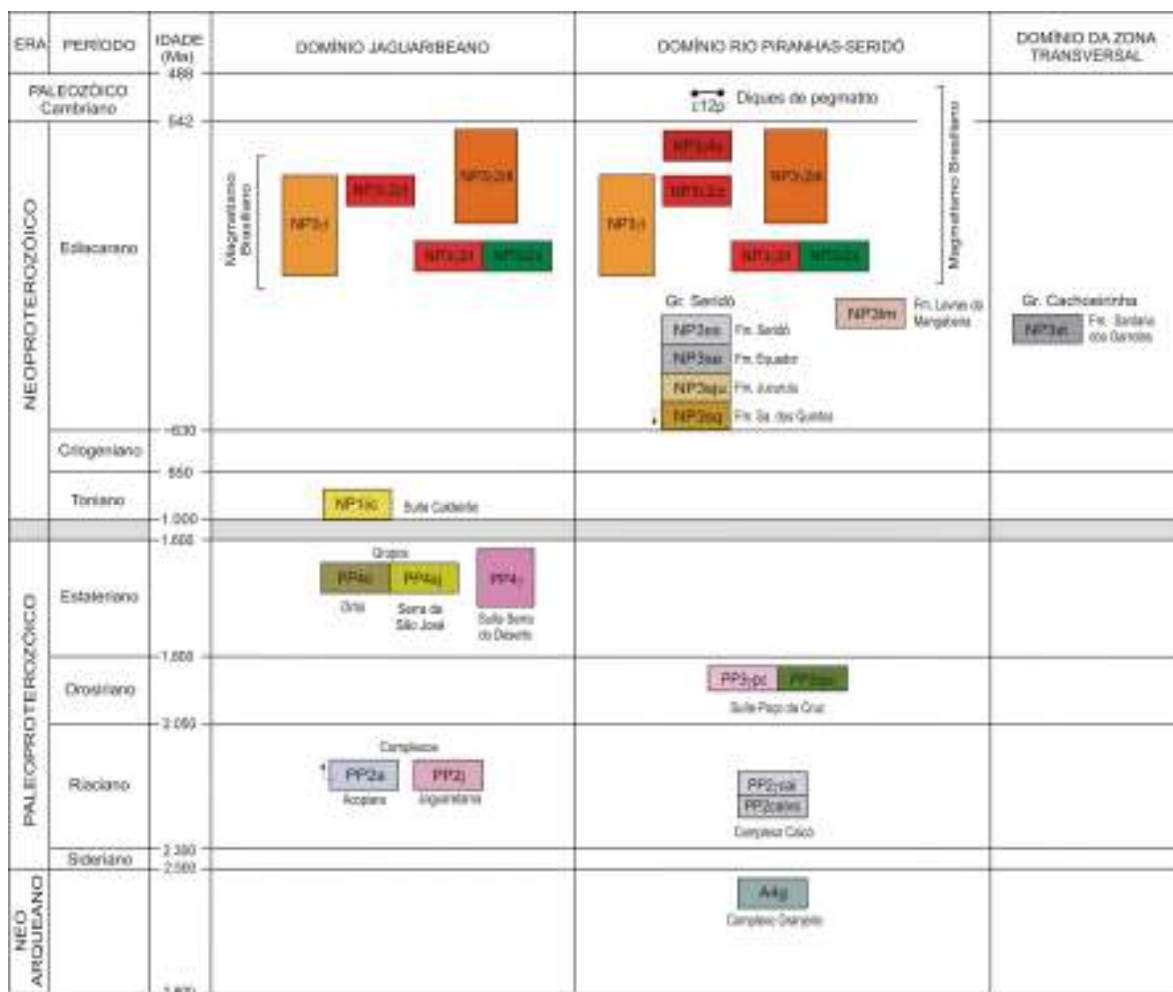
Após estes eventos de rifteamento são registrados os litotipos da Formação Serra do Martins, depósitos colúvio-eluvionares, além de sedimentos aluvionares e de terraços, os quais representam a sedimentação continental mais jovem da região.

3. Unidades Estratigráficas

3.1 UNIDADES PRECAMBRIANAS

As unidades precambrianas da Folha Sousa, constituem parte dos domínios Jaguaribeano, Rio Piranhas-Seridó e Zona Transversal, conforme ressaltado no quadro 3.1 e na figura 3.1.

Quadro 3.1 - Relações tectono-estratigráficas das unidades arqueanas a cambrianas da Folha Sousa.



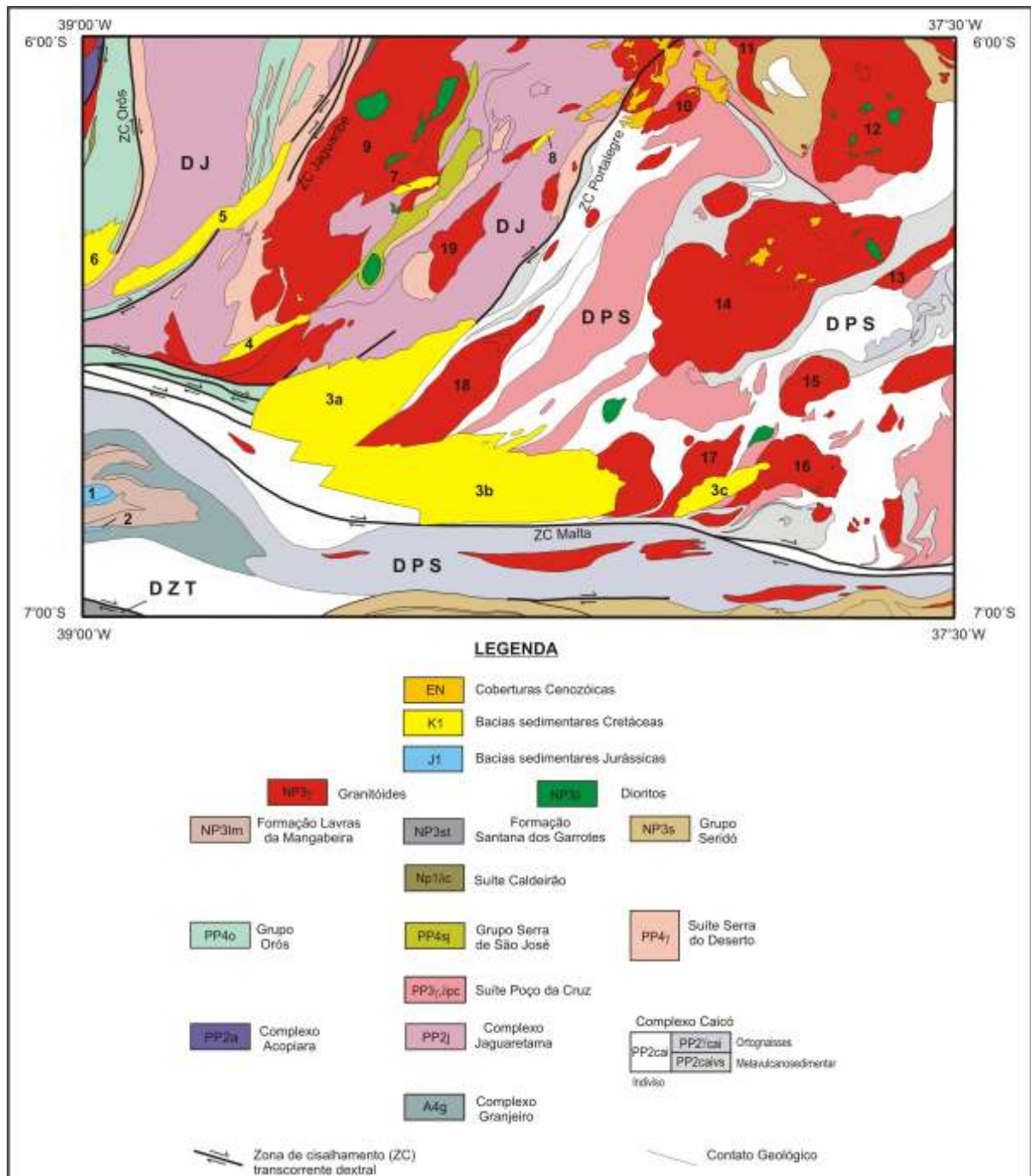


Figura 3.1 - Mapa geológico simplificado da Folha Sousa. Bacias sedimentares: 1-Riacho São Lourenço, 2-Iborepi, 3-Rio do Peixe (3a-Sub-bacia Brejo das Freiras, 3b-Sub-bacia Sousa, 3c-Sub-bacia Pombal), 4-Icozinho, 5-Icó, 6-Malhada Vermelha, 7-Coronel João Pessoa, 8-Rafael Fernandes. Granitóides Ediacaranos: 9-Pereiro, 10-Serrinha dos Pintos, 11-Umarizal, 12-Tourão-Caraúbas, 13-Brejo do Cruz, 14-Catolé do Rocha, 15-Serra do Moleque, 16-Pombal, 17-Pedregulho, 18-Serra Branca, 19-São Miguel. DPS-Domínio Rio Piranhas-Seridó, DJ-Domínio Jaguaribeano, DZT-Domínio da Zona Transversal.

Os limites entre estes domínios são demarcados por zonas de cisalhamento marcantes em imagens de satélite, fotografias aéreas, mapas aerogeofísicos e gravimétricos, levando alguns autores (Santos, 1996 e 2000; Campelo, 1999; Ferreira & Santos, 2000 e Oliveira *et al.*, 2001) a sugerirem que tais entidades correspondem a terrenos tectono-estratigráficos na concepção de Coney *et al.* (1980), Coney (1989) e Howell (1989 e 1995), dentre outros.

O magmatismo Ediacarano (Brasiliano) será descrito em item separado, tendo em vista que o mesmo transcende os limites entre os domínios supracitados. Tal fato pode sugerir que o arcabouço tectono-estratigráfico precambriano da região decorreu essencialmente no período pré magmatismo brasileiro, entretanto alguns autores (Santos & Medeiros, 1999; Torres, 2001 e Medeiros, 2004) ressaltam algumas diferenças dos granitóides brasileiros situados entre diferentes segmentos geológicos a sul da Folha Sousa.

3.1.1 Domínio Jaguaribeano

O domínio Jaguaribeano ocupa a porção noroeste da Folha Sousa, a oeste da zona de cisalhamento Portalegre (figuras 3.1 e 3.2), sendo constituído pelos complexos Jaguaretama e Acopiara, Suíte Serra do Deserto, grupos Orós e Serra de São José e pela Suíte Caldeirão, além de granitóides ediacaranos/brasileiros (estes últimos descritos no item 3.1.4).

3.1.1.1 Complexo Jaguaretama (PP2j)

Termo utilizado por Gomes *et al.* (2000) e Ferreira & Santos (2000) para representar uma unidade gnáissica paleoproterozóica aflorante a leste da Faixa Orós.

Este complexo é representado por ortognaisses graníticos a granodioríticos acinzentados e gnaisses bandados (por vezes migmatizados), além de lentes/camadas de mármore, rochas calcissilicáticas, quartzitos e anfibolitos/gnaisses anfibolíticos,

Uma faixa de supracrustais (xistos/gnaisses e mármore) situada a oeste de Umari (CE), foi englobada neste complexo; entretanto, não é descartada a possibilidade de pertencerem a uma unidade distinta, como o Grupo Seridó ou Complexo Caicó.

Uma idade U-Pb (SHRIMP em zircão) de 2187 ± 9 Ma foi obtida por Silva *et al.* (1997) em um hornblenda-biotita gnaiss tonalítico da região de Várzea Nova (CE), a oeste da Folha Sousa. Fetter (1999) obteve uma idade de 2191 ± 9 Ma (U-Pb em zircão) em metatonalitos deste complexo situados a norte da Folha Sousa (noroeste de Jaguaribe-CE). Estas datações confirmam a idade Riaciana para tais litotipos.

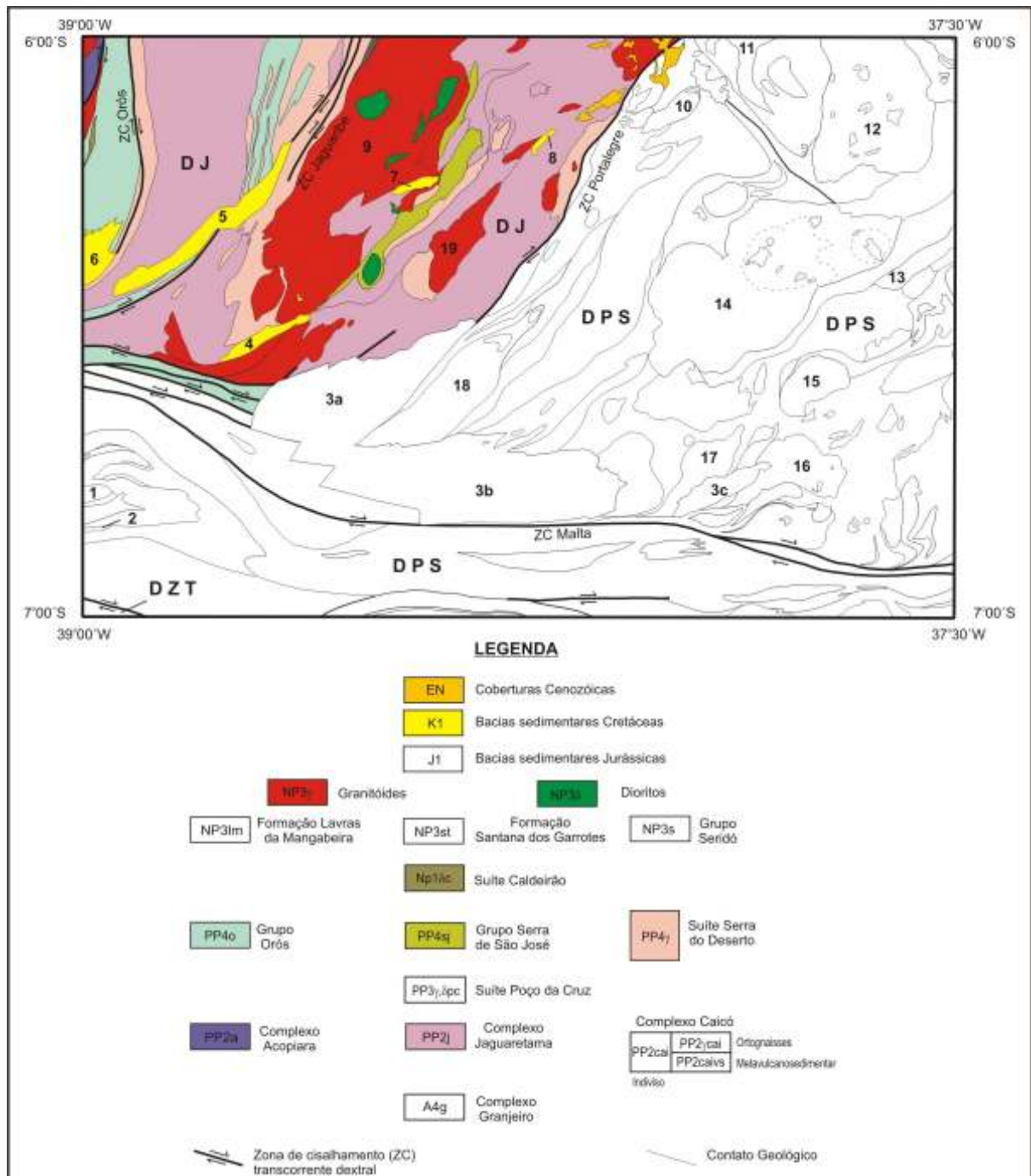


Figura 3.2 - Mapa geológico simplificado do Domínio Jaguaribeano no contexto da Folha Sousa. Bacias sedimentares: 1-Riacho São Lourenço, 2-Iborepi, 3-Rio do Peixe (3a-Sub-bacia Brejo das Freiras, 3b-Sub-bacia Sousa, 3c-Sub-bacia Pombal), 4-Icozinho, 5-Icó, 6-Malhada Vermelha, 7-Coronel João Pessoa, 8-Rafael Fernandes. Granitóides Ediacaranos: 9-Pereiro, 10-Serrinha dos Pintos, 11-Umarizal, 12-Tourão-Caraúbas, 13-Brejo do Cruz, 14-Catolé do Rocha, 15-Serra do Moleque, 16-Pombal, 17-Pedregulho, 18-Serra Branca, 19-São Miguel. DPS-Domínio Rio Piranhas-Seridó, DJ-Domínio Jaguaribeano, DZT-Domínio da Zona Transversal.

3.1.1.2 Complexo Acopiara (PP2a)

Termo originalmente utilizado por Medeiros (1993) para descrever uma associação de orto e paragneisses situados a oeste da Faixa Orós-Jaguaribe (região de Catarina-CE), foi posteriormente re-utilizado por Gomes *et al.* (2000) e Ferreira & Santos (2000) para os litotipos englobados no Grupo Ceará por Vasconcelos *et al.* (1997).

O Complexo Acopiara ocorre numa pequena região do setor noroeste da Folha Sousa, sendo constituído por paragneisses de textura fina, geralmente migmatizados, apresentando intercalações de mármore, quartzitos e rochas calcissilicáticas.

Até o presente momento, não existem determinações geocronológicas que definam uma idade precisa para este complexo. Entretanto, a idade modelo Sm-Nd (TDM) de 2,42 Ga, obtida por Fetter (1999) sugere que a idade da fonte destas supracrustais seja paleoproterozóica.

3.1.1.3 Suíte Serra do Deserto (PP4ys)

Esta suíte foi designada por Cavalcante (1999), no intuito de formalizar os *augen* gnaisses estudados por Sá (1991) na porção leste da Faixa Orós.

Os litotipos observados são constituídos essencialmente por anfibólio-biotita *augen* gnaisses de composição granítica a granodiorítica, com porfiroclastos de feldspato atingindo cerca de 4 cm de comprimento (foto 3.1). Entretanto, alguns termos com textura granoblástica média a grossa (incluindo metassienitos) também foram observados nesta unidade.



Foto 3.1 - Biotita *augen* gnaisses da Suíte Serra do Deserto (região de Lima Campos-CE). Afloramento VC-761.

A partir de quatro frações de zircão deste *augen* gnaisse, Sá (1991) obteve uma idade U-Pb de 1673 ± 23 Ma (MSWD = 1,87), indicando uma idade Estateriana para esta suíte. Em litotipos similares localizados na região de Jaguaribe (CE), Sá *et al.* (1997) obtiveram uma idade U-Pb de 1774 ± 24 Ma, onde aqueles autores sugerem tratar-se de uma suíte distinta.

Sá (1991), Sá *et al.* (1995) e Cavalcante (1999) consideraram esta suíte como de tendência alcalina e de ambiente intraplaca (anorogênico), correlacionando-a com o vulcanismo félsico da Formação Campo Alegre (Grupo Orós).

3.1.1.4 Grupo Orós (PP4o)

Esta unidade foi descrita originalmente por Braga & Mendonça (1984) e elevada à categoria de grupo por Cavalcante (1987). Posteriormente Cavalcante (1999) subdividiu este grupo nas formações Santarém e Campo Alegre, as quais correspondem, respectivamente, às seqüências metassedimentares e metavulcânicas descritas por Sá (1991).

Formação Campo Alegre (PP4oc)

Corresponde às unidades metavulcânicas do Grupo Orós, sendo constituída por metavulcânicas félsicas, intermediárias e máficas (metarriolitos, metandesitos e anfibolitos).

Os metarriolitos podem conter biotita e/ou muscovita, geralmente apresentam coloração cinza claro e textura granoblástica fina. Entretanto, algumas vezes apresentam textura porfiroclástica, ressaltada pela presença de porfiroclastos milimétricos de quartzo e feldspato.

Os metarriodacitos possuem textura porfiroclástica (porfiroclastos milimétricos de feldspato) com matriz fina, de coloração cinza intermediária.

Os termos máficos correspondem a anfibolitos de granulação fina e coloração verde escura, provavelmente constituindo metabasaltos.

As metavulcânicas máficas (prováveis metabasaltos) situadas a norte de Aquinópolis- CE (faixa Jaguaribe) ainda preservam microporfiroclastos de feldspato que atingem 0,5 cm de comprimento (foto 3.2) e algumas cavidades preenchidas por epidoto (foto 3.3.), ambos estirados/alongados por cisalhamentos dúcteis.



Foto 3.2 - Metavulcânica máfica da Formação Campo Alegre, apresentando porfiroclastos estirados de feldspato (norte de Aquinópolis-CE). Afloramento VC-740.



Foto 3.3 - Metavulcânica máfica da Formação Campo Alegre, com cavidades preenchidas por epidoto (amígdalas?). Norte de Aquinópolis (CE). Afloramento VC-740.

Sá (1991) obteve uma idade U-Pb em zircão de 1790 ± 9 Ma nos metariolitos desta formação, enquanto que Cavalcante (1999) obteve uma idade semelhante (1796 ± 55 Ma) nos metariolitos a norte da Folha Sousa (Seqüência Peixe Gordo) pelo método Pb/Pb em monozircão.

Formação Santarém (PP4os)

Essa formação corresponde aos litotipos paraderivados do Grupo Orós, sendo constituída por micaxistos (com granada, estaurolita e sericita) e hornblenda-biotita gnaisses com intercalações de quartzitos e mármore.

Os xistos variam destes termos com textura fina a grossa e porfiroblástica (porfiroblastos de granada e/ou estaurolita). Os quartzitos gradam para muscovita-quartzo xisto nas bordas das lentes.

Os mármore constituem lentes de dimensões variadas, apresentam granulação fina à média e coloração cinza claro a esbranquiçada.

3.1.1.5 Grupo Serra de São José (PP4sj)

Representa uma seqüência constituída por biotita xistos (por vezes com muscovita) com intercalações de metavulcânicas, além de vários níveis/camadas de quartzitos (incluindo

metaconglomerados) e alguns níveis de rochas calcissilicáticas, mármore e anfibólio gnaisse granítico.

Esta unidade foi considerada como de origem vulcanossedimentar por Jardim de Sá *et al.* (1981 e 1986), a partir dos trabalhos de Lira (1981), Medeiros Neto (1981), Rêgo (1981), Sena de Sá (1981) e Souza (1981). Tais autores descreveram os quartzitos como muscovíticos ou feldspáticos (por vezes com pirita ou cianita), enquanto que os conglomerados são referidos como monomíticos (constituídos por seixos de quartzo ou clastos de gnaisses).

Determinações Pb-Pb em monozircão obtidas por Cavalcante (1999) em anfibólio gnaisse granítico desta seqüência indicaram a idade estateriana (ca. 1778 Ma) para esta unidade, permitindo correlacioná-la aos litotipos do Grupo Orós. Tais considerações foram confirmadas a partir das idades (U-Pb em zircão) de $1783 \pm 6,7$ Ma (MSWD = 1,5) e $1754 \pm 5,4$ Ma (MSWD = 1,7) obtidas por Magini (2001), respectivamente em metariolito e metadacito deste grupo.

3.1.1.6 Suíte Magmática Caldeirão (NP1δc)

Terminologia utilizada por Cavalcante *et al.* (2003) para englobar a unidade máfica-ultramáfica descrita por Sá (1991) a noroeste de Orós (CE).

Segundo Sá (1991) esta seria constituída essencialmente por metagabros (inclui hornblenda metagabros e metahornblenditos), geralmente apresentando textura cumulática.

Dados isotópicos desta suíte foram reportados por Sá (1991) a partir de dados Sm-Nd, onde este autor obteve uma idade isocrônica Sm/Nd de 884 ± 176 Ma ($R_0 = 0,511730 \pm 0,000147$ e MSWD = 0,87) e idade modelo TDM de 1,02 a 1,06 Ga. Apesar do erro elevado da datação, tais valores levaram Sá (1991) e Sá *et al.* (1995) a considerarem esta suíte como de idade toniana.

3.1.2 Domínio Rio Piranhas-Seridó

Neste domínio estão sendo englobados os litotipos precambrianos posicionados a leste da zona de cisalhamento Portalegre e praticamente toda porção sul da Folha Sousa (figuras 3.1 e 3.3).

Neste contexto foram cartografados litotipos dos complexos Granjeiro e Caicó, Suíte Poço da Cruz, Grupo Seridó, Formação Lavras da Mangabeira e granitóides ediacaranos.

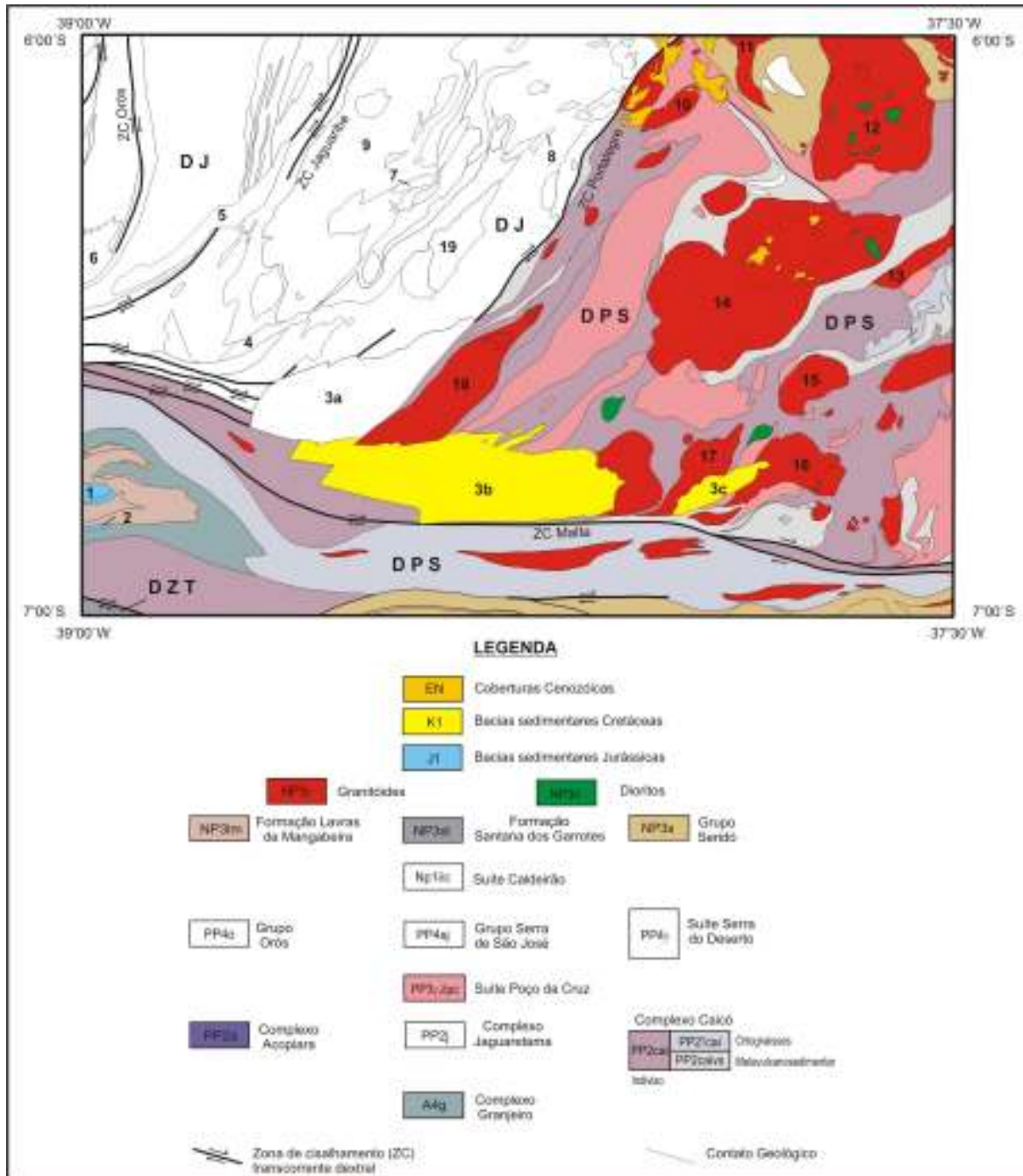


Figura 3.3 - Mapa geológico simplificado do Domínio Rio Piranhas-Seridó no contexto da Folha Sousa. Bacias sedimentares: 1-Riacho São Lourenço, 2-Iborepi, 3-Rio do Peixe (3a-Sub-bacia Brejo das Freiras, 3b-Sub-bacia Sousa, 3c-Sub-bacia Pombal), 4-Icozinho, 5-Icó, 6-Malhada Vermelha, 7-Coronel João Pessoa, 8-Rafael Fernandes. Granitóides Ediacaranos: 9-Pereiro, 10-Serrinha dos Pintos, 11-Umarizal, 12-Tourão-Caraúbas, 13-Brejo do Cruz, 14-Catolé do Rocha, 15-Serra do Moleque, 16-Pombal, 17-Pedregulho, 18-Serra Branca, 19-São Miguel. DPS-Domínio Rio Piranhas-Seridó, DJ-Domínio Jaguaribeano, DZT-Domínio da Zona Transversal.

3.1.2.1 Complexo Granjeiro (A4g)

Cartografado na porção sudoeste da Folha Sousa, onde foi alvo de vários trabalhos prévios, tais como Campos *et al.* (1976), Prado *et al.* (1980), Santos *et al.* (1984), Silva *et al.* (1993 e 1997), Vasconcelos *et al.* (1997), dentre outros.

Na Folha Sousa esta unidade é constituída predominantemente por ortognaisses máfico-intermediários, metavulcânicas máficas, anfibolitos, gnaisses félsicos finos e biotita gnaisses/xistos com intercalações de metaultramáficas, quartzitos, formações ferríferas, mármore e rochas calcissilicáticas.

Os litotipos máficos e ultramáficos encontram-se bastante alterados e/ou intemperizados, nos termos mais preservados foi possível caracterizar: i) anfibolitos (com anfibólio, plagioclásio e clinopiroxênio) nematoblásticos de granulação fina e coloração cinza ou verde escura (foto 3.4); ii) metagabros compostos essencialmente por plagioclásio, augita, hiperstênio e actinolita, apresentando granulação fina e coloração esverdeada; iii) tremolititos com textura nematoblástica e granulação fina a média e coloração esverdeada.

Os gnaisses félsicos de granulação fina apresentam coloração cinza clara a esbranquiçada e correspondem a metarriolitos (foto 3.5). Nestes foram observados prováveis *lapillis* de coloração esbranquiçada.



Foto 3.4 - Anfibolito com clinopiroxênio do Complexo Granjeiro (região a leste de Lavras da Mangabeira-CE). Afloramento VC-19.



Foto 3.5 - Metavulcânica félsica do Complexo Granjeiro com *lapillis* (região a sudeste de Ipaumirim-CE). Afloramento VC-476.

Os dados referidos por Silva *et al.* (1993) e Vasconcelos *et al.* (1997) permitiram a estes últimos considerarem o Complexo Granjeiro como um remanescente de uma crosta antiga.

Uma idade U-Pb SHRIMP em zircão de 2541 ± 11 Ma e idade modelo TDM de 2,69 Ga, foram obtidas por Silva *et al.* (1997) em um biotita-hornblenda gnaiss tonalítico situado na porção oeste da Folha Sousa, confirmando tratar-se de um complexo Neoarqueano.

3.1.2.2 Complexo Caicó (PP2caivs, PP2 γ cai e PP2cai)

A concepção do Complexo Caicó remonta aos trabalhos de Meunier (1964) e Ferreira & Albuquerque (1969) efetuados nas adjacências da cidade homônima.

Com exceção de trabalhos em escala de detalhe, a maioria dos trabalhos prévios efetuados cartografaram o Complexo Caicó como uma unidade indivisa (Jardim de Sá, 1994 e Jardim de Sá *et al.*, 1998), constituída por ortognaisses, migmatitos e litotipos metavulcanossedimentares diversos. Entretanto alguns mapeamentos/integrações regionais mais recentes procuraram individualizar cartograficamente tais litotipos (Ferreira & Santos, 2000 e Angelim *et al.*, 2004).

No intuito de contribuir com o detalhamento da cartografia do Complexo Caicó, o mesmo foi caracterizado no presente trabalho, a partir de regiões com predominância de termos metavulcanossedimentares (PP2caivs), metaplutônicos (PP2 γ cai) e áreas onde não foi possível individualizar tais litotipos (PP2cai).

Em vários trabalhos prévios (Hackspacher *et al.*, 1986 e 1990; Legrand *et al.*, 1991; Macedo *et al.*, 1991; Souza, 1991; Dantas, 1992; Jardim de Sá, 1984 e 1994; dentre outros) é relatado o caráter intrusivo das metaplutônicas (PP2 γ cai) nas supracrustais deste complexo (PP2caivs).

Na seqüência supracrustal (PP2caivs) foram englobados biotita gnaisses por vezes com anfibólio, gnaisses bandados e prováveis metavulcânicas, geralmente migmatizados, com intercalações de mármores, anfibolitos, calcissilicáticas, metaultramáficas, e mais raramente quartzitos (fotos 3.6 e 3.7). Em algumas regiões, por causa do ao elevado estágio de deformação e metamorfismo apresentado pelos litotipos, torna-se difícil assegurar a origem metavulcanossedimentar dos mesmos, ou ainda se não representam uma unidade distinta do Complexo Caicó (Formação Jucurutu migmatizada, por exemplo).



Foto 3.6 - Afloramento de biotita paragnaisse (atribuído ao Complexo Caicó) a sul de Pombal (PB). Afloramento VC-99.



Foto 3.7 - Anfibolito do Complexo Caicó com nódulos e *boudins* de calcissilicáticas (sul de Pombal-PB). Afloramento VC-99.

Os termos metaplutônicos (PP2 γ cai) correspondem a ortognaisses graníticos, granodioríticos e tonalíticos acinzentados, além de leucortognaisses e termos migmatíticos, com porções variadas de biotita e anfibólio, geralmente apresentando textura granoblástica média a grossa ou porfiroclástica com *augens* de K-feldspato (fotos 3.8 e 3.9). Litotipos milonitizados e/ou migmatizados são comuns, principalmente nas proximidades da zona de cisalhamento Portalegre e do lineamento Patos.

Um *sheet* de leucortognaisse (com anfibólio e clinopiroxênio) fino a médio (foto 3.10), cartografado a sul da cidade de Pombal (PB) como intrusivo nos paragnaises daquela região, foi alvo de estudos litogeoquímicos e geocronológicos no presente trabalho (ver capítulos 4 e 5).

Determinações geocronológicas mais precisas deste complexo (métodos Pb-Pb e U-Pb em zircão) são referidas na bibliografia em ortognaisses das regiões de Açu, São Vicente, Florânia e Caicó (RN), todas situadas à leste-nordeste da Folha Sousa. Nestes foram obtidas idades de 2170 Ma a 2246 Ma (Hackspacher *et al.*, 1990; Legrand *et al.*, 1991; Macedo *et al.*, 1991; Dantas, 1992 e Van Schmus *et al.*, 1995) definindo uma idade riaciana para este magmatismo.

Segundo Souza (1991), Souza & Martin (1991a, b) e Jardim de Sá (1994) as metaplutônicas do Complexo Caicó correspondem a uma suíte calcialcalina, representando um magma juvenil extraído de uma fonte mantélica enriquecida. Na integração/reinterpretação de dados desta unidade, Jardim de Sá (1994) advoga a formação deste complexo em um ambiente de arco oceânico e/ou pericontinental.



Foto 3.8 - *Augen* gnaiss do Complexo Caicó na região a sul de Brejo do Cruz (PB). Afloramento VC-615.



Foto 3.9 - Biotita ortognaisse granoblástico do Complexo Caicó na região de Tenente Ananias (RN). Afloramento VC-419.



Foto 3.10 - Anfibólio ortognaisse granítico do Complexo Caicó situado a sul de Pombal (PB). Afloramento VC-97.

3.1.2.3 Suíte Poço da Cruz (PP3γpc e PP3δpc)

Esta terminologia foi utilizada por Ferreira (1998) para englobar a suíte designada originalmente como granitóides do tipo G₂ por Jardim de Sá *et al.* (1981).

A suíte é constituída, principalmente, por *augen* gnaisses (com porfiroclastos de feldspato que podem atingir 8 cm de comprimento), de composição quartzo monzonítica a monzogranítica

com proporções variadas de biotita e mais raramente anfibólio (foto 3.11). Inclui alguns termos com textura granoblástica fina, média a/ou grossa (PP3γpcg).



Foto 3.11 - Biotita *augen* gnaisse granítico da Suíte Poço da Cruz, na região a sul de Lagoa (PB). Afloramento VC-372.

Em escala de afloramento não é raro observar a presença de enclaves de metadioritos associados aos *augen* gnaisses (por vezes apresentando termos híbridos e pórfiros de feldspato capturados dos *augen* gnaisses), onde os corpos mais expressivos foram cartografados a sudoeste da cidade de Alexandria (RN). Estes metadioritos apresentam textura granoblástica fina, coloração cinza escura a preta e possuem biotita e anfibólio como minerais máficos principais.

A idade Orosiriana para esta suíte foi confirmada a partir de uma datação U-Pb em zircão de 1934 ± 12 Ma obtida por Legrand *et al.* (1991) em *augen* gnaisses da região de Angicos (RN) e uma idade Pb-Pb em zircão de 1990 ± 10 Ma obtida por Jardim de Sá (1994) em *augen* gnaisses posicionados a nordeste de Cerro Corá (RN). Estas duas áreas estão localizadas a leste-nordeste da Folha Sousa.

A assinatura geoquímica desta unidade foi interpretada por Jardim de Sá (1994) como de uma suíte K-calcialcalina com membros subalcalinos, onde os termos ácidos teriam sido gerados a partir de fusão crustal, associada a um ambiente orogênico, sin a tardi colisional.

A partir de relações de campo, dados litogeoquímicos e/ou geocronológicos, esta suíte foi considerada por Jardim de Sá *et al.* (1981), Macedo *et al.* (1984) e Jardim de Sá (1994), dentre outros, como associada ao evento colisional transamazônico. Entretanto Caby (1987 e 1989) e Caby *et al.* (1991) consideraram esta suíte como uma entidade anorogênica (intraplaca), atribuindo a deformação observada nestes litotipos à orogênese Brasileira (Neoproterozóica).

3.1.2.4 Grupo Seridó (NP3s)

Estudos relativos à geologia desta unidade remontam a trabalhos pioneiros na região do Seridó, tais como Ebert (1969 e 1970), Ferreira & Albuquerque (1969), Santos (1973), dentre outros. Jardim de Sá & Salim (1980) e Jardim de Sá (1984), dividiram o Grupo Seridó nas formações Jucurutu, Equador e Seridó, respectivamente da base para o topo, envolvidas num mesmo megaciclo sedimentar, com ausência de discordâncias regionais. Outras propostas foram sugeridas na literatura, onde os seguidores consideram a existência de uma discordância significativa entre os metaconglomerados da região de Parelhas (RN) e os quartzitos da Formação Equador, tal como apresentado por Archanjo & Salim (1986).

No presente trabalho será utilizada a coluna estratigráfica sugerida por Jardim de Sá & Salim (1980), sendo acrescida à mesma uma unidade na base (Formação Serra dos Quintos), conforme utilizado por Santos *et al.* (2002).

A Formação Serra dos Quintos é aqui adicionada no Grupo Seridó de maneira especulativa, tendo em vista que a relação de contato dos litotipos aqui atribuídos como desta formação com suas unidades adjacentes, é mascarada pelos cisalhamentos transcorrentes dextrais do lineamento Patos. Neste contexto não é descartada a possibilidade da mesma ser uma entidade mais antiga que o Grupo Seridó.

Formação Serra dos Quintos (NP3sq)

A designação Complexo Serra dos Quintos foi inicialmente sugerida por Ferreira (1998), para individualizar supracrustais do Complexo Caicó da região de Santa Luzia (PB). Posteriormente, Santos *et al.* (2002) atribuíram às mesmas a categoria de formação e a consideraram como uma unidade basal do Grupo Seridó.

Aflorando na porção sul da Folha Sousa (região do lineamento Patos), esta unidade é constituída principalmente por biotita gnaisses e migmatitos com níveis de mármore, formações ferríferas e prováveis metavulcânicas básicas.

As metabásicas estão representadas por anfibolitos (constituídos essencialmente por anfibólio e algum diopsídio) apresentando granulação média e coloração verde escura.

Estes litotipos encontram-se afetados por cisalhamentos transcorrentes (brasilianos) associados ao lineamento Patos. Tal fato contribui com o grau de incerteza em considerar estas rochas como pertencentes ao Grupo Seridó, ou tratar-se de uma seqüência

metavulcanossedimentar mais antiga (Complexo Caicó ?). Portanto, são necessários estudos adicionais mais detalhados no intuito de tentar elucidar este problema.

Formação Jucurutu (NP3sju)

Aflora tanto na porção nordeste como sul da Folha Sousa. É constituída predominantemente por biotita-anfibólio gnaiss e biotita gnaiss (foto 3.12), apresentando camadas de mármore (foto 3.13) com extensões métricas a quilométricas, além de intercalações de rochas calcissilicáticas e quartzitos, correspondendo a uma seqüência metassedimentar.



Foto 3.12 - Anfibólio-biotita paragneiss da Formação Jucurutu com nódulo de calcissilicática (norte de Martins-RN). Afloramento VC-51.



Foto 3.13 - Mármore impuro da Formação Jucurutu com acamamento So evidenciado pelos níveis mais impuros/argilosos (norte de Martins-RN). Afloramento VC-49.

Apesar de também existir termos migmatíticos na porção nordeste da folha, tal área é considerada como apresentando feições típicas desta formação. Na porção sul, esta unidade geralmente é reconhecida através de protólitos de termos migmatíticos e relíquias preservadas em rochas miloníticas do lineamento Patos.

Conforme já admitido por vários trabalhos anteriores (ver detalhes em Jardim de Sá, 1994), o conteúdo litológico desta formação indica tratar-se de uma associação tipo quartzito-pelito-carbonato (QPC), depositada em ambiente marinho raso de margem passiva.

Determinações U-Pb SHRIMP (zircão) em litotipos desta unidade das regiões de Jucurutu-RN e Fazenda Lapa-PB (ambas situadas à leste-nordeste da Folha Sousa), foram obtidas por Van Schmus *et al.* (2003), permitindo aqueles autores admitir uma idade neoproterozóica (ediacarana) para estas supracrustais.

Formação Equador (NP3se)

A Formação Equador aflora na porção sul da Folha Sousa, formando cristas de serras com direção aproximadamente leste-oeste (foto 3.14), onde foram observados quartzitos e muscovita quartzitos de granulação média, apresentando coloração esbranquiçada a creme.



Foto 3.14 - Vista panorâmica da serra do Boqueirão (porção sul da Folha Sousa), ressaltada pelas cristas de quartzito da Formação Equador.

Tais litotipos representam uma sedimentação clástica em ambiente marinho raso, conforme já admitido em vários trabalhos prévios.

Formação Seridó (NP3ss)

A Formação Seridó aflora na porção sul da Folha Sousa, numa faixa de direção aproximadamente leste-oeste. Neste local os micaxistos granadíferos característicos da unidade são restritos, sendo comum a presença de termos bastante migmatizados e/ou milonitizados. Neste contexto sua caracterização foi definida principalmente através da identificação de protólitos.

Idades U-Pb SHRIMP em vários zircões desta unidade, obtidas em metarenitos e xistos das regiões de Pedra Preta (RN) e Barra de Santa Rosa-PB (ambas regiões a leste-nordeste da Folha Sousa), foram determinadas por Van Schmus *et al.* (2003), o que permitiu aqueles autores atribuir uma idade neoproterozóica (ediacarana) para a formação.

Nas regiões típicas, os litotipos desta unidade (região do Seridó, no Estado do Rio Grande do Norte) são caracterizados como metaturbiditos flyschóides (Jardim de Sá, 1994).

3.1.2.5 Formação Lavras da Mangabeira (NP3Im)

O primeiro mapeamento geológico sistemático na região de Lavras da Mangabeira deve-se a Prado *et al.* (1980) os quais individualizaram as principais unidades aqui cartografadas, inclusive parte do Complexo Granjeiro (item 3.1.2.1). Posteriormente Santos *et al.* (1984) atribuíram a categoria de Complexo, enquanto que Caby *et al.* (1995) utilizaram a designação de Formação Lavras da Mangabeira.

Aflora na porção sudoeste da Folha Sousa, sendo constituída da base para o topo de metaconglomerados, quartzitos, biotita xistos (por vezes granadíferos) e sericita-clorita xistos ou filitos, repousando sobre litotipos do Complexo Granjeiro.

Os metaconglomerados (unidade inferior) são polimodais, constituídos por seixos de quartzo (predominantemente), gnaisses e pegmatitos, que atingem 20 cm de comprimento. Apresentam coloração esbranquiçada e matriz de granulação média, composta essencialmente por quartzo e pequenas palhetas de muscovita (foto 3.15).

Posicionados sobre os metaconglomerados são observados muscovita quartzitos impuros/feldspáticos (ca. 20% a 40% de feldspato e 1% a 15% de muscovita), de coloração esbranquiçada e granulação fina ou média (foto 3.16).



Foto 3.15 - Metaconglomerado polimodal da Formação Lavras da Mangabeira (norte de Lavras da Mangabeira-CE). Afloramento VC-494.



Foto 3.16 - Muscovita quartzito da Formação Lavras da Mangabeira (norte de Lavras da Mangabeira-CE), posicionado sobre os metaconglomerados daquela região (foto 3.15). Afloramento VC-495.

Sobrepondo as seqüências supracitadas, são observados termos pelíticos constituídos por biotita xistos lepidoblásticos de granulação média (biotita atinge 50% da moda da rocha e por

vezes apresentam cristais milimétricos de granada que podem atingir 5% da rocha), os quais representam os litotipos predominantes desta formação (foto 3.17).



Foto 3.17 - Granada-biotita xisto da Formação Lavras da Mangabeira, aflorando a nordeste de Lavras da Mangabeira (CE). Afloramento VC-486.

Ainda nesta formação foram encontrados filitos e/ou sericita-clorita xistos lepidoblásticos de granulação fina e coloração cinza esverdeada, considerados como representantes da unidade superior da Formação Lavras da Mangabeira, tendo em vista não ter sido observada nenhuma discordância ou inversão estratigráfica entre as unidades adjacentes.

Os dados geocronológicos desta formação estão restritos a uma idade U-Pb SHRIMP de 552 ± 33 Ma (Silva *et al.*, 1997) obtida em zircões de um metarenito quartzo-feldspático situado à oeste de Lavras da Mangabeira (CE), provavelmente representante da porção superior desta formação.

Considerando que os litotipos desta unidade e os do Grupo Seridó estejam posicionados em um mesmo compartimento tectono-estratigráfico (domínio Rio Piranhas-Seridó), conforme assumido no presente trabalho, pode ser admitida uma correlação entre estas duas unidades. Neste caso os termos pelíticos da Formação Lavras da Mangabeira seriam correlacionados com a Formação Seridó e os sedimentos termos psamíticos e psefíticos com a Formação Equador.

3.1.3 Domínio da Zona Transversal

O Domínio da Zona Transversal constitui um grande segmento tectônico a sul da Folha Sousa, delimitado pelos lineamentos Patos e Pernambuco. Na região do presente projeto aflora apenas uma pequena área na porção sudoeste, conforme ressaltado na figura 3.4.

3.1.3.1 Grupo Cachoeirinha-Formação Santana dos Garrotes (NP3st)

Posicionada em uma pequena área do extremo sudoeste da Folha Sousa, a Formação Santana dos Garrotes (Bittar, 1998 e Medeiros, 2004) faz parte da porção inferior do Grupo Cachoeirinha, conforme já admitido por Silva Filho (1984) e Silva Filho *et al.* (1985).

Esta formação encontra-se representada por biotita xistos de granulação fina, geralmente laminados e de coloração cinza. Por vezes também são observados níveis ou camadas de metarenitos granobásticos finos de cor cinza claro. Representam uma seqüência de metarritmitos e metapsamitos, incluindo metagrauvascas de baixo grau metamórfico, considerados como metaturbiditos distais.

A partir das determinações U-Pb em zircão efetuadas por Kozuch (2003) e Medeiros (2004) em metavulcânicas desta unidade (posicionadas a sul da Folha Sousa) foi confirmada a idade Ediacarana para esta formação e sua relação com o ciclo brasileiro.

3.1.4 Magmatismo Ediacarano

No contexto da Folha Sousa o magmatismo Ediacarano (Brasiliano) é representado por vários corpos com dimensões e formas variadas (diques, *stocks* e batólitos), constituídos por diversos tipos de granitóides (figura 3.5).

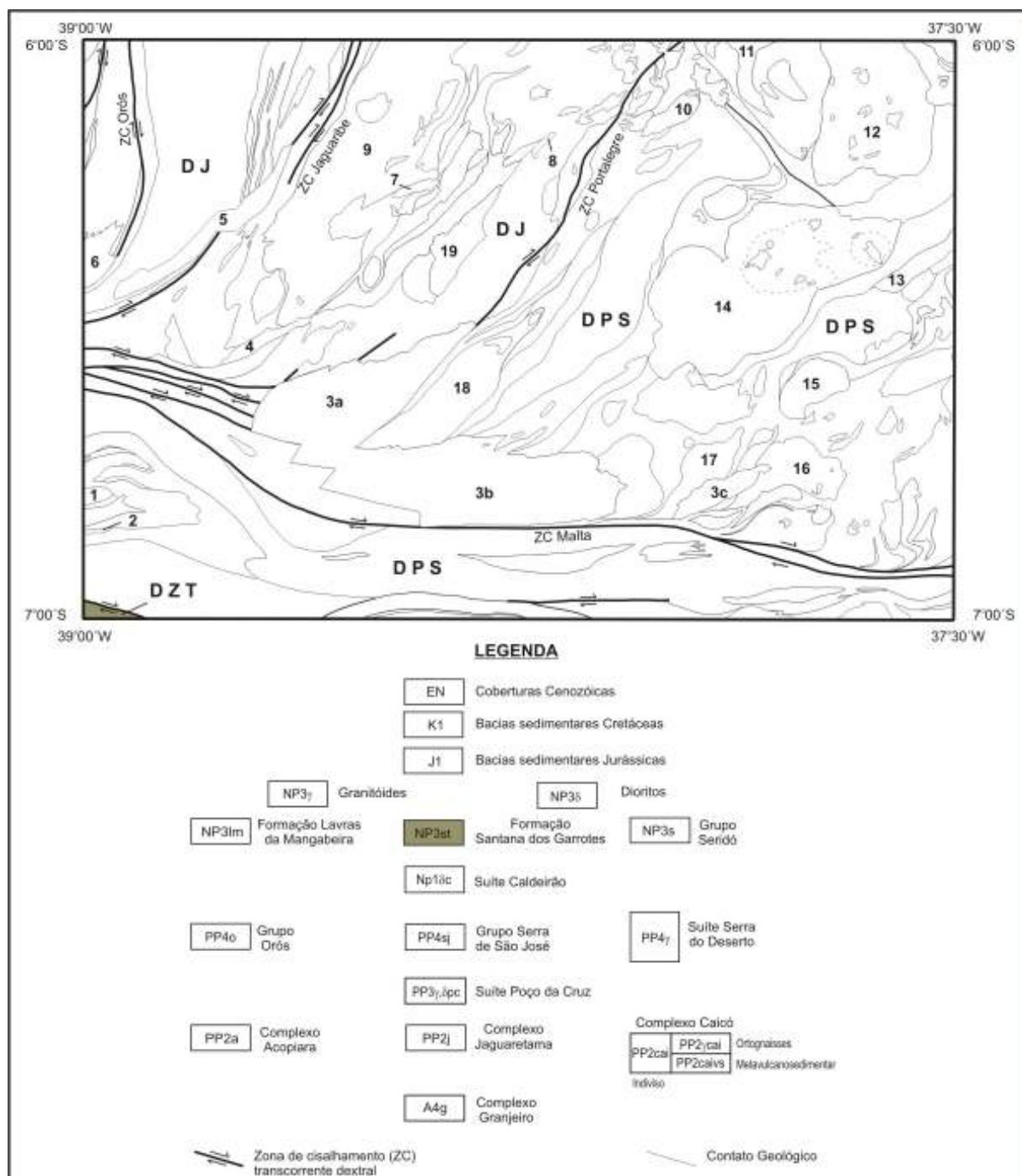


Figura 3.4 - Mapa geológico simplificado do Domínio da Zona Transversal no contexto da Folha Sousa. Bacias sedimentares: 1-Riacho São Lourenço, 2-Iborepi, 3-Rio do Peixe (3a-Sub-bacia Brejo das Freiras, 3b-Sub-bacia Sousa, 3c-Sub-bacia Pombal), 4-Icozinho, 5-Icó, 6-Malhada Vermelha, 7-Coronel João Pessoa, 8-Rafael Fernandes. Granitóides Ediacaranos: 9-Pereiro, 10-Serrinha dos Pintos, 11-Umarizal, 12-Tourão-Caraúbas, 13-Brejo do Cruz, 14-Catolé do Rocha, 15-Serra do Moleque, 16-Pombal, 17-Pedregulho, 18-Serra Branca, 19-São Miguel. DPS-Domínio Rio Piranhas-Seridó, DJ-Domínio Jaguaribeano, DZT-Domínio da Zona Transversal.

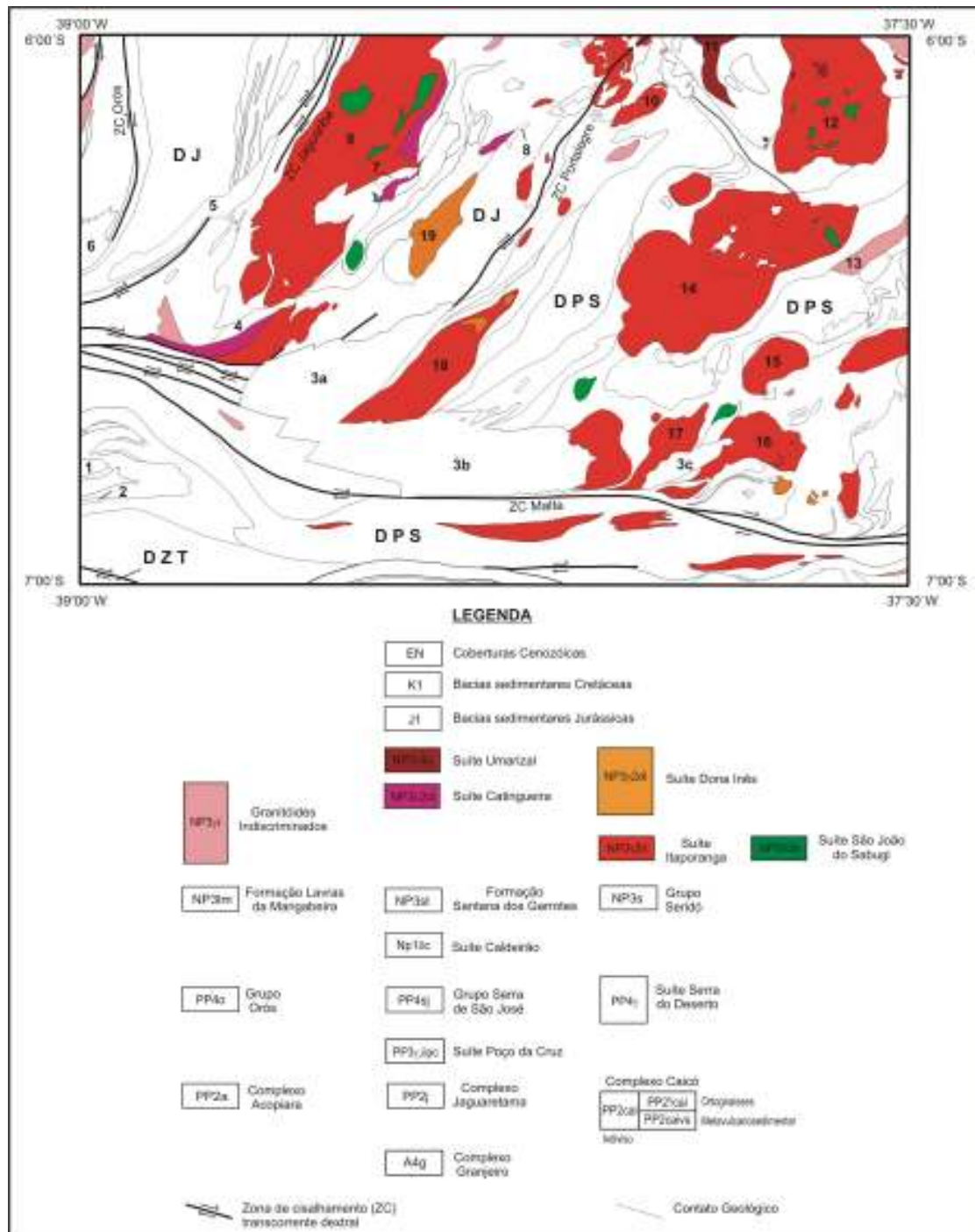


Figura 3.5 - Mapa geológico simplificado do magmatismo ediacarano no contexto da Folha Sousa. Bacias sedimentares: 1-Riacho São Lourenço, 2-Iborepi, 3-Rio do Peixe (3a-Sub-bacia Brejo das Freiras, 3b-Sub-bacia Sousa, 3c-Sub-bacia Pombal), 4-Icozinho, 5-Icó, 6-Malhada Vermelha, 7-Coronel João Pessoa, 8-Rafael Fernandes. Granitóides ediacaranos: 9-Pereiro, 10-Serrinha dos Pintos, 11-Umarizal, 12-Tourão-Caraúbas, 13-Brejo do Cruz, 14-Catolé do Rocha, 15-Serra do Moleque, 16-Pombal, 17-Pedregulho, 18-Serra Branca, 19-São Miguel. DPS-Domínio Rio Piranhas-Seridó, DJ-Domínio Jaguaribeano, DZT-Domínio da Zona Transversal.

Na bibliografia são observados alguns estudos relativos aos granitóides da região do presente projeto e de áreas adjacentes. Podem ser ressaltados os trabalhos de Galindo (1982), Gonzalez (1984), Jardim de Sá *et al.* (1986), Sial (1986), McMurry *et al.* (1987a, b, c), Galindo (1993), Galindo *et al.* (1995), Jardim de Sá (1994), Ferreira *et al.* (1998), Nascimento *et al.* (2000) e Magini (2001).

A nomenclatura utilizada para as suítes brasileiras cartografadas no presente trabalho segue a padronização efetuada pela Comissão de Nomenclatura Estratigráfica (CNE) da CPRM e aplicada por Angelim *et al.* (2004). Com este enfoque foram cartografados litotipos das suítes intrusivas São João do Sabugi, Itaporanga, Dona Inês, Catingueira e Umarizal, além de granitóides diversos (figura 3.5).

3.1.4.1 Suíte Intrusiva São João do Sabugi (NP382s)

Esta suíte é constituída por dioritos, gabros, gabronoritos, quartzo dioritos e mais raramente quartzo-monzonitos, possuindo coloração cinza escura/preta a verde escura.

Os dioritos e quartzo dioritos apresentam granulação fina à média (foto 3.18) e possuem como minerais máficos principais biotita (10% a 25%), anfibólio (10% a 25%) e mais raramente piroxênios (podendo atingir 35% da rocha). Comumente estão associados aos granitóides da Suíte Intrusiva Itaporanga (descrita no item a seguir), onde podem ser constatadas evidências de processos de misturas (coexistência) de magmas, através da presença de termos híbridos e a captura de cristais porfiríticos (feldspatos) dos granitóides da Suíte Itaporanga.



Foto 3.18 - Dioritos da Suíte São João do Sabugi, aflorando a leste de Patu (RN). Afloramento VC-64.

Os gabros e gabronoritos (incluindo também dioritos) são constituídos por biotita (2% a 20%), plagioclásio (15 a 35%), anfibólio (15% a 45%) e clinopiroxênio (20% a 25%), entretanto no corpo situado a sul da localidade de São Francisco (PB) também se observa cerca de 35 % de olivina na rocha. Possuem granulação média a fina, coloração verde escura e geralmente ocorrem como corpos intrusivos em litotipos pré-brasilianos.

Fazendo uma integração envolvendo os dados geoquímicos até então disponíveis dos principais litotipos desta suíte (corpos de São João do Sabugi, Quixaba, São José de Espinharas, Totoró e Cardoso, todos a leste-nordeste da Folha Sousa), Nascimento *et al.* (2000) a classifica como do tipo metaluminosa shoshonítica (ver capítulo 4).

3.1.4.2 Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3 γ 2it)

Os corpos/litotipos atribuídos como pertencentes a esta suíte são granitos, granodioritos e quartzo monzonitos porfíricos (fenocristais de feldspato atingindo 2 cm a 5 cm de comprimento) essencialmente leucocráticos (fotos 3.19 e 3.20). Mais raramente são observados termos com textura granoblástica grossa.



Foto 3.19 - Anfibólio-biotita sienogranito pórfiro da região de Pedregulho (Pombal-PB). Afloramento VC-679.



Foto 3.20 - Granito pórfiro de Pombal (PB) com autólitos máficos dioríticos, ambos cortados por diques de leucogranitos. Afloramento VC-100.

Conforme ressaltado no item anterior, não é rara a presença de dioritos/quartzo dioritos em corpos desta suíte, através de processos de coexistência de magmas (foto 3.20).

É comum observar, em escala de afloramento, que os litotipos desta suíte são cortados por diques de granitos finos leucocráticos, estes últimos aqui considerados como integrantes da Suíte Intrusiva Dona Inês (descrita adiante). Tal fato permite atribuir uma idade mais antiga da suíte Itaporanga com relação à suíte Dona Inês.

Com exceção do corpo de Pedregulho (oeste de Pombal-PB), onde os pórfiros de feldspato geralmente atingem 4 cm a 5 cm de comprimento (foto 3.19) e estão emersos numa matriz mesocrática de granulação média a grossa (tendo como minerais máficos predominantes biotita e mais raramente anfibólio), os demais corpos (como Pombal, Alexandria, Catolé do Rocha, Patu, Pereiro e Serrinha dos Pintos) apresentam uma matriz leucocrática e os fenocristais de feldspato geralmente não ultrapassam 3 cm de comprimento (foto 3.20).

No batólito de Catolé do Rocha (PB) foi possível reconhecer três fácies principais, sendo a fácies externa (tipo Alexandria-RN) formada por anfibólio-biotita sienogranitos e monzogranitos porfiríticos (fenocristais de feldspato apresentando seções com até 3 cm x 1,5 cm) leucocráticos cinza claro e matriz de granulação média, geralmente apresentando termos dioríticos da Suíte São João do Sabugi.

Uma segunda fácies (interna, tipo Brejo dos Santos-PB) é constituída por biotita-anfibólio sienogranitos a quartzo sienitos esbranquiçados a cinza claro, com textura grossa a/ou porfiríticos (fenocristais de feldspato podem atingir 2 cm de comprimento) com matriz grossa.

A terceira fácies aflora de forma concêntrica na região do sítio Maniçoba (Catolé do Rocha-PB), sendo constituída por um granito grosso leucocrático/holocrástico, geralmente com menos de 8 % de minerais máficos (essencialmente biotita), possuindo coloração rosa a esbranquiçada. Corpos de composição quartzo-diorítica e diorítica, apresentando granulação fina a média, além de gabros com textura média a grossa (com biotita, anfibólio e diopsídio-hedenbergita) estão presentes nesta fácies, os quais foram aqui considerados como pertencentes à suíte São João do Sabugi.

Determinações litogeoquímicas nestas três fácies do batólito de Catolé do Rocha, bem como nos termos dioríticos ali presentes (ver capítulo 4) confirmaram os vários trabalhos da bibliografia que definem esta suíte como do tipo calcialcalina de alto potássio.

Na região deste projeto e adjacências, as determinações geocronológicas (U-Pb em zircão) foram obtidas por Trindade *et al.* (1999) no granitóide de Caraúbas-RN (574 ± 10 Ma) e no de Tourão-RN (580 ± 4 Ma), onde parte deste último aflora na porção nordeste da Folha Sousa (englobando a cidade de Patu-RN). Estas idades são corroboradas com as datações obtidas pelo

mesmo método por Galindo *et al.* (2005) a oeste da Folha Sousa, quando obtiveram as idades de 573 ± 7 Ma para o granito de Monte das Gameleiras (RN/PB) e 576 ± 3 Ma para o granito de Serrinha (RN).

Uma idade semelhante às supracitadas foi obtida no presente trabalho através de uma datação U-Pb em zircão de 571 Ma realizada na fácies Brejo dos Santos do Batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (ver capítulo 5).

3.1.4.3 Suíte Intrusiva Dona Inês (NP3γ2di)

Os representantes principais na área estudada são os corpos de Capuxu (PB) e o batólito de Luiz Gomes (RN).

Os corpos de Capuxu (Pombal-PB) são constituídos por biotita monzogranitos finos a médios, leucocráticos (por vezes holocráticos) cinza claro (raramente microporfirítico), com algumas fácies contendo granada e/ou muscovita (foto 3.21).

Também ocorrem na forma de diques (geralmente com ângulo de mergulho intermediário) de composição sienogranítica, intrusivos nas suítes Itaporanga (foto 3.22), São João do Sabugi e suas encaixantes, sendo considerados como termos tardios do magmatismo brasileiro. Estes diques são bastante comuns na região de Arruda Câmara (noroeste de Condado-PB) e a norte-nordeste de Pombal-PB.



Foto 3.21 - Leucogranito fino a médio da Suíte Dona Inês, na região de Capuxu (Pombal-PB). Afloramento VC-589.



Foto 3.22 - Diques de leucogranito fino da Suíte Dona Inês, cortando granitos porfiríticos da Suíte Itaporanga, a nordeste de Pombal (PB). Afloramento VC-100.

Os dados de campo e litogeoquímicos (ver capítulo 4) permitem correlacionar estes litotipos com a suíte K-calcioalcalina equigranular descrita por Nascimento *et al.* (2000).

Uma idade (U-Pb em zircão) de 541 Ma foi obtida no presente trabalho no monzogranito de Capuxu (ver capítulo 5). Estudos geocronológicos desta suíte referidos na literatura são restritos apenas em região fora da Folha Sousa, tal como a idade de 544 ± 16 Ma (Rb-Sr) do Plúton de Dona Inês (PB), obtida por McMurry *et al.* (1987c).

3.1.4.4 Suíte Intrusiva Catingueira (NP3λ2ct)

Esta suíte engloba granitos, sienogranitos a quartzo sienitos com biotita, piroxênio e/ou anfibólio, apresentando granulação fina à média.

Na Folha Sousa a área característica desta unidade corresponde à região entre Encanto e São Miguel (RN), onde afloram corpos de um anfibólio granito (por vezes foliado) de coloração rosada e granulação fina a média.

Segundo Nascimento *et al.* (2000) os dados obtidos nos corpos de Caxexa, Japi, Serra do Algodão e Serra do Boqueirão (a leste da Folha Sousa), indicam que os mesmos representam uma suíte alcalina.

Datação geocronológica (U-Pb) desta suíte é restrita ao corpo de Catingueira (PB), situado no domínio da zona Transversal, onde Brito Neves *et al.* (2003) obtiveram uma idade de 573 ± 45 Ma.

3.1.4.5 Suíte Intrusiva Umarizal (NP3γ4u)

Parte do batólito de Umarizal e outros corpos satélites menores afloram na porção norte-nordeste da Folha Sousa. São formados por sienogranitos a quartzo-sienitos contendo fayalita ou ferro-hiperstênio e magnetita (conforme determinações de Galindo, 1993), apresentando coloração amarronzada e granulação grossa (foto 3.23). É comum apresentarem xenólitos das encaixantes.



Foto 3.23 - Anfibólio-biotita quartzo sienito da Suíte Umarizal (sul de Almino Afonso-RN). Afloramento VC-110.

Estudos realizados por Galindo (1993), Galindo *et al.* (1995) e McReath *et al.* (2002) caracterizaram esta suíte como alcalina charnoquítica de ambiente pós-colisional.

A idade Rb-Sr obtida por Galindo *et al.* (1995) de 545 ± 7 Ma (MSWD = 0,5) para o granitóide de Umarizal é condizente com as relações de campo (rochas com ausência da fábrica tectônica brasiliana, intrusivas na Suíte Itaporanga e não afetadas/cortadas pelos diques da Suíte Dona Inês). Entretanto, na datação U-Pb em zircão efetuada por McReath *et al.* (2002) a idade obtida foi de 593 ± 5 Ma.

3.1.4.6 Granitóides Diversos (NP3γi)

Nesta unidade foram englobados diversos tipos de granitóides, onde não foi possível realizar estudos que permitissem uma caracterização dos mesmos.

3.2 MAGMATISMO CAMBRIANO

3.2.1 Diques de Pegmatito (ε12p)

Fazem parte dos inúmeros diques de pegmatito existentes na região do Seridó. Na Folha Sousa os mesmos são mais expressivos na região de Tenente Ananias (RN), onde existem vários garimpos que exploram gemas (principalmente água marinha) nestes corpos. Ao contrário de outras regiões da faixa Seridó, os pegmatitos da Folha Sousa não apresentam relevo positivo.

São constituídos essencialmente por K-feldspato, plagioclásio, quartzo e muscovita, e mais raramente biotita. Estudos realizados por Silva (1993) caracterizaram geoquimicamente os principais pegmatitos da faixa Seridó. Tal autor ressalta a existência de anomalias de Ta-Nb, Be e Li nestas rochas.

Os pegmatitos correspondem aos últimos estágios do magmatismo Brasileiro, formando corpos alongados que truncam as unidades precambrianas da região. Podem ser encontrados tanto pegmatitos do tipo homogêneo como do tipo heterogêneo. A maioria dos garimpos/mineralizações está inserida neste último tipo.

Duas datações U-Pb em monazita foram obtidas por Baungartner *et al.* (2006) nestes litotipos. Os valores de $514,9 \pm 1,1$ Ma e $509,5 \pm 2,3$ Ma indicam tratar-se de um magmatismo do cambriano inferior a médio.

3.3 BACIAS SEDIMENTARES E MAGMATISMO JURO-CRETÁCEO

Na região estudada ocorrem várias bacias sedimentares fanerozóicas (interioranas), tais como a Bacia Riacho São Lourenço, Rio do Peixe, Lima Campos, Icó, Icozinho, Coronel João Pessoa e Rafael Fernandes (figura 3.6 e quadro 3.2). Na primeira afloram litotipos jurássicos, enquanto que nas demais observam-se rochas sedimentares cretáceas. Também são observados diques do magmatismo basáltico Rio Ceará Mirim, estes do Cretáceo Superior.

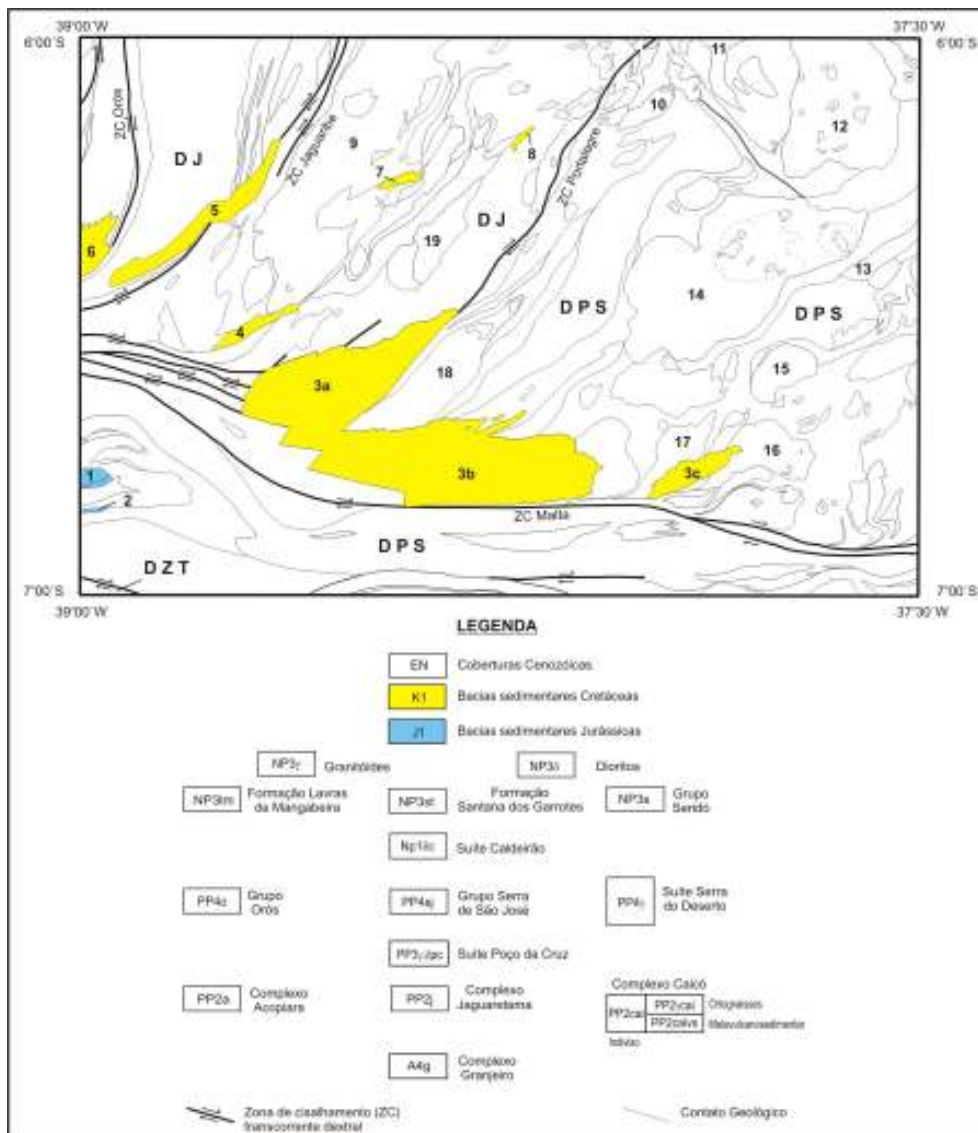


Figura 3.6 - Mapa geológico simplificado das bacias sedimentares Juro-Cretáceas no contexto da Folha Sousa. Bacias sedimentares: 1-Riacho São Lourenço, 2-Iborepi, 3-Rio do Peixe (3a-Sub-bacia Brejo das Freiras, 3b-Sub-bacia Sousa, 3c-Sub-bacia Pombal), 4-Icozinho, 5-Icó, 6-Malhada Vermelha, 7-Coronel João Pessoa, 8-Rafael Fernandes. Granitóides Ediacaranos: 9-Pereiro, 10-Serrinha dos Pintos, 11-Umarizal, 12-Tourão-Caraúbas, 13-Brejo do Cruz, 14-Catolé do Rocha, 15-Serra do Moleque, 16-Pombal, 17-Pedregulho, 18-Serra Branca, 19-São Miguel. DPS-Domínio Rio Piranhas-Seridó, DJ-Domínio Jaguaribeano, DZT-Domínio da Zona Transversal.

Quadro 3.2 - Relações tectono-estratigráficas das bacias sedimentares e magmatismo Juro-cretáceo da Folha Sousa.

ERA	PERÍODO	IDADE (Ma)	BACIA RIO DO PEIXE	BACIA LIMA CAMPOS	BACIA ICÓ	BACIAS DE ICOZINHO, CEL. JOÃO PESSOA E RAFAEL FERNANDES	BACIA RIACHO SÃO LOURENÇO	BACIA IBOREPI	SUITE MAGMÁTICA
MESOZOICO	Cretáceo	65,5	K1rp Fm. Rio Piranhas	K1lc Fm. Lima Campos					
			K1s2 Fm. Sousa	K1mv Fm. Malhada Vermelha					
			K1an Fm. Antenor Navarro	K1ic Fm. Icó	K1ic Fm. Icó	K1an Fm. Antenor Navarro			Rio Ceará-Mirim K1jcm
		145,5							
	Jurássico	175,6					Fm. Sincle do Limoeiro e unidade Umarizinho	Fm. Iborepi	
		199,6					J1sl J1su	J1ib	

3.3.1 Bacia Riacho São Lourenço

Parte da Bacia Riacho São Lourenço (aqui também englobando a Bacia Iborepi) aflora na região sudoeste da Folha Sousa (com cerca de 56 km² de área aflorante), conforme ressaltado na figura 3.7.

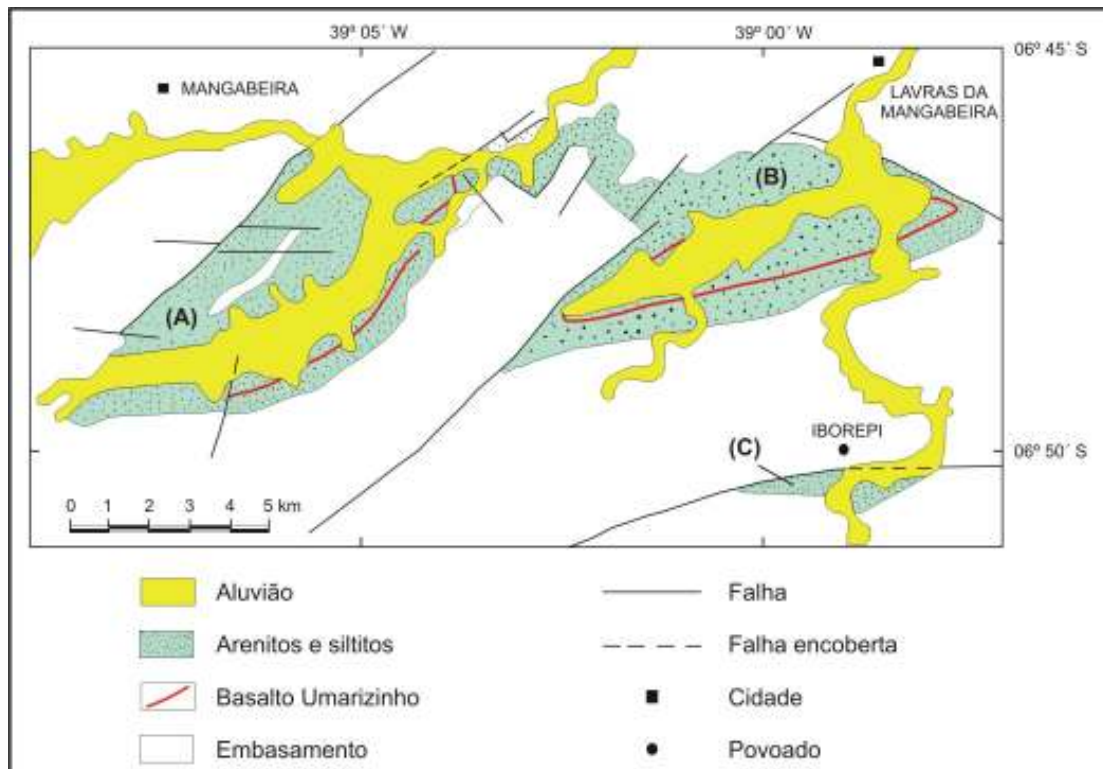


Figura 3.7 - Localização das bacias de Mangabeira (A), Riacho São Lourenço (B) e Iborepi (C). Modificado de Priem *et al.* (1978).

Vários trabalhos prévios utilizaram a designação de Lavras da Mangabeira para esta bacia, entretanto tal termo também era utilizado para supracrustais neoproterozóicas daquela região. Por este motivo optou-se pela designação de Bacia Riacho São Lourenço para esta unidade, de acordo com Cavalcante *et al.* (2003).

Os litotipos desta bacia cartografados na Folha Sousa correspondem ao Grupo Riacho São Lourenço de Cavalcante *et al.* (2003) e estão agrupados nas formações Iborepi e Serrote do Limoeiro, ambas de natureza sedimentar, além de uma unidade basáltica intercalada (basalto Umarizinho).

No presente trabalho, a Formação Iborepi foi individualizada em torno da cidade homônima. Já na região da Bacia Riacho São Lourenço propriamente dita, a seqüência sedimentar está cartografada como Grupo São Lourenço indiscriminado (formações Iborepi e Serrote do Limoeiro), embora haja uma predominância dos litotipos da Formação Serrote do Limoeiro.

3.3.1.1 Formação Iborepi (Jibi)

É constituída predominantemente por arenitos grossos (por vezes conglomeráticos) mal selecionados, de coloração branca a branca amarelada. Localmente apresentam pavimentos de seixos, constituídos essencialmente por quartzo com tamanho variando de 0,5 cm a 3,0 cm. São comuns estratificações cruzadas acanaladas e tabulares.

Não foram observados registros paleontológicos nesta unidade, em consonância com as considerações de provável unidade estéril admitida por Ponte (1994).

Carvalho (1993) relaciona a origem dessa unidade a um sistema de leques aluviais associados a um sistema fluvial entrelaçado.

3.3.1.2 Formação Serrote do Limoeiro (J1sl)

Esta unidade foi caracterizada por um predomínio de arenitos finos a sílticos (geralmente caulínicos) de coloração variegada (fracamente diagenéticos), possuindo intercalações de siltitos, folhelhos amarronzados e, mais raramente, níveis carbonáticos. Localmente ocorrem níveis mais grossos com concreções ferruginosas. É comum a presença de estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte.

Carvalho (1993) considerou estes sedimentos como sendo oriundos de um sistema fluvial meandrante associado à planície de inundação, com contribuição lacustre rasa.

Segundo Carvalho (1993) a malacofauna desta bacia ocorre associada a fragmentos de vegetais, ostracóides e clastos de vertebrados com ossos e escamas de peixe. O conteúdo fossilífero referido por Ponte (1994) consiste de conchostráceos e icnofósseis na forma de tubos em escavações verticais.

Não existe uma datação direta para as rochas desta formação, entretanto uma idade do Jurássico Inferior é atribuída, considerando datações radiométricas obtidas em uma unidade basáltica intercalada (basalto Umarzinho-J1βu), descrita a seguir.

3.3.1.3 Basalto Umarzinho (J1βu)

Corresponde a um basalto microporfirítico (cristais maiores apresentando 2 mm a 3 mm de comprimento) de coloração verde escura, composto essencialmente por plagioclásio e piroxênio. Texturas subofíticas, desvitrificação e amígdalas podem ser observadas em caráter microscópico. Aflorando sob a forma de blocos na região mapeada, não foi possível caracterizar sua forma/geometria de posicionamento (dique ou camada/soleira) na Formação Serrote do Limoeiro, entretanto na literatura são considerados como de forma/geometria estratóide por Priem *et al.* (1978), De Min *et al.* (2003) e por Cavalcante *et al.* (2003).

Priem *et al.* (1978) utilizando o método K-Ar em seis amostras desta unidade, obtiveram uma idade de 175 ± 4 Ma. Posteriormente De Min *et al.* (2003), a partir do método Ar/Ar em plagioclásio, determinaram uma idade do início do Jurássico Inferior ($198,4 \pm 1,4$ Ma) para estas rochas, correlacionando-as com os basaltos da Formação Mosquito (Bacia Parnaíba), dentre outros.

Os dados litogeoquímicos obtidos por De Min *et al.* (2003), levaram aqueles autores a classificar estas rochas como basaltos toleíticos com baixo titânio, semelhantes aos da Formação Mosquito (Bacia Parnaíba).

3.3.2 Basalto Rio Ceará-Mirim (K1βcm)

Ocorre na forma de diques com direção aproximadamente nordeste-sudoeste, intrudidos em litotipos do Complexo Jaguaretama, na porção noroeste da Folha Sousa.

São constituídos por basaltos e diabásios (com plagioclásio, biotita, anfibólio e por vezes piroxênio como constituintes principais) de coloração cinza escura a preta (foto 3.24).



Foto 3.24 - Bloco de diabásio da unidade Rio Ceará-Mirim, que aflora na forma de diques a oeste de Aquinópolis (CE). Afloramento VC-734.

O magmatismo Rio Ceará-Mirim é comum a norte e nordeste da Folha Sousa (no Estado do Rio Grande do Norte), onde forma enxames de diques com direção aproximadamente leste-oeste, descritos por Sial (1974, 1975 e 1976) e Oliveira (1992), dentre outros.

Em litotipos daquela região (diabásios toleíticos e secundariamente alcalinos), Araújo *et al.* (2001) obtiveram idades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ em plagioclásios de $127 \pm 1,3$ Ma (João Câmara-RN), 143 ± 4 Ma (Assu-RN), $111 \pm 1,3$ Ma (Lages-RN) e 113 ± 4 Ma (Florânia-RN).

3.3.3 Bacia Rio do Peixe

A Bacia Rio do Peixe está situada na porção centro-sul da Folha Sousa (figura 3.6), compreendendo três sub-bacias sedimentares (Brejo das Freiras, Sousa e Pombal), separadas por altos do embasamento e perfazendo uma área total de 1250 km^2 . A maior delas é a Sub-bacia

Sousa com cerca de 675 km², seguida pela de Brejo das Freiras, com 500 km² e Pombal com aproximadamente 75 km². Os litotipos desta bacia são representantes do Grupo Rio do Peixe.

Algumas bordas destas sub-bacias estão situadas ao longo de mega-estruturas brasileiras, como as zonas de cisalhamento de Portalegre e de Malta, indicando uma reativação destas estruturas em regime tectônico frágil no Fanerozóico, permitindo/favorecendo a implantação destas bacias.

3.3.3.1 Grupo Rio do Peixe

O Grupo Rio do Peixe (Cretáceo Inferior) é constituído pelas formações Antenor Navarro (inferior), Sousa (intermediária) e Rio Piranhas (superior) designadas por Costa (1964), compostas predominantemente por sedimentos terrígenos continentais de origem flúvio-lacustres, corroborando com a proposta de Mabesoone & Campanha (1973/1974).

Segundo Françolin (1992) esse pacote sedimentar pode alcançar espessuras superiores a 2000 metros na Sub-bacia Brejo das Freiras e mais de 1500 metros na Sub-bacia Sousa (figura 3.8).

De acordo com Srivastava & Carvalho (2002), o Grupo Rio do Peixe se distribui por várias outras bacias, tais como Iguatu, Malhada Vermelha, Lima Campos, Icó e Lavras da Mangabeira (esta última aqui referida como Riacho São Lourenço), além de Rafael Fernandes e Coronel João Pessoa. Entretanto, no presente trabalho, os litotipos das bacias Lima Campos/Icó e Riacho São Lourenço, não foram considerados como integrantes do Grupo Rio do Peixe (quadro 3.2).

Formação Antenor Navarro (K1an)

Esta unidade possui representação expressiva nas bacias Rio do Peixe (PB), Icozinho (CE), Coronel João Pessoa e Rafael Fernandes (RN).

É representada predominantemente por arenitos grossos a conglomeráticos (imaturos), de coloração variando de creme a avermelhados, contendo níveis de conglomerados e de arenitos médios a finos (fotos 3.25 e 3.26), estes últimos ocorrendo mais esporadicamente em direção ao topo da seqüência. São comuns estratificações cruzadas, acanaladas de médio porte e tabulares (foto 3.27).

Na Sub-bacia Brejo das Freiras a Formação Antenor Navarro, geralmente, é constituída por arenitos conglomeráticos avermelhados, com estratificação cruzada acanalada, por vezes apresentando bandas de deformação (fotos 3.28 e 3.29).

Na Sub-bacia Sousa, esta formação se caracteriza pela freqüência com que ocorre associada aos arenitos supracitados, bancos e níveis de conglomerados polimíticos, geralmente sustentados por grãos, contendo blocos e seixos subangulosos a subarredondados, principalmente em sua borda norte (foto 3.30).

Na borda sul da Sub-bacia Pombal (nas proximidades da cidade de São Domingos-PB), associado à zona de cisalhamento de Malta, ocorre um conglomerado polimítico composto por matacões e blocos atingindo até cerca de 1,5 m de diâmetro/comprimento (foto 3.31), do tipo sustentado por grãos, apresentando formas angulosas a subarredondadas.

Lima Filho (2002) e Srivastava & Carvalho (2002), relacionam a Formação Antenor Navarro a um sistema fluvial entrelaçado (*braided*), associado a leques aluviais proximais. As paleocorrentes geralmente possuem sentido para sul e/ou sudoeste.

Com base no furo stratigráfico LF-01-PB (BRASIL/DNPM, 1970), Mabeoone & Campanha (1973/1974) estimaram a espessura máxima desta formação em 1000 metros, na Sub-bacia Brejo das Freiras e de 100 metros, na localidade de Lagoa do Forno, porção sudeste da Sub-bacia Sousa.

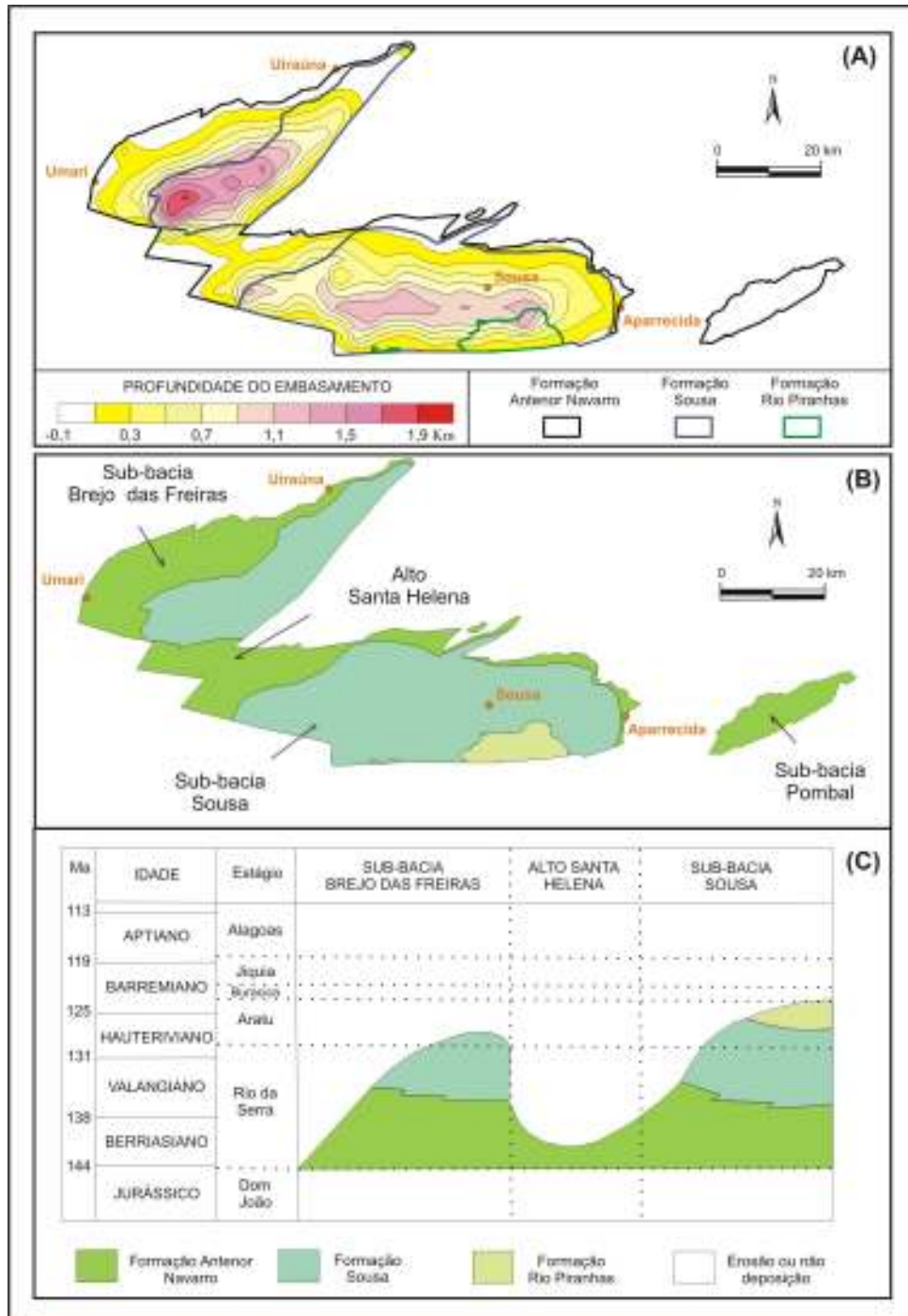


Figura 3.8 - Compartimentação e estratigrafia da Bacia Rio do Peixe. A) Profundidade do embasamento segundo Nogueira *et al.* (2004); B) Compartimentação tectônica; C) Correlação estratigráfica entre as sub-bacias segundo Françolim (1992).



Foto 3.25 - Arenito conglomerático da Formação Antenor Navarro (Sub-bacia Pombal). Afloramento DG-78.



Foto 3.26 - Níveis de conglomerado em arenitos da Formação Antenor Navarro (Sub-bacia Pombal). Afloramento DG-68.



Foto 3.27 - Estratificações cruzadas acanaladas em arenitos conglomeráticos da Formação Antenor Navarro (Sub-bacia Sousa). Afloramento DG-57.



Foto 3.28 - Bandas de deformação em arenitos conglomeráticos oxidados da Formação Antenor Navarro (Sub-bacia Brejo das Freiras). Afloramento DG-89.



Foto 3.29 - Detalhe das bandas de deformação em arenitos conglomeráticos da Formação Antenor Navarro (Sub-bacia Brejo das Freiras). Afloramento DG-89.



Foto 3.30 - Conglomerado polimítico da Formação Antenor Navarro (Sub-bacia Sousa) com blocos de litotipos do embasamento. Afloramento DG-53.



Foto 3.31 - Conglomerado polimítico da Formação Antenor Navarro (Sub-bacia Pombal), com fragmentos de rochas do embasamento, atingindo 1,5 m de diâmetro. Afloramento DG-79.

Formação Sousa (K1sz)

A Formação Sousa é a unidade de maior distribuição geográfica na Bacia do Rio do Peixe, ocupando cerca de 70% da área das sub-bacias Sousa e Pombal e 50% da Sub-bacia Brejo das Freiras.

Caracteriza-se pela predominância de siltitos e folhelhos vermelhos amarronzados, intercalados com arenitos finos (calcíferos) a grossos, além de margas e calcários.

Baseando-se no poço estratigráfico LF-01-PB (BRASIL/DNPM, 1970) e em dados gravimétricos de Nogueira *et al.* (2004), estima-se que a Formação Sousa possua uma espessura máxima de 800 metros na Sub-bacia Sousa, podendo atingir um pouco mais na Sub-bacia Brejo das Freiras, onde as profundidades do pacote sedimentar chegam a superar 1900 metros.

A partir da descrição litológica do poço LF-01-PB (figura 3.9), a Formação Sousa foi aqui dividida em duas unidades: superior e inferior. Na unidade superior predomina uma seqüência arenosa com pelitos subordinados, enquanto na inferior verifica-se uma notável inversão, com domínio de siltitos e folhelhos. A unidade superior possui maior área de expressão nas bacias de Brejo das Freiras e Pombal; a unidade inferior predomina na porção central da Sub-bacia Sousa.

Uma das principais exposições da Formação Sousa superior está localizada no Sítio Pedregulho, margem sul do Rio do Peixe (13 km à oeste de Sousa-PB), onde aflora uma seqüência de siltitos, argilitos e arenitos finos, amarronzados, apresentando estratificações plano-paralelas, marcas onduladas e gretas de contração (fotos 3.32 e 3.33). Nestes siltitos Vasconcelos (1980) ressalta a grande quantidade de ostracodes e conchostráceos.

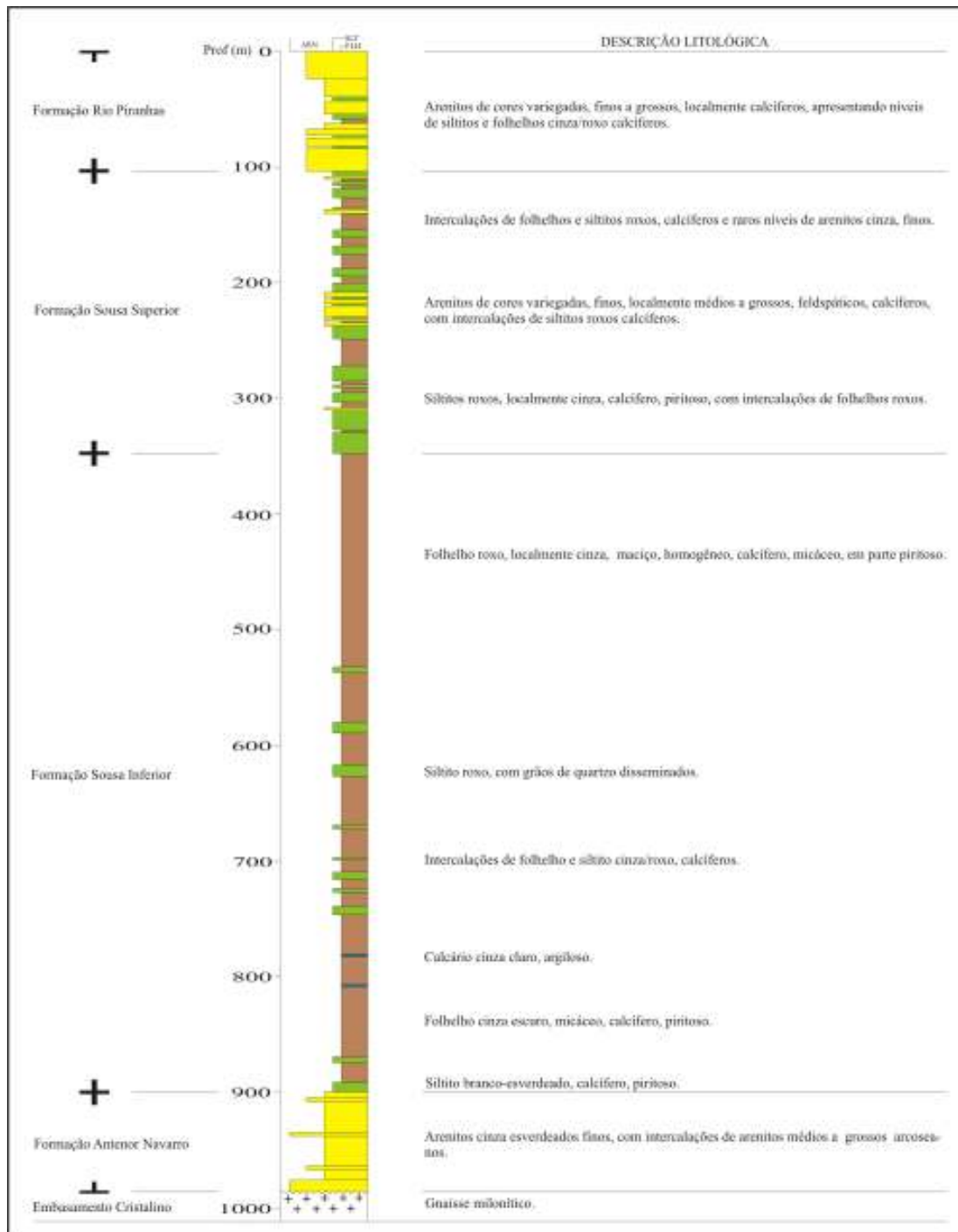


Figura 3.9 - Coluna estratigráfica do poço LF-01-PB (adaptado de BRASIL/DNPM, 1970) da Sub-bacia Sousa.



Foto 3.32 - Estratificações plano-parallelas em arenitos muito finos e siltitos da Formação Sousa superior (localidade de Pedregulho-PB, Sub-bacia Sousa). Afloramento DG-404.

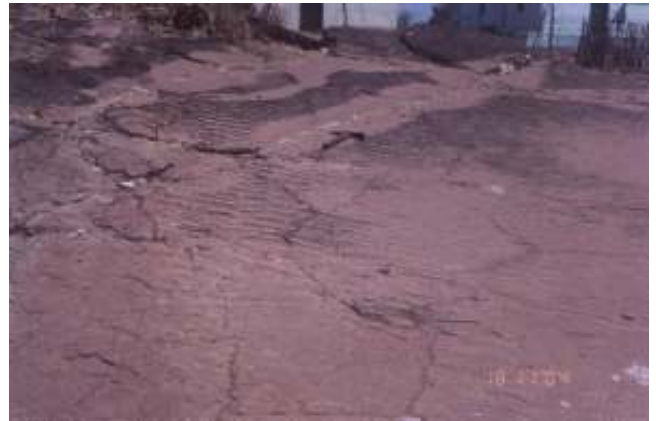


Foto 3.33 - Marcas de onda em arenitos da Formação Sousa superior (localidade de Pedregulho-PB, Sub-bacia Sousa). Afloramento DG-404.

A Formação Sousa inferior está bem representada na localidade de Passagem das Pedras (conhecida como *Vale dos Dinossauros*, 4 km a noroeste de Sousa-PB) onde dominam lamitos, argilitos e folhelhos marrom escuro, apresentando estratificações plano-parallelas, marcas de ondas e gretas de contração em abundância, além de pegadas de dinossauros (foto 3.34). Os sentidos de paleocorrentes mais expressivos naquele local são para sudeste e sudoeste.

O conteúdo fóssilífero dessa unidade estratigráfica abrange conchostráceos e ostracodes, em siltitos e argilitos, além de pegadas de dinossauros em lamitos. Segundo Braun (1969) alguns arenitos finos contêm fragmentos de ossos e dentes de peixes ou sáurios.

Lima Filho (1991) definiu para esta formação características fluviais meandranes com ocasionais inundações de sua planície, e lacustre em clima semi-árido (com alternância de estações chuvosas e secas).

Atualmente a interpretação mais aceita é que a Formação Sousa apresenta características litofaciológicas que sugerem deposição em águas calmas, em ambiente lacustre raso com influência fluvial, conceitos estes utilizados por Vasconcelos (1980) e Srivastava & Carvalho (2002).

A Formação Sousa é correlacionada à Formação Malhada Vermelha (Grupo Iguatu) da Bacia Lima Campos (Srivastava, 1990).



Foto 3.34 - Lamitos da Formação Sousa inferior com gretas de contração e pegadas de dinossauros. Localidade de Passagem de Pedras (Vale dos Dinossauros) em Sousa-PB (Sub-bacia Sousa). Afloramento DG-01.

Formação Rio Piranhas (K1rp)

Esta formação representa a unidade superior do Grupo Rio do Peixe, tendo ocorrência restrita à porção sul da Sub-bacia Sousa, aonde possui cerca de 100 metros de espessura, de acordo com o poço estratigráfico LF-01-PB (BRASIL/DNPM, 1970. figura 3.8), podendo atingir até 300 metros de espessura (Srivastava & Carvalho, 2002).

É composta predominantemente por arenitos grossos a conglomeráticos (foto 3.35), feldspáticos e líticos, mal selecionados, com coloração cinza claro a marrom avermelhado, possuindo intercalações de arenitos médios a finos e siltitos. Geralmente apresentam estratificações cruzadas acanaladas de médio porte (foto 3.36) e, mais raramente, marcas onduladas. O sentido dominante das paleocorrentes é para norte.

Segundo Srivastava & Carvalho (2002) esta formação representa uma fase de reativação dos falhamentos ao final do período de calma tectônica (depósitos da Formação Sousa), sinalizando a volta do sistema de leques aluviais e fluvial entrelaçado como resposta ao soerguimento relativo do embasamento e a deposição de sedimentos sintectônicos semelhantes aos da Formação Antenor Navarro.



Foto 3.35 - Arenito conglomerático da Formação Rio Piranhas (Sub-bacia Sousa). Afloramento DG-36.



Foto 3.36 - Vista em planta de estratificação cruzada acanalada do tipo *Costela de Adão*, na Formação Rio Piranhas (Sub-bacia Sousa). Afloramento DG-36.

3.3.3.2 - Sítios paleontológicos da Bacia Rio do Peixe

Na região das sub-bacias de Sousa e Brejo das Freiras, principalmente na primeira, são verificados vários sítios paleontológicos (21 principais), alguns deles também constituem sítios arqueológicos (gravuras em baixo relevo), conforme ressaltado na figura 3.10.

Estes locais foram alvos de estudo desde Moraes (1924) e vários trabalhos na década de 1970 a 1990 (p. ex. Leonardi, 1979 e 1987; Leonardi *et al.*, 1987). Os estudos mais recentes são apresentados por Azevedo (1993) e Leonardi (1994), que registraram/cadastraram várias destas pegadas.

Dentre os sítios paleontológicos observados na região o que mais se destaca é o de Passagem das Pedras (situado 4 km a noroeste de Sousa-PB), pela existência de um museu na área (*Vale dos Dinossauros*, fotos 3.37 e 3.38). Além da exposição de artefatos, ali são efetuados trabalhos de pesquisa, preservação e turismo.

Várias pegadas/trilhas de dinossauros (impressas em relevo negativo) são observadas em Passagem das Pedras. Elas estão assinaladas sobre sedimentos pelíticos da Formação Sousa e são atribuídas à passagem e rastros de dinossauros carnívoros e vegetarianos (fotos 3.39 e 3.40).

Segundo Leonardi (1994) as espécies de dinossauros que imprimiram as pegadas identificadas na região são do período Cretáceo, sendo esta então a idade do Grupo Rio do Peixe. Em contrapartida ao bom nível de preservação e manutenção das pegadas localizadas no sítio de Passagem das Pedras, os demais sítios paleontológicos estão sendo deteriorados principalmente por ações intempéricas.

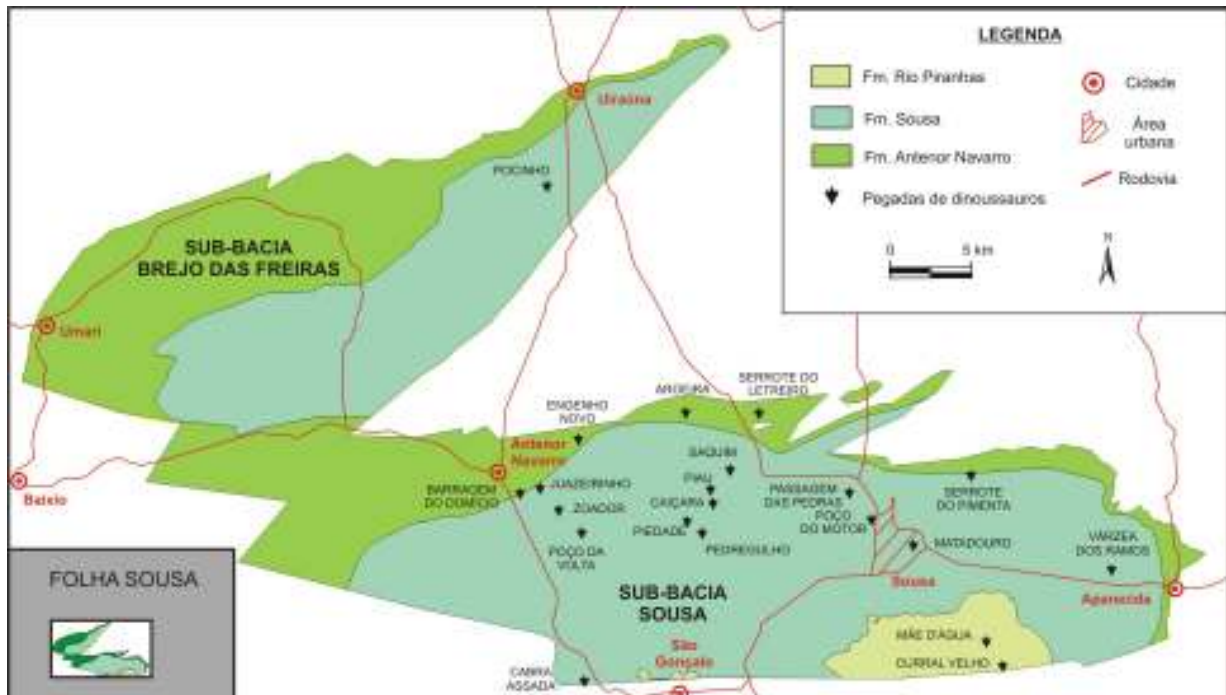


Figura 3.10 - Mapa das sub-bacias de Brejo das Freiras e Sousa, com a distribuição das pegadas/trilhas de dinossauros, cadastradas por Leonardi (1994) e Azevedo (1993).



Foto 3.37 - Entrada do Museu (Vale dos Dinossauros) em Passagem das Pedras, Sousa-PB.



Foto 3.38 - Monumento da porção interna do Museu (Vale dos Dinossauros) em Passagem das Pedras, Sousa-PB.



Foto 3.39 - Trilha/pegadas de dinossauros (Iguanodonte, segundo Leonardi, 1994) no Vale dos Dinossauros em Sousa-PB, preservadas em pelitos da Formação Sousa. Afloramento VC-434.



Foto 3.40 - Detalhe/zoom de uma das pegadas de dinossauros (Iguanodonte) preservadas no Vale dos Dinossauros em Sousa-PB. Afloramento VC-434.

Nesta abordagem podem ser citados os sítios paleontológicos de Serrote do Pimenta e Serrote do Letreiro (este último também arqueológico), onde o efeito erosão e o intemperismo (principalmente nos períodos de chuva) estão destruindo/erodindo os registros paleontológicos e arqueológicos.

O sítio de Serrote do Pimenta está localizado 5 km a nordeste de Sousa-PB (figura 3.10); ali são encontradas várias trilhas/pegadas em relevo negativo de dinossauros, sendo que parte destas pegadas estão sendo deterioradas por efeitos intempéricos (foto 3.41).

Com relação ao sítio de Serrote do Letreiro, localizado 10 km a noroeste de Sousa-PB (figura 3.10), as trilhas/pegadas de dinossauros estão impressas em alto relevo (fotos 3.42 e 3.43). Também sofrem efeitos de processos intempéricos. Neste local são encontrados registros arqueológicos, tais como gravuras em baixo relevo (fotos 3.42 e 3.44).

3.3.4 Bacia Lima Campos

A Bacia Lima Campos faz parte de um conjunto denominado de Bacias do Iguatu, formando um meio-graben alongado de direção nordeste-sudoeste na Faixa Orós (Srivastava, 1990). Possui área de aproximadamente 109 km² e 47 km² localizados na Folha Sousa (figura 3.6).

Os sedimentos desta bacia observados na área do presente projeto são siliciclásticos, representantes do Grupo Iguatu.



Foto 3.41 - Trilha/pegadas de dinossauros no sítio Serrote do Pimenta, em Sousa-PB. Na porção inferior da foto pode ser observado o efeito da erosão degradando as pegadas. Afloramento VC-432.



Foto 3.42 - Visão geral do afloramento no sítio Serrote do Letreiro, em Sousa-PB, onde são observadas trilhas/pegadas de dinossauros (Carnossauro, segundo Leonardi, 1994), em relevo positivo, e gravuras de interesse arqueológico em baixo relevo (contornos ressaltados em giz branco). Afloramento VC-433.



Foto 3.43 - Visão em detalhe de uma pegada em alto relevo de um Carnossauro apresentada na foto 3.42 (contorno ressaltado em giz branco). Afloramento VC-433.



Foto 3.44 - Vista em detalhe de um registro arqueológico (gravura em baixo relevo) do sítio Serrote do Letreiro em Sousa-PB (contorno ressaltado em giz branco). Afloramento VC-433.

3.3.4.1 Grupo Iguatu

Compreende as formações Quixoá (inferior), Malhada Vermelha (intermediária) e Lima Campos (superior) descritas por Mabesoone & Campanha (1973/1974).

A designação de Formação Icó, utilizada no presente trabalho, foi formalizada por Ponte (1991) em substituição à denominação de Formação Quixoá de Mabesoone & Campanha (1973/1974).

Estas três unidades (superior, intermediária e inferior) correspondem, respectivamente, às unidades I, II e III de Srivastava (1990).

Formação Icó (K1ic)

Ocupa a porção norte-noroeste da Bacia de Lima Campos, sendo caracterizada pela predominância de arenitos quartzosos, por vezes arcossianos, de coloração variando de creme esbranquiçado a avermelhado, grossos a conglomeráticos (de média a forte diagênese), mal selecionados, muitas vezes apresentam níveis ou, mais raramente, bancos de conglomerados polimíticos (foto 3.45). Os seixos, na sua grande maioria, são de quartzo subangulosos a subarredondados.

É comum a presença de estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a grande porte, e tabulares, indicando paleocorrentes para noroeste.



Foto 3.45 - Conglomerado da Formação Icó aflorando na Bacia Lima Campos (CE). Afloramento DG-176.

A partir das características litológicas e das estruturas sedimentares desta unidade, Srivastava (1990) atribuiu um ambiente de leque aluvial gradando para fluvial entrelaçado (*braided*), correlacionando-a com a Formação Antenor Navarro do Grupo Rio do Peixe.

Formação Malhada Vermelha (K1mv)

Esta formação ocupa a porção central da Bacia Lima Campos e está representada predominantemente por arenitos finos a médios, com coloração variando de castanho claro a cinza esbranquiçado, além de arenitos muito finos a silticos.

Os arenitos muito finos apresentam cimento calcífero, textura sacaroidal, por vezes são finamente laminados e intercalados com siltitos e folhelhos de cores variegadas. Níveis margosos e carbonáticos ocorrem de forma subordinada. Em alguns locais são observados bancos de calcário cinza, apresentando uma forte diagênese, intercalados nos litotipos dominantes.

Nos arenitos é comum a presença de estratificações plano-paralelas e cruzadas tabulares, com indicação de paleocorrentes para sul.

Srivastava (1990) caracterizou os ambientes deposicionais desta formação através das três litofácies dominantes. (i) folhelhos e siltitos intercalados com margas e arenitos finos, indicando uma deposição em um sistema flúvio-lacustre-deltáico; (ii) arenitos finos a médios, com estratificação plano-paralela enquadrados num sistema fluvial meandrante a lacustre-deltáico; (iii) margas e calcários, ricos em coquinas de gasterópodes e conchostráceos, de ambiente francamente lacustre. O referido autor também correlacionou esta formação com a Formação Sousa do Grupo Rio do Peixe.

Formação Lima Campos (K1lc)

A Formação Lima Campos ocupa uma faixa estreita na borda sul-sudeste da Bacia Lima Campos e está constituída essencialmente por arenitos grossos a conglomeráticos (foto 3.46), contendo níveis de conglomerados, muito semelhantes aos da Formação Icó.

Geralmente é representada por arenitos grossos a conglomeráticos, onde a fração pelítica encontra-se praticamente ausente. São comuns estratificações cruzadas tabulares e acanaladas de pequeno a médio porte, com indicação de paleocorrentes para norte.

Essa formação possui características deposicionais de ambientes de leques aluviais e fluvial entrelaçado, sendo correlacionada à Formação Rio Piranhas do Grupo Rio do Peixe.



Foto 3.46 - Arenito conglomerático da Formação Lima Campos (Bacia Lima Campos - CE). Afloramento DG-312.

3.3.5 Bacia Icó

Localizada na porção centro-oeste da Folha Sousa (figura 3.6), e à exemplo da Bacia Lima Campos, faz parte do conjunto denominado de bacias Iguatu.

A Bacia Icó é representada por uma faixa sedimentar alongada, fusiforme, de direção sudoeste-nordeste, possuindo cerca de 35 km de extensão, por 8 km de largura máxima. Seu condicionamento tectônico é bastante evidente, principalmente na borda sudeste da bacia, onde o limite é demarcado pelo cisalhamento Jaguaribe.

Existem muitas divergências com relação à espessura e à estratigrafia do pacote sedimentar da Bacia Icó. Campos *et al.* (1976) dividiram-na em duas partes, a porção inferior possuiria cerca de 390 metros de espessura e a superior com aproximadamente 180 metros. Segundo estes autores, a sedimentação iniciaria com sedimentos imaturos, mal selecionados, de natureza conglomerática, gradando para arenitos grossos a conglomeráticos. Capeando essa seqüência ocorre um pacote essencialmente pelítico com camadas sílticas argilosas contendo intercalações de arenitos finos.

Mabesoone & Campanha (1973/1974) sugeriram que apenas a Formação Lima Campos (Grupo Iguatu) estaria representada na Bacia Icó. Para Campos *et al.* (1976) essa divisão estratigráfica corresponde integralmente à seqüência sedimentar da Bacia Rio do Peixe, onde os pacotes inferior e superior corresponderiam, respectivamente, às formações Antenor Navarro e Sousa.

A grande maioria dos afloramentos visitados desta unidade é constituída por arenitos grossos a conglomeráticos (foto 3.47), geralmente apresentando níveis e bancos de

conglomerados polimíticos (foto 3.48), característicos da unidade inferior de Campos *et al.* (1976). Subordinadamente ocorrem arenitos médios a finos intercalados com pelitos. Os arenitos grossos apresentam estratificações cruzadas tabulares e acanaladas de médio porte, com paleocorrentes para sul.

Este conjunto de características conduz a associação desta unidade a um ambiente de sedimentação de leque aluvial proximal a fluvial entrelaçado, similar ao das formações Antenor Navarro e Rio Piranhas (Grupo Rio do Peixe).

No presente trabalho adotou-se a designação abrangente de Formação Icó para os litotipos da Bacia Icó, tendo em vista que os sedimentos pelíticos não foram individualizados na escala de trabalho.



Foto 3.47 - Conglomerado com seixos suportados pela matriz, capeando arenito conglomerático da Formação Icó, na Bacia Icó (CE). Afloramento DG-176.



Foto 3.48 - Detalhe de conglomerado da Formação Icó, na Bacia Icó (CE). Afloramento DG-183.

3.3.6 Bacias Icozinho, Coronel João Pessoa e Rafael Fernandes

Estas correspondem a pequenas bacias cujos sedimentos, predominantemente siliclásticos, foram considerados como pertencentes à Formação Antenor Navarro do Grupo Rio do Peixe (quadro 3.2), em consonância com Campos *et al.* (1976).

Jardim de Sá *et al.* (1998) correlacionando os sedimentos das bacias Coronel João Pessoa e Rafael Fernandez, com os da Bacia Potiguar, os consideraram como pertencentes à Formação Pendência.

3.3.6.1 Bacia Icozinho

Situada na porção centro-oeste da Folha Sousa (figura 3.6), esta bacia encontra-se encaixada em uma depressão tectônica, ladeada por escarpas de falha (foto 3.49), formando um vale intermontano de cerca de 100 km², concordante com a estruturação do embasamento.

É caracterizada pela presença de arenitos conglomeráticos, considerados como pertencentes à Formação Antenor Navarro (foto 3.50). Tais litotipos exibem colorações variando de creme a avermelhadas, cimento caulínico e por vezes apresentam estruturas do tipo bandas de deformação.



Foto 3.49 - Escarpa de falha da borda sul da Bacia Icozinho (CE). Afloramento DG-199.



Foto 3.50 - Detalhe do arenito conglomerático da Formação Antenor Navarro na Bacia Icozinho (CE), exibindo bandas de deformação. Afloramento DG-208.

Intercalados nestes arenitos são observados níveis de conglomerados com seixos de quartzo e de feldspatos (atingindo até 15 centímetros de diâmetro/comprimento), apresentando formas subangulosas a subarredondadas. As características litológicas permitem identificar esses sedimentos como depositados em ambientes de leques aluviais e fluviais de alta energia.

Em trabalhos/disciplina de mapeamento geológico nesta bacia, realizados pelo curso de geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Almeida & Fogo (informação verbal) identificaram a presença de arenitos calcíferos situados a cerca de um quilômetro a sudoeste da cidade de Icozinho (CE).

3.3.6.2 Bacia Coronel João Pessoa

A bacia Coronel João Pessoa, também conhecida como Bacia do Rio Nazaré, foi descrita inicialmente por Medeiros Neto (1981), embora seja referida desde 1968 por Albuquerque (1970).

Compreende uma área de cerca de 15,5 km² localizada na porção centro-norte da Folha Sousa (figura 3.6); esta bacia também encontra-se encaixada em uma depressão tectônica (vale intermontano).

Está preenchida por arenitos grossos a conglomeráticos de colorações variando de creme a castanho (foto 3.51), localmente apresentando alguns níveis de arenitos finos a sílticos (Formação Antenor Navarro). Estes litotipos são constituídos por grãos de quartzo e feldspato angulosos a sub-arredondados, imersos numa matriz arenosa. Exibem estratificações cruzadas acanaladas de médio a grande porte, indicando paleocorrentes cujos sentidos variam de sul a sudoeste.



Foto 3.51 - Arenito conglomerático da Formação Antenor Navarro aflorante na Bacia Coronel João Pessoa (RN). Afloramento DG-236.

De acordo com Srivastava *et al.* (1989) a Bacia Coronel João Pessoa é representada por três unidades (A, B e C) litoestratigráficas de idade cretácea, sendo elas:

Unidade “A” (basal) - composta de arenitos médios, grossos e conglomeráticos apresentando estratificações cruzadas acanaladas. Foram depositados em ambiente fluvial (baixa sinuosidade), predominantemente anastomosado, com carga rica em areia grossa.

Unidade “B” (intermediária) - constituída de siliciclastos finos a médios, ricos em minerais pesados e separada da unidade sotoposta por uma camada de marga ou caliche. É enquadrada em um sistema anastomosado e de meandros abandonados.

Unidade “C” (superior) - caracterizada pela presença de camadas de calcimicritos e oncomicritos de depósitos lacustres, intensamente brechados e silicificados, evidenciando falhas de afundamento. As margas e os calcários das Unidades B e C são caracterizadas pelos restos de conchostráceos, algas azuis-verdes e ostrácodes.

Srivastava *et al.* (1989) baseando-se no conteúdo paleontológico, litológico e na evolução tectono-sedimentar desta bacia e da Bacia Rafael Fernandes, propuseram que as mesmas podem ser correlacionadas com outras bacias interiores do nordeste brasileiro.

3.3.6.3 Bacia Rafael Fernandes

Está situada na porção centro-norte da folha em estudo (figura 3.6), ocupando uma faixa alongada com direção nordeste-sudoeste com aproximadamente 12 km² de área.

Seu relevo é plano a suavemente ondulado, com altitude média no mesmo nível topográfico do embasamento cristalino, sobre o qual repousa em discordância angular.

Esta bacia foi descrita originalmente por Srivastava *et al.* (1989), sob a designação de Bacia Pau dos Ferros, possuindo um arcabouço estrutural formado por um meio-*graben* de direção nordeste-sudoeste.

No presente trabalho foram reconhecidas duas feições litológicas distintas, não individualizadas na escala do projeto. A primeira feição seria formada por conglomerados polimífticos de coloração variegada, com blocos, fragmentos e seixos de quartzo e rochas metamórficas. Estes apresentam formas angulosas a arredondadas, e encontram-se imersos numa matriz que varia de areno-conglomerática (foto 3.52) a areno-argilosa ferruginosa (foto 3.53). Tais características indicam um ambiente de sedimentação de leques aluviais.

A segunda feição é composta por arenitos predominantemente conglomeráticos, de coloração creme acastanhada, apresentando estratificações cruzadas tabulares e acanaladas de médio porte (foto 3.54), típicas de depósitos de ambiente fluvial.



Foto 3.52 - Conglomerado polimítico da Formação Antenor Navarro aflorante na Bacia Rafael Fernandes (RN), apresentando matriz areno-conglomerática. Afloramento DG-253.



Foto 3.53 - Conglomerado polimítico da Formação Antenor Navarro aflorante na Bacia Rafael Fernandes (RN), apresentando matriz areno-argilosa ferruginosa. Afloramento DG-254.



Foto 3.54 - Arenito conglomerático da Formação Antenor Navarro (Bacia Rafael Fernandes), apresentando estratificações cruzadas tabulares de médio porte. Afloramento DG-269.

Com base na análise das características sedimentológicas e na ocorrência de troncos fósseis, Srivastava *et al.* (1989) interpretaram para estes litotipos um ambiente deposicional de leques aluviais distais, com desenvolvimento de canais meandrantés.

3.4 COBERTURAS CENOZÓICAS

Na Folha Sousa as coberturas cenozóicas são representadas por sedimentos da Formação Serra do Martins, coberturas colúvio-eluviais e depósitos aluvionares (figura 3.11 e quadro 3.3).

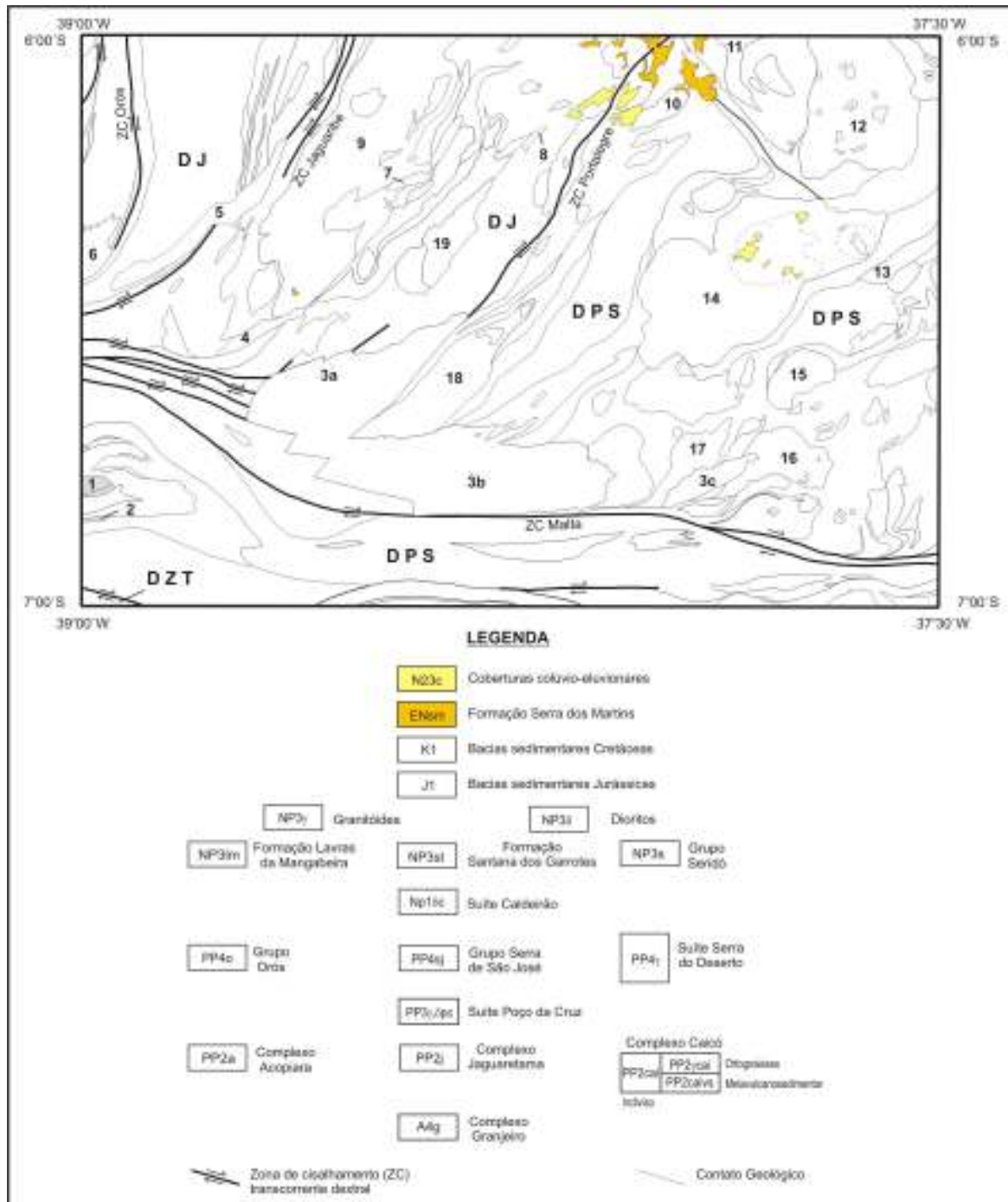


Figura 3.11 - Mapa geológico simplificado das coberturas cenozóicas no contexto da Folha Sousa. Bacias sedimentares: 1-Riacho São Lourenço, 2-Iborepi, 3-Rio do Peixe (3a-Sub-bacia Brejo das Freiras, 3b-Sub-bacia Sousa, 3c-Sub-bacia Pombal), 4-Icozinho, 5-Icó, 6-Malhada Vermelha, 7-Coronel João Pessoa, 8-Rafael Fernandes. Granitóides Ediacaranos: 9-Pereiro, 10-Serrinha dos Pintos, 11-Umarizal, 12-Tourão-Caraúbas, 13-Brejo do Cruz, 14-Catolé do Rocha, 15-Serra do Moleque, 16-Pombal, 17-Pedregulho, 18-Serra Branca, 19-São Miguel. DPS-Domínio Rio Piranhas-Seridó, DJ-Domínio Jaguaribeano, DZT-Domínio da Zona Transversal.

Quadro 3.3 - Relações estratigráficas das coberturas cenozóicas da Folha Sousa.

ERA	PERÍODO	IDADE (Ma)	CONTINENTE
CENOZÓICO	Neógeno	1,81	N34a Depósitos aluvionares e de terraços N23c Coberturas colúvio-eluviais
		23,03	ENsm Fm. Serra do Martins
	Paleógeno	65,5	

3.4.1 Formação Serra do Martins (ENsm)

A Formação Serra do Martins (Paleógeno-Neógeno) aflora na porção norte da Folha Sousa, formando chapadas com altitudes em torno de 650 metros a 750 metros (foto 3.55), nas serras do Martins (RN), Portalegre (RN) e adjacências (figura 3.11).

No presente trabalho foi possível reconhecer os litotipos descritos por Mabesoone (1966) quando aquele autor elevou esta unidade à categoria de formação.



Foto 3.55 - Visão panorâmica da Formação Serra do Martins formando a chapada da serra de Portalegre (RN).

Na porção inferior da formação foram observados arenitos esbranquiçados caulínicos, mal selecionados, homogêneos e friáveis. A porção intermediária é constituída por arenitos argilosos ou argilas arenosas, apresentando coloração amarelada a vermelhada, por vezes variegada. Os

sedimentos observados na porção superior da unidade correspondem a uma crosta laterítica de cor vermelha com cimento ferruginoso.

Estudos mais detalhados realizados por Menezes (1999) nestes litotipos, incluindo os da Serra de Santana a oeste da Folha Sousa, possibilitaram àquela autora identificar seis unidades faciológicas (arenitos finos a grossos, arenitos conglomeráticos, arenitos grossos a muito grossos, arenitos médios, arenitos finos e siltitos a argilitos). Os perfis faciológicos descritos nas serras Portalegre e Martins são apresentados na figura 3.12. De acordo com a referida autora, estes sedimentos teriam sido depositados em um sistema fluvial entrelaçado a meandrante, em consonância com a proposta de Mabesoone *et al.* (1972).

3.4.2 Coberturas Colúvio-Eluviais (N23c)

Correspondem às coberturas colúvio-eluviais aflorantes em regiões de baixas altitudes na porção norte da Folha Sousa adjacentes das serras do Martins e Portalegre (RN), ou em regiões do batólito granítico de Catolé do Rocha-PB (figura 3.11).

Em regiões de baixas altitudes nas adjacências das serras do Martins e Portalegre (RN), esta unidade é constituída por argilas arenosas avermelhadas, arenitos esbranquiçados e conglomerados.

Os conglomerados apresentam fragmentos de arenitos conglomeráticos (atingindo 40 cm de diâmetro) provenientes da Formação Serra do Martins, aflorando em encostas de platôs, talvegues e terraços, e são semelhantes aos descritos por Menezes (1999) a oeste da Folha Sousa, no riacho Grota da Ferverdeira, a sudoeste de Santana dos Matos (RN).

Em algumas regiões do batólito granítico de Catolé do Rocha-PB, estes litotipos são representados por sedimentos argilosos avermelhados, com espessura atingindo 20 metros, possuindo como área fonte a fácies sienogranítica (Brejo dos Santos) do referido batólito (foto 3.56).

3.4.3 Depósitos Aluvionares e de Terraços (N34a)

São representados por depósitos aluvionares (e terraços ?) que afloram ao longo dos principais rios que percorrem a Folha Sousa, tais como os rios Piranhas, Jaguaribe, Peixe, Piancó e seus afluentes principais. Os depósitos aluvionares e de terraços são constituídos por sedimentos arenosos, conglomeráticos, bem como porções argilosas (estas em regiões mais localizadas).

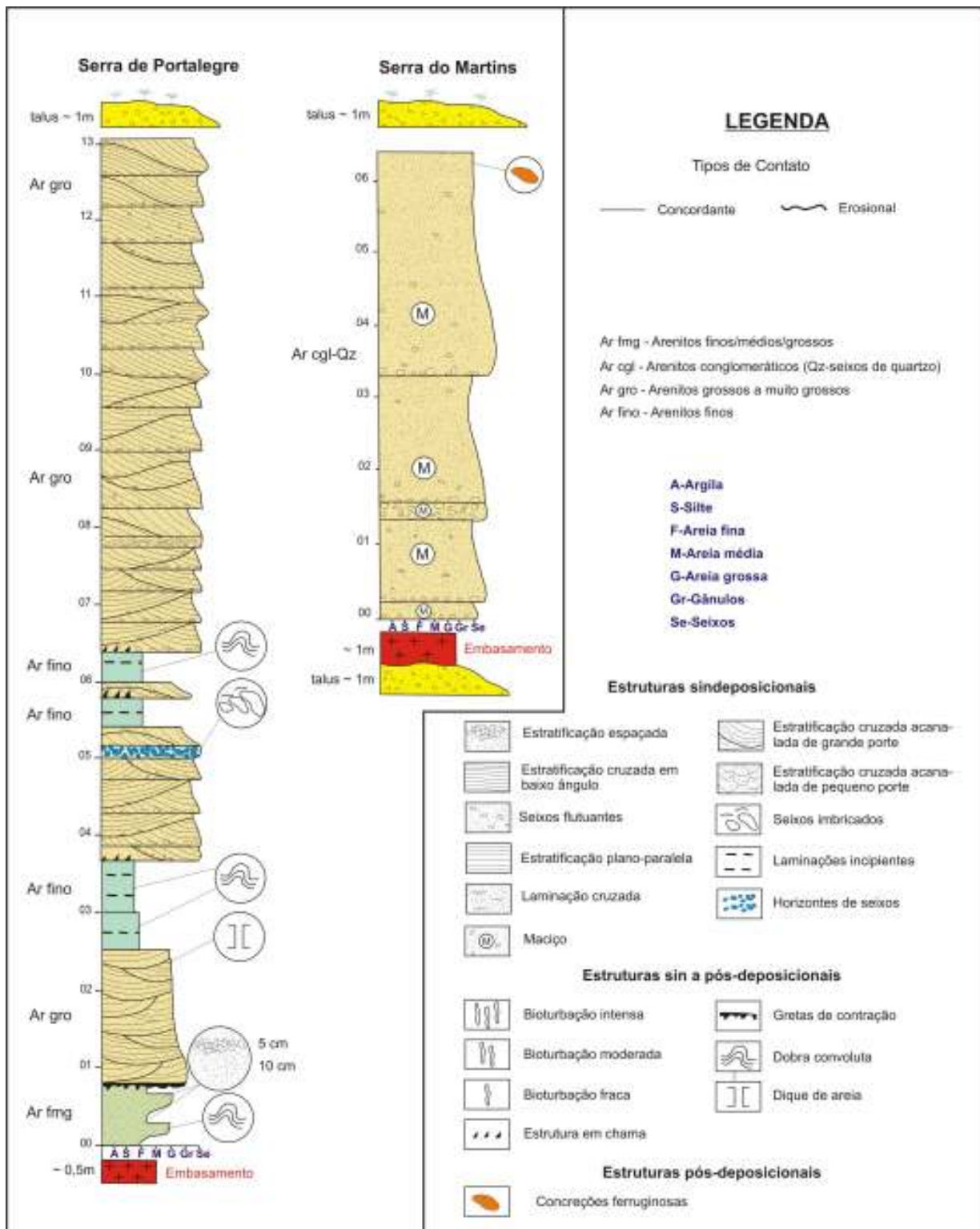


Figura 3.12 - Perfis faciológicos da Formação Serra do Martins elaborados por Menezes (1999), nas serras Portalegre e Martins (RN).



Foto 3.56 - Sedimento argiloso de coloração avermelhada, formado a partir da decomposição de rochas sienograníticas da região de Brejo dos Santos (PB). Afloramento VC 74.

4. Petrologia e Litogeoquímica

4.1 INTRODUÇÃO

Na região do presente projeto alguns estudos prévios com enfoques petrológicos, incluindo litogeoquímica e por vezes estudos geocronológicos, foram realizados por Sá (1991) em litotipos do Grupo Orós (CE), Galindo (1993) na suíte intrusiva de Umarizal (RN), Magini (2001) em ortognaisses e granitóides brasileiros da região do extremo oeste do Estado do Rio Grande do Norte, e Cavalcante (1999) em litotipos do Grupo São José e correlatos.

Neste contexto, dentre as unidades selecionadas para estes estudos, foram enfatizados os ortognaisses leucocráticos situados a sul de Pombal (PB), os corpos graníticos (brasileiros) de Catolé do Rocha (RN/PB), Pedregulho (PB) e Capuxu (PB), além de termos dioríticos-quartzo monzoníticos brasileiros (figura 4.1 e quadro 4.1).

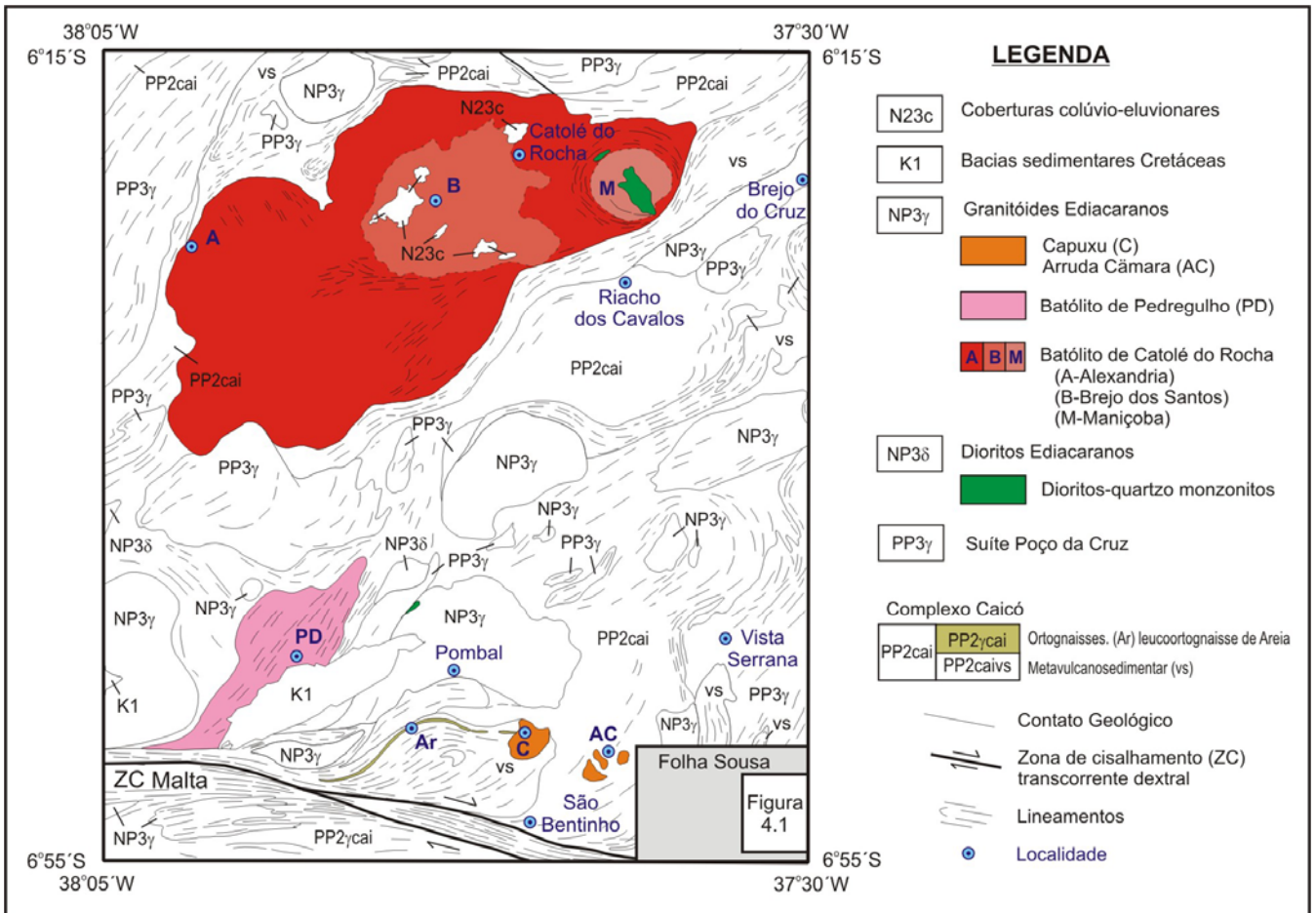


Figura 4.1 - Mapa geológico simplificado ressaltando as unidades alvos de estudos litogeoquímicos.

Quadro 4.1 - Análises químicas dos elementos maiores (%), traços (ppm) e terras raras (ppm) obtidas no presente projeto. * Amostras não utilizadas/plotadas nos diagramas deste capítulo.

Amostra	Sheet de ortognaisse monzogranítico de Areia (sul de Pombal-PB)								Augen gnaisses		
	VC-667	VC-587	VC-91	VC-601	VC-661	VC-561	VC-97	VC-603	VC-659a*	VC-95*	VC-582*
SiO ₂	69,64	69,68	69,75	70,33	70,60	70,91	71,60	71,01	71,33	64,74	62,83
TiO ₂	0,19	0,19	0,18	0,16	0,18	0,15	0,15	0,16	0,30	0,42	0,45
Al ₂ O ₃	15,66	15,52	15,15	15,08	15,18	15,01	14,95	14,65	14,12	13,95	13,91
Fe ₂ O ₃ *	2,02	2,28	2,02	1,97	2,05	1,78	1,92	2,00	3,30	4,28	4,88
MnO	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07
MgO	0,32	0,38	0,37	0,34	0,30	0,27	0,26	0,50	0,24	3,54	4,07
CaO	1,42	1,56	1,50	1,50	1,33	1,19	1,08	1,15	1,74	2,80	3,29
Na ₂ O	4,38	4,43	4,56	4,42	4,51	4,31	3,98	4,76	3,05	3,58	3,58
K ₂ O	5,83	5,73	5,77	5,14	5,51	5,60	5,48	5,17	5,27	5,30	5,28
P ₂ O ₅	0,12	0,11	0,08	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,08	0,33	0,36
LOI	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,8
Ni	6,6	8,7	7,8	4,1	4,5	8,1	4,0	8,7	3,9	62,2	66,2
Co	2,4	2,5	2,3	2,2	3,1	2,1	1,8	2,7	3,0	14,2	16,4
Sc	3	4	3	3	3	3	2	2	4	7	8
V	15	18	14	11	11	12	11	15	8	49	55
Cu	6,9	9,5	4,3	5,8	4,4	13,2	5,7	5,6	5,5	3,8	3,7
Pb	8,5	12,7	12,9	13,5	8,7	8,8	6,6	18,1	10,8	4,2	4,0
Zn	18	18	13	19	18	18	23	15	47	36	38
W	0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0	0,4	0,1	0,3
Mo	1,0	1,9	1,9	0,5	0,7	2,0	0,6	1,2	1,7	0,5	0,5
Au	0,9	0	1,6	0,9	3,0	0,8	0	3,5	0,6	0	0
Rb	94,9	86,4	100,2	157,6	110,9	108,8	125,0	165,1	157,1	130,0	142,8
Cs	0,4	0,3	2,9	2,1	2,4	0,2	0,3	0,9	2,4	1,4	2,2
Ba	2862,2	2723,1	2914,8	2412,0	2509,5	2222,6	1750,6	1764,5	1190,6	2907,0	2774,8
Sr	1339,6	1324,6	1303,5	1112,9	1261,2	1031,6	893,3	884,8	149,8	1288,0	1236,5
Ga	17,0	15,3	16,2	19,0	16,4	16,9	17,0	17,6	18,9	17,9	18,7

Amostra	Sheet de ortognaisse monzogranítico de Areia (sul de Pombal-PB)								Augen gnaisses		
	VC-667	VC-587	VC-91	VC-601	VC-661	VC-561	VC-97	VC-603	VC-659a*	VC-95*	VC-582*
Ta	0,7	0,6	0,7	2,0	0,6	0,7	0,8	1,2	0,8	0,3	0,3
Nb	8,7	7,8	8,9	17,8	10,3	10,0	9,6	15,5	9,7	7,9	8,3
Hf	5,0	3,1	4,0	4,3	4,4	4,0	4,0	4,8	7,5	4,9	6,2
Zr	163,8	128,5	140,1	131,1	143,0	142,9	115,4	142,7	252,4	170,1	194,1
Y	8,6	11,9	8,0	13,4	11,5	6,4	5,0	8,2	31,8	15,3	16,4
Th	1,9	1,1	1,6	4,4	3,9	5,1	7,1	16,5	16,7	5,1	8,4
U	0,5	0,3	0,4	5,0	0,6	0,7	0,8	2,6	2,8	0,5	0,7
La	19,8	18,7	21,2	18,8	25,6	17,4	16,5	19,2	46,7	45,1	52,0
Ce	38,7	41,9	40,2	36,9	45,6	32,1	29,4	36,0	98,8	84,1	94,5
Pr	4,52	5,03	4,41	4,10	4,86	3,38	3,05	3,87	11,42	9,33	10,43
Nd	15,1	19,1	14,6	13,9	17,3	11,7	10,0	12,2	41,5	34,3	38,1
Sm	3,0	3,8	2,9	2,8	3,2	2,1	1,6	2,4	7,3	5,7	6,1
Eu	0,76	0,73	0,71	0,60	0,70	0,58	0,51	0,46	1,49	1,37	1,54
Gd	2,06	2,78	1,96	2,19	2,22	1,50	1,13	1,51	5,54	3,97	4,11
Tb	0,34	0,44	0,30	0,39	0,36	0,23	0,17	0,24	0,91	0,58	0,60
Dy	1,65	2,26	1,57	2,21	1,88	1,22	1,02	1,36	5,55	2,93	3,08
Ho	0,26	0,40	0,26	0,42	0,35	0,22	0,16	0,25	1,12	0,50	0,52
Er	0,79	1,11	0,73	1,32	0,95	0,58	0,48	0,75	3,14	1,41	1,61
Tm	0,12	0,15	0,11	0,22	0,14	0,10	0,08	0,12	0,50	0,20	0,24
Yb	0,70	0,99	0,59	1,63	0,75	0,67	0,45	0,75	2,79	1,22	1,35
Lu	0,10	0,13	0,09	0,20	0,12	0,08	0,08	0,12	0,45	0,18	0,19
Be	3	3	4	4	3	3	3	7	2	2	2

Amostra	Dioritos/quartzos monzonitos de Maniçoba, Pombal e Catolé do Rocha (PB)					Sienogranito porfirítico de Pedregulho (noroeste de Pombal-PB)				
	VC-640	VC-659b*	VC-637	VC-639	VC-671	VC-220b	VC-679	VC-347	VC-221	VC-683
SiO ₂	47,38	49,78	50,81	52,21	57,34	55,81	58,22	58,51	60,00	67,93
TiO ₂	2,75	0,81	2,10	2,16	1,47	1,37	1,36	1,34	1,24	0,72
Al ₂ O ₃	14,78	17,75	16,37	15,85	16,36	15,81	16,14	16,18	16,01	14,38
Fe ₂ O ₃ *	14,89	9,60	11,26	11,11	8,53	7,41	7,50	7,38	6,65	4,20
MnO	0,17	0,14	0,15	0,14	0,11	0,10	0,08	0,08	0,07	0,05
MgO	4,73	6,35	3,55	3,28	1,91	2,20	2,28	2,09	2,00	0,95
CaO	6,21	8,24	6,49	5,55	4,29	3,59	4,72	4,75	4,00	2,25
Na ₂ O	3,06	3,92	3,57	3,42	3,74	3,54	3,38	3,48	3,42	2,93
K ₂ O	3,34	1,98	3,91	4,08	4,63	5,05	4,32	4,41	4,87	5,39
P ₂ O ₅	1,67	0,33	1,20	1,55	0,66	0,56	0,59	0,55	0,50	0,25
LOI	0,6	0,8	0,2	0,3	0,6	4,2	1,0	0,8	0,8	0,7
Ni	57,8	24,7	18,9	16,5	5,5	17,6	15,9	44,0	15,5	13,5
Co	42,1	34,4	24,1	26,3	15,9	16,5	16,4	13,7	13,9	7,4
Sc	15	23	16	14	10	12	11	12	10	6
V	197	163	136	118	71	81	86	79	70	36
Cu	41,1	90,3	27,2	26,3	9,2	31,6	25,9	36,2	38,9	16,0
Pb	1,4	1,8	1,3	1,9	6,5	19,8	6,8	5,8	7,5	10,4
Zn	88	52	102	105	107	180	120	119	110	72
W	0,5	0	0,1	0,1	0,2	1,1	5,3	3,8	0,4	0,9
Mo	1,2	0,8	1,4	2,4	3,0	1,1	0,8	6,7	0,8	2,8
Au	1,2	2,8	1,5	0,5	1,3	2,1	0	0,6	1	2,1
Rb	99,3	82,8	112,6	148,4	153,5	177,7	143,0	117,7	136,7	166,3
Cs	1,1	2,3	0,9	1,4	1,6	2,3	2,8	0,8	2,4	1,5
Ba	2151,3	378,4	1900,5	2015,4	1966,1	1861,6	2272,0	2075,6	2154,2	1353,8
Sr	742,9	554,1	715,4	697,0	655,8	580,2	832,1	836,8	854,2	450,3
Ga	20,2	18,1	18,8	21,9	23,9	23,2	24,0	23,8	22,7	18,3
Ta	1,7	0,6	1,8	1,9	1,8	1,2	1,2	1,3	1,0	1,1

Amostra	Dioritos/quartzo monzonitos de Maniçoba, Pombal e Catolé do Rocha (PB)					Sienogranito porfirítico de Pedregulho (noroeste de Pombal-PB)				
	VC-640	VC-659b*	VC-637	VC-639	VC-671	VC-220b	VC-679	VC-347	VC-221	VC-683
Nb	26,5	12,6	33,4	28,5	27,9	26,5	21,9	24,5	17,0	18,2
Hf	8,4	5,9	10,5	8,6	12,9	12,9	12,6	13,5	11,0	9,2
Zr	338,0	246,7	449,6	329,2	497,6	518,4	480,9	507,6	466,3	334,8
Y	42,8	32,1	43,1	47,2	40,8	27,9	24,6	25,4	23,2	18,4
Th	3,3	2,6	4,1	7,2	12,8	3,6	3,9	3,3	8,8	16,7
U	0,6	2,1	0,8	1,3	1,8	0,9	1,3	0,7	1,6	1,9
La	78,5	37,2	85,0	94,2	110,0	91,5	86,3	95,3	92,5	138,7
Ce	170,2	86,8	177,5	207,3	224,9	199,8	184,7	208,8	197,8	251,3
Pr	20,67	9,99	21,19	23,48	23,89	23,82	22,13	23,96	21,36	24,46
Nd	81,0	39,0	79,3	92,1	87,8	85,6	81,9	89,4	81,8	74,1
Sm	14,3	8,2	13,5	15,9	14,4	13,7	12,5	14,4	11,7	9,7
Eu	4,00	1,43	3,30	3,99	3,37	2,76	2,78	2,97	2,67	1,87
Gd	10,41	6,34	10,03	11,92	10,44	8,37	7,17	8,57	6,96	5,25
Tb	1,55	1,06	1,49	1,78	1,44	1,19	0,94	1,19	0,94	0,73
Dy	8,07	5,34	7,84	8,94	8,00	5,61	4,82	5,37	4,78	3,59
Ho	1,43	1,17	1,44	1,68	1,48	0,95	0,79	0,93	0,76	0,58
Er	3,90	3,11	4,10	4,21	3,77	2,51	2,12	2,21	1,86	1,55
Tm	0,58	0,44	0,63	0,61	0,56	0,36	0,33	0,33	0,31	0,25
Yb	3,36	2,76	3,47	3,76	3,11	2,03	1,76	1,79	1,75	1,57
Lu	0,50	0,42	0,55	0,56	0,49	0,29	0,27	0,25	0,25	0,23
Be	2	2	2	2	3	9	2	3	2	2

Amostra	Batólito de Catolé do Rocha (PB)								
	Fácies Maniçoba			Fácies Alexandria				Granito fino	
	VC-643	VC-642	VC-641	VC-635	VC-180	VC-168	VC-630b	VC-632	VC-636
SiO ₂	73,89	73,97	75,12	66,12	67,90	69,79	69,79	72,21	72,87
TiO ₂	0,17	0,17	0,23	0,75	0,54	0,40	0,47	0,28	0,25
Al ₂ O ₃	13,61	13,26	12,44	14,98	14,73	14,57	14,27	13,27	13,49
Fe ₂ O ₃ [*]	2,03	1,93	2,36	5,02	4,56	3,25	3,86	3,15	2,73
MnO	0,03	0,03	0,03	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
MgO	0,19	0,20	0,23	0,92	0,52	0,44	0,50	0,25	0,26
CaO	0,83	0,93	0,77	2,31	1,70	1,06	1,37	1,22	1,11
Na ₂ O	3,23	3,33	3,09	3,37	3,43	3,59	3,21	2,71	3,14
K ₂ O	6,02	5,51	5,21	5,82	5,94	6,20	5,94	6,04	5,86
P ₂ O ₅	0,05	0,03	0,06	0,29	0,15	0,12	0,13	0,06	0,05
LOI	0,1	0,6	0,4	0,1	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1
Ni	9,3	3,4	11,6	9,9	4,4	4,9	4,3	5,3	10,7
Co	1,7	1,7	2,4	6,8	4,9	3,9	4,5	2,8	2,1
Sc	1	1	1	6	4	3	5	3	2
V	5	6	8	31	13	17	18	9	7
Cu	5,4	3,7	7,0	13,2	8,7	5,9	10,1	12,5	7,4
Pb	11,1	5,9	5,4	9,0	12,0	13,0	12,4	10,2	21,8
Zn	32	29	34	68	67	47	63	46	46
W	0,1	0,1	0,2	1,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5
Mo	3,3	1,0	4,3	3,3	1,8	1,8	1,4	5,3	7,5
Au	1,6	0	1,4	0,7	2,1	2,5	1,6	0,5	0,7
Rb	311,6	393,1	267,6	230,7	261,2	304,7	227,1	230,0	258,4
Cs	0,8	2,0	1,0	1,3	0,8	1,1	0,5	0,3	0,9
Ba	392,9	356,6	447,8	1247,6	794,6	880,9	1004,3	584,3	630,1
Sr	106,8	99,3	94,5	303,5	167,4	188,6	233,0	154,2	180,4
Ga	17,2	19,2	17,1	21,6	21,2	20,6	18,3	17,9	18,4
Ta	0,8	1,5	1,2	1,9	1,4	2,1	0,7	1,0	1,4

Amostra	Batólito de Catolé do Rocha (PB)								
	Fácies Maniçoba			Fácies Alexandria				Granito fino	
	VC-643	VC-642	VC-641	VC-635	VC-180	VC-168	VC-630b	VC-632	VC-636
Nb	19,1	22,8	19,4	33,2	29,3	31,4	23,0	20,3	22,2
Hf	5,2	5,4	6,3	13,6	12,6	8,3	12,5	9,4	7,8
Zr	166,7	160,4	204,7	551,6	481,1	315,4	469,6	340,4	270,1
Y	22,7	33,1	18,4	44,7	39,8	58,1	33,4	38,3	29,7
Th	48,2	46,8	47,0	32,7	40,5	38,3	55,9	41,4	68,0
U	6,1	5,7	3,5	2,0	3,0	3,3	1,2	1,6	4,1
La	59,9	58,9	69,1	165,0	141,9	113,3	247,0	168,3	141,5
Ce	114,3	107,9	137,5	314,1	256,7	206,9	446,6	317,4	266,6
Pr	11,42	11,65	12,97	30,89	24,73	20,29	45,21	31,82	25,77
Nd	34,5	36,9	40,5	103,8	74,0	62,3	135,7	100,3	80,5
Sm	6,0	6,0	5,7	15,6	11,8	9,5	18,1	14,6	11,8
Eu	0,67	0,71	0,74	2,15	1,43	1,39	1,52	1,21	1,03
Gd	3,86	4,12	3,40	10,10	7,59	7,00	9,49	8,59	6,59
Tb	0,64	0,77	0,59	1,63	1,30	1,16	1,43	1,34	1,15
Dy	3,97	4,39	3,04	8,01	6,65	6,91	6,60	7,16	5,48
Ho	0,77	0,94	0,58	1,50	1,27	1,46	1,08	1,24	0,98
Er	2,25	2,79	1,82	4,05	3,58	4,71	2,99	3,59	2,76
Tm	0,36	0,44	0,29	0,68	0,54	0,72	0,44	0,53	0,45
Yb	2,06	2,72	1,80	3,42	3,16	4,31	2,63	3,17	2,48
Lu	0,33	0,41	0,30	0,58	0,51	0,69	0,38	0,48	0,40
Be	5	3	4	2	4	8	3	2	4

Amostra	Batólito de Catolé do Rocha (PB)							Diques de Arruda Câmara (PB)			
	Fácies Brejo dos Santos						Granito fino	Monzogranitos leucocráticos			
	VC-645*	VC-634	VC-631	VC-177a	VC-626	VC-633	VC-177b	VC-604	VC-605	VC-602	VC-599
SiO ₂	56,32	62,41	66,83	66,97	67,73	70,55	69,71	74,74	75,15	75,48	75,65
TiO ₂	0,99	0,67	0,57	0,39	0,29	0,25	0,42	0,22	0,15	0,08	0,06
Al ₂ O ₃	19,41	16,65	15,41	15,53	15,31	14,39	14,19	12,67	13,07	13,08	13,15
Fe ₂ O ₃ *	6,86	5,89	4,00	4,34	3,51	3,47	3,66	2,75	1,73	1,32	1,30
MnO	0,10	0,09	0,04	0,07	0,06	0,05	0,04	0,06	0,03	0,03	0,04
MgO	1,04	0,61	0,85	0,19	0,10	0,09	0,47	0,35	0,22	0,10	0,03
CaO	4,75	2,78	2,27	1,81	1,60	1,41	1,26	1,05	1,16	0,96	0,90
Na ₂ O	4,09	3,74	3,65	3,79	3,79	3,19	2,79	3,01	3,18	3,35	3,56
K ₂ O	5,07	6,46	6,16	6,59	6,76	6,31	6,47	4,90	5,14	5,30	4,94
P ₂ O ₅	0,51	0,21	0,15	0,09	0,06	0,03	0,11	0,04	0,03	0,02	0,01
LOI	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1	0,7	0,2	0,1	0,3	0,4
Ni	3,0	9,0	6,2	9,0	6,0	4,9	8,1	5,3	7,9	13,4	3,0
Co	9,2	5,3	6,6	1,5	1,0	0,9	3,5	2,5	1,5	0,6	0,6
Sc	8	8	6	7	5	3	5	2	1	1	2
V	18	13	37	0	0	0	13	10	7	0	0
Cu	11,2	11,0	9,3	7,7	6,4	7,9	10,7	5,5	4,4	6,8	4,8
Pb	1,9	8,3	5,8	7,5	2,9	9,1	15,3	14,6	10,7	18,8	14,6
Zn	73	77	44	62	29	42	65	55	30	22	20
W	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,1	0,5	0,4	0,3	1,2
Mo	1,4	6,1	1,1	3,9	5,3	4,4	4,0	1,6	2,5	3,1	0,7
Au	1,3	2,6	1,1	2,2	1,4	0	3,6	5,7	2,5	2,8	2,2
Rb	88,3	181,8	191,2	162,2	159,9	178,7	221,6	295,2	263,3	326,9	332,2
Cs	0,3	0,5	0,4	0,3	0,1	0,4	0,6	7,6	7,2	6,4	6,8
Ba	4530,3	1822,8	1547,1	1610,4	950,7	576,3	958,1	166,1	365,5	116,3	41,8
Sr	1040,4	349,2	392,3	234,8	156,6	109,0	223,6	108,6	167,1	101,5	44,2

	Batólito de Catolé do Rocha (PB)						Diques de Arruda Câmara (PB)				
	Fácies Brejo dos Santos						Granito fino	Monzogranitos leucocráticos			
Amostra	VC-645*	VC-634	VC-631	VC-177a	VC-626	VC-633	VC-177b	VC-604	VC-605	VC-602	VC-599
Ga	21,1	23,8	18,6	22,1	21,0	22,9	17,6	18,3	15,8	16,7	17,8
Ta	0,9	1,9	0,5	1,3	0,9	1,2	0,5	4,7	2,3	3,8	4,5
Nb	20,2	44,6	14,8	36,4	28,6	32,4	19,2	36,0	18,8	19,8	38,5
Hf	7,9	21,4	10,0	16,7	12,6	12,1	10,8	5,6	4,5	3,1	2,4
Zr	348,0	913,8	384,8	676,7	561,9	437,4	434,7	140,3	127,9	63,6	47,1
Y	26,1	56,8	27,3	39,1	45,1	33,1	42,1	29,2	17,0	19,5	26,6
Th	3,0	24,1	35,8	39,5	28,5	19,6	56,2	56,5	54,0	36,9	26,2
U	0,5	2,1	1,2	2,0	1,3	2,1	1,2	25,0	13,7	8,5	22,8
La	73,0	164,4	191,2	206,4	271,4	136,9	214,4	27,4	37,4	10,5	3,0
Ce	147,6	322,1	348,8	387,5	327,8	258,1	388,8	56,7	74,4	22,7	14,0
Pr	16,92	34,44	33,54	38,33	46,17	27,04	40,67	6,24	7,80	2,58	1,16
Nd	59,7	113,8	98,9	119,6	140,3	88,0	124,6	21,3	24,7	9,1	4,0
Sm	10,2	17,6	13,3	17,2	19,7	13,3	17,9	5,0	5,1	2,6	2,1
Eu	4,68	3,15	1,72	2,82	3,19	1,81	1,65	0,51	0,56	0,35	0,28
Gd	7,12	11,13	7,34	10,11	12,65	8,24	9,22	4,06	3,40	2,50	2,68
Tb	1,03	1,83	1,15	1,53	1,71	1,35	1,55	0,78	0,60	0,50	0,59
Dy	4,96	9,98	5,13	7,83	8,40	6,88	7,68	4,17	3,04	2,88	3,75
Ho	0,87	1,83	0,91	1,32	1,43	1,15	1,31	0,89	0,56	0,60	0,78
Er	2,42	5,19	2,48	3,64	3,94	3,37	3,56	2,80	1,62	1,76	2,70
Tm	0,35	0,82	0,37	0,52	0,56	0,50	0,55	0,49	0,27	0,32	0,46
Yb	2,10	5,38	2,06	3,16	3,13	2,90	2,82	3,19	1,50	1,86	2,99
Lu	0,33	0,74	0,32	0,52	0,51	0,46	0,48	0,57	0,29	0,30	0,45
Be	3	4	2	3	3	2	3	6	6	6	6

	Stock de Capuxu (PB) - Monzogranitos leucocráticos						
Amostra	VC-590	VC-591	VC-589	VC-594	VC-592	VC-593	VC-588
SiO ₂	71,80	72,12	72,70	72,70	72,72	72,73	73,14
TiO ₂	0,25	0,25	0,25	0,20	0,21	0,22	0,23
Al ₂ O ₃	14,33	14,25	13,88	13,56	14,11	13,86	13,75
Fe ₂ O ₃ [*]	2,49	2,41	2,47	2,43	2,21	2,32	2,38
MnO	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
MgO	0,38	0,37	0,39	0,24	0,32	0,32	0,36
CaO	1,54	1,69	1,50	1,23	1,49	1,49	1,50
Na ₂ O	3,11	3,15	3,04	3,00	3,23	3,18	2,96
K ₂ O	5,57	5,33	5,34	5,77	5,42	5,48	5,29
P ₂ O ₅	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,04
LOI	0,3	0,2	0,2	0,7	0,1	0,2	0,2
Ni	5,1	5,2	10,6	3,2	8,8	9,7	5,1
Co	2,9	2,8	2,9	1,8	2,4	2,6	2,4
Sc	2	2	2	2	2	2	2
V	13	14	14	8	12	11	10
Cu	5,5	5,0	6,9	4,8	5,0	6,2	4,8
Pb	7,5	9,3	8,6	16,6	7,4	9,7	9,2
Zn	40	40	45	41	39	41	41
W	0,2	0,3	0,4	0,4	0	0,2	0,5
Mo	1,2	0,9	4,2	0,9	2,0	2,7	3,2
Au	1,2	2,3	1,6	0,7	2,7	2,1	0
Rb	246,8	216,0	234,3	308,2	238,8	277,6	242,8
Cs	2,7	4,1	3,5	3,8	3,3	3,9	3,7
Ba	843,2	818,1	808,5	533,0	695,9	778,4	797,0
Sr	238,8	224,9	221,1	128,3	184,0	214,4	213,2
Ga	18,4	17,1	16,8	17,6	16,6	17,8	18,7
Ta	2,4	2,0	1,8	1,8	1,8	2,0	1,9

Stock de Capuxu (PB) - Monzogranitos leucocráticos							
Amostra	VC-590	VC-591	VC-589	VC-594	VC-592	VC-593	VC-588
Nb	20,3	18,6	18,4	22,1	18,2	21,1	18,2
Hf	7,0	6,2	6,6	6,5	6,4	6,7	6,5
Zr	223,3	220,8	220,7	190,0	201,2	219,4	209,2
Y	30,8	28,9	25,8	22,9	24,5	29,3	25,0
Th	37,9	50,4	45,0	64,1	34,8	41,1	42,9
U	2,6	3,7	5,9	4,9	4,5	10,7	4,6
La	93,5	117,6	90,7	113,3	70,6	89,1	84,3
Ce	179,9	221,1	168,5	212,0	134,2	165,9	156,8
Pr	17,73	22,08	16,93	20,89	13,48	16,47	15,98
Nd	57,1	66,2	52,5	62,6	41,4	51,5	50,4
Sm	9,4	10,2	8,1	9,3	6,9	8,2	7,8
Eu	1,17	1,20	0,96	0,85	0,86	0,95	0,89
Gd	6,27	6,57	4,99	5,40	4,90	5,17	5,14
Tb	1,03	1,09	0,87	0,81	0,77	0,88	0,88
Dy	5,43	5,44	4,44	4,12	4,39	4,96	4,36
Ho	1,05	0,96	0,80	0,71	0,78	0,85	0,84
Er	2,85	2,63	2,30	2,20	2,33	2,63	2,43
Tm	0,49	0,38	0,36	0,34	0,39	0,44	0,37
Yb	2,79	2,42	2,30	2,12	2,44	2,39	2,23
Lu	0,42	0,35	0,39	0,36	0,37	0,39	0,35
Be	2	5	4	5	6	5	4

4.2 ORTOGNAISSE DE AREIA (SUL DE POMBAL - PB)

Como alvo de estudos petrológicos e litogeoquímicos desta unidade enfatizou-se um *sheet* de ortognaisse leucocrático, situado a sul da cidade de Pombal (PB), intrusivo em paragneisses daquela região (figura 4.1). Uma idade pré-brasiliana é considerada no presente trabalho para estes ortognaisses (Complexo Caicó ?). Tais litotipos são encontrados como xenólitos em monzogranitos brasileiros da região de Capuxu (sudeste de Pombal-PB).

4.2.1 Petrografia

Correspondem a clinopiroxênio e/ou anfibólio ortognaisses leucocráticos de coloração cinza-rosada a esbranquiçada, composição monzogranítica (figura 4.2), apresentando textura fanerítica média, com alguns microfenocristais de K-feldspato com até 0,6 cm de comprimento maior, e foliação evidente (foto 4.1). Quartzo e plagioclásio são os demais constituintes félsicos da rocha. Os minerais máficos perfazem cerca de 10 % a 20 % da moda, geralmente ocorrem em pequenos agregados, os quais ressaltam a orientação/foliação da rocha, e são constituídos principalmente por anfibólio, clinopiroxênio, opacos, biotita e, mais raramente, por titanita.

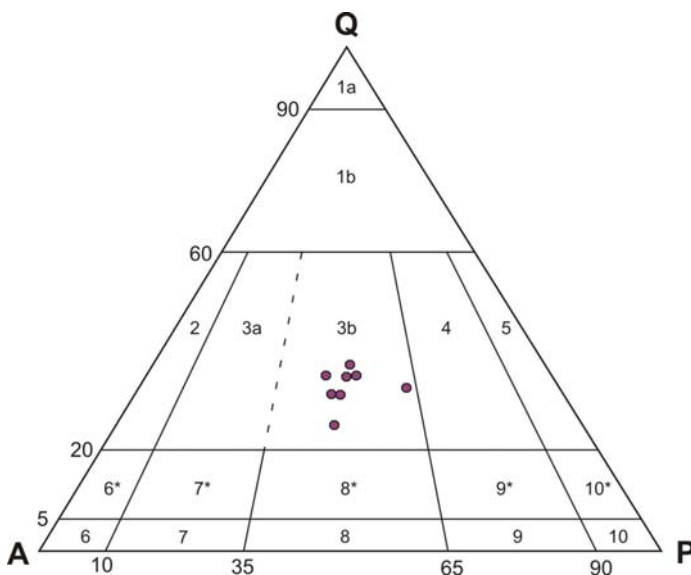


Figura 4.2 - Diagrama de classificação modal (QAP) com amostras do *sheet* de ortognaisse a sul de Pombal (PB), evidenciando sua composição monzogranítica.



Foto 4.1 - Aspecto geral de afloramento do *sheet* de ortognaisse leucocrático situado a sul de Pombal (PB). Afloramento VC-91.

Plagioclásio (25,2 % a 40,0 %): ocorre como cristais predominantemente hipidiomórficos, com dimensões inferiores a 3 mm, e geralmente apresentam geminação polissintética (foto 4.2). Composicionalmente são oligoclásios com teor de anortita entre 20 % e 25 % (método Michel-Lévy). Extinção ondulante e, por vezes, planos de maclas vergados, evidenciando uma deformação após a cristalização da rocha. Possuem inclusões de clinopiroxênio, titanita, epidoto, zircão e minerais opacos.

K-feldspato (23,0 % a 38,4 %): são cristais xenomórficos a/ou hipidiomórficos de microclina com comprimento maior atingindo 6 mm. Geralmente apresentam a geminação da albita-periclina associada à Carlsbad, sendo também observadas texturas peritíticas (filetes e vênulas). Possuem inclusões de clinopiroxênio, anfibólio, biotita, plagioclásio, quartzo, titanita e minerais opacos.

Quartzo (23,9 % a 35,0 %): são cristais essencialmente xenomórficos, estirados e orientados, podendo atingir 3 mm a 4 mm no seu eixo maior. Geralmente apresentam extinção ondulante e/ou em bandas (fotos 4.2 e 4.3) e por vezes fraturas tardias. Possuem inclusões de anfibólio, clinopiroxênio, opacos, plagioclásio, alanita e titanita.

Anfibólio (ausente a 6,6 %): ocorre como cristais idiomórficos a hipidiomórficos, de cor esverdeada e fortemente pleocróicos em tom verde-amarelado típico das hornblendas. Possui dimensões variadas, podendo atingir 4 mm no eixo maior e encontra-se orientado. O anfibólio é produto da desestabilização dos clinopiroxênios (foto 4.4) e comumente mostra inclusões de minerais opacos, biotita, titanita, apatita e zircão.

Clinopiroxênio (ausente a 4,9 %): aparece como cristais hipidiomórficos a xenomórficos com dimensões variando entre 0,5 mm e 3 mm, por vezes com macla simples e freqüentemente possui cristais de anfibólio em suas bordas. Alguns cristais encontram-se em processo avançado de transformação gerando pseudomorfos de anfibólio (foto 4.5). As características óticas observadas, tipo pleocroísmo em tons de verde, ângulo de extinção elevado ($Z^c = 38^\circ$ -a 43°), sinal ótico positivo e $2V_z$ de 60° , permitiram classificá-los como da série diopsídio-hedenbergita.

Minerais opacos (0,5 % a 4,2 %): ocorrem como cristais hipidiomórficos a idiomórficos de dimensões inferiores a 1 mm e comumente estão inclusos em cristais de anfibólio, titanita e zircão.

Biotita (ausente a 2,0 %): são cristais xenomórficos a/ou hipidiomórficos de coloração amarronzada, fortemente pleocróicos, e de dimensões usualmente inferiores a 1 mm (foto 4.6). Processos secundários de cloritização e oxidação por vezes são observados.

Titanita (ausente a 2,8 %): ocorre principalmente como cristais idiomórficos de hábito losangular e mais raramente hipidiomórficos, apresentando cor marrom e geralmente possuem dimensões inferiores a 1 mm.

Mais raramente são observados pequenos cristais de epidoto, comumente associados à biotita, além de cristais idiomórficos de zircão, alanita e apatita, este último na forma de cristais prismáticos finos.

As relações texturais observadas permitiram indicar que os minerais opacos, titanita, apatita e zircão foram os primeiros minerais a se cristalizarem, seguidos pela biotita e clinopiroxênio/anfibólio, enquanto que os constituintes principais (plagioclásio, quartzo e K-feldspato) se formaram tardiamente.



Foto 4.2 - Cristais xenomórficos de plagioclásio (apresentando a geminação polissintética), K-feldspato e quartzo. Nicóis cruzados.



Foto 4.3 - Cristais xenomórficos de quartzo estirados, apresentando extinção ondulante. Nicóis cruzados.

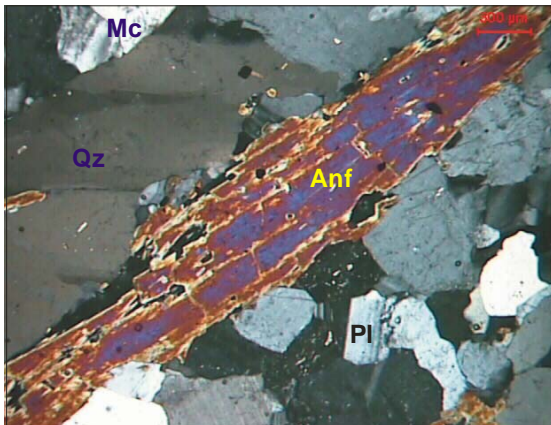


Foto 4.4 - Fenocristal de anfibólio (hornblenda) estirado e cristal de quartzo com extinção ondulante. Nicóis cruzados.

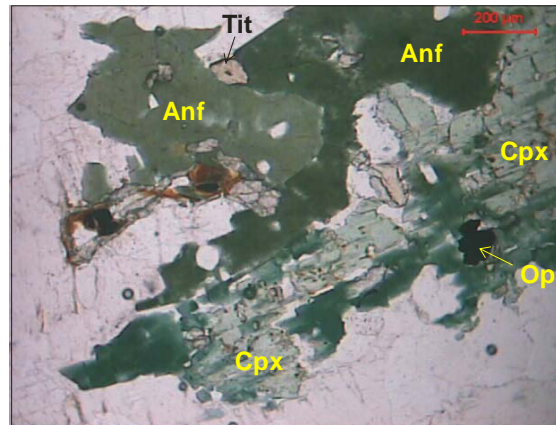


Foto 4.5 - Cristal xenomórfico de clinopiroxênio parcialmente transformado em anfibólio. Nicóis paralelos.

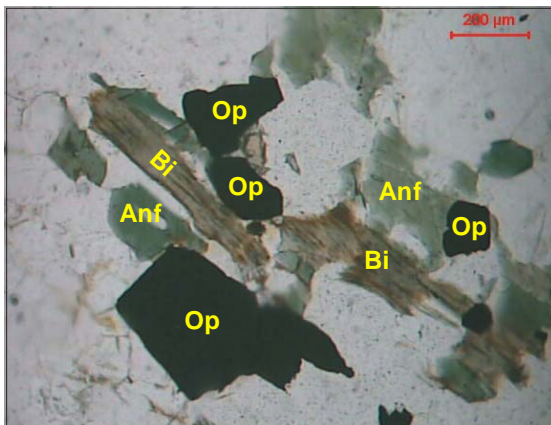


Foto 4.6 - Cristais hipidiomórficos de anfibólio, biotita e opacos. Nicóis paralelos.

CLINOPIROXÊNIO/ANFIBÓLIO ORTOGNAISSE MONZOGRANÍTICO (SUL DE POMBAL-PB)

Legenda das Fotomicrografias

- Anf - Anfibólio
- Bi - Biotita
- Cpx - Clinopiroxênio
- Kf - K-feldspato
- Mc - Microclina
- Op - Minerais opacos
- Pl - Plagioclásio
- Qz - Quartzo
- Tit - Titanita

4.2.2 Litogeoquímica

Foram analisadas oito amostras destes ortognaisses (quadro 4.1), entretanto tendo em vista a homogeneidade química apresentada pelos elementos analisados (p. ex. menos de 2 % de variação de SiO₂), os diagramas de variação elementar (Harker) não são pertinentes de serem utilizados. Por isto será dada ênfase aos diagramas discriminantes de séries magmáticas, ambientes tectônicos e dos elementos terras raras.

Segundo o índice de Shand estes ortognaisses monzogranitos são caracterizados, predominantemente, como metaluminosos (figura 4.3a), fato este compatível com a associação mineralógica observada (presença de clinopiroxênio e/ou anfibólio e mais raramente biotita).

Os valores de K₂O + Na₂O em relação à sílica (figura 4.3b) indicam que esta unidade pertence a uma série subalcalina, enquanto que no diagrama AFM as amostras plotam no campo das séries calcialcalinas (figura 4.3c).

O enriquecimento em potássio desta unidade é ressaltado no diagrama SiO₂ x K₂O com linhas divisórias de Innocenti *et al.*, 1982 e Middlemost, 1985 (figura 4.3d), onde as amostras plotam na região projetada para as séries de alto potássico (shoshoníticas ?). O caráter shoshonítico é corroborado com outros parâmetros químicos indicados por Morrison (1980) para a caracterização desta série, os quais foram constatados nestes ortognaisses, tais como valores Na₂O + K₂O entre 9,3 % e 10,5 %, TiO₂ variando entre 0,15 % a 0,19 % e Al₂O₃ entre 14,7 % a 15,7 % (quadro 4.1).

No diagrama discriminante de ambientes tectônicos propostos por Pearce *et al.* (1984) e Pearce (1996) as amostras analisadas plotam predominantemente no campo dos granitóides de arco vulcânico (figura 4.4a).

Utilizando os aranhogramas propostos por Pearce *et al.* (1984) a grande maioria dos elementos também sugere um ambiente de arco para esta unidade (figura 4.4b).

O padrão dos elementos terras raras observado na figura 4.5 apresenta um enriquecimento geral em relação ao padrão normalizado (condrito), onde os elementos terras raras leves apresentam um enriquecimento em relação aos elementos terras raras pesados (razão La_n/Lu_n = 9,8 a 24,5), sendo ressaltado uma maior dispersão destes últimos.

Neste contexto, tais ortognaisses podem ser caracterizados como uma suíte metaluminosa shoshonítica associada a um ambiente de arco. A distinção desta com as suítes aqui atribuídas como ediacaranas pode ser quimicamente ressaltada a partir dos aranhogramas de Pearce *et al.* (1984) e dos diagramas de elementos terras raras.

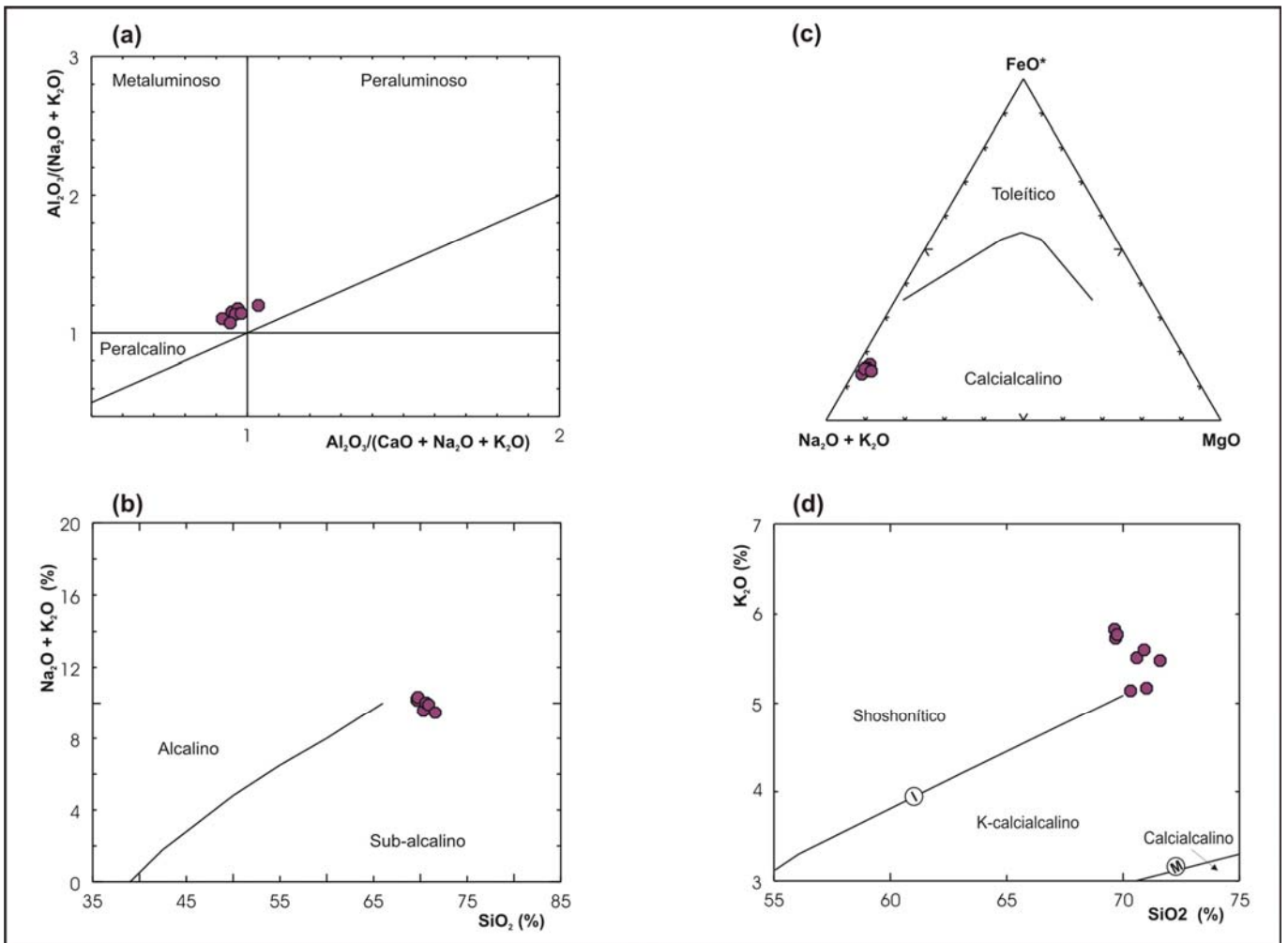


Figura 4.3 - Diagramas discriminantes com amostras do *sheet* de ortognaisses monzograníticas de Areia (sul de Pombal-PB). (a) Índice de Shand segundo diagrama de Maniar & Piccoli (1989); (b) Diagrama sílica x álcalis com linha divisória de Irvine & Baragar (1971); (c) Diagrama AFM segundo Irvine & Baragar (1971); (d) Diagrama SiO_2 x K_2O com linhas divisórias de Innocenti *et al.*, 1982 (I) e Middlemost, 1985 (M).

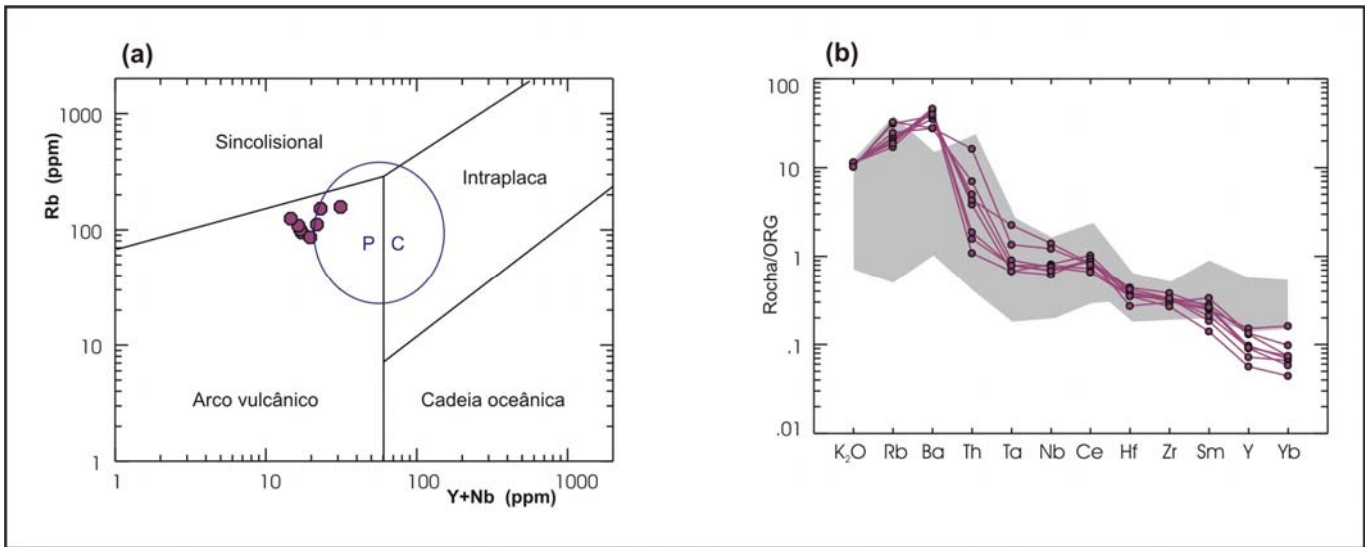


Figura 4.4 - Diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Pearce *et al.* (1984), com amostras do *sheet* de ortognaisse monzogranítico de Areia (sul de Pombal-PB). A região sombreada na figura b, corresponde ao espectro do ambiente de arco magmático proposto pelo citado autor. PC = pós-colisional (Pearce, 1996).

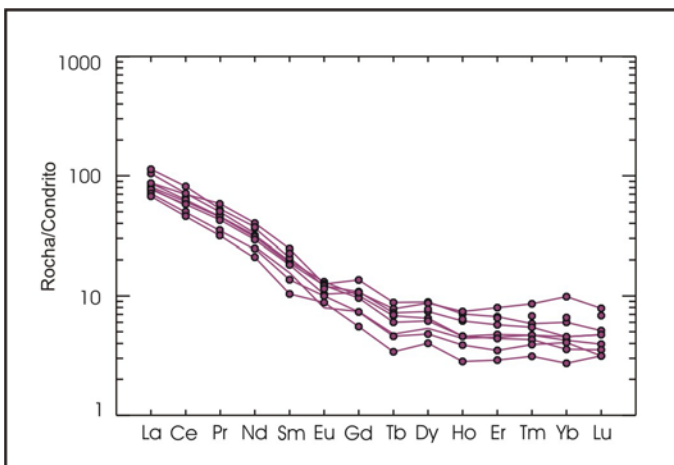


Figura 4.5 - Diagrama de elementos terras raras normalizados pelo condrito (Evensen *et al.*, 1978) com amostras do *sheet* de ortognaisse monzogranítico de Areia (sul de Pombal-PB).

4.3 MAGMATISMO EDIACARANO

Dentre os granitóides ediacaranos (brasilianos) presentes na área do projeto, foram objetos de estudos litogeoquímicos/petroológicos alguns corpos de composição diorítica, os batólitos Pedregulho (PB) e Catolé do Rocha (RN/PB), além do *stock* de Capuxu (PB) e corpos/diques associados (figura 4.1).

4.3.1 Dioritos (NP3δ2s)

Correspondem às rochas dioríticas correlacionadas ao evento brasileiro, as quais ocorrem tanto na forma de corpos isolados (figura 4.1), como associadas em processo de mistura de magmas na suíte intrusiva Itaporanga.

4.3.1.1 Petrografia

São rochas de composição essencialmente diorítica/gabróica (raramente quartzo monzonítica), mesocráticas (M = 40 % a 50 %), de coloração cinza escura e textura inequigranular média a grossa (figura 4.6 e foto 4.7).

O plagioclásio é a fase félsica principal, clinopiroxênio/anfibólio e biotita são os minerais máficos predominantes. Zircão, apatita e opacos ocorrem como minerais acessórios.

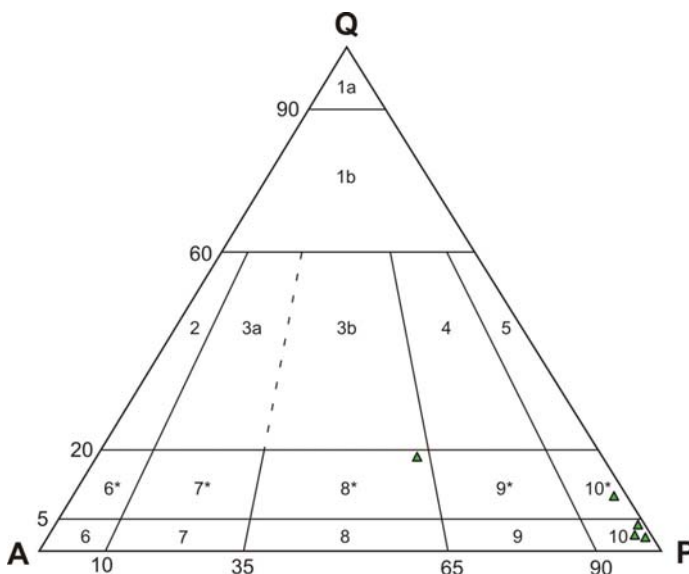


Figura 4.6 - Diagrama de classificação modal (QAP) ressaltando a predominância de termos dioríticos nos litotipos máfico-intermediários brasileiros.



Foto 4.7 - Aspecto geral do diorito/quartzo monzonito a noroeste de Pombal (PB). Afloramento VC-671.

Plagioclásio (29,3 % a 49,0 %): ocorre como cristais hipidiomórficos (tabulares) a xenomórficos, possuindo comprimento entre 0,5 mm e 2,5 mm. Apresentam geminação polissintética, por vezes associada à geminação do tipo Carlsbad (foto 4.8), bem como zonação normal. Estimativas do teor em anortita (método Michel-Lévy) variam entre 22 % a 29 %. Contém inclusões de zircão, opacos, apatita, biotita e clinopiroxênio. Em alguns cristais são observados processos de alteração para saussurita.

Clinopiroxênio (10,0 % a 35,0 %): ocorre sob a forma de cristais xenomórficos com dimensões entre 0,4 mm e 3 mm, por vezes com macla simples e freqüentemente com bordas transformadas para anfibólio (foto 4.9). As características óticas observadas, tipo pleocroísmo em tons de verde, ângulo de extinção elevado ($Z^c = 35-40^\circ$), sinal ótico positivo e $2V_z$ de 60° , permitiram classificá-lo como da família do diopsídio-hedenbergita. Possui inclusões de biotita.

Anfibólio (1,0 % a 20,0 %): são cristais de cor verde claro, gerados pela desestabilização dos clinopiroxênios.

Biotita (8,0 % a 19,9 %): aparece como lamelas hipidiomórficas a xenomórficas de cor marrom avermelhada, desenvolvendo contatos interdigitados e retos com os demais minerais ferromagnesianos.

Quartzo (1,0 % a 10,7 %): são cristais xenomórficos com tamanho inferior a 0,4 mm, por vezes apresentando extinção ondulante.

Minerais opacos (1,0 % a 6,0 %): são cristais idiomórficos a hipidiomórficos dispersos na matriz da rocha, atingindo até 0,3 mm de tamanho. Um segundo tipo é formado por grãos anédricos derivados da transformação de piroxênio e biotita.

Apatita (inferior a 2,0 %): correspondem a pequenos cristais precoces, idiomórficos, usualmente prismáticos finos e/ou aciculares, evidenciando uma cristalização rápida dos mesmos.

Titanita (inferior a 3%): apresenta-se como cristais idiomórficos a hipidiomórficos com dimensões inferiores a 2 mm.

Zircão (traços): corresponde a pequenos cristais precoces, idiomórficos com hábito prismático fino (foto 4.10).

K-Feldspato: ocorre como cristais xenomórficos e submilimétricos, sendo mais representativo nos termos quartzo-monzoníticos, quando atinge 15 % da composição modal.

De acordo com as relações texturais observadas, os minerais acessórios (zircão, titanita, apatita e minerais opacos) correspondem às fases magmáticas precoces, sendo seguidos pela cristalização da biotita e do clinopiroxênio, e posteriormente por quartzo/feldspato.

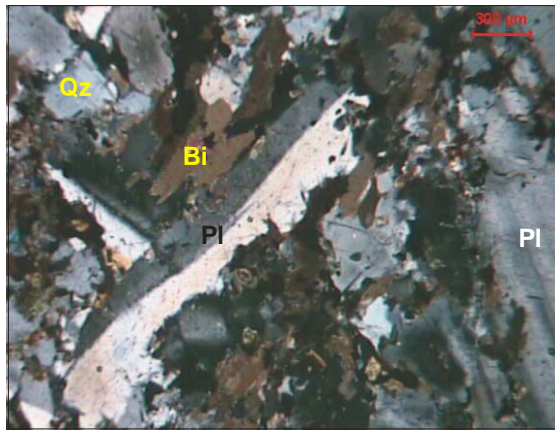


Foto 4.8 - Cristal tabular de plagioclásio com geminação encurvada. Nicóis cruzados.

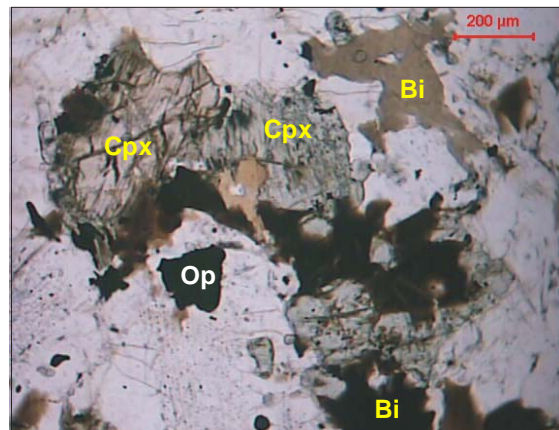


Foto 4.9a - Cristais xenomórficos de clinopiroxênio com finas bordas de anfibólio. Notar cristais de biotita. Nicóis paralelos.

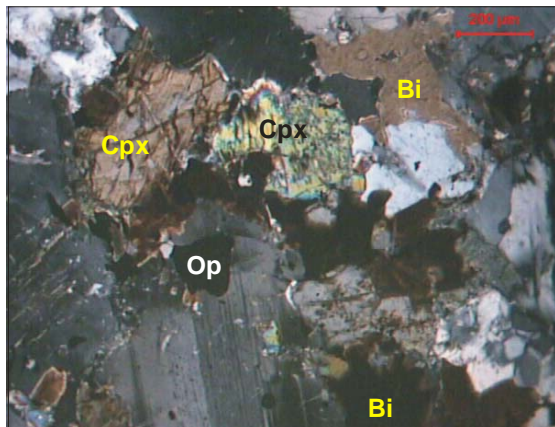


Foto 4.9b- Mesmo campo da foto 4.9a, em nicóis cruzados.

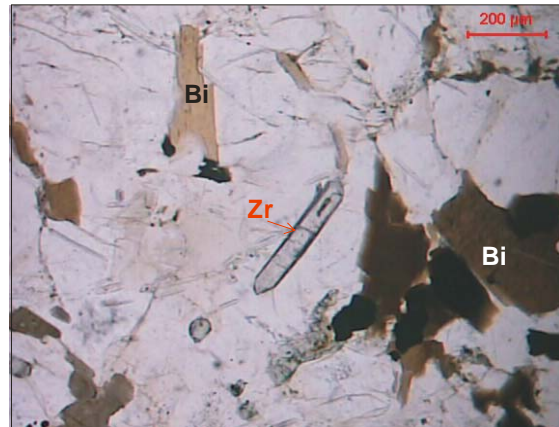


Foto 4.10a- Cristal idiomórfico de zircão, além de biotitas. Nicóis paralelos.

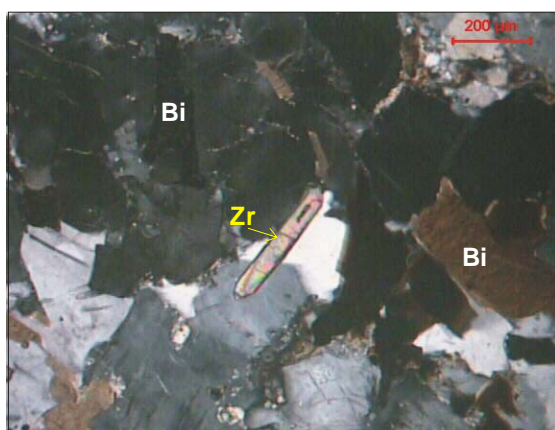


Foto 4.10b - Mesmo campo da foto 4.10a, em nicóis cruzados.

CLINOPIROXÊNIO DIORITOS

Legenda das Fotomicrografias

- Bi - Biotita
- Cpx - Clinopiroxênio
- Op - Minerais opacos
- Pl - Plagioclásio
- Qz - Quartzo
- Zr - Zircão

4.3.2 Batólito de Pedregulho (NP3γ2it)

Este corpo é representado pelos litotipos graníticos porfiríticos que afloram na região de Pedregulho, noroeste de Pombal-PB (figura 4.1). Texturalmente são semelhantes aos litotipos da suíte intrusiva Itaporanga.

4.3.2.1 Petrografia

São constituídos predominantemente por biotita sienogranitos com anfibólio e, mais raramente, quartzo sienitos (figura 4.7), apresentando pórfiros de feldspato atingindo 5 cm de comprimento. Possuem uma matriz grossa, tendo biotita e anfibólio como minerais máficos dominantes e coloração cinza escura (foto 4.11). Variam desde termos leucocráticos a mesocráticos de coloração cinza escura. Como minerais acessórios foram observados titanita, epidoto e opacos, além de traços de alanita, apatita e zircão.

Tanto no campo como em lâminas delgadas constatou-se um *fabric* tectônico (lineação, foliação, porfiroclastos assimétricos, etc) nestes litotipos, atribuído à orogênese brasileira.

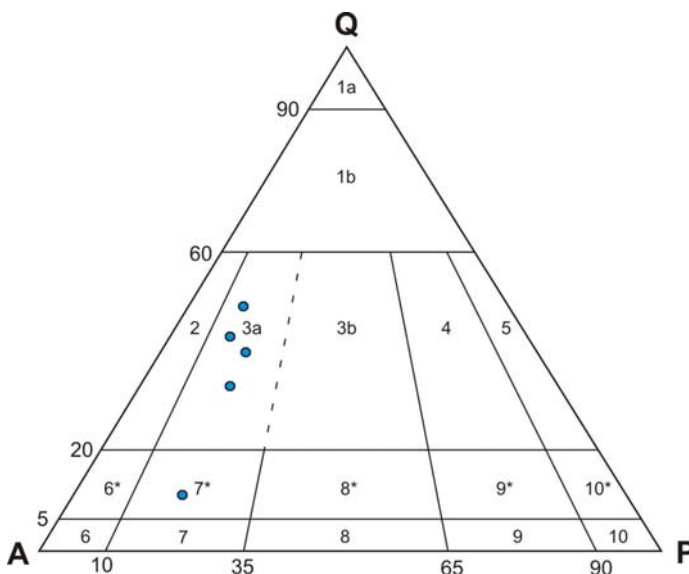


Figura 4.7 - Diagrama de classificação modal (QAP) com amostras do batólito de Pedregulho (PB).



Foto 4.11 - Aspecto geral do biotita sienogranito pórfiro de Pedregulho (PB). Afloramento VC-679.

K-feldspato (30,0 % a 45,0 %): ocorre essencialmente como fenocristais idiomórficos (por vezes com formas sigmoidais, quando afetado por deformação) de microclinas que apresentam a geminação da albita-periclina no padrão “em grade” (foto 4.12), por vezes combinadas com a

geminção Carlsbad. Alguns cristais mostram fraturas preenchidas por um fino agregado de pequenos cristais de quartzo. Mais raramente mostram mirmequitas nas bordas de contato. Apresentam inclusões de plagioclásio e de biotita.

Plagioclásio (10,0 % a 8,0 %): ocorre principalmente como pequenos cristais idiomórficos a xenomórficos. Usualmente mostram-se zonados com núcleos cálcicos fortemente alterados, saussuritização e ainda formação de finos cristais de mica branca, e por vezes apresentam a geminação polissintética. Cristais na matriz são raros e quando presentes mostram efeitos de saussuritização.

Quartzo (5,0 % a 45,0 %): a maioria dos cristais constituem o mosaico milonítico da matriz, usualmente como finos cristais recristalizados, porém também ocorrem como agregados de cristais maiores (foto 4.13) mostrando extinção ondulante. Na sua maioria são cristais xenomórficos a hipidiomórficos.

Biotita (8,0 % a 15,0 %): é o mineral máfico dominante, o qual ocorre como pequenos cristais orientados (palhetas hipidiomórficas) evidenciando a foliação da rocha. São de cor verde amarelada a marrom amarelada. Os cristais maiores apresentam inclusões de opacos, epidoto, titanita e apatita, e por vezes podem mostrar-se deformados com os planos de clivagem vergados/dobrados (foto 4.14).

Titanita (5,0 % a 6,0 %): ocorre como cristais hipidiomórficos a idiomórficos de cor amarronzada, preferencialmente orientados segundo a foliação da rocha. São comuns apresentarem inclusões de minerais opacos (esfritização?) e apatita (fotos 4.15 e 4.16).

Anfibólio (inferior a 5,0 %): pequenos cristais hipidiomórficos a idiomórficos de cor verde, dispersos nos agregados máficos.

Epidoto (0,5 % a 3,0 %): pequenos cristais idiomórficos de cor amarelada-esverdeada, apresentando fortes cores de birrefringência. Por vezes possuem geminação simples e mostram núcleos de alanita de coloração avermelhada.

Minerais opacos (cerca de 5,0 %): cristais geralmente idiomórficos com dimensões atingindo 1 mm. Alguns são cristais xenomórficos e apresentam coloração avermelhada (rutilo?).

Alanita (cerca de 0,5 %): pequenos cristais idiomórficos, avermelhados, dispersos na matriz ou constituindo núcleos de alguns cristais de epidoto.

Apatita (inferior a 0,5 %): são poucos e pequenos cristais prismáticos, finos ou ainda com formas hexagonais/ovaladas.

Zircão (traços): poucos e pequenos cristais idiomórficos apresentando hábito prismático alongado.

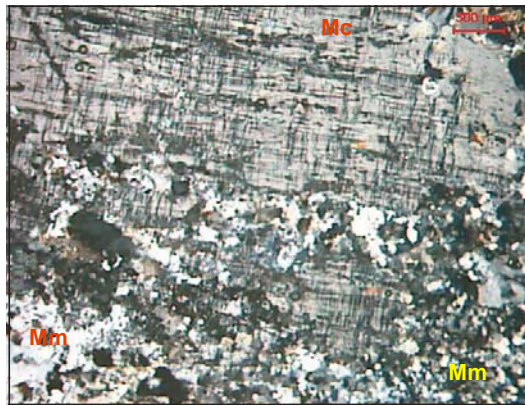


Foto 4.12 - Fenocristal de microclina envolvido por uma matriz milonítica que define a foliação da rocha. Nicóis cruzados.

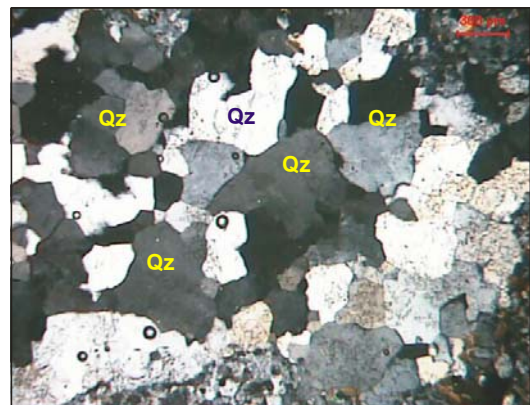


Foto 4.13 - Agregado de cristais xenomórficos de quartzo apresentando extinção ondulante. Nicóis cruzados.



Foto 4.14 - Agregados de biotita com planos de clivagem vergados/dobrados e inclusões parciais de zircão. Nicóis cruzados.

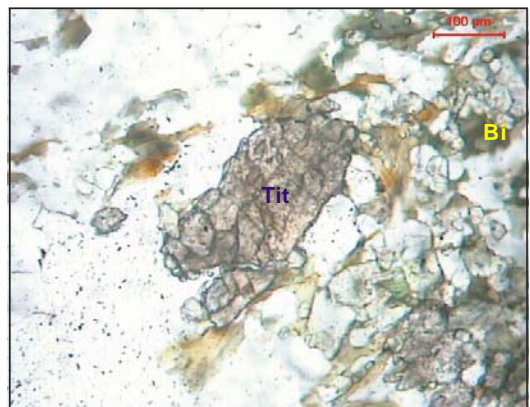


Foto 4.15 - Cristal hipidiomórfico de titanita, orientado segundo a foliação da rocha. Nicóis paralelos.

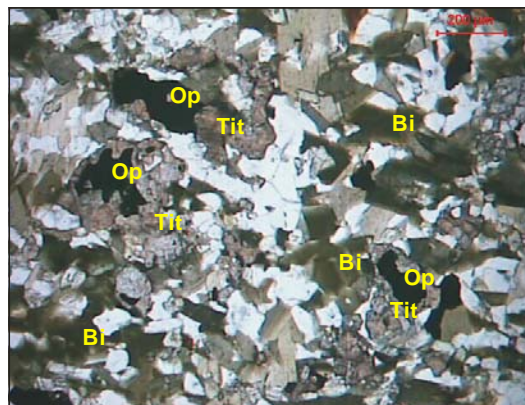


Foto 4.16 - Agregado de minerais máficos orientados, evidenciando a foliação da rocha. Nicóis cruzados.

BIOTITA SIENOGRAFITO COM ANFIBÓLIO (PEDREGULHO)

Legenda das Fotomicrografias

- Bi - Biotita
- Mc - Microclina
- Mm - Matriz milonítica
- Op - Minerais opacos
- Qz - Quartzo
- Tit - Titanita
- Zr - Zircão

4.3.3 Batólito de Catolé do Rocha (NP3γ2it)

Corresponde a um corpo com dimensões batolíticas que aflora na porção centro-nordeste da folha Sousa. No presente trabalho (ver também Medeiros *et al.*, 2005) foram individualizadas três fácies petrográficas/magmáticas no referido corpo (figura 4.1), designadas de Alexandria (porção externa do batólito), Brejo dos Santos (porção central) e Maniçoba (fácies com forma concêntrica localizada na porção nordeste do batólito).

Apesar dos litotipos das três fácies serem classificados modalmente como sienogranitos (figura 4.8), as mesmas podem ser distinguidas pelos aspectos de campo/texturais (fotos 4.17 a 4.19), composição/percentual da mineralogia máfica e acessória das rochas, bem como pelo caráter geoquímico das mesmas.

4.3.3.1 Fácies Alexandria (RN) - Petrografia

São biotita sienogranitos com textura fanerítica porfirítica, leucocrática, onde se destacam fenocristais de K-feldspato com até 5,0 cm no seu eixo maior. Possuem em torno de 75 % da moda constituída por quartzo, plagioclásio e K-feldspato, com este último dominando sobre os demais. Como acessórios são observados cristais de anfibólio, minerais opacos e titanita, além de traços de zircão, epidoto e alanita.

Plagioclásio (14,0 % a 35,3 %): ocorre principalmente como cristais hipidiomórficos de tamanho variado, com até 4,0 mm no seu eixo maior. Mostram extinção ondulante, e/ou vergamento de planos de maclas (efeitos de deformação em estado sólido), zonação e o desenvolvimento de bordas mirmequíticas nos contatos com os fenocristais de K-feldspato. Os processos de saussuritização e carbonatação, ainda que não muito forte, indicam que estes plagioclásios são pelo menos oligoclásios cálcicos. Pequenos cristais (geralmente inferiores a 1,0 mm) idiomórficos a hipidiomórficos ocorrem como inclusões nos fenocristais de K-feldspato. Estes cristais comumente mostram zonação normal, com bordas albíticas bem desenvolvidas. Apresentam inclusões de biotita, anfibólio, epidoto, minerais opacos, apatita e quartzo.

K-feldspato (20,7 % a 50,1 %): constitui os fenocristais da rocha com até 5,0 cm de comprimento. São microclinas periticas (foto 4.20) apresentando a conjugação das geminações Carlsbad e albita-periclina (microclinização do ortoclásio?). Textura poiquilítica é evidenciada pelas inclusões de plagioclásio, biotita, anfibólio, quartzo e minerais opacos. Nas interfaces de alguns fenocristais se desenvolve uma textura mortar, representada por um agregado microcristalino de quartzo-feldspato associado a “micro-zonas de cisalhamento”, onde também se

desenvolve uma intensa mirmequitização do plagioclásio, evidenciando a atuação de uma fase fluída aquosa durante um processo deformacional tardi/pós magmático.

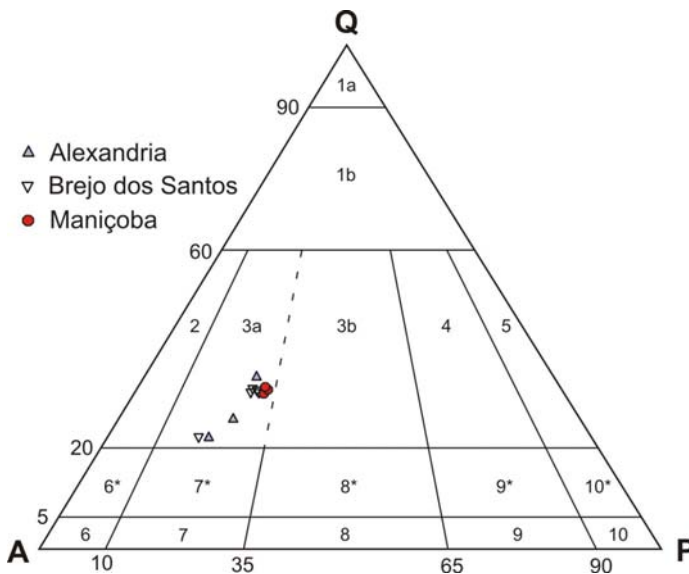


Figura 4.8 - Diagrama de classificação modal (QAP) ressaltando a composição sienogranítica do batólito de Catolé do Rocha-PB.



Foto 4.17 - Aspecto geral de afloramento do biotita sienogranito da fácies Alexandria (Batólito de Catolé do Rocha-PB). Afloramento VC-80.



Foto 4.18 - Aspecto geral de afloramento do anfibólio sienogranito da fácies Brejo dos Santos (Batólito de Catolé do Rocha-PB). Afloramento VC-633.



Foto 4.19 - Aspecto geral de afloramento do sienogranito de Maniçoba (Batólito de Catolé do Rocha-PB). Afloramento VC-642.

Quartzo (19,6 % a 30,2 %): cristais essencialmente xenomórficos de contatos irregulares, com forte extinção ondulante (foto 4.21) e algumas fraturas preenchidas por material micáceo. Possui inclusões de biotita, plagioclásio, anfibólio, titanita, minerais opacos e alanita.

Biotita (8,1 % a 9,3 %): é o mineral máfico dominante e ocorre como cristais hipidiomórficos com contatos retos a serrilhados. Apresenta coloração amarela-esverdeada e forte pleocroísmo em tons amarelo e verde. Inclusões de zircão (foto 4.22), apatita, titanita e minerais opacos são relativamente comuns.

Anfibólio (ausente a 1,3 %): ocorre como cristais predominantemente hipidiomórficos de cor verde com pleocroísmo forte em tons verde-amarelado, característico da família das hornblendas. Foram observadas inclusões de minerais opacos (foto 4.23), apatita, zircão e titanita.

Titanita (1,1 % a 4,9 %): cristais predominantemente hipidiomórficos de cor marrom claro, com tamanho inferior a 1,0 mm. Alguns cristais mostram fraturas grossas preenchidas por óxido/hidróxido de ferro. Inclusões de minerais opacos (foto 4.24), zircão e apatita são comuns.

Minerais opacos (0,6 % a 1,1 %): cristais idiomórficos a xenomórficos de tamanho variado, usualmente inferiores a 1,0 mm.

Zircão (traços): poucos e pequenos cristais idiomórficos, por vezes mostrando zonação. Ocorre essencialmente como inclusões em outras fases minerais da rocha, denotando caráter precoce de cristalização.

Apatita (traços): poucos e pequenos cristais idiomórficos, prismáticos finos, por vezes com formas quadráticas. Juntamente com o zircão constituem as fases de cristalização mais precoces.

Epidoto (ausente a traços): poucos cristais hipidiomórficos de coloração amarelo claro, usualmente associados com a biotita.

Alanita (ausente a traços): são cristais pequenos, idiomórficos (raramente atingem 1,0 mm de comprimento) de cor amarela, por vezes zonados, apresentando processo de metamictização. Alguns cristais mostram fraturas tardias de expansão pós-cristalização.

De acordo com as relações texturais observadas, pode-se inferir que os cristais de zircão, apatita e os minerais opacos foram as primeiras fases magmáticas a cristalizar, seguidos por titanita e biotita. Posteriormente ocorreu a cristalização do plagioclásio, seguida por quartzo e finalmente por K-feldspato.

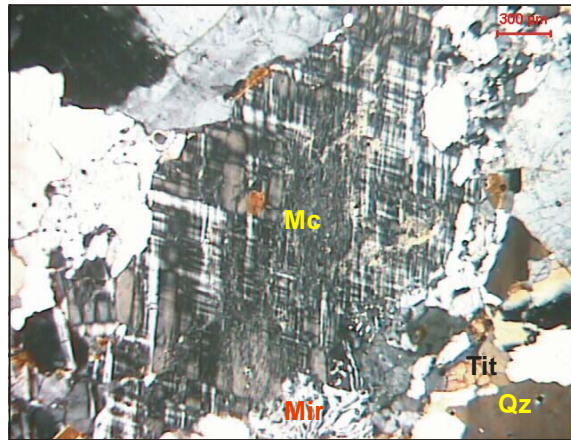


Foto 4.20 - Microclina hipidiomórfica mostrando inclusão de biotita e mirmequitas nas bordas. Nicóis cruzados.

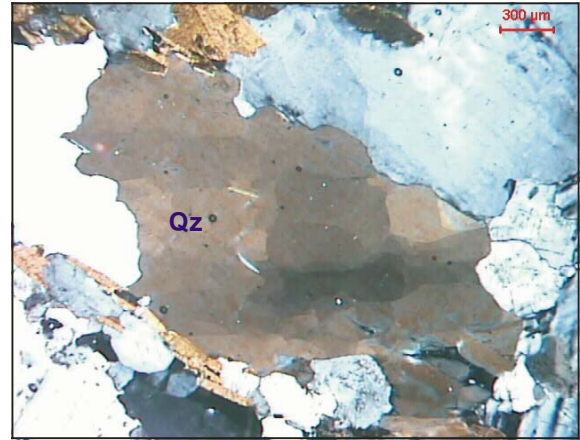


Foto 4.21 - Quartzo xenomórfico apresentando extinção ondulante. Nicóis cruzados.

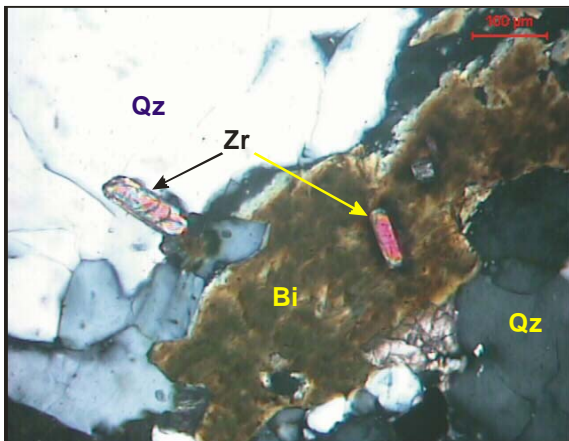


Foto 4.22 - Biotita hipidiomórfica e quartzo com inclusões de zircões idiomórficos. Nicóis cruzados.

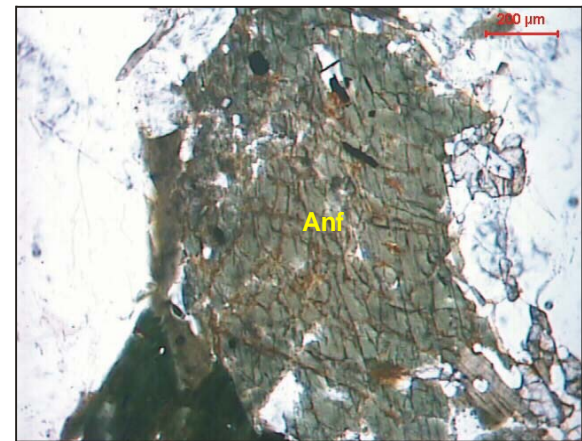


Foto 4.23 - Anfibólio hipidiomórfico com inclusões de minerais opacos. Nicóis paralelos.

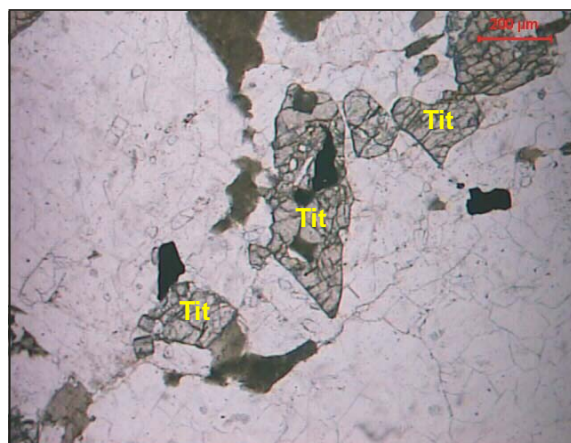


Foto 4.24 - Titanitas hipidiomórficas com inclusões de minerais opacos. Nicóis paralelos.

**BIOTITA SIENOGRAFITO
(FÁCIES ALEXANDRIA)**

Legenda das Fotomicrografias

- Anf - Anfibólio
- Bi - Biotita
- Mc - Microclina
- Mir - Mirmequita
- Qz - Quartzo
- Tit - Titanita
- Zr - Zircão

4.3.3.2 Fácies Brejo dos Santos (PB) - Petrografia

São anfibólio sienogranitos, por vezes com biotita, faneríticos grossos a/ou porfiríticos, com fenocristais de K-feldspato atingindo 2,5 cm de comprimento e coloração rosada. Como constituintes acessórios/traços foram observados minerais opacos, titanita, zircão, apatita e alanita. Uma idade ediacarana para estes litotipos foi obtida no presente trabalho (capítulo 5).

Plagioclásio (13,5 % a 15,6 %): os cristais da matriz são principalmente hipidiomórficos, por vezes xenomórficos, de composição oligoclásica com Na₂₄-22% (método ótico de Michel-Lévy) e tamanho inferior a 4,0 mm. Extinção ondulante e maclas polissintéticas ligeiramente vergadas evidenciam efeitos de uma deformação pós-cristalização. Cristais menores (tamanho inferior a 1,0 mm), idiomórficos e zonados são comuns como inclusões nos fenocristais de K-feldspato (foto 4.25). Mirmequita do tipo bulbosa (Phillips, 1974) foi observada em algumas lâminas (foto 4.26). Possui inclusões de biotita, anfibólio e minerais opacos.

K-feldspato (39,3 % a 58,7 %): são fenocristais hipidiomórficos de microclina com o típico padrão “em grade” das maclas Albita-Periclina. Associam-se ainda uma textura pertítica, com predomínio de pertitas dos tipos *strings* e *stringlets* (Deer *et al.*, 1992) e, mais raramente, “em chamas”. Possui inclusões de plagioclásio, quartzo, biotita, anfibólio e minerais opacos.

Quartzo (20,3 % a 24,8 %): ocorre como cristais predominantemente xenomórficos, atingindo 1,0 cm de comprimento (quando estirados), e usualmente com extinção ondulante. Inclusões de plagioclásio, anfibólio, biotita, minerais opacos e zircão são comuns, bem como a presença de fraturas tardias preenchidas por material micáceo.

Anfibólio (3,9 % a 18,6 %): cristais principalmente hipidiomórficos, por vezes xenomórficos, de cor verde a verde-amarelado/amarronzado. Possui inclusões de biotita, minerais opacos, zircão, alanita e apatita, bem como cristais de biotita ao longo dos planos de clivagem (foto 4.27).

Biotita (ausente a 10,7 %): ocorre como palhetas hipidiomórficas de contatos retos a serrilhados. São cristais de cor amarelo-amarronzada e por vezes avermelhados (oxidados), e fortemente pleocróicos. Inclusões de zircão, apatita (foto 4.28), minerais opacos, titanita, e alanita são comuns.

Titanita (ausente a 2,9 %): cristais idiomórficos a hipidiomórficos de coloração marrom a creme e de tamanho variado, usualmente inferiores a 2 mm. Inclusões de minerais opacos, zircão e apatita são encontradas, principalmente nos cristais maiores.

Minerais opacos (inferior a 1 %): cristais hipidiomórficos a xenomórficos, sempre menores do que 1,0 mm, por vezes apresentando-se como parcialmente inclusos em cristais de zircão.

Zircão (traços): pequenos cristais idiomórficos precoces em seções quadráticas ou prismáticas finas, inclusas em várias fases da rocha.

Apatita (traços): poucos e pequenos cristais idiomórficos, usualmente em seções prismáticas finas ou hexagonais.

Alanita (traços): cristais idiomórficos a hipidiomórficos de cor amarela, por vezes zonados, metamictizados, de tamanho inferior a 1,0 mm. Localmente observa-se no contato da alanita com a matriz félsica o desenvolvimento de fraturas radiais (foto 4.29). Estas fraturas são resultados da expansão da alanita, num estágio pós-cristalização da rocha, decorrente da radiação provocada pelos elementos radioativos da alanita (Ce, terras raras, etc.).

De acordo com as relações texturais observadas, opacos/zircão, apatita, alanita e posteriormente titanita correspondem às fases magmáticas precoces, seguidos por biotita/anfibólio. Posteriormente houve a cristalização do plagioclásio, do quartzo e do K-feldspato.

4.3.3.3 Fácies Maniçoba (PB) - Petrografia

É constituída por um biotita sienogranito leucocrático a holocrático (2 % a 8 % de minerais máficos, essencialmente biotita), de coloração rósea e textura média/grossa (figura 4.8 e foto 4.19). Como minerais acessórios/traços foram observados opacos, zircão, apatita, titanita, alanita e epidoto secundário.

Plagioclásio (15,0 % a 20,0 %): foram observados três tipos texturais de plagioclásios. O primeiro tipo ocorre na matriz como cristais hipidiomórficos com dimensões de até 2 mm segundo o eixo maior. Usualmente mostram-se zonados, são do tipo oligoclásio (método de Michel-Lévy) e apresentam inclusões de zircão, minerais opacos e biotita. Alguns cristais mostram-se deformados com os planos de maclas vergados. O segundo tipo de plagioclásio é constituído por cristais que ocorrem inclusos nos pórfiros de K-feldspato (foto 4.30). São idiomórficos a hipidiomórficos, via de regra com zonação normal, com núcleos cálcicos já saussuritizados e bordas albíticas límpidas e de espessura variada. O terceiro tipo é constituído pelas mirmequitas, encontradas tanto na matriz da rocha nos contatos “plagioclásio vs. K-feldspato”, principalmente o tipo bulbosa de Phillips (1974), quanto como inclusões nos K-feldspato. Um tipo mais raro ocorre como finas franjas no contato quartzo-feldspato potássico (foto 4.31).

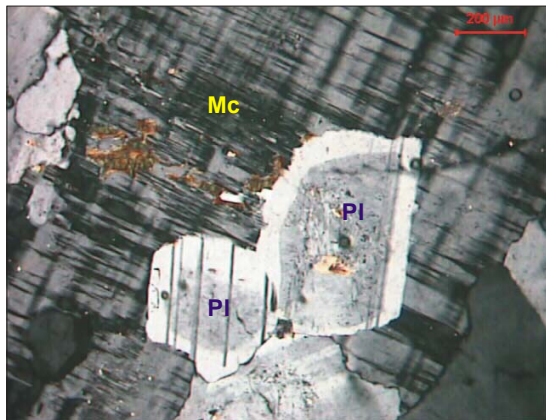


Foto 4.25 - Cristais hipidiomórficos de plagioclásios inclusos em microclina Nicóis cruzados.

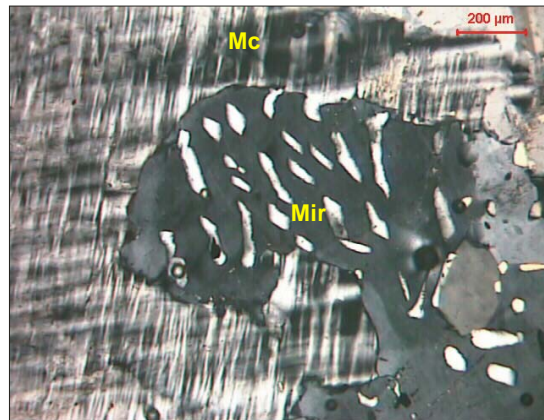


Foto 4.26 - Mirmekita tipo bulbosa (Phillips, 1974) invadindo o K-feldspato (microclina). Nicóis cruzados.

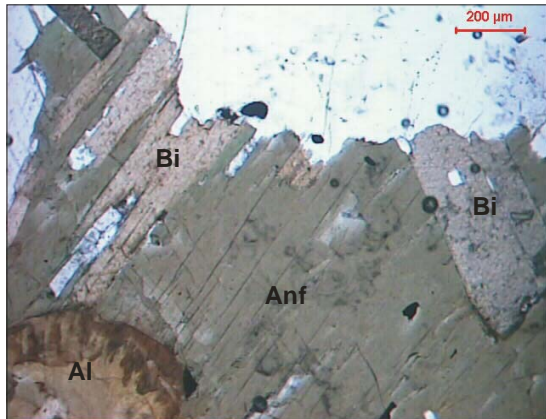


Foto 4.27 - Cristal de anfibólio com inclusão de biotita e cristais de biotita desenvolvidos nos planos de clivagem do anfibólio. Nicóis cruzados.

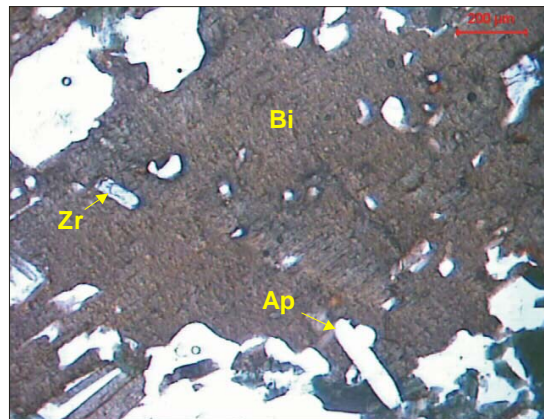


Foto 4.28 - Biotita hipidiomórfica com inclusões de zircão e apatita idiomórficos. Nicóis cruzados.

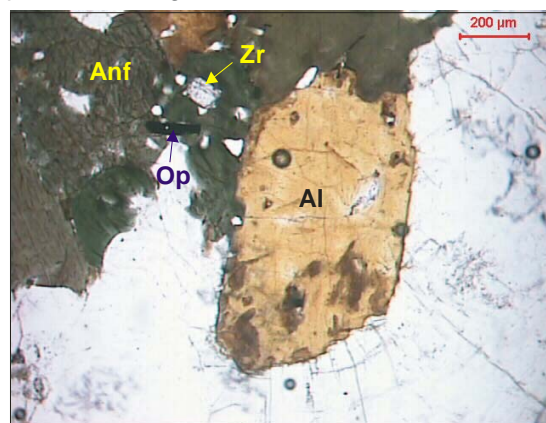


Foto 4.29 - Cristais idiomórficos de alanita, zircão e minerais opacos. Observa-se ainda cristais de anfibólio. Nicóis paralelos.

**ANFIBÓLIO SIENOGRANITO
(FÁCIES BREJO DOS SANTOS)**

Legenda das Fotomicrografias

- Al - Alanita
- Anf - Anfibólio
- Ap - Apatita
- Bi - Biotita
- Mc - Microclina
- Mir - Mirmekita
- Op - Minerais opacos
- Pl - Plagioclásio
- Zr - Zircão

K-feldspato (40,0 % a 50,0 %): são microclinas típicas que ocorrem como cristais hipidiomórficos a xenomórficos, atingem 5 mm no seu eixo maior, apresentando as geminações albíta-periclina no típico padrão "*em grade*" (foto 4.30), por vezes combinadas com a geminação Carlsbad. Em alguns cristais observam-se pertitas dos tipos *strings* (foto 4.32) e *stringlets* (Deer *et al.*, 1992). Inclusões de biotita e plagioclásio são comuns, estes últimos usualmente dispostos paralelamente às faces do K-feldspato. Em alguns cristais observa-se a presença de um material de alteração superficial de coloração avermelhada, possivelmente algum tipo de processo de oxidação secundária (foto 4.33).

Quartzo (25,0 % a 30,0 %): ocorre essencialmente como cristais xenomórficos tardios, com dimensões variadas, mas que podem chegar até 4,0 mm. Usualmente estão fraturados e mostram extinção ondulante.

Biotita (2,0 % a 8 %): ocorre essencialmente como palhetas hipidiomórficas de cor esverdeada a amarelo-amarronzado. Alguns cristais mostram bordas corroídas por quartzo e/ou feldspatos. Inclusões de zircão, minerais opacos, apatita, epidoto e alanita são comuns (foto 4.34). Evidências de deformação se refletem em cristais com extinção ondulante e ainda com os planos de clivagem com textura do tipo *kink*.

Minerais opacos (inferior a 2 %): cristais idiomórficos a xenomórficos, usualmente inclusos na biotita encontram-se alinhados segundo a foliação da rocha. Inclusões de zircão são freqüentemente observadas.

Zircão (inferior a 0,5 %): usualmente ocorre como cristais idiomórficos, prismáticos alongados, ou ainda em seções quadráticas de baixa birrefringência.

Apatita (inferior a 0,5 %): pequenos cristais idiomórficos com seções prismáticas finas alongadas, ou hexagonais/ovaladas. Encontra-se inclusa nos minerais predominantes da rocha.

São ainda encontrados traços de alanita metamictizada e titanita. Como minerais secundários ocorrem finos cristais granulares de epidoto, decorrentes da saussuritização do plagioclásio.

As relações texturais observadas indicam que os minerais acessórios foram os primeiros a se formarem, seguido pela biotita, e posteriormente pelos constituintes principais (quartzo, plagioclásio e K-feldspato).

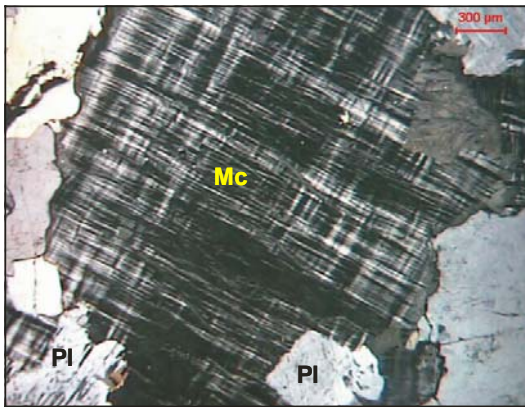


Foto 4.30 - Fenocristal de K-feldspato (microclina) com inclusões de plagioclásios hipidiomórficos. Nicóis cruzados.

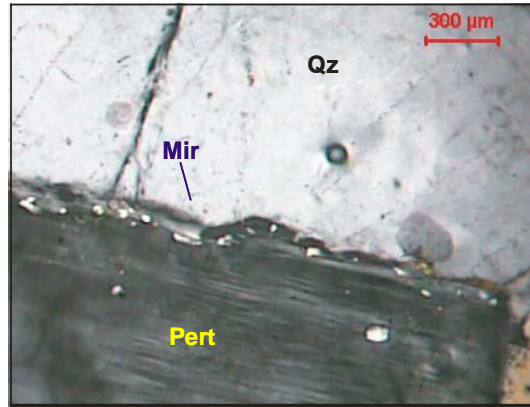


Foto 4.31 - Finas mirmequitas desenvolvidas no contato entre o K-feldspato pertítico e o quartzo. Nicóis cruzados.

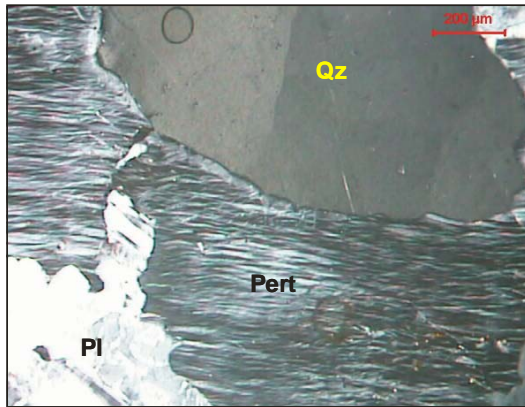


Foto 4.32 - K-feldspato pertítico (tipo *string*) em contato com quartzo, este com extinção ondulante “em bandas”. Nicóis cruzados.

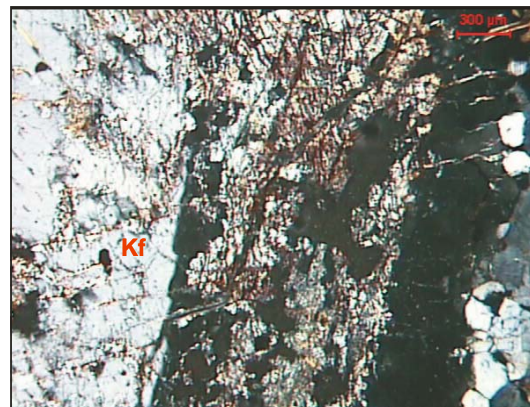


Foto 4.33 - Alteração superficial de coloração avermelhada observada em cristal de K-feldspato (oxidação?). Nicóis paralelos.

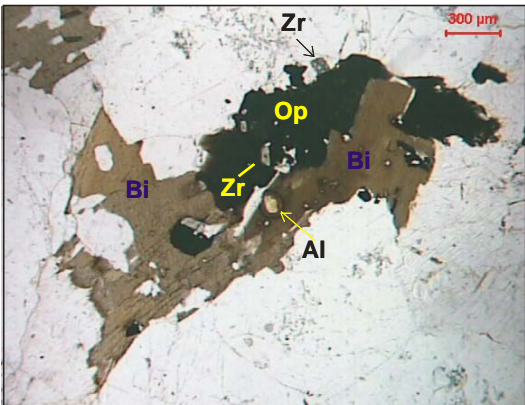


Foto 4.34 - Agregado máfico onde domina biotita e minerais opacos. Ver ainda pequenos cristais idiomórficos de alanita e zircão. Nicóis paralelos.

**SIENOGRANITO COM BIOTITA
(FÁCIES MANIÇOBA)**

Legenda das Fotomicrografias

- Al - Alanita
- Bi - Biotita
- Kf - K-feldspato
- Mir - Mirmequita
- Pert - Pertita
- Op - Minerais opacos
- Pl - Plagioclásio
- Qz - Quartzo
- Zr - Zircão

4.3.4 Granito Capuxu (NP3γ2di)

O Granito Capuxu ocorre tanto sob a forma de *stocks*, a exemplo da serra do Capuxu (PB), como na forma de diques (tipo Arruda Câmara-PB). O caráter tardio desta suíte foi caracterizado pela ausência de feições tectônicas nos seus litotipos e pela existência de diques do tipo Arruda Câmara cortando rochas da Suíte intrusiva Itaporanga (figura 4.1). A idade obtida no presente projeto (capítulo 5), corrobora com os dados de campo, onde estes litotipos são considerados como do final do evento brasileiro (tardi a/ou pós-orogênicos).

4.3.4.1 Petrografia

São biotita monzogranitos (titaníferos) leucocráticos (componentes máficos/biotita e titanita, variam de 14,2 % a 20,1 %) de coloração cinza claro ou rosa claro, com textura fanerítica média e alguns microfenocristais de feldspato atingindo 0,8 cm de comprimento maior (figura 4.9 e foto 4.35).

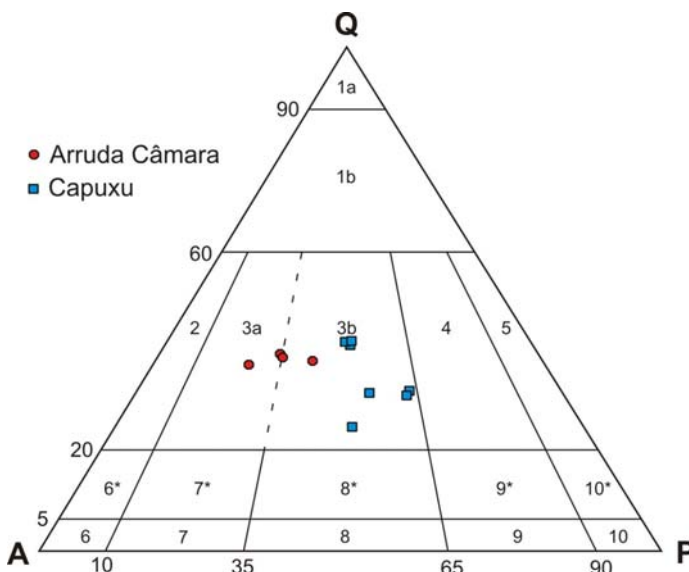


Figura 4.9 - Diagrama de classificação modal (QAP) com amostras dos granitóides do *stock* de Capuxu e dos diques tipo Arruda Câmara (PB).



Foto 4.35 - Aspecto geral do monzogranito da serra Capuxu (Pombal-PB). Afloramento VC-588.

Plagioclásio (24,5 % a 35,1 %): O tipo dominante é hipidiomórfico, usualmente zonado com núcleos cálcicos (zonação normal) representando cristais maiores na matriz (comprimento maior inferior a 3 mm), composicionalmente é do tipo oligoclásio, apresenta geminação polissintética, e

comumente mostra inclusões de biotita, minerais opacos, titanita e alanita. O segundo tipo de plagioclásio é representado pelas inclusões idiomórficas a hipidiomórficas encontradas nos fenocristais de K-feldspato, também apresentando zonação, e geralmente está orientado paralelamente às faces do K-feldspato hospedeiro. Um terceiro tipo deste mineral corresponde às mirmequitas que ocorrem como agregados nos contatos dos plagioclásios com os K-feldspatos. Dentre as mirmequitas predominam as do tipo bulbosas (Phillips, 1974), porém também foram observadas mirmequitas de inclusão no K-feldspato (tipo B de Phillips *op. cit.*). A grande quantidade e diversidade de mirmequitas atesta a ação de uma fase fluida rica em voláteis, água principalmente, nos estágios subsolidus/tardi-magmático da rocha.

K-feldspato (19,7 % a 29,8 %): cristais hipidiomórficos a xenomórficos de dimensões variadas, atingindo 5 mm segundo o comprimento maior, com geminações albita-periclina (xadrez) características da microclina (foto 4.36). Algumas seções mostram textura pertítica tanto do tipo *string* como *stinglets* de Deer *et al.* (1992). Possui Inclusões de biotita (foto 4.36) e plagioclásio.

Quartzo (19,6 % a 35,5 %): geralmente apresenta-se na forma de cristais xenomórficos, com dimensões variadas (podendo atingir 4 mm no eixo maior), por vezes com extinção ondulante. Comumente possui inclusões de plagioclásio, microclina, biotita, alanita, titanita e minerais opacos.

Biotita (7,2 % a 11,1 %): é o mineral máfico dominante, o qual ocorre em palhetas hipidiomórficas a xenomórficas (contatos retos a serrilhados) com tamanho inferior a 4 mm, e coloração amarelo-amarronzada. Apresenta inclusões de minerais opacos, zircão (foto 4.37), alanita, epidoto e titanita.

Titanita (0,2 % a 5,2 %): pequenos cristais com formas variando de idiomórficas, por vezes losangulares (foto 4.38) a xenomórficas, de coloração marrom com tons creme e comprimento inferior a 2 mm. É comum a presenças de inclusões de minerais opacos.

Minerais opacos (0,6 % a 3,1 %): ocorrem desde pequenos cristais idiomórficos de hábito quadrático (magnetita), até cristais maiores xenomórficos a hipidiomórficos dispersos na matriz. Ocorrem ainda como finos cristais xenomórficos associados à cloritização da biotita.

Além destes, também ocorrem pequenas quantidades de cristais de alanita (pequenos cristais idiomórficos de cor amarela, por vezes com zonação e inclusões de minerais opacos, foto 4.39), zircão (cristais idiomórficos de hábito prismático, foto 4.40) e apatita (raros cristais idiomórficos, finos e alongados). Em algumas amostras também foi identificada a presença de minerais secundários, tais como epidoto (produto da saussuritização do plagioclásio) e clorita (oriunda da desestabilização da biotita).

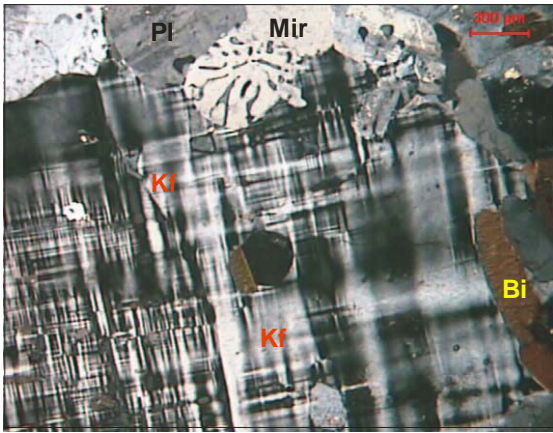


Foto 4.36- Cristal de microclina com geminação albita-periclina (xadrez) e inclusão de biotita. Nicóis cruzados.

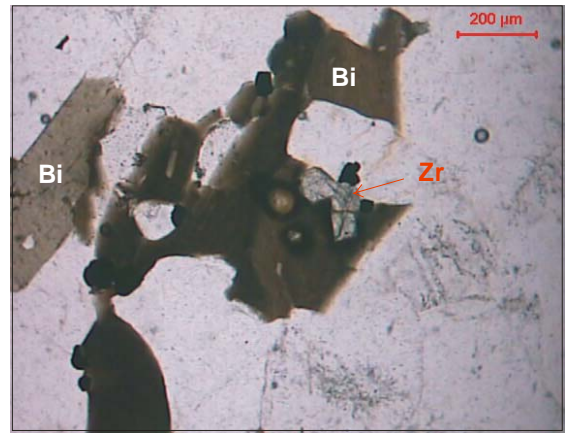


Foto 4.37- Cristais hipidiomórficos de biotita com inclusões de zircão e minerais opacos. Nicóis paralelos.

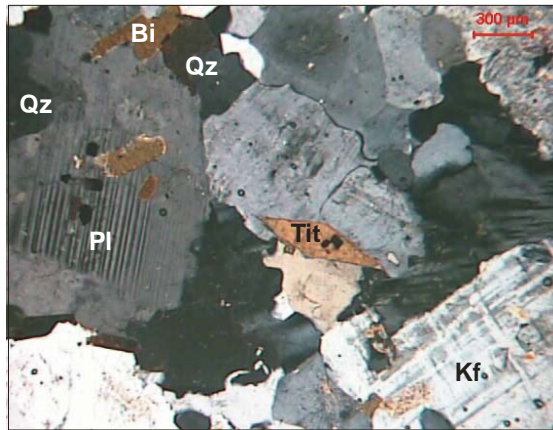


Foto 4.38 - Cristal idiomórfico de titanita e hipidiomórfico de plagioclásio com geminação polissintética. Nicóis cruzados.

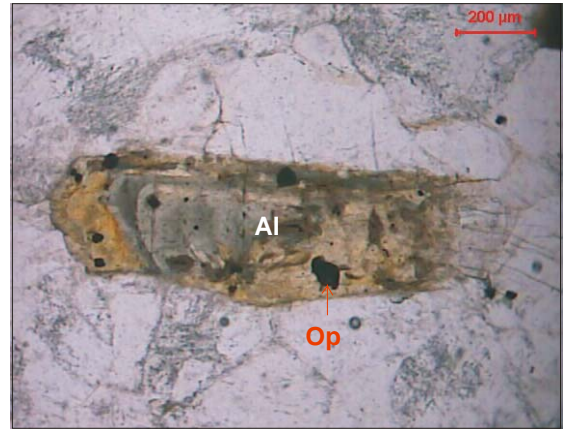


Foto 4.39 - Cristal idiomórfico de alanita com inclusões de minerais opacos. Nicóis paralelos.

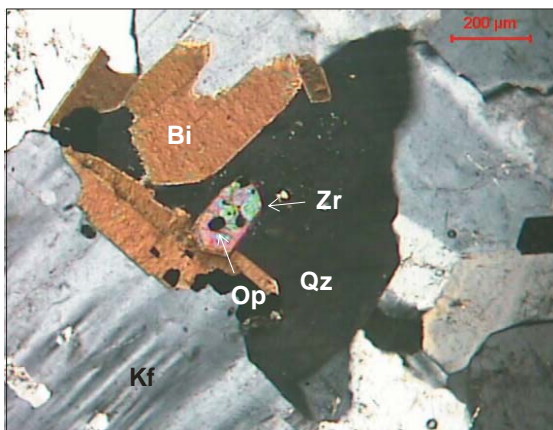


Foto 4.40 - Cristal idiomórfico de zircão em conjunto com biotitas e inclusões de minerais opacos. Nicóis paralelos.

MONZOGRANITO COM BIOTITA (CAPUXU)

Legenda das Fotomicrografias

- Al - Alanita
- Bi - Biotita
- Kf - K-feldspato
- Mir - Mirmequita
- Op - Minerais opacos
- Pl - Plagioclásio
- Qz - Quartzo
- Tit - Titanita
- Zr - Zircão

De acordo com as relações texturais observadas, os minerais opacos e o zircão correspondem às fases magmáticas precoces, seguidas por alanita, epidoto e titanita, e posteriormente biotita. Ocorreu, a seguir, a cristalização do plagioclásio, do K-feldspato e do quartzo.

Os diques do tipo Arruda Câmara, possuem os mesmos constituintes mineralógicos, entretanto apresentam um menor percentual de minerais máficos e acessórios (1,2 % a 6,5 %). A composição varia de sienogranítica a monzogranítica.

4.3.5 Litogeoquímica

Foram analisadas trinta e seis amostras dos litotipos magmáticos ediacaranos/brasilianos (quadro 4.1), sendo cinco das rochas dioríticas, cinco do batólito de Pedregulho-PB, treze do batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (fácies Alexandria, Brejo dos Santos e Maniçoba), e quatorze de leucogranitos (*stock* de Capuxu-PB, diques de Arruda Câmara-PB e diques de granitos finos, intrusivos no Batólito de Catolé do Rocha).

4.3.5.1 Dioritos

Os diagramas de Harker (figura 4.10) indicam uma correlação positiva do Al_2O_3 , Na_2O e K_2O em relação a SiO_2 , enquanto que TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO e P_2O_5 apresentam correlação negativa.

Com relação aos elementos traços, observa-se que o Rb, Zr, Hf e Th apresentam correlação positiva em relação a SiO_2 , enquanto que Ba, Sr e Y possuem uma discreta correlação negativa (figura 4.11). Nos elementos terras raras leves esta correlação é positiva, tornando-se negativa para os elementos terras raras pesados. Estas relações podem estar refletindo a cristalização precoce do zircão, titanita, apatita e minerais máficos principais (clinopiroxênio/anfibólio e biotita) durante a evolução da suíte (fazendo ressalvas à pequena quantidade de amostras analisadas), também ressaltado nas descrições de lâminas delgadas (item 4.3.1).

Utilizando-se o índice de Shand observa-se o caráter metaluminoso dos litotipos (figura 4.12a), fato este compatível com a associação mineralógica observada (presença de clinopiroxênio e/ou anfibólio e biotita).

Os valores de K_2O+Na_2O em relação à sílica indicam que esta unidade plota no campo das séries alcalinas (figura 4.12b), entretanto próximos à região de transição entre as séries alcalinas e sub-alcalinas. No diagrama AFM observa-se uma tendência calcioalcalina (figura 4.12c).

O teor elevado em potássio desta unidade é visualizado no diagrama SiO_2 x K_2O com linhas divisórias de Innocenti *et al.*, 1982 e Middlemost, 1985 (figura 4.12d), onde as amostras plotam no campo das séries shoshoníticas.

O caráter shoshonítico também é enfatizado por alguns parâmetros químicos indicados por Morrison (1980) para a caracterização desta série, tais como Na_2O+K_2O entre 6,4 % e 7,5 % e Al_2O_3 entre 14,78 % e 15,36 %. Entretanto, outros parâmetros, tais como TiO_2 variando entre 1,47 % a 2,75 % não são compatíveis com esta série (quadro 4.1).

No diagrama discriminante de ambientes tectônicos proposto por Pearce *et al.* (1984) e Pearce (1986) as amostras analisadas plotam no campo dos granitóides intraplacas/pós colisionais (figura 4.12e).

Os aranhogramas normalizados pelo ORG, conforme propostos por Pearce *et al.* (1984) indicam um ambiente de intraplaca para esta unidade (figura 4.13a).

O padrão dos elementos terras raras observado na figura 4.13b apresenta um enriquecimento em relação ao padrão normalizado (manto primordial). Neste, os elementos terras raras leves apresentam um enriquecimento em relação aos elementos terras raras pesados, com razão La_n/Lu_n de 9,2 a 23,3.

Estes dados permitem considerar a suíte como metaluminosa shoshonítica de provável ambiente de arco ou intraplaca (transicional ?).

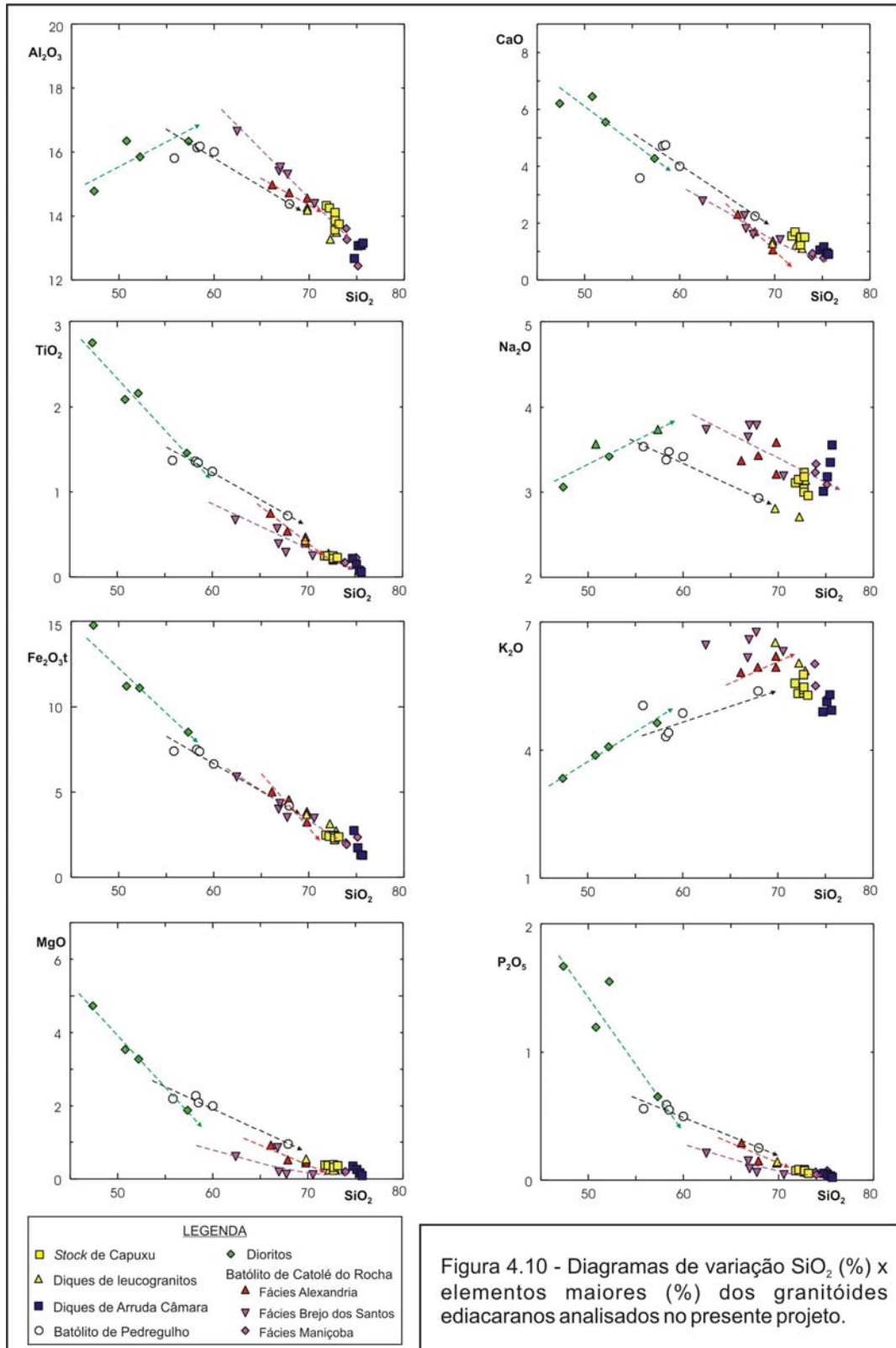
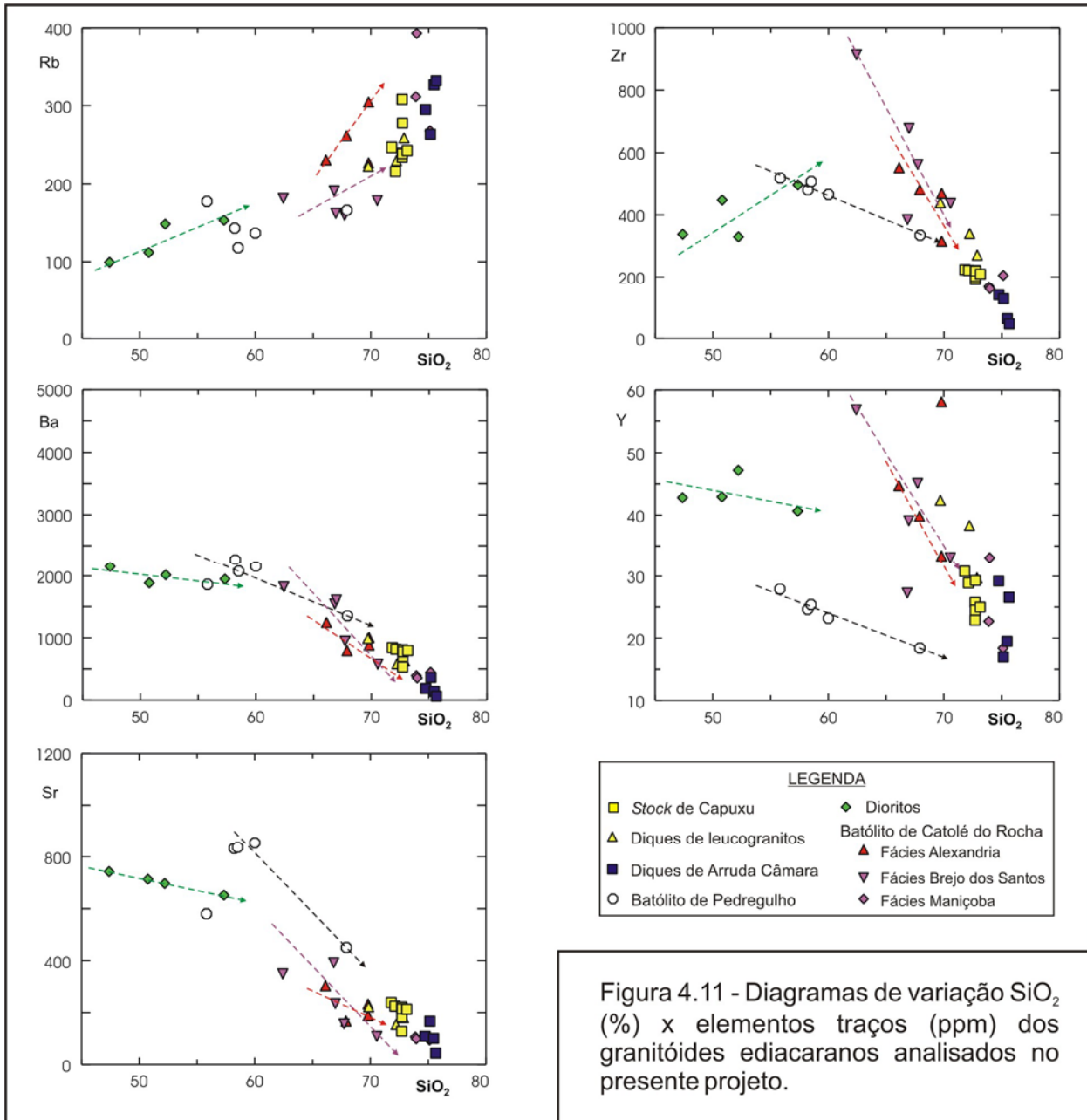


Figura 4.10 - Diagramas de variação SiO_2 (%) x elementos maiores (%) dos granitóides ediacaranos analisados no presente projeto.



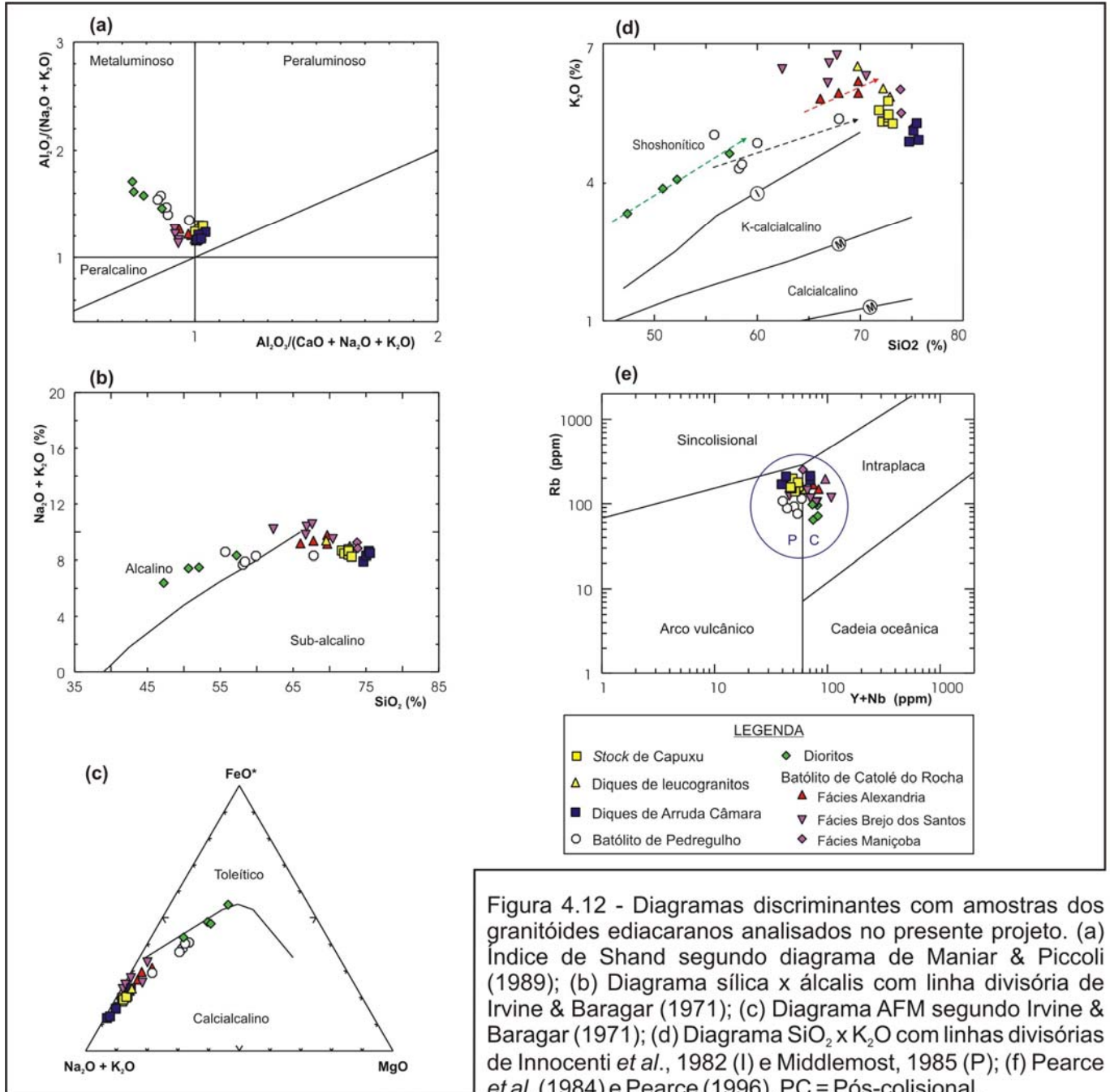


Figura 4.12 - Diagramas discriminantes com amostras dos granitóides ediacaranos analisados no presente projeto. (a) Índice de Shand segundo diagrama de Maniar & Piccoli (1989); (b) Diagrama sílica x álcalis com linha divisória de Irvine & Baragar (1971); (c) Diagrama AFM segundo Irvine & Baragar (1971); (d) Diagrama SiO_2 x K_2O com linhas divisórias de Innocenti *et al.*, 1982 (I) e Middlemost, 1985 (P); (f) Pearce *et al.* (1984) e Pearce (1996). PC = Pós-colisional.

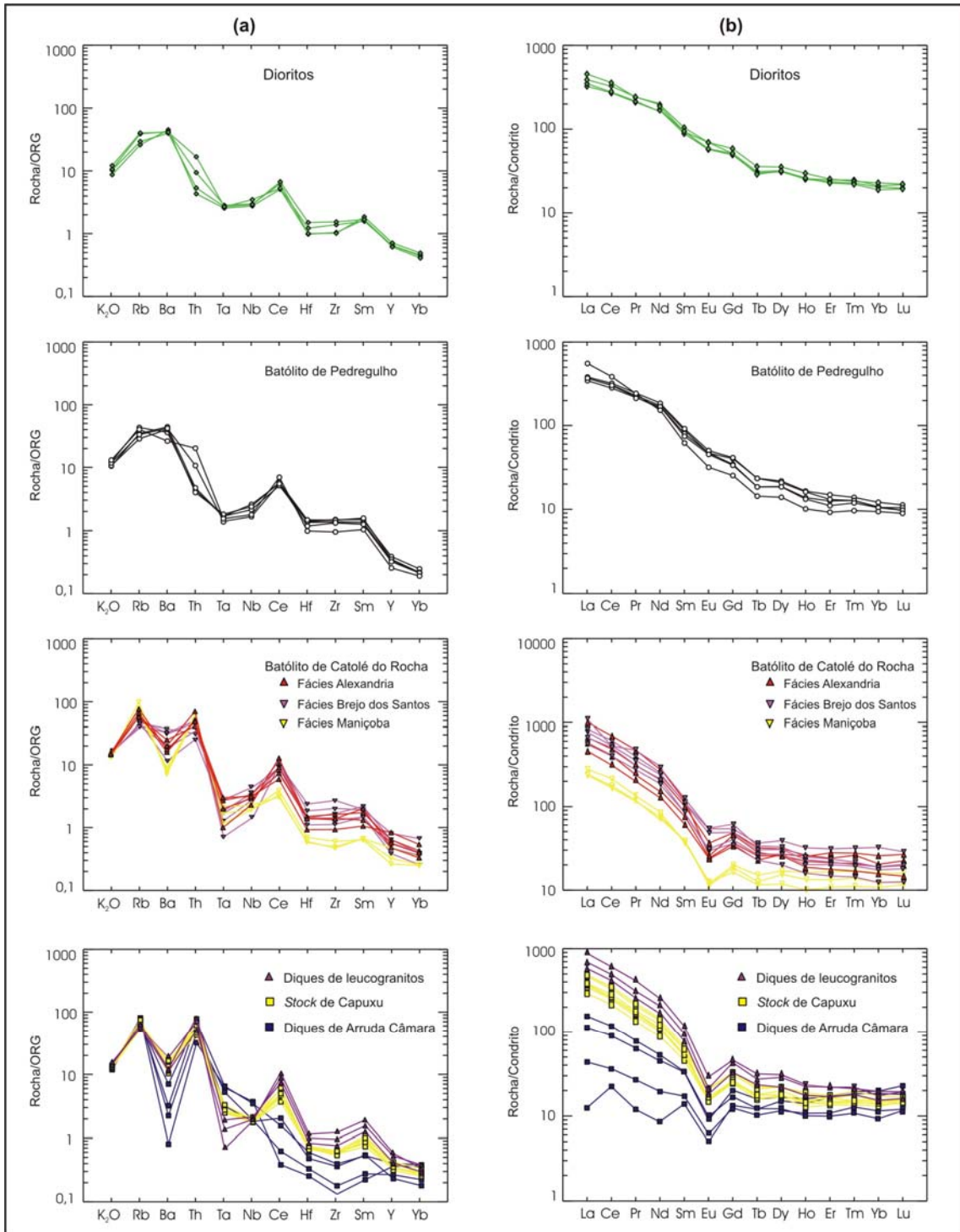


Figura 4.13 - Diagramas multielementares com amostras dos granitóides ediacaranos analisadas no presente projeto. a) Aranhograma discriminante de ambiente tectônico segundo Pearce *et al.* (1984); b) Elementos terras raras normalizados pelo condrito (Evensen *et al.* 1978).

4.3.5.2 Batólito de Pedregulho (PB)

Quando plotadas nos diagramas de Harker as amostras analisadas deste batólito evidenciam uma correlação positiva do K_2O em relação a SiO_2 , enquanto que Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O e P_2O_5 apresentam correlação negativa (figura 4.10).

Com relação aos elementos traços, Rb e Th apresentam correlação positiva em relação a SiO_2 , enquanto que Ba, Sr, Zr e Y possuem correlação negativa (figura 4.11). Nos elementos terras raras leves, esta correlação é positiva, tornando-se negativa para os elementos terras raras pesados.

Segundo o índice de Shand estes litotipos são essencialmente metaluminosos (figura 4.12a), fato este compatível com a mineralogia presente na rocha (presença de biotita e anfibólio).

No diagrama K_2O+Na_2O em relação à sílica, a maioria das amostras plotam no campo das séries alcalinas (figura 4.12b), entretanto posicionadas na região de superposição/transição entre as séries alcalinas e sub-alcalinas. No diagrama AFM as predominam na região das séries calcioalcalinas (figuras 4.12c).

Semelhante às rochas dioríticas, o teor elevado em potássio das rochas deste batólito é observado no diagrama $SiO_2 \times K_2O$ com linhas divisórias de Innocenti *et al.*, 1982 e Middlemost, 1985 (figura 4.12d), onde as amostras plotam no campo das séries shoshoníticas.

O caráter shoshonítico também é enfatizado por outros parâmetros químicos indicados por Morrison (1980) para a caracterização desta série (p.ex. Na_2O+K_2O , Al_2O_3 e TiO_2). Entretanto, similarmente ao batólito de Itaporanga (PB), outros parâmetros não são condizentes com esta série, conforme ressaltado por Mariano & Sial (1993). Segundo tais autores, os granitóides porfíricos K-calcioalcalinos podem ser distinguidos da série shoshonítica através dos valores de Rb e Ba inferiores, fato este também apresentado no batólito de Pedregulho.

Nos diagrama discriminante de ambientes tectônicos propostos por Pearce *et al.* (1984) e Pearce (1996), as amostras analisadas plotam no ambiente de arco vulcânico/pós-colisional (figuras 4.12e).

A utilização dos aranhogramas propostos por Pearce *et al.* (1984), não corroboram com a caracterização de um ambiente de arco para esta unidade (figura 4.13a), entretanto o ambiente pós-colisional não é condizente com os dados de campo.

O padrão dos elementos terras raras destes granitóides apresenta um enriquecimento geral alto em relação ao padrão normalizado, onde os elementos terras raras leves possuem um maior enriquecimento em relação aos elementos terras raras pesados (figura 4.13b), com razão La_n/Lu_n de 32,8 a 62,6.

Neste contexto, os dados apresentados indicam que o granitóide de Pedregulho é metaluminoso, K-calcioalcalino, possivelmente de ambiente de arco.

4.3.5.3 Batólito de Catolé do Rocha (RN/PB)

Tendo em vista que os dados de campo, texturais e petrográficos permitiram indicar três fácies neste batólito (Alexandria, Brejo dos Santos e Maniçoba), as mesmas são apresentadas com simbologias distintas nos diagramas das figuras 4.10 a 4.14.

As amostras analisadas deste batólito quando plotadas nos diagramas de Harker indicam uma correlação negativa em relação a SiO_2 para Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O e P_2O_5 (figura 4.10).

Com relação aos elementos traços, o Rb, e Th apresentam correlação positiva em relação a SiO_2 , enquanto que Ba, Sr, Zr e Y possuem correlação negativa (figura 4.11). Nos elementos terras esta correlação é sempre negativa.

Apesar de apresentarem correlações similares em relação à sílica, evidenciadas quando definem trends de evolução, pode-se ressaltar que vários elementos apresentam *trends* de evolução distintos com relação às fácies de Alexandria e Catolé do Rocha, indicando tratar-se de fácies magmáticas distintas. Nestes mesmos diagramas pode-se observar que a fácies de Maniçoba representa termos/fácies mais evoluídas.

Segundo o índice de Shand, estes litotipos são essencialmente metaluminosos (figura 4.12a), onde a fácies de Maniçoba se aproxima do campo peraluminoso. Esta característica é condizente com a mineralogia observada nas fácies magmáticas, tais como a presença de anfibólio e/ou biotita.

No diagrama $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ em relação à sílica, as amostras plotam no campo das séries sub-alcalinas (figura 4.12b), com algumas amostras da fácies Brejo dos Santos posicionando-se na região de transição entre as séries alcalinas e sub-alcalinas. No diagrama AFM todas as amostras/fácies posicionam-se no campo das séries calcioalcalinas (figuras 4.12c).

Utilizando o diagrama $\text{SiO}_2 \times \text{K}_2\text{O}$ com linhas divisórias de Innocenti *et al.*, 1982 e Middlemost, 1985 (figura 4.12d), à semelhança da maioria dos granitos ediacaranos analisados neste projeto as amostras das fácies de Alexandria e Brejo dos Santos posicionam-se no campo das rochas ricas em potássio (shoshoníticas ou K-calcioalcalinas).

O caráter shoshonítico também é ressaltado por outros parâmetros sugeridos por Morrison (1980) para a caracterização desta série (p.ex. $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, Al_2O_3 e TiO_2). Entretanto, similarmente ao batólito de Itaporanga (PB) e ao batólito de Pedregulho (ver item 4.3.5.2), outros parâmetros

não são condizentes com esta série (ver Mariano & Sial, 1993). Neste contexto é aqui preferível caracterizar as fácies de Alexandria e de Catolé do Rocha como K-calcioalcalina ou transicional entre as séries shoshonítica e K-calcioalcalina.

No diagrama discriminante de ambientes tectônicos de Pearce *et. al.* (1984) e Pearce (1996), as amostras analisadas plotam preferencialmente no ambiente de intraplaca, com algumas amostras da fácies de Brejo dos Santos posicionando-se no campo de arco vulcânico, sempre na interface com o ambiente pós-colisional (figuras 4.12e).

Apesar dos dados normalizados pelo ORG não apresentarem o *range* dos ambientes tectônicos propostos por Pearce *et al.* (1984), o padrão das anomalias é mais condizentes com os de ambientes de arco ou/a colisional (figura 4.13a).

O padrão dos elementos terras raras destes granitóides apresentam um enriquecimento elevado em relação ao padrão normalizado, onde os elementos terras raras leves possuem um enriquecimento em relação aos elementos terras raras pesados, com anomalia negativa de európio (figura 4.13b) e razão La_n/Lu_n de 17,0 a 62,0. Neste diagrama também é ressaltada a diferença entre a fácies de Maniçoba e as demais fácies deste batólito, onde a primeira apresenta os valores mais baixos dos elementos terras raras.

Os dados supracitados corroboram com a distinção entre as três fácies do batólito de Catolé do Rocha, as quais são ricas em potássio (K-calcioalcalinas a transicionais entre K-calcioalcalina e shoshonítica), onde a fácies de Maniçoba é a mais evoluída do batólito.

4.3.5.4 **Stock de Capuxu (PB), diques de Arruda Câmara (PB) e correlatos**

Correspondem aos leucogranitos tardi brasileiros analisados no presente projeto, sendo sete amostras do *stock* de Capuxu-PB, quatro dos diques de Arruda Câmara-PB e três amostras de diques de leucogranitos intrusivos no batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (fácies Alexandria e Brejo dos Santos).

Quando analisadas em separado as amostras destas três unidades não apresentam variação entre os teores apresentados, suficientes para serem analisados a partir de diagramas de variação (p.ex. diagramas de SiO_2 x elementos maiores ou traços), sendo então indicada apenas a utilização de diagramas discriminantes de ambientes/séries magmáticas, aranhogramas.

Entretanto a análise conjunta das amostras permite sugerir *trends* de evolução, como no caso de SiO_2 x Ba, Zr (figura 4.11), além de Hf, La, Nd ou Gd, onde ficaria caracterizado que os diques de Arruda Câmara seriam os membros mais evoluídos da suposta serie magmática.

Segundo o índice de Shand as amostras destes litotipos são caracterizadas como peraluminosas, próximas ao limite do campo metaluminoso (figura 4.12a).

No diagrama K_2O+Na_2O em relação à sílica, todas as amostras posicionam-se no campo das séries sub-alcálicas (figura 4.12b) e no diagrama AFM são caracterizadas como calcioalcálicas (figuras 4.12c).

A partir do diagrama $SiO_2 \times K_2O$ com linhas divisórias de Innocenti *et al.*, 1982 e Middlemost, 1985 (figura 4.12d), estes leucogranitos são classificados (inferência no prolongamento das linhas divisórias apresentadas) como ricos em potássio, provavelmente K-calcioalcálicos.

No diagrama discriminante de ambientes tectônicos de Pearce *et al.* (1984) e Pearce (1996) as amostras analisadas plotam no limite entre os campos de arco e intraplaca, na região de superposição do ambiente pós-colisional (figura 4.12e).

O ambiente intraplaca para estes litotipos pode ser descartado a partir do aranhograma normalizado pelo ORG (Pearce *et al.*, 1984), conforme apresentado na figura 4.13a. Neste contexto o ambiente pós-colisional é aqui preferido, considerando as relações de campo (trunca a fábrica tectônica associada à zona de cisalhamento Malta) e corta os granitóides ediacaranos/brasileiros do batólito de Catolé do Rocha.

Conforme esperado para as rochas graníticas ediacarianas, o padrão dos elementos terras raras destes monzogranitos também apresentam um enriquecimento geral alto em relação ao padrão normalizado, onde os elementos terras raras leves possuem um enriquecimento em relação aos elementos terras raras pesados, com uma marcante anomalia negativa de európio (figura 4.13b) e razão La_n/Lu_n de 3,6 a 34,9.

Neste diagrama também é ressaltada a diferença entre as três unidades aqui referidas, onde é possível observar que os diques de leucogranitos intrusivos no batólito de Catolé do Rocha apresentam valores mais elevados de terras raras, enquanto que os diques de Arruda Câmara apresentam os valores menos elevados e uma maior dispersão dos elementos terras raras leves.

Uma outra característica relevante destes litotipos são os teores mais elevados de urânio, com relação às demais unidades analisadas (quadro 4.1).

As características geoquímicas supracitadas sugerem que estes monzogranitos leucocráticos representam uma série K-calcioalcálica, possivelmente de ambiente pós-colisional.

4.3.5.5 Comparação com outros granitóides do Domínio Rio Piranhas-Seridó

Vários outros corpos de granitóides ediacaranos foram alvos de estudos/análises litogeoquímicas, os quais foram integrados, comparados e classificados em caráter regional por Nascimento *et al.* (2000).

Os referidos autores individualizaram/classificaram os granitóides ediacaranos a norte do lineamento Patos nas suítes shoshoníticas (termos dioritos, tipo São João do Sabugi e Quixaba), K-calcioalcalina porfirítica (granitos porfiríticos do tipo Acari-RN), K-calcioalcalina equigranular (leucogranitos equigranulares do tipo Dona Inês-PB), alcalina (álcali-feldspato granitos do tipo Caxexa-PB) e alcalina charnoquítica (sienitos do tipo Umarizal-RN).

À título de comparação das amostras analisadas no presente projeto com os dados da bibliografia, as amostras aqui obtidas foram plotadas em diagramas (figura 4.14) com os campos das suítes propostas por Nascimento (2000). Pode-se observar que os termos dioritos da folha Sousa plotam preferencialmente na suíte shoshonítica de Nascimento *et al.* (2000), corroborando com a classificação aqui atribuída para estas rochas.

Os monzogranitos leucocráticos (*stock* de Capuxu, diques de Arruda Câmara e correlatos) posicionam-se no campo das suítes K-calcioalcalinas equigranulares de Nascimento *et al.* (2000), fato este também condizente com os dados apresentados para estes litotipos.

A maioria das amostras de granitos do batólito de Pedregulho e algumas da fácies de Brejo dos Santos plotam no campo das séries shoshoníticas de Nascimento *et al.* (2000), entretanto conforme comentado anteriormente, são consideradas como pertencentes à suíte porfirítica K-calcioalcalina.

A comparação entre os dados obtidos no presente projeto e os da bibliografia, permitem considerar que os termos dioritos ediacaranos são membros de uma suíte metaluminosa shoshonítica, enquanto que os batólitos de Pedregulho e Catolé do Rocha são representantes de suítes (distintas) K-calcioalcalinas porfiríticas (tipo Itaporanga/Acari) de Nascimento *et al.* (2000). O *stock* de Capuxu, diques de Arruda Câmara e correlatos apresentam feições condizentes com a suíte K-calcioalcalina equigranular de Nascimento (2000).

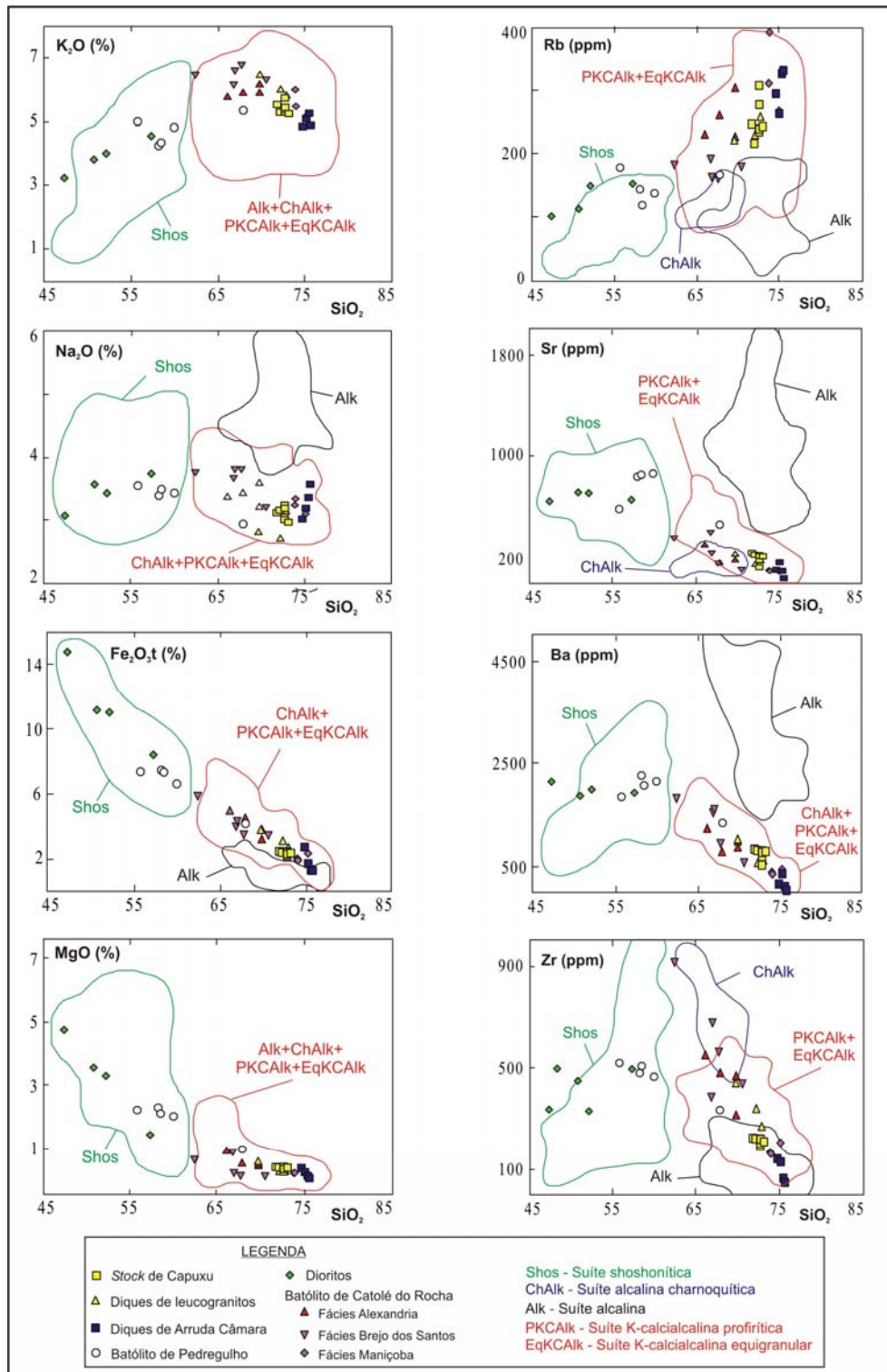


Figura 4.14 - Diagramas de variação SiO_2 (%) x elementos maiores e traços dos granitóides ediacaranos analisados, com campo das suítes de Nascimento *et al.* (2000).

5. Geocronologia

5.1 INTRODUÇÃO

Foram obtidos resultados de datações U-Pb em zircão de duas amostras, sendo uma coletada no monzogranito do *stock* de Capuxu-PB (VC-633), e a segunda no sienogranito da fácies Brejo dos Santos do batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (VC-588). Uma terceira amostra (VC-97) foi coletada no ortognaisse monzogranítico de Areia (sul de Pombal-PB), a qual encontra-se em fase de refinamento/interpretação dos dados analíticos e deverá ser publicada, posteriormente, em artigo científico (figura 5.1).

Além de obter as idades dos corpos/unidades datadas, as amostras coletadas também tiveram o objetivo de avaliar a idade das metasupracrustais da região de Pombal-PB, no intuito de tentar caracterizá-las como pertencentes ao Grupo Seridó (Ediacarano) ou como uma unidade mais antiga (supracrustais do Complexo Caicó ?).

Como o ortognaisse de Areia (sul de Pombal) apresenta o *fabric* transcorrente dextral da zona de cisalhamento de Malta e é encontrado como xenólito no monzogranito de Capuxu (PB), a datação destes dois litotipos também permitiu tecer parâmetros acerca da idade da deformação da zona de cisalhamento. No caso do *stock* de Capuxu, este procedimento deverá indicar a idade máxima da atividade principal da zona de cisalhamento de Malta na região.

As amostras coletadas foram britadas, moídas (80 mesh) e bateadas no Laboratório de Preparação de Amostras do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Posteriormente os concentrados de bateia foram re-concentrados para a seleção de zircões. Estes zircões foram datados pelo método U-Pb, no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília (UnB).

O procedimento metodológico das análises efetuadas pelo método U-Pb na UnB, segue adaptações das propostas de Parrish (1987) e Krogh (1973), conforme descrito em Dantas *et al.* (2001).

As idades obtidas foram calculadas com o programa ISOPLOT de Ludwig (1999), com incertezas em relação aos interceptos das concórdias de 2σ .

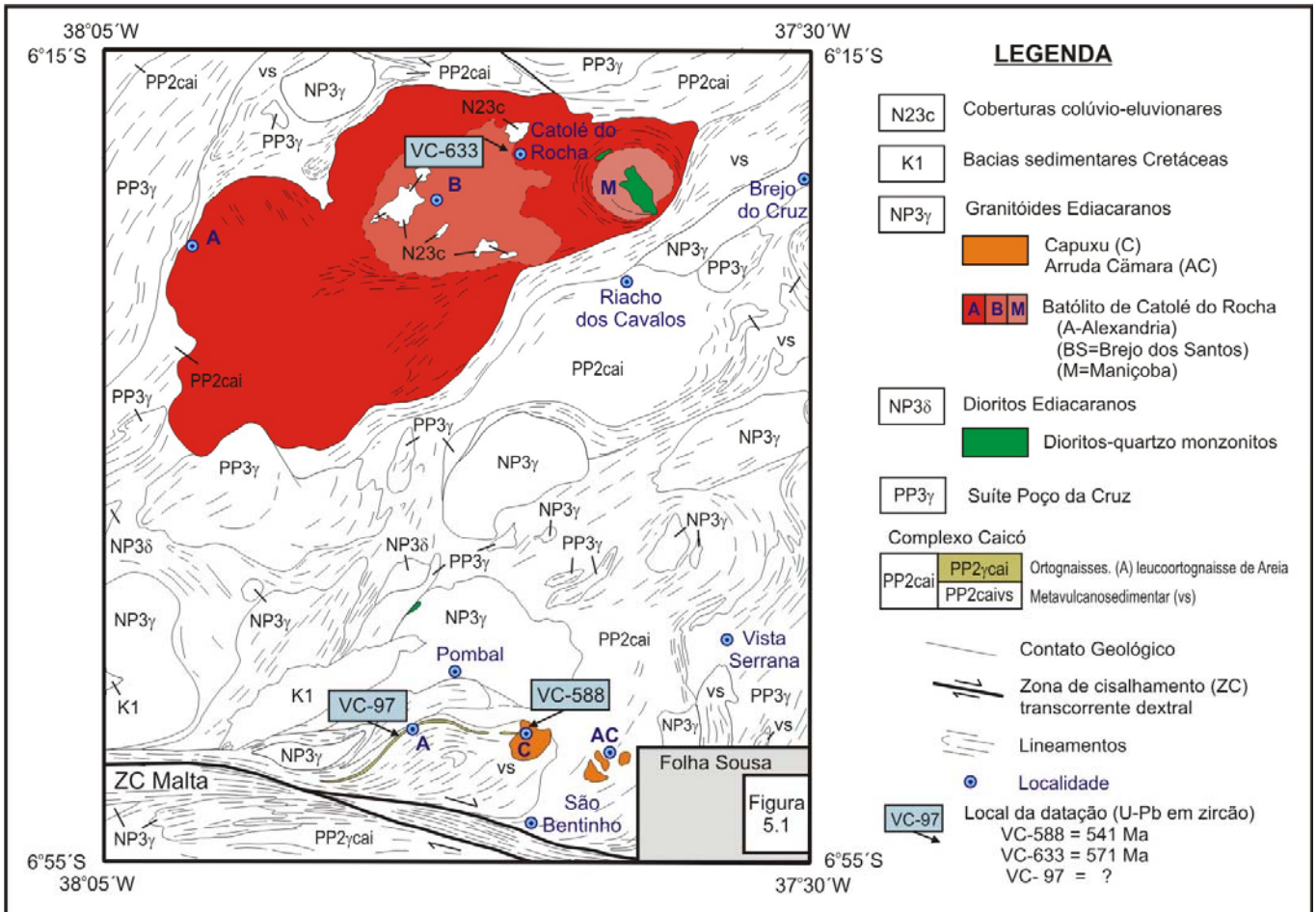


Figura 5.1 - Mapa geológico simplificado ressaltando os afloramentos/unidades alvos de datações geocronológicas (U-Pb em zircão) efetuadas neste projeto.

5.2 RESULTADOS U - Pb

5.2.1 Monzogranito do Stock de Capuxu-PB

O *stock* de Capuxu localiza-se a nove quilômetros a sudeste da cidade de Pombal-PB (figura 5.1), constituindo um serrote com designação homônima. A nordeste do açude do sítio Capuxu, um grande lajedo constituído por um biotita monzogranítico (afloramento VC-588) foi amostrado para datação geocronológica (foto 5.1).

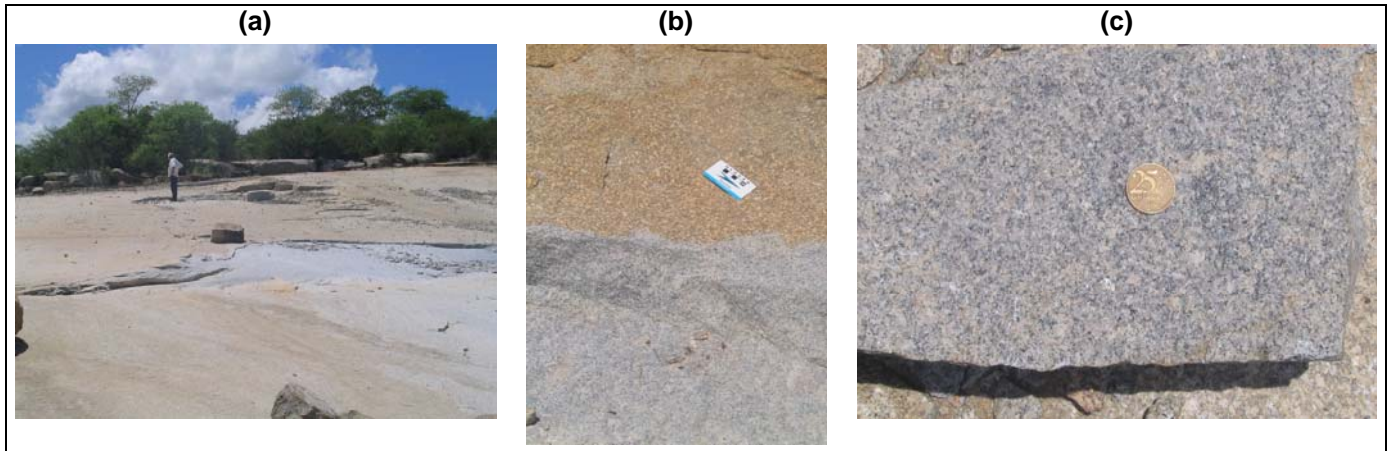


Foto 5.1 - Visão geral do biotita monzogranito do *stock* de Capuxu (PB) no afloramento VC-588 (a, b) e amostra coletada para datação (c).

Neste afloramento o monzogranito, além de ser isotrópico (não apresentar efeitos da deformação brasileira), possui xenólitos de rochas afetadas pelo cisalhamento transcorrente brasileiro (zona de cisalhamento Malta), como o ortognaisse monzogranito e os paragneisses de Areia (sul de Pombal-PB), referidos no item anterior.

Estas feições ressaltam o caráter tardio do *stock* de Capuxu em relação ao evento/deformação brasileira.

Na amostra coletada deste monzogranito foram analisadas três frações (quadro 5.1), onde os resultados distribuem-se segundo uma linha média de perda de Pb, cujos interceptos com a concórdia são de 541 ± 4 Ma (limite inferior) e 2279 ± 23 Ma (limite superior), com MSWD = 0,00034 (figura 5.2).

Quadro 5.1 - Dados analíticos/isotópicos de determinações U-Pb em zircões do monzogranito do *stock* de Capuxu (PB). Amostra VC-588.

Fração	Peso (mg)	U (ppm)	Pb (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Pb ²⁰⁶ /Pb ²⁰⁴ (observado)	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵	± 2σ. (%)	Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸	± 2σ. (%)
S	0,038	634	74	29	0,045	4506	1,39023	0,27	0,117434	0,27
T	0,042	977	95	26	0,027	5342	0,81766	1,48	0,092509	1,36
U	0,048	898	83	23	0,025	2537	0,70968	0,76	0,087818	0,69
Fração	Coef. de Correlação	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁶ *	± 2σ. (%)	Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸ (Ma)	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵ (Ma)	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁶ * ± 2σ. (Ma)	Quant.			
S	0,9771	0,085861	0,06	716	885	1335	1			
T	0,9187	0,064105	0,59	570	607	745	12			
U	0,9033	0,058611	0,33	543	545	553	7			

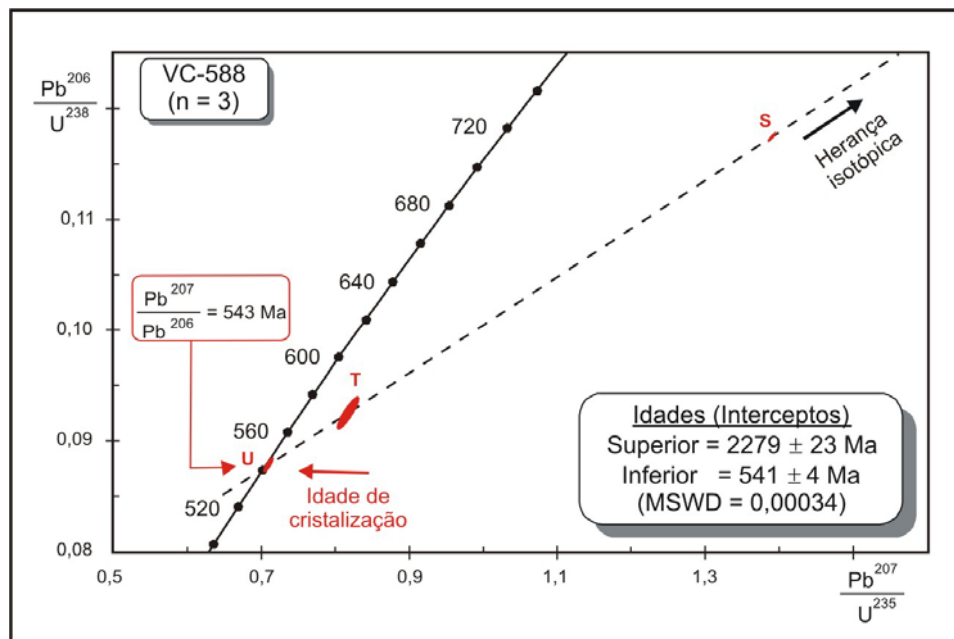


Figura 5.2 - Diagrama U-Pb (zircão) com as três frações analisadas do monzogranito do *stock* de Capuxu-PB (amostra VC-588).

O valor do intercepto inferior de 541 ± 4 Ma (Ediacarano), pode ser interpretado como a idade aproximada para a cristalização do magma monzogranítico (evento Brasileiro). O valor do intercepto superior de 2279 ± 23 Ma, indica a herança isotópica provavelmente paleoproterozóica.

Valor de idade semelhante (544 Ma) também foi obtida por McMurry *et al.* (1987c) para esta suíte, através de determinações Rb/Sr no plúton de Dona Inês.

5.2.2 Sienogranito do Batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (fácies Alexandria)

No setor noroeste da rodovia perimetral da cidade de Catolé do Rocha (PB), um grande lajedo e um corte de estrada são constituídos por um biotita-anfibólio sienogranito porfirítico (afloramento VC-633, foto 5.2), representando a fácies interna (Alexandria) do Batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (figura 5.1).

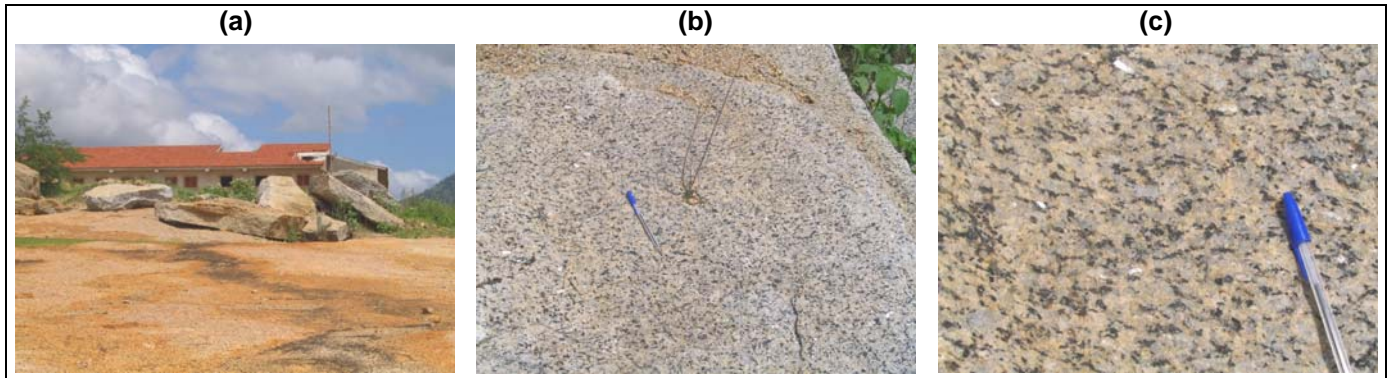


Foto 5.2 - Visão geral do biotita-anfibólio sienogranito do batólito de Catolé do Rocha-RN/PB (Fácies Alexandria) no afloramento VC-633 (a, b) e amostra coletada para datação (c).

Os dados de campo permitem considerar este litotipo como associado ao magmatismo Brasileiro (Ediacarano), tendo em vista que efeitos deste evento só são observados nas bordas do batólito, quando adjacentes a estruturas atribuídas como brasileiras (p.ex. setor norte-nordeste do corpo).

O referido afloramento (VC-633) foi amostrado para determinações geocronológicas pelo presente projeto, na qual foram analisadas três frações de zircão (quadro 5.2).

Quadro 5.2 - Dados analíticos/isotópicos de determinações U-Pb em zircões do sienogranito do batólito de Catolé do Rocha (fácies Brejo dos Santos-PB). Amostra VC-633.

Fração	Peso (mg)	U (ppm)	Pb (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Pb ²⁰⁶ /Pb ²⁰⁴ (observado)	Pb ^{207*} /U ²³⁵ ± 2σ. (%)	Pb ^{206*} /U ²³⁸ ± 2σ. (%)	U ²³⁸ /Pb ²⁰⁶ ± 2σ. (%)
E1	0,032	110	11	34	0,31	1153	0,76448	0,81	10,7989
E2	0,030	108	11	36	0,33	1467	0,75069	0,78	10,7725
E3	0,023	211	22	47	0,22	690	0,76307	0,98	10,7077

Fração	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁶	± 2σ. (%)	Coef. de Correlação	Pb ^{207*} /Pb ^{206*}	± 2σ. (%)	Pb ^{206*} /U ²³⁸ (Ma)	Pb ^{207*} /U ²³⁵ (Ma)	Pb ^{207*} /Pb ^{206*} ± 2σ. (Ma)	Quant.
E1	0,06362	0,51	0,783	0,059875	0,51	571	577	599 ± 11	1
E2	0,05895	0,33	0,906	0,058651	0,33	572	569	554 ± 07	1
E3	0,06793	0,42	0,904	0,059260	0,42	576	576	577 ± 09	2

Utilizando o diagrama reverso de Tera & Wasseburg (1972) foi obtido um intercepto de 571±3 Ma com MSWD=1,7 (figura 5.3), para a idade de cristalização deste magma sienogranítico.

Tal valor corrobora com as idades de cristalização obtidas em outros corpos desta suíte, como aqueles conseguidos por Trindade *et al.*, 1999 (corpos de Caraúbas e Tourão-RN) e Galindo *et al.*, 2005 (corpos de Monte das Gameleiras e Serrinha-RN).

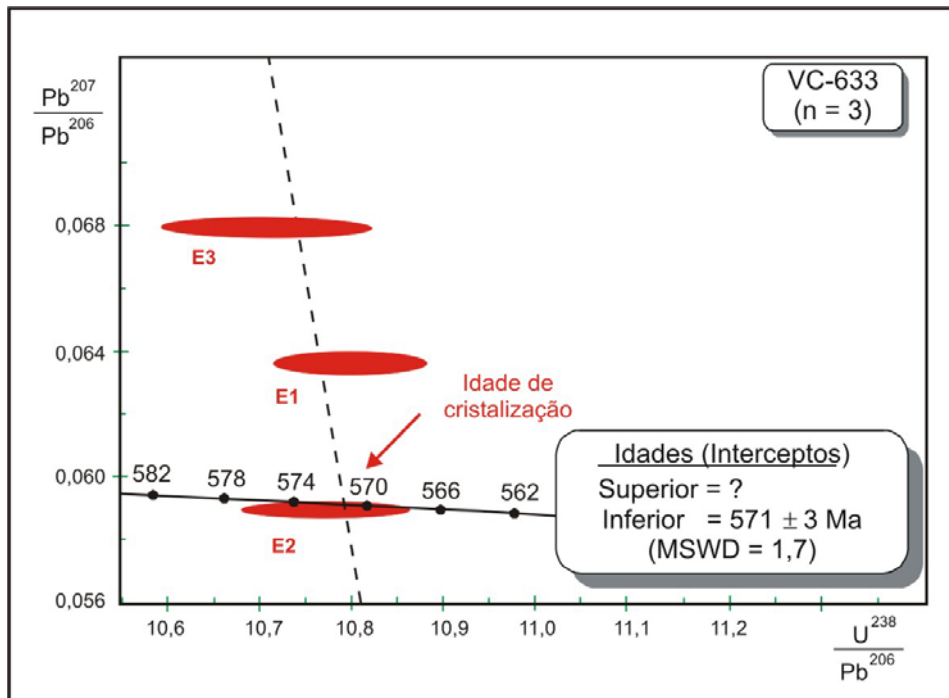


Figura 5.3 - Gráfico de Tera & Wasseburg (1972) com as três frações de zircão analisadas do sienogranito de Brejo dos Santos-PB (amostra VC-633).

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS DADOS OBTIDOS

Considerando as idades obtidas no item anterior (resumidas no quadro 5.3), além das relações de campo e os dados da literatura, algumas considerações sobre as relações geológicas/geocronológicas da região devem ser ressaltadas.

Quadro 5.3 - Resumo das idades U-Pb em zircão obtidas neste projeto.

Unidade	Litotipo datado	Amostra	Idade de cristalização (Ma)
Granitóides Brasileiros	Sienogranito de Brejo dos Santos	VC-633	571±3 (MSWD = 1,7)
	Monzogranito de Capuxu	VC-588	541±4 (MSWD = 0,00034)

Tendo em vista que os monzogranitos do *stock* de Capuxu, correlatos à suíte K-calcioalcalina equigranular tipo Dona Inês de Nascimento *et al.* (2000), não apresentam efeitos da deformação tectônica brasileira e possuem xenólitos do ortognaisse e paragnaises da região de Areia, estes afetados pela zona de cisalhamento transcorrente dextral de Malta (brasileira), a idade obtida para o *stock* permite indicar que a atividade principal deste cisalhamento já estaria finalizada antes de 541 Ma.

Ainda com relação ao caráter tardio dos monzogranitos do *stock* de Capuxu e correlatos observados em campo, tais como a ausência do *fabric* tectônico brasileiro e a existência de diques desta unidade intrusivos em granitóides porfíricos da suíte Itaporanga (sin-tardi brasileira) a idade de 541 Ma é condizente com esta relação de campo.

A idade obtida para o sienogranito porfírico da fácies Brejo dos Santos do batólito de Catolé do Rocha (RN/PB) de 571 Ma, é condizente com os dados obtidos de campo, tais como se tratar de um granitóide sin-tardi tectônico cortado por diques de monzogranitos do tipo Capuxu (suíte Dona Inês).

6. Geologia Estrutural e Tectônica

6.1 Introdução

As principais feições estruturais observadas na região da folha Sousa são as zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais de Malta, Portalegre, Jaguaribe e Orós (figura 6.1) consensualmente atribuídas na literatura como associadas à deformação transcorrente brasiliana (D_3). Efeitos de um evento pré-transcorrente (D_2) são mais difíceis de serem caracterizados, em função do retrabalhamento D_3 , entretanto em alguns locais a existência é evidenciada. Um evento mais antigo (D_1) e de caracterização ainda mais precária, é referido na literatura como presente, unicamente, em litotipos do embasamento paleoproterozóico ou mais antigo.

Além destes, também são observadas estruturas frágeis, responsáveis pela implantação das bacias mesozóicas da região.

6.2 Eventos precambrianos (cisalhamentos dúcteis)

6.2.1 Evento D_1 (deformação paleoproterozóica)

Corresponde ao evento deformacional referido em vários locais dos domínios Jaguaretama e Rio Piranhas-Seridó como afetando apenas os complexos riacianos (complexos Caicó e Jaguaretama) ou mais antigos.

Em função da superposição dos dois eventos mais jovens (D_2 e D_3) o registro do evento D_1 é bastante escasso e de difícil caracterização.

Um bandamento metamórfico e dobras intrafoliais transpostas observados em gnaisses bandados e migmatitos do Complexo Caicó, no extremo oeste do Estado do Rio Grande do Norte, foram aqui considerados feições deste evento, em consonância com as observações de Jardim de Sá *et al.* (1981).

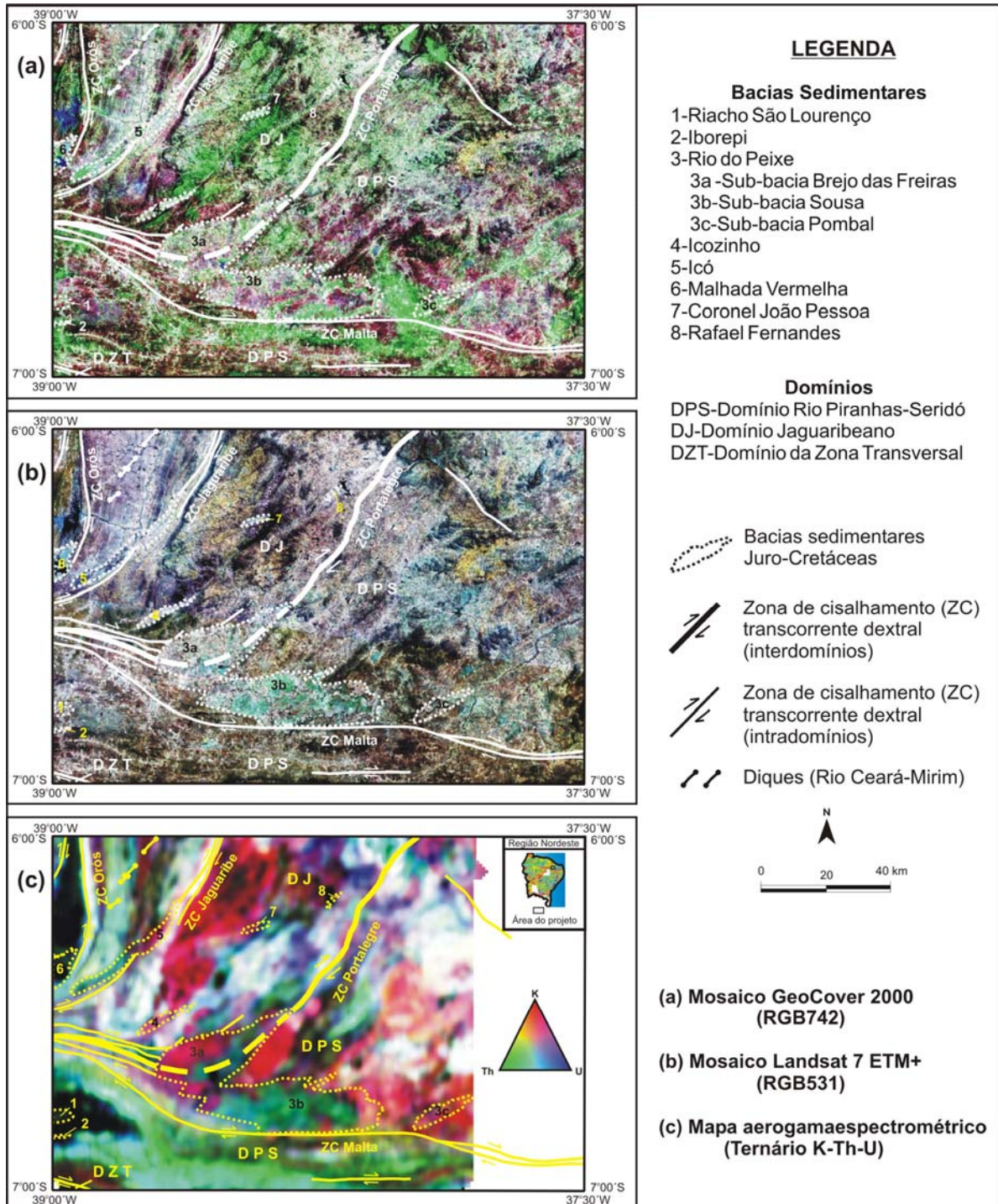


Figura 6.1 - Imagens de satélite (Landsat) e aerogamaespectrométrica da folha Sousa, incluindo as zonas de cisalhamento, bacias sedimentares e diques de basalto (Rio Ceará-Mirim) cartografados. O segmento da zona de cisalhamento Portalegre encoberto pelos sedimentos da Bacia Rio do Peixe (linha tracejada) é inferido a partir dos segmentos aflorantes no embasamento precambriano e dos dados aeromagnéticos.

Estruturas similares também são observadas em gnaisses a sul de Vista Serrana-PB e na região de Orós-CE (domínio Jaguarétama). Nesta última, Sá (1991) também se refere a um *fabric* exclusivo do Complexo Jaguarétama (embasamento do Grupo Orós), representado por um bandamento gnáissico migmatítico redobrado em diversos estilos.

6.2.2 Evento D₂ (pré-transcorrências brasileiras)

O evento D₂ também é de difícil caracterização, tendo em vista a maior escassez de marcadores deste evento, principalmente em função do retrabalhamento/superposição dos mesmos pelo evento D₃. Entretanto, em alguns locais da folha Sousa estas estruturas são evidentes (regiões de baixo *strain* de D₃), tais como uma foliação de baixo ângulo associada a uma lineação de alto *rake*, em *augen* gnaisses da Suíte Poço da Cruz a sudeste de Jericó-PB, bem como dobras e crenulações (inclusive dobras em bainha) impressas em paragnaisses e mármore da Formação Jucurutu situados a leste de Martins (fotos 6.1 e 6.2).

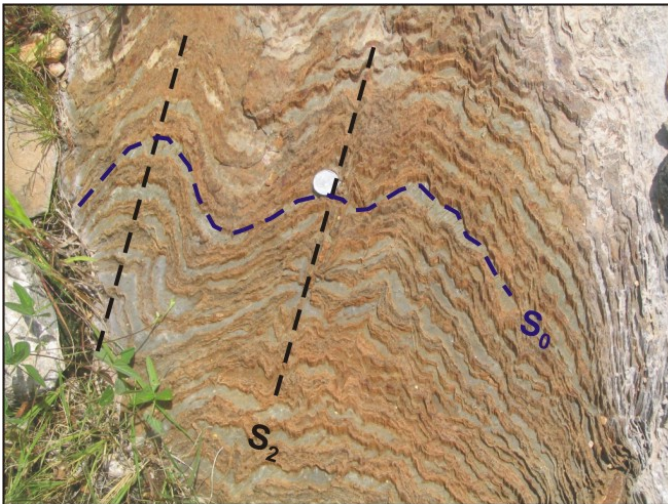


Foto 6.1 - Fotografia de campo mostrando a relação S₀ e S₂ em mármore da Formação Jucurutu a leste de Martins (RN).



Foto 6.2 - Fotografia de campo mostrando seção YZ de dobras em bainha nos mármore da Formação Jucurutu a leste de Martins (RN).

De acordo com Sá (1991), na faixa Orós os efeitos da deformação pré-transcorrência brasileira encontram-se melhor registrados nos litotipos metassedimentares (Formação Santarém), sob a forma de uma foliação penetrativa (porém não dominante) demarcada pela orientação de cristais de biotita, além de um bandamento metamórfico descontínuo, não paralelo ao acamamento da rocha (S₀). Neste local o referido autor descreve uma associação metamórfica em fácies xisto verde.

Na faixa Seridó, a norte-nordeste da folha Sousa, este evento foi alvo de discussões relevantes a partir da década de 1980. Naquela região, vários autores (ver revisão em Jardim de Sá, 1994) reconhecem a presença de uma foliação dobrada pela fase F_3 , dobras recumbentes e foliação de baixo ângulo em escala regional, associados a critérios cinemáticos que indicam movimentação de blocos segundo zonas de cisalhamento tangenciais associadas ao evento D_2 .

Diversos autores identificaram esta deformação nas supracrustais do Grupo Seridó (principalmente nas unidades inferiores), nos *augen* gnaisses da Suíte Poço da Cruz e em rochas mais antigas (Complexo Caicó). Exemplos destes *augen* gnaisses paleoproterozóicos intrusivos no Grupo Seridó, apresentando o *fabric* D_2 e considerados como sintectônicos ao evento Transamazônico são ressaltados na literatura (ver argumentos revisados e apresentados por Jardim de Sá, 1994), levando estes autores a sugerir uma idade paleoproterozóica para o Grupo Seridó.

Em oposição ao supracitado modelo, Archanjo & Salim (1986) dentre outros, consideraram que os *augen* gnaisses são anorogênicos e que a deformação D_2 estaria associada à orogênese Brasileira (Ediacariana). Nesta concepção os referidos autores também sugerem uma estratigrafia alternativa para o Grupo Seridó.

Datações geocronológicas U-Pb (SHRIMP) obtidas por Van Schmus *et al.* (2003) em litotipos das formações Jucurutu e Seridó, indicam a idade neoproterozóica (ediacariana) para o Grupo Seridó, e conseqüentemente toda a deformação impressa nesta unidade.

Considerando as idades obtidas como corretas e que as amostras foram coletadas em locais típicos das duas formações, algumas considerações precisam ser ressaltadas, tais como:

a) as deformações (D_1 e D_2) impressas nas regiões dos litotipos datados do Grupo Seridó (Jucurutu-RN, Fazenda Lapa-RN, Pedra Preta-RN e Barra de Santa Rosa-PB) são associadas ao evento Brasileiro (Ediacarano);

b) os *augen* gnaisses descritos como intrusivos em supracrustais da base do Grupo Seridó, devem estar associados à granitogênese brasileira (cedo-sin tectônica) e não à suíte Poço da Cruz ou, alternativamente, as supracrustais descritas naquelas regiões não pertencem ao Grupo Seridó e sim a uma unidade mais antiga.

6.2.3 Evento D₃ (transcorrências brasileiras)

Este evento é caracterizado pelas grandes zonas de cisalhamento transcorrentes brasileiras existentes na região e em vários outros segmentos da Província Borborema. No contexto da folha Sousa, são constituídas pelas zonas de cisalhamento de Malta, Potalegre, Jaguaribe e Orós (figuras 6.1 e 6.2).

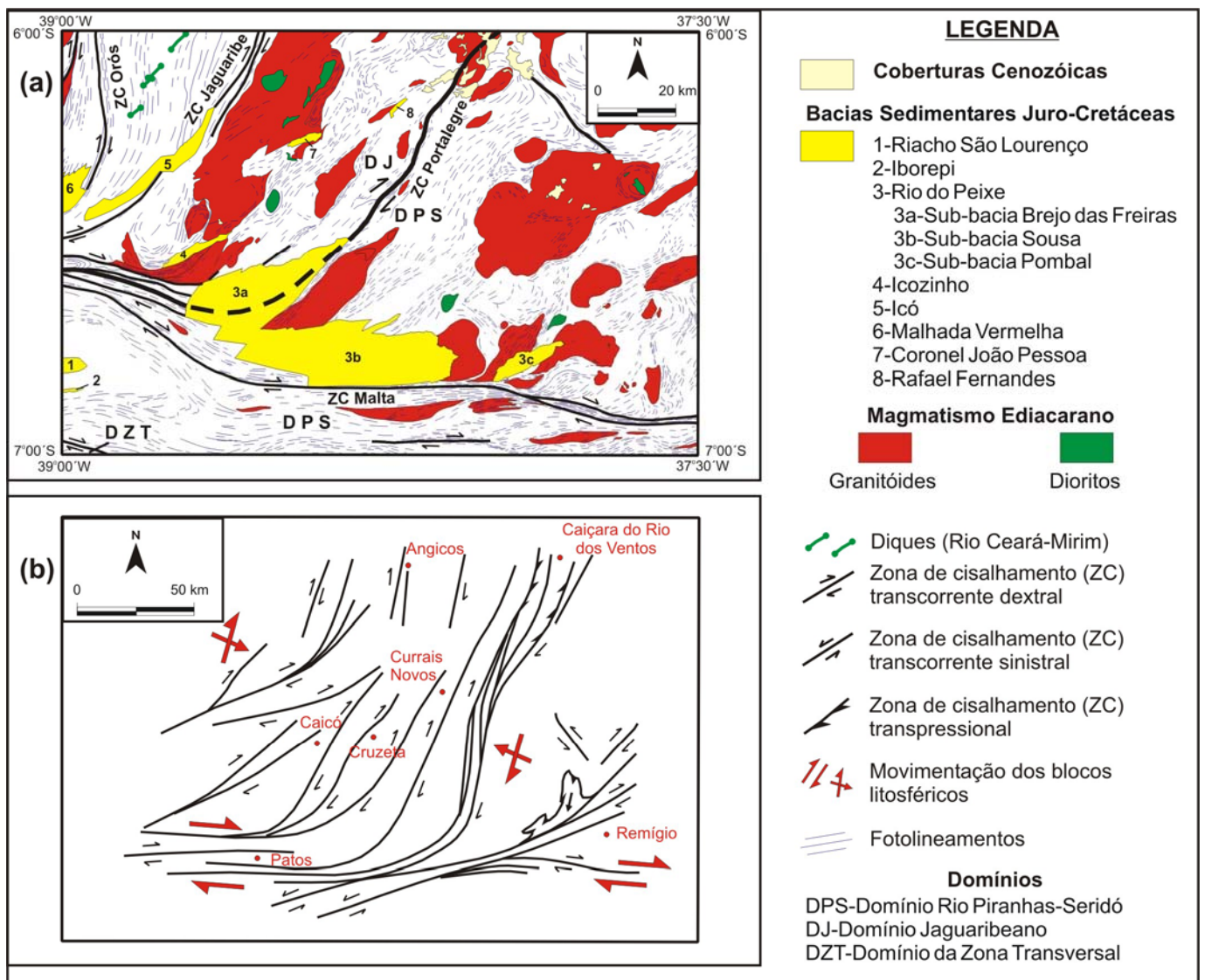


Figura 6.2 - Zonas de cisalhamento brasileiras cartografadas na folha Sousa pelo presente projeto (a) e na região do Seridó por Jardim de Sá, 1994 (b). O segmento da zona de cisalhamento Portalegre encoberto por sedimentos da Bacia Rio do Peixe (linha tracejada na figura a) é inferido a partir dos segmentos aflorantes no embasamento precambriano e dos dados aeromagnéticos.

A zona de cisalhamento Malta apresenta uma cinemática transcorrente dextral, onde o plano da foliação S_3 é verticalizado, com direção aproximadamente leste-oeste, possuindo uma lineação associada (L_3^X) de baixo *rake* e direção aproximadamente leste-oeste. No setor a norte desta estrutura, o plano médio da foliação grada para um ângulo de mergulho intermediário e assume a direção nordeste. Tais feições também são observadas em alguns setores a sul da estrutura (fotos 6.3 e 6.4). Dados geocronológicos obtidos no presente trabalho (capítulo 5) indicam um período ativo da estrutura até cerca de 570 Ma, enquanto que corpos com idades aproximadas de 540 Ma que não apresentam o *fabric* desta estrutura, sugerem inatividade (ou pequena atividade) no final do Ediacarano.



Foto 6.3 - Fotografia de campo mostrando a foliação milonítica S_3 verticalizada em milonitos a sudeste de São José da Lagoa Tapada (PB).



Foto 6.4 - Fotografia de campo do gnaiss bandedo do Complexo Caicó mostrando a foliação S_3 verticalizada, associada a L_3^X de baixo *rake*. Região do sítio Santo Antônio (norte de Aurora-CE).

A faixa milonítica da estrutura é mais evidente no setor leste da folha Sousa, onde atinge cerca de cinco quilômetros de espessura. No setor central da estrutura, a estimativa é dificultada pela presença dos sedimentos da Bacia Rio do Peixe.

Na bibliografia, a região entre as zonas de cisalhamento de Patos (sul da folha Sousa) e Malta é designada de Lineamento Patos, referida como uma extensa e espessa faixa milonítica. No presente trabalho, constatou-se que realmente ocorrem faixas miloníticas entre as duas zonas de cisalhamento (foto 6.4), porém não de forma pervasiva. Nestes locais o *fabric* D_3 é restrito a feições associadas a dobramentos localizados, estes com planos axiais e eixos paralelizados ao referido lineamento (direção leste-oeste), sendo comum a presença de um bandamento pré-transcorrente com ângulo de mergulho intermediário a baixo (fotos 6.5 e 6.6).

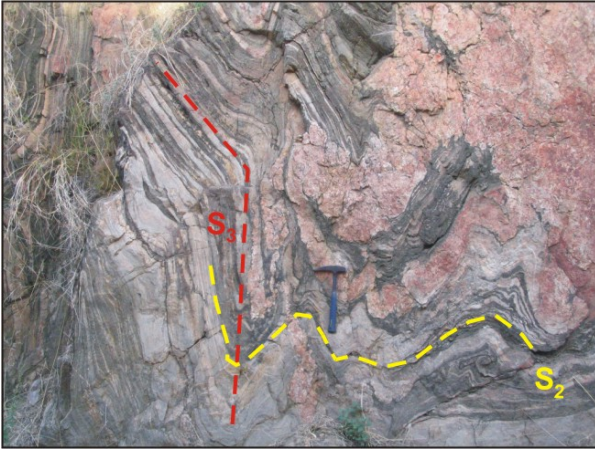


Foto 6.5 - Fotografia de campo do gnaiss bandado do Complexo Caicó, mostrando a relação da foliação S_3 (verticalizada) com S_2 (sub-horizontalizada). Região do sítio Frade (norte de Aurora-CE).



Foto 6.6 - Fotografia de campo do Complexo Caicó no Canal da Redenção (norte de Coremas - PB), mostrando a foliação S_2 com mergulho intermediário a baixo (região de baixo *strain* de D_3).

A zona de cisalhamento de Portalegre também possui uma cinemática transcorrente dextral com plano da foliação S_3 verticalizada, apresentando direção aproximada nordeste-sudoeste associada à lineação de baixo *rake* (L_3^X).

Apesar de ser observada em campo uma faixa milonítica expressiva associada a esta estrutura, em alguns setores o *fabric* não é evidente em fotografias aéreas e/ou imagens de satélite, em função da presença de coberturas cenozóicas naqueles locais.

O segmento sul da zona de cisalhamento de Portalegre é retrabalhado por falhas extensionais mesozóicas, com abatimento dos blocos do setor noroeste, responsáveis pela implantação da Bacia Rio do Peixe (Sub-bacia Brejo das Freiras). Um modelo alternativo de inferência desta estrutura dúctil na porção encoberta pelos sedimentos da Sub-bacia de Brejo das Freiras, e prolongamento para oeste é apresentado na figura 6.1.

As outras duas zonas de cisalhamento principais associadas ao evento D_3 , apresentam feições similares à de Portalegre (com ressalvas quanto ao significado tectônico de cada uma delas), tais como foliação S_3 verticalizada com direção aproximadamente nordeste-sudoeste, associada à lineação de baixo *rake* (L_3^X) e cinemática transcorrente dextral.

Na faixa Orós (Domínio Jaguaribeano), Sá (1991) identificou uma paragênese metamórfica M_3 (granada+estauroлита+biotita) em fácies anfíbolito, e alguns locais onde são observados fundidos anatéticos. Em regiões do domínio Rio Piranhas-Seridó, a fácies anfíbolítica também é

identificada e, mais localmente, algumas paragêneses em fácies granulítica, como na região da zona de cisalhamento Remígio-Pocinhos (Souza & Jardim de Sá, 1993), a leste da folha Sousa.

6.3 EVENTOS MESOZÓICOS (CISALHAMENTOS RÚPTEIS)

A partir do Jurássico e culminando no Cretáceo Superior, ocorreu o evento de abertura do Oceano Atlântico, e conseqüente separação dos continentes Sul-americano e Africano. Em decorrência do evento, vários cisalhamentos frágeis (principalmente extensionais) foram desenvolvidos na região, provocando subsidência em locais que favoreceram a implantação de bacias sedimentares nestas áreas.

Alguns destes cisalhamentos aproveitaram discontinuidades existentes desde o precambriano, como no caso de segmentos das zonas de cisalhamento de Malta, Portalegre e Jaguaribe, que foram re-ativas em regime frágil no Mesozóico (essencialmente no Cretáceo Superior).

Neste contexto geodinâmico, um sistema de meios *grabens* e transtracional gerado a partir de extensão noroeste-sudoeste foi implantado na região do nordeste brasileiro, à exemplo do *graben* Cariri, onde as bacias mesozóicas da folha Sousa são representantes desta estrutura, conforme ressaltado na figura 6.3.

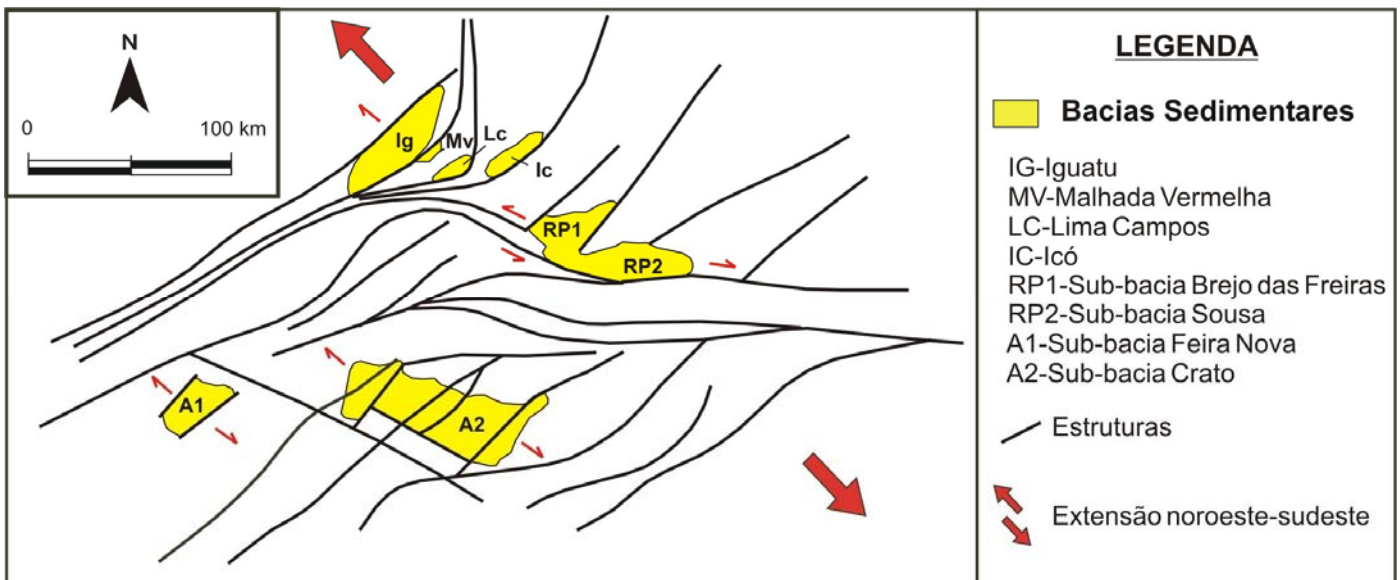


Figura 6.3 - Arcabouço estrutural e configuração do *rift* Cariri gerado a partir de reativações noroeste-sudoeste de zonas de cisalhamento precambrianas, formando meios *grabens* nesta direção e ambiente transtracional na Sub-bacia Sousa (compilado de Matos, 1999).

6.4 ASSINATURAS MAGNÉTICAS DAS ESTRUTURAS

As imagens aeromagnéticas permitem identificar feições/unidades com suscetibilidades magnéticas distintas, por vezes delineando segmentos lineares. Tais segmentos podem ser associados com estruturas geológicas (cisalhamentos), considerando que uma zona de cisalhamento pode provocar a justaposição de unidades com diferentes propriedades magnéticas, além de possibilitar que fluidos e/ou magmas percolem e/ou se alojem ao longo ou adjacentes a estas estruturas, fato que pode possibilitar a assinatura magnética linear ressaltada.

No intuito de avaliar a continuidade em profundidade dos cisalhamentos dúcteis brasileiros e das falhas mesozóicas observadas a partir de fotografias aéreas, imagens de satélite/aerogamaespectrométricas e dados de campo, foram demarcadas sobre as imagens aeromagnéticas, as zonas de cisalhamentos brasileiras, bacias mesozóicas e os diques de basalto Rio Ceará-Mirim (figura 6.4). Uma abordagem similar, com interpretações alternativas, é relatada por Oliveira *et al.* (2001).

Os procedimentos de tratamento dos dados aerogeofísicos, tais como interpolação, separação de fontes magnéticas (regionais e residuais), etc., seguiram a metodologia utilizada/descrita por Oliveira (1998). A composição de dados, ressaltada na figura 6.4, permite indicar as seguintes considerações:

- A zona de cisalhamento com direção noroeste-sudeste, cartografada em superfície na porção nordeste da folha Sousa, não apresenta continuidade em profundidade, tendo em vista não ser observada nos mapas aeromagnéticos, inclusive no de anomalias residuais (figura 6.4c), o qual resalta fontes magnéticas com topos mais rasos (inferiores a 3 km de profundidade). Alternativamente, esta ausência do sinal magnético pode ser atribuída à direção da estrutura (aproximadamente a mesma direção do campo induzido da terra) que desfavorece a sua magnetização.

- A zona de cisalhamento Orós, apesar de constituir uma estrutura bastante marcante/penetrativa em superfície (figura 6.1), não apresenta assinatura magnética na porção norte, onde os alinhamentos magnéticos apresentam direção nordeste - sudoeste, em oposição à direção norte - sul deste cisalhamento. Tal feição magnética é atribuída à presença dos condutos associados aos diques de basalto Rio Ceará-Mirim naquela região. Este contexto permite considerar que os condutos associados aos referidos diques possuem continuidade em

profundidade, tendo em vista que também são ressaltados no mapa de anomalias magnéticas mais profundas (figura 6.4b).

- Com relação à zona de cisalhamento Jaguaribe, apesar de possuir uma assinatura magnética marcante no mapa de anomalias residuais (figura 6.4c), não é ressaltada no mapa de anomalias mais profundas (figura 6.4b), sugerindo que não deve tratar-se de uma estrutura profunda.

- Na porção a sul da zona de cisalhamento Malta é observada uma grande anomalia magnética, tanto no mapa de contagem total, como no mapa de anomalias regionais (figuras 6.4a e 6.4b). Entretanto, no mapa de anomalias residuais, a amplitude das anomalias magnéticas é similar ao restante do Domínio Rio Piranhas-Seridó, sugerindo que o contraste magnético/litológico observado não ocorre em superfície. Tal fato é condizente com os dados de campo, onde a zona de cisalhamento de Malta não foi caracterizada como limite entre domínios litosféricos contrastantes. Uma interpretação alternativa é ressaltada por Oliveira *et al.* (2001).

- No mapa do campo magnético reduzido ao pólo (figura 6.4a), a zona de cisalhamento Portalegre situa-se ao longo de um eixo positivo, o qual tem correlação no mapa da componente residual (figura 6.4c), com um alinhamento magnético bipolar, e na componente regional (figura 6.4b) com um longo eixo negativo. A assinatura da componente regional revela que esta zona de cisalhamento é uma estrutura profunda, permitindo considerá-la como candidata a limite de blocos/domínios crustais distintos.

Com relação às estruturas frágeis (mesozóicas), tendo em vista que foram implantadas aproveitando as descontinuidades oriundas dos cisalhamentos precambrianos supracitados, sua caracterização a partir dos dados magnéticos torna-se mais imprecisa, além do fato de serem consideradas como estruturas mais superficiais/rasas que as zonas de cisalhamento brasileiras. Entretanto, no mapa de anomalias residuais, as estruturas frágeis/bacias sedimentares podem ser esboçadas. Neste contexto a inflexão para oeste apresentada pelas anomalias magnéticas na região da Sub-bacia Brejo das Freiras, foi aqui inferida como a continuidade da zona de cisalhamento dextral de Portalegre (figura 6.4).

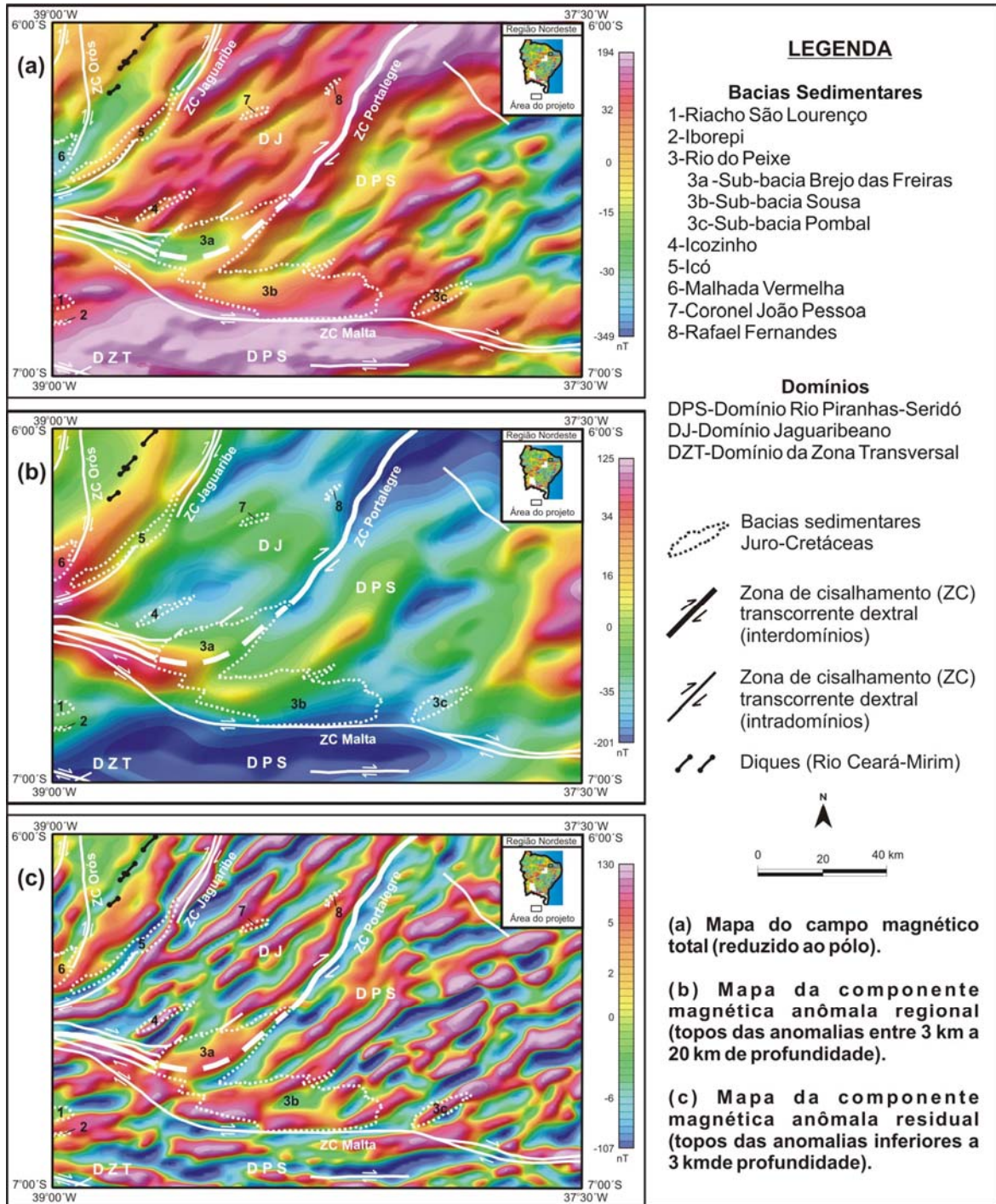


Figura 6.4 - Imagens aeromagnéticas da folha Sousa (imagens sombreadas com inclinação de 45° e declinação de 315° de azimute), incluindo as zonas de cisalhamento, bacias sedimentares e diques de basalto (Rio Ceará-Mirim) cartografados. A inferência do segmento da zona de cisalhamento Portalegre encoberto por sedimentos da Bacia Rio do Peixe (linha tracejada) é corroborada a partir dos segmentos aflorantes no embasamento precambriano.

7. Geoquímica Prospectiva

7.1 INTRODUÇÃO

Este levantamento geoquímico é o primeiro serviço de alta densidade executado em parte da Folha Sousa (algumas amostras, coletadas em escala compatível pelos projetos Scheelita do Seridó e Lavras da Mangabeira, foram aproveitadas neste levantamento). O Projeto Mapa Geoquímico Internacional executou um serviço de baixa densidade no período 1995-2000.

Foram programadas 358 estações de coleta de sedimento ativo de corrente e utilizaram-se 23 amostras coletadas dos projetos Scheelita do Seridó e Lavras da Mangabeira, cujas alíquotas estavam guardadas na Litoteca de Caeté, em Minas Gerais. Em 32 estações, aleatoriamente distribuídas, foram coletadas duplicatas de campo, perfazendo um total de 413 amostras de sedimento de corrente. Em 106 drenagens de ordem mais elevada procedeu-se à coleta de concentrados de bateia para estudo mineralógico.

Utilizaram-se duas equipes de coleta de amostras, em três etapas de campo de 20 dias corridos. A produção diária das equipes, em 60 dias corridos de campo, foi de aproximadamente 3,5 amostras de sedimento e 0,9 concentrados de bateia.

7.2 METODOLOGIA

7.2.1 Trabalhos de campo

A distribuição das estações de amostragem obedeceu aos critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico dos levantamentos geológicos regionais. A densidade de amostragem foi de 1 amostra/47 km² para os sedimentos de corrente e de 1 amostra/170 km² para os concentrados de bateia.

A distribuição das estações visou, dentro de um padrão regular, abranger a maior quantidade de território possível, isto tanto para as amostras de sedimento de corrente como para as de concentrado de bateia.

As amostras de sedimento ativo de corrente foram coletadas de forma composta, no canal ativo da drenagem, em trechos mais retilíneos, em 5 a 10 porções e num raio máximo de 50 metros. Procurou-se amostrar o sedimento mais fino possível, visando aproveitar o efeito de adsorção iônica na fração mais argilosa.

As amostras de concentrados de bateia foram coletadas também de forma composta. Nas drenagens de ordem elevada, procurou-se coletar amostras do material grosseiro existente nas zonas convexas dos meandros, assim como em corredeiras, panelas e, na falta, em trechos retos do riacho, buscando atingir a fração cascalho carregada pela corrente. O volume original coletado desse material foi de 10 litros e a concentração em bateia se fez ainda no campo. O material concentrado resumiu-se, em geral, a uma porção em torno de 300 ml.

Os mapas de serviço foram elaborados previamente e corrigidos no campo nos casos de impossibilidade de amostragem, quando estações foram substituídas por outras, por motivos diversos (ex.: em locais com novo açude a estação foi transferida para um local a montante do mesmo).

Em 10% das estações e aleatoriamente distribuídas, foram coletadas duplicatas de campo das amostras de sedimento de corrente para teste de variância.

Todas as informações de campo das amostras de sedimento ativo de corrente e de concentrados de bateia foram registradas em formulário próprio (caderneta de campo geoquímica) para posterior arquivamento, junto com os resultados analíticos, na base de dados geoquímicos da CPRM, o GEOBANK.

7.2.2 Analítica

As amostras de sedimento ativo de corrente foram enviadas para análise no ACME ANALÍTICA LABORATÓRIOS LTDA, e obedeceram ao seguinte processo analítico:

- Secadas a 60°C e peneiradas a 80 mesh;
- Pulverizadas e digeridas com água régia a 95°C; e depois
- Analisadas para 53 elementos traço por ICP-MS, a saber:

Au, Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pd, Pt, Pb, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn e Zr.

Para os concentrados de batéia o material foi preparado pelo laboratório interno da CPRM-Recife. Todas as amostras foram pesadas brutas. Após passarem por separação em líquido denso (bromofórmio), as alíquotas formadas pelos minerais de densidade abaixo de 2,97 foram descartadas. Os minerais ditos “pesados” foram então encaminhados para a separação magnética, utilizando-se um separador FRANTZ. Com as frações magnéticas identificadas, as demais seguiram para o estudo analítico através de lupa binocular e microscópio.

7.3 RESULTADOS OBTIDOS

7.3.1 Sedimentos de corrente

7.3.1.1 Teste de variância

O teste de variância *t-student* foi feito para 32 pares de duplicatas, o resultado está apresentado no quadro 7.1 e a hipótese nula foi aceita para todas as variáveis testadas, 47 variáveis de 53 analisadas, a um nível de 95%. Seis variáveis (W, Ta, Te, Re, Pd e Pt) não apresentaram valores suficientes entre os 32 pares de amostras para o teste.

7.3.1.2 Sumário dos estimadores

Foi elaborada uma tabela com o sumário dos estimadores (quadro 7.2) incluindo o cálculo do valor limiar (média geométrica vezes dois desvios geométricos). As amostras que excederam o limiar foram consideradas anômalas e estão relacionadas no quadro 7.3.

Quadro 7.1 - Cálculo da variância (*t*-student).

ELEMENTO	N1=N2	X1	X2	N1*(S1)2	N2*(S2)2	N1+N2-2	R0	t	T(0,95)	ÍNDICE	NULLA	HIPÓTESE
Ag - ppb	32	17,23	16,06	2540,26	1785,68	62,00	8,35	0,56	1,67	0,56	ACEITO	
Al - %	32	1,37	1,47	23,56	15,62	62,00	0,79	-0,51	1,67	0,51	ACEITO	
As - ppm	32	0,41	0,43	2,77	1,94	62,00	0,28	-0,19	1,67	0,19	ACEITO	
Au - ppb	32	1,11	0,90	48,16	21,87	62,00	1,06	0,78	1,67	0,78	ACEITO	
B - ppm	32	2,45	2,38	61,20	46,66	62,00	1,32	0,21	1,67	0,21	ACEITO	
Ba - ppm	32	157,16	152,69	321771,50	161603,21	62,00	88,30	0,20	1,67	0,20	ACEITO	
Be - ppm	32	1,01	1,02	12,08	9,61	62,00	0,59	-0,04	1,67	0,04	ACEITO	
Bi - ppm	32	0,08	0,11	0,09	0,50	62,00	0,10	-1,40	1,67	1,40	ACEITO	
Ca - %	32	0,33	0,38	1,15	1,32	62,00	0,20	-1,04	1,67	1,04	ACEITO	
Cd - ppm	32	0,03	0,03	0,01	0,01	62,00	0,02	0,00	1,67	0,00	ACEITO	
Ce - ppm	32	92,59	89,38	138220,04	111508,56	62,00	63,47	0,20	1,67	0,20	ACEITO	
Co - ppm	32	8,81	9,65	1054,77	708,69	62,00	5,33	-0,64	1,67	0,64	ACEITO	
Cr - ppm	32	39,29	53,06	53894,57	116992,95	62,00	52,50	-1,05	1,67	1,05	ACEITO	
Cs - ppm	32	1,39	1,65	23,62	65,99	62,00	1,20	-0,86	1,67	0,86	ACEITO	
Cu - ppm	32	15,29	15,45	3272,44	2706,20	62,00	9,82	-0,07	1,67	0,07	ACEITO	
Fe - %	32	2,66	2,84	119,14	102,11	62,00	1,89	-0,38	1,67	0,38	ACEITO	
Ga - ppm	32	6,14	6,42	376,13	232,41	62,00	3,13	-0,36	1,67	0,36	ACEITO	
Ge - ppm	32	0,10	0,11	0,01	0,03	62,00	0,03	-0,92	1,67	0,92	ACEITO	
Hf - ppm	32	0,14	0,13	0,33	0,30	62,00	0,10	0,22	1,67	0,22	ACEITO	
Hg - ppb	32	11,89	11,00	1985,35	1619,20	62,00	7,62	0,47	1,67	0,47	ACEITO	
In - ppm	32	0,03	0,03	0,01	0,01	62,00	0,02	0,34	1,67	0,34	ACEITO	
K - %	32	0,32	0,37	1,17	1,06	62,00	0,19	-1,08	1,67	1,08	ACEITO	
La - ppm	32	46,37	46,18	26048,55	22155,23	62,00	27,88	0,03	1,67	0,03	ACEITO	
Li - ppm	32	7,86	9,20	1002,62	1201,21	62,00	5,96	-0,90	1,67	0,90	ACEITO	
Mg - %	32	0,29	0,36	1,88	1,95	62,00	0,25	-1,07	1,67	1,07	ACEITO	
Mn - ppm	32	518,29	557,44	3256207,45	5051303,10	62,00	366,05	-0,43	1,67	0,43	ACEITO	
Mo - ppm	32	0,85	1,17	4,05	36,06	62,00	0,80	-1,58	1,67	1,58	ACEITO	
Na - %	32	0,04	0,05	0,02	0,02	62,00	0,03	-1,14	1,67	1,14	ACEITO	
Nb - ppm	32	1,23	1,33	31,99	23,57	62,00	0,95	-0,43	1,67	0,43	ACEITO	
Ni - ppm	32	17,12	21,95	9066,67	15045,70	62,00	19,72	-0,98	1,67	0,98	ACEITO	
P - %	32	0,05	0,06	0,04	0,04	62,00	0,04	-0,97	1,67	0,97	ACEITO	
Pb - ppm	32	11,37	10,73	702,11	443,54	62,00	4,30	0,60	1,67	0,60	ACEITO	
Rb - ppm	32	37,54	42,37	19164,26	18624,26	62,00	24,69	-0,78	1,67	0,78	ACEITO	
S - %	32	0,02	0,02	0,01	0,01	62,00	0,01	-0,74	1,67	0,74	ACEITO	
Sb - ppm	32	0,06	0,06	0,02	0,03	62,00	0,03	-0,37	1,67	0,37	ACEITO	
Sc - ppm	32	3,75	4,08	197,41	117,45	62,00	2,25	-0,57	1,67	0,57	ACEITO	
Se - ppm	32	0,23	0,20	0,65	0,52	62,00	0,14	1,00	1,67	1,00	ACEITO	
Sn - ppm	32	1,76	1,72	26,25	21,90	62,00	0,88	0,19	1,67	0,19	ACEITO	
Sr - ppm	32	39,24	37,02	19358,67	9617,80	62,00	21,62	0,41	1,67	0,41	ACEITO	
Th - ppm	32	14,27	15,24	2203,23	3123,76	62,00	9,27	-0,42	1,67	0,42	ACEITO	
Ti - %	32	0,09	0,11	0,09	0,06	62,00	0,05	-1,56	1,67	1,56	ACEITO	
Tl - ppm	32	0,22	0,24	0,58	0,53	62,00	0,13	-0,63	1,67	0,63	ACEITO	
U - ppm	32	2,05	2,22	59,35	67,24	62,00	1,43	-0,47	1,67	0,47	ACEITO	
V - ppm	32	30,10	34,94	19311,97	18989,29	62,00	24,85	-0,78	1,67	0,78	ACEITO	
Y - ppm	32	16,42	16,16	3470,16	2722,39	62,00	9,99	0,10	1,67	0,10	ACEITO	
Zn - ppm	32	40,24	40,94	18984,60	12775,55	62,00	22,63	-0,13	1,67	0,13	ACEITO	
Zr - ppm	32	4,80	4,81	516,76	393,71	62,00	3,83	-0,01	1,67	0,01	ACEITO	

Quadro 7.2 - Sumário dos estimadores.

Elemento	LIM_INF	VALORES	INF LIM DET	SUP LIM DET	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA ARIT.	MÉDIA GEOM.	DESVIO ARIT.	DESVIO GEOM.	LIM IAR (MG/DG2)
Mo - ppm	0,01	413	0	0	0	6,36	1,01	0,80	0,87	1,93	3,01
Cu - ppm	0,01	413	0	0	1	56,78	14,04	12,10	8,11	1,74	36,77
Pb - ppm	0,01	413	0	0	2	39,82	10,32	9,14	5,36	1,64	24,6
Zn - ppm	0,1	413	0	0	5	120,1	35,21	30,22	20,18	1,76	93,11
Ag - ppb	2	412	1	0	3	69	16,05	14,00	9,56	1,66	38,7
Ni - ppm	1	413	0	0	1	109,4	15,09	11,51	12,98	2,07	49,29
Co - ppm	0,1	413	0	0	1	35,2	8,30	6,98	4,95	1,84	23,63
Mn - ppm	1	413	0	0	60	6598	468,80	383,58	433,99	1,82	1274,12
Fe - %	0,01	413	0	0	0	17,72	2,31	2,01	1,57	1,66	5,54
As - ppm	0,1	385	28	0	0	4,9	0,41	0,31	0,40	2,06	1,31
U - ppm	0,1	413	0	0	0	10,6	2,15	1,71	1,62	1,96	6,57
Au - ppb	0,2	348	65	0	0	1063	3,87	0,66	56,95	2,11	2,94
Th - ppm	0,1	413	0	0	1	133,9	14,62	11,23	13,32	2,05	47,22
Sr - ppm	0,5	413	0	0	5	120,6	33,41	28,45	19,74	1,78	90,27
Cd - ppm	0,01	399	14	0	0	0,11	0,03	0,02	0,02	1,76	0,07
Sb - ppm	0,02	388	25	0	0	0,21	0,06	0,06	0,03	1,64	0,15
Bi - ppm	0,02	402	11	0	0	0,92	0,10	0,07	0,10	2,15	0,32
V - ppm	2	413	0	0	3	251	28,62	23,78	21,90	1,82	78,39
Ca - %	0,01	413	0	0	0	1,31	0,32	0,27	0,20	1,94	1
P - %	0,001	413	0	0	0	0,356	0,05	0,04	0,04	2,07	0,17
La - ppm	0,5	413	0	0	5	294,6	42,11	34,73	30,17	1,85	119,12
Cr - ppm	0,5	413	0	0	2	303,4	32,77	25,04	28,55	2,07	107,58
Mg - %	0,01	413	0	0	0	1,77	0,30	0,23	0,22	2,11	1,04
Ba - ppm	0,5	413	0	0	21,9	744,7	133,95	117,34	76,94	1,66	324,27
Ti - %	0,001	413	0	0	0,007	0,284	0,09	0,08	0,05	1,81	0,26
B - ppm	1	383	30	0	1	12	2,50	2,11	1,64	1,76	6,58
Al - %	0,01	413	0	0	0,24	3,81	1,32	1,17	0,68	1,65	3,17
Na - %	0,001	413	0	0	0,007	0,564	0,05	0,04	0,04	1,88	0,14
K - %	0,01	413	0	0	0,04	1,05	0,32	0,28	0,18	1,77	0,87
W - ppm	0,2	18	395	0	0,1	0,5	0,21	0,18	0,12	1,69	0,53
Sc - ppm	0,1	413	0	0	0,5	10,4	3,51	3,06	1,85	1,70	8,87
Y - ppm	0,02	413	0	0	0,03	0,63	0,20	0,18	0,12	1,76	0,55
S - %	0,01	213	200	0	0,01	0,19	0,02	0,02	0,02	1,78	0,06
Hg - ppb	5	271	142	0	5	453	16,00	11,08	32,92	1,93	41,4
Se - ppm	0,1	382	31	0	0,1	0,6	0,19	0,16	0,10	1,66	0,45
Te - ppm	0,02	27	386	0	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	1,21	0,03
Ga - ppm	0,1	413	0	0	0,8	18,2	5,63	4,87	3,05	1,74	14,68
Cs - ppm	0,02	413	0	0	0,22	8,35	1,52	1,18	1,16	2,06	5,04
Ge - ppm	0,1	298	115	0	0,1	0,3	0,11	0,11	0,03	1,21	0,15
Hf - ppm	0,02	413	0	0	0,02	1,39	0,13	0,10	0,10	1,80	0,34
Nb - ppm	0,02	413	0	0	0,08	5,06	1,06	0,87	0,73	1,91	3,17
Rb - ppm	0,1	413	0	0	5	115,9	35,82	29,90	21,08	1,88	105,4
Sn - ppm	0,1	413	0	0	0,2	8,3	1,53	1,37	0,82	1,59	3,45
Ta - ppm	0,05	0	413	0	0	0	-	-	-	-	-
Zr - ppm	0,1	413	0	0	0,7	42,6	4,55	3,75	3,64	1,82	12,4
Y - ppm	0,01	413	0	0	2,61	59,52	14,07	12,11	8,49	1,72	35,97
Ce - ppm	0,1	413	0	0	10,7	600,6	81,38	67,23	60,13	1,83	224,34
In - ppm	0,02	304	109	0	0,02	0,11	0,03	0,03	0,02	1,49	0,06
Re - ppb	1	96	317	0	1	2	1,06	1,04	0,24	1,18	1,46
Be - ppm	0,1	413	0	0	0,2	3,5	0,88	0,75	0,53	1,76	2,31
Li - ppm	0,1	413	0	0	1	39,4	8,55	6,67	6,40	2,05	27,98
Pd - ppb	10	4	409	0	10	20	13,25	12,75	4,57	1,36	23,67
Pt - ppb	2	11	402	0	2	3	2,09	2,08	0,30	1,13	2,65

Quadro 7.3 - Relação das amostras anômalas (1/3).

AMOSTRA	Longitude	Latitude	MC	Anomalias totais	1/3
AD0028A	568864	9324736	39	Sr, Hf	
AD0040	595054	9308047	39	Mn,	
AD0045	608277	9311676	39	Sb, Hf	
AD0047	607003	9302289	39	U	
AD0049	578159	9294685	39	U	
AD0050	581810	9296729	39	Ag	
AD0075	547256	9259858	39	Mo, As, B	
AD0076A	529858	9252523	39	Cu, Co, Nb, Sn, Be, Se, Te, Al, Sc, Tl, Ga, Rb, In	
AD0076B	529858	9252523	39	Mo, Cu, Zn, Sn, Be, As, V, Se, Al, K, Tl, Ga, In	
AD0089	571404	9237259	39	Mo, S,	
AD0107	566246	9322270	39	Ni, P, Ca, Mg, Sr, Ba, Ti	
AD0123	605958	9335500	39	U, Zr	
AD0127	559709	9312956	39	S, B	
AD0133	576717	9319747	39	B	
AD0135	569172	9315170	39	Cd, Sb, Bi, V, Ti, Ga, Ge, Hf, Zr	
AD0136	568320	9313165	39	Bi, V	
AD0146B	570167	9302397	39	Te	
AD0147	570872	9302775	39	U	
AD0151	593753	9317934	39	S	
AD0159A	595553	9305841	39	Mn	
AD0159B	595553	9305841	39	Mn	
AD0167	609710	9305936	39	Ag	
AD0173	577004	9298254	39	U	
AD0183	587876	9297248	39	U, Na	
AD0192	607186	9299256	39	U, Th	
AD0219	547004	9259290	39	Mo, Sb	
AD0221	536877	9239532	39	Ge, Re	
AD0251A	576519	9240226	39	Ag, Ni, Cr, Nb, V, S, Se, Al, K, Sc, Ga	
AD0264	569646	9234772	39	Sn, P, Ge	
AF0024	563892	9332430	39	Fe, V	
AF0029B	576437	9323980	39	Bi	
AF0030A	580309	9336593	39	Te	
AF0032	599201	9327946	39	Bi	
AF0037	579748	9310889	39	U, Th, Ce, La, Ge	
AF0071	509078	9266745	39	U, Th, Hf, Zr	
AF0083	564674	9254601	39	Mo	
AF0084	576056	9256220	39	Mo, Co	
AF0085	562428	9244133	39	Pb, Mn, Sr, Ba	
AF0086	559429	9328247	39	Re	
AF0088	556344	9236898	39	Nb, In	
AF0095	571472	9333252	39	Cu, Ni, Co, Cr, Sr, Ba, Sc	
AF0096	571703	9333221	39	Zn, Ag, Sn, Be, Se, Ce, La, Ba, Sc, Ge, Y	
AF0098A	579775	9334197	39	Cu, Zn, Au, Cd, Se, B, Ba	
AF0098B	579775	9334197	39	Au, Cd, Ba,	
AF0104	562516	9323431	39	Mn, Ga	
AF0106	577602	9325224	39	Pb, B	
AF0115	600177	9329561	39	Pt	
AF0120	586309	9320616	39	Re	
AF0129	558435	9306256	39	Fe, Ga, Ge, Hf, In	
AF0130A	558539	9306170	39	Ni, Cr, Fe, Sb, V, Hf, Zr	
AF0130B	558539	9306170	39	Ni, Fe, V	
AF0136	568320	9313165	39	Fe	
AF0139	562943	9308863	39	Pb, Ag, Sr	
AF0144A	573109	9305486	39	U	
AF0144B	573109	9305486	39	U, Te	
AF0157	584516	9305941	39	Hf, Zr,	
AF0169	557789	9287214	39	Sn, Sb, Re	
AF0170	558079	9284431	39	Te	
AF0174	571070	9294807	39	Zr	
AF0175	567347	9292867	39	Au, B, La, Tl	

Quadro 7.3 - Relação das amostras anômalas (2/3).

AMOSTRA	Longitude	Latitude	MC	Anomalias totais	2/3
AF0178F	580613	9287596	39	Ag, Bi, Te, Sc, Cs	
AF0190B	594563	9285075	39	W	
AF0195	609687	9300191	39	U, Th	
AF0196	591598	9303790	39	Te	
AF0228A	652769	9303183	39	Cr	
AF0228B	652769	9303183	39	Cr, Fe, Hf, Zr	
AF0244	562636	9253238	39	Mo	
AF0245	564941	9252377	39	B, Na	
AF0246	569521	9251908	39	Mo	
AF0247	574205	9256035	39	Mo, Cu, Co, Mn, Te, B, Ca, Al, Ge	
AF0248	574925	9258133	39	Ag, B, Al, Ge, Li	
AF0249	562193	9243668	39	Mo	
AF0250	565788	9243804	39	Mo	
AF0261	560472	9230612	39	Th, Ce, La, Ge	
AF0274	504218	9252685	39	Cu, Zn, Ag, As, Te, B, Al, Na, Li	
AF0288B	567644	9264552	39		
AF0324	536623	9235180	39	Th, La	
AF0330	513143	9252996	39	Te, Sc	
AW-0275	698167	9339161	39	U, Th, Te, Ce, La, Ge, Y	
EL0008	554385	9325304	39	Ag, Se, Ba	
EL0009	545418	9331040	39	Te, Li	
EL0011	535839	9330521	39	Ag, Be, Ba, Y, In	
EL0017	532620	9324466	39	Sn, Ce	
EL0020B	540002	9335849	39	As	
EL0021	549924	9336500	39	Hf, Zr	
EL0022	538043	9298397	39	Pb, Ag, Sn, Be, S, Se, B, Al, Ga, In	
EL0023	553393	9293632	39	Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Nb, Fe, P, Mg, Ba, Ti, Sc, Cs, Ge	
EL0024	546559	9329458	39	Nb, Y	
EL0025	546604	9329533	39	Sn, Y, In	
EL0041	528294	9312497	39	Sn, Bi, S, B, Sr, K, Cs	
EL0042A	538332	9316451	39	Y, In	
EL0042B	532374	9307037	39	Ge	
EL0045B	536695	9312425	39	Ni, Cr, Mg	
EL0046	538143	9311741	39	Y, In	
EL0049A	526822	9304641	39	Bi, Cs, Li	
EL0053	534594	9304602	39	Fe, Bi, V, Te, Zr	
EL0054A	543633	9318563	39	Sr	
EL0054B	543633	9318563	39	Mn, Na	
EL0055A	548064	9315042	39	B	
EL0056	547345	9313913	39	Sr	
EL0056B	640821	9333097	39	Te	
EL0057	546624	9312866	39	Mn	
EL0058	553820	9306489	39	Au, Fe	
EL0061	632289	9318784	39	U, Hf, Zr	
EL0082	551665	9294116	39	Pb	
EL0090	555594	9321429	39	Mn	
EL0185	595028	9297553	39	Mn	
EL0197	626894	9320949	39		
EL0198	635469	9325765	39	Hg, Sn, Ce, La, Ge, Y, In	
EL0199A	643120	9334484	39	Hg	
EL0202	614901	9300482	39	Hg	
EL0205	645119	9310635	39	B, In	
EL0208B	652769	9303183	39	Hg	
EL0210	618354	9288943	39	Zr	
EL0212	627384	9282267	39	Hg, P	
EL0213	648360	9286749	39	Hg, P, Ca	
EL0216	621191	9252470	39	Hg	
FS0001	504200	9332355	39	Ag, As, B, Li	
FS0003	505421	9335224	39	Cu, Ag, Be, As, Cd, Bi, B, K, Sc, Cs, Li	
FS0005	515121	9333777	39	Cu, Sn, Bi	

Quadro 7.3 - Relação das amostras anômalas (3/3).

AMOSTRA	Longitude	Latitude	MC	Anomalias totais	3/3
FS0006	506613	9321641	39	As, Bi, Te, Al, Sc, Ga, Cs, Rb, Li	
FS0007	517668	9322434	39	Na	
FS0009B	527529	9331202	39	Bi	
FS0010A	532095	9331314	39	As	
FS0010B	532095	9331314	39	Cu, Tl, Cs, Rb, Li	
FS0011	535839	9330521	39	Sn	
FS0013	522199	9328453	39	U, Th, Bi, Ce, La, Ge	
FS0014	540336	9324893	39	Ge, In	
FS0015	538047	9327119	39	Re	
FS0017	507212	9288582	39	Mn	
FS0018	511568	9287230	39	Hg	
FS0022	538043	9298397	39	Bi	
FS0027A	505633	9317633	39	As, Sb, Te	
FS0030	511059	9310359	39	Pb, Zn, Ag, Sn, Be, Bi, Tl, Cs, Rb, Y, Li	
FS0031	510612	9309752	39	Pb, Zn, Ag, Nb, Sn, Be, Cd, Bi, Tl, Cs, Ge, Rb, Y, Li	
FS0032	515535	9309203	39	Pb, Ag, Be, Se, B, Ba, Al, Sc, Ga, Y, In	
FS0035	518200	9306701	39	Te, Na, Li	
FS0040	527106	9312846	39	Ag, Au	
FS0061	541695	9300955	39	Mn	
FS0064A	517446	9295933	39	Sn, Mn, Tl, Re, Li	
FS0065	510683	9292077	39	U, Mn, S, B	
FS0069	522340	9298304	39	Pb, Mn, Ba, Y, In	
FS0070A	529751	9297373	39	Ce, La, Ge, Y, In	
FS0070B	529727	9297369	39	Nb, Ce, La, Ge, Y, In	
FS0073	521170	9295461	39	Y	
FS0074A	523290	9292903	39	Hf, Zr, Y, In	
FS0074B	523290	9292903	39	Cd, Y, In	
FS0074C	523290	9292903	39	Y, In	
FS0075	532475	9294288	39	Hf	
FS0079B	522564	9284880	39	Cd, P, Ca, Ti, In	
LN-0126	628991	9319782	39	Au, Hg	
LN-0256	613010	9321504	39		
PL0067	646477	9290086	39	Te, La, Tl, Ge	
PL0070	656222	9283430	39	Mo	
PL0082	600363	9262976	39	Mo	
PL0087	610505	9246735	39	Ag, Au	
PL0090	595040	9233068	39	Te	
PL0228B	663358	9275339	39	V, Ge	
PL0230	656965	9271601	39	P, Te	
PL0230A	582535	9276900	39	Ni, Cr, Be	
PL0230B	582535	9276900	39	Ni, Cr, P, Ge	
PL0231	583135	9277004	39	Mo, Te	
PL0236	597458	9271201	39	Au, Cd, Sb	
PL0237	584705	9260844	39	Ag, Co, As, K, Li	
PL0238	603422	9277306	39		
PL0239	602023	9270012	39	Te	
PL0240	600859	9264070	39	P, Ca	
PL0252	585576	9254515	39	Al	
PL0253A	593678	9254770	39	Hf	
PL0253B	593678	9254770	39	Mo, Zr	
PL0256	593678	9245048	39	Mo	
PL0257	599698	9248694	39	Mo, B	
PL0258	600908	9246990	39	S	
PL0266A	583071	9232722	39	Mo, Ni, Co, Cr, Nb, Al, Sc	
PL0266B	583071	9232722	39	Mo, Ag, Ni, Cr, V, Al, Sc	
PL0267	588790	9232261	39	Mo, Fe, P, Te, Ge	
PL0269	605786	9236063	39	Te	
PL0275	643315	9264593	39	P	
PL0278	588134	9232236	39	Mo, Sb, Te, Na	

7.3.1.3 Correlações

A análise das correlações torna-se difícil com o elevado número de elementos analisados, figura 7.1. Existe um grande número de inter-relações entre elementos e fenômenos naturais de concentração possíveis, tais como: adsorção em argilas, adsorção por óxidos de ferro e manganês, associações geoquímicas em minerais, etc. Dessa forma poderá ser identificado, através das correlações, o tipo de associação presente.

- O Al apresenta elevadas correlações com os elementos metálicos Cu, Zn, Ag, Ni, Co e Cr (secundariamente V, Cd e Fe) numa clara associação de adsorção em argilas ratificada pela sua elevada correlação também com Mg, K e Ca, componentes principais de minerais argilosos.

- O Fe e o Mn apresentam boas correlações com os mesmos metálicos que o Al, com ênfase ao Cr e ao V. A correlação com valores inferiores sugere que a adsorção por argilas supera a de óxidos de Fe e Mn.

- Algumas outras associações se destacam na matriz de correlação: Cr-Ni-Co-Mg, Pb-Zn-Ag, Cu-Zn-Ni-Co, Ce-La-Y-Be, Li-K-Rb, Ba-Sr, Ca-Mg, P-Sc,.

- Uma análise da matriz de correlação com o número elevado de variáveis como esta, deve ser feita com muito cuidado, em razão das diferentes formas de associações de alguns elementos, o que afeta o cálculo das correlações de outros elementos. A análise de agrupamentos é indicada neste caso de elevado número de variáveis.

7.3.1.4 Análise de agrupamentos

Foram elaborados dois dendrogramas, figura 7.2. O primeiro deles incluiu os 48 elementos com número suficiente de valores não qualificados. Para o segundo dendrograma foram selecionados 17 elementos metálicos com maiores amplitudes de valores, maiores correlações e com melhores agrupamentos no dendrograma anterior (Cu, Ni, Cr, Co, Zn, La, Ce, Y, Cd, Ag, U, Th, Fe, V, Pb, Sn e Nb).

Da análise dos dois dendrogramas podem-se destacar algumas observações:

- Os elementos S, Sb e As não se agrupam com os metálicos em nenhum *cluster* importante, sugerindo a inexistência de sulfetos metálicos na origem destes elementos.

- Os principais agrupamentos destacados no primeiro dendrograma são, por hierarquia: Ti-Rb, Fe-V, Mg-K-Al-Sc (argilas?); La-Ce, Cs-Li, Hf-Zr, Sr-Ba, Au-Hg, etc. Nenhuma associação notável de expressão metalogenética.

- No segundo dendrograma, destacam-se por ordem hierárquica: La-Ce, Fe-V, Ni-Cr, Y-La-Ce, Co-Cr-Ni e U-Th.

A falta de correlação entre S, As e Se com elementos metálicos sugere a não identificação pela geoquímica prospectiva de mineralizações de sulfetos notáveis. Entretanto deve-se levar em consideração a possibilidade de oxidação do enxofre e conseqüente solução dos sulfatos em água, deslocando o enxofre do ambiente. As associações geoquímicas presentes refletem predominantemente a mineralogia do sedimento. Assim, é fundamental analisar as anomalias na sua associação com os minerais de batéia.

	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Tl	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Cr	P	La	Ce	Mg	Ba	Ti	S
Mo	1,00	0,34	0,07	0,10	0,12	0,42	0,54	0,39	0,24	0,80	0,00	-0,13	0,00	0,34	0,27	0,20	-0,07	0,20	0,54	0,06	0,05	0,38	0,46	0,28	0,08	0,28
Cu		1,00	0,45	0,71	0,76	0,79	0,75	0,42	0,54	0,63	0,30	-0,05	0,37	0,67	0,61	-0,28	0,23	0,46	0,65	0,67	0,55	0,70	0,86	0,78	0,29	0,51
Pb			1,00	0,71	0,73	0,24	0,41	0,51	0,45	0,38	0,23	-0,21	0,32	0,56	0,65	-0,07	0,62	0,31	0,17	0,08	0,56	0,21	0,26	0,55	-0,29	0,44
Zn				1,00	0,84	0,46	0,51	0,35	0,45	0,43	0,31	-0,08	0,65	0,54	0,82	-0,46	0,69	0,32	0,45	0,55	0,86	0,42	0,63	0,58	0,18	0,36
Ag					1,00	0,46	0,47	0,26	0,41	0,43	0,20	-0,07	0,37	0,58	0,71	-0,20	0,52	0,29	0,31	0,42	0,72	0,37	0,55	0,73	0,05	0,58
Ni						1,00	0,91	0,47	0,62	0,68	-0,07	0,00	0,17	0,58	0,61	-0,23	0,04	0,62	0,78	0,60	0,32	0,91	0,90	0,61	0,26	0,44
Co							1,00	0,73	0,58	0,79	-0,03	-0,02	0,17	0,69	0,62	-0,26	0,19	0,56	0,81	0,44	0,33	0,78	0,87	0,69	0,07	0,55
Mn								1,00	0,29	0,58	0,27	-0,13	0,27	0,52	0,48	-0,04	0,29	0,21	0,63	0,04	0,26	0,27	0,42	0,48	-0,32	0,52
Fe									1,00	0,55	-0,09	-0,20	-0,03	0,76	0,50	-0,18	0,05	0,96	0,40	0,36	0,15	0,80	0,52	0,58	0,09	0,22
As										1,00	0,14	-0,14	0,20	0,67	0,57	0,01	0,11	0,49	0,71	0,37	0,25	0,62	0,72	0,53	0,14	0,55
U											1,00	-0,07	0,54	0,13	0,11	0,03	0,29	-0,19	0,11	0,14	0,28	-0,12	0,08	0,00	0,03	0,08
Au												1,00	-0,07	-0,30	-0,09	-0,11	0,06	-0,09	0,02	0,05	-0,15	-0,04	0,06	-0,21	0,03	-0,05
Tl													1,00	0,00	0,59	-0,13	0,51	-0,19	0,32	0,51	0,81	0,06	0,32	0,03	0,35	0,00
Sr														1,00	0,52	-0,24	0,25	0,71	0,56	0,34	0,22	0,60	0,62	0,82	-0,01	0,65
Cd															1,00	-0,17	0,55	0,36	0,67	0,54	0,74	0,49	0,62	0,53	0,16	0,48
Sb																1,00	-0,10	-0,22	-0,18	-0,46	-0,32	-0,28	-0,37	-0,35	-0,10	0,01
Bi																	1,00	-0,01	0,17	0,03	0,56	-0,02	0,25	0,12	0,05	0,23
V																		1,00	0,36	0,30	-0,01	0,83	0,53	0,49	0,10	0,19
Cr																			1,00	0,53	0,30	0,59	0,77	0,52	0,28	0,54
P																				1,00	0,50	0,56	0,65	0,45	0,55	0,15
La																					1,00	0,21	0,47	0,41	0,15	0,23
Ce																						1,00	0,83	0,52	0,31	0,21
Mg																							1,00	0,60	0,36	0,48
Ba																								1,00	-0,08	0,66
Ti																									1,00	-0,28
S																										1,00

≥ 0,7	CORRELAÇÃO ELEVADA
≥ 0,5 a < 0,7	BOA CORRELAÇÃO
≤ -0,3	NÃO CORRELAÇÃO SIGNIFICATIVA

	Al	Na	K	Sc	Ti	S	Hg	Se	Ga	Cs	Ge	Hf	Nb	Rb	Sr	Zn	Y	Ce	Er	Re	Ba	U
Mo	0,39	0,46	0,40	0,36	0,11	-0,04	-0,36	-0,19	0,19	0,14	0,17	0,20	-0,24	0,13	-0,06	0,20	0,01	0,07	0,03	-0,15	0,00	0,08
Cu	0,93	0,17	0,86	0,91	0,72	0,35	-0,03	0,44	0,82	0,40	0,26	0,36	0,41	0,74	0,29	0,15	0,38	0,52	0,38	-0,09	0,50	0,53
Pb	0,48	-0,03	0,29	0,38	0,62	0,21	-0,04	0,44	0,70	0,49	0,56	0,39	0,25	0,48	0,60	0,13	0,53	0,62	0,72	0,28	0,71	0,46
Zn	0,71	-0,12	0,74	0,69	0,87	0,29	-0,05	0,59	0,83	0,66	0,53	0,33	0,66	0,87	0,74	0,05	0,73	0,79	0,86	-0,12	0,91	0,67
Ag	0,73	0,04	0,65	0,61	0,79	0,30	-0,05	0,58	0,77	0,49	0,57	0,35	0,52	0,76	0,55	0,07	0,65	0,74	0,68	-0,21	0,73	0,56
Ni	0,84	0,22	0,76	0,84	0,33	0,05	0,00	0,03	0,66	0,16	0,35	0,47	0,07	0,40	0,12	0,38	0,13	0,27	0,23	-0,13	0,31	0,40
Co	0,82	0,17	0,74	0,81	0,46	0,07	-0,08	0,01	0,68	0,36	0,42	0,46	-0,04	0,44	0,14	0,30	0,16	0,39	0,30	-0,07	0,41	0,54
Mn	0,38	0,13	0,32	0,39	0,40	0,22	-0,27	-0,14	0,39	0,36	0,41	0,39	-0,22	0,27	0,16	0,33	0,18	0,45	0,25	0,18	0,36	0,41
Fe	0,64	0,14	0,41	0,60	0,18	0,02	-0,02	0,36	0,76	0,07	0,19	0,37	0,04	0,18	0,13	0,37	0,06	0,10	0,23	0,02	0,26	0,19
As	0,69	0,51	0,63	0,67	0,34	0,15	-0,42	-0,04	0,57	0,29	0,38	0,53	-0,12	0,33	0,10	0,42	0,11	0,27	0,27	-0,05	0,28	0,38
U	0,05	0,11	0,16	0,10	0,44	0,81	-0,24	0,27	0,14	0,33	-0,07	0,00	0,38	0,40	0,31	-0,03	0,16	0,20	0,18	0,07	0,27	0,22
Au	-0,03	-0,12	0,02	-0,02	-0,07	-0,11	0,64	-0,02	-0,16	-0,03	0,02	-0,14	-0,02	-0,01	-0,02	-0,20	-0,05	-0,16	-0,06	-0,18	-0,06	0,03
Th	0,24	0,16	0,47	0,35	0,64	0,20	-0,29	0,18	0,30	0,47	0,21	0,31	0,59	0,68	0,70	0,20	0,69	0,64	0,66	0,08	0,36	0,41
Sr	0,73	0,11	0,57	0,66	0,44	0,32	-0,19	0,37	0,80	0,37	0,33	0,37	0,09	0,38	0,07	0,20	0,11	0,32	0,29	-0,07	0,36	0,54
Cd	0,64	0,17	0,65	0,63	0,57	0,05	-0,18	0,27	0,68	0,42	0,75	0,61	0,39	0,59	0,66	0,42	0,70	0,67	0,82	-0,11	0,78	0,51
Sb	-0,39	0,65	-0,34	-0,38	-0,37	-0,26	-0,32	-0,41	-0,46	-0,16	0,01	0,02	-0,39	-0,40	-0,03	0,25	-0,15	-0,30	-0,25	0,28	-0,28	-0,29
Bi	0,23	-0,07	0,41	0,24	0,64	0,11	-0,04	0,25	0,39	0,87	0,57	0,17	0,49	0,61	0,84	-0,06	0,59	0,51	0,79	0,10	0,80	0,76
V	0,59	0,08	0,39	0,56	0,07	-0,03	0,10	0,27	0,67	0,04	0,14	0,22	-0,02	0,09	0,01	0,24	-0,15	-0,06	0,08	-0,03	0,14	0,20
Ca	0,64	0,27	0,69	0,69	0,31	0,10	-0,20	-0,05	0,50	0,25	0,45	0,51	0,07	0,37	0,14	0,44	0,26	0,31	0,32	-0,14	0,32	0,42
P	0,64	0,15	0,66	0,71	0,41	0,16	0,01	0,32	0,56	0,09	0,03	0,40	0,49	0,53	0,16	0,23	0,40	0,33	0,35	-0,15	0,36	0,26
La	0,53	-0,12	0,63	0,52	0,84	0,15	-0,13	0,48	0,59	0,53	0,45	0,27	0,65	0,86	0,74	0,03	0,85	0,91	0,82	-0,15	0,87	0,51
Cr	0,80	0,16	0,68	0,80	0,24	0,01	0,08	0,15	0,70	0,13	0,16	0,32	0,10	0,33	0,09	0,27	-0,01	0,09	0,15	-0,12	0,24	0,31
Mg	0,92	0,14	0,94	0,94	0,58	0,16	-0,02	0,15	0,74	0,46	0,36	0,36	0,25	0,65	0,24	0,14	0,22	0,41	0,35	-0,18	0,47	0,65
Ba	0,81	-0,04	0,58	0,70	0,56	0,24	-0,02	0,49	0,80	0,22	0,33	0,36	0,17	0,50	0,03	0,14	0,36	0,56	0,32	-0,16	0,38	0,40
Ti	0,24	0,43	0,46	0,40	0,10	-0,14	-0,10	0,08	0,12	0,13	-0,20	0,18	0,54	0,27	0,18	0,20	0,15	-0,13	0,12	-0,13	0,12	0,11
B	0,54	0,12	0,44	0,41	0,39	0,28	-0,19	0,00	0,46	0,27	0,68	0,39	-0,13	0,29	0,01	0,16	0,16	0,48	0,25	-0,11	0,26	0,53
Al	1,00	0,07	0,88	0,96	0,65	0,18	0,06	0,40	0,90	0,41	0,36	0,39	0,31	0,68	0,24	0,11	0,33	0,51	0,42	-0,11	0,50	0,58
Na		1,00	0,14	0,14	-0,14	-0,12	-0,53	-0,37	-0,08	-0,03	0,02	0,47	-0,17	-0,12	0,00	0,60	-0,02	-0,21	-0,08	0,15	-0,11	-0,07
K			1,00	0,92	0,73	0,14	-0,10	0,30	0,73	0,62	0,36	0,31	0,46	0,82	0,41	0,06	0,42	0,54	0,50	-0,22	0,62	0,74
Sc				1,00	0,63	0,12	0,00	0,33	0,85	0,46	0,25	0,44	0,32	0,69	0,27	0,17	0,34	0,46	0,41	-0,01	0,50	0,60
Tl					1,00	0,37	-0,06	0,53	0,69	0,76	0,34	0,10	0,62	0,97	0,62	-0,21	0,64	0,84	0,67	-0,07	0,83	0,73
S						1,00	-0,09	0,31	0,24	0,16	-0,02	-0,02	0,29	0,31	0,02	-0,13	-0,03	0,16	0,03	-0,19	0,12	0,19
Hg							1,00	0,24	0,05	-0,16	-0,13	-0,40	0,14	-0,02	-0,09	-0,52	-0,14	-0,15	-0,12	-0,02	-0,09	-0,11
Se								1,00	0,59	0,22	-0,02	-0,08	0,66	0,55	0,34	-0,26	0,49					

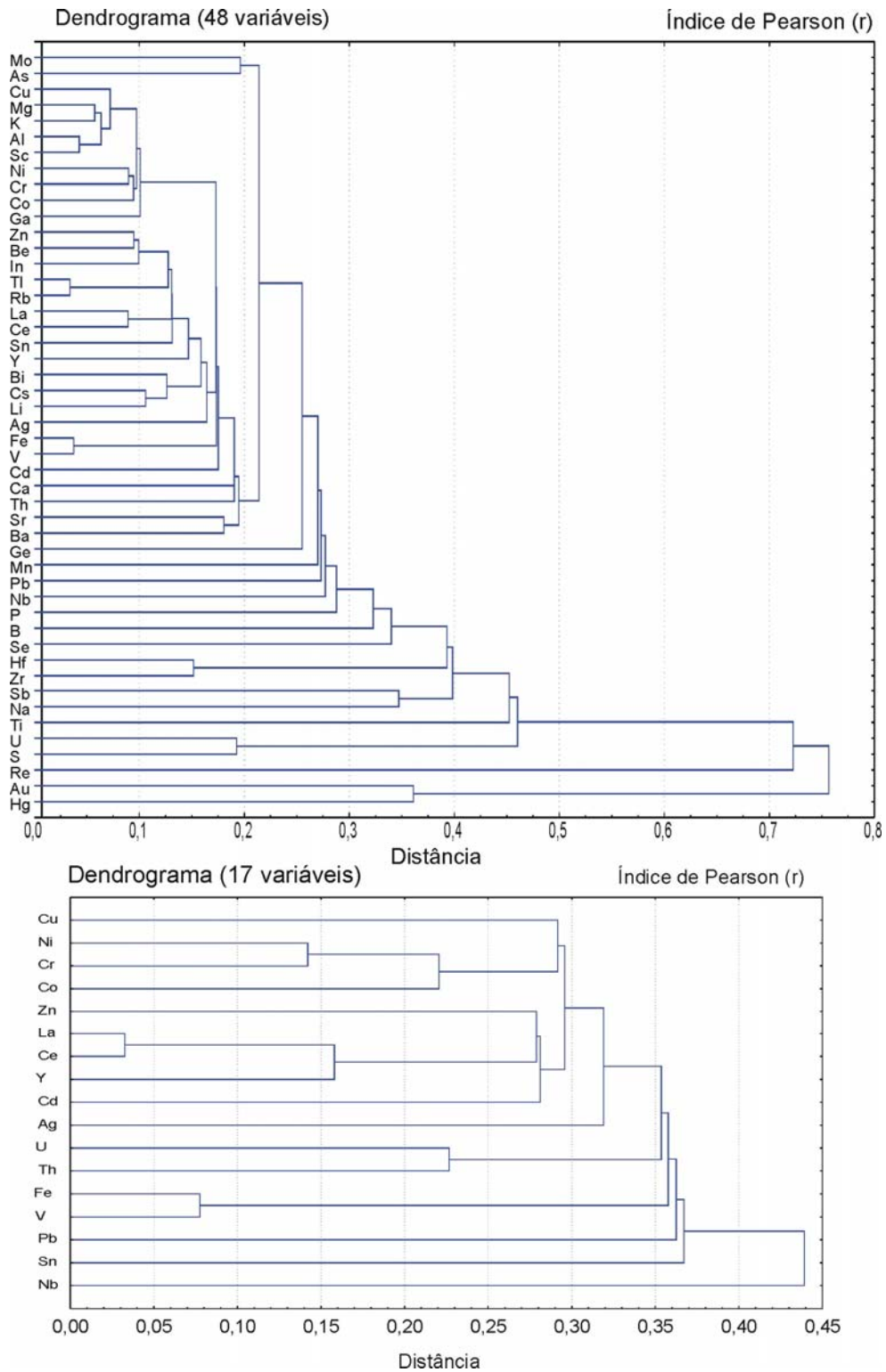


Figura 7.2 - Dendrogramas.

7.3.1.5 Mapas de distribuição

Para se obter uma correlação entre a geoquímica de drenagem e as diversas unidades geológicas, foram elaborados mapas de distribuição dos elementos analisados. Destaque-se que este tipo de análise deve ser encarado com cuidado pelos seguintes motivos: o tipo de amostragem em drenagens gera informações pontuais não contínuas (variáveis discretas); as informações de cada ponto refletem o conteúdo da área da bacia de captação da amostra e assim seu valor pode refletir deslocamento; e a distribuição dos pontos de amostragem é dependente do padrão da rede de drenagem. No cálculo das anomalias as estações selecionadas devem ser analisadas no contexto da metalogenia e diferem deste enfoque geológico-geoquímico.

Foram elaborados seis cartogramas (figuras 7.3 a 7.8) com os mapas de distribuição de 36 elementos (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Sn, Sr, Th, U, V, Y, Zn e Zr). Os elementos Au e Pt, devido a sua distribuição peculiar foram plotados no formato pontual (figura 7.9). Os demais 15 elementos (Bi, Cd, Ge, Hf, Na, P, Pd, Re, S, Se, Ta, Te, Ti, Tl e W) não tiveram seus mapas de distribuição elaborados devido ao limitado número de valores qualificados ou a pequena amplitude dos seus valores, porém foram considerados nas análises de correlação e agrupamento, como visto.

A grande variação litológica das diversas unidades geológicas dificulta sobremaneira uma análise de correlação entre os tipos litológicos constituintes das unidades e a distribuição dos elementos. Assim o enfoque desta análise será dado às unidades maiores ao nível de grupos e complexos, enfatizando os principais tipos litológicos.

A associação Cu-Ni-Co-Fe-V-Cr (figura 7.3) se destaca com uma distribuição superficial similar entre os elementos. As principais concentrações contínuas se dispõem na região sudoeste da folha onde se destacam os complexos Granjeiro e Caicó e, em outras áreas, na presença da Suíte Intrusiva São João do Sabugi. As metamáficas, metaultramáficas, anfíbolitos, gabros e dioritos destas unidades, por vezes de pequena expressão superficial, conseguem imprimir às aluviões das bacias onde afloram elevados valores de elementos químicos característicos de sua mineralogia.

A associação U-Th e de forma subordinada as Terras Raras Ce, Y e La (figura 7.4) ocorrem nas regiões nordeste e extremo sudoeste da folha em áreas do Complexo Caicó e da Suíte Poço da Cruz. Estas associações são comuns em granitóides com especialização geoquímica em Terras Raras e mineralizações uraníferas, estas últimas nas suas fácies mais pegmatíticas. As anomalias da associação U-Th abrangem na região nordeste da folha a ocorrência de urânio de Maniçoba: veios de quartzo/pegmatito na suíte intrusiva Itaporanga e a

região de Lucrécia, alvo de pesquisas em andamento na área de geologia médica (elevada incidência de câncer).

Outras associações comuns são: Ba-Sr com granitóides brasileiros situados nas regiões central e noroeste da folha; Li-Cs-Rb com os granitóides da parte nordeste da folha, figura 7.5. A associação Ba-Sr, neste caso, apresenta boa correlação tanto com o K como com o Ca (em torno de 0,55) e nenhuma correlação com o Na (≈ 0), sugerindo uma predominância de granitóides calcialcalinos com elevados teores em K. A associação Li-Cs-Rb é característica de litologias alcalinas e peralcalinas.

O ouro e a platina, pelas suas características morfológicas de apresentação nos sedimentos de drenagens podem apresentar peculiaridades localizadas, figura 7.9. Na área em estudo o efeito pepita é notório no caso do ouro, onde uma amostra com valor 1063 ppb ocorre isolada. Na drenagem onde se encontrou ouro na fração pesada dos concentrados de batéia, o elemento não foi detectado na fração fina do sedimento ativo coletado na mesma estação. A drenagem da anomalia geoquímica localiza-se geologicamente na zona de cisalhamento de Orós, a noroeste da folha.

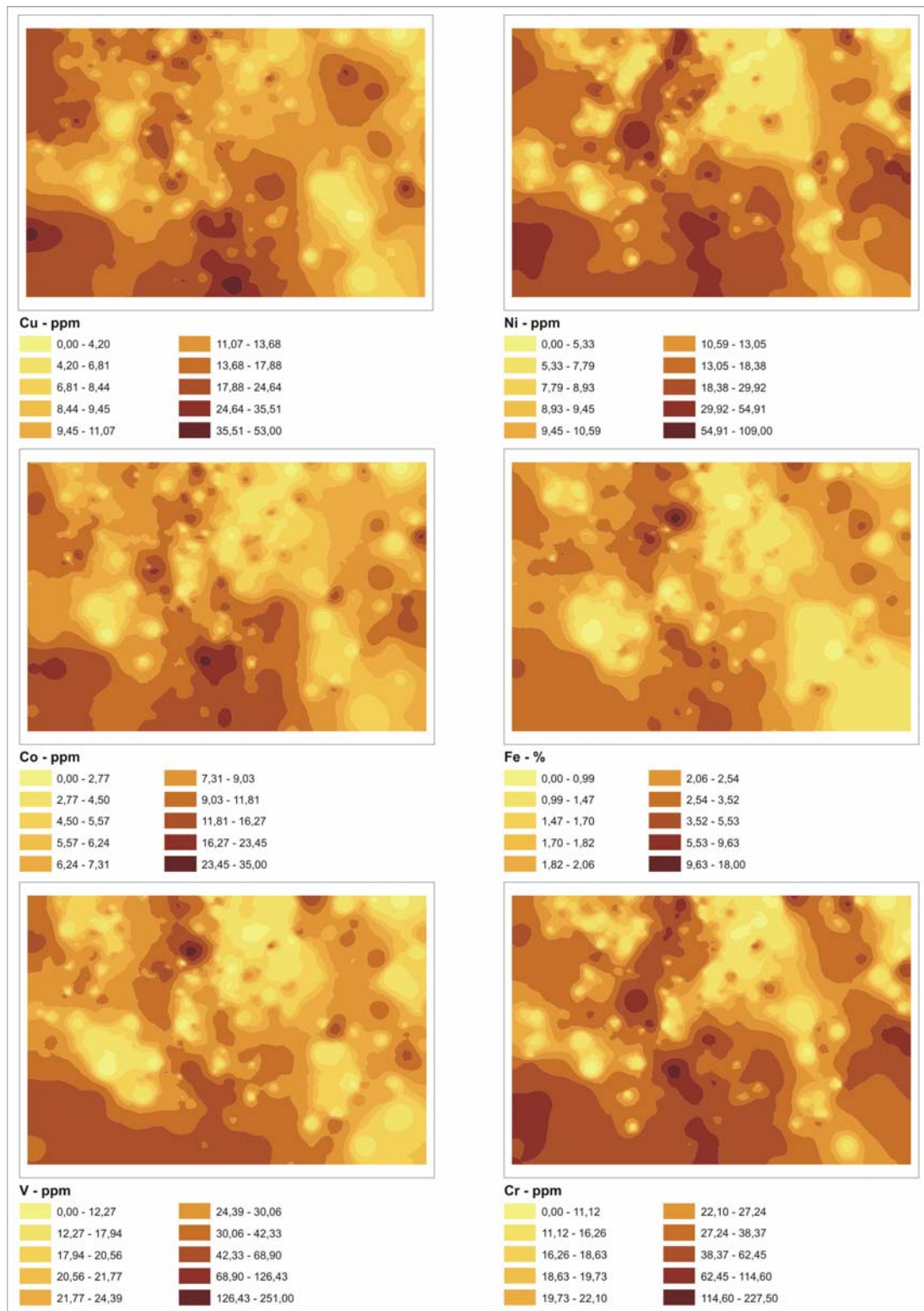


Figura 7.3 - Mapas de distribuição de Cu, Ni, Co, Fe, V e Cr.

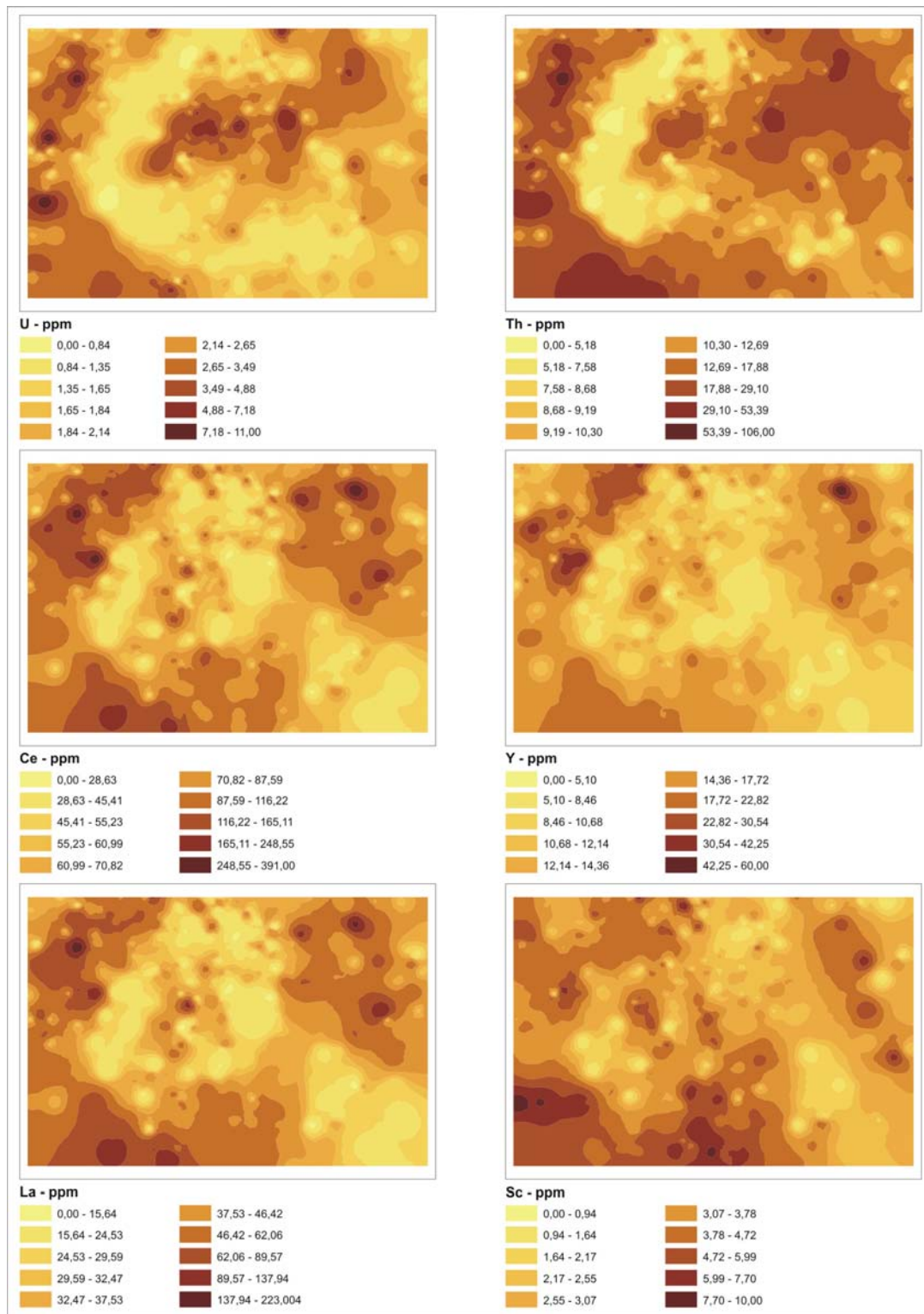


Figura 7.4 - Mapas de distribuição de U, Th, Ce, Y, La e Sc.

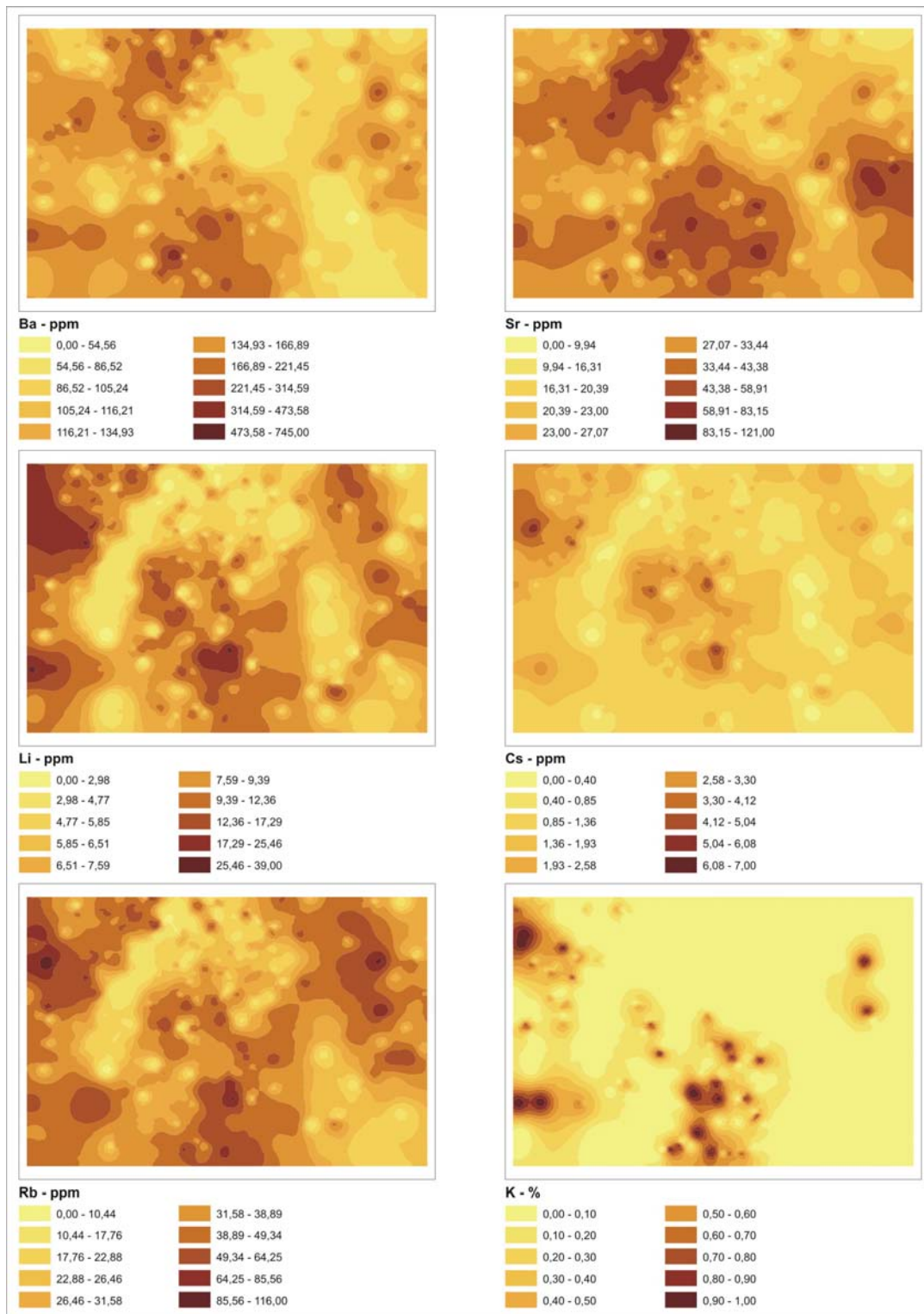


Figura 7.5 - Mapas de distribuição de Ba, Sr, Li, Cs, Rb e K.

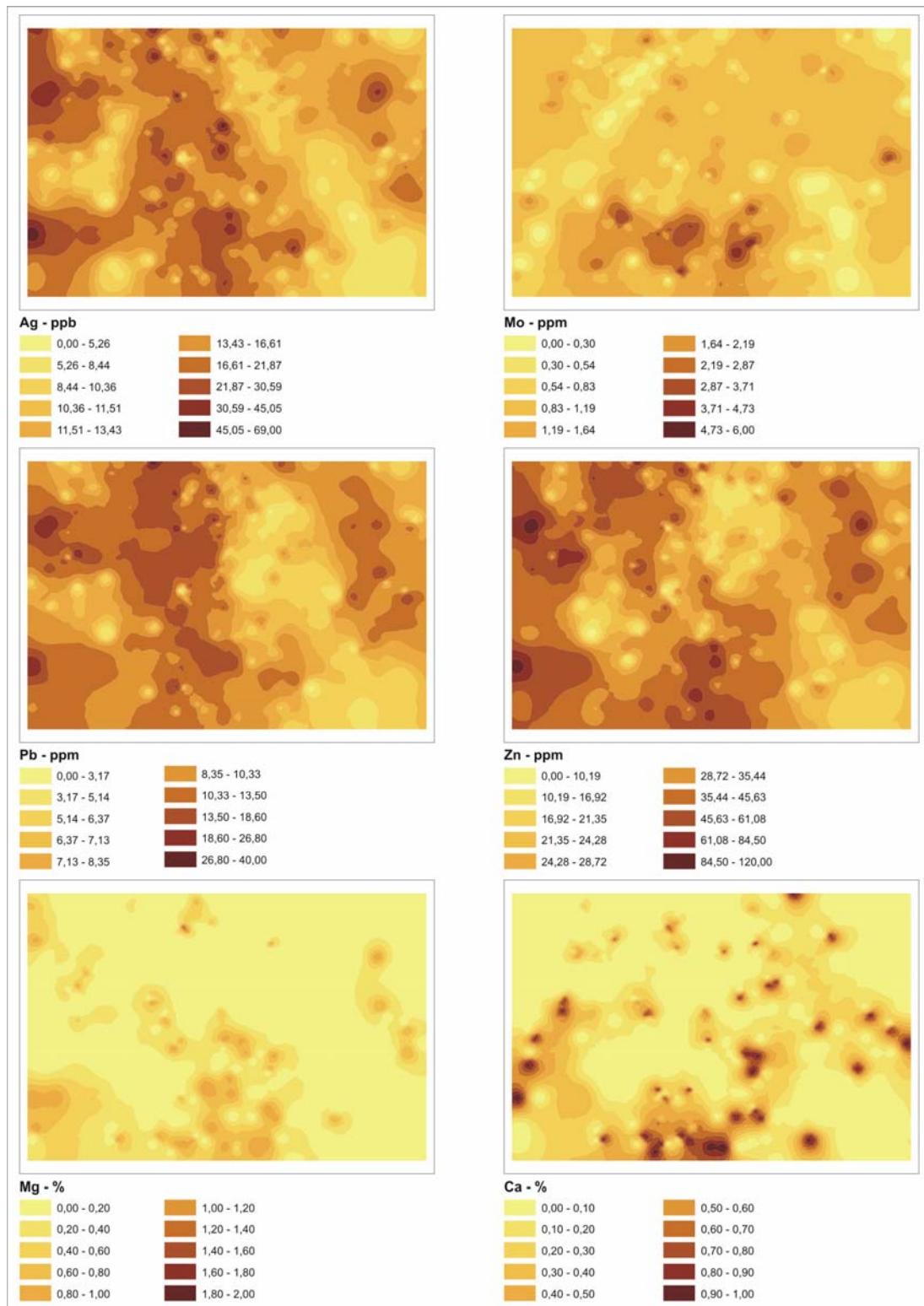


Figura 7.6 - Mapas de distribuição de Ag, Mo, Pb, Zn, Mg e Ca.

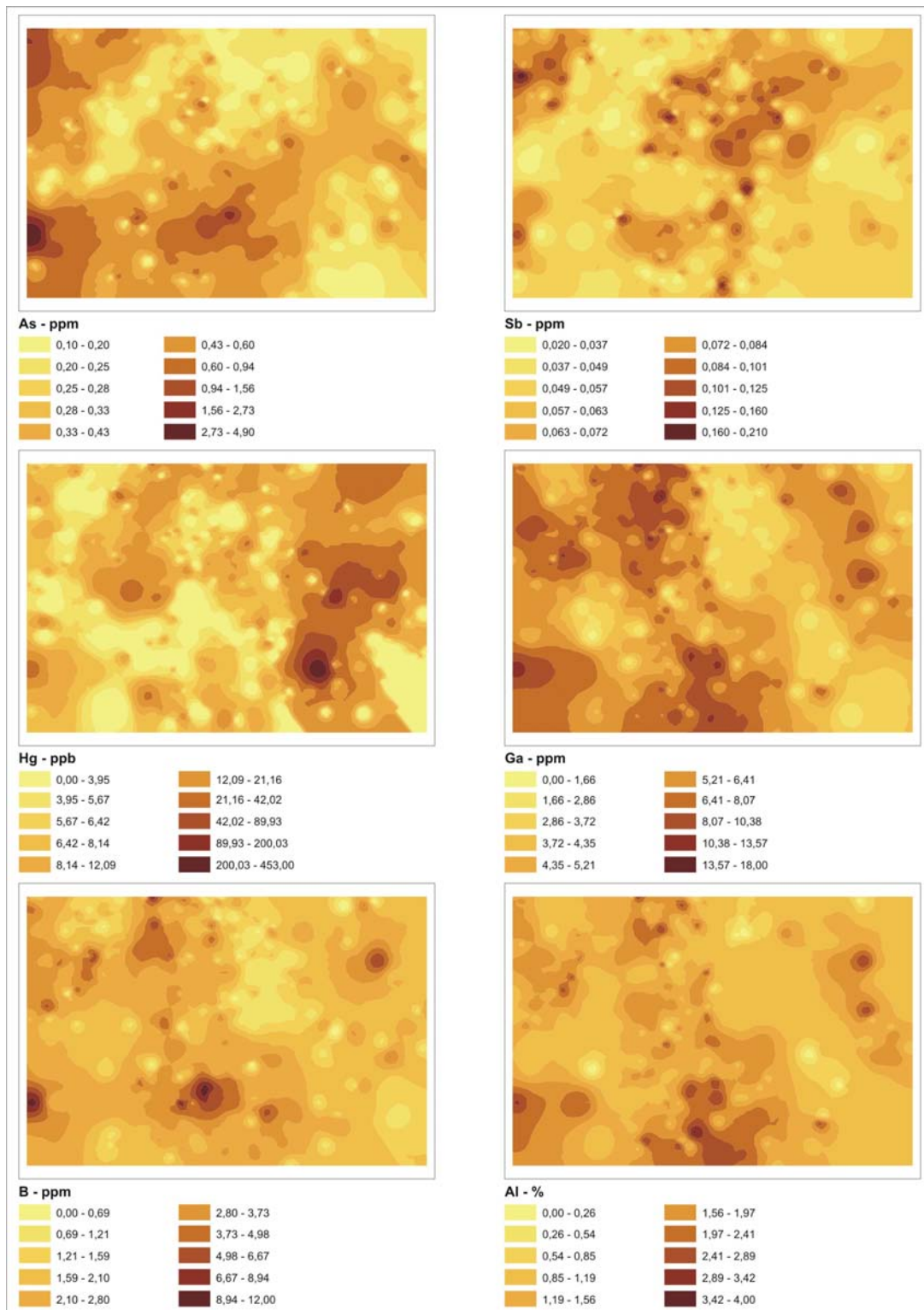


Figura 7.7 - Mapas de distribuição de As, Sb, Hg, Ga, B e Al.

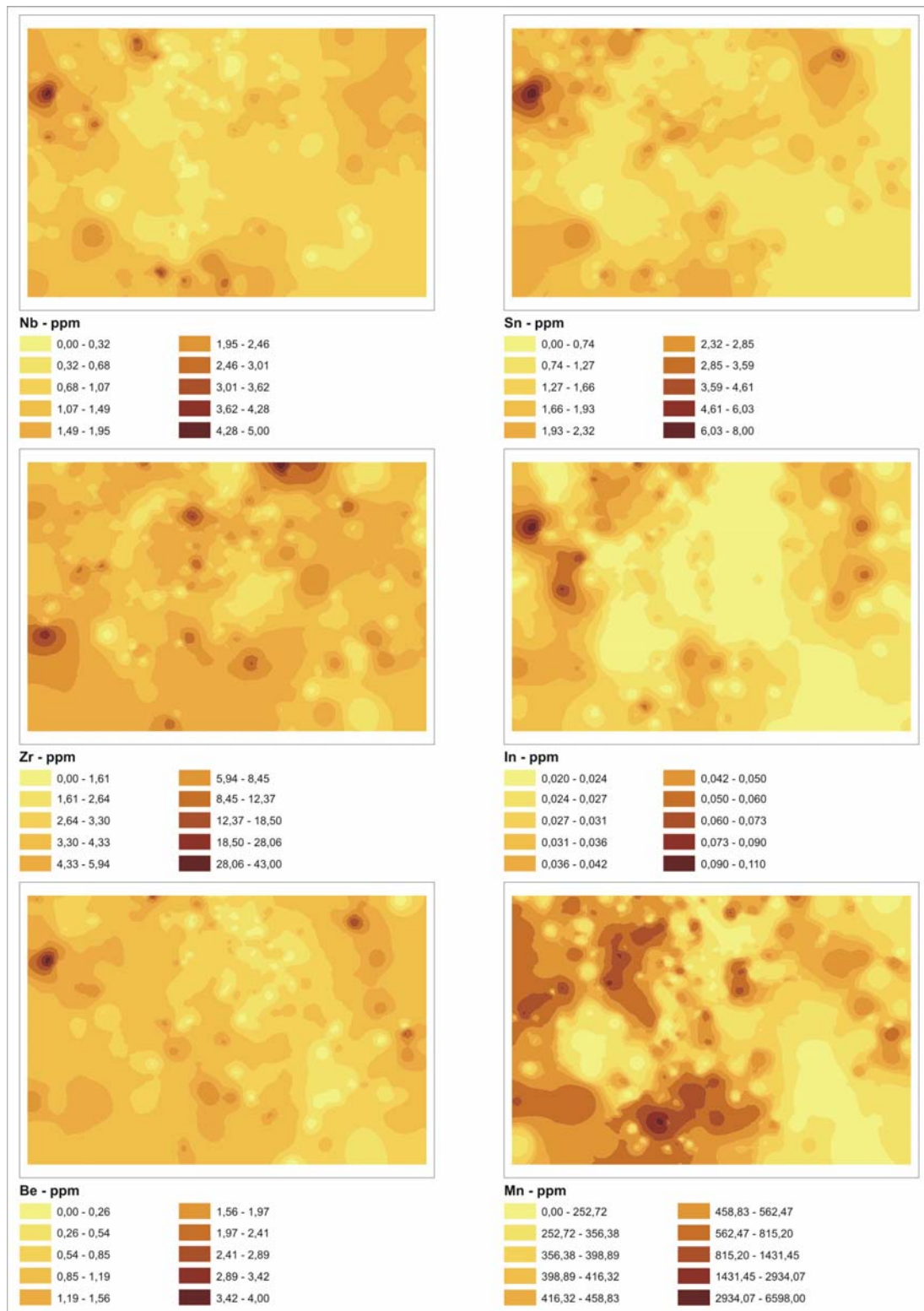


Figura 7.8 - Mapas de distribuição de Nb, Sn, Zr, In, Be e Mn.

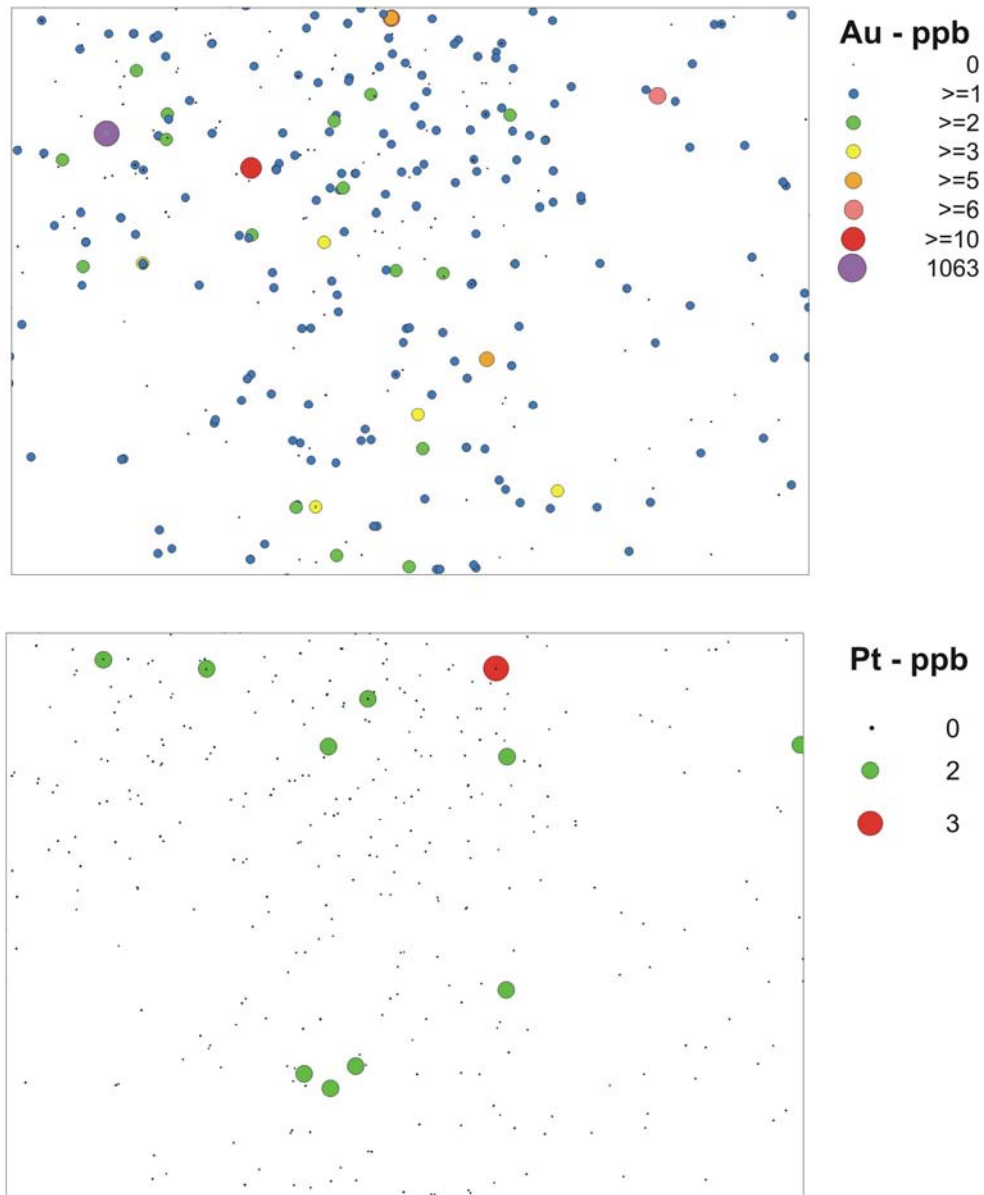


Figura 7.9 - Mapas de distribuição de Au e Pt.

7.3.2 Concentrados de batéia

Os destaques mineralógicos obtidos na prospecção aluvionar foram dispostos no quadro 7.4. Alanita e fragmentos de rocha foram descartados por exibirem raras exposições no contexto ou por sua pouca importância no panorama mineralógico da área. Verifica-se que a distribuição se

dá de modo normal, considerando-se as composições mineralógicas das litologias aflorantes nos terrenos drenados.

O anatásio, um óxido de titânio de baixa temperatura, freqüente, mas não abundante, ocorre em todas as drenagens amostradas, formado a partir de transformações hidrotermais em rochas ígneas e metamórficas contendo minerais titaníferos, tais como titanita, biotita, hornblenda e ilmenita.

A andaluzita está associada com granada, sillimanita, coríndon, estaurolita e cianita, o que caracteriza a presença de rochas parametamórficas, além da contribuição do Complexo Acopiara.

Os anfibólios (*lato sensu*) estão presentes nas drenagens de forma abundante. Nas litologias drenadas, associam-se normalmente com epidoto, magnetita, micas e granada. Com cianita e estaurolita, apenas na porção oeste da folha.

A apatita ocorre em mais de 90 % das estações, por vezes de conteúdo abundante, se bem que é facilmente desagregada por erosão e pelo transporte. Com relação às rochas drenadas, associa-se perfeitamente com cianita, zircão, granada, piroxênios e anfibólios.

A barita ocorre aleatoriamente e apenas em quinze pontos amostrados, o que se atribui a pegmatitos, em suas fases terminais de formação (Bariand *et al.*, 1978).

A cassiterita, principal mineral de estanho, foi detectada em seis estações, distribuída em drenagens referentes aos corpos graníticos e pegmatóides. Em drenagens afetadas aos granitos da suíte calcialcalina, observa-se a associação com topázio (EL-09, AD-72, AD-75 e PL-216, esta última com teor acima de 25 % do total dos minerais detectados na amostra), atribuindo-se forte ligação com veios pegmatíticos no local amostrado.

A cianita é característica de rochas metamórficas, principalmente xistos e gnaisses. Foi encontrada aqui em associação típica com sillimanita, granada e coríndon.

O coríndon é mais comum nos terrenos ortognáissicos graníticos a granodioríticos, a oeste e na faixa sul da Folha. Na maior parte das estações, mostra associação típica de rochas granulíticas: coríndon-sillimanita-hiperstênio-espinélio, conforme ratifica o analista.

O epidoto ocorre de maneira abundante na área pesquisada, em todas as estações, com predominância de teores acima de 25 % por concentrado.

O espinélio distribui-se por toda a área com exceção daqueles terrenos ocupados pelas intrusões graníticas. Forma associação típica de rochas granulíticas: espinélio-sillimanita-hiperstênio-coríndon.

Quadro 7.4 - Destaques mineralógicos (concentrados de batéia).

AMOSTRA	MINERAL	MINERIO	AMOSTRA	MINERAL	MINERIO	OBS.
AD0027	sil, co, px, hy	Ba	EL0016	sil, px		() - Valor em %
AD0028	sil, px, hy		EL0023	py, sil, px	W	
AD0029	py, sil, px		EL0043	sil, px		
AD0039	sil, px	W	EL0053	py, sil, px, hy	W, Ba	
AD0040	sil, px		EL0054	py, sil, co, px	Ba	
AD0041	sil, px		EL0055	sil, px	W	
AD0044	sil, px		EL0056	sil, px, hy		Au – ouro
AD0045	sil, px		EL0057	sil, px		
AD0046	sil, px		EL0058	sil, px		
AD0047	sil, px		EL0059	sil, px		
AD0048	sil, px		EL0061	sil, px	W	
AD0049	sil, co, px, hy		EL0062	sil, px, hy		
AD0050	sil, px		EL0063	sil, co, px, hy		Ba – barita
AD0051	sil, px	W	EL0064	sil, co, px, hy		
AD0072	sil, px, tp (3)	Sn	EL0068	sil, co, px, hy		
AD0073	sil, px		EL0069	sil, px		
AD0074	sil, co, px, tp		EL0201	sil, px		
AD0075	sil, co, px, tp	Sn	EL0211	sil, px		co – coríndon
AD0076	sil, co, px, hy		FS0001	sil		
AD0089	sil, co, px, hy, tp	W	FS0002	sil, co, px, hy		
AF0024	sil, px		FS0003	sil, co, px, hy	W, Ba	
AF0025	px		FS0005	sil, co, px, hy	W	
AF0026	px, hy		FS0006	sil, px, hy	W	
AF0030	sil, px	W	FS0007	sil, px, hy		hy – hiperstênio
AF0031	sil, px		FS0008	sil, co, px, hy	W	
AF0032	sil, px		FS0010	sil, px		
AF0033	py, sil, px	W	FS0011	sil, co, px, hy	W	
AF0034	px	W	FS0012	sil, co, px	W	
AF0035	sil, px	Ba	FS0017	sil, px	W, Ba, Sn	
AF0036	sil, px		FS0018	sil, px	W	px – piroxênio
AF0037	sil, co, px, hy		FS0019	sil, co, px	W, Sn	
AF0038	sil, px, hy		FS0020	sil, co, px		
AF0042	sil, px		FS0021	sil, px	W, Ba	
AF0052	sil, px	W	FS0022	sil, px		
AF0071	py, sil, co, px	Ba	PL0066	sil, px	W	
AF0077	sil, co, px, hy		PL0067	sil, px		sil – sillimanita
AF0078	sil, px	Ba	PL0070	py, sil, px, hy		
AF0083	sil, co, px		PL0079	py, sil, px	W	
AF0084	py, sil, px, hy	Ba	PL0080	py, sil, px	W	
AF0085	py, sil, co, px		PL0081	sil, co, px, tp	W	
AF0088	sil, px		PL0082	sil, co, px, hy	W	Sn – cassiterita
AF0103	py, sil, co, px		PL0086	sil, px		
AF0104	sil, co, px		PL0087	sil, co, px, hy		
AF0297	sil, co, px	Ba	PL0090	sil, co, px		
AF0323	sil, px, tp	W	PL0091	sil, co, px		
AF0324	sil, px	W	PL0216	sil, co, px, tp	Au, Ba, Sn (40)	
AF0330	sil, co, px	W	PL0220	py, sil, px	W	tp – topázio
AF0347	py, sil, co, px	W, Ba	PL0228	sil, px	W	
EL0004	sil, co, px	Ba	PL0230	sil, px	W	
EL0009	sil, px, tp	Sn	PL0241	sil, px		
EL0013	sil, co, px	W	PL0263	py, sil, px		
EL0014	py, sil, px	W	PL0549	sil, co, px, hy	W	
EL0015	py, sil, px	Ba	PL0550	sil, co, px	W	W - scheelita

A estaurolita tem sua distribuição mais localizada no Complexo Jaguaretama, aparecendo ainda, escassamente, nas drenagens relacionadas com o Complexo Caicó, a leste da Folha, próximo ao contato com biotita-metagranitóides da Suíte Magmática Poço da Cruz. Este mineral está associado, na maior parte das estações, a cianita, sillimanita, granada, andaluzita e magnetita, situação típica de metamorfismo regional.

Fraca representação de minerais de fosfato, possivelmente florencita, é observada nas drenagens pesquisadas. De formação normalmente supergênica, deve estar relacionada com veios pegmatíticos na área.

A granada é um mineral abundante em todas as drenagens amostradas, com teores acima de 20 % nos concentrados, decaindo nos granitóides. Pela vocação litológica da área, trata-se, possivelmente, da espécie almandina (alumo-silicato de ferro), a qual está bem relacionada a metamorfismo regional em sedimentos argilosos, como no Complexo Acopiara e os micaxistos granatíferos e hornblenda-biotita gnaisses do Grupo Orós, em associação com sillimanita, andaluzita, cianita e estaurolita. A sua distribuição se dá por toda a área, verificando-se escassez nas drenagens afetas aos corpos graníticos intrusivos.

A hematita ocorre em várias estações, associada a scheelita, possivelmente dentro de zonas de contato metassomático. Também pode estar ligada aos pegmatitos mapeados na área. Ocorre associada mais comumente com ilmenita, magnetita, óxidos de ferro e leucoxênio.

O hiperstênio, silicato de Fe e Mg, é um piroxênio encontrado em rochas plutônicas (gabros), vulcânicas (andesitos, dacitos) e metamórficas de fácies granulito. Pouco abundante devido à fraca resistência ao intemperismo durante o transporte, ocorre preferencialmente nas porções de metamorfismo mais elevado, podendo ser indício da presença de restos de granulitos refletido pela associação sillimanita-coríndon-espinélio.

A ilmenita aparece em quase todas as drenagens, independente de litologia e em grandes quantidades, chegando a apresentar, em várias amostras, teores entre 75 % a 100 % do conteúdo do concentrado, notadamente na região norte-nordeste da folha, domínio de rochas metamórficas e graníticas. Nestas últimas não é compatível como mineral acessório, sendo atribuída sua ocorrência a corpos pegmatíticos não cartografados pela escala do mapeamento. Associa-se mais freqüentemente com magnetita, rutilo e óxidos de ferro.

Leucoxênio ocorre praticamente em todas as drenagens, de maneira similar à ilmenita, porém com teores baixos.

A magnetita, óxido de ferro da série dos espinélios, de alta temperatura, está bastante difundida na área pesquisada, em sua maioria revelando teores acima de 30 % do concentrado. Está mais representada nas drenagens da Serra de São José, na parte norte-noroeste da folha.

Verifica-se, também, nessa região, teores anômalos nos riachos que drenam rochas básicas-ultrabásicas, normais hospedeiras da magnetita titanífera.

As micas assinaladas nas amostras analisadas devem ser predominantemente, biotita e sericita, esta por alteração da primeira. Muscovita aparece raramente. As micas ocorrem em todas as drenagens amostradas, relacionando-se tanto com as rochas graníticas como, mais fortemente, com micaxistos de composição mais potássica (feldspato), onde, com uma razão Al_2O_3/K_2O alta, forma-se a associação típica quartzo-biotita-muscovita-ortoclásio-granada-estaurolita-cianita-sillimanita. Parece ser esta feição mineralógica observada na região, notadamente nas áreas abrangidas pela suítes Poço da Cruz e Serra do Deserto e pelos grupos Orós e Serra de São José.

Apenas um grão de ouro, com granulometria $>0,1$ mm e em forma de placas, foi detectado numa única amostra (PL-216), em um curso d'água referente aos ortognaisses e migmatitos do Complexo Caicó. Atribui-se sua ocorrência a filões hipotermiais relacionados a granitos, onde veios de quartzo assimilam ainda pirita, scheelita e turmalina.

Óxidos de ferro são notáveis em todas as drenagens da Folha Sousa, com teores acima de 25 % na maioria das estações. São minerais oxidados a partir daqueles enriquecidos em ferro, enxofre e carbonato. Muito comuns em zonas oxidadas de filões metalíferos, a exemplo dos chapéus de ferro. Também forma crosta de alteração de rochas básicas-ultrabásicas, a partir da decomposição dos silicatos ferríferos, ou seja, anfibólios, piroxênios e biotita. Ocorre, ainda, como produto de alteração da ilmenita e da magnetita, daí a sua excelente freqüência no âmbito da folha prospectada.

A pirita é o mineral mais comum de todos os sulfetos. Nas drenagens da folha está associada aos óxidos, incluindo magnetita e hematita.

Os piroxênios ocorrem em baixo teor, mas aparecem em todas as litologias drenadas. Não foi possível individualizar os espécimes encontrados, considerando-se aqui que a série monoclinica seja a mais abundante, onde, devido ao panorama litológico, sugere-se a presença de diopsídio (gnaisses e xistos), e de augita e aegirina, nas rochas sódicas (granitos e sienitos).

O rutilo está distribuído em todas as estações amostradas, sempre em baixos teores.

A scheelita apresenta-se associada, variando de drenagem, com granada, magnetita, piroxênio e epidoto, o que faz supor uma ligação mais forte com pegmatitos graníticos. Sua distribuição na área corresponde à meta-granitóides e possíveis contatos de granitos com lentes carbonatadas, principalmente na porção leste da folha. Associa-se fortemente com o Complexo Caicó e a Formação Jucurutu.

A sillimanita ocorre pouco abundante, mas presente em todas as drenagens estudadas.

A titanita possui uma distribuição marcante na folha, com teores médios de 25 % do conteúdo do concentrado.

O topázio é bastante raro na folha, apenas em oito estações, mais relacionadas com os ortognaisses no centro-sul da área.

A turmalina ocorre comumente na área, porém com teores baixos.

O xenotímio está diretamente associado, na área, com o zircão e a monazita. Sua distribuição atinge todos os pontos amostrados, porém apresentando fracos teores.

A distribuição do zircão abrange todas as drenagens na área, com teores expressivos. Importante atentar para a detecção da variedade *malacon*, bastante expandida na área, são zircões que absorvem certos actínídeos, tornando-se metamícticos, com enriquecimento em urânio e tório, além de água.

As reflexões acima expostas basearam-se nos conceitos compilados dos autores Dana (1932), Parfenoff *et al.* (1970) e Bariand *et al.* (1977).

7.4 OBSERVAÇÕES CONCLUSIVAS

- As correlações pouco significativas de Fe e Mn com elementos metálicos mineralizantes pressupõem a predominância de dispersão clástica sobre a hidromórfica, o que era esperado pelo tipo de clima da região.

- A falta de associações notáveis e de agrupamentos destes elementos mineralizantes com S, Sb sugere a pouca importância de sulfetos no material das drenagens.

- As anomalias geoquímicas e os destaques mineralógicos foram inseridos no mapa metalogenético, como indícios geoquímicos e mineralógicos. A análise destes elementos deve ser feita de acordo com a estrutura geológica e neste contexto deve ser considerada.

8. Recursos Minerais e Áreas Potenciais

As substâncias minerais aqui apresentadas foram cadastradas através de diversos projetos realizados pelo **Serviço Geológico do Brasil – CPRM** e outras entidades.

Na Folha Sousa estão cadastrados 311 depósitos/ocorrências dos quais 113 foram recadastrados durante os trabalhos de campo e 69 são inéditos. Como método de geoposicionamento utilizou-se o GPS (*Global Positioning System*). Foi feita uma avaliação com relação à duplicidade, visto que os dados são provenientes de compilações de diversas fontes, contudo, esta situação ainda pode persistir devido, principalmente, a imprecisões locais dos métodos anteriores.

Os resultados deste cadastramento estão disponibilizados ao público através do SIG (Sistema de Informação Geográfica) e do relatório da folha em pauta, bem como através do Geobank, o banco de dados do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, por meio da internet.

A apresentação cartográfica dos depósitos, ocorrências e indícios, através do SIG (Sistema de Informação Geográfica) e neste relatório, foi realizada sobre uma base geotectônica, elaborada à luz dos conhecimentos atuais, e constitui a Carta de Recursos Minerais da Folha Sousa.

Os bens minerais apresentados foram agrupados tendo em vista a classificação utilitária das substâncias minerais estabelecida para o Geobank, de acordo com as seguintes classes:

- Gemas
- Metais nobres
- Metais ferrosos
- Metais não ferrosos e semimetais
- Materiais de uso na construção civil
- Rochas e minerais industriais
- Recursos minerais energéticos

Em razão da escala do mapa, diversos depósitos e ocorrências não foram plotados, todavia estão disponíveis ao final deste capítulo, no quadro 8.3, com as informações básicas. Os

depósitos e ocorrências são identificados em mapa através do número de ordem seguido da abreviatura do nome da substância, e aqueles que não constam no mapa estão assinalados na tabela por um asterisco seguido do número de ordem. No SIG está disponibilizada uma tabela completa de acordo com as especificações do Geobank.

Adicionalmente foram disponibilizados em mapa, os indícios químicos e mineralógicos, anômalos, procedentes dos tratamentos estatísticos dos resultados das análises químicas e mineralógicas das amostras coletadas nos levantamentos prospectivos através de sedimentos de corrente, e de concentrados de bateia. Os resultados deste levantamento são encontrados no capítulo 7.

Este capítulo apresenta a descrição dos recursos minerais da folha em pauta. Sempre que possível são realizados alguns comentários de cunho metalogenético, com base nas literaturas existentes, nas observações de campo e nas análises realizadas.

Tendo em vista os controles geológicos das diversas mineralizações, bem como a densidade de depósitos e/ou ocorrências, foram selecionadas oito áreas potenciais, consideradas como alvos para prospecção, visando à descoberta de novos depósitos minerais.

A figura 8.1 mostra a quantidade das substâncias cadastradas de acordo com a classificação utilitária.

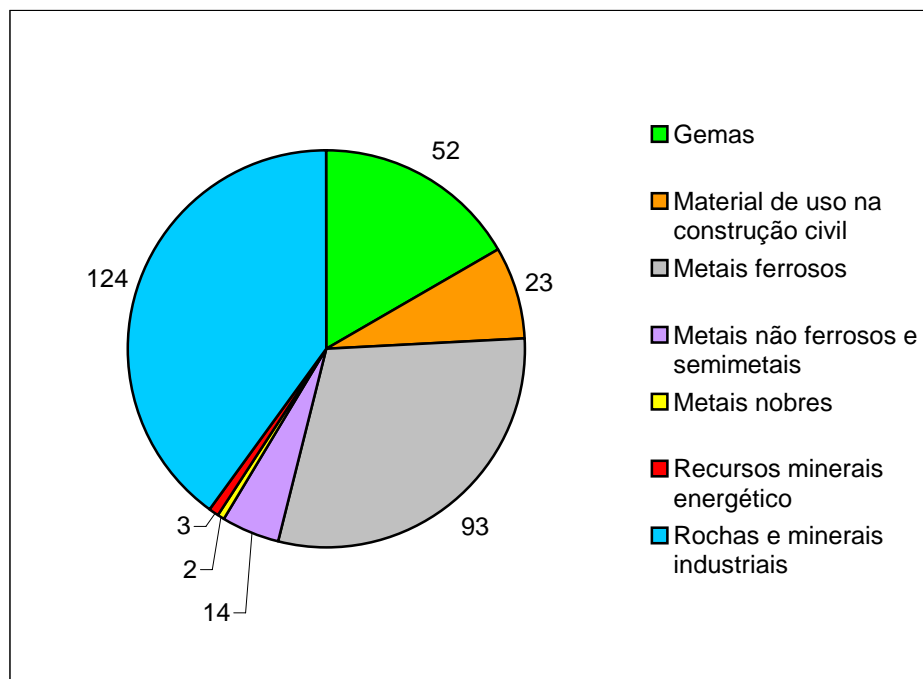


Figura 8.1 - Distribuição das substâncias minerais (em número de ocorrências) cadastradas na Folha Sousa, de acordo com a classificação utilitária empregada no Geobank.

8.1 GEMAS

8.1.1 Esmeralda

Esmeralda é uma variedade de berilo e sua cor verde origina-se da presença de cromo e vanádio no cristal. Traços de ferro contribuem para produzir diferentes variedades e matizes. Na área estão registrados 9 garimpos e 6 não explorados, situados nos municípios de Paraná, Tenente Ananias, Marcelino Vieira, Rafael Fernandes e José da Penha, todos no Estado do Rio Grande do Norte.

A rocha hospedeira da esmeralda é um biotitito, o qual ocorre na forma de lentes/camadas, rompidas e transpostas por cisalhamento, distribuídas descontinuamente, na direção NNE-SSW, ao longo de uma extensão da ordem de 11 km, considerando as ocorrências do sítio Pitombeira (Paraná-RN) e a da zona urbana de Marcelino Vieira (RN). Vale salientar a ocorrência localizada no sítio Cacimbas (163esm) no açude da cidade de Pau dos Ferros (RN).

Nas visitas às ocorrências não foi visto nenhum cristal de esmeralda, todavia em duas amostras fornecidas por um garimpeiro, provenientes do garimpo do sítio Albuquerque no município de Tenente Ananias (RN) observam-se esmeraldas em um veio de quartzo *boudinado*, no biotitito (foto 8.1). O referido garimpeiro ainda menciona a presença de alexandrita neste garimpo.



Foto 8.1 - Amostras de esmeraldas em vênulas de quartzo no biotitito, provenientes do garimpo do sítio Albuquerque, município de Tenente Ananias (RN).

De acordo com Moraes (2000) os cristais de esmeraldas estão em parte associados às vênulas de quartzo e uma amostra doada por um garimpeiro, procedente do garimpo Pitombeira II, foi descrita em um laboratório gemológico como uma esmeralda verde médio a forte, transparente, de ótimo polimento, sendo considerada uma gema de excelente qualidade (Moraes, 1999).

A primeira descrição desta ocorrência foi feita por Vasconcelos (1984) *apud* Moraes (1999). O autor menciona que as esmeraldas ocorrem em veios de quartzo, aplíticos e pegmatóides, interfoliados em lentes de biotita-flogopita xisto, encaixadas concordantemente em ortognaisses do Complexo Caicó (Sistema de arco magmático).

Moraes (1999) observou no garimpo do sítio Albuquerque de Fora (Tenente Ananias - RN), um corpo de biotitito verticalizado, com direção N15E e espessura variável entre 5 m a 10 m ao longo de uma extensão da ordem de 100 m, com *boudins* de uma rocha de granulação muito fina. Observou também que parte do biotitito está em contato com um dique de pegmatito e ambos estão encaixados concordantemente em ortognaisses do Complexo Caicó. Através de análises petrográficas, a rocha hospedeira foi classificada de biotitito com tremolita-actinolita e os *boudins* como milonitos, constituídos essencialmente por microclina, quartzo, plagioclásio e biotita, tendo como acessórios mica branca, berilo, titanita e opacos.

Segundo Cota (2003) o biotitito é composto essencialmente por biotita e anfibólio e acessoriamente por clorita, quartzo, plagioclásio apatita e opacos. A referida autora classifica a biotita e o anfibólio como pertencentes às séries anita-siderofilita e tremolita-actinolita, respectivamente.

As melhores exposições do biotitito ocorrem no garimpo do sítio Albuquerque de Fora, como pode ser visto na foto 8.2, tomada em uma banqueteta, onde uma lente de biotitito está em contato e intrudida por diques de pegmatito. Esta situação pode ser vista em outras banquetetas.

As lentes de biotitito, encaixadas concordantemente nos gnaisses do Complexo Caicó, estão dispostas na zona de cisalhamento transcorrente dextral, denominada Portalegre, com *trend* NNE-SSW.

Moraes (1999) menciona que na cidade de Marcelino Vieira o biotitito (164esm) ocorre próximo a um veio de quartzo leitoso impregnado de molibdenita.

Schwarz e Guiliani (2001) *apud* Legun (2003) classificam dois amplos tipos de depósitos de esmeraldas. O primeiro relacionado com intrusões de pegmatitos graníticos em rochas máficas, ultramáficas, sedimentos e metassedimentos, portadoras de cromo e vanádio. O segundo em um amplo contexto geológico (folhelhos, metassedimentos de alto e baixo grau, *greenstone* e zonas de suturas), relacionados a empurrões, falhas e zonas de cisalhamento.

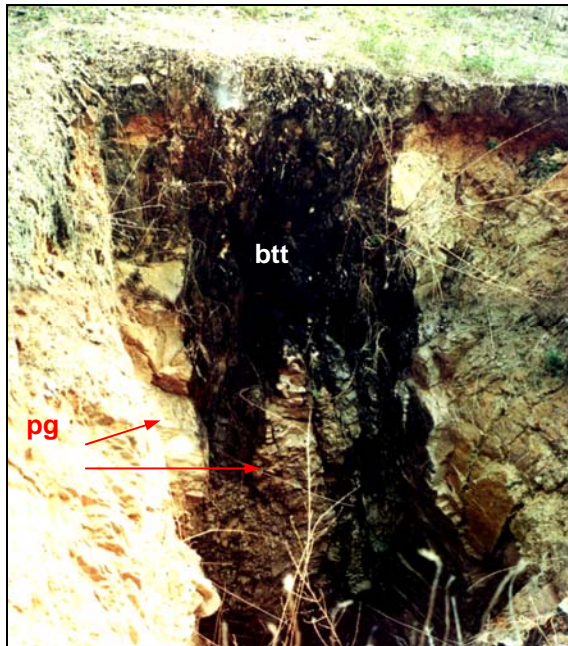


Foto 8.2 - Lente de biotitito (btt) intrudida por diques de pegmatito (pg) na parede de uma banqueta no garimpo do sítio Albuquerque de Fora município de Tenente Ananias (RN).

Segundo Legun (2003) a hospedeira mais comum da esmeralda é o flogopita xisto, derivado da alteração ou metamorfismo de ultramáficas. Estas rochas são também descritas como *blackwall shists*, glimeritos ou flogopititos.

Simandl *et al.* (2005) referem-se da seguinte maneira sobre os modelos genéticos dos depósitos de esmeralda: “a origem dos xistos portadores de esmeralda é controvertida, como é o caso com muitos depósitos em rochas metamórficas. Todos os depósitos de esmeralda requerem condições geológicas especiais onde cromo (\pm vanádio) e berílio coexistem. Onde pegmatitos ou lentes ricas em plagioclásio ocorrem dentro de rochas ultramáficas, a cristalização de esmeralda é comumente explicada pela interação de pegmatitos ou fluidos pneumatolíticos - hidrotermais portadores de berílio com rochas máficas/ultramáficas portadoras de cromo. Em outros casos, esmeralda em xisto forma-se através de troca química, durante metamorfismo sin ou post-tectônico (metassomatismo), entre rochas félsicas tais como gnaisses félsicos, granada micaxisto ou pegmatitos pré-metamórficos e rochas adjacentes portadoras de cromo, tais como xistos, gnaisses ou serpentinitos O contato entre as rochas portadoras de cromo e portadoras de berílio pode ser tectônico, como é o caso dos depósitos relacionados a zonas de sutura”.

Segundo Moraes (1999), as análises químicas de três amostras de biotitito no LAMIN-CPRM (laboratório de análise mineral da CPRM) mostraram teores elevados de MgO, Cr e Ni, e baixos de Al₂O₃, sugerindo uma rocha original de natureza básica-ultrabásica. Além disto, os

teores relativamente altos de Be e Li são indicativos de interação metassomática com os pegmatitos. Ainda segundo o autor supracitado, os elevados teores de bário indicam atividades hidrotermais.

De acordo com o exposto, pode-se concluir que a faixa esmeraldífera Paraná-Marcelino Vieira constitui um depósito onde a formação de esmeralda seria explicada pela interação de fluidos ricos em Be, oriundos dos pegmatitos, com xistos máficos (biotitito) portadores de Cr.

Um outro fato é que as lentes de biotitito estão situadas dentro da zona de cisalhamento Portalegre, que constitui uma outra condição para formação de depósito de esmeraldas, onde fluidos pneumatolíticos-hidrotermais portadores de Be poderiam entrar em contato com rochas máficas/ultramáficas, cristalizando esmeraldas. Este fato levou Moraes (2000) a pensar que esta faixa esmeraldífera pode constituir um depósito de características mistas, pois a mineralização está associada a pegmatitos, e controlada pela referida zona de cisalhamento.

8.1.1.1 Área Potencial II - Esmeralda

A similaridade desta tipologia com as de outros depósitos no Brasil e no mundo mostra a importância da faixa esmeraldífera Paraná-Marcelino Vieira, ou seja, toda a área de ocorrência de esmeralda entre Paraná (RN) e norte de Marcelino Vieira (RN), com cerca de 11 km de extensão e largura da ordem de 2,5 km, ao longo da zona de cisalhamento Portalegre, podendo se estender além destes limites. Desta forma a referida faixa foi considerada como uma área potencial para esta substância.

8.1.2 Água Marinha

A água marinha é uma das variedades transparentes do berilo considerada como pedra preciosa e sua cor azul ou azul esverdeado (sugestiva da matiz da água do mar) é devida ao ferro na estrutura do cristal. Outras variedades de berilo são consideradas pedras preciosas ou semi-preciosas, como o berilo verde (presença de cromo e vanádio), chamado esmeralda, o rosa (devido a manganês e ferro) denominado morganita, etc.

A nordeste da cidade de Tenente Ananias-RN, a 8 km a leste da faixa esmeraldífera anteriormente descrita, encontra-se uma área de ocorrências de pegmatitos com dimensões da ordem de 20 km x 5 km, alongada segundo a direção nordeste-sudoeste, constituindo uma representação da Província Pegmatítica do Nordeste.

Os pegmatitos desta área encontram-se intrudidos em rochas do Complexo Caicó e controlados pela área de influência da zona de cisalhamento Portalegre.

Foram cadastradas 27 ocorrências de água marinha, das quais 26 são garimpos (22 na área pegmatítica) e 1 não explotada.

Barreto (1991) estudou os cristais de berilo coletados nos garimpos Mina Velha (152ama), Talhado (1ama), Jorge (143am) e Jerimum (147ama) e descreveu os pegmatitos amostrados, caracterizando-os como do tipo misto. Os resultados permitiram caracterizar estes berilos como potássicos a sódicos potássicos, pobres em elementos alcalinos e alcalino terrosos. Além disto, propõe que a cor azul intensa destes berilos esteja vinculada à presença de ferro (Fe^{3+} e Fe^{2+}) e zinco (Zn^{2+}), através de transferência de carga e das suas próprias concentrações.

A foto 8.3 (obtida de Moraes, 1999) mostra um lote de água marinha procedente do garimpo “Mina Velha” no município de Tenente Ananias (RN).

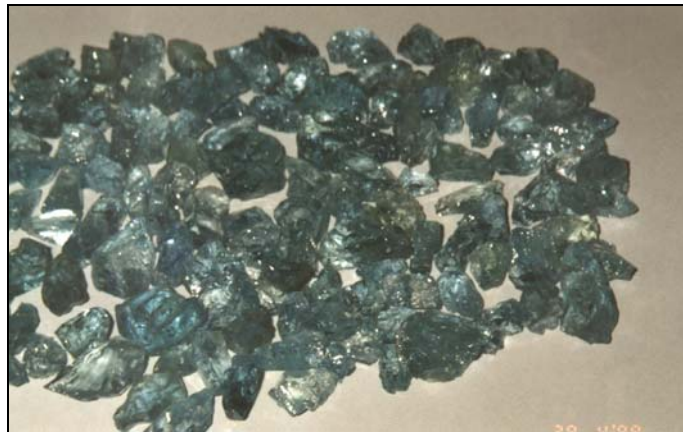


Foto 8.3 - Lote de água marinha proveniente do garimpo Mina Velha, município de Tenente Ananias - RN (Moraes, 1999).

Segundo Legrand *et al.* (1993), as mineralizações pegmatíticas, resultaram de processos hidrotermais relacionados às intrusões graníticas brasileiras em vários níveis crustais. Baungartner *et al.* (2006) obteve idades de 515 a 510 Ma em pegmatitos correlatos, indicando tratar-se de fluidos tardi brasileiros.

Vale salientar que os municípios de Tenente Ananias (RN) e de Lajes Pintadas (RN), este último fora da área, são os maiores produtores de água marinha do Rio Grande do Norte.

8.1.2.1 Área Potencial I - Água Marinha e Feldspato

Engloba a área pegmatítica anteriormente descrita e foi designada tendo em vista a grande quantidade de intrusões pegmatíticas mineralizadas em água marinha, controladas pela zona de cisalhamento Portalegre (controle estrutural). Ressalte-se também a importância deste tipo litológico para mineralizações de Nb e Ta (tantalita-columbita), feldspato e berilo.

8.1.3 Coríndon (Rubi)

O rubi é um dos espécimes translúcidos do coríndon usados como jóias, sua coloração vermelho vivo, é devida à presença de cromo. Outra variedade do coríndon é a safira cuja coloração azulada é proporcionada pelo ferro ou titânio. As variedades constituídas exclusivamente de óxido de alumínio são incolores e se denominam safiras incolores.

Moraes (1999 e 2000) relata a primeira ocorrência (não explorada) de rubi do Estado do Rio Grande do Norte, localizada no sítio Alto do Balanço, município de Antonio Martins-RN (172 cor).

De acordo com aquele autor, a rocha hospedeira do rubi é um fucsita xisto com rutilo, tendo por encaixante um ortognaisse do Complexo Caicó. A rocha aflora em uma colina, numa extensão de 60 m e largura de 6 m a 8 m, segundo a direção E-W, com mergulho de 80° para norte. Ocasionalmente o rubi pode ser visto em amostras de mão, na forma de grãos milimétricos. A análise por difração de raios X de grãos desse rubi detectou a presença de cromo.

8.1.4 Ametista

Estão registradas 4 ocorrências (garimpos) de ametista, nas seguintes localidades: sítio Baliza no município de Pilões (RN), fazenda Sossego em Catolé do Rocha (PB), e sítios Carnaubinha e Bezerros em Tenente Ananias (RN).

Segundo Moraes (1999) a ametista encontrada no sítio Baliza (169amt) tem coloração roxa e ocorre em cavidades, na forma de cristais ou fragmentos centimétricos, juntamente com cristais bem formados de quartzo, no núcleo de quartzo de um pegmatito e revelou-se de boa qualidade para confecção de jóias.

Na fazenda Sossego (132amt) a ametista ocorre em fraturas no gnaisse, encontrada em bolsões, indicando origem hidrotermal, e alguns cristais mostram cor roxa bastante homogênea.

Nos sítios Carnaubinha (170amt) e Bezerras (171amt), a ametista ocorre, respectivamente, em veios de quartzo e pegmatitos. Em todos os casos as encaixantes são gnaisses do Complexo Caicó.

8.1.5 Amazonita

Amazonita é a variedade verde da microclina (mineral do grupo dos feldspatos). Em razão da cor verde viva este mineral pode ser utilizado como pedra preciosa.

Estão cadastradas 5 ocorrências, 131az, 276az, 304az, 305,az e 306az, sendo as três últimas inéditas.

A (131az) foi descrita por Prado *et al.* (1980) na serra da Maturagem (sítio Prata), no município de Icó (CE). A amazonita ocorre tanto como um dos minerais de um veio de pegmatito, com espessura de 1,5 m, orientado segundo a direção 110° Az, cortando leucogranito grosseiro, como em veios centimétricos isolados dentro do granito. O mineral observado no rejeito de uma pequena galeria, apresenta coloração esverdeada pouco homogênea.

As ocorrências 304az e 305az estão localizadas no sítio Serra do Cipó (foto 8.4), no município de Uiraúna (PB). Em ambas as ocorrências a amazonita é encontrada em veios de pegmatito intrudidos em ortognaisses do Complexo Caicó, na zona de cisalhamento transcorrente dextral de Portalegre.



Foto 8.4 - Ocorrência de amazonita (az) em um veio de pegmatito, localizado no sítio Serra do Cipó, no município de Uiraúna (PB).

A ocorrência 306az está situada a norte da cidade de Condado (PB), a amazonita ocorre em um veio de pegmatito cortando um granito neoproterozóico (foto 8.5).



Foto 8.5 - Ocorrência de amazonita em um veio de pegmatito, situado a norte de Condado-PB.

8.2 METAIS NOBRES

8.2.1 Ouro

Dois garimpos de ouro são conhecidos na área, um situado no sítio Outeiros (102Au) em Lavras da Mangabeira (CE) e o outro conhecido como Mina do Cabelo (3Au) em Encanto (CE).

No garimpo do sítio Outeiro a mineralização ocorre em veios de quartzo, comumente de pequeno porte, encaixados em biotita gnaisse milonitizado (foto 8.6), da Formação Lavras da Mangabeira (seqüência metassedimentar da fase orogênica) A origem do ouro provavelmente enquadra-se no modelo de mineralizações auríferas da Província Borborema, ou seja, está relacionada aos processos hidrotermais ligados às intrusões plutônicas neoproterozóicas, tendo como meio de circulação as estruturas tectônicas regionais. Este garimpo foi cadastrado, anteriormente, por Prado *et al.* (1980).

A seção delgada de uma amostra da encaixante apresenta um biotita gnaisse com textura granolepidoblástica, composto essencialmente de plagioclásio, quartzo e biotita, com porfiroclastos de plagioclásio, alinhados e contornados por biotita evidenciando a foliação da rocha.

O plagioclásio é o mineral dominante, sendo normalmente xenomórfico. Em alguns grãos são observados efeitos de esforços tais como: *kinks*, extinção ondulante, encurvamento das lamelas dos geminados, fraturas e recristalização. O quartzo, de granulação fina, é anédrico e geralmente ocorre em agregados alongados, recristalizados. A biotita mostra-se em lamelas

anédricas e orientadas de forma a definir uma foliação irregular. Os acessórios estão representados pelos minerais opacos, apatita, alanita e zircão.



Foto 8.6 - Veios de quartzo hospedeiros da mineralização, encaixados em biotita gnaiss milonitizado. Parede de uma das banquetas do garimpo de ouro do sítio Outeiro, em Lavras da Mangabeira (CE).

O garimpo Mina do Cabelo (foto 8.7) está localizado na parte norte da serra do Castelo (NW da cidade de Encanto-CE). Segundo Paiva & Sato. (1988) e Angelim (1983) o ouro ocorre na forma de minúsculos grãos sub-arredondados, dispersos num solo eluvio-coluvionar, arenoso-argiloso, avermelhado, e nos fragmentos de veios de quartzo. Ocorrem também fragmentos, blocos e matacões de muscovita quartzito e de granito (menos freqüente). Algumas análises realizadas em amostras do solo revelaram teores de ouro entre 0,04 a 0,28 g/t.

Tendo em vista a mineralização de ouro no garimpo Mina do Cabelo, Paiva & Sato (1988), realizaram estudos ao longo das rochas metasedimentares (quartzitos e metaconglomerados) que compõem as serras do Castelo e São José, do Grupo Serra de São José (seqüência metavulcanossedimentar), numa extensão aproximada de 30 km. Estas serras localizam-se na borda leste do Maciço Granítico de São Miguel. Inicialmente foi realizado um levantamento geoquímico através de sedimentos de corrente e concentrados de bateia visando o estabelecimento de áreas alvos.

Os resultados das análises químicas por absorção atômica, em 740 amostras não foram expressivos, apesar disto foram selecionadas sete áreas onde foram coletadas 400 amostras de metaconglomerados e quartzitos. Os resultados das análises químicas apresentaram valores inexpressíveis, sendo 0,88 g/t o teor máximo obtido. Desta forma os referidos autores consideraram a mineralização sem potencialidade econômica.



Foto 8.7 - Banqueta no garimpo da Mina do Cabelo, município de Aurora (CE), onde se observa o solo elúvio-coluvionar, areno-argiloso, avermelhado, com fragmentos de veios de quartzo, ambos portadores de ouro.

8.3 METAIS FERROSOS

8.3.1 Tungstênio (Scheelita)

A presença de tungstênio na área, assim como em toda a Província Borborema, está relacionada à scheelita, raramente à wolframita. A gênese da mineralização de scheelita na região do Seridó, porção central do Estado do Rio Grande do Norte, tem sido alvo de estudos de diversos autores desde sua descoberta nos anos 40. Leonardos (1942), Jonhston Jr. & Vasconcelos (1943 e 1945), *apud* Salim (1993), interpretaram as rochas calcissilicáticas, portadoras de scheelita, como tactitos formados por metamorfismo de contato das intrusões ígneas nos mármore. Os granitos seriam a fonte dos metais (hipótese é a do metamorfismo de contato - ação de fluidos graníticos proximais). Salim (1979 e 1993) e Ferreira (2000) fazem uma síntese das diversas hipóteses, sobre a mineralização, de acordo com vários autores, envolvendo diversos modelos tais como hidrotermal-metassomático (Maranhão, 1970 e 1971; Santos, 1967 e

1973; etc.), singenético sedimentar (Suszczyński, 1975; Salim *et al.*, 1979; Lima *et al.*, 1980), vulcano-exalativo (Moeri & Kloechner, 1979; Reid, 1981 e Beurlen *et al.*, 1982).

De acordo com Legrand *et al.* (1993), os estudos realizados na mina Brejuí (Currais Novos-RN) por Salim *et al.* (1991), revelaram a presença de colunas metassomáticas desenvolvidas no contato mármore-gnaiss, mármore-pegmatito, ou dentro de gnaiss. Na mina Bodó (Bodó-RN) foram observadas colunas metassomáticas monominerálicas, no contato opala-mármore. Estes fatos e as observações a respeito das mineralizações de ouro em veios de quartzo e em rochas calcissilicáticas, mineralizações em pegmatitos, e os estudos anteriores sobre granitos e metamorfismo levaram aqueles autores a sugerir que “as mineralizações da Faixa Seridó, - Ta, Nb, Li, Be, Sn, em pegmatitos, W, Mo e Au em escarnitos e Au em filões de quartzo - podem ser entendidas como resultados de processos hidrotermais ligados às intrusões granitoides brasileiras em vários níveis crustais. Os fluidos magmáticos liberados, misturados com os fluidos originados das reações metamórficas, se propagaram no teto das intrusões aproveitando as estruturas regionais...”.

De acordo com os referidos autores, este modelo explicaria a ocorrência de escarnitos aparentemente longe de intrusões graníticas. Melo Jr. *et al.* (1993) apresentaram o mesmo modelo ao estudar as mineralizações auríferas em rochas calcissilicáticas da Província Borborema.

Salim & Legrand (1994) discutem a formação dos *skarns* (ou rochas metassomáticas) a partir de fluidos hidrotermais, sobre as rochas metamórficas da mina Brejuí. Nesse trabalho, confirmam a formação dos *skarns* nos contatos mármore - gnaiss, mármore - xisto, mármore - pegmatito e no interior de mármore e de gnaisses.

Além disso concluíram que os processos metassomáticos atuaram em duas etapas, uma de formação dos *skarns* primários e outra de alteração desses *skarns*, e que a principal fase da mineralização está relacionada com esta última etapa. Concluíram também, que o evento de escarnitização deve estar associado com o último evento de metamorfismo da evolução da cadeia Seridó (no final do Ciclo Brasileiro, 750-500 ma).

Na Folha Sousa encontram-se cadastradas 78 ocorrências de scheelita (59 garimpos e 19 não explotadas), localizadas principalmente na parte leste.

A mineralização de scheelita é encontrada em rochas calcissilicáticas e ocorre notadamente na Formação Jucurutu (seqüência metassedimentar da fase pré-orogênica), na Suíte Poço da Cruz (suíte magmática intrusiva tardi a pós-orogênica) e no Complexo Caicó (sistema arco magmático). Em sua quase totalidade as ocorrências encontram-se nas proximidades de intrusões graníticas neoproterozóicas (magmatismo da fase orogênica tardi colisional), as quais poderiam ser consideradas como responsáveis pelos processos hidrotermais

relacionados à mineralização de acordo com modelo proposto por Legrand *et al.* (1993), na Faixa Seridó do Rio Grande do Norte/Paraíba.

Foram encontradas diversas ocorrências de scheelita em “níveis” de rochas calcissilicáticas nos ortognaisses da Suíte Poço da Cruz, sugestivas de processos hidrotermais. A foto 8.8 mostra um detalhe da passagem do *augen* gnaisse para uma rocha calcissilicática granatífera e quartzosa, no garimpo situado na fazenda Água Branca (304W) no município de São José de Espinharas (PB).

Ferreira & Santos (2000) citam que embora alguns *skarns* sejam atribuídos ao Complexo Caicó, a visão tectônica, de retrabalhamento crustal brasileiro do Domínio Rio Piranhas, parece demonstrar que estas ocorrências estão hospedadas em alóctones das formações Jucurutu e Serra dos Quintos, colocados no interior desse domínio.

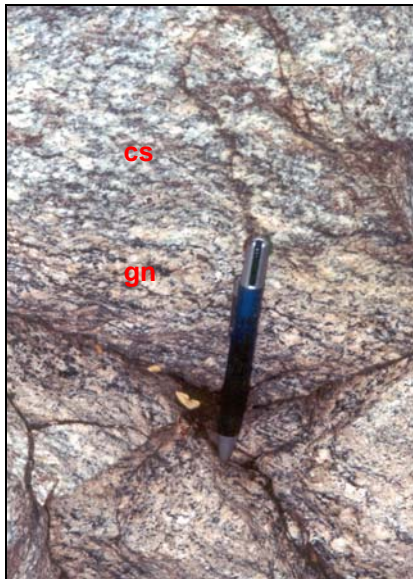


Foto 8.8 - Detalhe da passagem do *augen* gnaisse para uma rocha calcissilicática granatífera e quartzosa, no garimpo situado na fazenda Água Branca (304W), município de São José de Espinharas (PB).

8.3.1.1 Áreas potenciais: V - Tungstênio e VI - Tungstênio e mármore

Baseando-se na distribuição das ocorrências de tungstênio bem como no posicionamento das mesmas em relação às intrusões graníticas, consideradas possíveis fontes dos fluidos mineralizantes, foram delimitadas as seguintes áreas potenciais:

- **Área V:** Baseada na distribuição das ocorrências de tungstênio em rochas calcissilicáticas na zona de contato das intrusões graníticas neoproterozóicas (granitos brasileiros) com rochas do

Complexo Caicó indiferenciado, principalmente nas rochas supracrustais metavulcanossedimentares desse complexo e com rochas/enclaves da Suíte Poço da Cruz.

- **Área VI:** Ocorrências de tungstênio em rochas calcissilicáticas da Formação Jucurutu (Grupo Seridó), na proximidade dos contatos com granitos intrusivos neoproterozócos, na parte norte da da área (VIa). Esta área também foi selecionada como potencial para mármore (VIb).

8.3.2 Ferro

Estão cadastradas 16 ocorrências (não explotadas) de ferro, as quais constituem intercalações de formações ferríferas pertencentes a diferentes unidades litoestratigráficas, de diversos ambientes tectônicos. Seis destas ocorrências foram visitadas e estão descritas a seguir.

8.3.2.1 Ocorrências 253Fe, 248Fe, 249Fe e 15Fe

Estas ocorrências localizam-se no extremo sudoeste da área, a norte e leste da cidade de Lavras da Mangabeira (CE). Litoestratigraficamente tratam-se de formações ferríferas que pertencem ao Complexo Granjeiro (Arqueano), interpretado como representante reliquiar de uma crosta oceânica .

Ocorrência 253Fe

Está localizada no sítio Boa Vista (Ipaumirim-CE) onde observa-se um solo marrom avermelhado com fragmentos e blocos de uma rocha constituída de magnetita, minerais máficos e quartzo, intemperizados. A análise química de uma amostra (RB-89) revelou teores de 52,08 % de Fe_2O_3 e 42,75 % de SiO_2 (quadro 8.1).

A seção polida-delgada da amostra supracitada (foto 8.9) exhibe a estrutura desta rocha, caracterizada por bandas com domínio de quartzo e com domínio de anfibólio, ambas com magnetita. O estudo da seção mostra bandas com espessuras de 1,0 mm a 5,0 mm que se distinguem pela variação intensa e gradacional na composição modal. Observam-se bandas com domínio de quartzo (40 % a 70 %) e magnetita (20 % a 40 %) com anfibólio subordinado (provavelmente cummingtonita, 0 % a 10 %) alternando com bandas com domínio de cummingtonita (50 % a 70 %), magnetita (20 % a 40 %) e quartzo (0 % a 30 %) como pode ser observado na foto 8.10 e com algumas bandas com anfibólio verde-azulado escuro (glaucofana ou

crossita, 10 % a 20 %) e ou cummingtonita (10 % a 30 %), associados com magnetita (30 %) e quartzo (20 % a 40 %).

Quadro 8.1 - Resultados analíticos dos elementos maiores das amostras das formações ferríferas das ocorrências 248Fe, 253Fe, 50Fe, 245Fe, 15Fe e 249Fe (número das amostras entre parênteses).

Óxido (%)	248Fe (RB-81)	253Fe (RB-89)	50Fe (RB-90)	245Fe (RB-76a)	15Fe RB-83a)	249Fe (RB-85B)
SiO ₂	40,65	42,75	38,66	42,26	0,81	2,59
TiO ₂	0,01	0,07	0,29	0,01	0,01	0,05
Al ₂ O ₃	0,12	1,85	7,21	0,31	0,47	0,83
Fe ₂ O ₃	56,26	52,08	35,73	55,93	99,43	90,63
MnO	0,20	0,12	11,93	0,04	0,14	0,04
MgO	1,61	1,06	2,20	0,23	1,56	0,01
CaO	1,52	0,62	1,79	0,06	0,04	0,07
Na ₂ O	0,02	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
K ₂ O	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
P ₂ O ₅	0,06	0,11	0,22	0,09	0,05	0,01
SiO ₂ + Fe ₂ O ₃	96,91	94,83	74,39	98,19	100,24	93,22

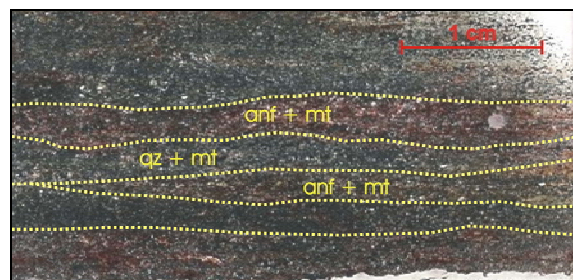


Foto 8.9 - Seção polida-delgada da amostra RB-89, ocorrência de ferro 253Fe (sítio Boa Vista, Ipaumirim - CE), mostrando uma estrutura bandada. mt - magnetita, qz - quartzo e anf - anfibólio

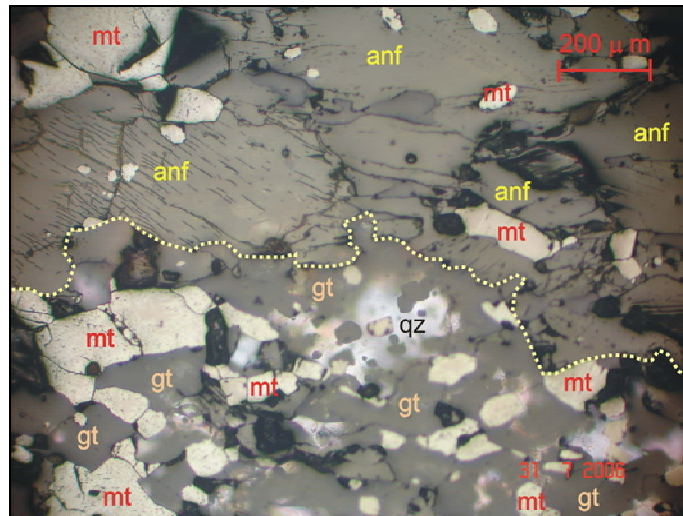


Foto 8.10 - Fotomicrografia de uma porção da seção polida-delgada, exibida na foto 8.9, mostrando bandas com anfibólio (anf) e magnetita (mt) e bandas com quartzo (qz) e magnetita. gt - goethita.

A foliação é evidenciada pelo bandamento composicional bem como pela orientação dos cristais de cummingtonita e dos grãos alongados e/ou agregados lenticulares de quartzo e magnetita, implicando numa textura genericamente nematoblástica. Localmente a cummingtonita tem direção diagonal ao bandamento, sugerindo a existência de duas foliações.

A magnetita está parcialmente martitizada, da borda para o centro dos grãos, onde se encontram restos da magnetita original preservada e raramente nos núcleos preservados são observadas inclusões de pirrotita goticulares ou lenticulares, com 3 μm a 15 μm de comprimento.

O quartzo tem em média a mesma granulação da magnetita. Em algumas bandas ricas em quartzo, os grãos maiores (200 μm a 500 μm) são frequentemente envolvidos por agregados mais finos com contatos embricados, assemelhando uma textura em argamassa cataclástica incipiente. Nestas bandas observa-se também, com freqüência, que o quartzo substitui e envolve restos de cristais de anfibólios, indicando um processo de aporte de sílica, provavelmente associado à deformação que gerou o bandamento, a partir de uma rocha composicionalmente mais homogênea.

O principal anfibólio e, na maioria das bandas único, encontra-se freqüentemente muito alterado com impregnações de hidróxido de ferro dando coloração amarelada. Nas fraturas altera-se para uma massa alaranjada a amarela de material pulverulento, opaco com impregnação de goetita. O ângulo de extinção Z/C de 12° a 5° e birrefringência de 0,03 permite a identificação mais provável como cummingtonita (lembrando que a identificação de anfibólios sem análise química por microsonda é extremamente especulativa). A granulometria é maior que a dos outros

minerais chegando a 1,0 mm ou mais (média da ordem de 0,5 mm). Raramente encontram-se prováveis restos de hiperstênio, no interior dos agregados de cummingtonitas (a identificação não é segura devido ao estado de alteração da rocha).

Em algumas bandas ocorre outro anfibólio de cor verde azulada escura, provavelmente trata-se da crossita. Geralmente aparenta formar-se por substituição tardia a partir da cummingtonita, nas bordas da mesma. Nos grãos isolados observa-se uma granulometria de 10 μm a 500 μm , formas prismáticas mais curtas e orientação menos definida que a da cummingtonita. Em apenas uma das bandas este é o anfibólio predominante. À exemplo da cummingtonita, este anfibólio também é claramente substituído e envolvido pelo quartzo nas bandas onde o quartzo é dominante.

Ressalta-se a aparente ausência de minerais acessórios, com apenas alguns raros e minúsculos grãos inclusos na cummingtonita e quartzo, de possível apatita.

Ocorrência 248Fe

Esta ocorrência (foto 8.11) está situada no sítio Santa Inês (Lavras da Mangabeira-CE) e constitui uma formação ferrífera encaixada em provável vulcânica félsica. Na foto 8.12, *close* da foto 8.11, observa-se um bandamento sutil definido pela variação composicional, ou seja, banda mais rica em quartzo alterna-se com bandas mais ricas em máficos, ambas com magnetita. A análise química de uma amostra (RB-81) revelou teores de Fe_3O_2 : 56,26 % e SiO_2 : 40,65 % (quadro 8.1).

A seção polida-delgada da amostra RB-81, mostra uma rocha com bandamento composicional pouco pronunciado (foto 8.13).

O estudo petrográfico desta seção exhibe uma textura nematoblástica e bandamento composicional sutil, onde bandas ricas em quartzo (moda 20 % a 80 %) se alternam com bandas mais ricas em anfibólio (moda de 10 % a 70 %), com variação da moda de magnetita de 10 % a 40 %.

O anfibólio dominante é, provavelmente, cummingtonita ou gramatita (amostra muito intemperizada). Os grãos maiores encontram-se mais ou menos orientados paralelamente ao bandamento, enquanto que os menores, mais rigidamente. Localmente parecem orientar-se, juntamente com os grãos de magnetita, segundo resquícios de uma foliação pretérita (?), diagonal ao bandamento, neste caso os anfibólios estão inclusos no quartzo.



Foto 8.11 - Vista geral de parte do afloramento da ocorrência 248Fe. Sítio Santa Inês (Lavras da Mangabeira - CE).



Foto 8.12 - Detalhe do afloramento da ocorrência 248Fe (sítio Santa Inês, Lavras da Mangabeira - CE). Observa-se a alternância de bandas mais ricas em quartzo com bandas mais ricas em minerais máficos, ambas com magnetita.



Foto 8.13 - Seção polida-delgada de uma amostra (RB-81) da ocorrência 248Fe (sítio Santa Inês, Lavras da Mangabeira - CE) mostrando um bandamento composicional sutil.

A magnetita incipientemente martitizada nas bordas dos grãos (foto 8.14), apresenta granulometria de 0,5 mm a 3 mm. Os cristais achatados geralmente encontram-se orientados paralelamente à foliação principal (bandamento) e podem atingir 3 mm na maior dimensão.

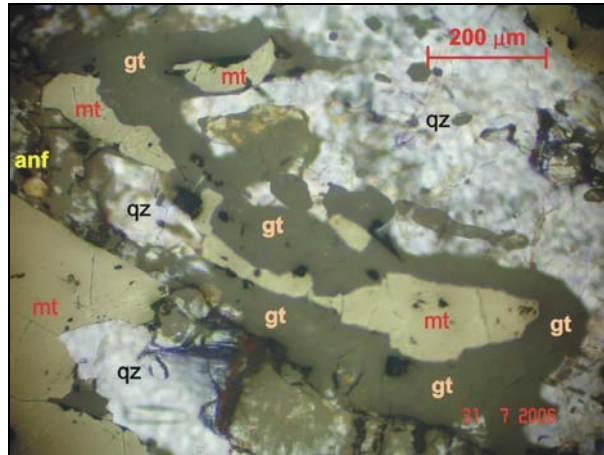


Foto 8.14 - Fotomicrografia exibindo um detalhe da seção polida apresentada na foto 8.13. Observam-se grãos de magnetita (mt) martitizada e goethita (gt) nas bordas. anf - anfibólio e qz - quartzo.

Observam-se ainda agregados lenticulares de grãos de magnetita, também paralelos ao bandamento. Localmente insinuam-se alinhamentos de grãos ao longo de uma foliação diagonal ao bandamento. As relações formais com o anfibólio e quartzo (contatos simples com relações idiomorfismo/xenomorfismo e inclusão-hóspede mutuamente reversíveis) indicam contemporaneidade, sugerindo crescimento conjunto durante o metamorfismo nas faixas menos ricas em quartzo.

Nas faixas mais ricas em quartzo, este substitui e inclui tanto o anfibólio como a magnetita, indicando silicificação tardia. Tendo em vista que o quartzo nestas bandas apresenta-se com granulometria muito heterogênea e, frequentemente, com grãos menores com contatos mútuos imbricados complexos, e em textura de argamassa, sugere-se que esta silicificação ocorreu durante uma fase retrometamórfica ou cataclástica, tardia, possivelmente associada ao bandamento composicional.

O quartzo nos grãos maiores das bandas mais quartzosas, quase sempre contém minúsculas inclusões idiomórficas de anfibólio e magnetita e, mais raramente, de alanita e apatita. O anfibólio altera-se para epidoto e goetita.

Ocorrência 249Fe

Esta ocorrência (foto 8.15) situa-se no sítio Pitombeira, no município de Lavras da Mangabeira (CE). Trata-se de uma rocha maciça constituída basicamente de magnetita (foto 8.16). Os resultados analíticos para Fe_2O_3 e SiO_2 , em uma amostra (RB-85b), foram 90,63 % de e 2,59 %, respectivamente (quadro 8.1).



Foto 8.15 - Vista parcial dos afloramentos da ocorrência 249Fe no sítio Pitombeira, em Lavras da Mangabeira (CE).



Foto 8.16 - Detalhe de uma amostra de um dos afloramentos da ocorrência 249Fe, constituída essencialmente de magnetita.

A foto 8.17 refere-se à seção polida escaneada de uma amostra de magnetitito (RB-85b), onde se observa uma textura equigranular maciça.

A análise da seção polida-delgada (amostra RB-85b) mostra um magnetitito bastante alterado e com grande porosidade secundária, formando uma matriz porosa de goetita colomórfica entrecortada por alguns veios (anteriormente fraturas) com goetita menos porosa, incluindo *boxworks* de hematita, reticulada segundo ex-planos octaédricos de magnetita com os espaços entre as lamelas de hematita parcialmente preenchidos por material pulverulento e/ou goetita (foto 8.18). Os *boxworks* permitem frequentemente, pela orientação das grades de hematita, distinguir as formas e tamanho dos grãos originais de magnetita (1,0 mm a 3,0 mm), e, em menos de 5 % do volume mostram resquícios da própria magnetita.

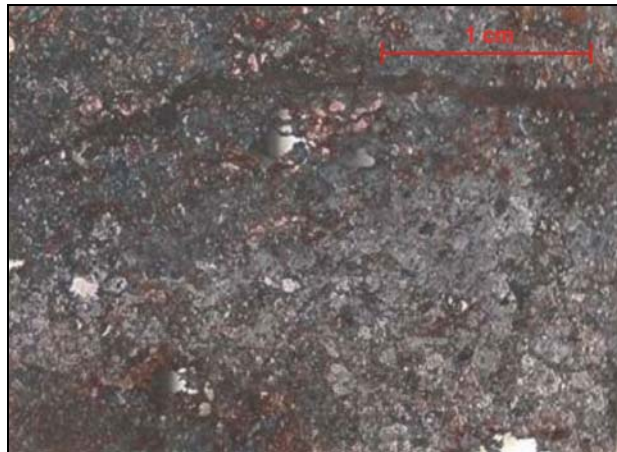


Foto 8.17 - Seção polida da amostra RB-85b, exibindo a textura equigranular da rocha.

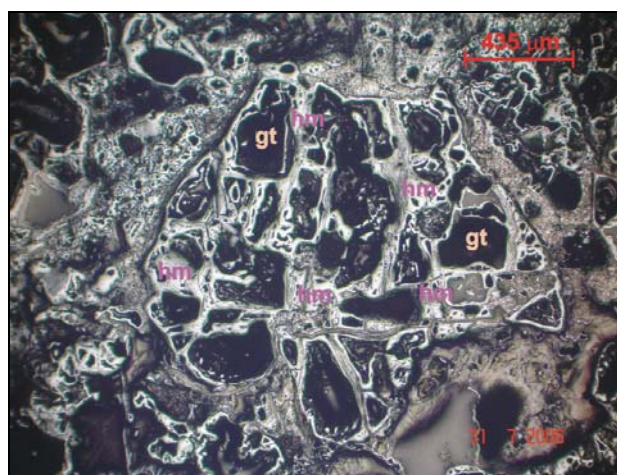


Foto 8.18 - Fotomicrografia de uma porção da seção polida exibida na foto 8.17. Observam-se *boxworks* de hematita (hm) e goetita (gt).

Ocorrência 15Fe

A ocorrência 15Fe (foto 8.19) também situa-se no sítio Pitombeira (Lavras da Mangabeira-CE). Neste local podem ser observados, ao longo de uma extensão superior a 200 m, blocos e prováveis afloramentos de uma rocha bastante alterada, maciça e praticamente composta de magnetita (magnetitito). A análise química de uma amostra (RB-83a) forneceu teores de 99,43 % de Fe_2O_3 e 0,81% de SiO_2 (quadro 8.1).

A seção polida escaneada da amostra RB-83a mostra uma textura maciça (foto 8.20), similar àquela da ocorrência 249Fe, todavia a rocha se encontra menos alterada.

Em seção polida-delgada observa-se um magnetitito maciço com textura similar a favo, com granulometria média entre 1,0 mm a 3,0 mm. Percebe-se a martitização incipiente (menos que 2% do volume de grãos), sempre na sua periferia em forma de cáries e infiltrações reticuladas (foto 8.21).



Foto 8.19 - Blocos *in situ* da ocorrência 15Fe situada no sítio Pitombeira, no município de Lavras da Mangabeira (CE).

Observam-se inclusões de minerais de ganga (transparentes), ovaladas a tabulares, quase sempre com dimensões entre 20 μm a 100 μm (média 50 μm) provavelmente de anfibólio e/ou biotita e/ou apatita (a identificação não é possível já que estão totalmente embutidas nos minerais opacos). As inclusões são freqüentemente alinhadas no interior de um mesmo grão hospedeiro, mas o alinhamento não é o mesmo em toda a rocha. Por isto, independentemente da identificação, as inclusões caracterizam uma natureza poiquilítica, provavelmente metamórfica da magnetita.

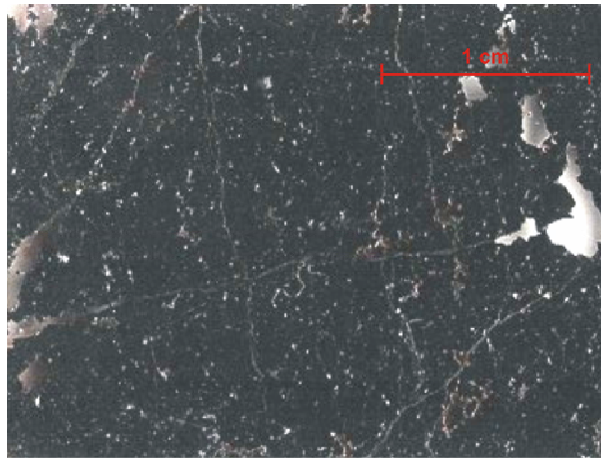


Foto 8.20 - Fotomicrografia de uma parte da seção polida-delgada, onde se observa a textura maciça da amostra RB-83a.

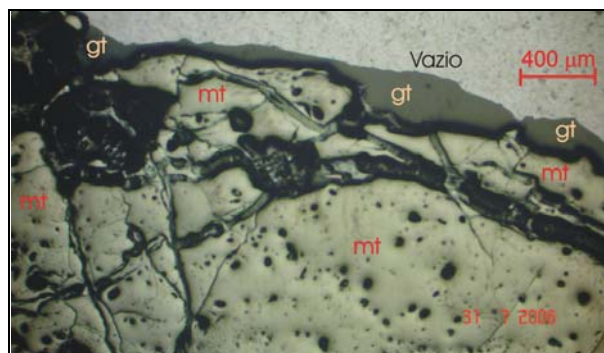


Foto 8.21 - Fotomicrografia de uma parte da seção polida referida na foto 8.20 onde se observa magnetita martitzada (mt) e goethita (gt).

Ressalta-se a ausência de exsolução de ilmenita e/ou espinélio que freqüentemente, distinguem os cumalatos ígneos de magnetita.

A maioria das inclusões de ganga encontra-se transformada em agregado pulverulento com cimentação mais ou menos intensa com goethita colomórfica (argila+limonita) poroso.

Foram observadas algumas minúsculas inclusões goticulares de sulfetos na magnetita (seis grãos com granulometria entre 1 μm a 3 μm), em um caso permitindo a identificação segura e nos outros como provável, devido ao tamanho, como pirrotita, atestando baixa fugacidade de enxofre durante a cristalinização da magnetita. Adicionalmente foi coletada uma amostra de uma rocha composta de magnetita e minerais máficos (RB-83c) e outra basicamente de minerais máficos (RB-83i).

Em lâmina delgada a amostra RB-83c exibe granulação média, textura nematoblástica, composta essencialmente de anfibólio e opacos, com cerca de 1% de minerais de quartzo. O anfibólio é hipidiomórfico, prismático/tabular, estabelecendo uma moderada foliação à rocha. Os minerais opacos apresentam tamanhos variados, são xenomórficos, por vezes hipidiomórficos e frequentemente são encontrados preenchendo fraturas no anfibólio. O quartzo, xenomórfico, ocorre incluso no anfibólio. Esta rocha foi classificada como um anfibolito.

A lâmina delgada da amostra RB-83i revela uma rocha com textura nematoblástica e granulação média, constituída predominantemente de anfibólio, com quartzo e quantidades menores de epidoto, piroxênio e feldspato, tendo por acessórios apatita e titanita. O anfibólio ocorre como porfiroblásticos xenomórficos e o quartzo como agregados recristalizados poligonizados. O epidoto é normalmente hipidiomórfico e idiomórfico, raramente xenomórfico e o piroxênio é xenomórfico. O feldspato aparece em agregados poligonizados. A titanita, xenomórfica, às vezes hipidiomórfica, é encontrada dispersa na rocha, e a apatita, xenomórfica, é escassa. Esta rocha foi classificada também como um anfibolito.

Provavelmente, de acordo com sua localização, a ocorrência 15Fe seja uma extensão da 249Fe.

Ocorrência 50Fe

Esta ocorrência localiza-se no sítio Matapasto (Cedro-CE) a norte de Lavras da Mangabeira (CE) e constitui uma das intercalações ferríferas do Complexo Caicó. O afloramento apresenta-se bastante alterado (foto 8.22), sendo observada uma rocha composta de máficos e magnetita. Os teores de Fe_2O_3 e SiO_2 da amostra RB-90 foram respectivamente 35,73 % e 38,66 % (quadro 8.1).

A seção polida-delgada (foto 8.23) da amostra RB-90 apresenta um bandamento composicional pouco pronunciado.



Foto 8.22 - Vista geral da ocorrência 50Fe no sítio Matapasto (Cedro - CE), onde se observa uma intercalação ferrífera bastante alterada.

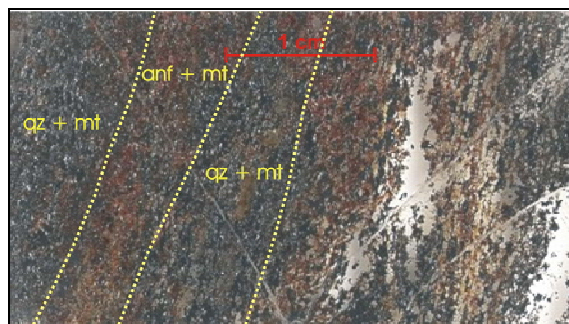


Foto 8.23 - Seção polida-delgada de uma amostra (RB-90) muito alterada da ocorrência 50Fe (sítio Matapasto, Cedro - CE) exibindo um bandamento pouco pronunciado, caracterizado por bandas ricas em magnetita (mt) e/ou anfibólio e bandas quartzosas (qz) pobres em anfibólio (anf) e magnetita.

O estudo da seção polida mostra bandas ricas em minerais opacos e/ou minerais máficos (espessuras de 4 a 12 mm) alternando-se com bandas pobres em máficos e minerais opacos, predominantemente quartzosas com espessuras de 1 mm a 3 mm, com contatos gradacionais. A textura interna das bandas é nematoblástica a granoblástica, com uma foliação intensa dada tanto pela orientação de grãos alongados de anfibólio como pelos agregados lenticulares alongados, ora de quartzo ora de minerais opacos. A composição modal média da amostra é da ordem de 35 % de minerais opacos (magnetita martitizada), 30 % de anfibólio, 30 % de quartzo e 5 % de granada.

A magnetita está quase completamente martitizada substituída por hematita (95 % do total de opacos) em reticulado lamelar orientado segundo o octaedro da magnetita (foto 8.24). Os grãos originais eram comumente quase isométricos, com granulometria de 0,2 mm a 1,0 mm segundo a foliação, porvezes estirados. Frequentemente observam-se agregados lenticulares ou em *flaser*, paralelos a foliação. A diferença entre esta e as outras seções, no que tange à magnetita, é que nesta é freqüente a presença de lamelas de ilmenita, alinhadas nos contatos entre pretéritos grãos de magnetita e algumas vezes também parcialmente englobada por esta última. Esta relação indica recristalização metamórfica da magnetita após exsolução e migração de ilmenita para a periferia dos grãos hospedeiros de magnetita titanífera original.

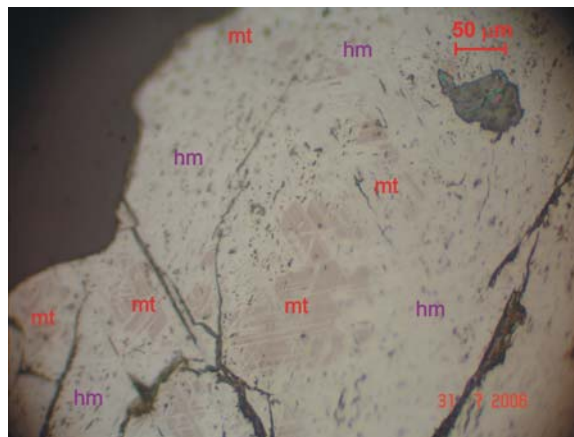


Foto 8.24 - Fotomicrografia exibindo relíquias de magnetita (mt) martitizada (hematita - hm).

Outra diferença é a presença significativa de granada como acessório, ou mesmo como constituinte principal (até 15,0 %), em algumas bandas, na forma de grãos isométricos, com contatos simples com anfibólio, magnetita ou como inclusões ou inclusas nestes. Em sua maioria está parcialmente alterada e substituída por limonita. Nos raros grãos de granada inalterados observam-se inclusões fluidas polifásicas (de fusão?), ao lado de inclusões de anfibólio e apatita.

O anfibólio, cummingtonita, mostra-se intensamente alterado, e raramente aparece o anfibólio verde (crossita ou actinolita).

Os acessórios são raros, tendo sido observados alguns grãos de zoisita ou alanita e de apatita.

A presença de ilmenita indica uma provável origem ígnea da rocha, e a de granada um nível de metamorfismo elevado (granada anfibolito ou granulito), sucedido pelo aporte e/ou redistribuição de sílica (quartzo) segregada para enriquecimento em bandas finas, durante uma

fase metamórfica atuante em regime mais próximo ao rúptil. A origem ígnea ou vulcano-exalativa é também corroborada pela presença de alanita, apatita como acessórios e pela completa ausência de hematita primária.

Ocorrência 245Fe

Esta ocorrência (foto 8.25) está localizada no sítio Riacho da Lagoinha, no município de São José da Lagoa Tapada (PB). Trata-se de uma formação ferrífera pertencente à Formação Serra dos Quintos, considerada uma seqüência metavulcanossedimetar da base do Grupo Seridó.



Foto 8.25 - Vista geral da ocorrência 245Fe (sítio Riacho da Lagoinha, São José da Lagoa Tapada - PB) mostrando em segundo plano (seta) o local de uma das intercalações ferríferas.

Foram distinguidos dois “níveis” ferríferos, paralelos, separados por uma distância de 30 m, com espessuras da ordem de 7 m e 4 m, sendo observados ao longo de uma extensão de cerca de 170 m, com direção E-W. A rocha apresenta um bandamento formado por níveis ora mais ricos em minerais opacos (magnetita), ora mais ricos em minerais máficos, alterados (fotos 8.26 e 8.27). As análises químicas efetuadas em duas amostras RB-76a e RB-76b revelaram teores de Fe_2O_3 de 55,93 % e 28,45 %, respectivamente enquanto que os teores de SiO_2 foram de 42,26 % e 68,83 %, respectivamente.

A foto 8.26 (seção polida-delgada) exhibe o bandamento bastante pronunciado da rocha supracitada.

A seção polida é indicativa de uma formação ferrífera bandada. A rocha é constituída de bandas alternadas, com espessuras de 2 a 10 mm, caracterizadas por variação da composição

modal, onde ora dominam silicatos máficos alterados, magnetita (completamente martitizada) e quartzo, ora dominam quartzo e magnetita com raros silicatos máficos (foto 8.28).

As bandas por sua vez, internamente, insinuam localmente uma laminação mais fina, devido à variação composicional gradual entre os constituintes principais e ao alinhamento de grãos e agregados estirados, definindo uma foliação incipiente, geralmente paralela ao bandamento, mas localmente em ângulo agudo com este.

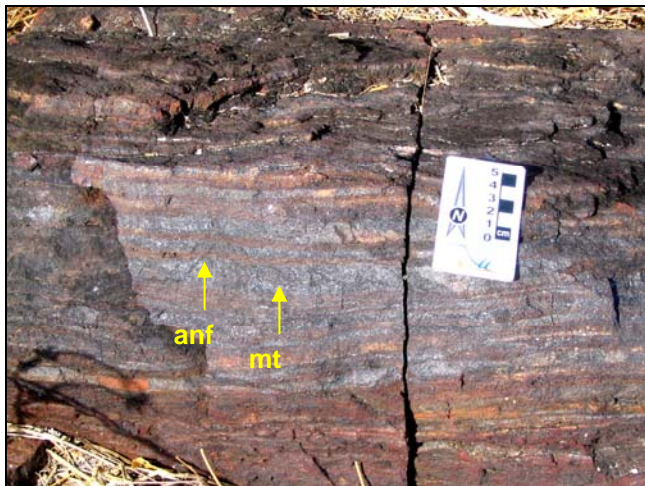


Foto 8.26 - Detalhe de um afloramento da formação ferrífera da ocorrência 245Fe (sítio Riacho da Lagoinha, São José da Lagoa Tapada - PB). Observam-se bandas alternadas ricas em magnetita (mt) e ricas em anfibólio (anf).

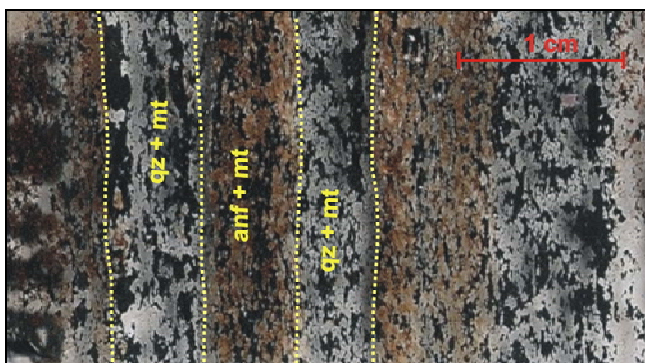


Foto 8.27 - Seção polida-delgada da amostra RB-76a da ocorrência de ferro 245Fe (sítio Riacho da Lagoinha, São José da Lagoa Tapada-PB) onde se observa um bandamento bem definido.

As bandas com quartzo dominante têm composição modal internamente variável, com lâminas onde a proporção modal quartzo/magnetita é de 1/1 e outras onde esta proporção sobe até 10/1. Em média estima-se uma proporção modal de 2/1 para estas bandas quartzosas. A magnetita possui granulometria variável (grãos de 0,5 mm a 1,0 mm na direção do bandamento e de 0,2 mm a 0,5 mm transversalmente). Frequentemente os grãos se agregam em lentes

alongadas paralelas ao bandamento. O quartzo em geral possui granulometria mais fina (0,1 mm a 0,2 mm), envolvendo alguns grãos maiores (0,5 mm a 2 mm), alongados, caracterizando uma textura cataclástica (semelhante a argamassa). Nessas bandas ocorrem com frequência resquícios de silicatos máficos, anfibólio (pelas propriedades óticas, cummingtonita), muito alterados (limonita e argila ou clorita) e parcialmente substituídos (texturas de cáries periféricas) pelo quartzo. Como acessórios aparecem alanita e apatita, como inclusões nos minerais de quartzo.

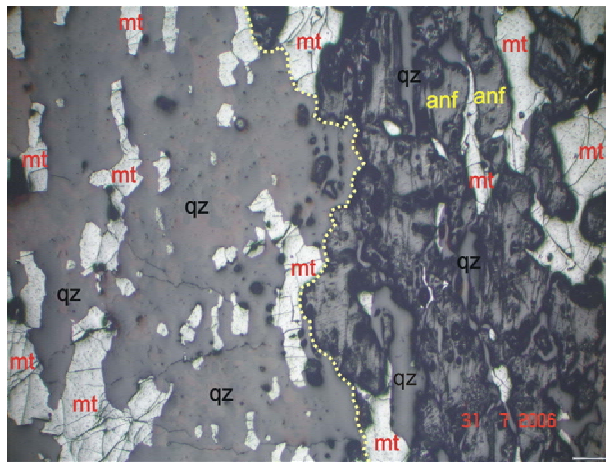


Foto 8.28 - Detalhe da fotomicrografia da seção polida, onde se observa o contato entre as bandas com domínio de silicatos máficos, magnetita (mt, martitizada) e quartzo (qz), e com domínio de quartzo e magnetita com raros silicatos máficos.

Nas bandas ricas em silicato máfico a composição modal cummingtonita alterada/quartzo/magnetita martitizada varia gradualmente de 50 / 30 / 20 % a 30 / 60 / 10 % ou 20 / 40 / 40 %, mas as texturas mostrando clara substituição de cummingtonita por quartzo em intensidade variável sugerem uma composição originalmente mais homogênea com 60 % a 70 % silicato máficos, 20 % a 30 % de magnetita, com quartzo subordinado, principalmente tardio, aportado durante a deformação cataclástica. Isto porque grãos e agregados de silicatos envolvidos completamente por magnetita quase sempre não apresentam nenhum quartzo coexistente. Algumas vezes estes grãos ou agregados envolvem grãos de provável resquício de hiperstênio. Avalia-se que mais de 70 % dos silicatos máficos encontram-se alterados para uma massa amarelo alaranjada opaca, finíssima, de clorita (ou serpentina) + argila + limonita.

A magnetita, completamente martitzada (pseudomorfose de hematita segundo magnetita pretérita, formada por oxidação) só é reconhecida devido ao fato das lamelas de hematita que a compõem estarem orientadas sempre segundo as direções de clivagem octaédrica da magnetita pretérita, em vez de se orientarem segundo a foliação / bandamento da rocha. As relações de forma da magnetita com quartzo e cummingtonita variam, ora sendo a magnetita idiomórfica em relação a estes e ora xenomórfica, por vezes ocorrendo como inclusões nestes ou incluindo-os, o que indica uma cristalização conjunta durante a principal fase de metamorfismo (textura granonematoblástica bandada).

Em contraposição à magnetita e à cummingtonita, o quartzo apresenta, além das relações mostradas por muitos dos grãos maiores com os outros minerais já descritos, uma recristalização (cominuição com textura de argamassa) durante um processo tardio, em que o quartzo também substitui a cummingtonita e, em menor escala, a magnetita. A frequência com que estas texturas de substituição pelo quartzo são observadas indica que grande parte do quartzo ou foi aportado (silicificação) ou redistribuído e recristalizado durante uma fase tardia metamórfica e/ou durante uma fase cataclástica, talvez responsável principal pelo bandamento observado.

A zoisita bem cristalizada e zonada (allanita ?) é um acessório frequente como inclusão no quartzo das bandas quartzosas. Outros acessórios raros e de identificação duvidosa são apatita, rutilo e titanita.

Comentários gerais

De um modo geral observa-se que as amostras das ocorrências 50Fe, 245Fe, 248Fe e 253Fe, apresentam composições análogas e estruturas bandadas, onde bandas mais ricas em quartzo alternam-se com bandas mais ricas em anfibólio, ambas com magnetita, caracterizando uma fácies óxido-silicato, bandada de acordo com James (1954) *apud* Fernandes *et al.* (2004) ao estudar as formações ferríferas bandadas da região de Pium-hi - MG.

Embora as seções polidas das amostras das ocorrências 15Fe e 249Fe revelem rochas maciças constituídas essencialmente de magnetita (magnetitito), as seções delgadas das amostras RB-83c e RB-83i da ocorrência 15Fe parecem indicar uma fácies óxido bandada e uma fácies silicática, respectivamente (estas amostras foram coletadas aleatoriamente).

Os teores dos elementos maiores das ocorrências 50Fe, 245Fe, 248Fe e 253Fe (quadro 8.1, uma amostra por ocorrência), foram comparados com os das formações ferríferas, precambrianas, de Algoma na América do Norte e do Lago Superior no Canadá (quadro 8.2, teores médios), obtidos em Gross & MacLeod (1980) *apud* Fernandes *et al.* (2004), através dos

gráficos apresentados nas figuras 8.2 e 8.3, e os resultados mostram similaridades entre estas formações. Além disso, observa-se que as rochas são compostas essencialmente por Fe_2O_3 e SiO_2 , com baixo teor de Al_2O_3 , que é uma das características das formações ferríferas bandadas. Vale salientar que as amostras das ocorrências 50Fe, 245Fe, 248Fe e 253Fe estavam intemperizadas.

Na ocorrência 50Fe o teor de Fe_2O_3 e SiO_2 são mais baixos e os de Al_2O_3 e MnO , mais altos. A presença de ilmenita na amostra indica uma provável origem ígnea e a de granada um nível metamórfico elevado (granada anfíbolito ou granulito). A origem ígnea ou vulcano-exalativa é também corroborada pela presença de alanita, e apatita como acessórios.

É difícil definir com segurança se estas ocorrências representam formações ferríferas bandadas (*banded iron formation*) *stricto sensu*, para isto são necessários estudos detalhados.

Quadro 8.2 - Resultados analíticos (teores médios) dos elementos maiores em amostras (fácies óxido) das formações ferríferas, precambrianas, tipo Lago Superior, no Canadá e Algoma, na América do Norte, obtidos em Gross & MacLeod (1980), *apud* Fernandes *et al.* (2004).

Óxido (%)	Lago Superior	Algoma
SiO₂	47,20	50,50
TiO₂	0,03	0,14
Al₂O₃	1,39	3,00
Fe₂O₃	44,50	41,10
MnO	0,59	0,18
MgO	1,24	1,53
CaO	1,58	1,51
Na₂O	0,12	0,31
K₂O	0,14	0,58
P₂O₅	0,06	0,21
SiO₂ + Fe₂O₃	91,70	91,60

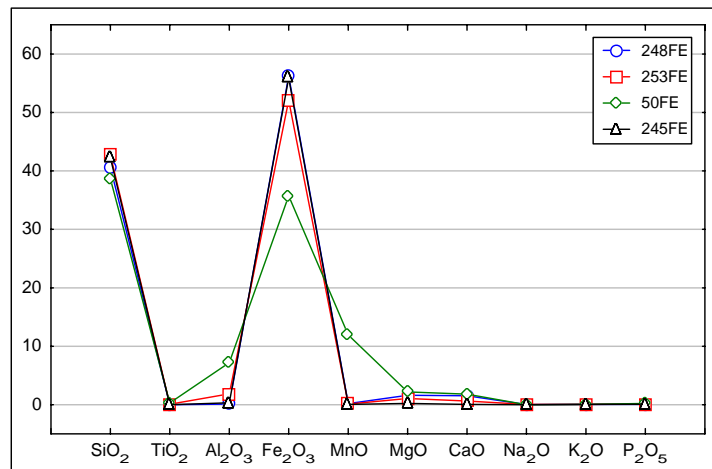


Figura 8.2 - Plotagem dos elementos maiores nas formações ferríferas das ocorrências 50Fe, 245Fe, 248Fe e 253Fe. Uma amostra de cada ocorrência (fácies óxido bandada).

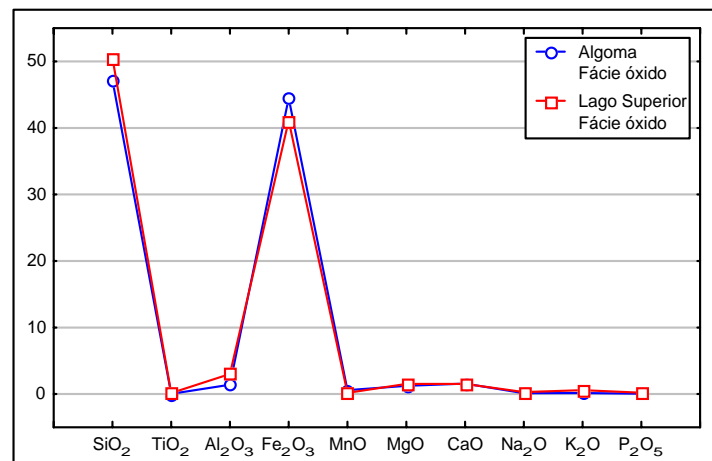


Figura 8.3 - Plotagem da média dos elementos maiores nas formações ferríferas precambrianas tipo Lago Superior, no Canadá e Algoma, na América do Norte, obtidos em Gross & MacLeod (1980), *apud* Fernandes *et al.* (2004).

8.3.2.2 Área potencial IV - Ferro e asbesto

As ocorrências 253Fe, 248F, 249Fe e 15Fe estão relacionadas às intercalações ferríferas do Complexo Granjeiro, tido como remanescente de crosta oceânica arqueana. Toda a área de exposição do referido complexo foi considerada como potencial para minério de ferro, e também indicada para asbesto.

8.4 METAIS NÃO FERROSOS E SEMIMETAIS

8.4.1 Berílio (Berilo) e Nióbio (Tantalita-Columbita)

Encontram-se cadastradas 9 ocorrências de berilo (8 garimpos e 1 não explotada) e 1 de nióbio (não explotada), todas relacionadas a pegmatitos. A foto 8.29, obtida de Moraes (1999) mostra um cristal de berilo incluso em quartzo, procedente do garimpo Rabo Gordo (156bl), no município de Tenente Ananias (RN), cadastrado para água marinha. Segundo o autor, o cristal de berilo inclui cristal de água marinha.

A despeito de não terem sido cadastradas ocorrências de berilo e tantalita-columbita na área pegmatítica de Tenente Ananias (RN), é evidente a importância da mesma para estas mineralizações. Desta forma a área potencial I pode ser estendida para tais tipos de mineralizações.



Foto 8.29 - Berilo incluso em quartzo, procedente do garimpo Rabo Gordo, no município de Tenente Ananias-RN (fonte: Moraes, 1999).

8.4.2 Cobre

Mineralizações de cobre foram registradas em 3 localidades: na fazenda Vertentes em Serrinha dos Pintos (RN), no sítio Maniçoba em Martins (RN) e no sítio Cabaceira em Lavras da Mangabeira (CE), todas não explotadas.

A ocorrência do sítio Vertentes (11Cu) foi cadastrada por Campos *et al.* (1976) e consta essencialmente de impregnações e preenchimento de malaquita e azurita, observadas em blocos de quartzo e de biotita gnaiss, que ocorrem desagregados em uma pequena escavação.

Segundo Ferreira *et al.* (1977), no sítio Maniçoba (12Cu) o cobre ocorre sob a forma de carbonatos e sulfetos em disseminações e impregnações em um veio de quartzo com direção NE-SW, e na encaixante (milonito) nas proximidades do contato entre os mesmos, em uma zona de cisalhamento (foto 8.30).



Foto 8.30 - Veio de quartzo (vqz) mineralizado em cobre, no sítio Maniçoba (Martins-RN).

Ao que tudo indica, a mineralização das ocorrências 11Cu e 12Cu está associada a veios de quartzo encaixados em biotita gnaiss da Suíte Poço da Cruz.

Na ocorrência do sítio Cabaceiras em Lavras da Mangabeira-CE (247Cu) a mineralização é representada por malaquita e ocorre nos planos da foliação milonítica de uma zona de cisalhamento em prováveis metavulcânicas félsicas do Complexo Granjeiro (foto 8.31).



Foto 8.31 - Mineralização de malaquita (Cu) nos planos de foliação milonítica, de uma zona de cisalhamento em prováveis metavulcânicas félsicas do Complexo Granjeiro (ocorrência 247Cu, situada no sítio Cabaceiras, em Lavras da Mangabeira - CE)

8.5 MATERIAL DE USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

8.5.1 Rochas ornamentais

De acordo com Chiodi (2005) o Brasil é um dos grandes produtores e exportadores mundiais de rochas ornamentais, correspondendo ao quarto produtor mundial, com 10 % da produção estimada, o quinto maior exportador em volume físico, o quarto maior exportador de blocos brutos, e o segundo em ardósias com cerca de 8,5 % da produção. No geral o Brasil extrai cerca de 6,0 milhões de toneladas/ano de rochas ornamentais, abrangendo 600 tipos comerciais, oriundos de 1500 frentes ativas de lavra. As rochas graníticas perfazem 57 % da produção brasileira, enquanto os mármore e os travertinos compreendem 17 %, com as ardósias e quartzitos correspondendo, respectivamente, a 8 % e 5 % do total. As exportações brasileiras atingiram a cifra de 800 milhões de dólares em 2005, com incremento médio superior a 20 % durante os últimos 5 anos.

A área estudada apresenta uma diversidade de rochas que podem ser empregadas na arquitetura como material de decoração e na construção civil como revestimento vertical e horizontal. Desta forma são encontrados litotipos homogêneos (não deformados) semelhantes ao Verde Ubatuba, Preto São Marcos, etc. e heterogêneos (deformados), como o Verde Lambada,

etc. As descrições a seguir se reportam a alguns dos litotipos cadastrados (2 depósitos e 18 ocorrências).

Com relação aos litotipos homogêneos, esverdeados, foram cadastradas as ocorrências 287ck-ro e 278ck-ro situadas, respectivamente, no sítio Junco, município de Messias Targino (RN) e na zona urbana da sede deste município. Tais ocorrências encontram-se no mesmo maciço, constituído de uma rocha de cor verde escura, não deformada, com textura porfirítica, de composição charnoquítica, relacionada ao magmatismo intraplaca pós-orogênico, Neoproterozóico. Mostra-se pouco fraturada e com baixa densidade de veios e xenólitos, apresentando excelentes condições para extração de blocos.

Os cristais de feldspato potássico bem desenvolvidos de cor verde escura proporcionam a esta rocha um excelente aspecto estético decorativo, como pode ser visto na amostra RB-15 (foto 8.32), podendo ser comparada ao conhecido tipo Verde Ubatuba.

A beleza do litotipo torna possível a sua negociação no mercado internacional de blocos brutos e canteirados. Constitui um tipo clássico entre as rochas ornamentais, passíveis de emprego na arquitetura e na confecção de padronizados para uso como revestimento de interiores e exteriores na construção civil.

Os materiais heterogêneos, esverdeados e multicoloridos são relacionados às rochas calcissilicáticas e comumente estão associados a mármore. Foram cadastradas três ocorrências, duas das quais, a 289cs-ro e a 228cs-ro, estão descritas a seguir.

A ocorrência 289cs-ro situa-se na periferia da cidade de Almino Afonso (RN). Trata-se de uma pedreira (foto 8.33), onde são extraídos blocos de rocha calcissilicática verde, com textura equigranular fina e rica em diopsídio, com granada e calcita e em menor quantidade, epidoto e vesuvianita (pertencentes à Formação Jucurutu do Grupo Seridó). A largura da lente de rocha calcissilicática, na pedreira, é da ordem de 50 m.

Na ocorrência 228cs-ro, localizada, no sítio Salobro, Messias Targino (RN), a rocha calcissilicática, da Formação Jucurutu, apresenta estrutura bandada, caracterizada pela alternância de bandas verdes claro, ricas em calcita e verdes escuro, com predominância de diopsídio, deformadas por dobramentos (foto 8.34).

Esta rocha é considerada um tipo movimentado onde os diferentes tons compõem uma feição harmoniosa. Em termos de aplicação pode ser utilizada com sucesso na arquitetura para decoração de ambientes e como material de revestimento na construção civil. Corresponde a um tipo nobre entre as rochas ornamentais, podendo alcançar no mercado internacional o preço de US\$800,00/m³.

No que tange às rochas homogêneas, melanocráticas, foram cadastradas 2 ocorrências uma delas, a 282gd-ro, está localizada no sítio Cacimbinha no município de São Francisco (PB) e a outra, a 283gd-ro, na periferia da cidade de Santa Cruz (PB). Estas ocorrências pertencem à Suíte gabróide neoproterozóica.



Foto 8.32 - Amostra RB-15 do charnoquito da ocorrência 287ck-ro (sítio Junco, município de Messias Targino - RN).



Foto 8.33 - Vista da frente da lavra de rocha calcissilicática, para rocha ornamental, na periferia da cidade de Almino Afonso-RN (ocorrência 289cs-ro).



Foto 8.34 - Detalhe de um bloco de rocha calcissilicática da ocorrência 228cs-ro (sítio Salobro, Messias Targino-RN), onde se observa o bandamento dobrado.

A ocorrência 282gd-ro está relacionada a uma rocha gabróica, não deformada, onde foram observados blocos de dimensões diversas, com poucas incidências de fraturas e veios, o que facilita seu emprego como material de revestimento e decoração. A foto 8.35 (amostra VC-383) evidencia o excelente aspecto estético destas rochas.

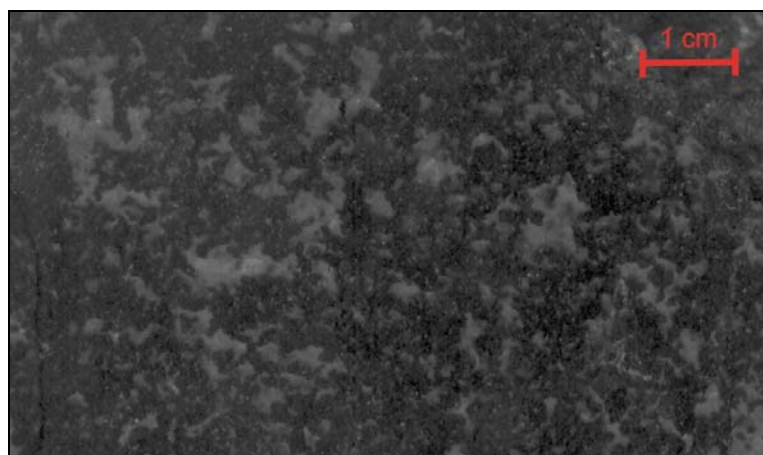


Foto 8.35 - Amostra VC-383 do gabro da ocorrência 282gd-ro (sítio Cacimbinha, São Francisco - PB).

A ocorrência 283gd-ro constitui um maciço gabróico, não deformado, bastante alterado, capeado por cobertura eluvial, argilosa com blocos (foto 8.36). Em virtude do alto valor de cotação deste tipo de rocha no exterior, situado na faixa de US\$ 550,00/m³ do bloco extraído, sugere-se o estudo em detalhe do local.

Trata-se de rocha preta considerada um tipo clássico, tipo “*Nero Vero*” passível de comercialização no exigente mercado internacional, na condição de blocos canteirados ou na forma de chapas polidas e de padronizados.



Foto 8.36 - Vista parcial do maciço gabróico próximo da cidade de Santa Cruz - PB, bastante intemperizado, com intensa cobertura eluvial (ocorrência 283gd-ro).

Dentre as rochas granitóides ditas homogêneas, salientam-se os granitos grossos e os porfíricos de composição sub-alcálica e coloração rósea, cinza róseo, bege, etc. Em termos ornamentais constituem um material comum, destituído de possibilidades de negociação no exterior, em razão da semelhança com litotipos de outros países, podendo, entretanto ser aproveitado no mercado interno de padronizados para revestimento na construção civil. Foram cadastradas 8 ocorrências, relacionadas a granitos das suítes magmáticas intrusivas neoproterozóicas, das quais 4, (281gr-ro, 285gr-ro, 286gr-ro e 288gr-ro) estão descritas a seguir.

A ocorrência 281gr-ro localiza-se no sítio Boi Morto (Aparecida-PB) e está relacionada a um granito não deformado, de coloração rósea, granulação grossa, com poucos pórfiros de feldspato potássico, podendo ser considerado como do tipo Rosa Porrinos (foto 8.37).

A ocorrência 285gr-ro situa-se na localidade denominada Casa do Homem (São Francisco-PB). Consiste de uma exposição de granito porfirítico de coloração rosa, não deformado, tipo Rosa Tropical. Em chapa polida (foto 8.38) este granito apresenta um aspecto harmonioso, onde se destacam os cristais de feldspato potássico de cor rósea.

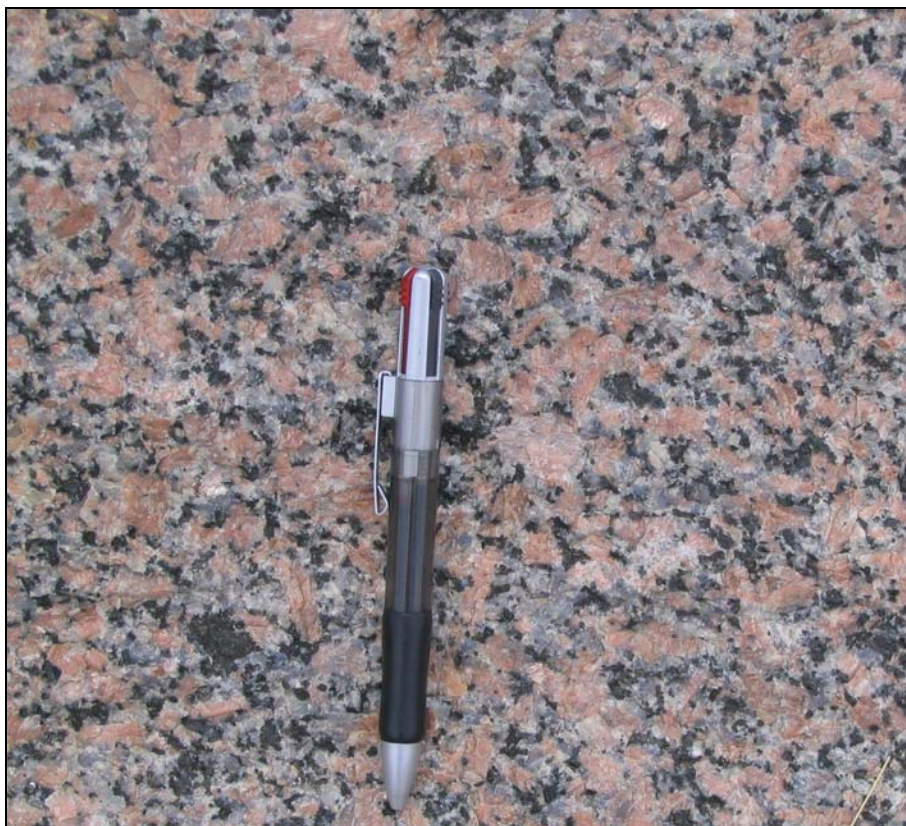


Foto 8.37 - Granito de granulação grossa e coloração rósea, onde se destacam cristais de feldspato potássico (foto de afloramento), ocorrência 281 gr-ro (sítio Boi Morto, Aparecida - PB).

O fato de este litotipo aflorar sob a forma de maciço constitui um aspecto negativo para trabalhos de exploração desta rocha. Em conseqüência propõe-se a procura de matacões que reforçariam a competitividade do material no consumo interno de chapas e padronizados. Tal assertiva pode ser estendida a todos os tipos similares.



Foto 8.38 - Amostra polida do granito porfírico da ocorrência 285gr-ro (localidade Casa do Homem, São Francisco - PB), onde se destacam os pórfiros de feldspato potássico de cor rósea.

A ocorrência 286gr-ro diz respeito à uma pedreira situada no sítio Junco, no município de Messias Targino – RN, foto 8.39. O granito apresenta granulação grossa, com feldspato bege acinzentado (que proporciona a cor da rocha), e bastante quartzo, podendo ser enquadrado como do tipo Bege Picuí.

A ocorrência 288gr-ro é uma pedreira localizada no sítio Várzea da Onça (Messias Targino-RN). Localmente ocorre sob a forma de matações, formando uma praça com excelentes condições de explotabilidade. Trata-se da mesma rocha da ocorrência 286gr-ro, ou seja, estão situadas no mesmo maciço. A foto 8.40 mostra detalhes em um bloco.

Os mármore ocorrem na área em diversos ambientes tectônicos e foram cadastradas 61 ocorrências, tendo em vista não só a utilização na construção civil, mas também em alguns segmentos industriais. No que se refere à rocha ornamental foram cadastradas 2 ocorrências e uma delas, a 290mm-ro, é apresentada a seguir.

A ocorrência 290mm-ro consiste de uma pedreira no sítio Pedras Emendadas no município de Umari-CE onde estão sendo extraídos blocos para revestimento (foto 8.41). O mármore

apresenta granulometria média, cor cinza claro e delgados níveis constituídos basicamente de biotita com pequena quantidade de grafita e pirita, rompidos e dobrados. Os níveis delgados de biotita rompidos e dobrados proporcionam um excelente aspecto estético a esta rocha, como pode ser visto na foto 8.42, de uma placa polida, atribuindo-se à mesma uma elevada cotação no mercado internacional.



Foto 8.39 - Vista parcial do pátio de blocos da ocorrência 286gr-ro (pedreira), no sítio Junco (Messias Targino - RN). Granito de textura granular grossa, homogênea, de cor bege.



Foto 8.40 - Detalhe de um bloco do granito da ocorrência 288gr-ro (sítio Várzea da Onça, Messias Targino - RN).



Foto 8.41 - Vista geral da frente de lavra na pedreira do sítio Pedras Emendadas (Umari - CE).



Foto 8.42 - Chapa polida da ocorrência de mármore na pedreira do sítio Pedras Emendadas (Umari - CE), onde pode ser observada a intensa quantidade de níveis delgados, rompidos e dobrados, constituídos essencialmente de biotita.

8.6 ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

8.6.1 Asbesto

O asbesto também conhecido como amianto, é uma designação comercial genérica para a variedade fibrosa de seis minerais metamórficos, utilizados em vários produtos comerciais. Os seis minerais asbestiformes pertencem a dois grupos: o das serpentinas, representado pela crisotila e o dos anfibólios representado pela crocidolita (ou riebeckita), amosita (ou grunerita), antofilita, tremolita e actinolita.

Os vários minerais do grupo dos anfibólios diferem uns dos outros nos teores de cálcio, magnésio, sódio e ferro neles contidos. As ocorrências de asbestos (27 garimpos e 10 não explotadas) concentram-se na parte sudoeste da área, onde têm como hospedeiras rochas ultramáficas do Complexo Granjeiro (considerado como um remanescente de crosta oceânica) e do Complexo Caicó (considerado como um sistema de arco magmático).

Todos os garimpos visitados estavam soterrados e as amostras coletadas, provenientes das pilhas de rejeito, estão muito alteradas. Campos et al. (1976), classifica os asbestos dos garimpos das fazendas Xique-Xique (111ab), Baixio Grande (205ab) e Barrocão (204ab) em Baixio (CE), como do tipo antofilitico, e os dos garimpos dos sítios Riacho do Meio (82ab) e Rancheiro (206ab) em Lavras da Mangabeira (CE), e da Vila Felizardo (119ab) em Aurora (CE), como serpentiniticos.

8.6.1.1 Áreas potenciais: III - Asbesto e mármore e IV - Ferro e asbesto

- **Área III:** Abrange corpos de rochas ultramáficas e camadas/lentes de mármore inclusos no Complexo Caicó, numa região de grande incidência de ocorrências, na parte sudoeste da folha.
- **Área IV:** Compreende toda área de ocorrência do Complexo Granjeiro, a sudoeste da folha.

8.6.2 Mármore e calcário

Foram cadastradas 66 ocorrências de mármore (37 garimpos, incluindo 3 garimpos de rocha ornamental, e 29 não explotadas) e 2 de calcário (não explotadas).

Lentes de mármore, com dimensões variadas, são encontradas em grande quantidade em diversos ambientes geológicos. Comumente são do tipo calcítico, com granulações variadas e cores oscilando do branco a diversos tons de cinza. Em várias ocorrências observa-se mármore com intercalações de rochas calcissilicáticas de espessuras diversas, como a ocorrência 218mm, na periferia da cidade de Almino Afonso (RN) onde os níves são constituídos de diopsídio, vesuvianita e granada (foto 8.43).

A ocorrência 290mm no sítio Pedras Emendadas, no município de Umari - CE (descrita no item 8.5.1) tem como peculiaridade os níveis delgados de biotita, rompidos e dobrados (fotos 8.41 e 8.42).

As duas ocorrências de calcário (84cc e 85cc) estão situadas na bacia Riacho São Lourenço.



Foto 8.43 - Mármore bandado (bandas em diversos tons de cinza), com intercalações de rochas calcissilicáticas (cs) de espessuras variadas, constituídas de diopsídio, vesuvianita e granada. Ocorrência 218mm, na periferia de Almino Afonso (RN).

8.6.2.1 Áreas potenciais: III - Asbesto e mármore, VI - Tungstênio e mármore, VII - Mármore e VIII - Mármore

- **Área III:** abrange parte do Complexo Caicó indiferenciado, na parte sudoeste da área.
- **Área VI:** compreende as rochas carbonáticas da Formação Jucurutu, na parte nordeste da área.

- **Área VII:** abrange parte do Grupo Orós (seqüência metavulcanossedimentar), na parte sudoeste da área.
- **Área VIII:** envolve as rochas carbonáticas da Formação Jucurutu, na parte sul da área.

8.6.3 Calcita

A única ocorrência cadastrada deste mineral situa-se em um garimpo no sítio Maniçoba (272cct), no município de Portalegre (RN). Os cristais de calcita, de dimensões centimétricas, hialinos, ocorrem dentro de uma massa compacta, marrom avermelhado, porosa, de granulação fina, composta, a princípio, de carbonato de cálcio e óxidos de ferro, (foto 8.44).

Esta massa é encontrada preenchendo fraturas no mármore (foto 8.45), e sua origem, bem como a formação da calcita, necessitam de estudos adicionais.



Foto 8.44 - Cristais de calcita hialina numa massa compacta, marrom, porosa, de granulação fina, composta, a princípio, de carbonato de cálcio e óxidos de ferro. Ocorrência 272cct, no sítio Maniçoba, município de Portalegre (RN).



Foto 8.45 - Fratura, no mármore, preenchida por uma massa compacta, marrom, porosa, de granulação fina, composta, a princípio, de carbonato de cálcio e óxidos de ferro, com cristais de calcita. Ocorrência 272cct, no sítio Maniçoba, município de Portalegre (RN).

8.6.4 Caulim

Caulim é um minério composto de silicatos hidratados de alumínio, principalmente caulinita e haloisita e apresenta características especiais que permitem sua utilização no fabrico de papel, cerâmica, tintas, etc.

Na parte norte da área, nas proximidades da cidade de Martins (RN), encontram-se 3 ocorrências (não explotadas) de caulim, relacionadas à Formação Serra do Martins, que constitui um capeamento sedimentar remanescente (paleógeno-neógeno), de origem fluvial, sobre rochas do embasamento cristalino. Tal formação ocorre na área sob forma de platôs com altitudes da ordem de 700 metros.

8.6.5 Fluorita

Campos *et al.* (1976) referem-se a um garimpo (127F) de fluorita no sítio Prata, município de Icó (CE), associada a pegmatito. A fluorita de coloração esverdeada foi encontrada em fragmentos milimétricos nos rejeitos de algumas pequenas escavações. A encaixante do

pegmatito é um biotita gnaisse do Complexo Jaguaretama. Nesta mesma região, Prado *et al.* (1980), cadastraram outro garimpo (128F) em um veio de pegmatito com 1,5 m de espessura, orientado segundo a direção 250° Az, intrudido em biotita gnaisse. A fluorita apresenta-se em agregados irregulares, tem cor verde, brilho vítreo e está intimamente associada a berilo. No rejeito de uma pequena escavação observaram alguns cristais de berilo verde claro.

8.6.6 Feldspato

Estão cadastradas 9 garimpos de feldspato em pegmatitos, dos quais, 7 ocorrem na faixa de pegmatitos de Tenente Ananias (RN) e foram cadastradas por Nesi *et al.* (1999). De acordo com esses autores, os pegmatitos possuem estrutura interna do tipo misto e estão localizados em baixios topográficos. Os diques de pegmatitos podem alcançar espessuras de até 20 m e comprimento da ordem de 200 m e estão encaixados em litotipos do Complexo Caicó. Duas ocorrências cadastradas por Nesi *et al.* (1999) como feldspato também foram cadastradas por Moraes (1999) para água marinha: Garimpo do Jorge (143am) e no Garimpo dos Galdinos (150am).

8.6.7 Grafita

Este mineral foi encontrado em duas localidades do município de Lavras da Mangabeira (CE), no sítio Riacho do Meio (129gf) e no sítio Poço (130gf), em estreitas faixas no biotita xisto da Formação Lavras da Mangabeira. Tratam-se de duas ocorrências não exploradas.

8.6.8 Granada

A única ocorrência de granada cadastrada (133gra), encontra-se situada no sítio Vinha, município de Pombal (PB). Segundo Scheid & Munis (1976) a ocorrência é de pequeno porte, encontrando-se em solo preto argiloso à margem direita do açude deste sítio. No solo são encontrados fragmentos de rocha preta. Uma amostra submetida à análise petrográfica a classificou como piroclástica, composta por uma matriz criptocristalina, onde se encontram cristais sem orientação e alterados, de olivina, augita, opacos e titanita, e também fragmentos angulosos de plagioclásio e de rocha feldspática. A ocorrência parece indicar uma extrusão de material piroclástico de composição básica em área restrita. Os referidos autores concluem que granada poderia se formar na região de contato desta rocha com as litologias encaixantes.

De acordo com informações dos moradores da região, no período de 1955 a 1957 houve um pequeno garimpo deste material, que teria utilidade como abrasivo ou gema. Foram encontradas pequenas lascas do mineral, por vezes com intensa coloração vermelha escura. A ocorrência tem interesse restrito e vale como curiosidade mineralógica.

8.6.9 Talco

Estão registradas 3 ocorrências, não explotadas, localizadas na porção sudoeste da área, associadas a corpos ultrabásicos pertencentes aos Complexos Caicó (125tal e 126tal, respectivamente, no sítio Jitirana na fazenda Santa Bárbara, município de Aurora (CE) e Granjeiro (124tal, na fazenda Boa Vista, município de Ipaumirim (CE).

8.7 RECURSOS MINERAIS ENERGÉTICOS

8.7.1 Petróleo

Duas ocorrências de petróleo foram cadastradas na Bacia Rio do Peixe, sítio Sagüi (269pl e 270pl), no município de Sousa (PB). O petróleo foi detectado em dois poços perfurados para obtenção de água, à profundidade de 17 m.

8.7.2 Urânio

Campos *et al.* (1976) cadastraram uma ocorrência de urânio (246U) relacionada a pegmatito, no sítio Maniçoba, município de Catolé do Rocha (PB).

8.8 - Listagem de ocorrências minerais

O Quadro 8.3, a seguir, lista 311 ocorrências minerais cadastradas na folha Sousa.

Quadro 8.3 - Listagem de ocorrências minerais da Folha Sousa

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#1	21094	Garimpo do Talhado	Tenente Ananias	RN	6° 25' 43"	38° 10' 21"	Água marinha	ama	Garimpo	Depósito	Gemas
2	21095	Sítio Paul	Riacho de Santana	RN	6° 16' 0"	38° 22' 0"	Água marinha	ama	Não explotado	Ocorrência	Gemas
3	21134	Mina do Cabelo	Encanto	CE	6° 4' 51"	38° 19' 32"	Ouro	Au	Garimpo	Ocorrência	Metais nobres
4	21147	Fazenda Caicó I	São José de Espinharas	PB	6° 45' 13"	37° 31' 57"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
5	21148	Fazenda Furna	Malta	PB	6° 47' 29"	37° 31' 20"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
6	21149	Ipueira I	São José de Espinharas	PB	6° 52' 37"	37° 30' 37"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
7	21150	Condado	Condado	PB	6° 53' 45"	37° 35' 33"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
8	21226	Sítio Pitombeira	Paraná	RN	6° 25' 4"	38° 16' 6"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
9	21531	Curral Queimado	Brejo do Cruz	PB	6° 17' 34"	37° 30' 50"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
10	21532	Serrote Preto	Belém do Brejo do Cruz	PB	6° 15' 20"	37° 36' 33"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
11	21536	Fazenda Vertentes	Serrinha dos Pintos	RN	6° 9' 57"	37° 56' 45"	Cobre	Cu	Não explotado	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
12	21537	Sítio Maniçoba	Martins	RN	6° 10' 0"	37° 56' 42"	Cobre	Cu	Não explorado	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
13	21540	Sítio Espírito Santo	Icó	CE	6° 32' 27"	38° 45' 30"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
14	21541	Pé de Serra	Umarí	CE	6° 36' 31"	38° 48' 8"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
15	21542	Sítio Pitombeira I	Lavras da Mangabeira	CE	6° 42' 0"	38° 57' 48"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
#16	21543	Boa Vista	Ipaumirim	CE	6° 50' 2"	38° 46' 51"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
#17	21544	Carnaúbal	Lavras da Mangabeira	CE	6° 50' 54"	38° 58' 29"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
18	21545	Santo Antônio	Aurora	CE	6° 54' 36"	38° 57' 37"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
19	21546	Sítio Logradouro	Aurora	CE	6° 56' 30"	38° 59' 45"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
20	21547	Sítio Logradouro	Cajazeirinhas	PB	6° 56' 12"	37° 51' 48"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
21	21548	Pedências	Cajazeiras	PB	6° 57' 4"	37° 37' 0"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
22	21549	Sítio Maniçoba	Catolé do Rocha	PB	6° 22' 26"	37° 37' 57"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
23	21550	Sítio Varginha	Jaguaribe	CE	6° 0' 49"	38° 41' 2"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
24	21554	Junco	Messias Targino	RN	6° 4' 32"	37° 31' 12"	Tungstênio	W	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
25	21555	Pedra D'Água	Rafael Godeiro	RN	6° 3' 36"	37° 43' 41"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
26	21556	Maturí / Várzea Rachada	Messias Targino	RN	6° 6' 17"	37° 31' 21"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
27	21557	Várzea da Porta	Jericó	PB	6° 33' 53"	37° 49' 12"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
28	21558	Urubu	Rafael Godeiro	RN	6° 4' 33"	37° 46' 16"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
#29	21566	Salobro 1 / Várzea Rachada	Messias Targino	RN	6° 6' 17"	37° 31' 21"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
30	21569	Marreca	Messias Targino	RN	6° 6' 41"	37° 32' 2"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
31	21572	Lucrécia	Lucrécia	RN	6° 7' 0"	37° 49' 23"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
32	21577	Belém Velho	Belém do Brejo do Cruz	PB	6° 12' 39"	37° 30' 23"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
33	21578	Serrote Preto	Belém do Brejo do Cruz	PB	6° 14' 58"	37° 35' 7"	Tungstênio	W	Garimpo	Depósito	Metais ferrosos
34	21581	Jatobá	Catolé do Rocha	PB	6° 17' 25"	37° 37' 33"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
35	21583	Fazenda Timbaúba	Jericó	PB	6° 28' 9"	37° 44' 27"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
36	21585	Fazenda Montes Claros	Jericó	PB	6° 33' 0"	37° 47' 20"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
#37	21586	Fazenda Várzea da Prata	Jericó	PB	6° 33' 52"	37° 49' 11"	Tungstênio	W	Garimpo	Depósito	Metais ferrosos
38	21587	Fazenda Alto Alegre	Jericó	PB	6° 34' 7"	37° 48' 7"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
39	21590	Fazenda Maniçoba	Pombal	PB	6° 40' 39"	37° 49' 34"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
40	21591	Fazenda Maniçoba	Pombal	PB	6° 39' 42"	37° 49' 51"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
41	21592	Vista Serrana	Vista Serrana	PB	6° 44' 1"	37° 34' 14"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
42	21594	Fazenda Caicó II	São José de Espinharas	PB	6° 44' 52"	37° 31' 17"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
#43	21596	Fazenda São Francisco	Vista Serrana	PB	6° 48' 38"	37° 34' 8"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
44	21597	Fazenda São Francisco	Malta	PB	6° 48' 40"	37° 34' 9"	Tungstênio	W	Garimpo	Depósito	Metais ferrosos
45	21598	Fazenda Trapiá	Malta	PB	6° 49' 9"	37° 32' 31"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
46	21599	Fazenda Riacho do Feijão	Malta	PB	6° 50' 25"	37° 32' 41"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
47	21600	Fazenda Belmonte	São Bento de Pombal	PB	6° 51' 40"	37° 42' 20"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
#48	21601	Fazenda Saco de Feijão	Malta	PB	6° 50' 25"	37° 32' 30"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
49	21603	Fazenda Saco de Telha	Cedro	CE	6° 37' 29"	38° 59' 44"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
50	21604	Matapasto	Cedro	CE	6° 39' 24"	38° 59' 24"	Ferro	Fe	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
51	21605	Fazenda Saco de Feijão	São José de Espinharas	PB	6° 52' 0"	37° 30' 47"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
52	21606	Pitombeira III	Malta	PB	6° 51' 0"	37° 33' 9"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
53	21608	Sítio Barro Branco	Malta	PB	6° 51' 57"	37° 34' 58"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
54	21609	Fazenda Furna	Malta	PB	6° 52' 33"	37° 33' 20"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
55	21552	Picos	Messias Targino	RN	6° 1' 57"	37° 33' 40"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
56	21611	Riacho dos Currais	Cajazeirinhas	PB	6° 54' 22"	37° 45' 47"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
57	21612	Fazenda Santana I	Riacho dos Cavalos	PB	6° 25' 31"	37° 40' 23"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
58	21613	Riacho dos Cavalos	Riacho dos Cavalos	PB	6° 25' 40"	37° 39' 57"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
59	21614	São Miguel	Paulista	PB	6° 34' 0"	37° 39' 33"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
60	21615	Serra Cabeluda	Riacho dos Cavalos	PB	6° 32' 11"	37° 38' 47"	Tungstênio	W	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
61	21616	Bonsucesso	Pombal	PB	6° 45' 23"	37° 48' 14"	Tungstênio	W	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
62	21617	Cacimba de Vaca	Almino Afonso	RN	6° 8' 7"	37° 48' 4"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
63	21618	Sítio Trapiá	Almino Afonso	RN	6° 10' 48"	37° 45' 57"	Mármore	mm-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
64	21622	Fazenda Cacimba de Baixo	Messias Targino	RN	6° 3' 52"	37° 32' 33"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
65	21623	Fazenda Brejo	Rafael Godeiro	RN	6° 4' 0"	37° 43' 17"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#66	21624	Fazenda Junco	Messias Targino	RN	6° 4' 33"	37° 31' 19"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
67	21626	Almino Afonso	Almino Afonso	RN	6° 9' 41"	37° 45' 38"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
68	21628	Sítio Paul	Riacho de Santana	RN	6° 16' 25"	38° 20' 48"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
69	21629	Sítio Miranda	Poço Dantas	PB	6° 23' 41"	38° 31' 2"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
70	21630	Sítio Queimadas	Poço Dantas	PB	6° 23' 45"	38° 30' 28"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
71	21632	Sítio Carcará	Poço Dantas	PB	6° 25' 19"	38° 29' 41"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
72	21633	Sítio Jenipapeiro	Cedro	CE	6° 31' 58"	38° 58' 25"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
73	21634	Fazenda Carrapicho	Icó	CE	6° 34' 21"	38° 54' 47"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
74	21635	Riacho dos Cavalos	Umarí	CE	6° 34' 26"	38° 52' 32"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
75	21636	Umarizinho	Icó	CE	6° 35' 21"	38° 52' 14"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
76	21637	Fazenda Mofumbal	Icó	CE	6° 36' 10"	38° 45' 53"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
77	21638	Fazenda Mundo Novo	Umarí	CE	6° 36' 15"	38° 49' 58"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
78	21639	Fazenda Pitombeira	Umarí	CE	6° 37' 23"	38° 44' 2"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
79	21640	Fazenda Serraria	Umarí	CE	6° 37' 26"	38° 42' 12"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
80	21641	Sítio Patos	Lavras da Mangabeira	CE	6° 39' 24"	38° 58' 16"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
81	21642	Sítio Tirada	Lavras da Mangabeira	CE	6° 40' 58"	38° 59' 34"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
82	21643	Riacho do Meio	Lavras da Mangabeira	CE	6° 42' 38"	38° 59' 44"	Asbesto	ab	Não Explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
83	21644	Sítio Cipó	Baixio	CE	6° 45' 21"	38° 43' 51"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
84	21645	Riacho do Tauá	Lavras da Mangabeira	CE	6° 46' 58"	38° 57' 9"	Calcário	cc	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
85	21646	Riacho do Tauá	Lavras da Mangabeira	CE	6° 47' 23"	38° 57' 6"	Calcário	cc	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#86	21647	Fazenda Caatinga	Ipaumirim	CE	6° 48' 44"	38° 41' 6"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#87	21648	Fazenda Caatinga	Ipaumirim	CE	6° 49' 33"	38° 40' 30"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
88	21649	Fazenda Prensa de Cima	Cajazeiras	PB	6° 52' 0"	38° 37' 9"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
89	21650	Sítio Lagoa Queimada	Cajazeiras	PB	6° 52' 36"	38° 36' 52"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
90	21651	Sítio Caieiras	Cajazeiras	PB	6° 52' 46"	38° 35' 51"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
91	21652	Fazenda Caiçaras	Cachoeira do Índios	PB	6° 53' 53"	38° 42' 34"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
92	21653	Sítio Pau Branco	Aurora	CE	6° 55' 8"	38° 51' 51"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
93	21654	Fazenda Oitica	Aurora	CE	6° 55' 57"	38° 50' 0"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
94	21655	Sítio Lagoa da Serra	Nazarezinho	PB	6° 57' 43"	38° 20' 55"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
95	21656	Sítio Graviola	Nazarezinho	PB	6° 58' 7"	38° 19' 42"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
96	21657	Sítio Cantinho	Nazarezinho	PB	6° 58' 10"	38° 17' 7"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
97	21658	Sítio Timbaúba	Nazarezinho	PB	6° 59' 1"	38° 18' 19"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
98	21659	Barra da Cobra	São José da Lagoa Tapada	PB	6° 58' 40"	38° 8' 30"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
99	21660	Sítio Cipó	Cachoeira do Índios	PB	6° 58' 45"	38° 44' 26"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
100	21661	Sítio Oriente	Condado	PB	6° 59' 24"	37° 34' 33"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
101	21662	Fazenda Montevideo	Pombal	PB	6° 59' 32"	37° 52' 33"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
102	21663	Sítio Oiteiros	Lavras da Mangabeira	CE	6° 45' 41"	38° 58' 33"	Ouro	Au	Garimpo	Ocorrência	Metais nobres
103	21665	Sítio Vaca Morta	Cedro	CE	6° 35' 30"	38° 57' 12"	Asbesto	ab	Não Explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
104	21666	Sítio Caiçara	Umarí	CE	6° 38' 45"	38° 47' 18"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
105	21667	Sítio Caiçara	Umarí	CE	6° 38' 51"	38° 47' 44"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
106	21668	Sítio Ubaieira	Umarí	CE	6° 39' 14"	38° 47' 28"	Asbesto	ab	Não Explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#107	21669	Fazenda Baixa Grande	Baixio	CE	6° 41' 24"	38° 45' 45"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
108	21670	Sítio Baixio Grande I	Baixio	CE	6° 41' 3"	38° 46' 3"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
109	21671	Fazenda Baixa Grande	Pombal	CE	6° 41' 25"	38° 45' 45"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
110	21672	Sítio Baixio Grande li	Baixio	CE	6° 41' 41"	38° 45' 11"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
111	21673	Fazenda Xique-Xique	Baixio	CE	6° 41' 33"	38° 44' 48"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
112	21674	Sítio Cipriano	Lavras da Mangabeira	CE	6° 43' 15"	38° 53' 36"	Asbesto	ab	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
113	21675	Fazenda Bargado	Baixio	CE	6° 43' 18"	38° 42' 38"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
114	21676	Fazenda Ingá	Ipaumirim	CE	6° 46' 43"	38° 40' 40"	Asbesto	ab	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
115	21677	Sítio Macambira	Ipaumirim	CE	6° 47' 24"	38° 43' 44"	Asbesto	ab	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
116	21678	Fazenda Sossego	Ipaumirim	CE	6° 47' 45"	38° 38' 43"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
117	21679	Sítio Macacos	Bom Jesus	PB	6° 48' 3"	38° 36' 44"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
118	21680	Sítio Serragem	Cajazeiras	PB	6° 48' 22"	38° 34' 21"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
119	21681	Vila Felizardo	Aurora	CE	6° 51' 19"	38° 44' 40"	Asbesto	ab	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
120	21682	Sítio Passagem Funda	Lavras da Mangabeira	CE	6° 51' 20"	38° 58' 38"	Asbesto	ab	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
121	21683	Bordão Velho	Aurora	CE	6° 53' 45"	38° 53' 21"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
122	21684	Sítio Santa Bárbara	Aurora	CE	6° 55' 44"	38° 56' 31"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#123	21685	Sítio Cobra	Aurora	CE	6° 57' 54"	38° 51' 38"	Asbesto	ab	Não Explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
124	21686	Fazenda Boa Vista	Ipaumirim	CE	6° 49' 56"	38° 47' 17"	Talco	tal	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
125	21687	Sítio Jitirana	Aurora	CE	6° 52' 39"	38° 54' 31"	Talco	tal	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
126	21688	Fazenda Santa. Barbara	Aurora	CE	6° 56' 7"	38° 57' 20"	Talco	tal	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
127	21690	Sítio Prata	Icó	CE	6° 32' 11"	38° 47' 47"	Fluorita	F	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
128	21691	Sítio Prata	Icó	CE	6° 32' 38"	38° 47' 36"	Fluorita	F	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
129	21692	Riacho do Meio	Lavras da Mangabeira	CE	6° 43' 31"	38° 59' 27"	Grafita	gf	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
130	21693	Sítio Poço	Lavras da Mangabeira	CE	6° 46' 14"	38° 58' 35"	Grafita	gf	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
131	21694	Serra da Maturagem	Icó	CE	6° 31' 41"	38° 47' 34"	Amazonita	az	Garimpo	Ocorrência	Gemas
132	21695	Fazenda Sossego	Catolé do Rocha	PB	6° 25' 29"	37° 45' 45"	Ametista	amt	Garimpo	Ocorrência	Gemas
133	21697	Sítio Vinha	Cajazeirinhas	PB	6° 57' 35"	37° 49' 35"	Granada	gra	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
134	23846	Alto da Boa Vista li	Paulista	PB	6° 37' 28"	37° 38' 36"	Nióbio	Nb, Be	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
135	40984	Fazenda Tapera	Sousa	PB	6° 46' 58"	38° 6' 10"	Folhelho	fl	Mina	Depósito	Rochas e minerais industriais
136	41660	Sítio Tourão	Patú	RN	6° 0' 22"	37° 38' 2"	Granito	g-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
137	41662	Sítio Oiticica	Patú	RN	6° 5' 52"	37° 36' 30"	Granito	g-ro	Mina	Depósito	Material de uso na construção civil
138		Almino Afonso	Almino Afonso	RN	6° 9' 5"	37° 46' 7"	Pegmatito	pg-ro	Mina	Depósito	Material de uso na construção civil
139	49181	Sítio Mata da Onça	Riacho de Santana	RN	6° 16' 2"	38° 21' 58"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
140	49182	Garimpo do Doutor	Major Sales	RN	6° 24' 46"	38° 20' 22"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
141	49200	Sítio Baixio	Luis Gomes	RN	6° 26' 18"	38° 21' 41"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
142	49201	Garimpo Lagoa	Alexandria	RN	6° 21' 35"	38° 6' 46"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
143	49202	Garimpo do Jorge	Tenente Ananias	RN	6° 23' 11"	38° 7' 39"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
144	49204	Garimpo dos Sete Herdeiros	Tenente Ananias	RN	6° 23' 30"	38° 8' 18"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
145	49205	Garimpo Ananias	Tenente Ananias	RN	6° 23' 48"	38° 7' 55"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
146	49220	Garimpo Antonio Joaquim	Tenente Ananias	RN	6° 23' 57"	38° 8' 10"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
147	49221	Garimpo Gerimum	Tenente Ananias	RN	6° 25' 6"	38° 8' 8"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
148	49222	Garimpo Mangueira II	Tenente Ananias	RN	6° 25' 5"	38° 9' 23"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#149	49240	Garimpo Mangueira I	Tenente Ananias	RN	6° 25' 20"	38° 9' 32"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
150	49241	Garimpo dos Galdinos	Tenente Ananias	RN	6° 24' 35"	38° 9' 10"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
151	49242	Garimpo da Divisa	Tenente Ananias	RN	6° 25' 29"	38° 9' 42"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#152	49243	Garimpo Mina Velha	Tenente Ananias	RN	6° 25' 38"	38° 9' 58"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
153	49244	Garimpo Cedro Sul	Tenente Ananias	RN	6° 26' 0"	38° 10' 38"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#154	49245	Garimpo Nova descoberta	Tenente Ananias	RN	6° 25' 47"	38° 10' 2"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#155	49260	Garimpo do Talhado	Tenente Ananias	RN	6° 25' 47"	32° 10' 22"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
156	49261	Garimpo Rabo Gordo	Tenente Ananias	RN	6° 25' 59"	38° 9' 58"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#157	49262	Garimpo Mina do Meio	Tenente Ananias	RN	6° 25' 44"	38° 9' 58"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#158	49263	Cedro do Norte	Tenente Ananias	RN	6° 25' 43"	38° 10' 38"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
159	49264	Garimpo Farias	Tenente Ananias	RN	6° 27' 6"	38° 9' 42"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#160	49280	Sítio Pitombeira I	Paraná	RN	6° 25' 32"	38° 15' 43"	Esmeralda	esm	Não determinado	Indício	Gemas
161	49281	Sítio Pitombeira III	Paraná	RN	6° 25' 41"	38° 15' 58"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#162	49300	Sítio Pitombeira II	Paraná	RN	6° 25' 55"	38° 16' 8"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
163	49302	Sítio Caçimbas	Rafael Fernandes	RN	6° 10' 48"	38° 10' 18"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
164	49303	Cidade de Marcelino Vieira	Marcelino Vieira	RN	6° 17' 49"	38° 10' 1"	Esmeralda	esm	Não determinado	Indício	Gemas
165	49304	Povoado Panati	Marcelino Vieira	RN	6° 22' 52"	38° 13' 50"	Esmeralda	esm	Não determinado	Indício	Gemas
166	49305	Fazenda Albuquerque de Fora	Tenente Ananias	RN	6° 23' 21"	38° 13' 7"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
167	49306	Sítio Barro Seco	Tenente Ananias	RN	6° 24' 4"	38° 14' 9"	Esmeralda	esm	Não determinado	Indício	Gemas
168	49307	Garimpo Sítio Aroeira	Paraná	RN	6° 24' 57"	38° 15' 32"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
169	49403	Sítio Baliza	Pilões	RN	6° 17' 33"	30° 1' 17"	Ametista	amt	Garimpo	Ocorrência	Gemas
170	49405	Sítio Carnaubinha	Tenente Ananias	RN	6° 27' 17"	38° 7' 11"	Ametista	amt	Garimpo	Ocorrência	Gemas

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
171	49406	Sítio Bezerros	Tenente Ananias	RN	6° 28' 7"	38° 6' 46"	Ametista	amt	Garimpo	Ocorrência	Gemas
172	49707	Sítio Alto do Balanço	Antonio Martins	RN	6° 11' 6"	37° 52' 6"	Coríndon	cor	Não explotado	Ocorrência	Gemas
173		Vinagre	Messias Targino	RN	6° 8' 27"	37° 32' 10"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
174		Fazenda Monte Alegre	Jericó	PB	6° 33' 3"	37° 47' 1"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
175		Lagoinha	Paulista	PB	6° 39' 58"	37° 30' 2"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
176		Fazenda Serra do Negro	Vista Serrana	PB	6° 45' 17"	37° 32' 55"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
#177		Ipaumirim	Ipaumirim	CE	6° 47' 23"	38° 43' 43"	Asbesto	ab	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
178		Maturí	Janduis	RN	6° 3' 1"	37° 31' 13"	Tungstênio	W	Garimpo	Depósito	Metais ferrosos
179		Salobro	Messias Targino	RN	6° 5' 28"	37° 30' 16"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
180		Várzea Rachada	Messias Targino	RN	6° 5' 52"	37° 30' 24"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#181		Junco	Messias Targino	RN	6° 4' 33"	37° 31' 19"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
182		Fazenda Catolé	São José da Lagoa Tapada	PB	6° 58' 47"	38° 3' 40"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
183		Fazenda Lagoinha	São José da Lagoa Tapada	PB	6° 58' 0"	38° 4' 7"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
184		Sítio Várzea Nova	São Bento	PB	6° 26' 53"	37° 31' 47"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
185		Serrote das Cabras	Riacho do Cavalos	PB	6° 26' 37"	37° 40' 4"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
186		Fazenda Timbaúba	Bernadino Batista	PB	6° 28' 17"	38° 31' 18"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
187		Fazenda Nova	Santarém	PB	6° 27' 40"	38° 29' 4"	Berilo	bl	Garimpo	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
188		Baixio	Nazarezinho	PB	6° 52' 53"	38° 16' 33"	Ferro	Fe	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
189		Fazenda Monte Formoso	Brejo do Cruz	PB	6° 16' 11"	37° 33' 23"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
190		Fazenda Jenipapeiro	Catolé do Rocha	PB	6° 16' 47"	37° 39' 57"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
191		Pau do Leite	Catolé do Rocha	PB	6° 15' 57"	37° 37' 23"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
192		Dois Riachos	Catolé do Rocha	PB	6° 15' 53"	37° 38' 23"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
193		Fazenda Acará	Vista Serrana	PB	6° 48' 3"	37° 34' 16"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
194		Fazenda Várzea de Cima	Lastro	PB	6° 30' 5"	38° 9' 4"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
195		Bom Nome	Lastro	PB	6° 30' 20"	38° 9' 11"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
196		Fazenda Rachada	Malta	PB	6° 51' 57"	37° 31' 47"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
197		Fazenda Cartelo	Malta	PB	6° 47' 37"	37° 30' 37"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
198		Fazenda Curralinho	Paulista	PB	6° 35' 37"	37° 34' 23"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
199		Fazenda Jatobá	Pombal	PB	6° 40' 10"	37° 50' 33"	Tungstênio	W	Garimpo	Depósito	Metais ferrosos
200		Verdum	Pombal	PB	6° 43' 43"	38° 1' 17"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
201		Sítio Várzea Nova	São Bento	PB	6° 26' 4"	37° 31' 40"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
202		Sítio Várzea Nova	São Bento	PB	6° 25' 43"	37° 31' 53"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
203		Fazenda Picotes	São José de Espinharas	PB	6° 46' 7"	37° 31' 23"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
204		Fazenda Barroão	Baixio	CE	6° 43' 2"	38° 40' 27"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
205		Fazenda Baixio Grande	Baixio	CE	6° 42' 46"	38° 44' 15"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
206		Sítio Rancheiro	Lavras da Mangabeira	CE	6° 42' 54"	38° 59' 27"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
207		Sítio Guandú	Lavras da Mangabeira	CE	6° 45' 26"	38° 53' 9"	Berilo	bl	Não explotado	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
208		Fazenda Flores	Rafael Godeiro	RN	6° 1' 55"	37° 43' 40"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#209		Fazenda São Francisco III	Malta	PB	6° 49' 33"	37° 33' 53"	Tungstênio	W	Não explotado	Ocorrência	Metais ferrosos
#210		500 m a NW do Sítio Capoeira	São Bento do Pombal	PB	6° 49' 49"	37° 43' 24"	Granito	gr-bt	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
211		Fazenda São Francisco II	Malta	PB	6° 49' 17"	37° 34' 7"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
#212		Sítio Garimpo	Tenente Ananias	RN	6° 25' 34"	38° 9' 46"	Água Marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
213		Sítio Vale Verde	Cajazeiras	PB	6° 52' 28"	38° 37' 15"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
214		Sítio Jandaíra	Janduis	RN	6° 2' 1"	37° 30' 51"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
215		Várzea dos Picos	Messias Targino	RN	6° 1' 42"	37° 32' 42"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
216		Sítio Alívio	Almino Afonso	RN	6° 11' 2"	37° 45' 48"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#217	48802	Almino Afonso	Almino Afonso	RN	6° 9' 6"	37° 45' 55"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
218		Almino Afonso	Almino Afonso	RN	6° 9' 11"	37° 45' 32"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
219		Sítio Santana I	Riacho dos Cavalos	PB	6° 25' 47"	37° 40' 45"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#220		Serrote do Capuxu	São Bento do Pombal	PB	6° 49' 33"	37° 43' 43"	Granito	gr-bt	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
221		Timbaúba	Riacho do Cavalos	PB	6° 27' 56"	37° 44' 27"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
222		Várzea dos Calados	Lagoa	PB	6° 34' 38"	37° 48' 39"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
223		Várzea da Porta	Jericó	PB	6° 33' 15"	37° 49' 24"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
224		Alto dos Andrades	Jericó	PB	6° 33' 17"	37° 47' 28"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
#225		Sítio Pedra de Cal	Nazarezinho	PB	6° 58' 16"	38° 17' 11"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
226		Sítio Lagoas	Nazarezinho	PB	6° 58' 23"	38° 20' 11"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#227		Sítio Pitombeira V	Paraná	RN	6° 25' 59"	38° 16' 10"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#228		Sítio Salobro	Messias Targino	RN	6° 44' 38"	37° 30' 39"	Granito	gr-ro	Não Explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#229		Sítio Aroeira	Paraná	RN	6° 24' 58"	38° 15' 31"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas
230		Povoado de Carnaubinha	Tenente Ananias	RN	6° 23' 47"	38° 14' 57"	Esmeralda	esm	Não determinado	Indício	Gemas
#231		Sítio Boa Vista	Paraná	RN	6° 26' 20"	38° 16' 20"	Esmeralda	esm	Não determinado	Indício	Gemas
232		Carnaubinha	Paraná	RN	6° 26' 38"	38° 15' 59"	Esmeralda	esm	Garimpo	Ocorrência	Gemas

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#233		Várzea de Cima do Pedro	Lastro	PB	6° 30' 11"	38° 9' 12"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
234		Sítio José Vieira	Ipaumirim	CE	6° 48' 44"	38° 41' 3"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
235		Sítio Caatinga	Ipaumirim	CE	6° 49' 31"	38° 40' 31"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#236		Sítio Baixo Grande III	Baixio	CE	6° 42' 34"	38° 44' 26"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#237		Sítio Baixo Grande V	Baixio	CE	6° 41' 56"	38° 44' 33"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
238		Sítio Baixo Grande IV	Baixio	CE	6° 42' 15"	38° 44' 25"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#239		Sítio Baixo Grande VI	Baixio	CE	6° 41' 52"	38° 44' 39"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#240		Sítio Baixo Grande VII	Baixio	CE	6° 41' 50"	38° 44' 40"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#241		Baixio	Baixio	CE	6° 42' 34"	38° 44' 28"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#242	49203	Garimpo Zezinho	Tenente Ananias	RN	6° 23' 11"	38° 7' 40"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
243		Sítio Ingá	Ipaumirim	CE	6° 46' 46"	38° 38' 42"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
244		Sítio Ingá	Ipaumirim	CE	6° 47' 7"	38° 39' 20"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
245		Sítio Riacho Lagoinha	Corema	PB	6° 58' 21"	38° 2' 59"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
246		Sítio Maniçoba	Catolé do Rocha	PB	6° 21' 55"	37° 38' 52"	Urânio	U	Garimpo	Ocorrência	Recursos minerais energético
247		Sítio Cabaceiras	Lavras da Mangabeira	CE	6° 46' 38"	38° 49' 38"	Cobre	Cu	Não explorado	Ocorrência	Metais não ferrosos e semimetais
248		Sítio Santa Inês	Lavras da Mangabeira	CE	6° 45' 53"	38° 49' 47"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
249		Sítio Pitombeira II	Lavras da Mangabeira	CE	6° 41' 56"	38° 57' 12"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
250		Sítio Cobra	Aurora	CE	6° 57' 53"	38° 51' 41"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
251		Sítio Carnaubinha	Ipaumirim	CE	6° 50' 50"	38° 44' 36"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
252		Sítio Lagoa do Couro	Aurora	CE	6° 53' 35"	38° 53' 10"	Asbesto	ab	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
253		Sítio Boa Vista	Ipaumirim	CE	6° 50' 5"	38° 46' 38"	Ferro	Fe	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
254		Fazenda Água Branca	São José de Espinharas	PB	6° 44' 38"	37° 30' 39"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#255		Fazenda São Francisco	Vista Serrana	PB	6° 48' 25"	37° 34' 3"	Tungstênio	W	Não explorado	Ocorrência	Metais ferrosos
256		Fazenda Pedra D'Água	Rafael Godeiro	RN	6° 1' 44"	37° 44' 47"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
257		Fazenda Cacimba de Vaca	Lucrécia	RN	6° 8' 18"	37° 47' 54"	Mármore	mm	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
#258		Sítio Milagres	Almino Afonso	RN	6° 9' 31"	37° 45' 33"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#259		Salobro II	Messias Targino	RN	6° 16' 15"	37° 31' 24"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
260		Sítio dos Pintos	Messias Targino	RN	6° 5' 2"	37° 30' 49"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#261		Várzea Rachada	Messias Targino	RN	6° 5' 25"	37° 30' 9"	Mármore	mm	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#262		Várzea Rachada	Messias Targino	RN	6° 5' 31"	37° 30' 30"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
263		Várzea Rachada	Messias Targino	RN	6° 5' 32"	37° 30' 47"	Mármore	mm	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
264		Ladeira do Barro Branco (sede)	Martins	RN	6° 5' 22"	37° 54' 29"	Caulim	cli	Não explorado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
265		Pitombeira	Malta	PB	6° 51' 11"	37° 33' 40"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#266		Fazenda São Francisco II	Malta	PB	6° 49' 26"	37° 34' 12"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
267		Engenho Umarizeiro	Martins	RN	6° 5' 4"	37° 54' 2"	Caulim	cli	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#268		Dentro e Poções	Martins	RN	6° 5' 46"	37° 55' 24"	Caulim	cli	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
269		Sítio Sagüi	Sousa	PB	6° 43' 24"	38° 20' 16"	Petóleo	pl	Não explotado	Ocorrência	Recursos minerais energético
270		Sítio Sagüi	Sousa	PB	6° 43' 25"	38° 20' 11"	Petóleo	pl	Não explotado	Ocorrência	Recursos minerais energético
271		Fazenda Sanharó	Martins	RN	6° 1' 4"	37° 56' 6"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
272		4,5 Km W de Bom Princípio	Martins	RN	6° 0' 45"	37° 56' 24"	Calcita	cct	Garimpo	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
273		Sítio Picos	Martins	RN	6° 2' 57"	37° 54' 15"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
274		Sítio Jandáira	Almino Afonso	RN	6° 9' 57"	37° 45' 28"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
275		Sítio Burregos Assentados	Condado	PB	6° 58' 59"	37° 38' 44"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Rochas e minerais industriais
#276		2 km a S do Sítio Córrego Oiticica	Condado	PB	6° 51' 41"	37° 36' 13"	Amazonita	az	Não explotado	Ocorrência	Gemas
277		Sítio Poço I	Almino Afonso	RN	6° 6' 50"	37° 44' 45"	Pegmatito	pg-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#278		Messias Targino	Messias Targino	RN	6° 4' 28"	37° 30' 49"	Charnockito	ck-ro	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#279		Serrote do Junco	Messias Targino	RN	6° 3' 56"	37° 30' 50"	Granito	gr-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
280		Fazenda Três Cabeças	Catolé do Rocha	PB	6° 11' 58"	37° 43' 52"	Granito	gr-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
281		Sítio Boi Morto	Aparecida	PB	6° 45' 9"	38° 5' 8"	Leucogranito	gr-ro	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
282		Sítio Cacimbinha	São Francisco	PB	6° 39' 26"	38° 5' 52"	Gabro	gd-ro	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
283		Santa Cruz	Santa Cruz	PB	6° 32' 30"	38° 3' 43"	Gabro	gd-ro	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
284		Sítio Panatí	Santa Cruz	PB	6° 35' 15"	37° 59' 27"	Rocha calcissilicática	cs-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
285		Casa do Homem	São Francisco	PB	6° 32' 24"	38° 1' 18"	Granito	gr-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#286		Sítio Junco	Messias Targino	RN	6° 3' 55"	37° 30' 49"	Granito	gr-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
287		Sítio Junco	Messias Targino	RN	6° 4' 5"	37° 30' 40"	Charnockito	ck-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
288		Sítio Várzea da Onça	Messias Targino	RN	6° 3' 43"	37° 30' 46"	Granito	gr-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
289		Almino Afonso	Almino Afonso	RN	6° 9' 20"	37° 46' 3"	Rocha calcissilicática	cs-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
290		Sítio Pedras Emendadas	Umari	CE	6° 36' 4"	38° 50' 11"	Mármore	mm-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
291		Pitombeira	Paraná	RN	6° 26' 4"	38° 16' 6"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
#292		Divisa	Tenente Ananias	RN	6° 25' 21"	38° 9' 50"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
293		Garimpo do Talhado	Tenente Ananias	RN	6° 25' 56"	38° 10' 23"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
#294		Mina Velha	Tenente Ananias	RN	6° 25' 39"	38° 9' 49"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
295		Lagoa I e II	Tenente Ananias	RN	6° 21' 25"	38° 6' 32"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
296		Jerimum	Tenente Ananias	RN	6° 25' 9"	38° 11' 7"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
297		Alto dos Ananias	Tenente Ananias	RN	6° 23' 27"	38° 7' 55"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
298		Alto da Mangueira	Tenente Ananias	RN	6° 25' 18"	38° 9' 26"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
299		Aroeira	Paraná	RN	6° 24' 25"	38° 16' 19"	Feldspato	fd	Garimpo	Depósito	Rochas e minerais industriais
300		Sítio Maniçoba de Baixo	Catolé do Rocha	RN	6° 21' 27"	37° 38' 8"	Água marinha	ama	Garimpo	Ocorrência	Gemas
#312		Sítio Tipí	Aurora	CE	6° 58' 7"	38° 45' 34"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#302		Sítio Caicú	São José do Espinharas	PB	6° 44' 12"	37° 30' 41"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos

Nº ORDEM	CÓDIGO GEO-BANK	TOPONÍMIA	MUNICÍPIO	UF	LAT (S)	LON (W)	SUBSTÂNCIA	ABREV. SUBST.	STATUS ECONÔMICO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	CLASSE UTILITÁRIA
#303		Sítio Caicú	São José do Espinharas	PB	6° 43' 51"	37° 30' 38"	Tungstênio	W	Garimpo	Ocorrência	Metais ferrosos
#304		SE de Uiraúna	Uiraúna	PB	6° 34' 48"	38° 23' 11"	Amazonita	az	Não explotado	Ocorrência	Gemas
#305		Serra do Cipó (SE da Cidade de Uiraúna)	Uiraúna	PB	6° 34' 24"	38° 22' 48"	Amazonita	az	Não explotado	Ocorrência	Gemas
#306		400 m a SW do Sítio Várzea do Feijão)	Condado	PB	6° 48' 43"	37° 36' 53"	Amazonita	az	Não explotado	Ocorrência	Gemas
#307		5 km a NW de Bom Princípio	Viçosa	RN	6° 0' 4"	37° 56' 36"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#308		Sítio Alívio	Almino Afonso	RN	6° 11' 4"	37° 45' 50"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#309		800 m a NE de Almino Afonso	Almino Afonso	RN	6° 9' 2"	37° 45' 27"	Mármore	mm-ro	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#310		1,8 km a NE de Lagoa Nova	Martins	RN	6° 3' 21"	37° 55' 11"	Granito	gr-bt	Garimpo	Ocorrência	Material de uso na construção civil
#311		Norte da Cidade de Poço das Antas	Poço Dantas	PB	6° 24' 5"	38° 29' 50"	Mármore	mm	Não explotado	Ocorrência	Material de uso na construção civil

9. Hidrogeologia

9.1 INTRODUÇÃO

A área que engloba a Folha Sousa situa-se na região semi-árida do Nordeste brasileiro, caracterizada pela escassez de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Desta forma, torna-se a água um recurso estratégico e vital para o desenvolvimento sócio-econômico regional. O levantamento de informações hidrogeológicas que possibilitem o acréscimo do conhecimento sobre a forma de ocorrência, potencialidade, circulação e utilização das águas subterrâneas, contribuirá sobremaneira para o desenvolvimento e implantação de políticas gerenciais públicas capazes de prover ações que visem a melhoria da disponibilidade e oferta destes recursos para a população que habita esta região.

A metodologia utilizada para a caracterização hidrogeológica da Folha Sousa consistiu da aplicação dos conceitos de **Domínios Hidrogeológicos** desenvolvidos pela CPRM e da análise e uso das informações contidas no banco de dados do SIAGAS, sistema desenvolvido e gerenciado pela CPRM.

O texto referente à Bacia Sedimentar do Rio do Peixe baseia-se em trabalho (ainda inédito) realizado conjuntamente pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, e a Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, no âmbito de convênio firmado com a FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, dentro da linha de pesquisa aberta pelo MCT, visando o Estudo do Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro.

Considerando-se o ineditismo da abordagem efetuada no tema de caracterização hidrogeológica, certamente novos ajustes serão futuramente necessários.

9.2 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS REGIONAIS

A conceituação de *Províncias Hidrogeológicas*, ou seja, regiões que podem ser individualizadas em função de suas características geológicas e similaridades na ocorrência

de água subterrânea foi adotada quando da elaboração do Mapa Hidrogeológico do Brasil na escala 1:5.000.000 (CPRM/DNPM, 1981). A área que engloba a Folha está inserida na denominada Província Hidrogeológica do Escudo Oriental Nordeste, cujas características estão descritas no item 9.2.1.

A CPRM está elaborando o Mapa Hidrogeológico do Brasil ao milionésimo, com novas sugestões baseadas no avanço do conhecimento geológico e hidrogeológico. No ano de 2007 a CPRM lançou o Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, escala 1:2.500.000, e tendo por base a metodologia nele adotada, fez-se a caracterização hidrogeológica da Folha Sousa (item 9.2.2).

9.2.1 Províncias hidrogeológicas do Nordeste

A região Nordeste do Brasil está subdividida em quatro províncias hidrogeológicas (figura 9.1): Escudo Oriental Nordeste, São Francisco, Parnaíba e Costeira, caracterizadas conforme discriminado a seguir (CPRM, 2004):

- **Província do Escudo Oriental Nordeste** – constituída predominantemente de rochas cristalinas que apresentam em geral, um potencial hidrogeológico muito fraco. A baixa potencialidade está associada às condições de ocorrência e circulação das águas subterrâneas, que se agrava em função das características do clima semi-árido, acarretando a salinização elevada das águas. Nesta província ocorrem pequenas ilhas de rochas sedimentares isoladas, denominadas de Bacias Interiores, que por vezes possuem condições favoráveis de ocorrência de água subterrânea, tornando-se importantes fontes de recursos hídricos para a região.
- **Província do São Francisco** – caracteriza-se pelo predomínio de aquíferos restritos às zonas fraturadas dos quartzitos, metagrauvascas, metaconglomerados, calcários e dolomitos que ocorrem na região. Em geral, estes aquíferos, apresentam baixas a médias potencialidades que podem ser ampliadas quando ocorrem associados com rochas porosas do manto de intemperismo, ou a

calcários e dolomitos, onde a dissolução cárstica atua de forma mais marcante. Nesta província também estão enquadradas as coberturas formadas por sedimentos cenozóicos, de extensão regional, destacando-se a Bacia do Urucuia, que revela um excelente potencial de água subterrânea.

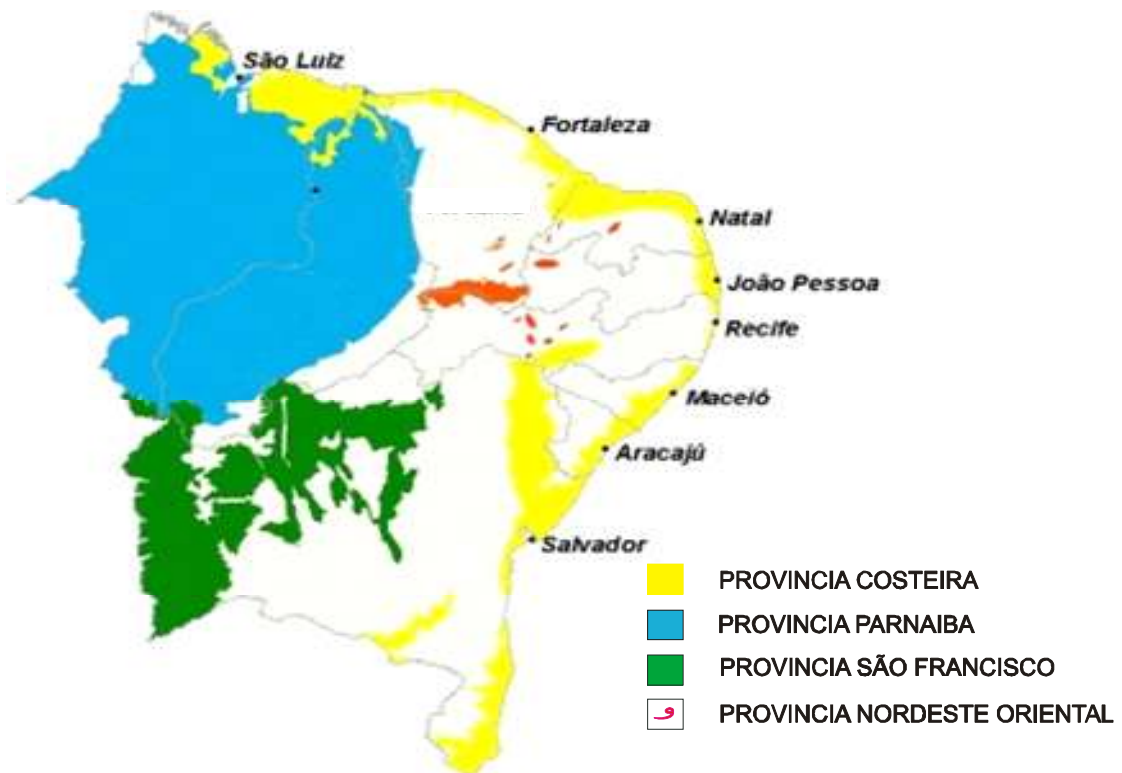


Figura 9.1 - Províncias hidrogeológicas do nordeste brasileiro (CPRM/DNPM, 1981).

- **Província do Parnaíba** – é representada pela Bacia Sedimentar do Parnaíba e constitui o maior potencial de água subterrânea do Nordeste. As formações geológicas apresentam-se conforme uma série alternada de camadas permeáveis e menos permeáveis, dando origem a sistemas aquíferos regionais, em condições hidráulicas livres e confinadas (por vezes surgentes). Os principais sistemas aquíferos, ordenados conforme sua importância de produção são: Cabeças, Serra Grande e Poti-Piauí. Outros aquíferos menos produtivos correspondem às Formações Motuca, Corda e Itapecurú.

- Província Costeira** – corresponde a extensa faixa litorânea do país, que se estende do Amapá até o Rio Grande do Sul, constituída por nove subprovíncias, das quais sete ocorrem na região Nordeste: Barreirinhas; Potiguar; Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte; Alagoas e Sergipe; Tucano, Recôncavo e Jatobá, e Litoral da Bahia. Em alguns trechos a província apresenta-se com penetrações para o interior, como observado nas áreas das subprovíncias Potiguar e Recôncavo-Tucano-Jatobá. Os clásticos inconsolidados ou fracamente consolidados, de idade cenozóica, constituem os principais aquíferos, em geral apresentando bons índices de potencialidade.

Na figura 9.2 é apresentada a localização das bacias sedimentares do nordeste brasileiro.



Figura 9.2 - Bacias sedimentares do nordeste brasileiro (CPRM, 2004).

9.2.2 Domínios e subdomínios hidrogeológicos

O Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos - escala 1:2.500.000 (CPRM, 2007) utilizou como metodologia para a conceituação de *Domínios Hidrogeológicos* - definidos individualmente como cada **grupo de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas** - a reclassificação das unidades geológicas do GISBRASIL (CPRM, 2001) e o enquadramento das mesmas nestes domínios.

Com base nestes parâmetros foram definidos sete domínios hidrogeológicos e as principais características, conforme descrição da CPRM, encontram-se resumidas a seguir:

Domínio 1 - Formações cenozóicas (aqüíferos porosos)

Domínio representado por depósitos relacionados temporalmente ao Paleógeno-Neógeno (aluviões, coluviões, depósitos eólicos, areias litorâneas, depósitos flúvio-lagunares, arenitos de praia, depósitos de leques aluviais, depósitos de pântanos e mangues, coberturas detríticas e detríticas-lateríticas diversas e coberturas residuais).

Estes depósitos estão representados por pacotes de rochas sedimentares de naturezas e espessuras diversas, recobrando as rochas mais antigas. Apresentam comportamento hidrogeológico de aqüíferos porosos, ou seja, possuem uma porosidade primária, em geral de elevada permeabilidade (nos terrenos arenosos). Dependendo da espessura e da razão areia/argila dessas unidades, podem ser produzidas vazões significativas nos poços neles perfurados.

Domínio 2 - Bacias sedimentares (aqüíferos porosos)

Corresponde ao domínio das Bacias Sedimentares, muitas vezes associadas a vulcanismo. Enquadram-se nesta unidade preferencialmente as bacias fanerozóicas onde os processos metamórficos não foram instalados. Em geral apresentam alta favorabilidade hidrogeológica, com boa capacidade de armazenamento de água subterrânea, constituindo importantes reservatórios, em decorrência da grande espessura de seus sedimentos e da alta porosidade/permeabilidade de grande parte de suas litologias.

Domínio 3 - Poroso / fissural (aqüíferos mistos)

Corresponde à maior parte das bacias proterozóicas de natureza detríticas e se caracterizam hidrogeologicamente por: além de se comportar como aqüífero granular - possuem porosidade primária - apresentam porosidade secundária relacionada a fendas e fraturas. Em razão da litificação acentuada, a forte compactação e do fraturamento de suas rochas, apresentam comportamento fissural. Este domínio hidrogeológico envolve pacotes sedimentares (sem ou com muito baixo grau metamórfico) onde ocorrem litologias essencialmente arenosas com pelitos e carbonatos, no geral subordinados.

Domínio 4 - Metassedimentos/metavulcânicas (aqüíferos fissurais)

Domínio relacionado aos metassedimentos/metavulcânicas que reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfibolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvas e metavulcânicas diversas. Corresponde ao denominado aqüífero fissural, caracterizado pela ocorrência apenas de uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Em geral as vazões produzidas são pequenas, e as águas, na maior parte das vezes, salinizadas.

Devido ao seu comportamento reológico distinto do cristalino tradicional (granitos e migmatitos, etc.), uma vez que apresentam estruturação e competência diferentes, permitem uma maior favorabilidade hidrogeológica, com um maior acúmulo e fornecimento de água.

Domínio 5 - Rochas vulcânicas (aqüíferos fissurais)

Este domínio reúne rochas vulcânicas e metavulcânicas de baixo grau, de natureza ácida a básica, com comportamento tipicamente fissural (porosidade secundária de fendas e fraturas). A estruturação acentuada da foliação e ou acamadamento permite também o desenvolvimento de uma porosidade primária, resultando em uma maior favorabilidade ao acúmulo de água subterrânea.

Domínio 6 - Rochas cristalinas (aqüíferos fissurais)

No cristalino, foram reunidos basicamente granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, rochas básicas e ultrabásicas. Estas rochas constituem tipicamente o denominado aqüífero fissural, onde a ocorrência de água subterrânea está subordinada à presença de fendas e fraturas, constituindo uma porosidade secundária, o que se traduz pela presença de reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e do tipo de rocha, é na maior parte das vezes salinizada.

Domínio 7 - Carbonatos/metacarbonatos (aqüíferos cársticos)

Correspondem aos sistemas aqüíferos desenvolvidos em rochas carbonáticas e metacarbonáticas que possuem como característica principal, a constante presença de formas de dissoluções cársticas, que associadas a fraturas e outras superfícies de discontinuidades, alargadas por processos de dissolução pela água, propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, que permite acumulação de água em volumes consideráveis.

9.3 DOMÍNIOS E SUBDOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS DA FOLHA SOUSA

Obedecendo à metodologia anteriormente citada (CPRM, 2007), na Folha Sousa foram individualizados quatro domínios hidrogeológicos, mostrados na figura 9.3.

9.3.1 Domínio hidrogeológico 1

9.3.1.1 Domínio 1 (Fcal) - Subdomínio 1a1 - Aluviões (N34a)

Correspondem a depósitos aluvionares e de terraços compostos de cascalhos, argila e de areia. Distribuem-se ao longo dos principais rios da região como os rios Jaguaribe, Salgado, Piancó, Peixe e seus principais tributários representados pelos riachos Comissário, São Vicente, Serrote Pelado, Zé Dias, Mucunte, Capim Punho e Cajazeiras.

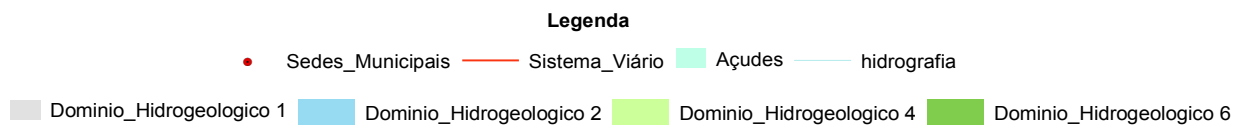
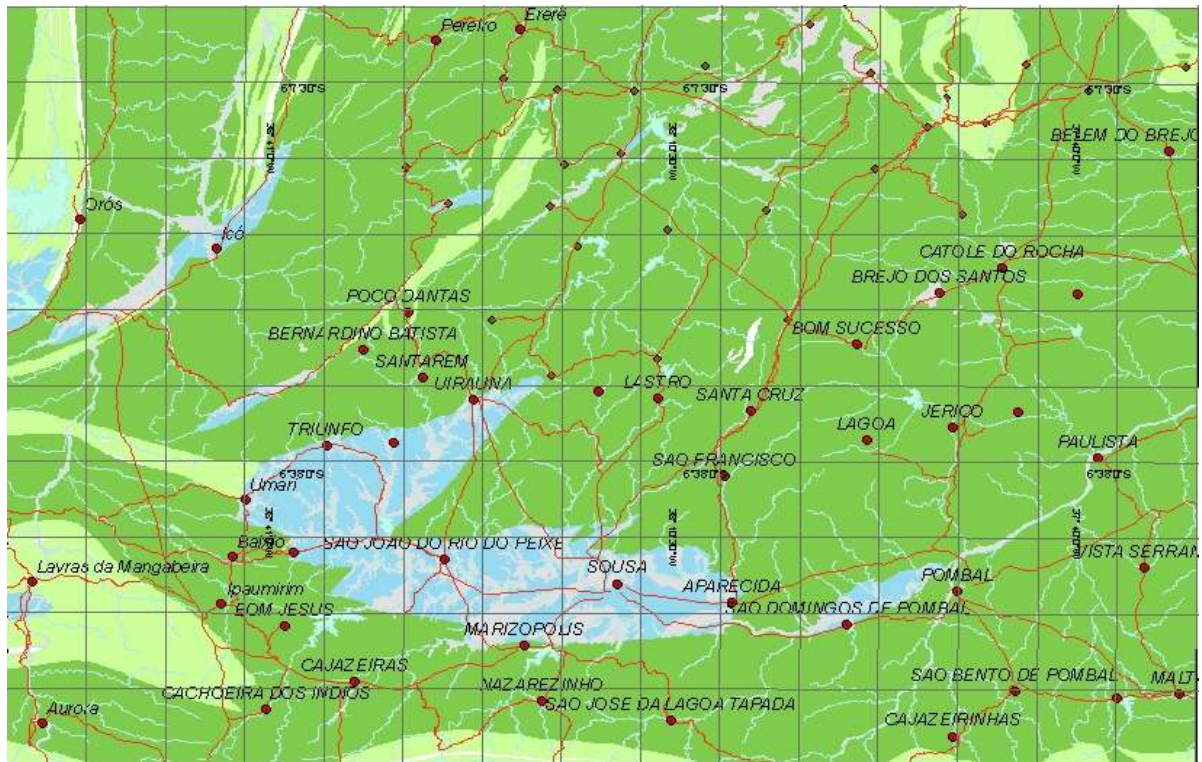


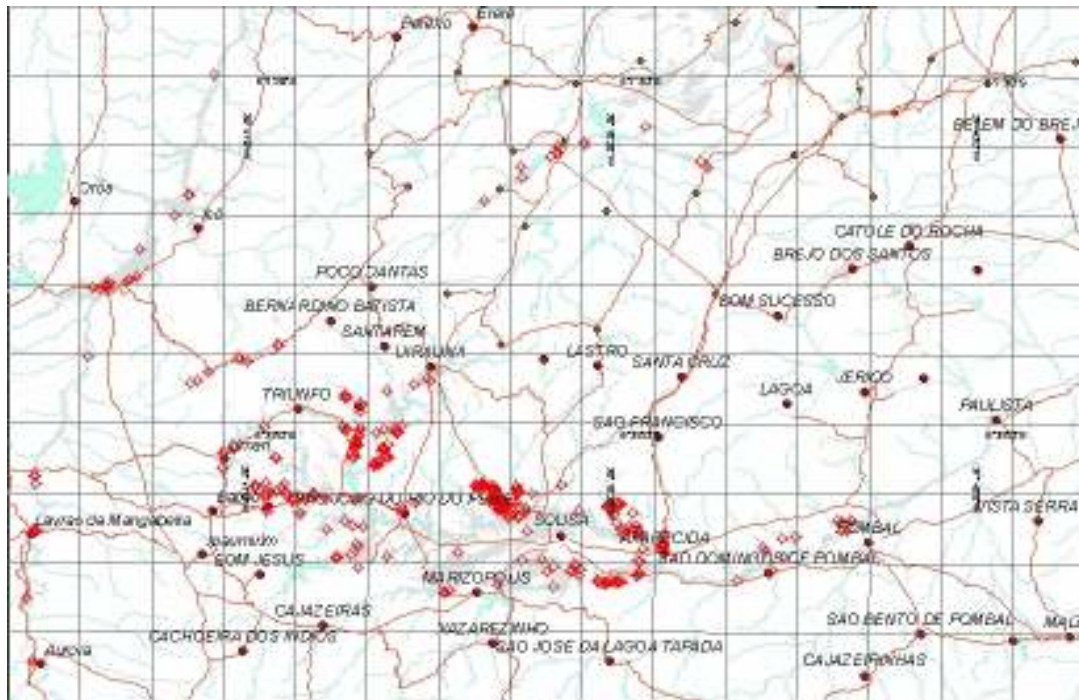
Figura 9.3 - Domínios Hidrogeológicos da Folha Sousa. Domínio Hidrogeológico 1 = aluviões, coberturas arenosas e Formação Serra do Martins; Domínio Hidrogeológico 2 = bacias sedimentares de Coronel João Pessoa, Pau dos Ferros, Lavras da Mangabeira, Icozinho, Rio do Peixe, Icó e Lima Campos; Domínio Hidrogeológico 4 = metassedimentares e vulcânicas; Domínio Hidrogeológico 6 = rochas cristalinas diversas.

Estas aluviões podem ser bastante extensas superficialmente (foto 9.1), em regiões de fraco relevo, favorecendo a formação de planícies de inundação, como se constata nas bacias do Rio do Peixe e Riacho São Lourenço, ou estreitas e rasas quando recobrem as rochas cristalinas. Formam aquíferos livres de potencialidade baixa a média, dependendo do teor de areia em seus depósitos.

Na figura 9.4 estão localizados todos os poços tubulares e amazonas (foto 9.2) cadastrados pelo SIAGAS - banco de dados gerenciado pela CPRM - situados neste domínio hidrogeológico. Na figura também são mostrados, além dos poços situados nas aluviões, aqueles posicionados nas coberturas arenosas e na região de afloramento da Formação Serra do Martins.



Foto 9.1 - DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO 1 - Poço amazonas em coberturas eluvionares (N23c), localizado nas proximidades de uma extensa planície de inundação. São João do Rio do Peixe(PB).



Legenda

- Sedes_Municipais
- Sistema_Viário
- Açudes
- hidrografia
- Domínio_Hidrogeologico 1
- ◇ Pontos d'água dominio 1

Figura 9.4 - Pontos d'água cadastrados pelo SIAGAS, situados no Domínio Hidrológico 1.



Foto 9.2 - DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO 1 - Bateria de poços amazonas captando água em aluviões (N34a) que abastecem a sede municipal de Umari (CE).

A maioria destes pontos d'água (384), apesar de situados geograficamente sobre as áreas de ocorrência das aluviões (N34a), captam os aquíferos subjacentes, e assim foram cadastrados 17 poços, entre amazonas e escavados (fotos 9.1 e 9.2), que exploram somente este tipo de aquífero. A profundidade média é de 7 metros e a condutividade elétrica média alcança 438 μS .

Os valores extremos são 10.260 μS , medido no sítio Canto (Umari-CE) e 1.455 μS , na sede do município de Santa Helena (PB).

Estas águas são utilizadas principalmente no abastecimento doméstico, seguido de abastecimento animal e pequenas irrigações.

9.3.1.2 Domínio 1 (Fci) - Subdomínio 1i - Coberturas arenosas (N23c).

Correspondem a depósitos colúvio-eluviais constituídos de cascalhos, argilas associadas e arenitos esbranquiçados que afloram nas cercanias das serras do Martins e Portalegre (RN), ocupando as regiões de mais baixas altitudes, e aos depósitos de argilas avermelhadas, que podem atingir até 20 m de espessura, localizadas em pequenas áreas situadas no denominado batólito granítico de Catolé do Rocha (PB). Não apresentam importância hidrogeológica relevante, apresentando baixas potencialidades.

Apenas dois poços, um amazonas e um tubular, foram cadastrados na Folha Sousa pelo SIAGAS, não contando com informações de condutividade elétrica e de vazão de exploração.

9.3.1.3 Domínio1 (Fcb) - Subdomínio 1b - Formação Serra do Martins (ENsm)

A cobertura Serra do Martins, localizada na porção norte da Folha Sousa, aflora nas denominadas Serra do Martins e Portalegre e em suas adjacências, formando chapadas com altitudes situadas entre 650 metros a 750 metros. Está formada litologicamente por sedimentos da Formação Serra do Martins, descritos no capítulo 3.

Apesar da constituição litológica da Formação Serra do Martins, com predominância de arenitos médios a conglomeráticos em todo o perfil, aparentemente configurando a ocorrência de bons reservatórios de água subterrânea, a falta de estudos hidrogeológicos mais detalhados, necessários para a caracterização regional, provoca o seu enquadramento na classe de baixa potencialidade hídrica. Na Folha Sousa foram cadastrados 11 poços tubulares captando águas desta formação. A profundidade média encontrada foi de 60 metros, com valor médio de condutividade elétrica de 380 μ S. Na maioria, encontram-se equipados com bombas submersas, sendo utilizados no abastecimento doméstico e animal.

9.3.2 - Domínio hidrogeológico 2

9.3.2.1 Domínio hidrogeológico 2 (BcRP) - Subdomínio 2RP - Bacias tipo Rio do Peixe

A) Bacia Coronel João Pessoa

Bacia localizada na porção sudoeste do Estado do Rio Grande do Norte, tem uma área de 16 km², totalmente inserida no município de Coronel João Pessoa (RN). Encontra-se encaixada numa depressão tectônica, litologicamente constituída pela Formação Antenor Navarro, de idade cretácea (capítulo 3).

Apesar da inexistência de estudos mais detalhados e dos poucos dados de poços existentes na área, quer seja com relação à profundidade dos mesmos, ou às características físico-químicas das águas, a Formação Antenor Navarro configura-se regionalmente como aquífero de alta potencialidade hidrogeológica.

A exploração nesta bacia ainda é bastante incipiente e foram cadastrados apenas dez pontos d'água, dos quais cinco são poços tubulares e cinco amazonas, todos particulares. Os poços tubulares possuem, como média, uma profundidade de 50 metros, e uma vazão (informada) de 27 m³/h.

B) Bacia Rafael Fernandes (Bacia Pau dos Ferros)

A Bacia Rafael Fernandes, anteriormente denominada de Pau dos Ferros, ocupa uma área de 12 km², localizada na porção centro-norte da folha em estudo, onde foram cartografados litotipos da Formação Antenor Navarro (capítulo 3).

Nesta área a Formação Antenor Navarro foi considerada como constituindo um aquífero de boa a média potencialidade hidrogeológica, apesar da inexistência de estudos hidrogeológicos detalhados e de dados de poços. Um poço foi cadastrado pelo SIAGAS, localizado na sede do município de Rafael Fernandes (RN), apresentando profundidade de 52 metros e alta condutividade elétrica (4080 µS).

A confirmação ou não da Formação Antenor Navarro abaixo das coberturas coluvionares (N23c) que ocorrem nas proximidades desta bacia poderá, com uma avaliação hidrogeológica detalhada, determinar estimativas de potencialidades hidrogeológicas mais precisas para esta região.

C) Bacia Riacho São Lourenço (Bacia Lavras da Mangabeira)

A Bacia Lavras da Mangabeira foi designada, no mapeamento da Folha Sousa, como Bacia Riacho São Lourenço (Cavalcante et al., 2003, vide capítulo 3). É constituída, no âmbito da Folha Sousa, pelas formações Iboperi e Serrote do Limoeiro, e juntas ocupam 56 km², e estão descritas no capítulo 3.

As rochas sedimentares representadas pelas Formações Serrote do Limoeiro e Iborepi (Jurássico Superior) representam na região um domínio hidrogeológico potencialmente promissor para a ocorrência de água subterrânea. Entretanto, em razão da restrita área de ocorrência, decrescem em importância, sendo classificadas como de potencialidade média a baixa.

No banco de dados do SIAGAS foram identificados 10 poços tubulares com profundidade média de 50 metros e valores de condutividade elétrica da ordem de 700 µS. Na localidade de Logradouro, situada no município de Lavras da Mangabeira, foi perfurado pela CAGECE um poço

de 155 metros de profundidade, não se conhecendo os dados litológicos ou de produtividade. A condutividade elétrica foi de 998 μS .

D) Bacias de Iguatu (Icó e Lima Campos)

Na região sudeste do Ceará existe um conjunto de quatro pequenas bacias (Iguatu, Malhada Vermelha, Lima Campos e Icó) situadas entre os municípios de Iguatu e Icó (CE), ocupando uma área aproximada de 1.000 km^2 (figura 9.5). Na região da Folha Sousa, engloba toda a Bacia de Icó e apenas um segmento da Bacia de Lima Campos (figuras 3.6 e 9.5). A Bacia de Icó é constituída por sedimentos da Formação Icó, a Bacia Lima Campos é composta por litotipos da Formação Rio Piranhas (capítulo 3).

Do ponto de vista hidrogeológico podem ser definidos dois sistemas aquíferos para estas duas bacias: um, do tipo livre a semi-confinado, quando sobrepostos pelas unidades superiores, correspondendo ao sistema Icó e outro, com comportamento de aquífero livre associado a Formação Lima Campos.

De acordo com o Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará (CPRM, 2000) na região existem 237 poços tubulares. A maioria desses poços (109) tem profundidades variando entre 56 metros e 87 metros, com valor máximo de 173 metros; com vazões que variam entre 0,1 m^3/h a 3 m^3/h . Na área da Folha Sousa foram identificados no SIAGAS apenas 10 poços tubulares. A profundidade média medida foi de 56 metros, enquanto o valor médio da condutividade foi de 1800 μS , bastante alto para uma área sedimentar.

Segundo a CPRM (2004), *a exploração destas bacias ainda pode ser considerada como pequena em virtude da grande oferta hídrica da região, materializada pelo lago do açude Orós e pela excelente potencialidade das aluviões do vale do Rio Jaguaribe. Não existem informações do comportamento das formações geológicas como aquífero além dos 100 metros de profundidade. Nunca foi perfurado um poço estratigráfico na bacia e as informações referentes a sua profundidade e litologias das formações em subsuperfície são estimadas a partir de levantamentos geofísicos.*

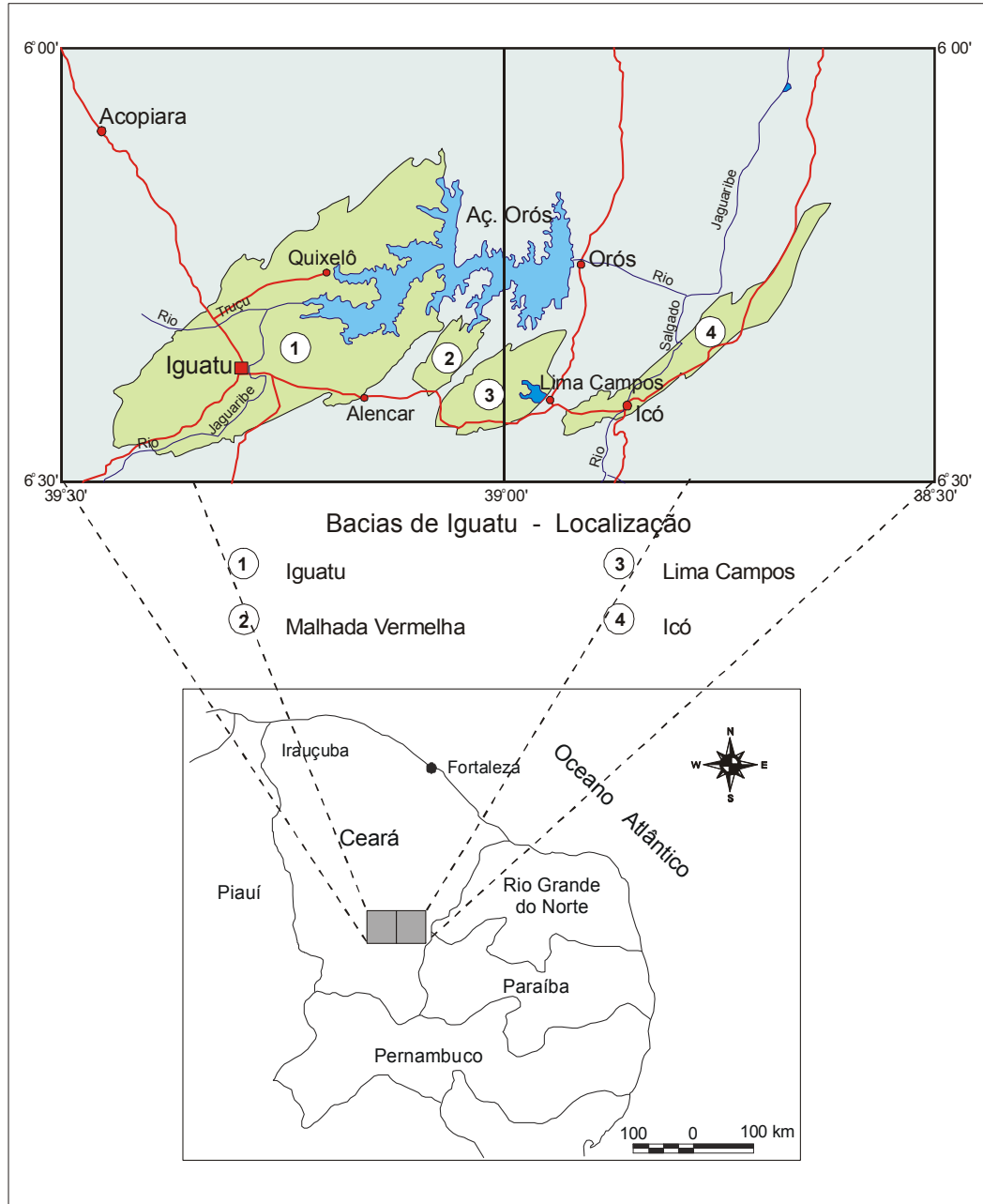


Figura 9.5 - Localização das bacias Lima Campos (3) e Icó (4) na Folha Sousa (CPRM, 2004).

E) Bacia Icozinho

A Bacia de Icozinho, localizada na porção centro-oeste da Folha Sousa (figura 3.6), encontra-se encaixada em uma depressão tectônica, ladeada por escarpas de falha, formando um vale de cerca de 100 km². Está preenchida por sedimentos da Formação Antenor Navarro, conforme ressaltado no capítulo 3.

Apesar de nela não ter sido observado a existência de poços tubulares, em razão dos aspectos litológicos, a mesma foi enquadrada no domínio de alta potencialidade e possível favorabilidade de exploração de água subterrânea.

F) Bacia Rio do Peixe

A Bacia do Rio do Peixe, localizada na porção noroeste do Estado da Paraíba, e em uma pequena porção do Estado do Ceará (figura 9.6), possui uma área de 1.727 km², englobando dezesseis municípios, entre os quais se destacam as cidades de Pombal, São Domingos, Aparecida, Sousa, Marizópolis, São João do Rio do Peixe, Triunfo, Santa Helena, Poço José de Moura, localizados no Estado da Paraíba e Umari, situada no Ceará.

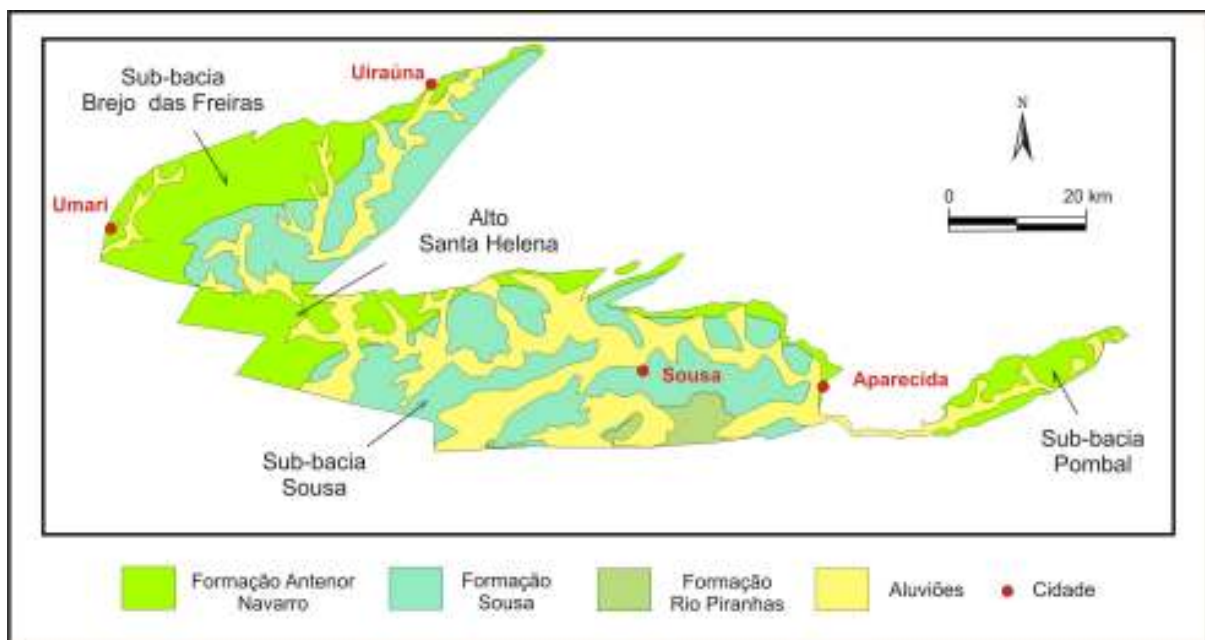


Figura 9.6 - Esboço geológico da Bacia do Rio do Peixe e sua compartimentação tectônica.

Os litotipos desta bacia compõem o Grupo Rio do Peixe (Cretáceo Inferior), sendo constituído pelas formações Antenor Navarro (inferior), Sousa (intermediária) e Rio Piranhas (superior), os quais são parcialmente encobertos por sedimentos aluvionares neógenos (capítulo 3 e figura 9.6).

Principais aquíferos

Albuquerque et al. (apud CPRM/UFCG, 2007) definem para a Bacia do Rio do Peixe quatro níveis aquíferos, quais sejam;

- ✓ o inferior, basal, denominado Antenor Navarro (foto 9.3), contido na formação geológica homônima, sendo limitado, na base, pelas rochas metamórficas e ígneas impermeáveis que compõem o chamado Complexo Cristalino Pré-Cambriano do Nordeste do Brasil; e no topo, pelos argilitos, folhelhos e siltitos constituintes da Formação Sousa, impermeáveis ou, localmente, semi-impermeáveis;
- ✓ o intermediário, correspondente aos níveis areníticos, portadores de água, que encontram-se intercalados na Formação Sousa (foto 9.4);
- ✓ o terceiro aquífero, denominado Rio Piranhas, na formação de mesmo nome, limitado na base pela Formação Sousa, impermeável, e no topo pela superfície hidrostática regional, definida pelo lugar geométrico dos pontos de pressões atmosféricas locais;
- ✓ O aquífero mais superior corresponde ao denominado aquífero aluvial, que recobre, em boa parte da área, as formações Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas.

Hidraulicamente, os subsistemas aquíferos livres (formados pelas zonas de recarga dos horizontes aquíferos Antenor Navarro e Sousa mais os aquíferos Aluvial e Rio Piranhas) e o confinado (constituído pelas áreas em carga dos aquíferos Antenor Navarro e Sousa) estão interconectados. Desta conexão resulta, ao final de todas estas trocas de águas, a superfície hidrostática regional, refletida nos níveis monitorados e na superfície de rios e riachos da bacia, linhas de fluxo que são das águas subterrâneas.



Foto 9.3 - DOMINIO HIDROGEOLOGICO 2 - Bacia do Rio do Peixe. Poço tubular equipado com bomba injetora captando o aquífero livre Antenor Navarro. Sub-bacia de Pombal.



Foto 9.4 - DOMINIO HIDROGEOLOGICO 2 - Bacia do Rio do Peixe. Poço tubular perfurado no Aquífero Sousa Superior que constatou a presença de óleo. Localidade de Lagoa das Estrelas, Sousa (PB).

Hidroquímica

Durante as campanhas de campo foram coletadas amostras d'água de 112 poços distribuídos nas três formações geológicas e nas aluviões que constituem a bacia sedimentar, para análise dos parâmetros físicos e químicos de qualidade da água.

Os parâmetros analisados foram aqueles mais frequentemente utilizados para definição de aspectos de potabilidade de água, além de outros destinados a uso específico em irrigação: pH, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (STD), cátions – Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e ânions – Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$. Analisou-se ainda a dureza, alcalinidade, série nitrogenada, fósforo total e ferro. Os parâmetros bacteriológicos foram coliformes totais e *Escherichia coli*, usando-se o método de substrato definido ou método cromogênico (MUG-COLILERT/IDEXX). Os procedimentos analíticos foram os adotados pela APHA (1998).

O mapa da figura 9.7 mostra a distribuição espacial dos poços amostrados na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe ao longo de todo o período de estudo (agosto de 2005 a fevereiro de 2007). Observa-se que os mesmos se distribuem em toda a extensão da bacia, nas diferentes formações geológicas.

Na figura 9.8 é apresentado o diagrama de Piper mostrando a distribuição dos íons predominantes no total dos poços, nas quatro formações geológicas. Este diagrama é usado para classificar e comparar distintos grupos de qualidade de águas em relação aos íons predominantes.

Na figura 9.9 se apresenta o diagrama de Riverside-USLL, que mostra a distribuição dos poços em função da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) versus a condutividade elétrica, fornecendo o risco de salinização dos solos quando irrigados.

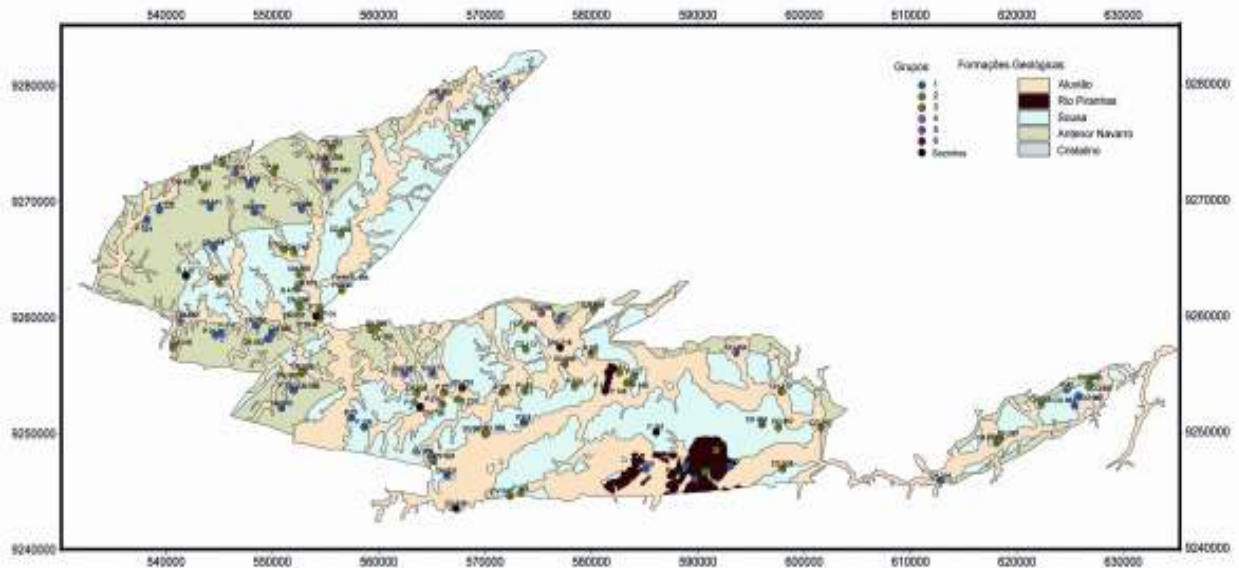


Figura 9.7 - Distribuição espacial dos poços amostrados no período de agosto de 2005 a fevereiro de 2007, nas diferentes formações geológicas da Bacia do Rio do Peixe.

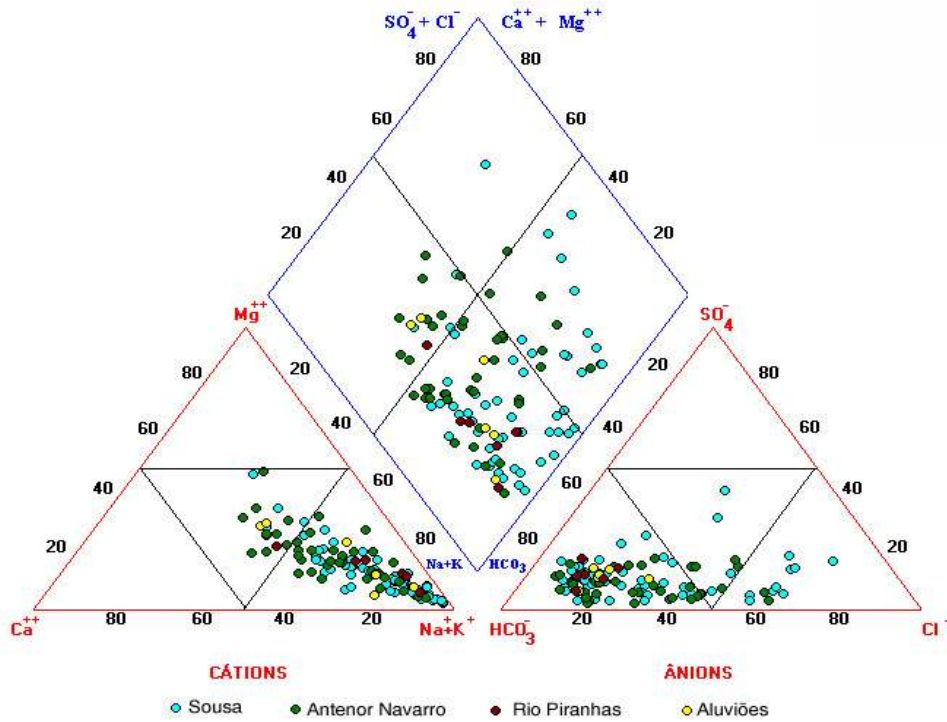


Figura 9.8 - Diagrama de Piper. Íons predominantes nas águas subterrâneas das quatro formações geológicas da Bacia do Rio do Peixe.

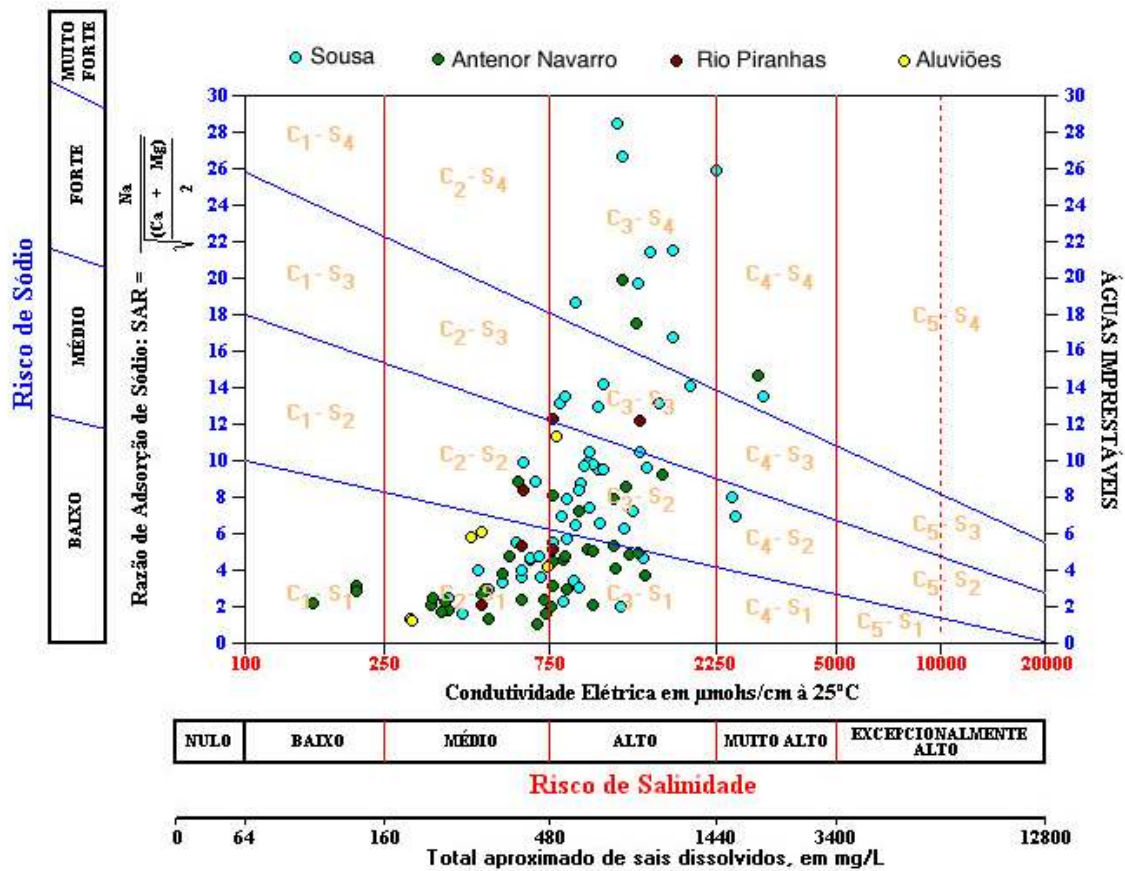


Figura 9.9 - Distribuição dos 111 poços amostrados no Diagrama de Riverside - USLL, indicando o risco de salinidade e o risco de sódio de suas águas, se usadas para irrigação.

A maioria das águas subterrâneas apresentou risco de salinidade dos solos entre médio a alto, enquanto o risco de sodicidade se situou entre baixo e médio, predominando as classificações C₃-S₁ até C₃-S₄. Amostras de água com riscos de sódio forte e muito forte, e riscos de salinidade entre alto e muito alto (C₄-S₁ até C₄-S₄) foram relativamente escassas (18%), sendo que destes, 13,5% são oriundas da Formação Sousa. As classes C₁-S₁ (baixo risco de sódio e de salinidade) se concentraram na Formação Antenor Navarro (apenas três poços) e as classes C₂-S₁ e C₂-S₂ (baixo risco de sódio e médio de salinidade) foram observadas nas águas de poços nas aluviões, na Formação Antenor Navarro e algumas na Formação Sousa.

As figuras 9.10 e 9.11 mostram a regionalização espacial das concentrações de parâmetros químicos das águas na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

As principais características obtidas a partir da análise destas figuras são:

- ✓ O pH é bastante elevado na maior parte da bacia, com valores levemente menores sobre a Formação Antenor Navarro;

- ✓ A condutividade elétrica se manteve elevada e crescente em direção à parte norte da sub-bacia de Sousa, onde se concentra a zona petrolífera. Os SDT seguem a mesma tendência, assim como os teores de sulfato;

- ✓ O sódio e o cloreto são mais elevados na sub-bacia de Sousa e menores na sub-bacia Triunfo-Brejo das Freiras;

- ✓ A dureza parece estar associada ao íon magnésio, com os valores mais altos situados na sub-bacia de Sousa, não mostrando o mesmo comportamento nas litologias das formações Sousa e Antenor Navarro, nas sub-bacia de Triunfo-Brejo das Freiras.

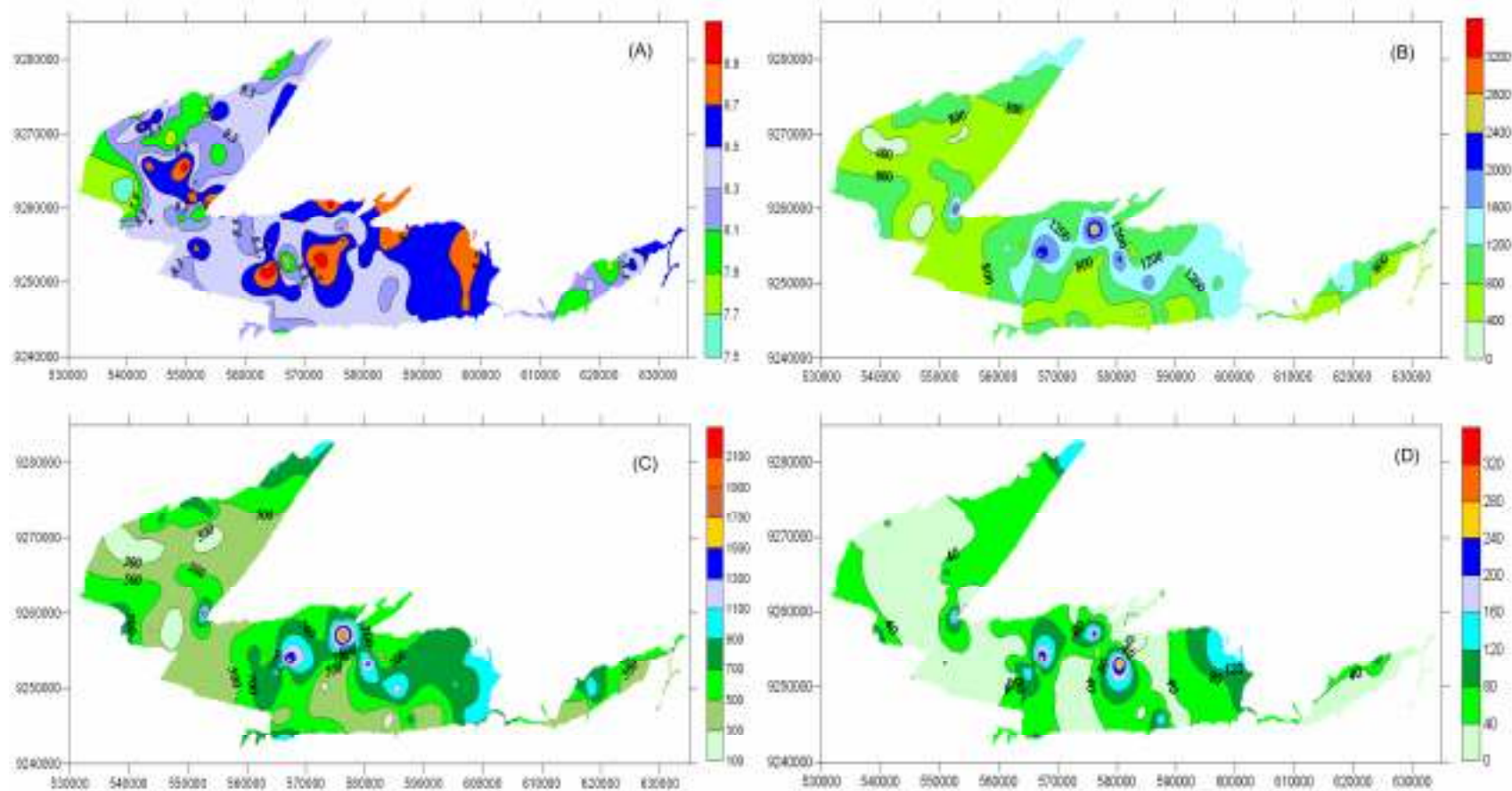


Figura 9.10 - Mapas de distribuição espacial dos parâmetros: (A) pH; (B) condutividade elétrica (μS); (C) SDT (mg/l) e (D) Sulfato (mg/l), na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

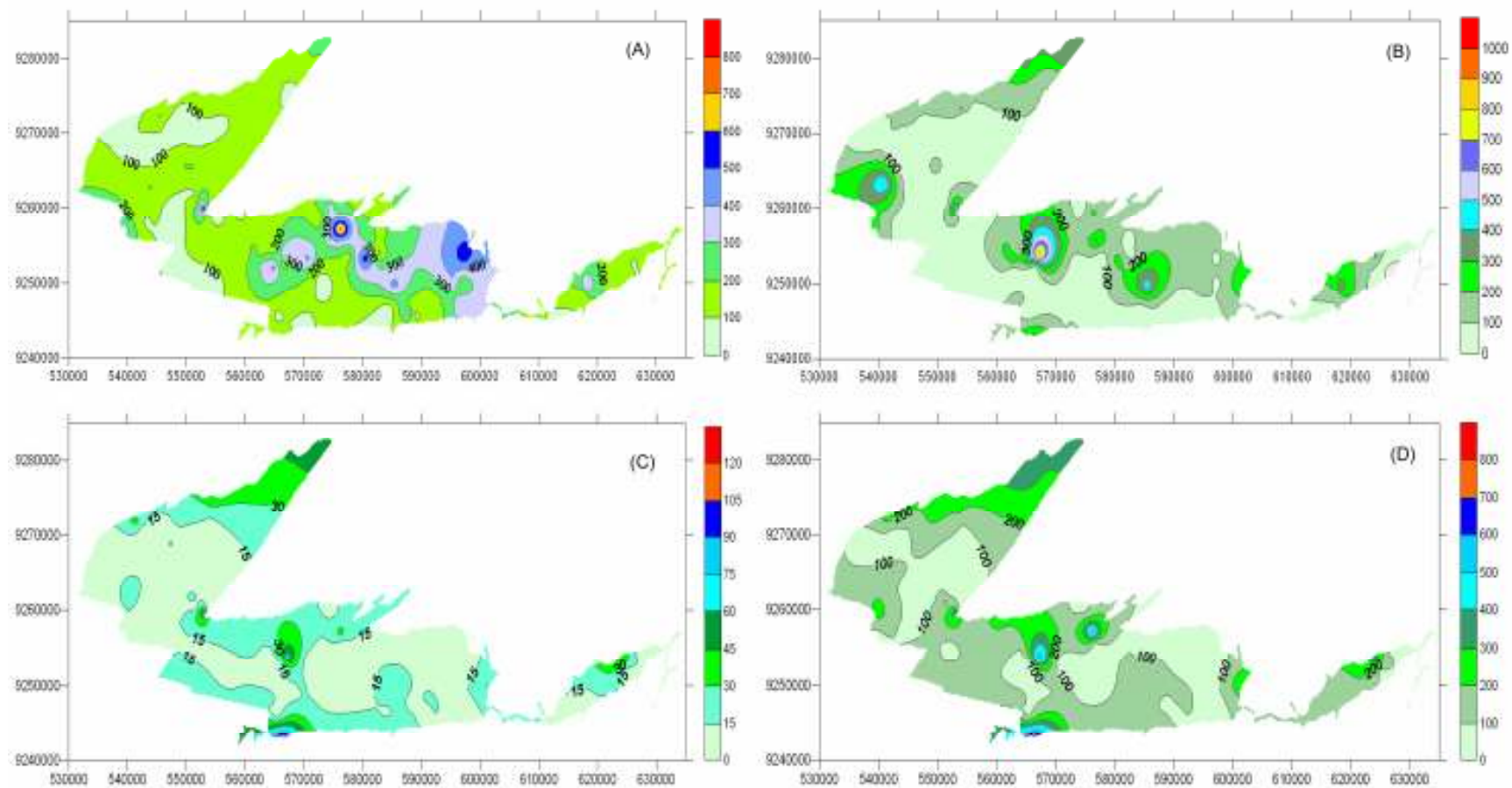


Figura 9.11 - Mapas de distribuição espacial dos parâmetros: (A) Sódio (mg/l); (B) Cloreto (mg/l); (C) Magnésio (mg/l) e (D) Dureza (mg/l), na Bacia Sedimentar do Rio do Peixe.

Potenciometria

Foram inventariados 328 poços tubulares, dentro do universo de 2460 poços existentes na Bacia do Rio do Peixe. Depois de refinados seus dados, os 328 poços foram reduzidos a 150, utilizados para o monitoramento potenciométrico e qualitativo durante a execução do projeto. Foram realizadas sete campanhas de monitoramento nestes poços, incluindo amazonas e tubulares, nos períodos discriminados na tabela 9.1.

Tabela 9.1 - Dados das campanhas de monitoramento

Campanha	Equipe responsável	Número de pontos coletados	Poços Amazonas	Poços tubulares
Agosto 2005	CPRM	71	0	71
Novembro 2005	CPRM	95	23	72
Mai 2006	CPRM/UFCG	88	12	76
Agosto 2006	UFCG	133	22	111
Novembro 2006	UFCG	145	29	116
Fevereiro 2007	UFCG	150	33	117
Mai 2007	UFCG	146	32	114

As medições de níveis hidrostáticos nos poços selecionados, serviram para a confecção de mapas potenciométricos, nos quais se obteve importantes informações relativas ao comportamento hidráulico do Sistema Rio do Peixe. Vale salientar, neste contexto, o trabalho pioneiro de Albuquerque (1986), que elaborou um mapa piezométrico que representa o escoamento subterrâneo da bacia, à época.

Os níveis d água nos poços tubulares da bacia, medidos nas sete campanhas de campo realizadas ao longo dos anos de 2005 até 2007, foram utilizados para confeccionar os mapas potenciométricos, mostrados nas figuras 9.12 a 9.17, a seguir.

Nestas figuras as isolinhas foram traçadas com intervalo de carga hidráulica $\Delta h = 5$ metros. Nestes mapas pode-se observar que o sentido geral do fluxo subterrâneo é de Oeste para Leste, e que existe em todos os mapas um fluxo lateral de entrada no contorno ao lado montanhoso de Oeste.

Em geral, pode-se dizer ao se observar as posições das isopiezas principais, que os mapas potenciométricos e, portanto, as redes de fluxo, se alteram pouco durante os dois anos de levantamento no campo.

Mesmo nos períodos de chuva, entre novembro de 2005 a maio de 2006 e novembro de 2006 a maio de 2007, quando normalmente ocorrem as recargas do aquífero, o efeito destas recargas, medido nos poços tubulares da bacia, não é detectável com plena clareza, em um exame menos minucioso dos mapas potenciométricos.

As variações entre as linhas potenciométricas nos diversos mapas sofrem também grande influência da seleção dos poços observados nas respectivas campanhas, havendo uma variação tanto no número dos poços medidos, quanto dos poços selecionados, de campanha para campanha. Apenas 21 poços foram medidos continuamente nas sete campanhas.

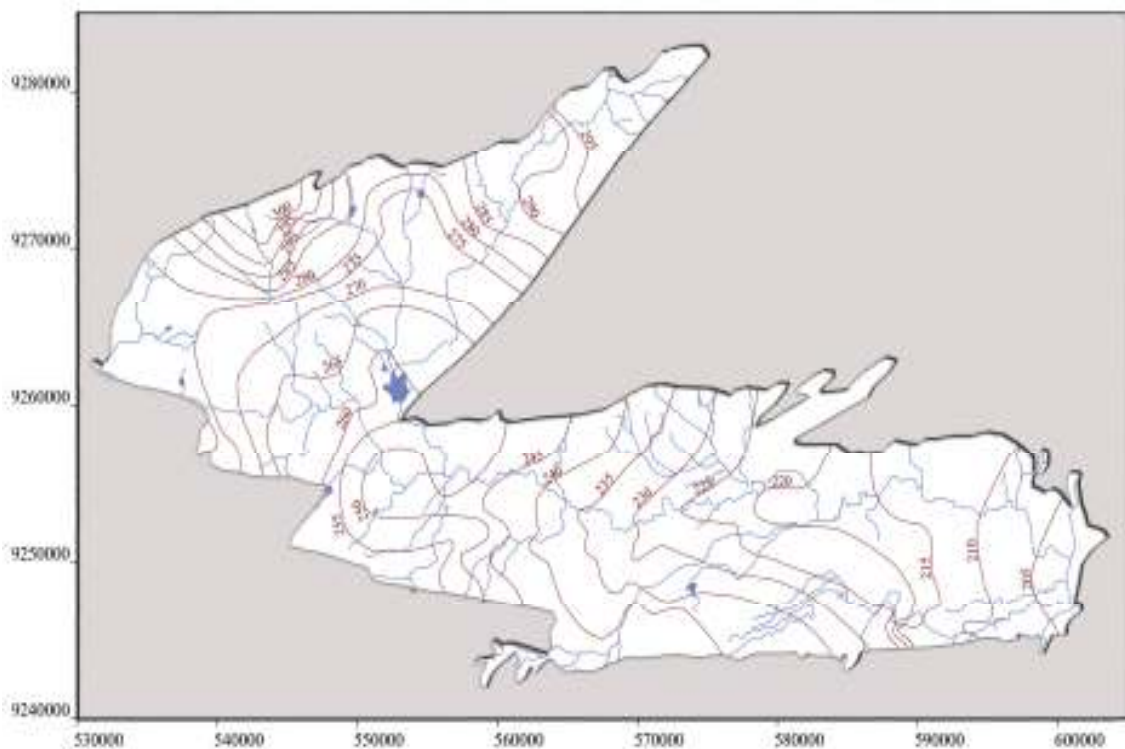


Figura 9.12 – Mapa potenciométrico da Bacia do Rio do Peixe (campanha de novembro/2005) com base em 72 poços tubulares.

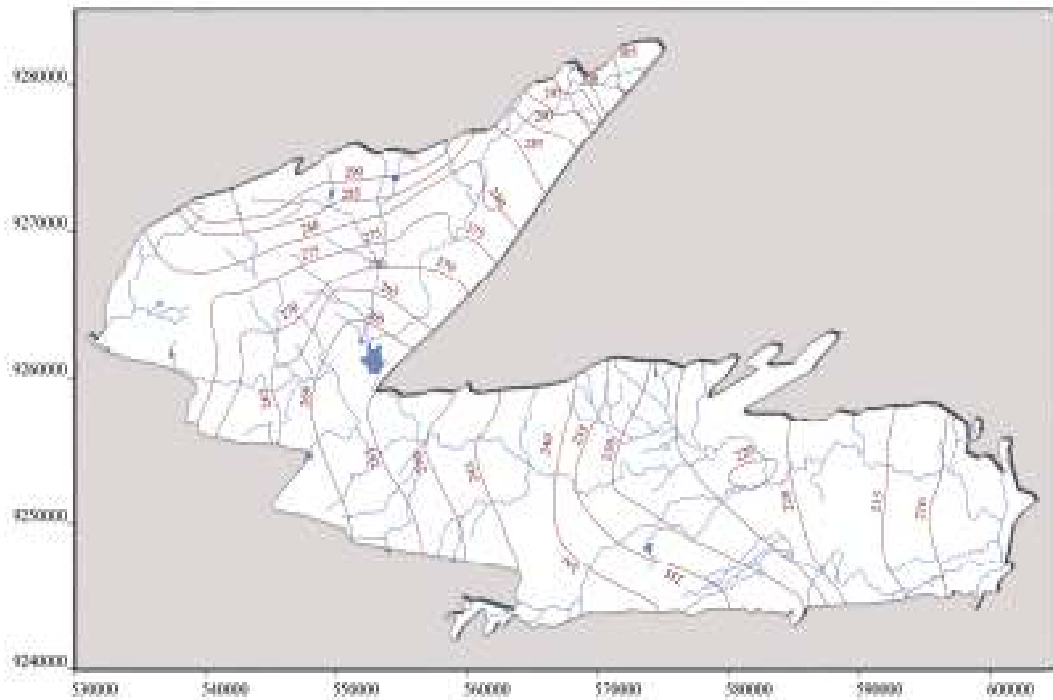


Figura 9.13 - Mapa potenciométrico da Bacia do Rio do Peixe (campanha de maio/2006) com base em 72 poços tubulares.

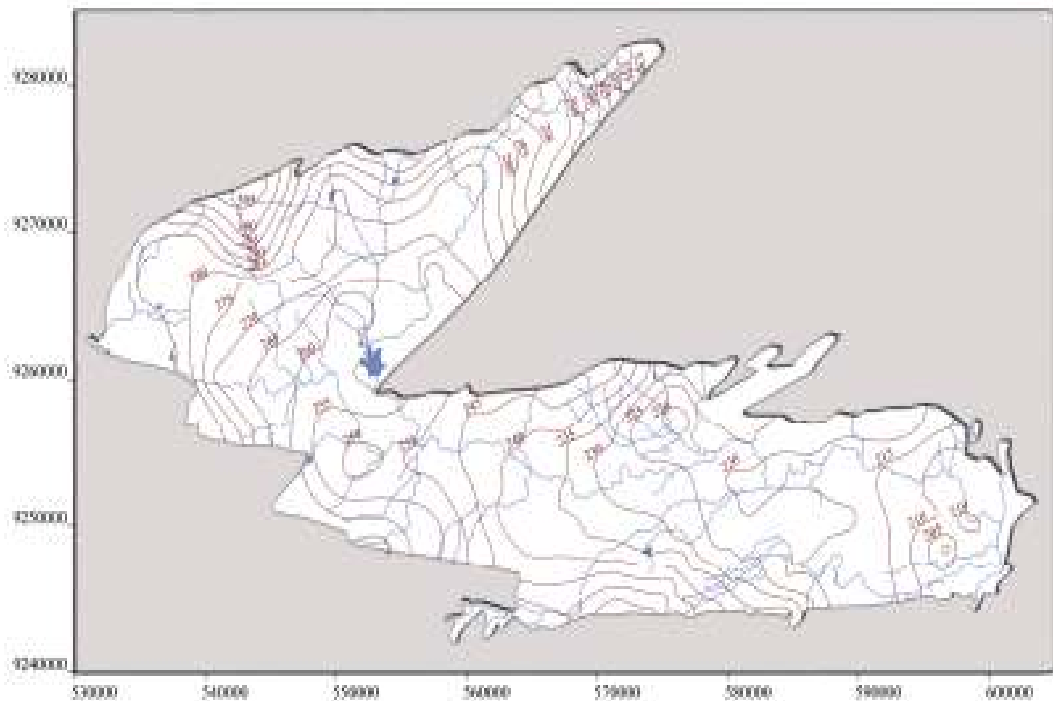


Figura 9.14 - Mapa potenciométrico da Bacia do Rio do Peixe (campanha de agosto/2006) com base em 111 poços tubulares.

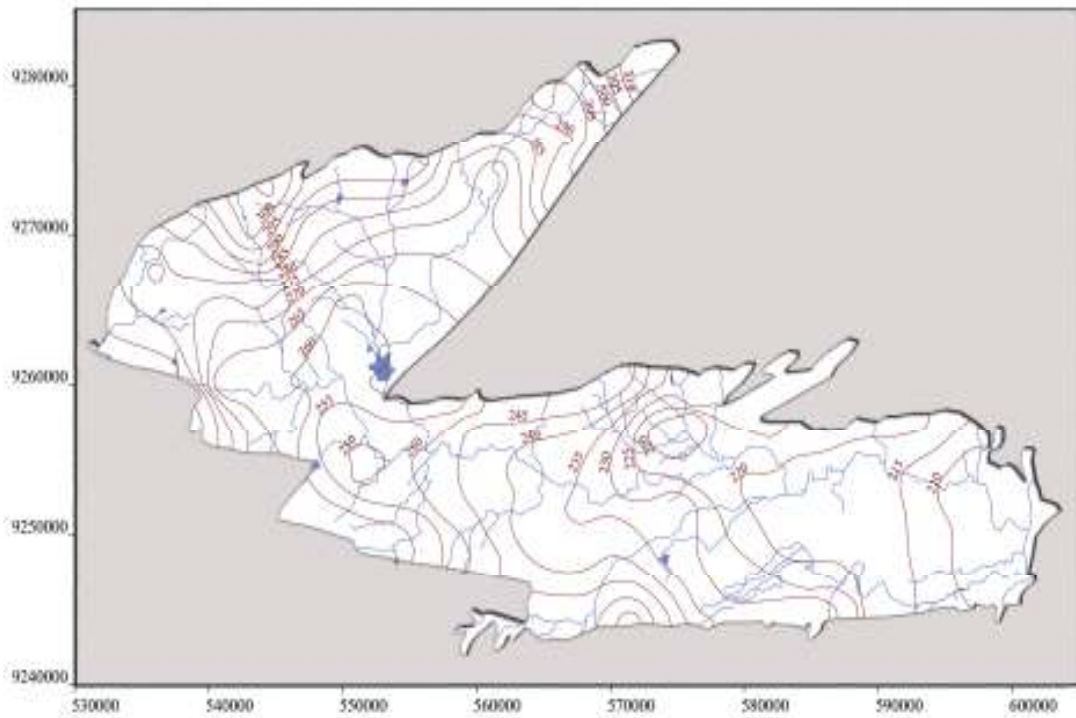


Figura 9.15 - Mapa potenciométrico da Bacia do Rio do Peixe (campanha de novembro/2006) com base em 116 poços tubulares.

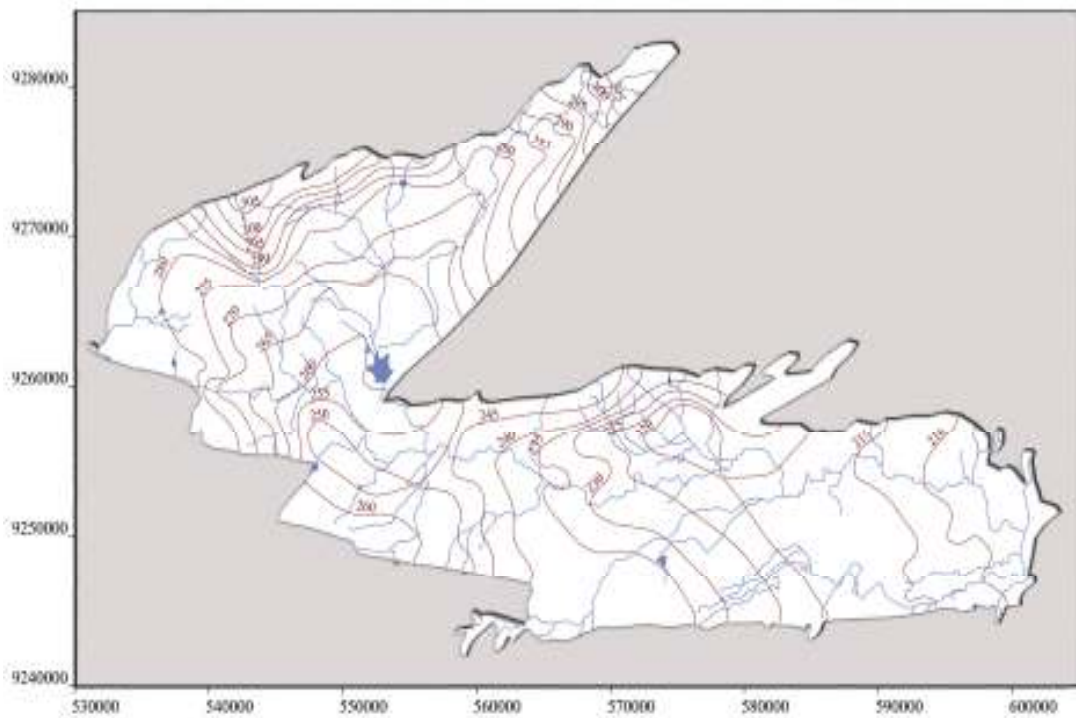


Figura 9.16 - Mapa potenciométrico da Bacia do Rio do Peixe (campanha de fevereiro/2007) com base em 117 poços tubulares.

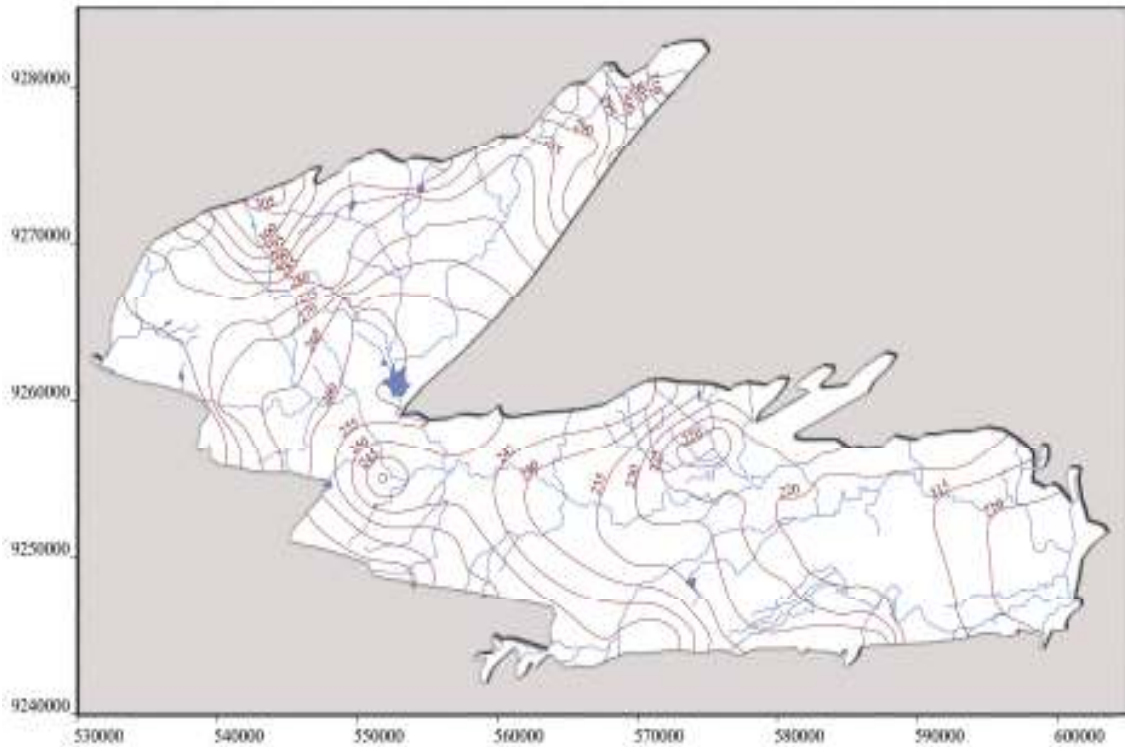


Figura 9.17 - Mapa potiométrico da Bacia do Rio do Peixe (campanha de maio-junho/2007) com base em 114 poços tubulares.

Modelos de Fluxo

O modelo conceitual

Foram gerados pela UFCG/CPRM, a princípio, dois modelos conceituais baseados nas informações geológicas e na literatura. O primeiro, simplificado, considerou o pacote sedimentar como um todo, ou seja, tendo apenas uma camada com heterogeneidades horizontais. O segundo, buscando simular a bacia o mais próximo possível da realidade, considerando os quatro horizontes aquíferos (Antenor Navarro, Sousa, Rio Piranhas e as Aluviões) superpostos, representados com suas respectivas espessuras estimadas em estudos anteriores, formando um sistema tri-dimensional.

Após a análise destes dois modelos foi adotado o modelo conceitual mais simples, ou seja, aquele que considera apenas uma única camada aquífera, abrangendo a espessura total da bacia.

As principais condições de contorno foram:

- Área: correspondente à totalidade da bacia excluindo a sub-bacia Pombal;
- Parâmetros hidráulicos: equivalentes para todas as camadas sem variações laterais;
- Cotas topográficas: extraídas de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*);
- Taxa média de precipitação: obtida na bacia entre janeiro/2005 a setembro/2006;
- Níveis potenciométricos: medidos nas sete campanhas de campo.

O modelo numérico computacional

Para aplicação do modelo foi considerado o aquífero como bi-dimensional, não-confinado, isotrópico e não homogêneo.

A calibração deste modelo, aplicado a quatro zonas específicas da bacia (figura 9.18), foi realizado em duas etapas, uma estacionária (calibração da condutividade hidráulica – com recarga constante) e outra transitória (rendimento específico e recarga do aquífero).

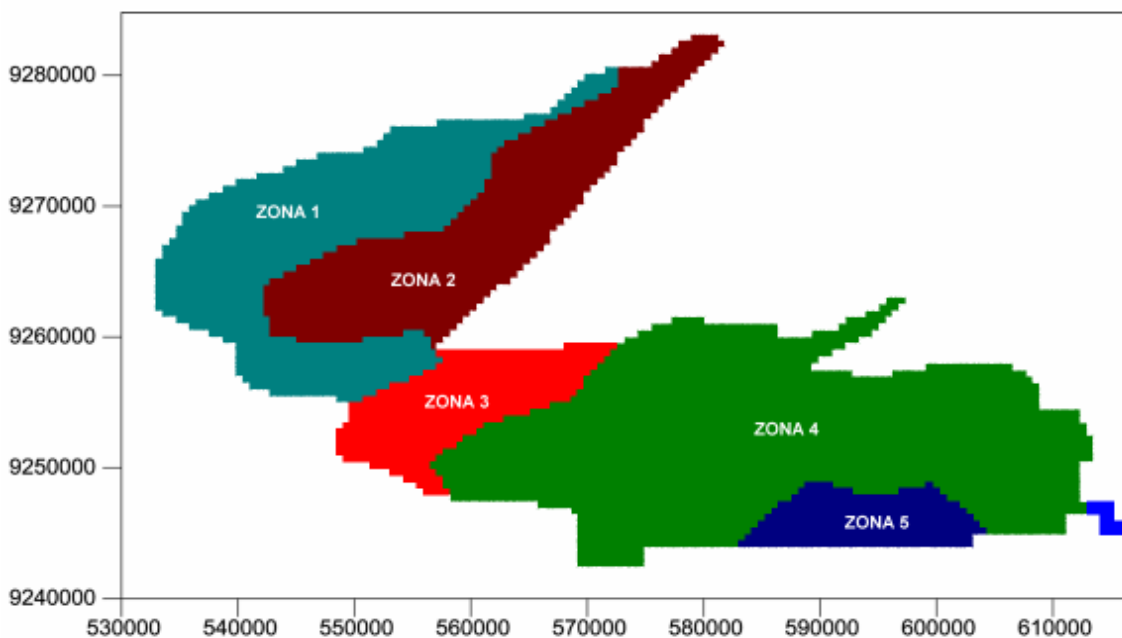


Figura 9.18 - Zonas em que o modelo foi dividido para calibração.

Os valores de condutividade hidráulica calibrada encontrados para estas zonas definidas para a calibração do modelamento (tabela 9.2) estão dentro das faixas de valores observados na análise dos testes de poços, citados anteriormente.

Tabela 9.2 - Valores de condutividade hidráulica calibrada

Sub-bacia	Formação	Zona	K (m/dia)
Brejo das Freiras	Antenor Navarro	1	0,767
Brejo das Freiras	Sousa	2	0,478
Sousa	Antenor Navarro	3	0,280
Sousa	Sousa	4	0,420
Sousa	Rio Piranhas	5	1,340

O primeiro mapa potenciomérico utilizado para a calibragem da condutividade hidráulica foi condicionado a partir dos dados de monitoramento dos níveis d'água da campanha de agosto 2005 (figura 9.19).

A figura 9.20 mostra o mapa potenciomérico calibrado e o observado para o mês de agosto de 2005.

Os resultados obtidos com a modelagem apresentaram uma relação entre os níveis medidos em campo e calculados satisfatórios, com erro médio absoluto de 2,18 metros, considerado aqui satisfatório, em virtude da complexidade da área e da simplicidade do modelo proposto.

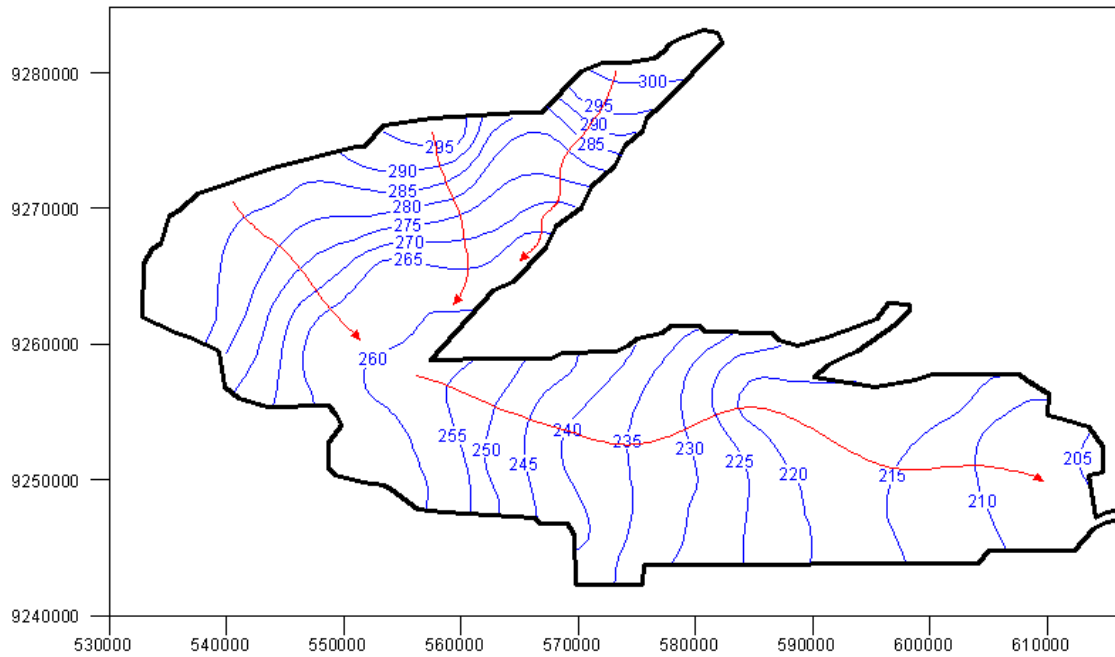


Figura 9.19 - Mapa potenciométrico observado com as linhas de fluxo (em vermelho), para o mês de agosto/2005.

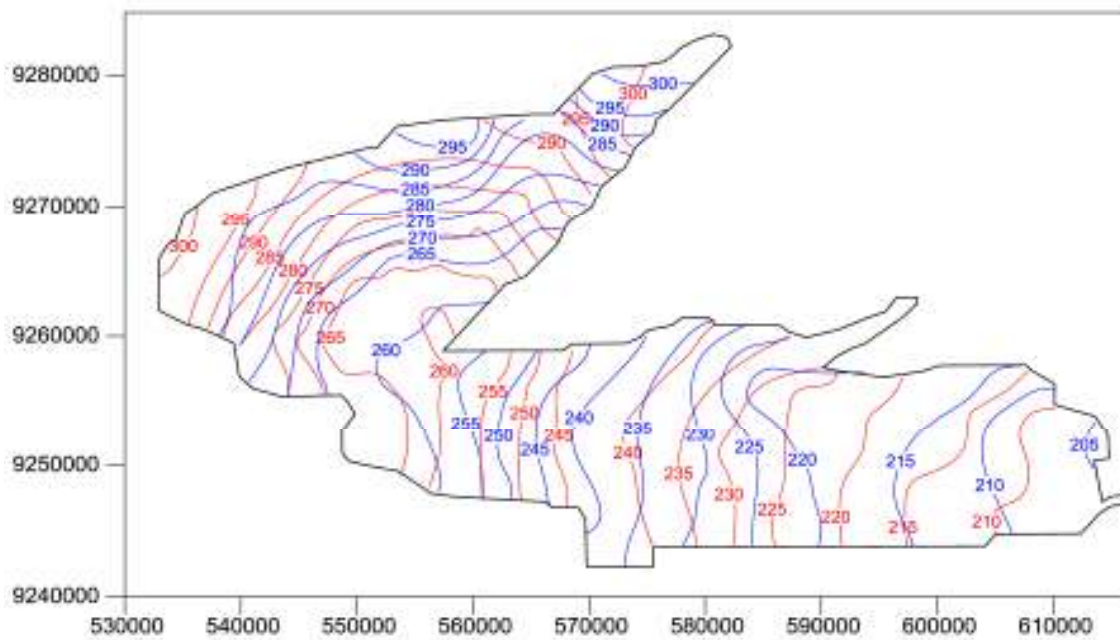


Figura 9.20 - Mapa potenciométrico observado (isolinhas azuis) e calibrado (isolinhas vermelhas) calculados para o mês de agosto de 2005.

Vulnerabilidade natural e mapeamento das fontes potenciais de poluição

Para definição da vulnerabilidade natural dos aquíferos da Bacia do Rio do Peixe, foi seguida a metodologia (**Índice GOD**) adotada por Foster & Hirata (1987) que define as diversas classes de vulnerabilidade, tomando por base os três parâmetros seguintes:

- ✓ **G** - Tipo de aquífero: se livre, confinado ou semi-confinado;
- ✓ **O** - Classificação geral do aquífero: tipo de litologia (se não consolidada, porosa ou densa);
- ✓ **D** - Profundidade ao topo do aquífero: profundidade do nível estático ou topo do aquífero.

Com base nos valores atribuídos para cada um desses índices, conjuntamente com os dados litológicos e nos valores de nível estático observados, foram definidas as seguintes classes de vulnerabilidade para os aquíferos da bacia (figura 9.21):

- ✓ Vulnerabilidade Alta a Extrema - Compreende as areias aluviais (N32a);
- ✓ Vulnerabilidade Alta - Compreende a área de ocorrência do aquífero Rio Piranhas (Krp);
- ✓ Vulnerabilidade Moderada - Área de ocorrência do aquífero Antenor Navarro (Kan) – livre;
- ✓ Vulnerabilidade Baixa - Compreende a área de ocorrência do aquífero Sousa Superior (Ks).

Com base no reconhecimento de campo e na análise dos dados disponíveis foram cadastradas as principais atividades potencialmente poluentes, tais como lixões, indústrias, postos de gasolina e cemitérios. Além disto foram observadas as condições de saneamento básico e da agricultura irrigada existentes na região.

Ao todo foram inventariados 12 cemitérios, 13 indústrias, 11 postos de combustíveis, 10 projetos de irrigação, de pequeno e médio porte, diversos lixões (foto 9.5), além de verificadas as condições de saneamento básico das maiores sedes municipais.

As principais observações pertinentes às questões ambientais detectadas na bacia do Rio do Peixe e relacionadas a estas fontes de contaminação são as seguintes:

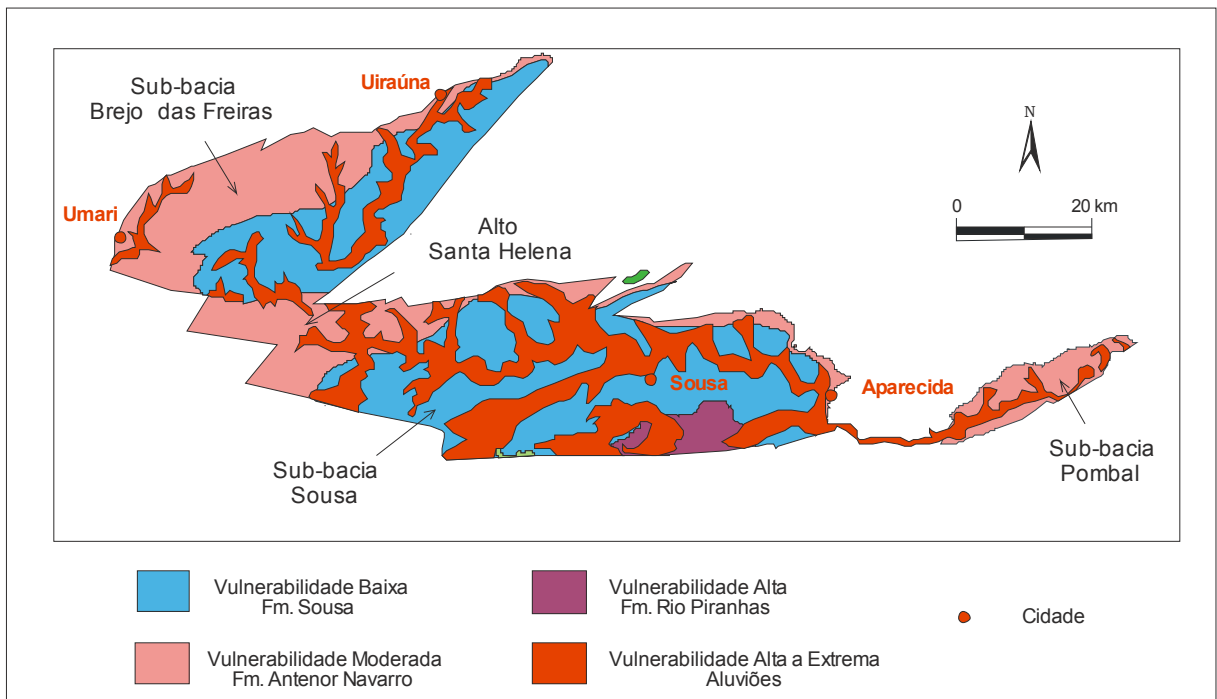


Figura 9.21 - Classificação da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe em relação ao grau de vulnerabilidade natural dos aquíferos.



Foto 9.5 - Lixão localizado nas proximidades de Sousa, depositado sobre a Formação Sousa.

✓ Saneamento básico Com exceção das sedes dos municípios de Santa Helena e Uiraúna, as demais localidades da bacia possuem sistemas de esgotamentos sanitários parcialmente implantados nas sedes. As sedes municipais de Aparecida, Santa Helena, Sousa e São João do Rio do Peixe, apresentam problemas de esgotos a céu aberto, os rios Piranhas e do Peixe funcionando como receptores dos esgotos sanitários. Aliado a isto, adicione-se o número insuficiente de fossas sépticas ou negras existentes com relação ao número total de domicílios. Estas áreas, portanto, também possuem moderado risco de contaminação;

✓ Postos de combustíveis, cemitérios e atividades industriais - Atividades preferencialmente desenvolvidas nas áreas urbanas e em alguns pontos isolados na região, em áreas classificadas como de vulnerabilidade diversa;

✓ Atividades agrícolas - A agricultura irrigada constitui uma das principais atividades geradoras de contaminantes, principalmente quando associada ao uso de fertilizantes e praguicidas. Está implantada em diversos projetos na região, dos quais se destacam os quatro grandes perímetros irrigados de várzeas de Sousa, São Gonçalo (foto 9.6), Pilões e Lagoa do Arroz. O primeiro é de iniciativa do Governo do Estado da Paraíba em convênio com o Ministério de Integração Nacional e os três últimos comandados pelo DNOCS. Comumente estão em áreas que possuem alta vulnerabilidade de contaminação dos aquíferos (foto 9.7).



Foto 9.6 - Vista do Açude São Gonçalo, responsável pelo projeto de irrigação de mesmo nome. A barragem está localizada em área de cristalino - domínio 6 - na borda da Bacia do Rio do Peixe.



Foto 9.7 - Área localizada próxima da cidade de São José do Rio do Peixe, com plantação de arroz em área de alta vulnerabilidade (aluviões).

9.3.3 - Domínio hidrogeológico 4 (MM)

9.3.3.1 - Domínio hidrogeológico 4 (MM) - Subdomínio 4 - Metassedimentos e vulcânicas

Este domínio é representado por metassedimentos/metavulcânicas incluindo xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfibolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvas e metavulcânicas diversas (capítulo 3). Corresponde ao denominado aquífero fissural, onde o armazenamento da água está condicionado a uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas. Tais litologias, apesar de consideradas como de baixa favorabilidade, apresentam uma maior potencialidade hidrogeológica do que as que compõem o domínio hidrogeológico 6 (também um aquífero fissural). Graças a sua estruturação e menor competência, acumulam maiores quantidades de água, comportando-se diferentemente do cristalino típico (granitos, gnaisses e migmatitos).

Na Folha Sousa as principais unidades correspondentes a este domínio (figura 9.22) são representadas por litotipos das formações Jucurutu, Lavras da Mangabeira e Santana dos Garrotes, além dos grupos Seridó, Serra de São José e Orós e pelo Complexo Granjeiro (capítulo 3).

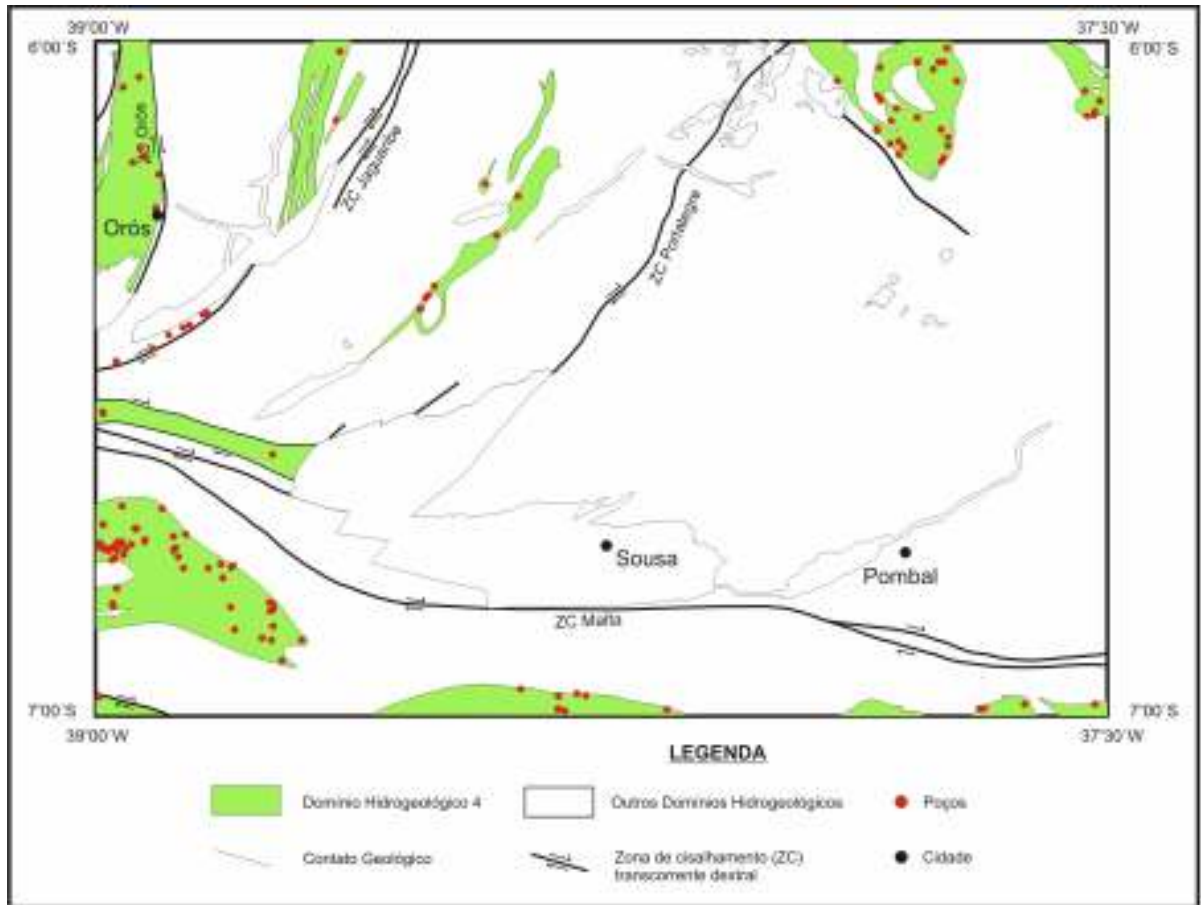


Figura 9.22 - Domínio hidrogeológico 4 com a distribuição dos poços tubulares.

Foram cadastrados pelo SIAGAS 134 poços tubulares pertencentes a este domínio. Com base nestas informações observou-se que a profundidade média foi de 54 metros, a vazão média de 4,4 m³/h, e a condutividade elétrica da ordem de 2654 µS, alta, portanto, para o consumo humano.

Do ponto de vista hidrogeológico o domínio está classificado como de baixa potencialidade e favorabilidade hidrogeológica.

9.3.4 - Domínio hidrogeológico 6 - Subdomínio C - Cristalino

Neste domínio foram incluídas as unidades compostas basicamente por granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, rochas básicas e ultrabásicas que constituem tipicamente o denominado aquífero fissural.

Na Folha Sousa as principais unidades litoestratigráficas, com certa importância hidrogeológica, que pertencem a este domínio são: Ortognaisse Poço da Cruz; Complexo Jaguaretama, Suíte Intrusiva Serra do Deserto; Suíte Intrusiva Itaporanga e o Complexo Caicó (unidades ortognáissica e indivisa).

Foram obtidos do SIAGAS 1485 pontos d'água entre poços tubulares (1222, figura 9.23) e poços amazonas (263). Estes últimos podem estar captando o manto de alteração do cristalino, coberturas aluviais, etc.

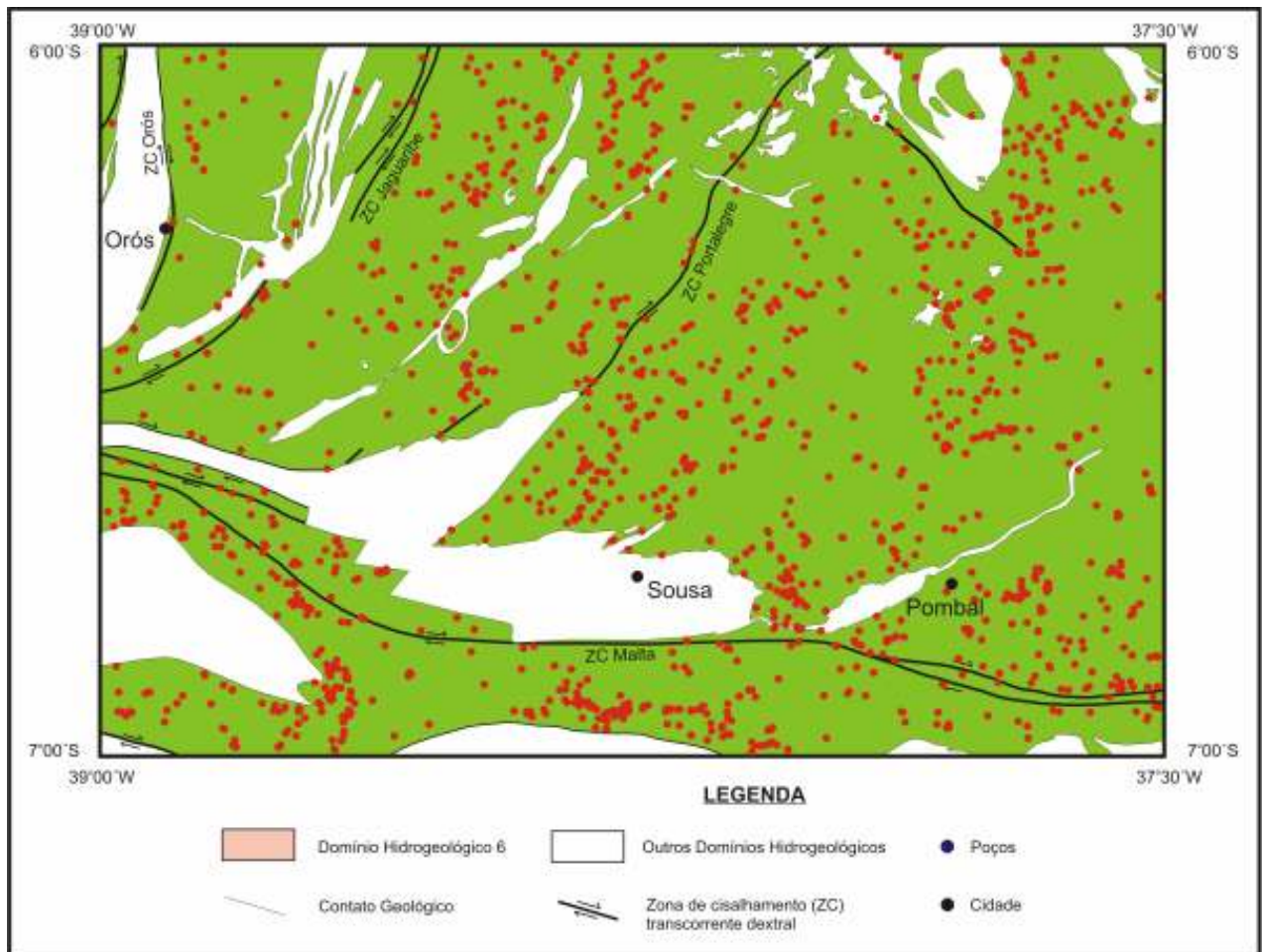


Figura 9.23 - Domínio hidrogeológico 6 com a distribuição dos poços tubulares no mesmo.

A profundidade média obtida dos poços tubulares (foto 9.8) foi de 45 metros, condutividade elétrica medida em 747 poços de 2056 μS e vazão de exploração informada de 3,69 m^3/h .



Foto 9.8 - Poço tubular equipado com catavento, localizado em área pertencente ao domínio hidrogeológico 6 - aquífero fissural.

Os poços amazonas, escavados e fontes naturais apresentaram uma profundidade média de 7 metros e condutividade elétrica de 652 μS . Do ponto de vista hidrogeológico este domínio é definido como de baixa a muito baixa potencialidade hídrica

9.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Folha Sousa caracteriza-se hidrogeologicamente por conter quatro domínios hidrogeológicos, ou seja, regiões que apresentam grupo de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo por base, principalmente, as características litológicas das rochas. Na região estes domínios estão representados por:

- ✓ **Domínio Hidrogeológico 1** - Aluviões (N34a), Coberturas arenosas (N23c) e Formação Serra do Martins (ENsm);
- ✓ **Domínio Hidrogeológico 2** - representado pelas Bacias de Icó, Icozinho, Lima Campos, Rio do Peixe, riacho São Lourenço e Coronel João Pessoa;
- ✓ **Domínio Hidrogeológico 4** - Metassedimentos e Vulcânicas;
- ✓ **Domínio Hidrogeológico 6** - Cristalino.

No **Domínio Hidrogeológico 1** os principais aquíferos estão representados por aluviões compostos por cascalhos, argila e areia, que distribuem-se ao longo dos principais rios da região, como os rios Jaguaribe, Salgado, Piancó, Peixe e seus principais tributários. Essas aluviões podem ser bastante extensas superficialmente, ou estreitas e rasas quando recobrem as rochas cristalinas, e formam aquíferos livres de potencialidade baixa a média, dependendo do teor de areia nos depósitos. As coberturas arenosas (N23c) não têm importância hidrogeológica relevante na área. Os sedimentos da Formação Serra do Martins (ENsb), em razão da falta de estudos hidrogeológicos mais detalhados, necessários para sua caracterização regional, são enquadrados na classe de baixa potencialidade hídrica.

O **Domínio Hidrogeológico 2**, representado pelas pequenas bacias sedimentares anteriormente descritas, apresenta em geral potencialidade hídrica classificada entre média a alta, dependendo da configuração geométrica das mesmas e disposição das unidades litológicas. Destacam-se as formações Antenor Navarro, Sousa superior e Rio Piranhas na Bacia do Rio do Peixe; as formações Icó e Lima Campos, que preenchem as bacias de mesmo nome; e a Formação Antenor Navarro na Bacia Rafael Fernandes.

Os **Domínios Hidrogeológicos 4 e 6** estão representados, respectivamente, por metassedimentos-vulcânicas e pelas rochas cristalinas típicas (granitóides diversos, gnaisses, migmatitos, etc.) que formam o denominado aquífero fissural. Os metassedimentos possuem uma potencialidade hídrica um pouco maior que o cristalino, por causa da estruturação e menor competência, que permitem um maior acúmulo de água, comportando-se diferentemente do cristalino.

10. Conclusões e Recomendações

Na região da folha Sousa foram reconhecidos dois grandes domínios (Jaguaribeano e Rio Piranhas-Seridó) limitados pela zona de cisalhamento Portalegre, além de um pequeno segmento do domínio da Zona Transversal, este situado no extremo sudoeste da folha, delimitado por um segmento da zona de cisalhamento Patos.

Estes domínios são constituídos por litotipos precambrianos (neoarqueanos a ediacaranos), os quais são parcialmente encobertos por sedimentos Juro-Cretáceos, e em menor escala por coberturas cenozóicas.

No domínio Jaguaribeano foram identificados litotipos dos complexos Jaguaretama e Acopiara, Suíte Serra do Deserto, grupos Orós e Serra de São José, Suíte Caldeirão e granitóides brasileiros, todos já referidos e consagrados na bibliografia.

Na região do domínio Rio Piranhas-Seridó as unidades precambrianas cartografadas foram os complexos Granjeiro e Caicó, Suíte Poço da Cruz, Grupo Seridó e Formação Lavras da Mangabeira, além de granitóides brasileiros. Os litotipos situados a sul da zona de cisalhamento Malta foram aqui englobados neste domínio, tendo em vista as similaridades litológicas e assinatura magnética similar aos litotipos do Complexo Caicó e Grupo Seridó.

Ainda neste compartimento, ressalta-se a possibilidade da Formação Lavras da Mangabeira ser correlata ao Grupo Seridó, tendo em vista as similaridades entre os mesmos com relação ao conteúdo litológico, empilhamento estratigráfico e idade (ediacarana).

Foi possível cartografar áreas do Complexo Caicó (Riaciano) com predominância de litotipos ortoderivados e outras onde prevalecem os termos metavulcanossedimentares.

A partir dos dados litogeoquímicos obtidos foi possível confirmar a correlação entre os termos dioríticos granitóides porfíricos (Pedregulho-PB e Catolé do Rocha-RN/PB) e os leucogranitos equigranulares (Capuxu-PB e Arruda Câmara-PB), com as suítes metaluminosas shoshoníticas, K-calcialcalina porfírica e K-calcialcalina equigranular, respectivamente, descritas por Nascimento *et al.* (2000).

Conclui-se ainda a presença de um magmatismo ediacarano (monzogranito de Capuxu-PB) mais jovem que a zona de cisalhamento Malta.

Constatou-se a presença de três eventos deformacionais dúcteis no precambriano, onde o primeiro (D_1) é restrito as rochas riacianas ou mais antigas, enquanto que o segundo (D_2) é pré-transcorrência brasiliana (evento tangencial) e o terceiro (D_3) está correlacionado aos cisalhamentos transcorrentes brasilianos e ao magmatismo associado.

Apesar da diversidade de substâncias minerais cadastradas na Folha Sousa, três destacam-se atualmente: esmeralda, água marinha e rochas ornamentais. Outras substâncias, como por exemplo, scheelita (mineral de tungstênio), ferro e mármore são potencialmente importantes, dependendo de mercado.

Como sugestões para trabalhos a serem desenvolvidos no âmbito da folha Sousa, recomenda-se:

- Mapeamento geológico/metalogenético na folha Cajazeiras (SB.24-Z-II), escala 1:100.000, para melhor estudar e avaliar o Complexo Granjeiro (Neoarqueano), no intuito de caracterizar o potencial metalogenético desta unidade, tendo em vista a presença de ocorrências de ferro, cromo, asbesto e talco, bem como as ocorrências de asbesto associadas às rochas ultramáficas consideradas como do Complexo Caicó;

- Uma outra região recomendável para mapeamento geológico mais detalhado (1:100.000) na região da folha Catolé do Rocha (SB.24-Z-IV), tendo em vista englobar as principais ocorrências/garimpos de esmeralda e água marinha da região nordeste, respectivamente em Paraná (RN) e Tenente Ananias (RN). Tendo em vista que as esmeraldas estão situadas em xistos máficos associados ao Complexo Caicó, situados adjacientemente a zonas de cisalhamento, esta relação pode ser um alvo/objetivo a ser seguido;

- Recomendam-se ainda trabalhos detalhados com a finalidade de verificar a potencialidade das mineralizações de ferro, particularmente, sugerem-se estudos dirigidos para a elucidação da origem das formações ferríferas. Evidentemente, não são descartados estudos detalhados em ocorrências de outras substâncias.

11. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. P. T. *Inventário hidrogeológico básico do Nordeste: Folha 15 - Jaguaribe-Ceará*. Recife: SUDENE, 1970. 187p. (Série Hidrogeologia, 32).

ALBUQUERQUE, J. P. T. 1986. *O Sistema Aquífero Rio do Peixe*. 4º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Brasília, anais, p.194-207, 1986.

ALMEIDA, F. F. M. *et al.* Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth Sci. Rev.**, v.17, p.1-29, 1981.

ALMEIDA, F. F. M. *et al.* Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, 1977, Campina Grande. **Atas do...** Campina Grande: SBG. Núcleo Nordeste, 1977. 499p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 6) p.363-391.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1998. **“Standard Methods for Examination of Water and Wastewater”**. 20th ed. Washington D. C.: American Public Health Association, 1998, 1569p.

ANGELIM, L. A. de A. *Prospecto Ouro de Encanto. Seleções de Áreas. Relatório final*. Recife: CPRM, 1983. 15p.

ANGELIM, L. A. de A *et al.* Folha SB.24 Jaguaribe. In: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo : sistema de informações geográficas - SIG : folha SB.24 Jaguaribe. Geological map of Brasil 1:1.000.000 scale : geographic information system - GIS. Brasília:** CPRM, 2004. 41 CD ROM CD 17/41 Programa Geologia do Brasil.

ARAÚJO, M. G. de S.; BRITO NEVES, B. B. de; ARCHANJO, C. J. Idades $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ do magmatismo básico Meso-Cenozóico da Província Borborema Oriental, Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 19, 2001, Natal. **Resumos**. Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 2001. 369p. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 17) p.260-261.

ARCHANJO, C. J.; SALIM, J. Posição da Formação Seridó no contexto estratigráfico regional (RN-PB). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12, 1986, João Pessoa. **Atas do...** João Pessoa: SBG. Núcleo Nordeste, 1986. 556p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 10) p.270-281.

AZEVEDO, S. A. K. Novas pegadas de dinossauros em Sousa, estado da Paraíba, Brasil. **Anais Academia Bras. Ciências**, v.65, n.3, p.279-283, 1993.

BARIAND, P.; CESBRON, F.; GEFFROY, J. **Les minéraux leurs gisements, leur associations. France: Minéraux et Fossiles**, 1977. 3v.

BARRETO, S. de B. **Caracterização químico-mineralógica dos berilos de Tenente Ananias – RN**. Recife, 1991. 194p. Dissertação (Mestrado em Geociência) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

BAUNGARTNER, R, et al. Columbite-Tantalite-bearing granitic pegmatites from the Seridó Belt, NE Brazil: Genetic constraints from U-Pb dating and Pb isotopes. **Canadian Mineralogist**, v.44, p.69-86, 2006.

BITTAR, S. M. B. **Faixa Paincó-Alto Brígida: Terreno tectonoestrutural sob regimes metamórficos e deformacionais contrastantes**. São Paulo, 1998. 126p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

BIZZI, L. A. (Ed.) et al. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG. Geology, tectonics and mineral resources of Brazil: text, maps & GIS**. Brasília: CPRM, 2003. 673p. il. Contém 1 DVD .

BOMFIM, Luiz Fernando Costa (Coord.) et al. **Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil 1:2.500.000: arquivos de impressão**. Salvador: CPRM, 2007. 1 CD-ROM. Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil (SDHB).

BRAGA, A. P. G.; MENDONÇA, J. C. G. S. Sequências vulcanossedimentares de Orós e Jaguaribe - Folha SB. 24-Z-A-I, região sudeste do Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais do...** Rio de Janeiro: SBG, 1984. 12v. il. v.5 p.2512-2526.

BRASIL/DNPM. **O furo estratigráfico de Lagoa do Forno, Rio do Peixe, Sousa-PB**. Rio de Janeiro: GEOSOL; 1970. 34p. (DNPM Relatório Técnico 1284).

BRASIL, Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Atlas dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará**. Programa recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no estado do Ceará. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.

BRASIL, Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geologia , tectônica e recursos minerais do Brasil. Sistema de Informações Geográficas – SIG. Mapas na escala 1:2.500.00**. Brasília: CPRM, 2001. Disponível em 04 CD.

BRASIL, Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Estudos Hidrogeológicos de Pequenas Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro**. Proposta Técnica. Brasília :CPRM, 2004. Inédito.

BRAUN, O. P. G. **Geologia da Bacia do Rio do Peixe - Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: PROSPEC/DNPM, 1969. 23p.

BRITO NEVES, B. B. de **O mapa geológico do Nordeste Oriental do Brasil, escala 1:1.000.000**. São Paulo, 1983. 177p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

BRITO NEVES, B. B. de **Regionalização geotectônica do Pré-cambriano Nordestino**. São Paulo, 1975. 198p. il. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

BRITO NEVES, B. B. de et al. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. **Geologia USP: Série Científica**, v.3, n.1, p.25-38, ago. 2003.

CABY, R. Precambrian terranes of Benin-Nigeria and Northeast Brazil and the late Proterozoic south Atlantic fit. In: DALLMEYER, R. D. (ed.) **Terranes in the circum-Atlantic paleozoic orogens**. Athens: University of Georgia, 1989. 277p. (Geological Society of America Special Paper, 230) p.145-158.

CABY, R. The Pan-African belt of West Africa from the Sahara desert to the Gulf of Benin. In: SCHAEER, J. P.; RODGERS, J, (eds.). **Anatomy of Mountain Ranges**. Newjersey: Princeton University Press, 1987. p.129-170.

CABY, R., ARTHAUD, M. H., ARCHANJO, C. J. Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamic implications. In: Silva Filho, A. F. da & Lima, E. Santos (Eds.) **Geology of the Borborema Province, Northeast Brazil**. **Journal of South American Earth Sciences**, v.8, n.3/4, p.235-246, 1995.

CABY, R. et al. Crustal evolution and the Brasiliano Orogeny in Northeast Brazil. In: DALLMEYER, R. D.; LÉCORCHÉ, J. P. (eds.) **The West African orogens and Circum-Atlantic correlatives**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 405p. il. p.373-397.

CAMPELO, R. C. **Análise de terrenos na porção setentrional da Província Borborema, NE do Brasil: Integração de dados geológicos e gravimétricos**. Natal, 1999, 130p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CAMPOS, M. de et al. **Projeto Rio Jaguaribe: relatório final**. Recife: DNPM/CPRM, 1976. 15v.

CAVALCANTE, J. C. **Estratigrafia das folhas Mombaça e Catarina. Uma proposta**. Fortaleza: CPRM/REFO, 1987. 15p. il. (Relatório Interno).

CAVALCANTE, J. C. **Limites e evolução do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil**. Natal, 1999. 169p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CAVALCANTE, J. C. Mapa Geológico da Folha Sousa, escala 1:250.000. 1998. In: **Limites e evolução do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil**. Natal, 1999. 169p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, E. M. [CD ROM]. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará: Sistema de Informações Geográficas SIG e mapas na escala 1:500.000**. Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2003. 1 CD ROM.

CARVALHO, I. S. **Os conchostráceos fósseis das bacias interiores do Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro, 1993. 319p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CHIODI, C. Situação do setor de rochas ornamentais e de revestimentos no Brasil - Mercado interno e externo. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 5, 2005, Recife [CD ROM]. **Anais**. Recife: PPGEMinas/SBG, 2005. 1 CD-ROM.

CONEY, P. J. Structural aspects of suspect terranes and accretionary tectonics in western North America. **Journ. Strut. Geol.**, v.11, p.107-125, 1989.

CONEY, P. J.; JONES, D. L.; MONGER, J. W. H. Cordilleran suspect terranes. **Nature**, v.288, p.329-333, 1980.

COSTA, W. D. Nota preliminar da geologia da Bacia do Rio do Peixe. **Boletim de Geologia**, Universidade de Recife, n.4, p.47-50, 1964.

COTA, K. S. da S. **Sinopse das ocorrências de esmeralda e água marinha na Região do Extremo Oeste Potiguar**. Natal, 2003. 71p. Relatório de Graduação em (Geologia) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil; UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG. **Hidrogeologia da Bacia sedimentar do Rio do Peixe - PB**. Relatório integrado. Recife, 2007. 1 CD-ROM. Rede Cooperativa de Pesquisa. Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro. (Inédito).

DANA, E. S. **A textbook of mineralogy**. 4th ed. New York: John Willey, 1932. 851p.

DANTAS, E. L. **Evolução tectono-magmática do maciço polidiapírico São Vicente/Florânia-RN**. Rio Claro, 1992. 272p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de São Paulo, Campus de Rio Claro.

DANTAS, E. L. et al. Proveniência e idade deposicional da região de Santa Terezinha de Goiás, baseada em dados isotópicos Sm-Nd e U-Pb em monocristal de zircão. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.31, n.3, p.329-334, set. 2001.

DE MIN, A. et al. The Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) in Brazil: Petrology, Geochemistry, ⁴⁰Ar/³⁹Ar Ages, Paleomagnetism and Geodynamic Implications. In: The **Central Atlantic province: insights from fragments of Pangea**. Washington, D. C.: American Geophysical Union, 2003. (Geophysical Monograph, 136) p.91-128.

DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. **An introduction to the rock forming minerals**. 2.ed. London: Longman, 1992. 696p.

EBERT, H. **Geologia do Alto Seridó: nota explicativa da folha geológica de Currais Novos**. Recife: SUDENE, 1969. 120p. (Série Geologia Regional, 11).

EBERT, H. The precambrian geology of the Borborema Belt (states of Paraíba and Rio Grande do Norte, northeastern Brazil), and the origin of its mineral resources. **Geol. Rundschau**, v.59, p.1299-1326, 1970.

ENCAL S/A - Engenheiros Consultores e Aerolevantamentos, **"Projeto Iguatu (Levantamento Aerogeofísico)". Relatório final. Texto e anexos**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, Empresas Nucleares Brasileiras S.A.- NUCLEBRÁS, 1977.

EVENSEN, N. H. et al. Rare earth abundances in chondritic meteorite. **Geochim. Cosmochim. Acta**, v.42, p.1199-1212, 1978.

FERNANDES, N. H. et al. Geologia e geoquímica dos elementos maiores das formações ferríferas bandadas da Região de Piumhi (MG). **Revista Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.17, n.2, p.119-130, jun. 2004.

FERREIRA, C. A. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Caicó. Folha SB.24_Z-B - Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Escala 1:250.000.** Brasília: CPRM, 1998. 152p. il. + mapas.

FERREIRA, C. A.; SANTOS, E. J. dos [CD ROM] **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Jaguaribe SE. Folha SB.24-Z. Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Escala 1:500.000. Geologia e Metalogênese.** CPRM. Recife: CPRM, 2000. 1 CD-ROM.

FERREIRA, J. A. M.; ALBUQUERQUE, J. P. T. **Sinopse da geologia da Folha Seridó.** Recife: SUDENE, 1969. 52p. (Série Geologia Regional, 18).

FERREIRA V. P.; SIAL A. N.; JARDIM DE SÁ; E. F. Geochemical and isotopic signatures of Proterozoic granitoids in terranes of the Borborema structural province, northeastern Brazil. **Jour. South Am. Earth Sci.**, v.11, p.439-455, 1998.

FERREIRA, C. A. et al. **Projeto Cadastramento dos Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Relatório Final. Texto.** Recife: Governo do Estado do Rio Grande do Norte/CPRM, 1977. 5v.

FETTER, A. H. **U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana.** Kansas, 1999. 163p. Tese (Doutorado) - University de Kansas.

FOSTER, S. S. D. & HIRATA, R. C. 1991. **Determinación del riesgo de contaminación de águas subterráneas. Una metodologia basada em datos existentes.** Lima: CEPIS, 1991. 81p.

FRANÇOLIN, J. B. L. **Analyse structurale du Bassin du Rio do Peixe (Brésil).** France, 1992. 245p. (Memoires et documents du Centre Armorican D' Etude Structurale des Socles, 46) Thèse de Doctorat - Centre Armorican d' Etude Structurale des Socles, Université de Rennes I, Campus

de Beaulieu.

FRANÇOLIN, J. B. L.; SZATMARI, P. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.17, n.2, p.196-207, jun. 1987.

GALINDO, A. C. **Estudo petrológico do corpo granítico de Monte das Gameleiras (RN-PB)**. Recife, 1982. 99p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco.

GALINDO, A. C. **Petrologia dos granitóides brasileiros da região de Caraúbas e Umarizal (oeste do Rio Grande do Norte)**. Belém, 1993. 386p. Tese (Doutorado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará.

GALINDO, A. C.; SOUZA, Z. S.; DANTAS, E. L. Geocronologia U-Pb de granitóides tipo Itaporanga (Monte das Gameleiras e Serrinha), Maciço São José de Campestre, NE do Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 21, 2005, Recife. **Resumos expandidos. A geologia e a sociedade**. Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 2005. 545p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 19) p.150-152.

GALINDO, A. C. *et al.* Evolution of Brasiliano-age granitoid types in a shear-zone environment, Umarizal-Caraúbas region, Rio Grande do Norte, northeast Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.8, p.79-95, 1995.

GOMES, J. R. C.; VASCONCELOS, A. M., TORRES, P. F. M. [CD ROM] **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Jaguaribe SW. Folha SB.24-Y. Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Escala 1:500.000**. Geologia e Metalogênese. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM. Mapa Geológico.

GONÇALEZ, M. G. B. **Geologia e petrologia da região de Serra Negra do Norte (RN-PB)**. Salvador, 1984. 136p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

GSC-GEOLOGICAL SURVEY CANADA; CPRM-COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS; PGW-PATERSON, GRANT & WATSON LIMITED. **Brazil airborne radiometric**

mapping Project (BARMP). Ottawa, 1997. 30p. il. (Technical Report and Survey Atlas).

GRANDSTEIN, J. G. O. et al. **International Stratigraphic Chart**. England: International Commission on Stratigraphy, 2004.

HACKSPACHER, P. C.; LEGRAND, J. M. Deformation and metamorphism on the Portalegre Shear Zone, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.19, n. 1, p.63-75, mar. 1981.

HACKSPACHER, P. C.; SILVA, C. A.; SANTOS, J. P. A geologia do complexo gnaiss-migmatítico entre São Vicente e Florânia - RN; uma análise preliminar. *In*: In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12, 1986, João Pessoa. **Atas do...** João Pessoa: SBG. Núcleo Nordeste, 1986. 556p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 10) p.252-269.

HACKSPACHER, P. C.; VAN SCHMUS; W. R.; DANTAS, E. L. Um embasamento transamazônico na Província Borborema. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. **Anais do...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1990. 6v. v.6 p.2683-2696.

HOWELL, D. G. **Principles of terrane analysis**. New application for global tectonics. 2.ed. [S.l.]: Chapman & Hall, 1995. 245p.

HOWELL, D. G. **Tectonics of suspect terranes mountain building and continental growth**. [S.l.]: Chapman & Hall, 1989. 232p.

INNOCENTI, P. et al. Anatólia and north-western Iran. *In*: THORPE, R. S. (ed.) **Andesites: orogenic andesites and related rocks**. [Andesitos: orogênese e rochas relacionadas]. New York: John Wiley, 1982. 724p. il. p.327-349.

IRVINE T. N.; BARAGAR W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. **Can. J. Earth. Sci.**, v.5, p.523-548, 1971.

JARDIM DE SÁ, E. F. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana**. Brasília, 1994. 803p. 2 mapas. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

JARDIM DE SÁ, E. F. Geologia da região Seridó: reavaliação de dados. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 11, 1984, Natal. **Atas do...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1984. 473p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 9) p.278-296.

JARDIM DE SÁ, E. F.; SALIM, J. Reavaliação dos conceitos estratigráficos na região do Seridó (RN-PB). **Miner. Metal.**, v.80, n.421, p.16-28, 1980.

JARDIM DE SÁ E. F.; MEDEIROS, W. E.; CASTRO, D. L. Contribuição da gravimetria aos modelos de estruturação crustal da Província Borborema, Nordeste do Brasil. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, 1997, Fortaleza. **Resumos expandidos**. Fortaleza: SBG. Núcleo Nordeste, 1997. 537p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 15) p.352-357.

JARDIM DE SÁ, E. F. et al. Esboço da geologia precambriana do Extremo Oeste Potiguar. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 10, 1981, Recife. **Atas do...** Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1981. 513p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 8) p.315-3287.

JARDIM DE SÁ, E. F. et al. Geochronology of metaplutonics and the evolution of supracrustal belts in the Borborema Province, NE Brazil. *In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GEOLOGIA*, 7, 1988, Belém. **Anais do...** Belém: SBG/DNPM, 1988. 617p. il. p.49-62.

JARDIM DE SÁ, E. F. et al. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: DNPM/UFRN/PETROBRÁS/CRM, 1998. Escala 1:500.000.

JARDIM DE SÁ, E. F. et al. Supracrustais monocíclicas no extremo oeste do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 12, 1986, João Pessoa. **Atas do...** João Pessoa: SBG. Núcleo Nordeste, 1986. 556p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 10) p.62-74.

JARDIM DE SÁ, E. F. et al. Terrenos proterozóicos na Província Borborema e a margem norte do Cráton São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.22, n.4, p.472-480, dez. 1992.

KOZUCH, M. **Isotope and trace element geochemistry of early Neoproterozoic gneissic and metavolcanic rocks in the Cariris Velhos orogen of the Borborema Province, Brazil, and their bearing on tectonic setting**. Lawrence. Kansas, 2003. 199p. Thesis (Doctor of Philosophy)

- Department of Geology, University of Kansas.

KROGH, T. E. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotope age determinations. **Geochem. Cosmochim. Acta.**, v.37, p.485-494,1973.

LASA - Engenharia e Prospecções. "**Projeto Seridó - Levantamento Aerogeofísico (Magnetometria e cintilometria com discriminação de energia)**". Relatório final. Texto e anexos, Rio de Janeiro, DNPM/CNEN/CPRM, 1973/1974.

LEGRAND, J. M.; LIEGEOIS, J. P.; DEUTSCH, S. Datação U/Pb e Rb/Sr das rochas precambrianas da região de Caicó. Reavaliação da definição de um embasamento arqueano. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. **Atas do...** Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1991. 383p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 12) p.276-279.

LEGRAND, J. M. et al. Mineralizações da Faixa Seridó: um processo hidrotermal do fenômeno tectono-magmático brasileiro. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15, 1993, Natal. **Atas do ...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1993. 382p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 13) p.185-187.

LEGUN, A. The potencial for emeralds in: B.C. - a preliminary overview. **GSBPPubs**, p.219-230, 2003. Disponível em: <<http://www.em.gov.bc.ca/DL/GSBPPubs/GeoFldWk/2003/22-Legun-219-230-w.pdf>>. Acesso em: 11.08.2006.

LEONARDI, G. **Annotated atlas of South America tetrapod footprints (devonian to holocene) with an appendix on Mexico and Central America**: with 27 figures and 35 plates Brasília: CPRM, 1994. 248p il.

LEONARDI, G. Nota preliminar sobre seis pistas de dinossauros Ornithischia da Bacia do Rio do Peixe (Cretáceo Inferior) em Sousa, Paraíba, Brasil. **An. Acad. Brasil. Ciênc.**, Rio de Janeiro, v.51, n.3, p.501-516, 1979. 19 figs.

LEONARDI, G. Pegadas de Dinossauros (Carnosauria, Xelurossauria, Iguanodontie) na Formação Piranhas da Bacia do Rio do Peixe, Sousa, Paraíba, Brasil. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. 2v. il. v.1 p.337-351.

LEONARDI, G.; LIMA, C. V.; LIMA, F. H. O. Os dados numéricos relativos às pistas (e suas pegadas) das Icnofaunas dinossaurianas do Cretáceo Inferior da Paraíba e sua interpretação estatística. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. 2v. il. v.1 p.377-444.

LIMA FILHO, M. F. de **Evolução tectono-sedimentar da Bacia do Rio do Peixe-PB**. Recife, 1991. 99p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco.

LIMA FILHO, M. F. de Mapa faciológico da Bacia do Rio do Peixe, Estado da Paraíba. In: SIMPOSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMERICA DEL SUR, 2, 2002, Rio Claro / SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCICO DO BRASIL, 6, 2002, Rio Claro. **Boletim**. Rio Claro: UNESP, 2002. p.103-106.

LIRA, C. P. **Geologia do extremo oeste Potiguar - Área de Doutor Severiano-Encanto**. Natal, 1981. 63p. Relatório de Graduação.em (Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

MABESOONE J. M. Relief of Northeastern Brazil and its correlated sediments, **Zeitschrift für Geomorphologie**, v.10, n.4, p.419-453, 1966.

MABESOONE, J. M.; CAMPOS E SILVA, A.; BERULEM, K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.2, n.3, p.173-188, set. 1972.

MABESOONE, J. M.; CAMPANHA, V. A. Caracterização estratigráfica dos Grupos Rio do Peixe e Iguatu. **Estudos Sedimentológicos**, v.3/4, p. 2-41, 1973/1974.

MACEDO, M. H. F.; JARDIM DE SÁ; E. F.; SÁ, J. M. Datações Rb-Sr em ortognaisses e a idade do Grupo Seridó. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 11, 1984, Natal. **Atas do...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1984. 473p. II. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 9) p.253-262.

MACEDO, M. H. F. et al. Avaliação dos dados geocronológicos do Complexo Caicó (RN) e suas implicações tectônicas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. **Atas do...** Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1991. 383p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 12) p.256-259.

MAGINI, C. **Evolução pré-cambriana da Província Borborema: o extremo oeste potiguar.** São Paulo, 2001. 218p. Tese (Doutoramento) - Universidade Estadual de Campinas.

MANIAR, P. D.; PICCOLI P. M. Tectonic discrimination of granitoids. **Geol Soc Amer. Bull.**, v.101, p.635-643, 1989.

MATOS, R. M. D. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the break-up between Brazil and West Africa. In: CAMEROM, N. R. et al. (eds.) **The oil and gas habitats of the South Atlantic.** London: Geological Society, 1999. (Special Publications, 153) p.55-73.

MATOS, R. M. D. The northeast Brazilian rift system. **Tectonics**, v.11, n.4, p.766-791, aug. 1992.

MARIANO, G.; SIAL, A. N. High K-Calc-Alkalic vs. Shoshonitic Granitic Magmatism in Northeast Brazil. **An. Acad. Bras. Cienc**, v.65, p.119-129, 1993.

McMURRY, J.; LONG, L. E.; SIAL, A. N. Petrology and isotope systematics of magma mushes: some porphyritic granitoids of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.17, n.3, p.473-480, set. 1987a.

McMURRY, J.; LONG, L. E.; SIAL, A. N. Evolution of a heterogeneous, continentally derived granite: Dona Inês pluton, northeastern Brazil. **Journ. Geol.** v.95, p.107-117, 1987b.

McMURRY, J.; LONG, L. E.; SIAL, A.N. Two-stage evolution of a texturally homogeneous granite: REE and isotopic evidence from the Dona Inês pluton, Northeast Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS - ISGAM, 1, 1987, Salvador. **Extended abstracts.** Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1987c. 298p. p.173-176.

MELO JÚNIOR, G.; LEGRAND, J. M. Mineralizações Auríferas em Rochas calcissilicáticas: Caso da Província Shelitífera da Borborema (RN-PB). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15, 1993, Natal. **Atas do ...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1993. 382p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 13) p.189-191.

MCREATH, I.; GALINDO, A. C.; DALL'AGNOL, R. The Umarizal igneous association, Borborema Province, NE Brazil: Implications for the genesis of A-type granites. **Gondwana Research**, v.5, p.339-353, 2002.

MEDEIROS, M. F. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Catarina. Folha SD.24-Y-B-II. Estado do Ceará. Escala 1:100.000.** Brasília: DNPM/CPRM, 1993. 170p. il.

MEDEIROS, V. C. **Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil.** Natal, 2004. 200p. Tese (Doutorado) - Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte,

MEDEIROS, V. C. et al. Aspectos geológicos da região entre Pombal e Catolé do Rocha-PB (Domínio Rio Grande do Norte, Província Borborema): dados preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 21, 2005, Recife. **Resumos expandidos. A geologia e a sociedade.** Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 2005. 545p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 19) p.74-78.

MEDEIROS NETO, F. A. **Geologia do extremo oeste Potiguar - Área de Coronel João Pessoa.** Natal, 1981. 75p. il. Relatório de Graduação em (Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MENEZES, M. R. **Estudos sedimentológicos e o contexto estrutural da Formação Serra dos Martins nos platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN.** Natal, 1999. 174p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MENTE, Albert; PESSOA, Mario Dias; LEAL, Onofre. **Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil na Escala 1:5.000.000: Relatório Final.** Recife: CPRM, 1981. 2v.

MEUNIER, A. R. Succession stratigraphique et passages lateraux dus au metamorphisme dans la Série Ceará, Antecambrien du Nord-Est brésilien. **C. R. Acad. Sci.** Paris, v.259, p.3796-3799, 1964.

MIDDLEMOST, E. A. K. **Magmas and magmatic rocks**. Longman: London, 1985. 666p.

MORAES, J. F. S. A primeira ocorrência de rubi do Estado do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 18, 2000, Recife. **Resumos**. Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 2000. 188p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 16) p.172.

MORAES, J. F. S. As ocorrências de esmeraldas do Estado do Rio Grande do Norte: uma nova tipologia de depósito. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 18, 2000, Recife. **Resumos**. Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 2000. 188p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 16) p.171.

MORAES, J. F. S. **Gemas do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1999. 72p. il. 1 mapa in bolso.

MORAES, L. J. **Serras e montanhas do Nordeste**. Rio de Janeiro: Inspectoria de Obras Contra Secas, 1924. 2v. (Série 1.D - publ, 58).

MORRISON, G. W. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. **Lithos**, v.13, p.97-108, 1980.

NASCIMENTO, M. A. et al. Geochemical signature of the brasiliano-age plutonism in the Seridó belt, northeastern Borborema Province (NE Brazil). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.30, n.1, p.161-164, mar. 2000.

NESI, J. de R.; CARVALHO, V. G. D. de **Minerais industriais do Rio Grande do Norte**. Recife CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 1999. 156p. il. 1 mapa in bolso.

NÓBREGA, M. A. et al. The use of apatite fission track thermochronology to constrain fault movements and sedimentary basin evolution in northeastern Brazil. **Radiation Measurements**, v.39, p.627-633, 2005.

NOGUEIRA, F. L. V.; OLIVEIRA, M. S.; CASTRO, D. L. Estudo magnético e gravimétrico do arcabouço estrutural da Bacia do Rio do Peixe - PB. **Revista de Geologia**, São Paulo, v.17, p.74-87, 2004.

OLIVEIRA, D. C. **O papel do enxame de diques Rio Ceará Mirim na evolução tectônica do nordeste oriental (Brasil): implicações na formação do Rifte Potiguar**. Ouro Preto, 1992. 166p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

OLIVEIRA, R. G. **Arcabouço geotectônico na região da Faixa Riacho do Pontal, Nordeste do Brasil: dados aeromagnéticos e gravimétricos**. São Paulo, 1998. 157p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, R. G. et al. Magnetic, gravity and gama-ray spectrometry responses of tectonostratigraphic terranes in the Jaguaribe SE sheet (SB.24-Z), In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 7, 2001, Salvador. **Anais**. Salvador: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2001. p.496-500.

PAIVA, I. P.; SATO, E. Y. **Projeto Encanto: relatório final de pesquisa. Alvarás nº 5058/84; 2493/84; 2494/84; 2495/84; 2496/84; 2497/84; 2498/84; 2499/84; 2500/84; 0013/88; 3107/85**. Recife: CPRM,1988. 145p.

PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENQ, J. **Les minéraux en grains: méthodes d' étude et détermination**. Paris: Masson, 1977. 578 p.

PARRISH, R. R. An improved micro-capsule for zircon dissolution in U-Pb geochronology. **Chemical Geology**, v.66, p.99-102, 1987.

PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. **Journal of Petrology**, v.25, p.956-983, 1984.

PEARCE, J. A. Sources and settings of granitic rocks. **Episodes**, v.19, p.120-125, 1996.

PHILLIPS, E. R. Myrmekite - one hundred years later. **Lithos**, v.7, p.181-194, 1974.

PONTE, F. C. A posição estratigráfica do Grupo Lavras da Mangabeira: interior do Ceará. In: SIMPOSIO SOBRE O CRETÁCIO DO BRASIL, 3, 1994, Rio Claro. **Boletim**. Rio Claro: UNESP/IGCE, 1994. 213p. il. p.147-151.

PONTE, F. C. **Evolução paleogeológica do Brasil oriental e África ocidental**. Salvador: Petrobrás: SETUP- CEPG-IV, 1971.

PRADO, F. S. et al. **Projeto Lavras da Mangabeira: Relatório da etapa I texto e anexos**. Fortaleza: DNPM/CPRM, 1981 2v.

PRADO, F. S. et al. **Projeto Lavras da Mangabeira: Mapa geológico integrado (escala 1:200.000)**. Fortaleza: DNPM/CPRM, 1980 2v.

PRIEM, H. N. A et al. K-Ar Dating of a basaltic layer in the sedimentary Lavras Basin, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.8, n.4, p.262-269, dez. 1978.

RABINOWITZ, P. D.; LABRECQUE, V. The Mesozoic South Atlantic Ocean and Evolution of its Continental Margin. **Journal Geophys. Res.**, v.84, p.5973-6002, 1979.

RÊGO, J. M. **Geologia do extremo oeste Potiguar - Área de São Miguel**. Natal, 1981. 33p. Relatório de Graduação em (Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RENAME, J. et al. **International Stratigraphic Chart**. England: UNESCO/IUGS, 2000.

SÁ, J. M. **Evolution géodynamique de la ceinture proterozoïque d'Orós, Nord-Est du Brésil**. Nancy, 1991. 173p. Thèse (Doctorat) - Univ. Nancy I, 1991.

SÁ, J. M.; BERTRAND, J. M.; LETERRIER, J. Évolution géodynamique et géochronologie (U-Pb, Rb-Sr, K-Ar) de la ceinture plissée d'Orós, NE du Brésil. **C. R. Acad. Sci. Paris, Série 2**, v.313, p.231-237, 1991.

SÁ, J. M.; MCREATH, I.; LETERRIER, J. Petrology, geochemistry and geodynamic setting of Proterozoic igneous suites of the Orós fold belt (Borborema Province, Northeast Brazil). **Journal**

of **South American Earth Sciences**, v.8, p.299-314, 1995.

SÁ, J. M. et al. Augen gnaisses x augen gnaisses da Faixa Jaguaribean, NE do Brasil: estratigrafia, geoquímica e idade U-Pb. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, 1997, Fortaleza. **Resumos expandidos**. Fortaleza: SBG. Núcleo Nordeste, 1997. 537p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 15) p.113-117.

SALIM J. **Geologia e controles da mineralizações scheelitíferas da região da Serra do Feiteiceiro e Bonfim, RN**. Brasília, 1979. 106p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Departamento de Geociências, Universidade de Brasília.

SALIM J. **Geologie, petrologie et geochemie des skarns a scheelite de la Mine Brejuí, Currais Novos, Region du Serido, NE du Brésil**. Louvain-La-Neuve, 1993. 272p. Thèse - (Docteur en Sciences) - Laboratoire de Geologie et Minerlogie, Universite Catholique de Louvain.

SALIM J.; LEGRAND J. M. Petrologia dos skarns primários da Mina Brejuí, Currais Novos (RN). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário de Camboriú – SC. **Boletim de resumos expandidos**. Balneário de Camboriú: SBG, 1994. 3v. il. v.1 p.319-321.

SANTOS, E. J. dos. Contexto tectônico regional. In: MEDEIROS, V. C. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Aracaju NE. Folha SC.24-X. Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Escala 1:500.000. Geologia e Metalogênese**. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD ROM.

SANTOS, E. J. dos. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais**. Salvador: SBG, 1996. 7v. il. v.6 p.47-50.

SANTOS, E. J. dos. Província scheelitífera do Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, 1973, Aracajú. **Roteiro das excursões**. Aracajú: SBG. Núcleo Nordeste, 1973. 74p. (Boletim, 3) p.31-46.

SANTOS, E. J. dos; BRITO NEVES, B. B. de Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. **O pré-cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. 378p. Cap.5 p.123 -

186.

SANTOS, E. J. dos; MEDEIROS, V. C. Constraints from granitic plutonism on proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, NE Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.29, n.1, p.73-84, mar.1999.

SANTOS, E. J. dos et al. A região de dobramentos nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o cráton de São Luís e as bacias marginais. In: SCHOBENHAUS, C., et al. (Coords.). **Geologia do Brasil Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área Oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2 500 000**. Brasília: DNPM, 1984. 501p. il. p.31-189.

SANTOS, E. J. dos et al. Terrane and their boundaries in the Proterozoic Borborema Province, Northeast Brazil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 7, 1999, Lençóis - Bahia SNET/ SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECTÔNICA DA SBG, 1999, Lençóis - Bahia. **Anais**. Lençóis: SBG, 1999. Lençóis: SBG, 1999. "paginação irregular" il. p.121-124.

SANTOS, E. J. dos, FERREIRA, C. A., SILVA JÚNIOR, J. M. F. [CD ROM]. **Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba - Escala 1:500.000**. Recife: CPRM, 2002. 1 CD-ROM.

SCHEID, C.; MUNIS, M. de B. **Projeto Cadastramento dos Recursos Minerais Não Metálicos do Estado da Paraíba: relatório final. Texto - anexos**. Recife: CPRM/CINEP, 1976. 5v.

SCHOBENHAUS C. et al. **Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil incluindo depósitos minerais escala 1: 2.500.000**. Brasília: DNPM, Brasília, 1984. 501p. il.

SENA DE SÁ, C. A. **Geologia do extremo oeste Potiguar - área de Riacho de Santana-Rafael Fernandes**. Natal, 1981. 70p. Relatório de Graduação em (Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SIAL, A. N. Granite-types in Northeastern Brazil: Current knowledge. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.16, n.1, p.52-72, mar. 1986.

SIAL, A. N. ***Petrology and tectonic significance of the post-paleozoic basaltic of Northeast Brazil.*** Davis, 1974. 204p. Thesis (Doctor of Philosophy) - University of California.

SIAL, A. N. Petrologia e significado tectônico dos diabásios mesozóicos do Rio Grande do Norte e Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 7, 1975, Fortaleza. ***Atas do...*** Fortaleza: SBG. Núcleo Nordeste, 1975. 374p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 5) p.207-221.

SIAL A. N. The post-paleozoic volcanism of Northeast Brazil and its tectonic significance. ***Anais Academia Bras. Ciências.*** v.48, p.229-311, 1976..

SILVA, L. C. et al ***Petrologia e evolução dos gnaisses de alto grau na folha Iguatu-CE.*** Fortaleza: CPRM, 1993. Não Paginado.

SILVA, L. C. et al. U-Pb SHRIMP ages in southern State of Ceará, Borborema Province, NE Brazil: Archean TTG accretion and Proterozoic crustal reworking. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS - ISGAM, 2, 1997, Salvador. ***Extended abstracts and program.*** Salvador: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais - SGM, 1997. 336p il. p.280-281.

SILVA, M. R. R. ***Petrographical and geochemical investigations of pegmatites in the Borborema pegmatite province of NE Brazil.*** Munchen, 1993. 305p. Dissertation (Doktorgrades) - Universitat-Munchen, 1993.

SILVA FILHO, M. A. A faixa de dobramento Piancó: síntese do conhecimento e novas considerações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. ***Anais do...*** Rio de Janeiro: SBG, 1984. 12v. v.7 p.3337-3347.

SILVA FILHO, M. A.; NESI, J. R.; MENDES, V. A. ***Projeto Cachoeirinha. Relatório final integrado.*** Recife: DNPM/CPRM, 1985. 6v. v.4.

SIMANDL, G. J., PARADIS S., BIRKETT, T. ***Schist-hosted emeralds, 2005.*** Disponível em: <http://www.geology.gov.yk.ca/metallogeny/mineral_deposits_profiles/of2005_5/q07_schist_hosted_emeralds.pdf> Acesso em: 11 ago. 2006.

SOUZA, L. C. **Geologia do extremo oeste Potiguar - área de Pau dos Ferros**. Natal, 1981. 90p. Relatório de Graduação em (Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOUZA, Z. S. **Petrogénèse des metagranitoïdes du Complexe de Caicó, Province Borborema (Etat du Rio Grande do Norte, Brésil)**. Nancy, 1991. 87p. Mém. DESS, Inst. Géol., Univ. Rennes I.

SOUZA, Z. S.; JARDIM DE SÁ, E. F. de. Metamorfismo de alta temperatura associado a uma estrutura transtraccional Brasileira a SE de Barra de Santa Rosa (PB). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15, 1993, Natal. **Atas do...** Natal: SBG. Núcleo Nordeste, 1993. 382p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 13) p.124-127.

SOUZA, Z. S.; MARTIN, H. Aspectos petrográficos e texturais em terrenos de alto grau: exemplo do Complexo Caicó, RN, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. **Atas do...** Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1991a. 383p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 12) p.244-246.

SOUZA, Z. S.; MARTIN, H. Petrogênese dos metagranitóides do Complexo Caicó, RN, NE do Brasil. In: In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. **Atas do...** Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1991b. 383p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 12) p.175-177.

SRIVASTAVA, N. K. Aspectos geológicos e sedimentológicos das bacias de Iguatu, Lima Campos e Malhada Vermelha (Ceará). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, 1990, Crato. **Atas**. Crato: DNPM/SBG/SBP, 1990. 405p. il. p.209-222.

SRIVASTAVA, N. K.; CARVALHO, I. S. Bacia do Rio do Peixe (PB). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa. **Roteiro de excursão**. João Pessoa: SBG, 2002. 26p.

SRIVASTAVA, N. K. et al. Geologia e estratigrafia das Bacias de Pau dos Ferros e do Rio Nazaré (Rio Grande do Norte). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 13, 1989, Fortaleza; SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 2, 1989, Fortaleza. **Atas do...** Fortaleza:

SBG. Núcleo Nordeste, 1989. 293p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 11) p.157-161.

SZATMARI, P. et al. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.17, n.2, p.180-188, jun.1987.

SZATMARI, P. et al. Rifteamento na margem equatorial do Brasil. *In*: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, 1985, Fortaleza. **Boletim de resumos**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1985. p.91.

TERA, F.; WASSERBURG, G. J. U-Th-Pb systematics in three Apollo 14 basalts and the problem of initial Pb in lunar rocks: **Earth Planet. Sci. Lett.**, v.14, p.281-304, 1972.

TORRES, H. F. H. **Petrologia e geoquímica do batólito calcioalcalino de alto-K de Brejinho, domínio da zona transversal, Província Borborema, NE do Brasil**. Recife, 2001. 185p. Tese (Doutorado em Geociências, área de concentração Petrologia) - Centro de Tecnologia e Geociências, Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

TRINDADE, R. I. F. et al. Sort-lived granitic magmatism along shear zones: evidence from U-Pb zircon and sphene ages of Caraúbas and Tourão granites. *In*: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY-SSAGI, 2, 1999, Argentina. **Actas**. Cordoba: SSAGI, 1999. 582p. p143-144.

VAN SCHMUS, W. R. et al. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the Eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. **Journal of South American Earth Sciences**, v.8, p.267-288, 1995.

VAN SCHMUS, W. R. et al. The Seridó Group of NE Brazil, a late Neoproterozoic pré- to syn-collisional basin in West Gondwana: insights from SHIRIMP U-Pb detrital zircons ages and Sm-Nd crustal residence (TDM) ages. **Prec. Res**, v.127, p.287-386, 2003.

VASCONCELOS, A. M.; PRADO, F. S.; GOMES, E. M. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Iguatu. Folha SB.24-Y-B. Estado do Ceará. Escala 1:250.000**. Geologia e Metalogênese. Brasília: CPRM, 1997. 148p. 2 mapas

VASCONCELOS, E. C. **Estudo faciológico da Formação Souza (Grupo Rio do Peixe, PB)**. Recife, 1980. 129p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco.

VIEIRA, A. G.; WANDERLEY, A. A.; BARBOSA, A. J. **Projeto Scheelita do Seridó: mapa geológico Catolé do Rocha Folha SB.24-Z-A-III**. Brasília: DNPM/CPRM, 1980a. 1 mapa 75,0 cm x 91,5 cm Escala 1:100.000

VIEIRA, A. G. et al. **Projeto Scheelita do Seridó: mapa geológico Pombal Folha SB.24-Z-A-VI**. Brasília, DNPM/CPRM, 1980b. 1 mapa 75,0 cm x 91,5 cm Escala 1:100.000