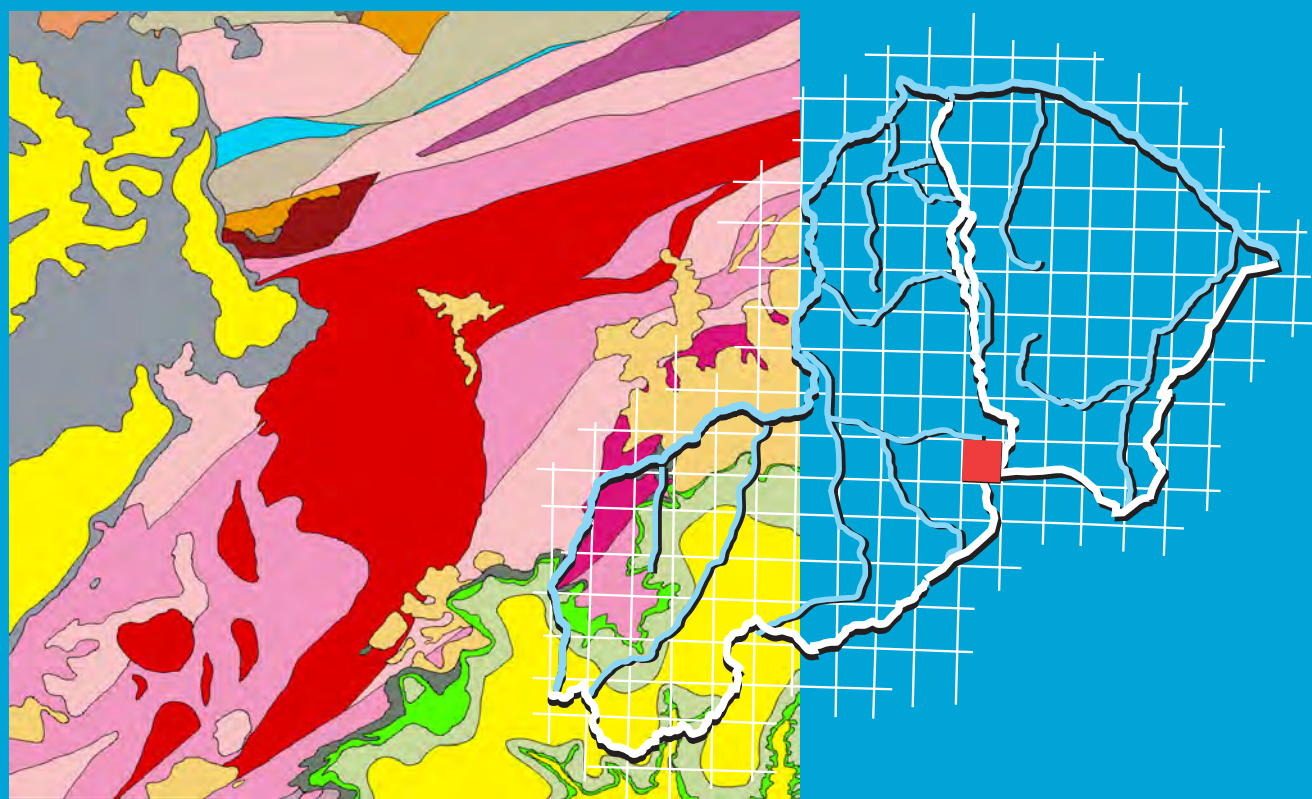


**Programa Geologia do Brasil**  
**Levantamentos Geológicos Básicos**

# **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**

## **DA FOLHA FRONTEIRAS**

### **SB.24-Y-C-III**



**Escala: 1:100.000**  
**2017**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**  
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
RESIDÊNCIA DE TERESINA

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**  
**DA FOLHA FRONTEIRAS**  
**SB.24-Y-C-III**

**ESCALA 1:100.000**  
**ESTADOS DO PIAUÍ, PERNAMBUCO E CEARÁ**

**Joaquim das Virgens Neto**



TERESINA  
2017

CPRM – RESIDÊNCIA DE DE TERESINA  
RUA GOIÁS, 312 – SUL  
TERESINA - PI - BRASIL  
CEP: 64001-570  
TEL.: (86) 3222-4153  
FAX: (86) 3222-6651  
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR

Virgens Neto, Joaquim das (Org.)

Geologia e Recursos Minerais da Folha Fronteiras SB.24-Y-  
C-III Escala 1:100.000, Estados do Piauí Pernambuco e Ceará.  
Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2015.  
79p il. + mapas

Programa Geologia do Brasil - PGB. Levantamentos Geológi-  
cos Básicos do Brasil.  
ISBN 978-85-7499-313-3

1.Geologia Regional. 2. Mapeamento Geológico. 3. SIG. 4.  
Brasil. 5. Piauí. 6. Pernambuco. 7. Ceará. I. Título

CDD: 558.122

Ficha catalográfica elaborada na CPRM-RE por Bibl. Dalvanise da Rocha S. Bezerril

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

RESIDÊNCIA DE TERESINA

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS**  
**DA FOLHA FRONTEIRAS**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Fernando Coelho Filho  
*Ministro de Estado*

Paulo Pedrosa  
*Secretário Executivo*

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Vicente Humberto Lôbo Cruz  
*Secretário*

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**

Eduardo Jorge Ledsham  
*Diretor-Presidente*

José Carlos Garcia Ferreira  
*Diretor de Geologia e Recursos Minerais*

Stênio Petrovich Pereira  
*Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial*

Esteves Pedro Conalgo  
*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

José Carlos Garcia Ferreira  
*Diretor de Administração e Finanças (interino)*

Marco Túlio Naves de Carvalho  
*Chefe do Departamento de Geologia (interino)*

José Leonardo Silva Andriotti  
*Chefe do Departamento de Recursos Minerais (interino)*

Edilton José dos Santos  
*Chefe da Divisão de Geologia Básica*

Evandro Luiz Klein  
*Chefe da Divisão de Geologia Econômica*

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto  
*Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica*

Patricia Duringer Jacques  
*Chefe da Divisão de Geoprocessamento*

Marília Santos Salinas Rosário  
*Chefe da Divisão de Cartografia*

José Márcio Henriques Soares  
*Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação (interino)*

José Márcio Henriques Soares  
*Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação*

**RESIDÊNCIA DE TERESINA**

Evaldo Lira  
*Chefe da Residência*

Francisco Rubens de Sousa  
*Assistente de Produção de Geologia e Recursos Minerais*

Francisca de Paula da Silva e Lima  
*Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

Jean Ricardo da Silva Nascimento  
*Assistente de Hidrologia e Gestão Territorial*

Thiago Moraes Sousa  
*Assistente de Administração e Finanças*

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM**

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

RESIDÊNCIA DE TERESINA

**CRÉDITOS AUTORAIS**

Joaquim das Virgens Neto

---

**CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO**

**1. INTRODUÇÃO**

Joaquim das Virgens Neto

**SIG GEOLÓGICO**

Joaquim das Virgens Neto

**2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL**

Joaquim das Virgens Neto

**COORDENAÇÃO TÉCNICA REGIONAL**

Elizângela Soares do Amaral

**3. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS**

Joaquim das Virgens Neto

Magda Teresinha Guimarães

**COLABORAÇÃO TÉCNICA**

Reginaldo Alves dos Santos (Geólogo)

Edilton José dos Santos (Geólogo)

Vladimir Cruz de Medeiros (Geólogo)

**4. GEOLOGIA ESTRUTURAL**

Joaquim das Virgens Neto

**REVISÃO FINAL**

Edilton José dos Santos (Geólogo)

**5. RECURSOS MINERAIS**

Joaquim das Virgens Neto

**PROJETO GRÁFICO (DIAGRAMAÇÃO) - GERIDE-SP**

Marina das Graças Perin

**6. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA**

Carlos Alberto C. Lins

**PROJETO GRÁFICO (PADRÃO CAPA/EMBALAGEM-DERID/DIMARK)**

Ernesto Von Sperling

José Márcio Henrique Soares

Washington José Ferreira Santos

**7. GEOFÍSICA**

Elizângela Soares Amaral

**8. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES**

Joaquim das Virgens Neto

**MAPA GEOLÓGICO**

Joaquim das Virgens Neto

# APRESENTAÇÃO

---

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil é responsável pela retomada em larga escala dos levantamentos geológicos básicos do país. Este programa tem por objetivo fornecer subsídios para novos investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros. Além disso, os dados obtidos no âmbito desse programa podem ser utilizados em ações de gestão territorial e de recursos hídricos, dentre inúmeras outras aplicações de interesse social.

A folha encontra-se no contexto geológico das províncias Borborema e Parnaíba, tectonicamente inserida na área de influência de grandes lineamentos transcorrentes.

Em termos estruturais, a região é dominada por deformações originadas da implantação de corpos graníticos, além de cisalhamentos destrais, em sua maior parte, provocados pela movimentação e colagem de blocos, muitas vezes dobrando foliações pré-existentes. O metamorfismo observado varia de fácies xisto-verde para os mármores e xistos do Grupo Orós a anfíbolito observado em alguns ortognaisses brasileiros.

No tocante aos recursos minerais ocorrem mineralizações de cobre e ferro, principalmente nas proximidades do município de São Julião (PI).

Na Folha Fronteira (SC.24-Y-C-III), escala 1:100.000, foram compiladas e integradas todas as informações geológicas, geoquímicas, geofísicas, geotectônicas e de recursos minerais disponíveis na região, complementadas com a interpretação de fotografias aéreas e de imagens de satélite, acompanhada de intensa programação de trabalhos de coleta de dados de campo e da elaboração de um texto explicativo. Todos estes dados estão hospedados em robusto e moderno banco de dados (GEOBANK) da CPRM.

Com mais este lançamento, executado pela Residência de Teresina, o Serviço Geológico do Brasil segue dando cumprimento à política de atualizar o conhecimento geológico do país, seja pela retomada dos levantamentos geológicos básicos, nas escalas 1:100.000 e 1:250.000, dos levantamentos aerogeofísicos ou pelas integrações estaduais na escala 1:500.000 e 1:1.000.000, contribuindo desta forma, com o resgate da infraestrutura de desenvolvimento regional, como subsídio importante à formulação de políticas públicas e apoio às tomadas de decisão de investimentos.

EDUARDO JORGE LEDSHAM  
Diretor Presidente

JOSÉ CARLOS GARCIA FERREIRA  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais



# RESUMO

---

A Folha Fronteiras situa-se no extremo leste do estado do Piauí, envolvendo os municípios de Vila Nova do Piauí, Alegrete do Piauí, Francisco Macêdo, Marcolândia, Caldeirão Grande do Piauí, Simões, Padre Marcos, Belém do Piauí, Fronteiras, São Julião, Alagoinha do Piauí, Monsenhor Hipólito, Jaicós e Campo Grande do Piauí (PI), Salitre (CE) e Araripina (PE). É limitada pelos paralelos de 7° 00' e 7° 30' S e pelos meridianos 40° 30' e 41° 00' W.

A folha encontra-se no contexto geológico das províncias Borborema e Parnaíba, tectonicamente inserida na área de influencia de grandes lineamentos transcorrentes. As rochas pré-cambrianas são representadas pelos complexos Granjeiro e Jaguaretama, Grupo Orós e Granitoides Brasileiros. As rochas fanerozoicas estão presentes nas bacias Catolé-São Julião, do Parnaíba e do Araripe e em coberturas neógenas.

Os dados de campo aliados às descrições petrográficas permitiram a caracterização de dez grupos litológicos: embasamento de idade arqueana representado pelo Complexo Granjeiro, formado por ortognaisses tonalíticos e anfibólitos; embasamento paleoproterozoico representado pelas rochas do Complexo Jaguaretama consistindo em dioritos, granodioritos, granitos e lentes de anfibólito, possivelmente originados no Ciclo Transamazônico; Grupo Orós representado pela Sequência São Julião, unidade composta por xistos, gnaisses e mármore; Suíte Intrusiva Conceição; Suíte Intrusiva Itaporanga; rochas da Bacia Catolé-São Julião; sedimentos paleozoicos da Bacia do Parnaíba; sedimentos cretáceos da Bacia do Araripe e coberturas cenozoicas do Neógeno.

Em termos de aspectos estruturais, a região é dominada por deformações originadas da implantação de corpos graníticos, além de cisalhamentos dextrais, em sua maior parte, provocados pela movimentação e colagem de blocos, muitas vezes dobrando foliações pré-existentes. O metamorfismo observado varia de facies xisto-verde para os mármore e xistos do Grupo Orós a anfibólito observado em alguns ortognaisses brasileiros.

No tocante aos recursos minerais, ocorrem mineralizações de cobre e ferro, principalmente nas proximidades do município de São Julião (PI). Ocorrem ainda calcário e granito, além de argila e areia.

Em depósitos fossilíferos relacionados à Formação Santana, são encontrados peixes, insetos e restos vegetais de idade cretácea, além de icnofósseis como paleotocas de animais da megafauna pleistocênica a exemplo do gliptodonte.





# ABSTRACT

---

The Fronteiras Sheet is located in the far eastern state of Piauí, involving the cities of Vila Nova do Piauí, Alegrete do Piauí, Francisco Macedo, Marcolândia, Caldeirão Grande do Piauí, Simões, Padre Marcos, Belém do Piauí, Fronteiras, São Julião, Alagoinha do Piauí, Monsenhor Hipólito, Jaicós and Campo Grande do Piauí (PI), Salitre (CE) and Araripina (PE). It is bounded by the parallel 7° 00' e 7° 30' S and meridians 40° 30' e 41° 00' W.

The sheet is in the context of geological provinces Parnaíba and Borborema, tectonically located in the area of influence of large transcurrent lineament. The pre-Cambrian rocks are represented by the Jaguaratama and Grangeiro Complex, Orós Group and Brazilian granitoids. The Phanerozoic rocks are present as Molassóides basins, Parnaíba and Araripe basins and Neogenics Covers.

The field data coupled with petrographic descriptions, allowed the characterization of ten lithological groups: the Archean basement represented by Grangeiro complex, formed by tonalitic orthogneisses and amphibolites; paleoproterozoic represented by the basement rocks of the Jaguaratama complex, consisting of diorites, grandiorites, granites and amphibolite lens, possibly originating in the Transamazonic Cycle, Orós Group represented by São Julião sequence, a unit composed of schists, gneisses and marbles; Intrusive Suite Conceição; Intrusive Suite Itaporanga; Molassóide Basin rocks, Paleozoic sediments of Parnaíba, Cretacic sediments of Araripe Basin, and Cenozoic sediments of the Neogene.

In terms of structural aspects, the region is dominated by deformations arising from implementation of granites, and dextral shear for the most part, caused by moving blocks and collage, often folding pre-existing foliation. The observed metamorphic facies ranges from green for the marbles and schists of the amphibolite Group Orós observed in some Brazilian orthogneisses.

With regard to mineral resources, there are iron and copper mineralization is near the city of São Julião (PI) his main area of occurrence. Still occurring limestone and granite, clay and sand.

Fossiliferous deposits occur in the area related to the Santana Formation, where they found fish, insects and plants of Cretaceous age, as well as ichnofossils paleocaves animals of the Pleistocene megafauna such glyptodont.



# SUMÁRIO

---

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	9
1 – INTRODUÇÃO .....	15
2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....	17
2.1 - PROVÍNCIA BORBOREMA .....	17
3 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS .....	21
3.1 - INTRODUÇÃO .....	21
3.2 - UNIDADES PRÉCAMBRIANAS .....	21
3.2.1 - Complexo Granjeiro (A4g) .....	21
3.2.2 - Complexo Jagaretama (PP2j) .....	23
3.2.3 - Unidade Gnaissica (PP2jgn) .....	26
3.2.4 - Grupo Orós (PP4 $\gamma$ s, PP4os, PP4oca, PP4oqx) .....	26
3.2.5 - Suite Intrusiva Conceição (NP3 $\gamma$ 2c) .....	29
3.2.6 - Suite Intrusiva Itaporanga: Plúton Campos Sales-Assaré (NP3 $\gamma$ 21t19) .....	29
3.2.6.1 - Litogeoquímica dos Granitóides Brasileiros (NP3 $\gamma$ 2c e NP3 $\gamma$ 2it) .....	31
3.3 - BACIAS DO ESTÁGIO DE TRANSIÇÃO (GRUPO RIO JUCÁ) .....	38
3.4 - UNIDADES FANEROZÓICAS .....	39
3.4.1 - Grupo Serra Grande (Formação Jaicós-Ssgj) .....	39
3.4.2 - Bacia de Padre Marcos (K1pm) .....	39
3.4.3 - Bacia do Araripe .....	40
3.4.3.1 - Formação Santana (K1s) .....	41
3.4.3.2 - Formação Araripina (K2a) .....	42
3.4.3.3 - Formação Exu (K2e) .....	43
3.4.3.4 - Coberturas Neógenas (NQa, NQdl) .....	43
4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL .....	45
4.1 - INTRODUÇÃO .....	45
4.2 - DOMÍNIOS ESTRUTURAIS .....	45
4.3 - ESTÁGIOS E FASES DE DEFORMAÇÃO .....	45
4.4 - EVOLUÇÃO TECTÔNICA .....	48
5 – RECURSOS MINERAIS .....	51
5.1 - COBRE .....	52
5.2 - OURO .....	52
5.3 - FERRO .....	53
5.4 - CALCÁRIO .....	53
5.5 - GRANITOS E GNAISSES .....	54
5.6 - ARGILAS, AREIAS E CASCALHOS .....	54

6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA .....	57
6.1 - INTRODUÇÃO .....	57
6.2 - METODOLOGIA.....	57
6.2.1 - Generalidades .....	57
6.2.2 - Metodologia de Campo.....	57
6.2.3 - Metodologia Analítica .....	57
6.2.3.1 - Sedimentos de corrente .....	57
6.2.3.2 - Concentrados de Bateia .....	57
6.3 - TRATAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS .....	58
6.3.1 - Sedimentos de Corrente .....	58
6.3.2 - Estudo da Variância .....	58
6.3.3 - Sumário dos estimadores.....	58
6.3.4 - Tipos de distribuição (Box-Whiskers) .....	58
6.3.5 - Correlações e agrupamentos .....	58
6.3.6 - Distribuição dos elementos e estabelecimento das anomalias .....	61
6.3.7 - Concentrados de bateia .....	61
6.4 - MAPA GEOQUIMICO .....	61
7 – GEOFÍSICA .....	63
7.1 - DADOS AEROGEOFÍSICOS .....	64
7.2 - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	65
7.3 - INTERPRETAÇÃO TECTÔNICA DOS ALINHAMENTOS MAGNÉTICOS.....	67
8 – RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES .....	69
8.1 - GEOLOGIA.....	69
8.2 - RECURSOS MINERAIS .....	69
8.3 - GEOQUÍMICA PROSPECTIVA .....	70
8.4 - RECOMENDAÇÕES.....	71
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
ANEXO .....	75

**PROJETO GEOLOGIA E RECURSOS  
MINERAIS DA FOLHA  
FRONTEIRAS - SB.24-Y-C-III**

---

**ESTADOS DO PIAUÍ, PERNAMBUCO E CEARÁ**



# 1 – INTRODUÇÃO

A Folha Fronteiras (SB.24-Y-C-III), localiza-se entre a borda leste da Bacia do Parnaíba e o limite oeste da Bacia do Araripe, mais precisamente na divisa dos estados do Piauí, Ceará e Pernambuco. É limitada pelos paralelos 7° 00'S e 7° 30'S e pelos meridianos 40° 30'W e 41° 00'W (Figura 1.1), totalizando aproximadamente 3000km<sup>2</sup> de área. A região é drenada por vários rios temporários como o Catolé e o Curimatá, possuindo também barragens como as do Estreito e Barreiras. Abrange os municípios de Vila Nova do Piauí, Alegrete do Piauí, Caldeirão Grande do Piauí, Francisco Macedo e Marcolândia em sua totalidade e parcialmente os municípios de Campo Grande do Piauí, Alagoinha do Piauí, São Julião, Pio IX, Fronteiras, Monsenhor Hipólito, Belém do Piauí, Padre Marcos, Simões (PI), Salitre (CE) e Araripina (PE), totalizando uma população residente na área em torno de 50 mil habitantes.

O acesso à área se dá, a partir de Teresina, seguindo pelo BR-316, passando por Picos-PI e chegando a Vila Nova do Piauí, está situada próximo ao limite oeste da folha (Figura 1.2). No interior da folha em estudo existem algumas estradas asfaltadas como as BR-316, BR-229, PI-220, PI-142 e PI-241, embora a maioria seja estradas de terra, muitas vezes em mal estado de conservação, principalmente nos períodos de chuva.

A economia da região é concentrada na agricultura, principalmente plantio de mandioca para fabrico de farinha, na pecuária bovina e caprina, no comércio relacionado a pecuária e apoio a viajantes. Há ainda uma parte da economia relacionada á exploração mineral, principalmente calcário para a indústria de cimento e granitos para a construção civil em menor quantidade.

Na folha fronteiras já foram realizados trabalhos de Pesquisa relacionados à Bacia Cambro-Ordoviciano,



Figura 1.1 – Mapa de localização da Folha Fronteiras.



no município de São Julião (PI), como os executados por Parente, 1984; Brito Neves, 1998 e Maas, 2003. Utilizando-se de técnicas modernas, dados complementares foram obtidos com base em imagens de satélite e um novo levantamento geofísico com linhas de voo espaçadas em 500m realizado pelo Projeto Levantamento Aerogeofísico Centro Sudoeste do Ceará, que utilizou de sensores magnético e gamaespectrométrico.

Dentro do Programa de Levantamento Geológico desenvolvido pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), a Folha Fronteiras foi selecionada devido ao seu potencial metalogênico. Apresenta várias ocorrências de cobre, além de possuir reservas de calcário e outros bens minerais. Como só havia trabalho anterior em escala 1:1.000.000, optou-se pelo mapeamento em escala 1:100.000, fornecendo assim suporte geológico para trabalhos de cunho metalogenético e exploratório. Os trabalhos referentes a este mapeamento iniciaram-se em outubro de 2009 com a compilação de dados pré-existentes e a elaboração de um

mapa geológico preliminar em ambiente SIG. Para esta etapa foram utilizados fotografias aéreas na escala 1:60.000, imagens de sensores passivos do satélite LANDSAT 7 e ativos do SRTM. Em 2010, deu-se início ao mapeamento geoquímico o qual foi realizado em duas etapas de campo, seguido de seis etapas de campo de cartografia das unidades geológicas, finalizando em 2011. Nestas etapas foram coletadas amostras para análises químicas, petrográficas e geocronológicas. O trabalho contou ainda com suporte petrográfico, litoquímico, geofísico, estrutural e isotópico. Os resultados alcançados e condensados neste relatório passam a fazer parte do SIG geológico final e do GEO-BANK, banco de dados da CPRM/SGB.

No SIG geológico final estão sintetizados todos os dados obtidos em campo e laboratório: 212 amostras de sedimento de corrente, 182 de concentrado de batéia, 496 afloramentos descritos com 643 amostras coletadas das quais 124 foram analisadas petrograficamente e 80 analisadas quimicamente, além de 2 amostras enviadas para Datação pelo método U-Pb e 5 pelo método Sm-Nd.

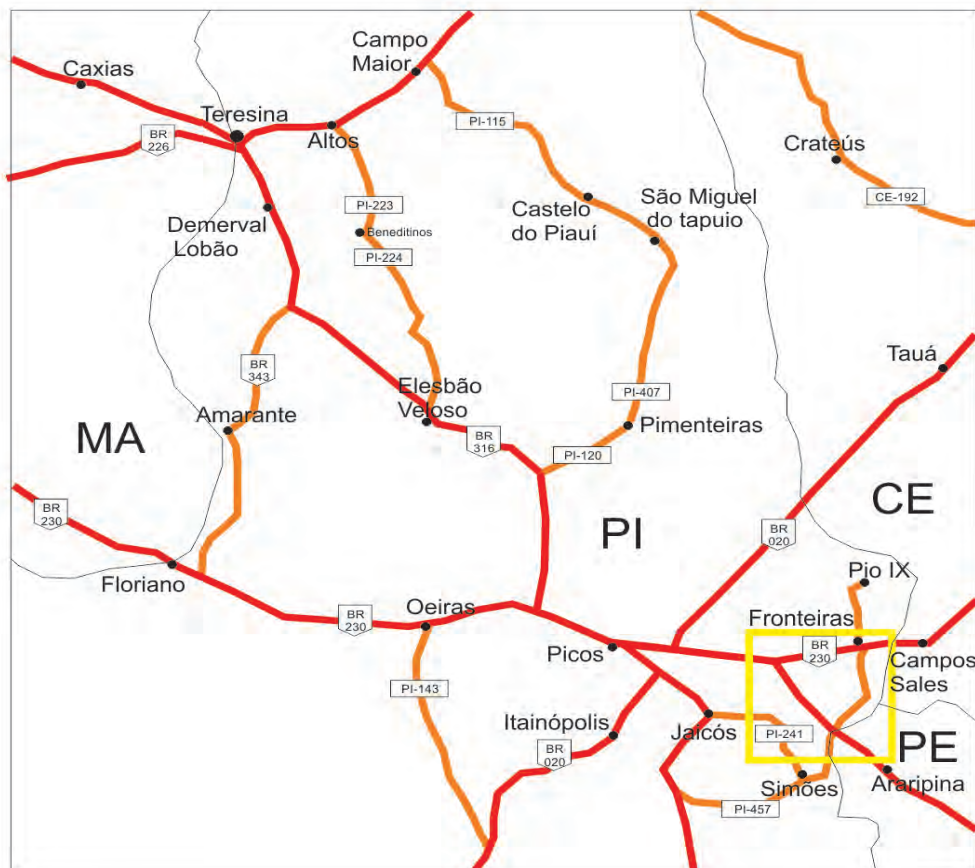


Figura 1.2 – Vias de acesso entre Teresina e a área estudada.

## 2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Folha Fronteiras localiza-se em parte na Província Borborema e parte na Província Parnaíba (Almeida *et al*, 1977), nas proximidades do limite oeste do Lineamento Patos, este situado ao Sul da Folha, e sob o domínio das zonas de cisalhamento Tatajuba e Potengi (Figura 2.1). Parte da área é composta, a Oeste, por sedimentos fanerozoicos da Formação Jaicós, pertencente ao Grupo Serra Grande da Bacia do Parnaíba e a sudeste por sedimentos da Bacia Sedimentar do Araripe. As rochas pré-cambrianas afloram ao longo de uma faixa central composta, principalmente, por granitos, gnaisses, ainda incluso neste contexto, sedimentos molassoides posteriores de idade cambro-ordovicianas.

### 2.1 - PROVÍNCIA BORBOREMA

A Província Borborema, definida por Almeida *et al*. (1977), corresponde a uma região situada no Nordeste brasileiro estando limitada ao sul pelo Cráton do São Francisco e a oeste pela Bacia do Parnaíba. Ocorrem ainda bacias sedimentares de idade fane-

rozoica, tanto costeira como interiores, recobrendo parte da província.

Consiste em uma complexa faixa colisional originada pela convergência de placas, principalmente entre a placa correspondente atualmente ao Craton do São Francisco e a do Oeste da África, amalgamando microplacas e terrenos, sendo consolidada no final do Ciclo Orogenético Brasileiro. Sua extensa rede de cisalhamentos é prova da grande mobilidade a qual a mesma foi submetida (Campelo, 1999).

Delgado *et al* (in Bizzi *et al*, 2003), com base no conceito de terrenos ou domínios tectonoestratigráficos e utilizando modelos de compartimentação previamente descritos (Jardim de Sá, 1994; Vam Schmus *et al*, 1995a; Brito Neves *et al*, 2000; Santos *et al*, 1996, Santos *et al*, 2000), propuseram um arcabouço tectônico para a Província Borborema, no qual são apresentados três terrenos principais limitados por zonas de cisalhamento brasileiras, denominados de Subprovíncia Setentrional (porção a Norte do Lineamento Patos), Subprovíncia da Zona Transversal (limitada pelos lineamentos Patos e Pernambuco)

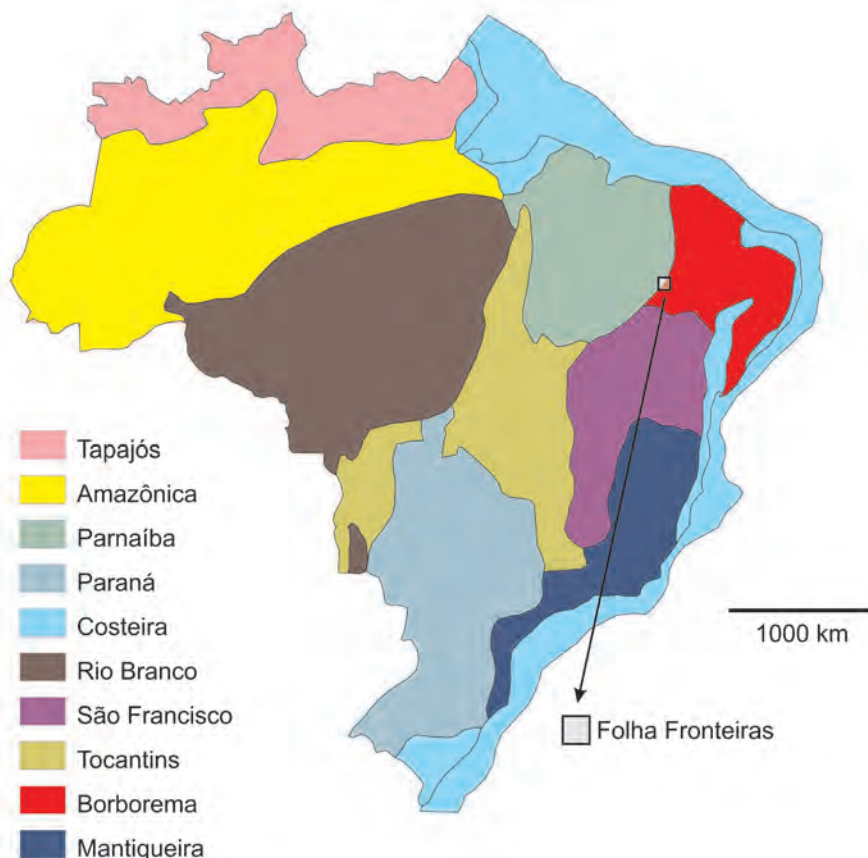


Figura 2.1 – Províncias Estruturais Brasileiras (modificado de Almeida *et al*, 1977) com a localização da Folha Fronteiras.

e Subprovíncia Externa ou Meridional (porção a sul do Lineamento Pernambuco), todas contendo faixas e terrenos associados. Junto a estes terrenos ainda ocorre um intenso plutonismo relacionado ao Ciclo Brasileiro, cuja colagem de blocos foi responsável pela estruturação final da província e da implantação das zonas de cisalhamento.

Dentro da Subprovíncia Setentrional (Figura 2.2), contexto no qual encontra-se a área mapeada, destacam-se os seguintes domínios:

**Faixa Jaguaribeana:** corresponde ao segmento crustal limitado pelas zonas de cisalhamento transcorrente dextrais Orós Oeste/Aiuaba e Portalegre, no qual predomina um embasamento gnáissico-migmatítico (Complexo Jaguaritama) com ocorrência de ortog-

naisses tonalíticos a granodioríticos associados a restos de rochas paraderivadas de alto grau metamórfico e variável grau de migmatização. Fetter (1999), estabeleceu para as metaplutônicas desta faixa uma idade de cristalização entre 2,21 e 1,98 Ga e idades-modelo entre 2,77 e 2,50 Ga, interpretandas como sendo um segmento de crosta retrabalhada. Sobre este embasamento desenvolveu-se um sistema de bacias rifte, ensiálicas, formadas por seqüências metavulcanossedimentares (Grupo Orós-Jaguaribe), datado entre 1,6 e 1,8 Ga (Sá, 1991; Cavalcanti, 1999). Estas rochas metassedimentares, transformadas em gnaiss, xisto e quartzito, estão associadas com mármore contendo depósitos de magnesita.

**Terreno Granjeiro:** Ocorre ao longo de uma faixa contínua, relativamente estreita, de direção predo-

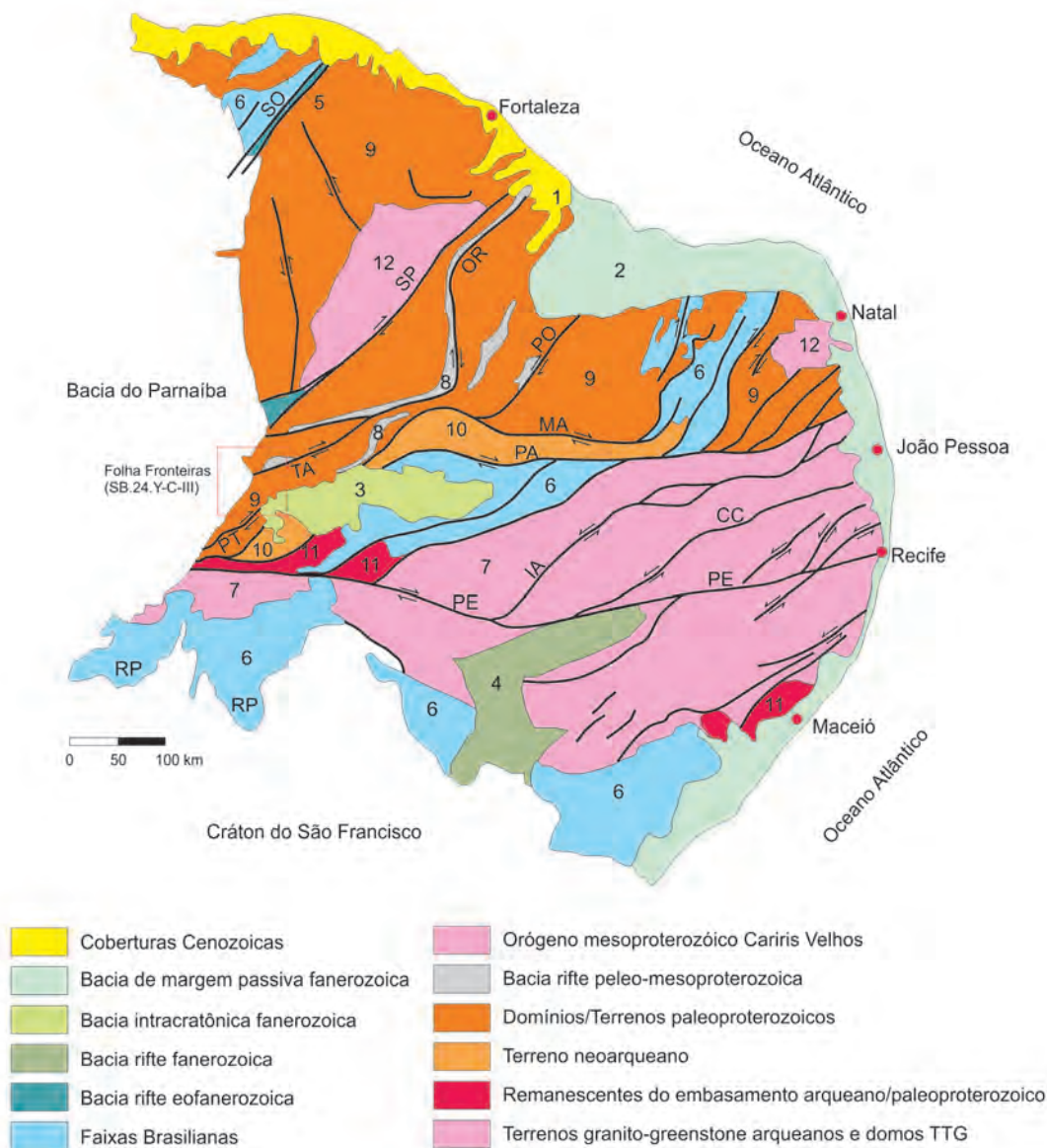


Figura 2.2 – Domínios Tectônicos e principais estruturas da Província Borborema com as principais zonas de cisalhamento: Sobral-Pedro II (SO), Senador Pompeu (SP), Orós-Aiuaba (OR), Portalegre (PO), Malta (MA), Congo-Cruzeiro do Nordeste (CC), Itaporanga (IA), Tatajuba (TA), Potengi (PT), Lineamento Patos (PA) e Pernambuco (PE), Nappes da Faixa Rio Preto (RP). (modificado de Delgado et al. 2003).

minante E-W e SW-NE mais a oeste da folha. Limita-se ao sul com o Lineamento Patos e ao norte pela Zona de Cisalhamento Malta e com a Faixa Orós-Jaguaribe. É composto por duas litologias distintas, sendo a mais antiga uma sequência supracrustal formada por rochas associadas a uma sequência vulcanossedimentar com horizontes químico-exalativos típicos de crosta oceânica, e a mais nova, intrusiva em ortognaisses tonalíticos a granodioríticos com raras porções trondjemíticas, de idade 2,54 Ga (Silva *et al.* 1997), tratando-se possivelmente de um terreno juvenil remanescente de um arco magmático-bacia oceânica.

**Plutonismo Brasileiro:** A Província Borborema foi alvo de intenso plutonismo durante a orogênese brasileira, de acordo com Almeida *et al.* (1967). Com a evolução do conhecimento, estes corpos graníticos foram agrupados em suites a partir dos trabalhos de Sial (1984) e posteriormente de outros autores, que sintetizaram o plutonismo da Província Borborema como uma sucessão de pulsos magmáticos: Supersuite I (cedo a sin Brasileiro), Supersuite II (sin a Tardibrasileiro) e Supersuite III (pós-Brasileiro).

**Bacias Molássicas:** também chamadas bacias do estágio de transição, formaram-se no final do ciclo Brasileiro, associadas a movimentos transtensionais sinistrais, marcadas, principalmente, por sedimentação em leques aluviais, seguida por processos hidrotermais, responsáveis pelas ocorrências minerais de cobre (Lisboa, 2009). A deposição de caráter vulcanossedimentar deu-se ao mesmo tempo em que intrudiam granitoides anorogênicos, entre os períodos cambriano e ordoviciano.

**Bacia do Parnaíba:** a Província Parnaíba, na área, é representada pela Bacia do Parnaíba, a qual ocupa esta província em sua porção Centro-sul em quase metade de sua área total. A Bacia do Parnaíba foi implantada sobre os riftes cambro-ordovicianos de Jaibaras, Jaguarapi, Cococi/Rio Jucá, São Julião e São Raimundo Nonato (Brito Neves 1998), sendo portanto do tipo IF/IS (Fratura interior/Depressão Interior),

compreendendo as seguintes supersequências (Góes e Feijó, 1994):

**Siluriana** (Grupo Serra Grande), composta pelas formações Ipú, Tianguá e Jaicós, de deposição fluvio-glacial, passando a transicional (nerítico) e progredindo para continental (fluvial entrelaçado);

**Devoniana** (Grupo Canindé), formada pelas formações Itaim (arenitos e folhelhos plataformais rasos), Pimenteira (arenitos e folhelhos de ambiente dominado por maré e tempestades), Cabeças (arenitos de ambiente nerítico plataformais de influência periglacial), Longá (arenitos finos e siltitos plataformais dominados por tempestades) e Poti (sedimentos intermaré sob condições de aridez); e

**Carbonífero-Triássica** (Grupo Balsas) representada pelas e as formações Piauí (eólico), Pedra de Fogo (eólico/litorâneo), Motuca (lacustre) e Sambaíba (eólico).

**Bacia intracratônica Fanerozoica (Bacia do Araripe):** ainda dentro do Contexto da Província Borborema, A Bacia do Araripe foi depositada sobre riftes de direção NE-SW em três fases de deposição:

**Fase Pré-Rifte:** depositaram-se as formações Mauriti (conglomerados de idade Siluro-Devoniana), Brejo Santo e Missão Velha (folhelhos e sedimentos finos de idade Jurássica) segundo Mabesoone (1994).

**Fase Rifte:** depositou-se a Formação Abaiara durante o Jurássico, em ambiente flúvio-lacustre (Gomes, 2001); e

**Fase Pós Rifte:** Depositaram-se durante o Albiano-Aptiano (Cretáceo), as formações Rio da Batateira, (arenitos conglomeráticos a arenitos finos), Santana (calcários, evaporitos e folhelhos) e sedimentos finos da Formação Arajara (Gomes, 2001) ou Araripina (Assine, 2007).

Discordante sobre estas unidades estão arenitos/siltitos da Formação Exu.



## 3 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

### 3.1 - INTRODUÇÃO

A folha Fronteiras possui sua geologia representada por rochas arqueanas, Paleoproterozoicas, neoproterozoicas, cambrianas/ordovicianas e fanerozóicas. As rochas arqueanas ocupam uma pequena porção no sudeste da folha, representadas pelo Complexo Granjeiro. Os litotipos paleoproterozoicos são representados pelo Complexo Jaguaretama e pelo Grupo Orós – Sequência São Julião. O Neoproterozoico está representado por rochas graníticas. As unidades cambrianas-ordovicianas consistem em rochas sedimentares e ígneas associadas ao estágio de transição. As fanerozóicas constituem as sequências sedimentares da bacia do Araripe e Parnaíba, além de diques básicos e coberturas neógenas.

Os dados de campo aliados às descrições petrográficas, permitiu a caracterização de dez grupos litológicos: i) o embasamento de idade arqueana representado pelo Complexo Granjeiro, ii) o embasamento paleoproterozoico representado pelas rochas do Complexo jaguaretama, iii) o Grupo Orós, iv) a suíte intrusiva Conceição, v) a suíte intrusiva Itaporanga, vi) os granitoides tardi a pós tectônicos de idade neoproterozoica, vii) as rochas do estágio de transição, viii) Os sedimentos da Bacia do Araripe, ix) os sedimentos da Bacia do Parnaíba e x) as coberturas neógenas.

As rochas do Complexo Granjeiro são formadas por ortognaisses tonalíticos e anfibolitos. As do Complexo Jaguaretama consistem em dioritos, grandioritos e granitos intercalados com lentes de anfibolito, possivelmente originados no ciclo transamazônico. As rochas do Grupo Orós formam a sequência São Julião, unidade composta por xistos, gnaisses e mármore.

Uma importante sequência magmatogênica ocorreu durante o Ciclo Orogênico Brasileiro e implantou diferentes tipos de granitos em pelo menos 2 importantes estágios: A implantação dos granodioritos tipo Conceição e dos granitos tipo Itaporanga, incluindo os granitos equigranulares tardi a pós tectônicos. Após o Ciclo Brasileiro, a região passou a sofrer esforços cisalhantes em regime dúctil-rúptil, favorecendo assim a deposição de sedimentos junto a granitogênese presente na Bacia Catolé-São Julião.

Após um período de relativa estabilidade, a tectônica volta a atuar no paleozoico, depositando os sedimentos da Bacia do Parnaíba, representados na

folha pela Formação Jaicós. Após um outro período de estabilidade surge a Bacia do Araripe, já no Mesozóico, com seus arenitos, calcários e evaporitos. O estágio final consiste na deposição de unidades neógenas como as coberturas detrítico laterítica e colúvio-eluviais.

Em relação ao estudo petrográfico relacionados aos granitoides da área, se observa que os granitoides (ortognaisses) do arqueano e paleoproterozoico ocupam posições em quase todas as séries magmáticas, por serem formados por uma diversidade de corpos inseridos em um complexo. Já os granitoides neoproterozoicos pertencem às séries cálcico-alcálica e peralcalina (Figura 3.1).

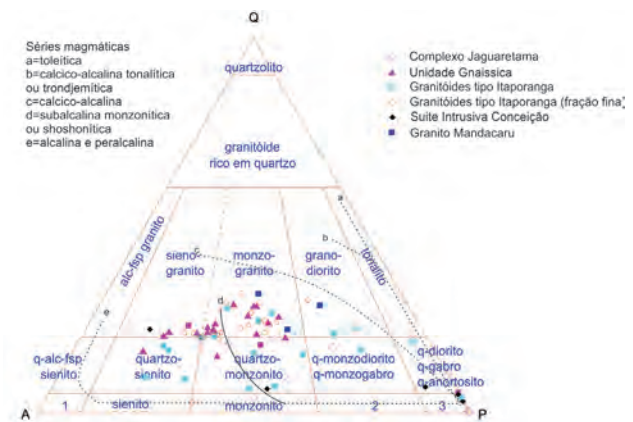


Figura 3.1 – Diagrama QAP representativo dos granitoides encontrados na área e suas séries magmáticas relacionadas (Streckeisen, 1974).

Na Figura 3.2 observa-se o esboço do mapa geológico da Folha Fronteiras com as litologias e estruturas principais.

### 3.2 - UNIDADES PRÉCAMBRIANAS

#### 3.2.1 - Complexo Granjeiro (A4G)

Rochas relacionadas ao Terreno Granjeiro (Vasconcelos ET AL, 1998), ocorrem na Folha Fronteiras em sua porção extremo SE, em sua maior parte encoberto pelas unidades cretácicas e neógenas, limitada das outras unidades pela Zona de Cisalhamento Potengi.

Consistem em Metaplutônicas na forma de ortognaisses cinzas, tonalitos a granodioritos, cortado

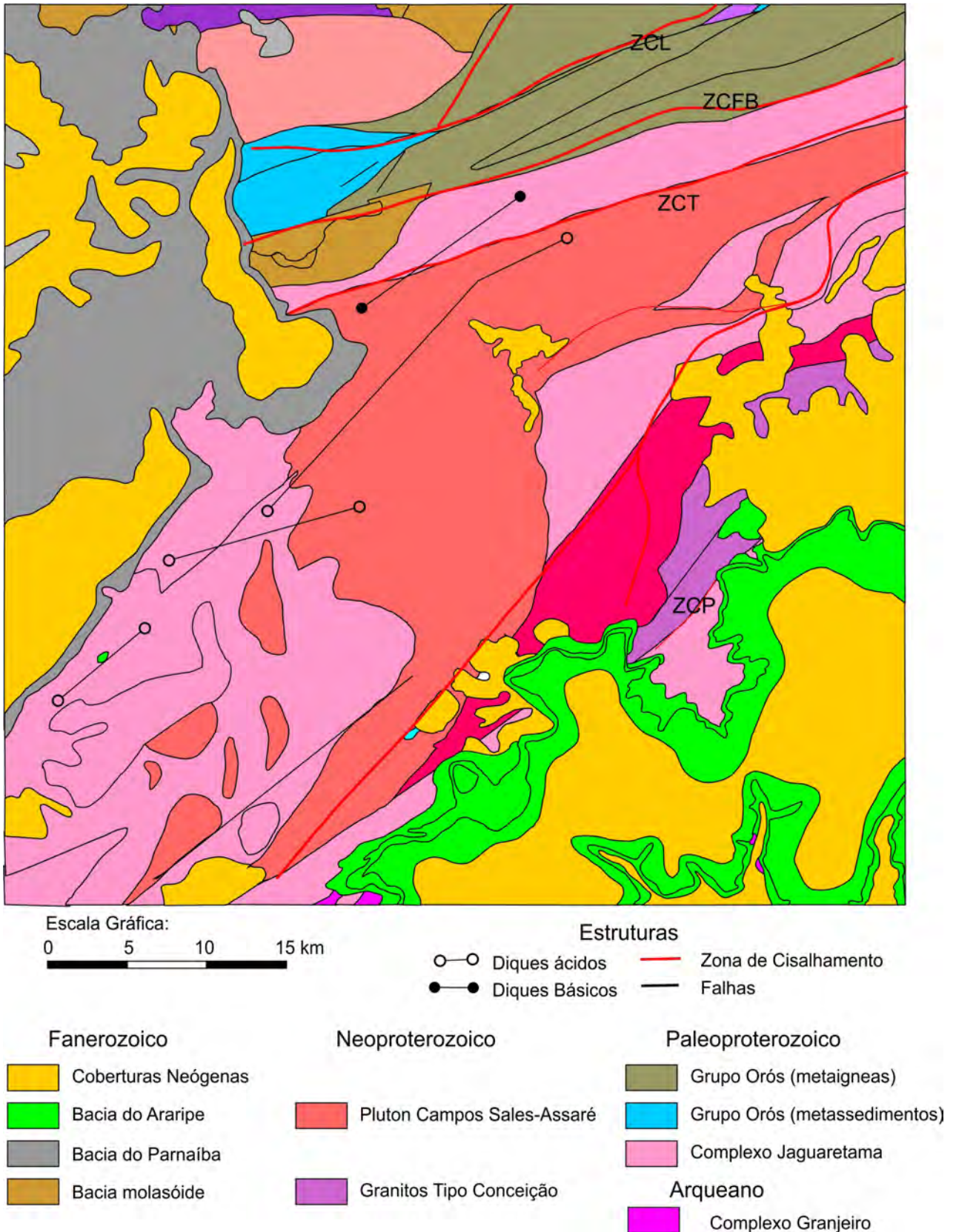


Figura 3.2 - Esboço do Mapa geológico da Folha Fronteiras com a coluna estratigráfica proposta.

por zonas de cisalhamento que as transformam em ultramilonito. Regionalmente este terreno é caracterizado por uma associação meta-vulcano-sedimentar compatível com remanescentes de crosta oceânica antiga. Vasconcelos *et al* (1997a) estabeleceram uma

idade de 2,513Ma por Pb/Pb em zircões obtidos de amostras de metatonalito intrusivos da região de Granjeiro-CE. Fetter (1999), com base em idades-modelo TDM entre 2,55 e 2,65 Ga obtidas em meta-plutônicas, propôs que este terreno seria um jovem

remanescente de um possível sistema de arco magmático-bacia oceânica.

Litologicamente, as rochas exibem coloração cinza médio a escuro, com variações composicionais na forma de bandamento claro-escuro, normalmente gnáissico e localmente migmatizados, com foliação por vezes redobrada, sendo que o evento mais antigo estaria relacionado ao ciclo transamazônico (2,1-1,8 Ga) e o mais recente relacionado ao Brasileiro (600-600 Ma).

Sua petrografia exhibe anfíbolitos e rochas ortognaissicas deformadas na facie anfíbolito contendo hornblendas, zircão, apatitas e opacos. São normalmente rochas máficas metamorfizadas a tonalíticas, confundindo-se muitas vezes com as rochas do Complexo Jaguaretama. As duas amostras analisadas pertencentes a esta unidade quando visualizadas no diagrama R1-R2 para rochas plutônicas (De La Roche *et al*, 1980), se plotam em campos distintos, sendo uma no campo das rochas ultramáficas (gabróica-anfibolítica) e outra nos limites do campo dos granitos a granodioritos.

A Figura 3.3 representa o aspecto macroscópico das rochas do Complexo Granjeiro e a Tabela 3.1 os resultados das análises litoquímicas desta unidade.

Análises geocronológicas indicaram uma cristalização durante o Arqueano, uma vez que zircões indicaram uma idade de 2627 (+/- 60) Ma, retrabalhados por eventos posteriores em 2361 (+/- 39) e 2109 (+/- 56) Ma



Figura 3.3 – Aspecto macroscópico das rochas tonalíticas do Complexo Granjeiro (afloramento JV-260).

### 3.2.2 - Complexo Jaguaretama (PP2j)

Segundo Gomes (2000), na área afloram diversas litologias, agrupadas em uma unidade denominada Complexo São Nicolau (PP2s), ao contrario do proposto pelo Projeto Gis Brasil em escala 1:1.000.000 (CPRM, 2004) que as agrupa no Complexo Jaguaretama

(PP2j). Esta unidade está limitada a sul pela Zona de Cisalhamento Tatajuba e ambas pertencem ao que foi regionalmente definido como Terreno Orós-Jaguaribe.

Predominam litologias ortoderivadas como ortognaisses granodioríticos, tonalitos e graníticos com leucotonalitos trondjemíticos e lentes de anfíbolito. Ocorrem lentes de paraderivadas e metavulcânicas milonitizadas, afetadas por um metamorfismo na facies anfíbolito, localmente atingindo a fácies granulito. As rochas estão normalmente polideformadas, com pelo menos três fases de deformação. É possível que o Complexo Jaguaretama tenha se formado durante o Ciclo Transamazônico, uma vez que exhibe frações de crosta oceânica retrabalhada e granitogênese relacionadas a arcos vulcânicos de ambiente sincolisional, além de possuir idades compatíveis regionalmente com este ciclo. Seu aspecto em campo é mostrado na Figura 3.4.



Figura 3.4: aspectos macroscópicos das rochas do Complexo Jaguaretama.

O Complexo Jaguaretama possui duas feições intercaladas e separadas por cisalhamentos, sendo uma granítica-ortognaisse bandado e outra migmatítica, indiferenciadas nesta escala de mapeamento.

Sua idade paleoproterozoica é assumida devido a dados de campo e correlação com outras áreas geologicamente semelhantes e melhor estudadas como as da Folha Iguatu que comparadas a rochas semelhantes do Rio Grande do Norte e Ceará (Vasconcelos *et al*, 1998), acrescido de uma datação Pb/Pb de 1.985 +/- 23 Ma em um hornblenda-biotita metaquartzo diorito por Gomes *et al* (1981) no Metatonalito de Varzea Nova (CE).

Na Figura 3.5 está representada em um diagrama de classificação de rochas plutônicas (Streckeisen, 1967) as rochas do complexo Jaguaretama. Sua petrografia revela serem constituídos de clinopiroxênio-anfíbolito (meta máfica), hornblenda gnaisse (meta tonalito), meta quartzo monzonito, granada-monzo diorito, meta granodiorito, geralmente milonitizadas.



Tabela 3.1 - Dados químicos em rocha total para o Complexo Granjeiro e Complexo Jaguaretama

	Complexo Granjeiro			Complexo Jaguaretama						
	JV152	JV260A	JV304 A	JV389	JV407A	JV416A	JV030	JV303A	JV303B	JV442
	Ortognaisse	Anfibolito	Diorito	sienito	qz-monzonito	Tonalito	Milonito	QZ-Monzonito	Anfibolito	Tonalito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	69,42	40,32	75,29	72,51	69,74	62,4	61,62	68,79	55,12	68,78
TiO <sub>2</sub>	0,14	1,2	0,01	0,15	0,42	0,55	0,68	0,3	0,9	0,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11	23,27	14,34	14,06	15,05	15,48	15,66	14,02	15,37	18,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,75	11,56	1,35	1,62	3,24	4,59	4,18	2,6	8,9	2,79
MnO	0,02	0,13	0,27	0,02	0,05	0,07	0,06	0,04	0,18	0,05
MgO	0,64	4,18	0,06	0,27	0,59	1,25	2,57	0,5	3,67	0,77
CaO	1,88	15,69	0,24	1,37	1,91	3,89	2,53	1,44	8,86	3,9
Na <sub>2</sub> O	3,84	1,62	3,26	3,53	2,97	3,07	3,18	2,96	3,94	4,98
K <sub>2</sub> O	1,08	0,23	6,62	4,96	6,07	4,14	5,61	6,16	0,82	2,56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,44	0,01	0,02	0,08	0,13	0,35	0,05	0,33	0,14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	0,31	0,75	0,27	0,33	0,43	0,42	0,8	0,33	0,27	0,15
Total	90,1	99,39	101,74	98,84	100,55	96	97,26	97,2	98,38	102,45
Ni (ppm)	1,8	13,8	2	1,9	3,2	5,8	33,2	2,9	16,3	3
Co	1,5	8,9	0,4	2,7	4,7	11,1	9,8	3,1	9,5	3,3
Cu	1,8	3,2	2	22,7	2,4	19,8	4,9	5,1	2,6	6,7
Pb	7	3,8	8	4,8	3,4	6,2	5,1	6	2	2
Zn	21	38	3	13	52	57	41	42	48	33
Rb	37,6	6,6	241,2	219,1	198	195,6	128,7	230,3	17,7	61,5
Cs	1,08	0,33	3,63	3,45	1,76	6,2	1,91	1,87	0,35	0,91
Ba	363	57	343	579	1576	926	4932	1163	171	1203
Sr	189,4	2114,9	124	221,8	396,9	305,7	1034,6	289,9	453,8	959,4
Ga	16,7	33,7	16,2	21,5	20,2	18,7	22,9	19,9	22,2	18
Ta	0,56	0,46	0,26	0,66	0,98	1,11	0,73	0,96	0,96	0,32
Nb	8,2	5,9	2,85	12,65	12,36	11,18	11,33	16,22	11,9	6,38
Hf	16,29	5,98	3,86	4,52	8,01	7,21	6,75	7,23	6,44	2,94
Zr	521,5	261,6	81	157,3	339,5	278,1	298,1	249,1	263,3	121
Y	65,74	26,29	67,27	17,04	15,31	30,31	6,47	14,38	34,8	6,89
Th	34,7	2,1	2,7	44,9	37,2	16,9	8,2	51,9	11,1	6,9
U	3,57	0,22	4,2	10,24	2,76	4,65	1,16	3,52	2,43	0,47
La	112,7	41,2	6	73,6	125,3	43,1	86,7	143,1	53,3	37,1
Ce	224,5	83	6,9	122,9	211,5	79,3	141,4	248,6	139,5	59,3
Pr	27,16	11,29	1,19	12,82	22,99	9,47	15,77	24,7	12,8	6,71
Nd	110,5	51,6	4,8	41,1	77,8	36,1	51,4	80,1	55,7	22,9
Sm	22,5	8,8	1,4	6,2	10	6,6	6,6	8,4	11,3	3,9
Eu	2,76	2,98	0,5	0,58	0,71	1,11	1,18	0,66	1,9	1,13
Gd	22,76	7,98	2,81	4,61	5,54	6,08	3,78	6,9	8,17	3,37
Tb	2,84	1,03	0,78	0,6	0,62	0,86	0,34	0,69	1,26	0,2
Dy	14,47	5,3	7,89	3,22	3,3	5,6	1,61	3,07	7,25	1,56
Ho	2,53	1,05	2,47	0,62	0,66	1,11	0,34	0,47	1,46	0,23
Er	7,8	3,64	10,52	1,71	1,62	3,17	0,86	1,83	4,97	0,6
Tm	1,2	0,46	2,13	0,23	0,25	0,5	0,07	0,19	0,46	0,16
Yb	6	2,8	17,2	1,3	1,5	3,2	0,6	2,1	3	0,6
Lu	1,05	0,56	2,89	0,12	0,19	0,54	0,19	0,24	0,43	0,08
Sn	7,4	9,6	<0,3	1	0,8	3,7	1,6	2	2,4	4,2
W	2,8	2,9	0,2	0,5	1,8	0,5	3,6	2,9	1,9	2,2
Ag	<0,01	0,01	<0,01	0,06	0,22	0,08	<0,01	<0,01	0,04	0,06
Au	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1
Be	4,2	2,2	1,6	5,5	2,3	2,9	1,8	3,3	2,1	2,6
Bi	<0,02	0,06	0,05	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
Cd	0,01	0,04	<0,01	0,07	<0,01	0,05	0,01	0,05	0,05	<0,01
Hg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mo	0,29	0,32	0,25	0,39	0,46	1,03	0,44	0,32	0,45	0,21
Sb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Se	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

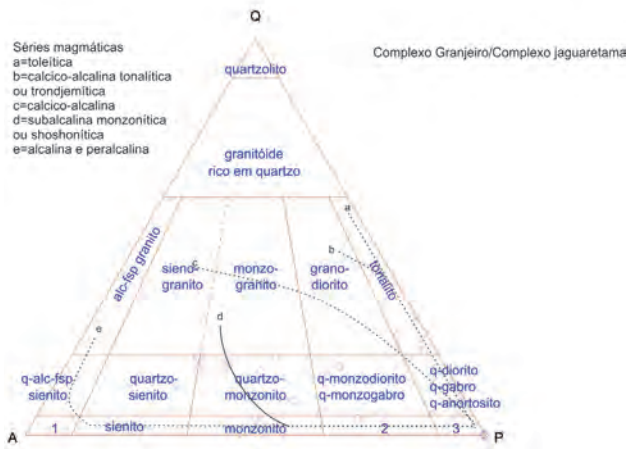


Figura 3.5 – Classificação petrográfica das rochas do Complexo Jaguaretama.

Análises geoquímicas revelaram serem de uma série cálcio-alcálica a toleítica (Myashiro 1974) e das séries Shoshoníticas a cálcio alcalina (Pecerrillo & Taylor, 1976), variando de peraluminoso a meta-luminoso (Shand 1943). A análise química revelou ainda serem rochas de ambiente sin colisional de arco vulcânico (Pierce *et al* 1984). Em termos de distribuição de terras raras, as amostras exibiram uma distribuição uniforme, exceto a JV304A que demonstrou comportamento anômalo, possivelmente por se situar sobre uma zona de cisalhamento. As Figuras 3.6 a 3.9 representam os diagramas obtidos pela interpretação dos dados litoquímicos cujos valores são mostrados na Tabela 3.1. Nota-se que as amostras do Complexo Jaguaretama, em sua maioria, formam uma série toleítica, também formando uma série

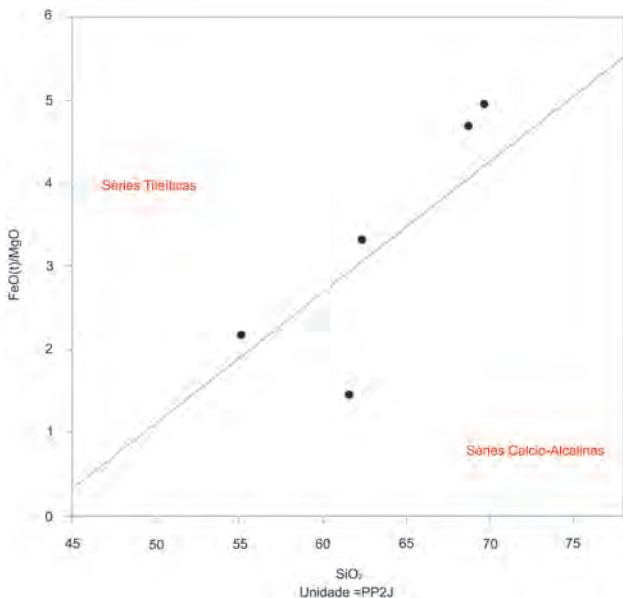


Figura 3.6 – Distribuição das amostras do Complexo Jaguaretama segundo o diagrama de Myashiro (1974).

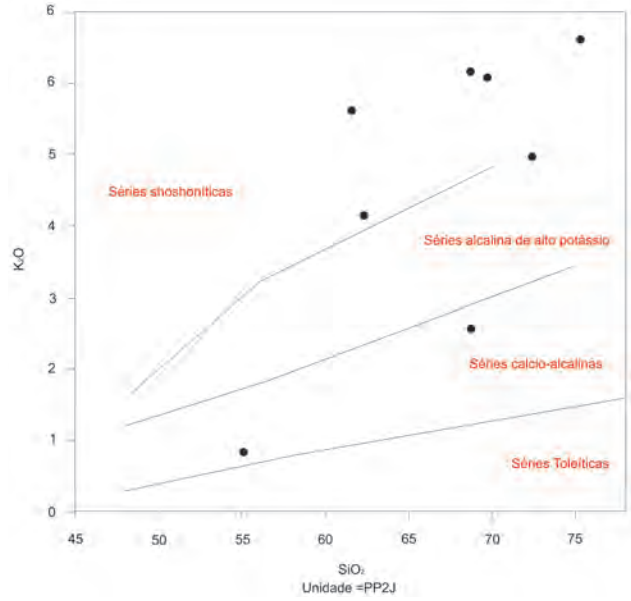


Figura 3.7 – Distribuição das amostras do Complexo Jaguaretama segundo Pecerrillo & Taylor (1976).

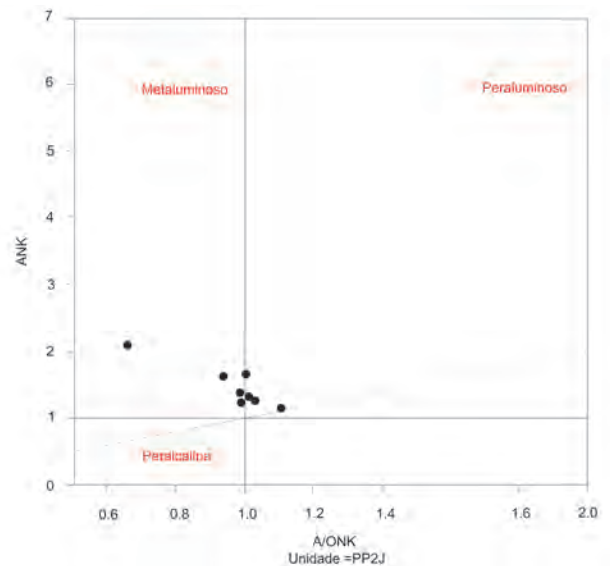


Figura 3.8 – Distribuição das amostras do Complexo Jaguaretama segundo Shand (1943).

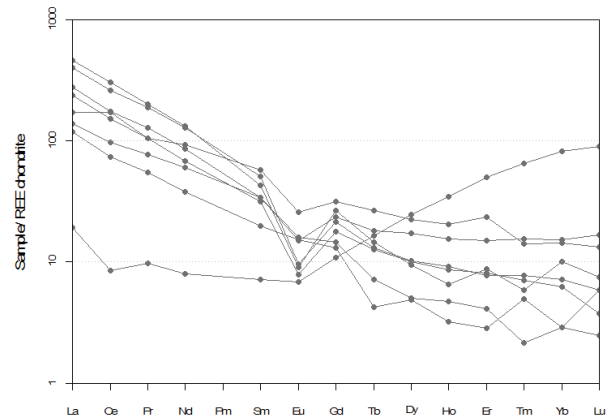


Figura 3.9 - Distribuição de terras raras nas rochas do Complexo Jaguaretama.

shoshonítica, meta a peraluminosa. A distribuição de terras raras indica uma anomalia negativa de európio o que sugere que esta unidade se originou a partir de fusão crustal de rochas originalmente evoluídas.

### 3.2.3 - Unidade Gnaissica (PP2jgn)

A unidade gnáissica do Complexo Jaguaretama, ocorre na forma de um granito fortemente deformado para um augen-gnaisse em matriz biotítica (figuras 3.10 e 3.11), geralmente adjacentes as zonas de cisalhamento.

Sua petrografia revela serem formados por monzogranitos porfíricos milonitizados (Figura 3.12). Contem minerais indicadores de alta temperatura, geralmente hornblendas. Em muitos locais o forte cisalhamento deixou as rochas desta unidade mais gnaissificadas e xistificadas que sua



Figura 3.10 – exemplos de rochas típicas da Unidade Gnaissica do complexo jaguaretama, como encontradas no afloramento JV311.



Figura 3.11 – Rochas do afloramento JV090 onde rochas gnaissicas do Pluton Simões estão em contato com granitos finos.

forma típica, sendo mais difícil o seu reconhecimento em campo. A disposição das rochas da Unidade Gnaissica, evidenciam que sua deformação deveu-se aos esforços em conjunto com a ascensão dos granitoides do granito tipo Itaporanga, inclusive deslocando-as e assim formando mega enclaves desta unidade. Sua aparência é mostrada nas Figuras 3.11 a 3.12. As tabelas 3.2 e 3.3 refere-se aos dados litogeoquímicos tratados mais adiante nesse capítulo.

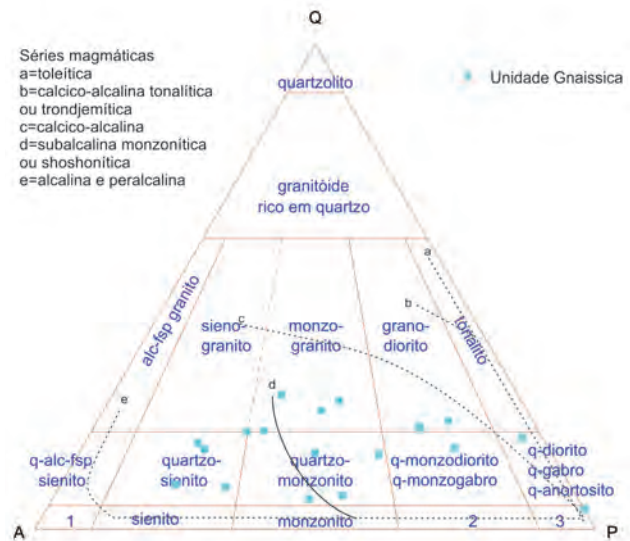


Figura 3.12 - Classificação petrográfica das rochas da Unidade Gnaissica.

### 3.2.4 - Grupo Orós (PP4ys, PP4os, PP4oca, PP4oqx)

Ocorre na porção norte da Folha Fronteiras como uma sequência plutono-vulcano-sedimentar, composta por augen gnaisses (PP4ys), xistos (PP4os), metavulcânicas (PP4oca) e calcários (PP4oqx), por vezes granadíferos de idade paleoproterozoica (Gomes 2000). Já Parente (1984), reposiciona estes metassedimentos como sendo de idade neoproterozoica e agrupados sob a denominação informal de Sequência São Julião, embora seja mais provável sua implantação no Paleoproterozoico superior.

Os augen gnaisses (PP4ys), ocorrem como granitos a granodioritos porfíricos, de coloração cinza a rósea, milonitizados mais intensamente nas bordas, porém mais preservados no centro do corpo.

Os metassedimentos do Grupo Orós, em geral, ocorrem como filitos, metarcóseos, calcários metamorfizados (Figura 3.13) e quartzitos, estes em sua maior parte não representável na escala de trabalho. Estas rochas estão alinhadas aproximadamente E-W, estão assentadas discordantemente sobre o emba-

Tabela 3.2 – Dados químicos em rocha total para as rochas da Unidade Gnaissica do Complexo jaguaretama

	JV001	JV003 B	JV007B	JV104A	JV223	JV315B	JV317A	JV332B	JV362B	JV377
	granito	qz-monzonito	qz-monzodiorito	granodiorito	QZ-Sienito	granito	Diorito	Andezito	granodiorito	Qz-sienito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	69,79	75,02	64,86	73,83	62,34	60,83	61,31	54,47	69,99	69,19
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,05	1,07	0,15	1,05	0,9	1,17	1,68	0,15	0,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,21	14,64	14,69	15,29	16,47	16,44	17,75	17,23	14,61	13,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,79	0,95	6,56	2,16	6,47	5,52	6,35	8,46	1,88	2,36
MnO	0,05	0,01	0,1	0,03	0,13	0,08	0,08	0,1	0,03	0,04
MgO	0,38	0,11	1,26	0,23	1,54	2,1	2,17	2,64	0,29	0,45
CaO	1,5	1,55	3,51	1,55	3,12	3,35	4,12	5,04	1,17	1,61
Na <sub>2</sub> O	2,46	2,87	2,74	3,72	3,61	4,21	3,96	3,99	2,99	3,01
K <sub>2</sub> O	5,91	6,06	5,27	4,67	5,1	4,2	5,17	4,68	6,01	5,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	<0,01	0,39	0,04	0,37	0,35	0,56	1,03	0,05	0,07
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	0,59	0,28	0,69	0,35	0,42	0,64	0,54	0,89	0,31	0,48
Total	99,03	101,55	101,15	102,01	100,61	98,64	103,19	100,2	97,48	96,58
Ni (ppm)	5,8	2,7	4,7	2,9	11,9	32,6	14,5	18,9	1,8	3,9
Co	3,6	1,2	8,2	1,6	11	14,9	13,1	20	1,5	3,3
Cu	4,6	6,1	10	1,5	18,6	9	19,9	30,1	1,6	1,3
Pb	3,5	4,9	8,5	6,9	7,9	8,2	7,1	3,1	7,1	13,2
Zn	47	7	71	34	85	68	85	96	28	47
Rb	212,2	159,8	154,8	169,8	170,2	125,8	172,8	132,7	199,8	224
Cs	2,42	0,91	1,72	1,79	4,11	1,98	2,69	3,89	1,73	2,61
Ba	1041	1192	2002	1003	2094	1913	2052	2734	819	1192
Sr	234,2	513,5	465,6	379,4	413,7	1117	974,8	1336,8	262,7	238,8
Ga	19,1	15,4	22,4	22,6	22,3	22,2	24	24,8	18,2	19,1
Ta	1,04	0,12	3,02	0,37	1,28	1,68	1,64	1,64	0,43	0,66
Nb	14,06	1,22	38,68	8,45	25,82	20,56	24,8	32,59	5,65	13,49
Hf	5,75	2,36	17,66	4,77	12,6	8,16	6,84	6,57	3,97	5,04
Zr	232,8	60	800,5	128,8	581,1	342,4	323,5	287,1	136,9	207,5
Y	15,94	1,67	66,81	5	27,24	17,62	9,87	10,72	2,48	9,67
Th	33,3	24,8	26,3	7,9	7,6	8,5	10,2	6	14,3	33,9
U	1,96	1,08	2,34	3,76	2,29	1,76	3,2	1,62	1,5	4,42
La	100,1	24,8	156,2	24,2	79,1	77,9	68,2	92,9	52,9	71,7
Ce	170,6	44,4	273,5	34,2	132,6	126,4	125	166,8	72,9	123,8
Pr	18,48	4,82	32,93	4,69	16,45	15,04	15,4	20,96	8,5	13,49
Nd	60,5	16,8	118,7	15,7	58,9	54	54,3	76	27,4	45,3
Sm	8,7	2,6	19,7	2,8	10,4	8,3	8,2	11,7	3,9	6,6
Eu	0,73	0,31	3,3	0,24	1,81	1,31	1,52	2,17	0,45	0,58
Gd	5,65	1,4	16,82	1,91	7,72	5,46	4,58	7,04	1,77	4,09
Tb	0,69	0,16	2,36	0,24	0,98	0,7	0,55	0,69	0,18	0,45
Dy	3,59	0,51	13,17	1,06	5,66	3,68	2,44	3,12	0,76	2,41
Ho	0,69	0,14	2,6	0,24	1,06	0,72	0,44	0,49	0,14	0,43
Er	1,73	0,22	6,97	0,59	2,79	1,9	0,9	0,93	0,29	0,95
Tm	0,27	0,08	0,98	0,1	0,44	0,29	0,17	0,12	0,08	0,14
Yb	1,6	0,3	6,1	0,5	2,8	1,6	0,8	0,6	0,2	0,8
Lu	0,15	<0,05	0,82	<0,05	0,36	0,22	0,06	<0,05	<0,05	0,06
Sn	1,6	<0,3	2,8	<0,3	3,1	2,2	0,6	0,8	<0,3	1,1
W	0,5	1,2	1,6	0,8	1,2	0,9	0,6	1	0,3	0,7
Ag	0,04	<0,01	0,07	0,03	0,14	0,11	0,06	0,09	0,06	0,08
Au	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As	4	<1	1	<1	<1	<1	<1	1	<1	2
Be	2,5	2,4	2,9	3,2	3,4	3,6	3,5	3,9	1,2	2,2
Bi	0,04	<0,02	0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,05	0,04	<0,02	0,03
Cd	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,09	0,03	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Hg	0,06	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mo	0,56	0,69	0,85	0,41	1,61	0,72	1,55	0,47	0,45	0,39
Sb	0,21	0,07	0,06	0,07	<0,05	0,06	<0,05	0,07	<0,05	<0,05
Se	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1

Tabela 3.3 – Continuação dos dados químicos em rocha total para as da Unidade Gnaissica do Complexo jaguaretama

	JV449B	JV495	JV422B	JV422C	JV134	JV192B	JV193	JV235	JV417
	Qz-Monzonito	QZ-Sienito	Granodiorito	Granodiorito	Monzonito	Monzogranito	Granito	QZ-Sienito	Qz Sienito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	74,03	67,67	71,22	64,94	70,82	67,17	68,96	65,22	70,61
TiO <sub>2</sub>	0,22	0,23	0,21	0,51	0,05	0,24	0,49	0,2	0,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,19	16,1	14,68	17,85	13,48	13,95	14,95	15,77	14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,62	2,39	1,85	4,5	1,04	3,28	3,38	2,43	5,68
MnO	0,02	0,05	0,03	0,07	0,02	0,08	0,08	0,06	0,09
MgO	0,42	0,72	0,37	1,33	0,12	1	1,03	0,64	0,44
CaO	0,72	1,98	1,47	3,93	1,1	2,14	2,01	1,46	2,28
Na <sub>2</sub> O	3,42	4,66	3,61	3,82	3,95	2,6	3,02	4,35	2,86
K <sub>2</sub> O	7,65	6,16	5,86	4,76	4,55	5,35	5,86	5,69	6,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,11	0,04	0,11	<0,01	0,12	0,13	0,13	0,14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	0,29	0,42	0,41	0,57	0,21	0,37	0,25	0,39	0,38
Total	103,63	100,5	99,75	102,39	95,34	96,29	100,14	96,35	103,4
Ni (ppm)	3,4	3,7	2,1	3,5	3,1	2,8	2,9	4,3	2,4
Co	2,5	2,1	1,6	7,7	0,7	5,6	7,2	2,7	3,9
Cu	8,8	5,2	1,5	22,5	1,9	3,3	13	9,1	6,4
Pb	3,2	5,5	12,9	4,8	13,1	16,5	8,3	16,9	9,7
Zn	7	22	24	49	15	69	61	30	77
Rb	135,4	100,6	290,3	171,8	168,9	144,7	151,2	149,6	224,8
Cs	0,69	0,09	5,33	4,16	2,6	0,91	1,95	1,62	1,91
Ba	2704	2882	811	1100	618	2251	2781	2956	1612
Sr	776,4	1449,7	232,8	312,8	194,1	284,4	237,8	1306,1	245,1
Ga	15,8	15,8	22	19,4	18,4	16	15,4	17,5	22,9
Ta	1,07	0,82	1,07	0,86	1,08	0,46	1,13	0,88	3,06
Nb	7,81	7,62	14,87	13,08	4,84	7,79	9,54	10,46	30,2
Hf	4,71	3,89	4,82	7,97	2,08	3,99	8,21	3,56	15,26
Zr	144,8	163,8	166,5	317,6	56,8	150,5	315,4	142,4	732,2
Y	5,05	6,03	6,4	29,83	4,32	47,33	7,44	7,92	73,94
Th	8	2,1	27,5	13,6	9,6	9,2	16	2,7	29,7
U	1,59	0,27	8,01	1,29	3,86	1,97	3,15	1,53	4,02
La	26,8	18,4	53,9	53,5	13,1	35	59,7	20,5	211,1
Ce	48,3	30,1	78,1	81,6	23,2	65,8	93,5	33,3	375,2
Pr	5,76	3,21	7,58	9,57	2,18	9,03	9,27	3,97	43,53
Nd	20,5	14,2	27,3	36,1	9,3	43,2	32,9	14,2	155,4
Sm	3,8	2,6	3,2	6,5	1,8	12,8	3,4	1,9	23,9
Eu	0,34	0,29	0,52	0,95	0,34	0,97	1,47	<0,05	2,56
Gd	1,74	1,26	3,18	7,06	0,98	10,1	2,2	2,9	17,64
Tb	0,46	0,27	0,38	0,7	0,28	1,26	<0,05	0,16	2,33
Dy	1,98	1,37	1,07	5,38	1,38	8,3	1,47	2,1	13,94
Ho	0,35	0,27	0,23	0,92	0,18	1,9	0,15	0,21	2,72
Er	0,35	0,93	0,61	3,87	0,7	4,99	0,64	0,61	7,65
Tm	0,14	0,07	0,21	0,49	0,1	0,58	0,07	<0,05	1,28
Yb	0,7	0,8	0,9	2,7	0,2	4,5	1,1	0,7	7,9
Lu	0,23	<0,05	0,28	0,58	0,14	0,52	0,11	0,06	1,13
Sn	2,2	1,2	6,8	8	1,9	7	9,7	4,4	4,2
W	1,5	1,9	3,1	0,2	2,2	4,3	3,5	1	0,6
Ag	<0,01	0,02	<0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05
Au	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1
Be	1,4	2,9	4,6	2,9	4,5	1,3	1,9	3,3	4,6
Bi	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	0,05	0,05	0,06	0,03	<0,02
Cd	<0,01	<0,01	0,03	0,04	0,02	0,12	0,05	0,02	<0,01
Hg	0,02	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
Mo	0,26	0,21	0,17	1,21	0,38	0,43	0,36	0,29	1,44
Sb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	0,05	<0,05	0,06
Se	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2

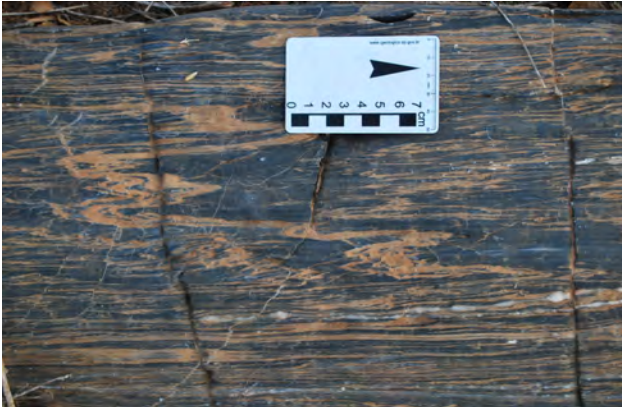


Figura 3.13 – Mármore da unidade carbonática do Grupo Orós, nas proximidades da cidade de São Julião/PI.

samento cristalino, representando provavelmente um pacote sedimentar depositado em ambiente de mar raso epicontinental, posteriormente metamorfiado em fácies xisto verde.

Nesta unidade há uma predominância de rochas filitosas e xistosas (PP4os) como os observados na Figura 3.14. Possuem coloração cinza esverdeadas, afaníticas, onde é comum o aparecimento de dobras isoclinais apertadas e kinks, relacionadas à implantação do Granito Mandacaru. Em alguns locais, é possível observar uma fração mais grossa da rocha contendo porfiroclastos/blastos de feldspatos, igualmente deformadas consistindo possivelmente um metarcóseo.



Figura 3.14 – Xistos pertencentes a unidade gnáissica, próximo à cidade de São Julião.

Os calcários marmorizados (PP4oqx) consistem em corpos lenticulares não muito extensos, de coloração cinza clara, exibindo laminação sin-sedimentar devido a sedimentação oriunda de laminitos algais. Relacionados a esta unidade ocorre ainda uma porção calciossilicática de constituição ferruginosa e por vezes brechoide, ocupando faixas juntamente com os filitos e os carbonatos. As metavulcânicas Máficas (Figura 3.15) e felsicas (PP4oca) ocorrem acompa-

nhando as principais zonas de cisalhamento e contornando as rochas gnáissicas.



Figura 3.15 – Rochas vulcânicas Máficas do Grupo Orós.

### 3.2.5 - Suíte Intrusiva Conceição (NP3y2c)

Nas proximidades da cidade de Caldeirão Grande, em uma faixa de direção SW-NE, acompanhando o cisalhamento geral da folha, estendendo-se até próximo do seu limite Leste. Nestes locais ocorre um granito de coloração cinza, textura fina a média, com *clots* e enclaves máficos ricos em anfibólio. Normalmente estão preservados no centro e deformados proporcionalmente à medida que se aproxima da borda do corpo. São constituídos de hornblenda-biotita quartzo diorito, hornblenda-biotita quartzo monzonito e biotita-sienogranito. São rochas metaluminosas a peraluminosas, cálcio alcalinas tipo I.

Segundo Sial (1986), os granitoides tipo conceição são constituídos de rochas tonalíticas a granodioríticas, com biotita, hornblenda e epidoto magmáticos, apresentam granulação média e com autólitos dioríticos e *clots* de anfibólio, em número e dimensões bastante variáveis.

Devido a ausência de ocorrências deste tipo de granito em trabalhos realizados na área, optou-se por denominar este corpo como Caldeirão Grande (NP3yc6), representado em escala de afloramento nas Figuras 3.16 e 3.17.

Segundo o diagrama de classificação de rochas plutônicas (Streckeisen, 1967), as rochas foram classificadas como sienogranito, quartzo monzonito, quartzo diorito e diorito nas amostras representativas desta unidade (Figura 3.18).

### 3.2.6 - Suíte Intrusiva Itaporanga: Plúton Campos Sales-Assaré (NP3y21t19)

Durante o evento Brasileiro, foram intrudidos alguns corpos graníticos, caracterizados por serem geralmente grossos / porfiríticos, embora possuam



Figuras 3.16 – Suite Intrusiva Conceição nas proximidades de Caldeirão Grande.



Figura 3.17 – mesmo granito de Caldeirão Grande, no entanto proto-milonitizados.

uma fração mais fina, de coloração predominante rosa, milonitizado, exibindo duas direções de foliação quando visto em seção delgada, de composição geralmente sienítica.

Estes corpos são encontrados em uma faixa de direção SW-NE cortando diagonalmente o centro da folha e também acompanhando algumas zonas de cisalhamento. Uma fração mais fina deste granito ocorre principalmente na região SW da área envolvendo enclaves de diversos tamanhos das rochas do Complexo Jaguaretama, embora também ocorra acompanhando a Zona de Cisalhamento Tatajuba. Estes enclaves possuem dimensões de centimétricas a quilométricas, alguns deles foi possível identificar na escala de mapeamento.

Na Figura 3.19 é mostrada a distribuição das amostras no diagrama de classificação de rochas plutônicas (Streckeisen, 1967). As análises petrográficas revelaram que este corpo é constituído em sua maior parte por monzogranitos, ocorrendo mais restritamente na forma de monzodioritos, monzonitos e sienitos. Possui um baixo grau de deformação, na qual se apresenta como um granito grosso de coloração cinza claro, protomilonítico, ocorrendo na porção central da área. Alguns corpos deste granito encontrados na porção sudoeste da folha apresentam hornblenda em sua composição, indicando uma alta temperatura de sua formação.

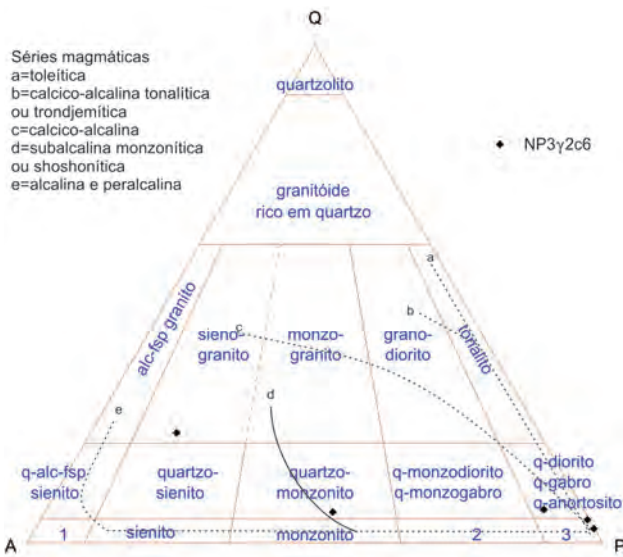


Figura 3.18 – Classificação petrográfica (QAP) da Suite Intrusiva Conceição.

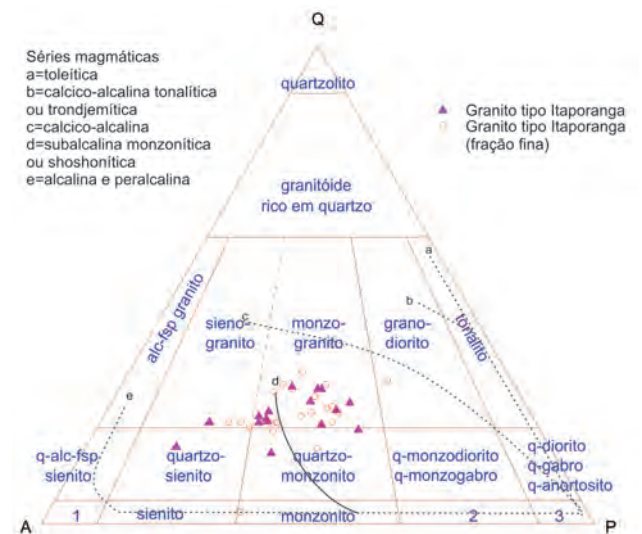


Figura 3.19- Classificação petrográfica (QAP) dos granitoides tipo Itaporanga – Pluton Campos Sales-Assaré.

Associado a esta unidade são encontrados granitoides de coloração predominantemente rósea, granulção fina a média, por vezes porfiroide, classificadas como monzogranitos, formadas basicamente por feldspatos potássicos e outros minerais acessórios como quartzo, biotita e anfóbio (hornblenda).

Ocorre em alguns pontos uma foliação milonítica incipiente, mais perceptível nas proximidades das zonas de cisalhamento. Estes granitos se implantaram na forma de diques e diápiros em unidades mais antigas, as quais estão aparentemente dispostas como mega-enclaves dentro destes granitos, Encontrados principalmente na porção sudeste da Folha, onde também ocorre alguns diápiros de composição granodiorítica de coloração cinza e textura fina sem deformação aparente. A aparência das rochas deste corpo são vistas nas Figuras 3.20 a 3.22.

### 3.2.6.1 - Litogeoquímica dos Granitóides Brasileiros (NP3γ2c e NP3γ2it)

Devido ao fato destes granitoides pertencerem a um evento único (Orogênese Brasileira), embora dividido em pelo menos três estágios, os dados geoquímicos foram tratados em conjunto, para facilitar a comparação dos resultados entre as diversas litologias.



Figura 3.20 – fácies do Plúton Campos Sales-Assaré formada por um granito grosso, cor cinza, porfirítico e pouco deformado.



Figura 3.21 – Enclaves do embasamento nas rochas do Plúton Campos Sales-Assaré.



Figura 3.22 – Fácies mais fina composta por granodioritos pertencentes a corpos diápiricos do Pluton Campos Sales-Assaré, contendo enclaves do Complexo Jaguaretama (PP2j).

As tabelas 3.4 a 3.8 estão dispostas os dados litouquímicos referentes aos granitoides brasileiros, incluindo-se aqui o Granito Mandacaru (cambriano). As Figuras 3.23 a 3.25 representam os diagramas representativos das rochas destes granitos. As Figuras 3.26 e 3.27 representam a distribuição respectivamente de elementos traços e maiores, refletindo na formação de séries magmáticas nos granitoides Brasileiros.

De acordo com o diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971), as amostras exibiram um índice de saturação em alumina de peraluminoso a metaluminoso. No tocante a Distribuição de Elementos Terras Raras, as amostras exibiram um empobrecimento de Európio, indicativo de terem sido fruto de crosta retrabalhada.

Em termos tectônicos a maior parte destes granitoides quando representados no diagrama R1-R2

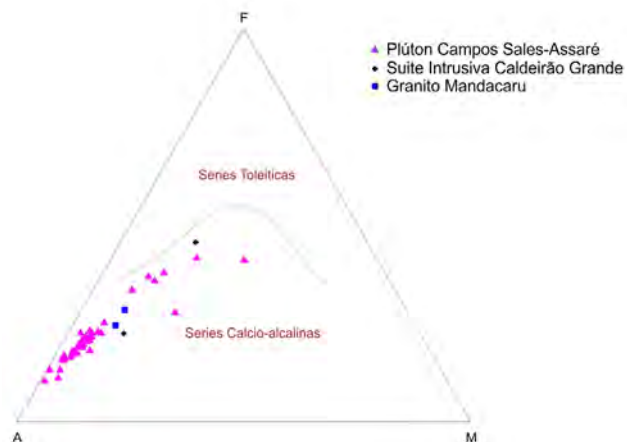


Figura 3.23 - Diagrama AFM para os granitoides Brasileiros, mostrando evolução a partir de magma cálcio-alcálinos.



Tabela 3.4 – Dados químicos em rocha total para as rochas graníticas brasileiras (Granito tipo Conceição – Corpo caldeirão Grande). Junto a esta tabela estão os dados referentes ao Granito Cambriano Mandacaru

	Corpo caldeirão Grande		Granito Mandacaru	
	JV-R-167 A sienogranito	JV-R-075 Diorito	JV-R-053-C Granito	JV-R-359 granodiorito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	66,37	48,43	64,36	66,33
TiO <sub>2</sub>	0,54	1,14	0,45	0,42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,11	20,7	14,66	15,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,45	9,74	4,65	3,69
MnO	0,06	0,16	0,08	0,05
MgO	1,7	3,16	1,4	1,29
CaO	2,29	7,11	1,08	2,09
Na <sub>2</sub> O	3,43	4,9	3,75	3,92
K <sub>2</sub> O	5,58	2,29	5,34	5,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,44	0,17	0,23
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	0,44	0,59	1,16	1,66
Total	99,17	98,67	97,09	99,84
<b>Ni (ppm)</b>				
Ni (ppm)	50,3	7,9	4,7	10,6
Co	14	15,9	8,9	6,6
Cu	27,9	22,1	4,3	4,9
Pb	18	4,8	5,9	10,4
Zn	15	103	49	64
Rb	243,5	123,7	151,5	121,6
<b>Cs</b>	4,69	5,13	1,2	0,87
Ba	1962	1169	954	2466
Sr	674,1	848,2	173,1	945,9
Ga	21,3	26,9	13,3	20,3
Ta	1,81	2,47	1,14	0,57
Nb	20,77	26,14	8,35	7,83
Hf	8,22	8,95	3,55	4,91
Zr	324,9	393,5	186,8	178,2
Y	20,8	24,85	12,65	8,22
Th	25,1	3,7	14	5,8
U	6,25	4,11	3,01	1,81
La	76,2	32,6	36,8	46,7
Ce	123,7	72,9	52,8	72,6
Pr	14,32	10,55	7,27	8,89
Nd	48,9	41,6	23,1	32,7
Sm	7,2	8,6	3,9	5,2
Eu	0,87	2,24	0,49	0,47
Gd	4,85	7,19	2,26	3,17
<b>Tb</b>	0,53	0,91	0,36	0,37
Dy	3,27	5,51	2,25	1,83
Ho	0,65	1,11	0,51	0,34
Er	1,68	2,48	1,89	0,81
Tm	0,3	0,36	0,25	0,14
Yb	1,6	3,4	1,5	0,7
Lu	0,2	0,51	0,28	<0,05
Sn	1,6	3,7	8,6	<0,3
W	0,6	1,9	1,9	1,8
Ag	0,09	0,03	<0,01	0,1
Au	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As	<1	<1	<1	<1
Be	5,9	5,7	0,9	2,4
Bi	0,04	0,02	0,03	0,05
Cd	<0,01	0,06	0,04	0,06
Hg	0,03	0,02	0,02	<0,01
Mo	1,73	0,46	0,39	0,56
Sb	0,09	<0,05	0,07	<0,05
Se	<1	<1	<1	<1

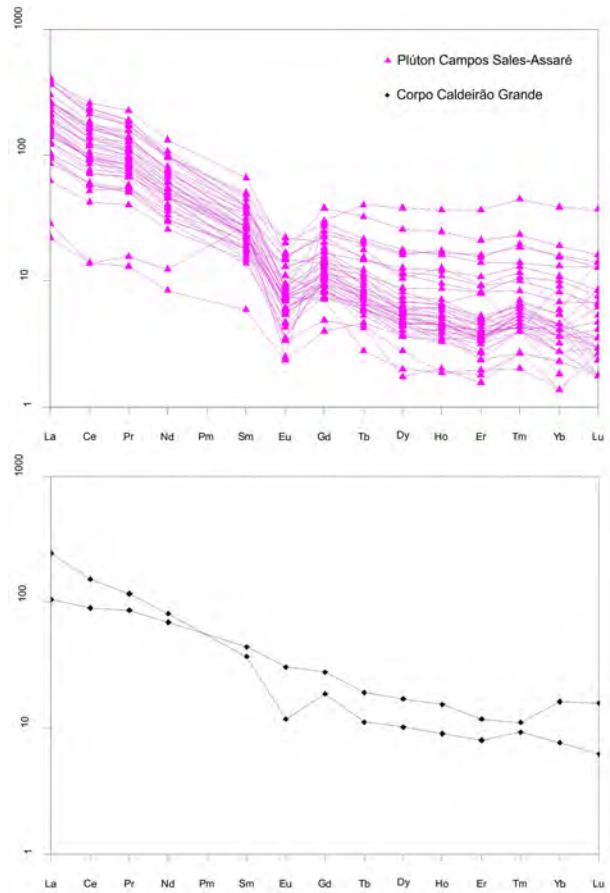


Figura 3.24 – Diagrama de distribuição de Elementos Terras Raras (normalizados ao condrito) para as unidades brasileiras (Nakamura 1974).

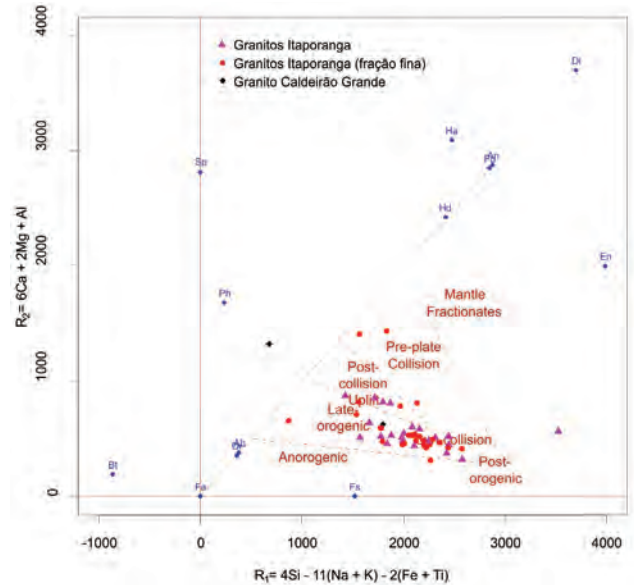


Figura 3.25 – Diagrama R1-R2 de Batchelor & Bowden (1985) exibindo a classificação dos diferentes granitoides do Ciclo Brasileiro.

Tabela 3.5 – Dados químicos em rocha total para as rochas graníticas brasileiras (Granito tipo itaporanga – Plúton Campos Sales-Assaré)

	JV014A	JV015A	JV015B	JV018	JV079A	JV079B	JV186A	JV186B	JV220B	JV320	JV321A
	granito	granito	meta- monzogranito	granito	granito	granito	granito	granito	QZ-Sienito	Ultramilonito	qz-monzonito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	73,53	70,75	71,91	62,99	72,92	69,38	58,94	63,02	60,27	76,22	67,27
TiO <sub>2</sub>	0,24	0,26	0,3	0,88	0,18	0,41	0,9	0,72	0,77	0,55	0,34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,59	16,26	15,01	15,34	14,38	16,27	16,33	16,35	14,98	10,78	15,94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,51	2,53	2,77	5,46	2,75	3,1	8,12	6,24	5,36	3,77	2,67
MnO	0,04	0,04	0,04	0,09	0,03	0,03	0,12	0,1	0,09	0,11	0,04
MgO	0,46	0,54	0,57	1,26	0,31	0,8	3,31	1,94	3,64	0,96	0,64
CaO	1,7	2,24	1,9	2,55	1,45	2,32	3,44	3,74	3,75	2,89	1,9
Na <sub>2</sub> O	3,39	3,68	3,33	3,09	3,47	3,49	3,02	2,65	2,97	2,54	3,36
K <sub>2</sub> O	5,61	5,02	4,66	5,45	4,73	5,16	3,91	5,49	5,9	2,31	5,17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,07	0,09	0,27	0,03	0,09	0,21	0,12	0,54	0,12	0,11
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01
LOI	0,51	0,38	0,65	0,69	0,51	0,88	0,72	0,43	0,6	1,67	0,98
Total	103,65	101,79	101,21	98,09	100,76	101,94	99,02	100,82	98,88	101,93	98,42
Ni (ppm)	4,3	5,3	5,8	11,5	5,1	7,8	14,1	10,7	69,1	20	6,4
Co	2,6	3,5	3,9	9,1	2,7	5	24,7	15,2	13,3	7,6	3,9
Cu	3,7	2,8	3,7	15,6	2,6	17,7	34,3	45,2	32,5	10,3	2,6
Pb	10,3	9	7,1	10,3	4,9	6	4,6	4	19,5	2,8	19,1
Zn	38	46	47	70	26	46	96	72	51	35	45
Rb	248,8	223,4	227,3	191,4	139,7	183,2	188,1	218,6	225,7	79,2	167,7
Cs	3	3,01	4,17	3,41	0,82	2,18	4,55	3,97	3,28	2,89	2,57
Ba	1319	1398	1472	1734	996	1870	953	1378	3455	667	1786
Sr	296,8	356,8	306,2	341,4	499,6	461,9	312,1	402,8	1447,3	206,2	408,8
Ga	21	21,7	20,9	21,4	20,7	22,1	17,8	21,2	20,6	11,6	21,4
Ta	1	1,12	1,46	1,29	1,17	1,64	1,07	3,26	0,78	0,71	0,86
Nb	13,22	13,94	17,15	26,14	12,01	17,56	12,41	39,93	18,33	9,12	8,8
Hf	5,62	4,88	5,96	11,09	3,97	6,8	5,67	8,29	9,62	7,21	6,58
Zr	201	205,1	227,8	489,6	120	273,2	226,8	312,1	405,5	271,2	258,6
Y	6,95	7,39	9,65	30,9	8,82	11,31	31,34	45,2	17,58	22,22	9,11
Th	35,2	32,6	31,6	13,3	20,7	37,2	14,7	39,5	17,3	10,4	32,9
U	5,37	8,75	9,95	2,16	4,83	3,65	3,41	7,95	2,23	2,5	4,85
La	69	77,5	85,7	87,3	42	123,9	47,1	131	85,9	34,2	87,2
Ce	105	117,8	130,9	149,5	73,8	184,4	82,1	225,9	142,7	61,3	155
Pr	11,02	11,99	13,42	17,81	8,74	19,61	9,49	25,47	17,43	7,66	14,34
Nd	34,8	38,3	42,2	62	31,9	61,6	34,1	83,6	61,1	28,7	43,8
Sm	4,6	4,7	5,3	10,2	5,6	8,1	7	13,5	9,8	5,6	5,5
Eu	0,57	0,47	0,54	1,56	0,63	0,85	1,18	1,29	1,24	1	0,53
Gd	2,64	2,59	3,35	7,94	3,14	4,83	6,48	10,51	6,23	4,66	3,22
Tb	0,31	0,29	0,4	1,02	0,38	0,54	0,93	1,52	0,71	0,69	0,37
Dy	1,67	1,38	2,11	6,08	2,05	2,57	5,56	8,82	3,89	4,37	1,75
Ho	0,25	0,29	0,38	1,14	0,36	0,5	1,22	1,73	0,67	0,85	0,31
Er	0,71	0,75	0,98	3,16	0,88	1,12	3,48	4,76	1,85	2,43	0,92
Tm	0,12	0,14	0,18	0,42	0,13	0,19	0,59	0,7	0,25	0,39	0,16
Yb	0,6	0,8	1	2,9	0,8	0,9	3,4	4,2	1,5	2,4	0,9
Lu	0,06	0,08	0,12	0,44	0,1	<0,05	0,44	0,55	0,23	0,29	0,1
Sn	1,6	1,3	1,6	1,4	0,9	1,6	3,2	3,2	5,1	1,1	1,9
W	1,3	0,8	0,7	0,7	0,8	6,5	4	0,8	1,2	1,3	1
Ag	0,06	0,08	0,07	0,09	0,03	0,07	0,08	0,06	0,1	0,04	0,07
Au	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
As	1	<1	<1	2	2	<1	2	2	1	3	<1
Be	1,9	2,8	3,2	2,8	2,4	2,1	1,9	1,9	5	1,8	2,8
Bi	0,09	0,09	0,17	0,03	0,05	0,12	0,03	0,08	0,03	0,1	0,06
Cd	0,03	0,03	0,05	0,06	0,03	0,01	0,06	0,06	0,03	0,03	0,01
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mo	1,02	0,8	0,75	1,21	0,54	1,33	0,77	1,91	0,73	0,72	1,16
Sb	0,07	<0,05	0,05	0,09	0,11	0,06	0,06	0,11	<0,05	0,27	0,05
Se	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1

Tabela 3.6 – Continuação dos dados químicos em rocha total para as rochas graníticas brasileiras (Granito tipo itaporanga – Plúton Campos Sales-Assaré)

	JV321B	JV337B	JV360	JV400	JV408B	JV424	JV447	JV427B	JV098	JV099	JV258
	Monzo-granito	granito	qz-monzonito	sienogranito	granito	Granito	pseudotaquilito	granito	Granito	Granito	Monzo-granito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	67,75	68,17	74,56	73,07	61,62	72,16	61,18	69,22	68,62	72,97	66,13
TiO <sub>2</sub>	0,24	0,2	0,03	0,28	0,72	0,22	2,5	0,34	0,25	0,17	0,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,48	15,78	12,56	14,93	15,39	16,41	14,15	15,01	15,05	14,62	14,46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,7	2,33	1,38	2,79	6,39	2,27	15,76	2,99	2,58	1,99	2,72
MnO	0,06	0,04	0,01	0,04	0,11	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,05
MgO	0,93	0,58	0,06	0,47	2	0,45	0,96	0,55	0,55	0,28	0,63
CaO	1,53	1,69	0,64	1,55	3,8	1,72	0,52	1,78	1,55	1,33	1,35
Na <sub>2</sub> O	4,32	3,91	3,62	3,16	2,76	4,01	0,05	3,25	3,38	3,78	3,45
K <sub>2</sub> O	5,7	5,61	4,54	6,08	4,61	6,16	5,03	5,96	5,57	5,82	5,42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2	0,11	0,03	0,07	0,19	0,07	0,58	0,09	0,09	0,06	0,1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	0,5	0,32	0,11	0,39	1,04	<0,01	2,1	0,34	0,29	0,34	0,39
Total	99,4	98,74	97,55	102,82	98,66	103,44	102,87	99,59	97,97	101,38	95
Ni (ppm)	16,4	4,6	1,7	4,3	11,4	2,3	1,1	4,2	5,2	1,9	2,7
Co	3,9	2,5	0,4	2,9	16,2	2,1	5,5	4,1	2,8	1,6	3,1
Cu	2,7	2,2	2,8	3,3	7,1	1,9	1,9	7,4	2,5	2,4	2,5
Pb	27,8	8,3	15,4	7,5	8,2	8,7	2,4	11,2	5,8	9,4	8,6
Zn	27	24	17	43	87	42	11	56	41	36	47
Rb	141,7	149,6	196,7	222,3	277,7	184,7	255,1	284,5	223,7	289	225,6
Cs	0,93	0,98	1,3	1,83	7,64	1,56	5,52	2,43	3,66	3,15	1,88
Ba	2340	2750	260	1120	980	1346	1329	1548	1453	839	1505
Sr	1038,6	1500	221,2	268,9	400,6	286	92	324,2	289,3	167,1	231,9
Ga	17,6	18	23,4	19,6	19,2	14,6	29,4	19,8	18,7	22,7	18,7
Ta	0,95	0,72	10,38	3,15	1,26	0,58	0,92	0,82	2,08	1,87	2,73
Nb	12,87	8,38	98,9	21,42	12,3	8,66	15,31	16,61	13,94	13,12	26,07
Hf	4,54	3,84	4,92	6,1	6,74	3,35	10,72	7,92	6,16	4,14	6,78
Zr	151,6	135,9	49,1	239,5	258,5	174	364,5	347,9	230	124,6	264,8
Y	10,19	6,81	62,73	7,43	31,62	2,67	45,26	8,84	8,29	8,87	18,72
Th	8,7	3,3	20,7	35,1	23,6	22,4	11,9	43,1	39	26,4	31,5
U	1,73	0,5	23,6	3,77	5,34	4,76	6,01	6,84	5,64	11,87	2,66
La	28,3	20,8	9,4	81,8	63	50,1	120,4	121,9	100,3	48,7	122,6
Ce	52,2	36,7	12,1	141,1	108,7	80,6	237	195,1	161,7	82,2	202,2
Pr	6,03	4,52	1,76	15,42	12,3	6,47	29,63	19,96	15,88	8,35	21,22
Nd	21,2	16,2	7,8	49,1	44,7	19	114,6	63,7	48	29,8	68
Sm	3,7	3	5,7	7,1	7,4	3,9	20,9	8,3	6	3,6	9,1
Eu	0,27	<0,05	0,19	0,56	1,18	0,57	4,14	0,73	1,01	0,59	0,66
Gd	2,89	2,23	8,26	4,23	6,86	1,96	17,87	5,17	4,38	2,99	7,6
Tb	0,39	0,28	1,89	0,44	0,98	0,13	2,17	0,41	0,51	0,31	0,84
Dy	2	1,49	13,06	1,92	5,78	0,68	11,08	2,2	1,94	1,62	3,61
Ho	0,43	0,28	2,57	0,35	1,18	0,13	2,02	0,41	0,3	0,23	0,89
Er	1,07	0,8	8,24	0,81	3,63	0,44	4,84	0,98	0,8	1,17	2,09
Tm	0,17	0,14	1,34	0,15	0,56	0,06	1,01	0,14	0,13	0,12	0,35
Yb	1	0,7	8,5	0,8	3,5	0,3	4,9	0,8	0,9	1	1,3
Lu	0,1	<0,05	1,26	0,12	0,48	0,09	0,63	0,14	0,16	0,06	0,49
Sn	0,7	<0,3	2,4	1,3	2,8	5,6	3,8	1,3	1,7	2,6	4,9
W	0,4	0,3	1,3	0,9	0,9	0,5	10,1	1	3,1	4,8	0,8
Ag	0,07	0,04	<0,01	0,14	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Au	<0,1	<0,1	<0,1	5,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1
Be	4,2	3,4	7,2	2,2	2,9	1,9	5	2,7	4,7	2,3	2,8
Bi	0,03	0,02	0,02	<0,02	0,03	0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,03	0,02
Cd	0,03	<0,01	0,24	0,05	0,03	0,04	0,03	0,01	0,04	0,02	0,02
Hg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Mo	0,39	0,48	0,82	5,33	2,02	0,37	0,17	2,89	0,42	0,42	0,4
Sb	0,06	0,08	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Se	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Tabela 3.7 – Continuação dos dados químicos em rocha total para as rochas graníticas brasileiras (Granito tipo itaporangá – Plúton Campos Sales-Assaré)

	JV220C	JV313C	JV221A	JV221B	JV318	JV331C	JV332A	JV335A	JV336	JV338	JV346
	granito	granito	granito	granito	granito	granodiorito	granito	monzonito	sienogranito	granito	sienogranito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	70,93	74,84	69,55	70,62	72,24	66,94	71,81	62,7	70,38	69,94	71,62
TiO <sub>2</sub>	0,13	0,12	0,25	0,19	0,21	0,37	0,16	0,26	0,25	0,35	0,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,15	13,99	15,01	14,69	15,5	16,62	14,61	18,88	16,35	15,51	14,36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,89	1,93	2,37	2,15	2,3	3,19	1,9	3,23	1,44	2,96	2,61
MnO	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06	0,06	0,02	0,03	0,03
MgO	0,25	0,2	0,45	0,37	0,42	0,56	0,2	0,66	0,43	0,7	0,46
CaO	1,17	1,14	1,56	1,41	1,44	2,23	1,37	2,38	1,2	1,73	1,47
Na <sub>2</sub> O	3,21	3,18	3,46	3,47	3,41	3,96	3,54	4,62	3,91	2,94	2,86
K <sub>2</sub> O	5,58	5,23	5,18	5,15	5,73	5,03	5,2	6,75	6,24	6,06	5,64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,02	0,07	0,06	0,08	0,1	0,03	0,16	0,13	0,12	0,08
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	0,57	0,63	0,5	0,7	0,98	0,43	0,3	0,48	0,32	0,95	0,63
Total	97,94	101,3	98,44	98,85	102,34	99,48	99,19	100,18	100,68	101,3	100
Ni (ppm)	2,4	2,4	3,7	3,5	3,9	3,8	2,3	7,2	5,5	3,7	5,7
Co	1,3	1,4	3	2,3	2,3	5,1	1,7	4,2	2,6	3,8	2,8
Cu	0,7	1,4	2,2	1	1,4	2,8	1	9,5	2,7	4,4	6,1
Pb	17,5	19,8	12,7	13	13,6	15,7	18,6	14	4,7	10,8	11
Zn	41	52	56	59	48	68	36	26	31	43	40
Rb	236,2	259,2	257,2	243	198,3	225,7	251	120,4	170	255,6	237,9
Cs	1,31	3,02	4,1	3,65	1,84	9,98	2,67	0,51	0,75	2,33	3,09
Ba	796	682	1008	810	1342	1346	744	3680	1986	1288	1319
Sr	184,4	154,1	225,5	186,4	286,4	525,1	206,7	1496,4	1394,9	297,9	270,5
Ga	19,6	21,7	22,8	22,1	20,4	24,8	25,9	21,6	20	21,9	19,6
Ta	1,13	1,31	1,08	1,13	0,72	0,77	1,58	0,58	0,37	0,72	2,42
Nb	15,82	17,71	13,79	12,95	9,33	10,2	19,02	6,25	5,3	10,95	11,81
Hf	4,12	3,96	5,06	4,51	3,52	5,4	4,55	3,67	4,73	7,06	5,71
Zr	124,7	111,9	186,9	149,5	121	206,8	129,3	148,8	179,9	291,8	212,5
Y	7,74	7	8,13	7,35	5,62	7,5	10,41	12,39	2,56	5,2	11,2
Th	30,5	29,5	24,4	22,3	28,1	14,4	10,9	2	2,8	50,2	26,5
U	5,83	7,77	3,14	4,69	4,95	2,85	4,51	0,82	0,65	3,5	8,18
La	52,6	42,3	60,5	50,8	52,5	55,9	33,2	31,7	40,3	136	89,2
Ce	88,3	66,6	92,2	83,3	79,6	78,5	49,6	45,5	63,3	208	139,7
Pr	9,95	7,98	10,44	9,47	9,2	8,03	5,69	6,19	7,47	21,44	14,83
Nd	32,3	25,8	33,8	31	29,7	24,7	18,7	22,7	23,9	63,8	46,3
Sm	4,8	4,1	5,2	4,6	4,8	3,3	2,8	4,3	3,1	7,9	6,4
Eu	0,42	0,47	0,46	0,44	0,35	0,57	0,33	0,27	0,26	0,72	0,6
Gd	2,61	2,3	3	2,8	2,36	2,04	2,07	3,15	1,35	3,62	3,75
Tb	0,36	0,29	0,35	0,34	0,25	0,28	0,31	0,49	0,2	0,31	0,46
Dy	1,63	1,54	1,75	1,55	1,24	1,59	1,85	2,37	0,59	1,51	2,36
Ho	0,32	0,33	0,31	0,32	0,27	0,31	0,37	0,45	0,14	0,25	0,46
Er	0,8	0,76	0,9	0,77	0,62	0,79	1,05	1,19	0,35	0,53	1,1
Tm	0,16	0,16	0,13	0,14	0,12	0,16	0,21	0,19	0,08	0,08	0,2
Yb	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	1,2	1	0,3	0,5	1,2
Lu	0,12	<0,05	0,1	0,06	<0,05	0,06	0,1	0,08	<0,05	<0,05	0,08
Sn	2,5	1,5	2,5	2	1,7	1,5	1,2	<0,3	<0,3	1,2	0,7
W	0,5	0,4	2	0,7	1,5	0,9	1,5	1,8	0,4	0,4	0,7
Ag	0,05	0,07	0,1	0,05	0,13	0,06	0,08	0,07	0,09	0,02	0,11
Au	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	17	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As	1	2	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Be	2,2	3,1	4,1	2,7	2,6	5,2	5,9	3,6	3,1	2,4	3,7
Bi	0,02	0,04	0,04	0,05	<0,02	0,06	0,03	<0,02	0,02	0,03	0,07
Cd	<0,01	<0,01	0,03	0,03	0,03	<0,01	0,07	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Hg	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mo	0,57	1,5	0,31	0,42	1,57	1,68	0,58	0,51	0,55	1,84	1,01
Sb	0,05	0,08	0,05	<0,05	0,08	0,06	0,09	0,09	<0,05	<0,05	0,09
Se	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1

Tabela 3.8 – Continuação dos dados químicos em rocha total para as rochas graníticas brasileiras (Granito tipo itaporangá – Plúton Campos Sales-Assaré)

	JV350	JV368A	JV372	JV374B	JV402	JV404	JV416 B	JV092A	JV268	JV348	JV420A
	granito	granito	granito	granito	granito	granito	granito	qz-monzonito	Monzogranito	Granito	granito
SiO <sub>2</sub> (% peso)	68,45	51,76	74,84	70	72,53	73,39	71,68	66,09	67,45	69,12	68,02
TiO <sub>2</sub>	0,3	1,1	0,12	0,3	0,16	0,27	0,05	0,41	0,35	0,21	0,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,06	16,96	14,32	15,44	14,44	14,93	15,5	19,5	14,54	14,42	16,24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,61	8,52	1,96	2,75	1,59	2,54	1,17	3,85	3	2,19	2,59
MnO	0,03	0,12	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,08	0,05	0,04	0,04
MgO	0,56	5,54	0,24	0,66	0,33	0,45	0,09	0,92	0,87	0,43	0,6
CaO	1,89	7,49	1,14	1,86	1,32	1,63	1,96	3,67	1,88	1,29	2,3
Na <sub>2</sub> O	3,03	2,87	3,32	3,4	3,51	3,32	3,92	4,4	3,23	3,4	4
K <sub>2</sub> O	5,62	2,63	5,6	5,4	5,7	5,78	5,1	4,99	5,14	5,75	5,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1	0,53	0,03	0,07	0,05	0,06	<0,01	0,09	0,12	0,07	0,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
LOI	0,73	0,88	0,34	0,72	0,45	0,32	0,32	0,4	0,14	0,12	0,51
Total	98,37	98,42	101,95	100,64	100,11	102,73	99,81	104,4	96,77	97,03	100,13
Ni (ppm)	4,4	52	1,9	4,8	2,4	3,4	1,3	3	4,4	2,2	6
Co	3,4	23,6	1,4	3,8	1,7	2,8	0,5	5,7	5	1,9	4,5
Cu	2,9	33,7	1,2	2,8	<0,5	2,5	2	4,6	6,3	1,7	3,1
Pb	14,2	2,7	12,3	13,9	10	7,2	8,8	6,1	3,4	7,1	10,1
Zn	44	56	35	48	33	42	12	52	55	44	45
Rb	248,8	78,2	211,3	200,1	236,4	221,2	185	109,6	210,7	278,3	190,8
Cs	3,06	1,39	1,98	3,28	3,05	2,6	3,27	0,97	2,52	2,38	2,78
Ba	1398	1336	771	1725	967	951	802	1808	1250	1177	1867
Sr	318,2	947,4	188,8	361,6	226,5	262,7	348,1	435,5	465,1	231,8	490,7
Ga	21	20,2	18,7	19,7	19,5	19,1	18,6	15,7	21,1	21,5	20,3
Ta	1,5	0,95	0,57	0,44	2,73	0,36	0,82	0,22	0,81	0,43	1,04
Nb	24,04	15,05	10,26	9	18,05	5,38	6,67	5,86	9,57	13,49	12,94
Hf	5,95	6,67	4,04	5,62	3,98	5	2,63	5,15	6,54	5,74	4,92
Zr	234,9	250,6	144,9	242,2	134,1	210,4	85,4	276,9	229,8	189,7	237
Y	8,26	18,81	5,47	5,01	17,96	3,38	7,33	15,15	7,75	7,53	8,88
Th	43,6	6,5	27,4	32,8	20,1	31,6	2,7	6,3	31,5	37,6	23,5
U	4,16	1,23	4,67	3,59	8,17	6,72	3,57	1,25	3,68	5,02	3,41
La	124,2	72,1	54,4	76,5	31,1	76	7,3	46,1	61,4	88,5	65,5
Ce	183,7	119,1	85,5	118,6	50,7	123,4	12,1	86,5	107,3	144,1	102,6
Pr	19,3	14,52	9,55	12,48	5,79	12,73	1,47	8,39	11,07	15,62	10,64
Nd	59,9	51,3	30,4	39,7	19,6	39,2	5,3	29,2	38,3	48	35,3
Sm	7,4	8	4,5	4,8	3,7	4,8	1,2	3,5	5,4	5,9	4,6
Eu	0,69	1,71	0,47	0,42	0,36	0,57	0,18	1,14	0,62	0,69	0,58
Gd	4,08	5,63	2,39	2,52	3,48	2,52	1,1	3,87	3,9	4,07	3,1
Tb	0,44	0,73	0,27	0,29	0,53	0,21	0,22	0,58	0,31	0,35	0,33
Dy	1,94	4,01	1,28	1,25	3,01	0,95	1,25	2,82	2,07	1,9	1,74
Ho	0,35	0,77	0,29	0,23	0,61	0,13	0,24	0,46	0,44	0,29	0,33
Er	0,85	2,06	0,53	0,6	1,82	0,4	0,8	1,79	0,83	0,75	0,89
Tm	0,13	0,3	0,12	0,12	0,32	0,08	0,16	0,12	0,19	0,17	0,17
Yb	0,6	1,8	0,7	0,4	2,2	0,5	1	2	1	0,9	0,9
Lu	<0,05	0,22	<0,05	<0,05	0,26	0,06	0,12	0,18	0,29	0,21	0,1
Sn	0,4	<0,3	<0,3	0,5	1,7	<0,3	0,6	4,6	2,5	10,5	1,6
W	1,9	1,3	1,1	0,8	0,5	0,7	0,5	11,2	1,5	1,8	0,4
Ag	0,07	0,08	<0,01	0,09	0,06	0,04	0,02	0,05	0,02	<0,01	0,06
Au	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
As	<1	<1	<1	<1	2	2	<1	1	<1	<1	<1
Be	2,9	2	1	2,8	3,8	3,6	3	2,2	2,3	2,8	2,8
Bi	0,05	0,02	<0,02	0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cd	0,09	<0,01	0,03	0,2	<0,01	<0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Hg	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mo	0,99	0,77	0,78	0,49	0,59	0,75	0,36	0,63	0,28	0,24	0,49
Sb	0,09	0,05	0,08	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
Se	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

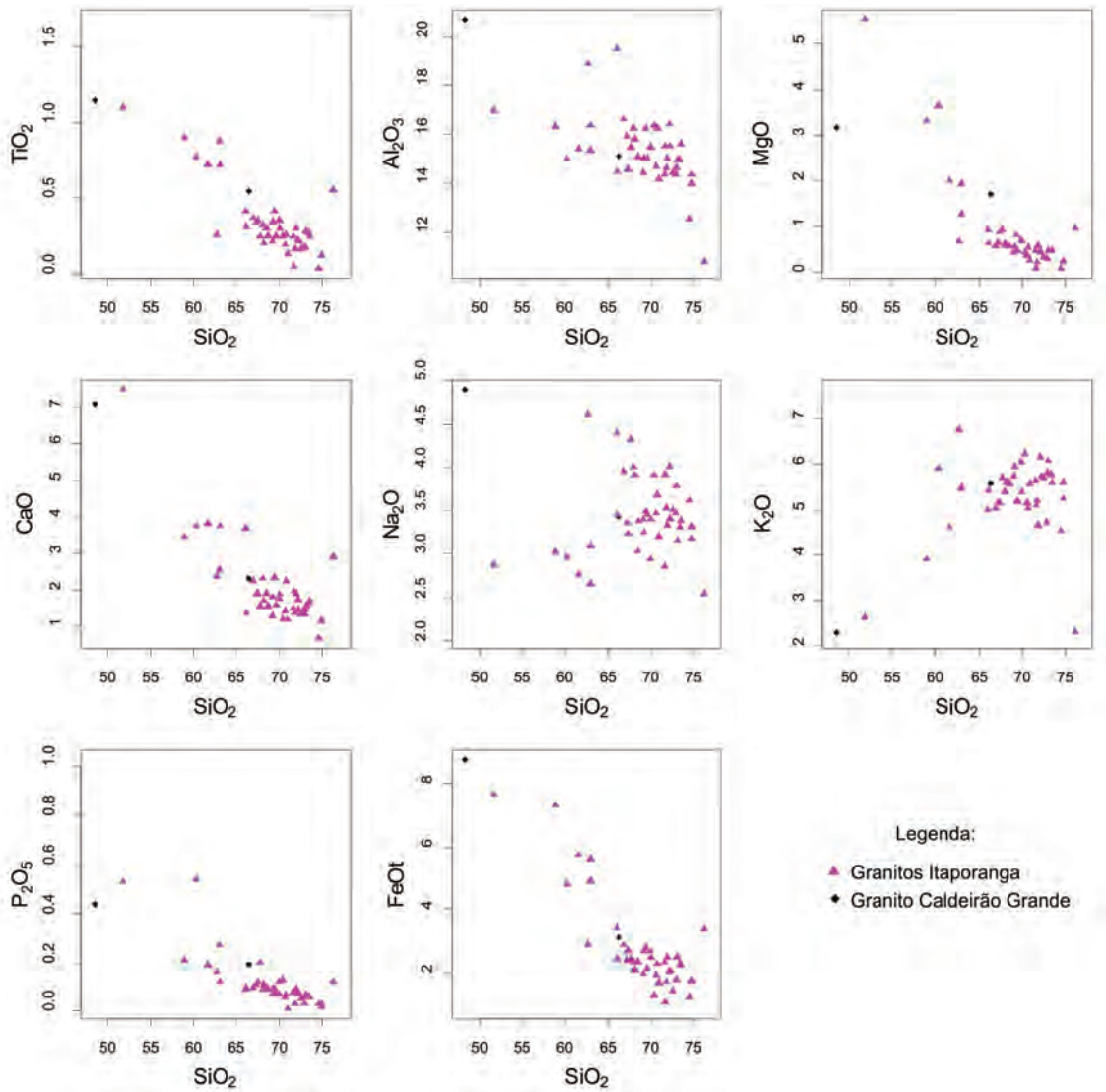


Figura 3.26 – diagramas de Hacker para elementos maiores ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{FeO}$ ), referentes às unidades Brasileiras.

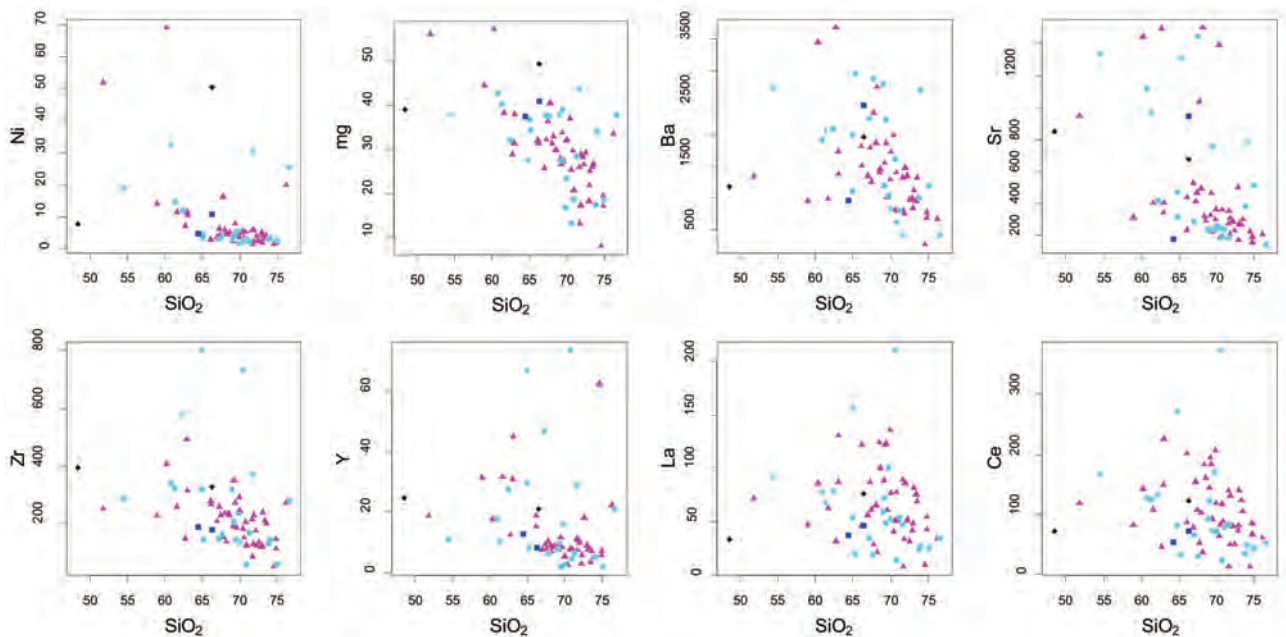


Figura 3.27 – diagramas de Hacker para elementos traços ( $\text{Ni}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{La}$ ,  $\text{Ce}$ ,  $\text{mg}$ ), referentes às unidades Brasileiras.

de Batchelor & Bowden (1985), caíram no campo Sin a tardi colisional, evidenciando sua implantação durante o Ciclo Brasileiro.

### 3.3 - BACIAS DO ESTÁGIO DE TRANSIÇÃO (GRUPO RIO JUCÁ)

As unidades relacionadas à Bacia do Estágio de Transição ou Bacia Molassóides (Parente *et al*, 2004), ocorrem nas porção centro-noroeste da folha, próximo ao povoado Pocinhos de Cima até a cidade de São Julião (PI). Estas rochas depositaram-se no final do Ciclo Brasileiro, entre os períodos Cambriano e o Ordoviciano, marcando a transição do Pré-Cambriano e o Fanerozoico. Seu preenchimento compreende rochas sedimentares, vulcanossedimentares e plutônicas. Estão geralmente preservadas em estruturas similares a riftes com eixo aproximadamente E-W, ao longo das zonas de cisalhamento da Província Borborema, prolongando-se sob os sedimentos da Bacia do Parnaíba.

Parente (1984) estabeleceu a seguinte estratigrafia para a Bacia Catolé-São Julião, cuja maior ocorrência encontra-se na área mapeada, conforme representada na Figura 3.28:

**Formação Cajazeiras - εOrjc** (ou Formação Catolé): Composta por siltitos arcoseanos calcíferos, de coloração marrom escuro, intercalados com finos níveis de siltito cinza-esverdeado; Ruditos argilosos cinza esverdeados com fragmentos de vaques arcoseanos e subordinadamente ocorrem granitos e vulcânicas. No topo ocorrem corpos lentiformes de cacitos e na base basaltos, por vezes andesíticos com níveis amigdaloides dominantes, dacitos, riolitos, piroclásticas, diabásio e hornblenda gabro subordinados e parcialmente modificados por alteração hidrotermal.

**Granito Mandacaru (εγm)**: Granito, granodiorito, granito rapakivi, predominantemente leucocráticos incluindo diques de microgranito, granitos gráficos, granófiros, quartzo porfiro, microdiorito, hornblenda quartzo monzonito pórfiro. A intrusão deste granito em uma rocha sedimentar úmida de origem a um peperito, uma rocha argilosa com fragmentos graníticos. A classificação petrográfica destes granitos segundo o diagrama de Streckeisen (1967) é visto na Figura 3.29.

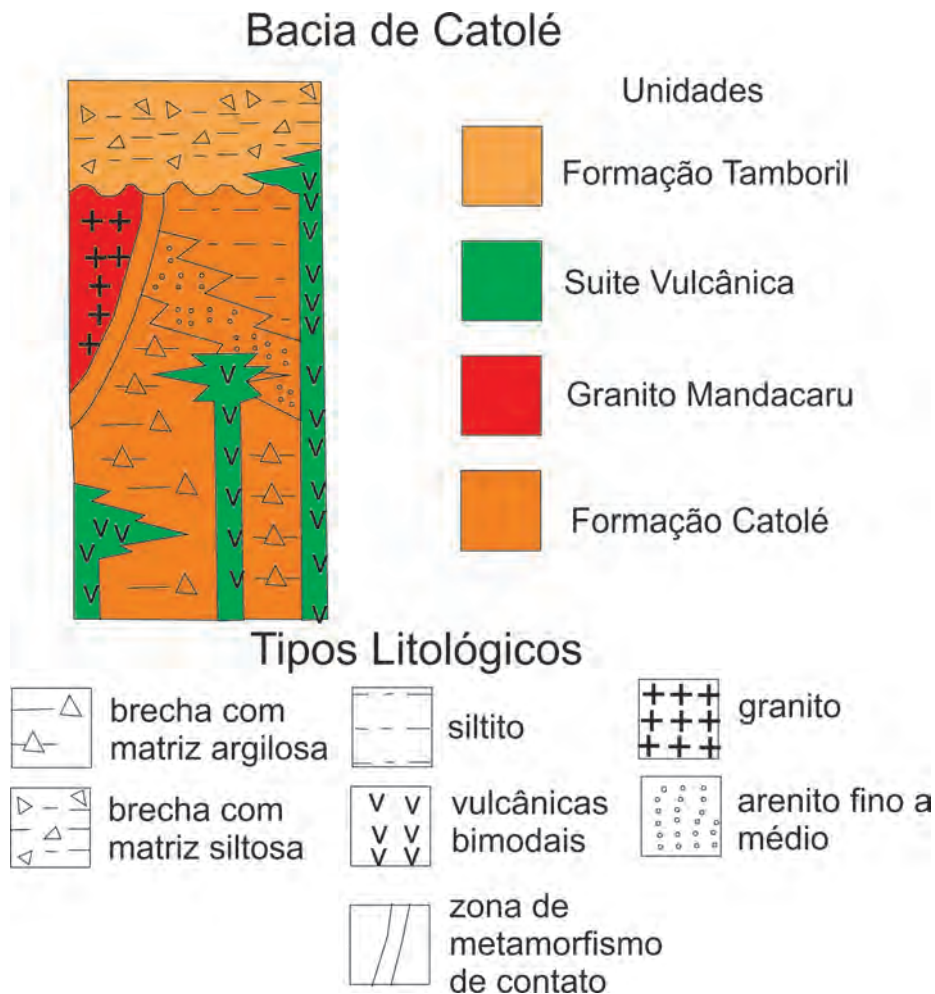


Figura 3.28 – Estratigrafia da Bacia Catolé-São Julião, segundo Parente, 2004.

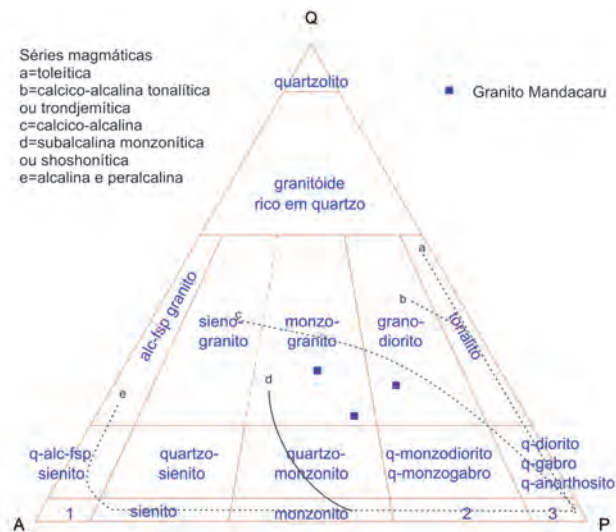


Figura 3.29 – Classificação petrográfica dos granitoide Mandacaru.

**Formação Tamboril - εOrjat (ou Angico Torto):** Brecha conglomerática, polimítica mal selecionada composta de fragmentos angulosos e sub-angulosos de arenito arcoseano, siltitos, dacitos, microgranitos quartzo-pórfiro, filitos, metarcóseos, sustentados por matriz. A matriz é de coloração escura, afanítica ocupando em torno de 5% da rocha. Esta unidade consta em outras fontes como Formação Angico Torto. A Figura 3.30 representa o aspecto destes conglomerados.

**Formação Melancias (εOrjm):** Apesar das descrições desta unidade (folha Jaguaribe, 2000) citarem a ocorrência de conglomerados, brechas e microbrechas, só foi encontrado na área, intercalações de arenitos finos, siltitos e pelitos. Representa uma reativação tectônica da bacia do Grupo Rio Jucá, em ambiente deposicional de leques aluviais na base e planície de inundação no topo.



Figura 3.30 – conglomerados polimíticos presentes na Formação Angico Torto, cuja ocorrência dá-se ao norte da folha.

### 3.4 - UNIDADES FANEROZOICAS

#### 3.4.1 - Grupo Serra Grande (Formação Jaicós-Ssgj)

Como parte integrante do Grupo Serra Grande, na área afloram apenas sedimentos relacionados à Formação Jaicós, sendo que não foram observadas litologias relacionadas às outras formações deste grupo (Ipu e Tianguá). Estes sedimentos são encontrados na porção oeste da folha, sendo que as exposições mais significativas encontram-se na localidade Morro Velho, próximo a Alegrete (PI) e nas imediações da cidade de Alagoinha (PI).

O Afloramento da localidade de Morro Velho, foi descrito por Mabeoone (1994 in CPRM, 1995). Trata-se de um morro testemunho formado por um arenito conglomerático de coloração cinza claro a creme, com seixos bem arredondados de diâmetro em torno de 2-3cm, por vezes subprismáticos em matriz arenosa. Também nessas imediações ocorrem alguns morros testemunhos igualmente formados por areníticos conglomeráticos alternando em níveis de aproximadamente 20cm de espessura. Estratificações cruzadas tabulares indicam paleocorrente para norte. Já os afloramentos próximos a Alagoinha (PI), consistem em exposições produzidas pela erosão provocada pelo Rio Marçal e seus afluentes. Consistem em arenitos cinza com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas, por vezes festonadas, indicando paleocorrente para oeste.

A Formação Jaicós regionalmente é formada por sistemas fluviais e eólicos, porém, presente na Folha Fronteiras, só foram encontrados sistemas fluviais, compostos principalmente por barras longitudinais e transversais, onde os canais estariam representados pelos conglomerados e o fluxo de detritos pelos cascalhos suportados por matriz. As paleocorrentes indicam um preenchimento normal da bacia da periferia para o centro, ou seja, a partir de leste e sul para oeste.

A ausência de uma quebra significativa no relevo indica que a deposição e posterior erosão não foi influenciada pela tectônica rúptil, tanto que em alguns pontos a bacia é tão rasa que chega a expor o embasamento cristalino. No entanto a tectônica frágil afetou a unidade produzindo rochas silicosas como sílex e calcedônia, marcando estes falhamentos. As Figuras 3.31 e 3.32 representam afloramentos desta unidade, cuja seção típica é representada na Figura 3.33.

#### 3.4.2 - Bacia de Padre Marcos (K1pm)

Esta unidade está representada por uma pequena bacia sedimentar situada entre as bacias do Parnaíba





Figura 3.31 – Arenitos conglomeráticos da Formação Jaicós, próximo a Alegrete do Piauí: aspecto de corte de estrada onde se observa estratificações cruzadas e tabulares.

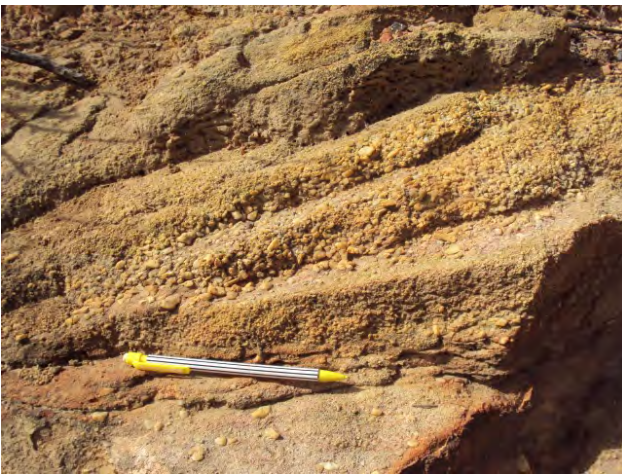


Figura 3.32 – Conglomerados e arenitos grossos típicos da Formação Jaicós.

e do Araripe, Junto a localidade Riacho do Padre, município de Padre Marcos. Ocupa uma área de poucas centenas de metros, consistindo de intercalações de camadas de arenito grosso seixoso, subarredondado a subesférico com camadas de folhelho cinza. A presença de estratificações cruzadas tabulares pouco nítidas indicam paleocorrente para sudoeste.

A Bacia de Padre Marcos depositou-se devido a reativação da Zona de Cisalhamento de Tatajuba quando no evento de abertura do Atlântico, possibilitando a o desenvolvimento de um lago com leques deltaicos ao longo de suas margens (Córdoba *et al*, 1995). Algumas proposições de correlação, embora informais, sugerem que a Bacia de Padre Marcos possa ser correlata à porção superior do Membro Romualdo da Formação Santana, dada as semelhanças entre os argilominerais (Berthou *et al*, 1990) ou ainda correlatas às formações Rio da Batateira (Ponte e Appi, 1990) e Santana.

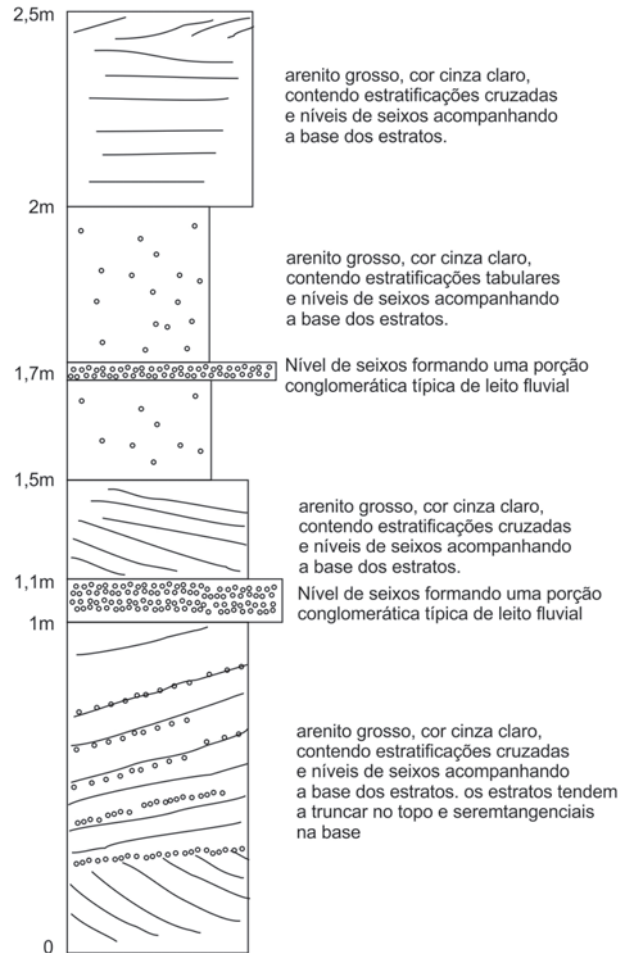


Figura 3.33 – Seção estratigráfica típica da Formação Jaicós (Alagoinha do Piauí).

Vários autores (Ponte *et al*, 1991; Carvalho, 1993; Machado e Cassab, 1997; Bernardes de Oliveira *et al*, 1994; Carvalho e Viana, 1996), cita a existência de fósseis de ostracodes, conchostráceos, microgastropodes, fragmentos vegetais e icnofósseis de vertebrados. Estes fósseis sugerem uma idade entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior (Juro-Neocomiana) para esta pequena bacia.

O perfil de uma seção da Bacia de Padre Marcos é vista na Figura 3.34, enquanto que as fotos de alojamentos desta unidade estão representadas pelas Figuras 3.35 e 3.36.

### 3.4.3 - Bacia do Araripe

A Bacia do Araripe consiste em uma das bacias interiores, sendo a maior delas. Sua deposição deu-se principalmente no Juro-Cretáceo, como conseqüência de uma série de eventos geológicos relacionados à ruptura do Gondwana e subsequente abertura do Atlântico Sul. A Figura 3.37 representa um perfil teórico esquemático das unidades da Bacia do Parnaíba. Já na Tabela 3.9 está a síntese da estratigrafia desta bacia conforme Assine (2007)



Figura 3.34 – Perfil estratigráfico da Bacia de Padre Marcos.



Figura 3.36 – mesma unidade, fração pelítica observado na Bacia de Padre Marcos.



Figura 3.35 – afloramento da Bacia de Padre Marcos, localidade Riacho do Padre: fração arenítica grossa a conglomerática.

### 3.4.3.1 - Formação Santana (K1s)

A denominação Formação Santana foi primeiramente adotada por Small (1914) para a sequência de calcário e margas, adotada posteriormente por outros autores, ampliando sua conceituação original. Beulen (1971) propôs a subdivisão desta formação em três membros: Crato (inferior), Ipubi (intermediário) e Romualdo (superior), dos quais, o Membro Romualdo e o Ipubi estão presentes na área.

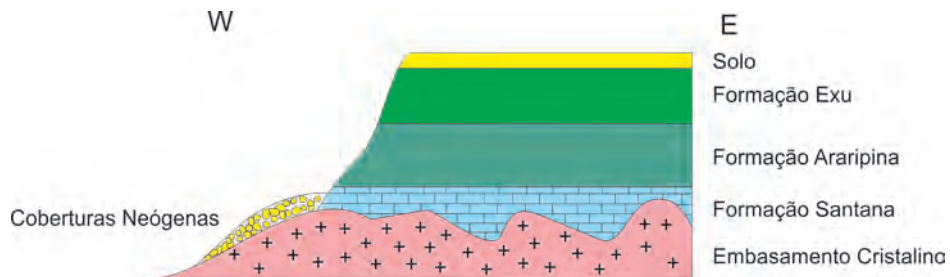


Figura 3.37 – Perfil teórico da borda oeste da Bacia do Araripe.

Tabela 3.9 – Estratigrafia da Bacia do Araripe no contexto da Folha Fronteiras (modificado de Assine, 2007)

Ma	Geocronologia			Ambiente Depositional	Litoestratigrafia		Tectônica
	Período	Época	Idade		Grupo	Formação	
95	Cretáceo	Neo	Turoniano	Fluvial	Araripe	Exu	Pós Rife II Soerguimento epigenético diferenciado Basculamento para W
100			Cenomaniano				
105	Eo	Aptiano	Aluvial	Araripe			
110			Plataformal	Santana		Romualdo	
115			Costeiro Lacustre	Santana	Crato	Pós Rife I Aumento do espaço de acumadação por eustasia positiva	

A Formação Santana, na área deste mapeamento, está assentada discordantemente sobre as rochas do embasamento na forma de algumas exposições na borda da Chapada. Ao contrario das regiões mais a leste da chapada do Araripe que possuem outras unidades sedimentares mais antigas, na folha, pode-se supor que esta região foi inundada mais tardiamente em relação ao restante da deposição da Chapada.

O membro Ipubi ocorre na forma de pequenos corpos próximo a cidade de Caldeirão Grande em um pacote não muito espesso (alguns metros), constituídos essencialmente de gipsita. Já o membro Romualdo ocorre sobreposta a estes evaporitos sendo a maior parte da constituição da unidade. Composto por um pacote de calcários e margas de coloração cinza claro com concreções carbonáticas fossilíferas. Próximo a Caldeirão Grande foram encontrados fósseis de peixes e vegetais, além de ostracoides, assim como na região centro-sul da folha. Estes fósseis são encontrados na forma de concreções carbonáticas em meio a uma marga. Segundo informes outros espécimens foram encontrados como artrópodes, tararugas e caranguejos.

A Figura 3.38 representa o aspecto de afloramento de calcários encontrados em uma pedreira próxima a uma área de ocorrência de fósseis (Figura 3.39).

A sedimentação pelítica associada aos níveis evaporíticos e a ocorrência de uma fauna fossilífera, indica que a deposição deu-se em um ambiente marinho raso, gradando a lagunar restrito de clima quente. Possivelmente este lago devesse secar por completo regularmente explicando assim tamanha concentração fossilífera.

### 3.4.3.2 - Formação Araripina (K2a)

Também denominada Formação Arajara por Ponte e Appi (1990), foi proposta por Assine (2007) para denominar a porção inferior da Formação Exu (Assine, 1990), sendo esta constituída por ritmitos formados por arenitos finos e folhelhos de coloração amarela, roxa e vermelha, com laminação plano-paralela. Apresentam marcas de onda, pseudo nódulos, almofadas (ball & Pillow), estruturas hidroplásticas como dobras convolutas e estruturas em chama, possuem ainda intercalações de corpos lenticulares de arenitos médios a grossos (Figura 3.40). Sua deposição deu-se em ambiente lacustre continental raso assoreado. Os melhores afloramentos situam-se após a cidade de Marcolândia na direção de Alegrete do Piauí em um corte de estrada onde observa-se o contato entre a Formação Araripina e a Formação Exu. Nesta porção superior desta unidade, estratificações cruzadas de pequeno porte em camadas arenosas indicam paleocorrente para Oeste. As camadas estão

normalmente horizontalizadas, embora existam um suave basculamento em diversas direções (porém com uma predominância para SE) em pontos distintos ao longo da unidade.



Figura 3.38 – Aspecto dos calcários da Formação Santana em uma pedreira desativada.



Figura 3.39 – fósseis de peixes (ictiofóssil) encontrado na área de ocorrência da Formação Santana.

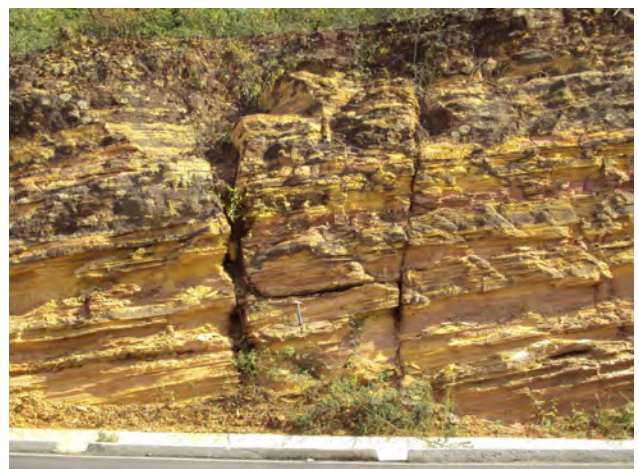


Figura 3.40 – Afloramento típico da Formação Araripina.

Estão presentes na unidade estruturas em chama, basculamento provocado pela tectônica, zonas de falhas e demais estruturas hidroplásticas (Figuras 3.41 e 3.42).



Figura 3.41 – Estruturas sedimentares e hidroplásticas encontradas na Formação Araripina.

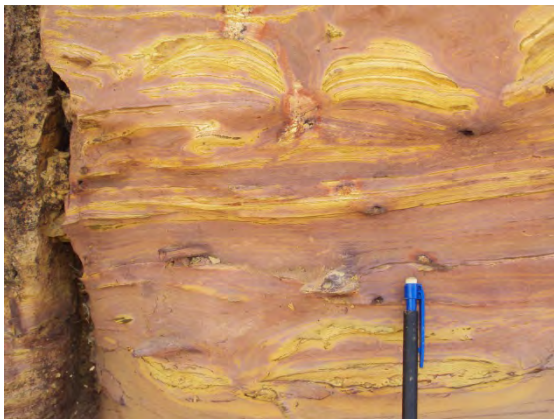


Figura 3.42 – Detalhe de estruturas sedimentares e hidroplásticas presentes na Formação Araripina.

### 3.4.3.3 - Formação Exu (K2e)

A Formação Exu ocorre capeando o topo da Chapada do Araripe, em uma espessura de no máximo 200m, embora sua melhor exposição nas proximidades da cidade de Marcolândia onde encontra-se sobreposta aos sedimentos da Formação Araripina seja de aproximadamente 30m. Já nas proximidades de Caldeirão Grande, a Formação Exu encontra-se assentada diretamente sobre o embasamento.

Assine (1992) descreve a Formação Exu como sendo constituída por uma associação de fácies pisamíticas que evidencia o recobrimento das planícies aluviais, frequentemente úmidas, pela sedimentação fluvial. Seus sedimentos são tipicamente de ambiente fluvial, de cor vermelha e granulometria média a grossa, friáveis e intercalados com lentes de arenito muito grossos a conglomeráticos

(Figura 3.43). Esta unidade apresenta-se sobreposta a Formação Araripina em contato discordante de baixo ângulo, representando um novo evento tectono-sedimentar na bacia.



Figura 3.43 – Afloramento típico da Formação Exu.

### 3.4.3.4 - Coberturas Neógenas (NQc, N1dl)

Em diversas porções da área mapeada ocorrem uma cobertura areno-argilosa, sendo este o último evento deposicional ocorrido. Estas coberturas originam-se da erosão das unidades anteriores formando depósitos aluvionares e detrítico-laterítico, sendo muitas vezes autóctones.

Os depósitos do tipo Detrítico-Laterítico (N1dl), são normalmente constituídos de blocos decimétricos a métricos de arenitos avermelhados, originários em sua maior parte da erosão da Formação Exu, por consequência do recuo da escarpa, enquanto os depósitos colúvios-eluviais (NQc) são geralmente arenosos de cor clara e estão posicionados nos vales de rios, principalmente no entorno da Chapada do Araripe.

Durante o Neógeno ocorreu atividades atribuídas a animais da megafauna, como gliptodontes que costumavam escavar suas tocas em arenitos menos resistentes (Figura 3.44).

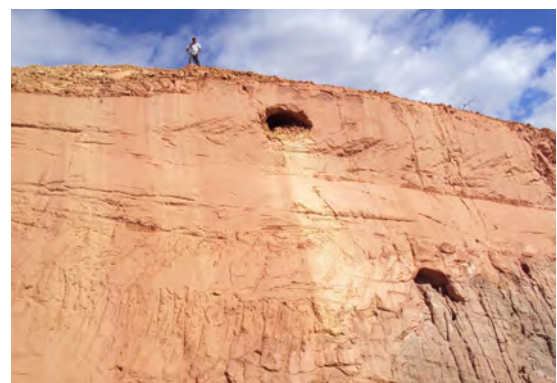


Figura 3.44 - Possível paleotoca de gliptodonte (Pleistoceno), escavada por entre as rochas da Formação Araripina.



## 4 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

### 4.1 - INTRODUÇÃO

A Folha Fronteiras encontra-se inserida em uma região da Província Borborema sob domínio do Lineamento Patos e de várias zonas de cisalhamento associadas, sendo as principais as de Tatajuba e Potengi. Segundo Jardim de Sá (1994), a área estaria inserida na porção oeste do Domínio da Zona Transversal, no limite desta com a Faixa Orós – Jaguaribe.

Este contexto estaria relacionado à distribuição dos elementos estruturais, os quais possuem elevada linearidade segundo duas direções preferenciais: ENE-WSW e NE-SW. Esta linearidade estaria relacionada à tectônica brasileira através do desenvolvimento de zonas de cisalhamento transcorrentes, as quais estariam relacionadas às terminações do Lineamento Patos, limitando os dois domínios supracitados. Ainda segundo Gomes (2000), a área estaria inserida dentro dos domínios da Faixa Orós e do Terreno Granjeiro, este de idade arqueana e composição TTG, sendo separados pela zona de cisalhamento Potengi.

### 4.2 - DOMÍNIOS ESTRUTURAIS

Estruturalmente pode-se dividir a área em três domínios principais (Figura 4.1):

Domínio Noroeste: posicionado no terço Norte da área, é caracterizado pela presença de estruturas cisalhantes transcorrentes (dextrais), na forma de inúmeras zonas de cisalhamentos aproximadamente paralelas entre si, produzindo uma foliação em geral verticalizada. Estas zonas de cisalhamentos normalmente estão marcadas por rochas milonitizadas de médio a alto grau. Na porção Noroeste deste domínio é comum a presença de dobras em escala de afloramento, dobras estas que estariam relacionadas à implantação das bacias de transição e/ou de colagem de terrenos. Em termos estruturais, a implantação das bacias de transição ocorreu no cabriano-ordoviciano em regime dúctil-rúptil, rompendo estruturas pré-existentes e criando espaços que foram preenchidos por sedimentos.

É perceptível que o Complexo Jaguaretama possui duas feições intercaladas e separadas por cisalhamento, sendo uma granítica-ortognaisse bandado e outra migmatítica, indiferenciadas nesta escala de mapeamento, o que indica que houve uma intensa

atividade tectônica resultando na atual configuração deste domínio.

Domínio Central: ocupa a porção central da área e é caracterizada pela presença de corpos graníticos em formato sigmoidal e da ocorrência de blocos crustais que ocorrem tanto cortados por diques graníticos como na forma de mega-enclaves nestes. Os granitos implantaram-se em pelo menos quatro pulsos magmáticos. O primeiro foi um plutonismo em regime sin-colisional, representados pelos granitoides da suíte intrusiva Conceição, os quais mostram enclaves máficos possivelmente derivados de mistura de magmas derivados de uma crosta oceânica antiga. O segundo pulso também em regime sin-colisional implantou os granitoides da suíte Itaporanga e na sequência vieram os granitos tardi-tectônicos, mais finos. Este processo foi afetado por zonas de cisalhamentos transformando alguns dos granitos porfíricos em augen-gnaisses e dando um aspecto milonítico a protomilonítico, principalmente nas rochas do estágio sin-colisional.

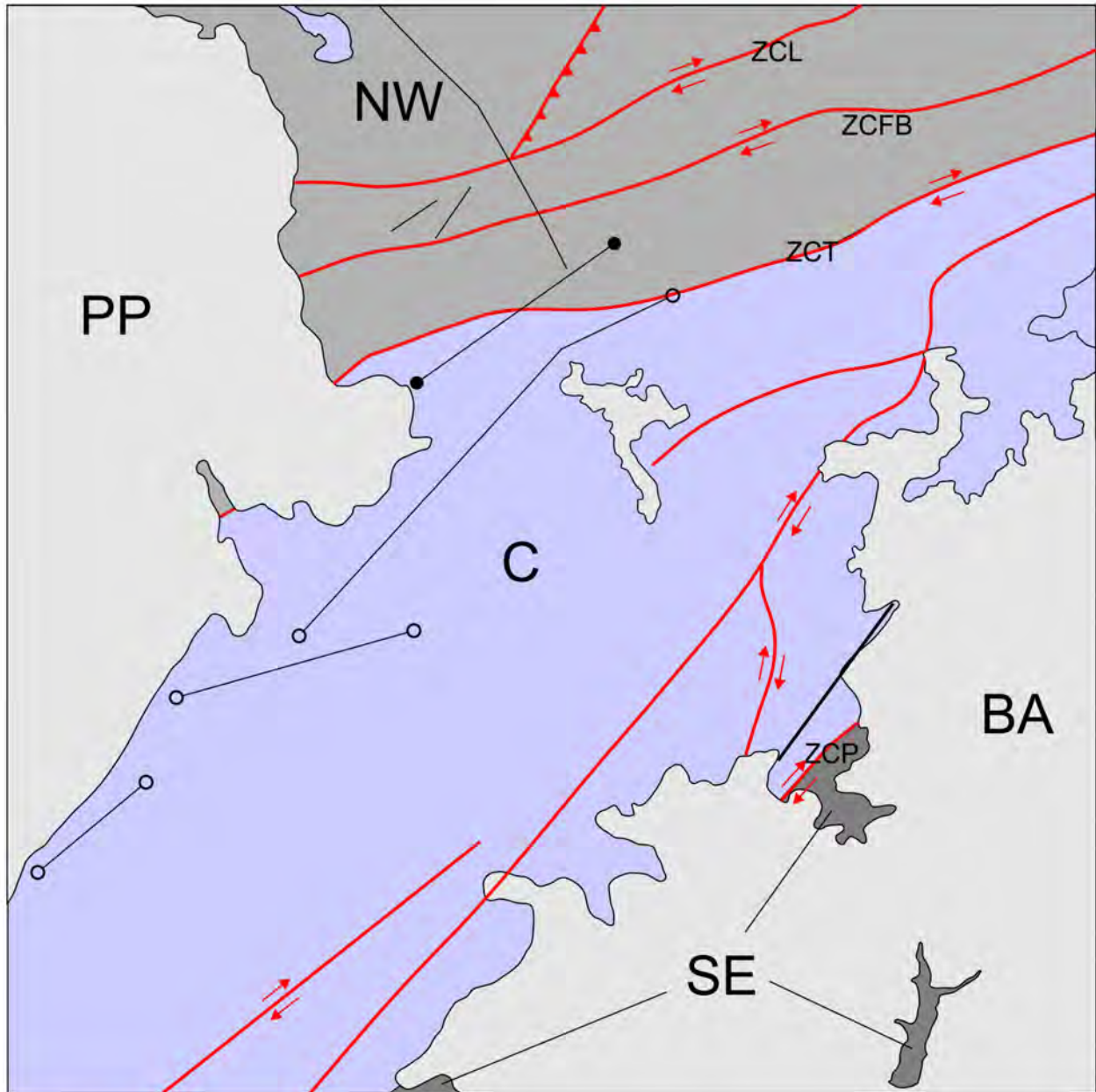
Domínio Sudeste: Está em sua maior parte encoberto pelos sedimentos da Bacia do Araripe. Nos afloramentos existentes, ocorrem rochas do Terreno Granjeiro de idade Arqueana, as quais não foram possíveis de serem bem caracterizadas devido a pouca quantidade de afloramentos preservados.

### 4.3 - ESTÁGIOS E FASES DE DEFORMAÇÃO

Conforme as relações de campo, foi possível determinar os seguintes estágios e fases de deformação:

Dn: ocorrem na forma de bandamentos presentes nas rochas gnáissicas e migmatíticas do embasamento, de idade arqueana a paleoproterozoica. Esta deformação ocorreu em fácies anfíbolito.

Estágio Rift: caracteriza-se pela deposição de carbonatos e rochas siliciclásticas, as quais seriam deformadas pelos eventos posteriores em baixo grau, gerando assim mármore/calcário cristalino e xistos. As rochas deste estágio foram deformadas junto às do Complexo Jaguaretama e exibem estruturas semelhantes, tais como dobras e cisalhamentos ducteis.



Escala Gráfica:

0 5 10 15 km

**Estruturas**

- Diques ácidos
- Diques Básicos
- Zona de Cisalhamento
- Falhas

**Zonas de Cisalhamento:**

- ZCL - Limoeiro
- ZCFB - Farias Brito
- ZCT - Tatajuba
- ZCP - Potengi

**Domínios Estruturais:**

- PP - Província Parnaíba
- NW Domínio Noroeste
- C - Domínio Central
- BA - Bacia do Araripe
- SE - Domínio Sudeste

Figura 4.1 - Domínios estruturais da área e principais lineamentos.

**Dn+1:** Estaria relacionada ao surgimento de granitoides Brasilianos, associados a transcorrência durante uma colisão continental marcando assim a implantação do Ciclo Brasileiro na região. Foram identificados quatro tipos graníticos, sendo em ordem cronológica 1-Corpo Caldeirão Grande, 2-Pluton Campos Sales-Assaré e 3-Granitoides tarditectônicos, em geral, cada um sendo deformado pelo corpo posterior. Estes granitoides encontram-se no domínio central. Os granitoides tipo Itaporanga possuem pouca deformação, principalmente no centro do corpo, embora nas bordas grada para um ultramilonito posicionando-os como corpos granitoides sintectônicos. Neste estágio também foi implantado a maioria dos lineamentos e zonas de cisalhamento, marcados principalmente por rochas milonitizadas e/ou catacladas. Em alguns locais é perceptível a presença de dobras, associadas a este evento, em unidades implantadas anteriormente. Os granitoides pós-tectônicos formam corpos texturalmente mais finos, de coloração cinza, os quais não sofreram deformação significativa, possuindo apenas uma lineação de fluxo magmático. Na Figura 4.2 é esboçado as estruturas presentes em alguns afloramentos.

A tectônica transversal foi deduzida a partir de dados adicionais de estiramento mineral sub-horizontais, superfícies S-C e porfiroclastos assimétri-

cos de feldspato. São ainda frequentes nas zonas de influência dos cisalhamentos dúcteis estruturas compatíveis com o regime dúctil-rúptil tais como pseudotaquilitos, juntas preenchidas por Quartzo e estruturas frágeis tais como cataclasitos, além de falhas gravitacionais e transcorrentes. Algumas zonas de cisalhamento menores de cinemática sinistral estariam relacionadas aos cisalhamentos antitéticos, estando assim de acordo com a geometria das estruturas relacionadas a cisalhamentos transcorrentes dextrógiros (Keller *et al*, 1982).

**Estágio de transição:** Corresponde à deposição das bacias molássicas, durante o período cambro-ordoviciano, juntamente com a intrusão do Granito Mandacaru (anorogênico). Neste estágio, a abertura de um rift a norte da folha provocou a deposição de conglomerados brechoides. Reflexos deste estágio provocaram um fraturamento associado a um falhamento intenso produzindo cataclasitos percebidos na maior parte em rochas gnáissicas do Complexo Jaguaratama.

**Deposições fanerozoicas:** Após o estágio de transição, sucederam-se eventos de caráter frágil, relacionados principalmente a implantação das bacias do Parnaíba a oeste e Araripe a sudeste. Correspondem a falhas e fraturas, geralmente preenchidas por sílex e calcedônia.

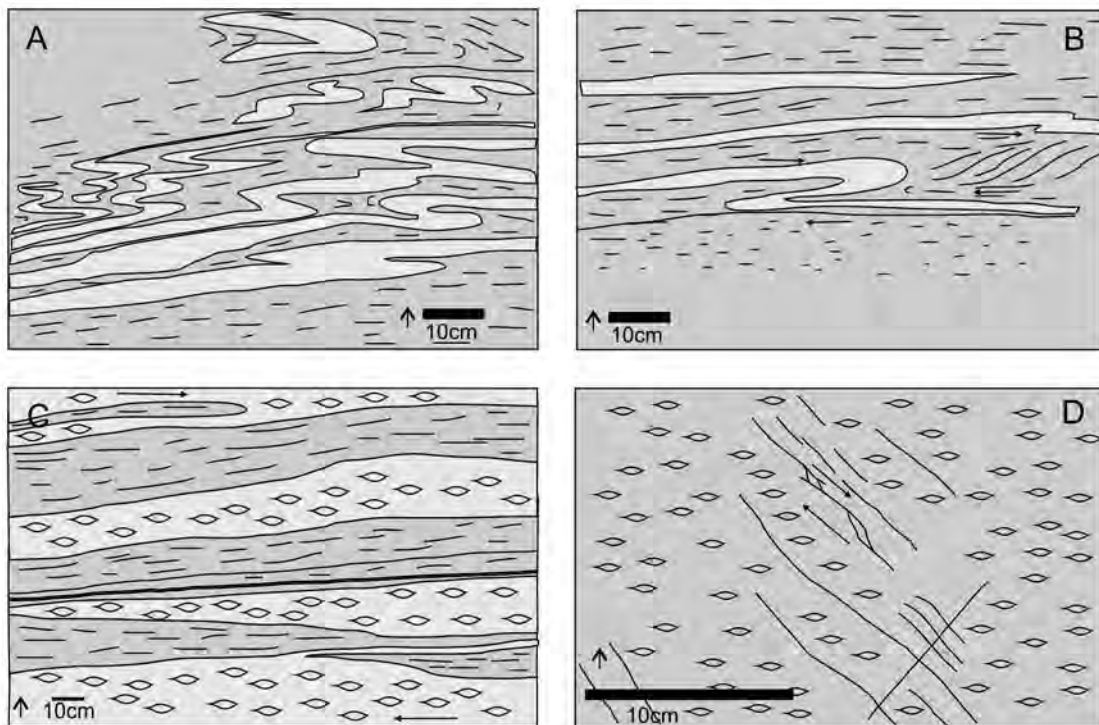


Figura 4.2 – A) Estrutura de dobramentos produzidos por esforço transpressivo localmente sinistral em ortognaisses do Complexo jaguaratama (JV-046) onde percebe-se a foliação Dn e dobras relacionadas ao evento Dn+1. B) idem, representando estruturas do JV-039 onde ainda se pode ver estruturas s-c indicando transcorrência dextral. C) Duas fácies graníticas do plúton Campos Sales-Assaré (sin-tectônico), deformadas pela transcorrência dextral (JV-015). D) fraturas preenchidas por epidoto ocorrendo em granitoides do afloramento JV-025.



#### 4.4 - EVOLUÇÃO TECTÔNICA

A disposição atual das unidades geológicas presentes na Folha Fronteiras é produto de uma série de eventos tectono-sedimentares que ocorreram desde o Arqueano, período este no qual se supõe terem se formado as rochas mais antigas. Na Figura 4.3 é representado o desenvolvimento proposto para a área descrito a seguir.

Durante o Arqueano, diversos eventos granitogênicos implantaram o embasamento da área na forma de um complexo gnáissico-migmatítico. Possivelmente uma fase de rifteamento pode ter ocorrido no fim do Arqueano ao início do Paleoproterozoico talvez produzindo crosta oceânica que foi retrabalhada pelo evento seguinte (Orogênese Transamazônica).

A Orogênese Transamazônica deu-se durante o Paleoproterozoico, a qual possivelmente afetou a área promovendo a implantação de corpos graníticos os quais se encontram atualmente bastante deformados. A presença de alguns corpos anfibolíticos e alguns nódulos básicos indica a presença de um vulcanismo ou presença de crosta oceânica sendo consumida durante o processo de colisão continente-continente. Segundo Zhao (2004), este evento estaria relacionado à criação de um supercontinente chamado Columbia, que teria se consolidado entre 2,3 e 1,8 Ga.

Em um evento de rifteamento, foi implantada uma bacia vulcanossedimentar com a implantação de um corpo granítico, vulcanismo com a conse-

qüente deposição de calcários e pelitos, os quais posteriormente foram deformados dando origem aos mármore e xistos da Seqüência São Julião do Grupo Orós. Segundo Schobenhuis & Brito Neves (2003), no lugar da província Borborema durante o período pré-brasiliano havia o Oceano Borborema, promovendo um ambiente deposicional compatível com as rochas carbonáticas e meta-pelíticas da atualidade.

Na seqüência deu-se início então à Orogênese Brasileira, como consequência da formação do supercontinente Gondwana (promovendo o surgimento de corpos graníticos e a deformação das unidades anteriores, muitas vezes obliterando estruturas pré-existentes). O evento deu-se provavelmente em regime colisional continente-continente com o fechamento de um antigo oceano, uma vez que os granitos tipo Conceição possuem contaminação por enclaves anfibolíticos oriundo possivelmente da mistura com magmas básicos produtos de uma subducção. O final da colisão continental deu-se em regime transcorrente dextral, culminando com a intrusão dos granitos tipo Itaporanga e dos granitos tardi-colisionais.

No final do Brasiliano, houve a implantação de zonas de cisalhamento transcorrentes inicialmente em regime dúctil gradando para regime frágil, gerando respectivamente milonitos e cataclasitos. Já em regime frágil e em nível de superfície, como produto final do Ciclo Brasileiro, foram implantados grabens com conseqüente deposição de sedimentos finos a conglomeráticos e surgimento de granitoides anorogênicos como o Granito Mandacaru.

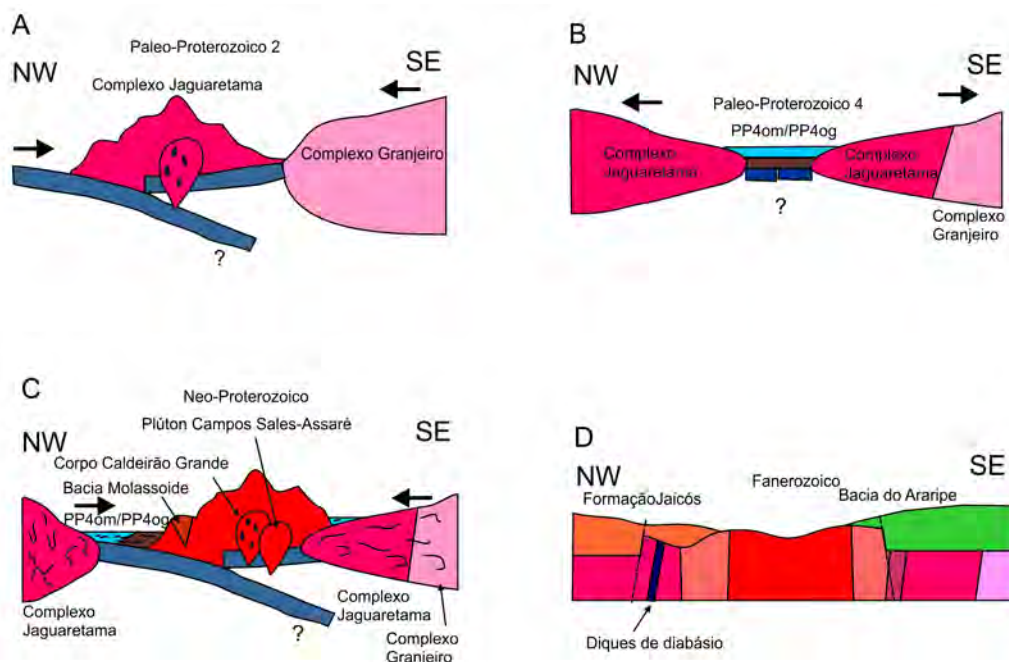


Figura 4.3 – Diagrama representativo das diferentes fases de evolução da folha fronteiras: A) paleoproterozoico 2, B) paleoproterozoico 4, C) neoproterozoico e D) fanerozoico.

Após uma breve estabilização da plataforma, um novo rifteamento atingiu a área produzindo inicialmente a implantação de diques de gabro e diabásio e em seguida a deposição de arenitos com níveis conglomeráticos correspondentes à Formação jaicós do Grupo Serra Grande. Já durante o Cretácio, um novo evento deposicional ocorreu implantando a Bacia do

Araripe e depositando calcários, arenitos e conglomerados referentes às formações Santana, Araripina e Exu.

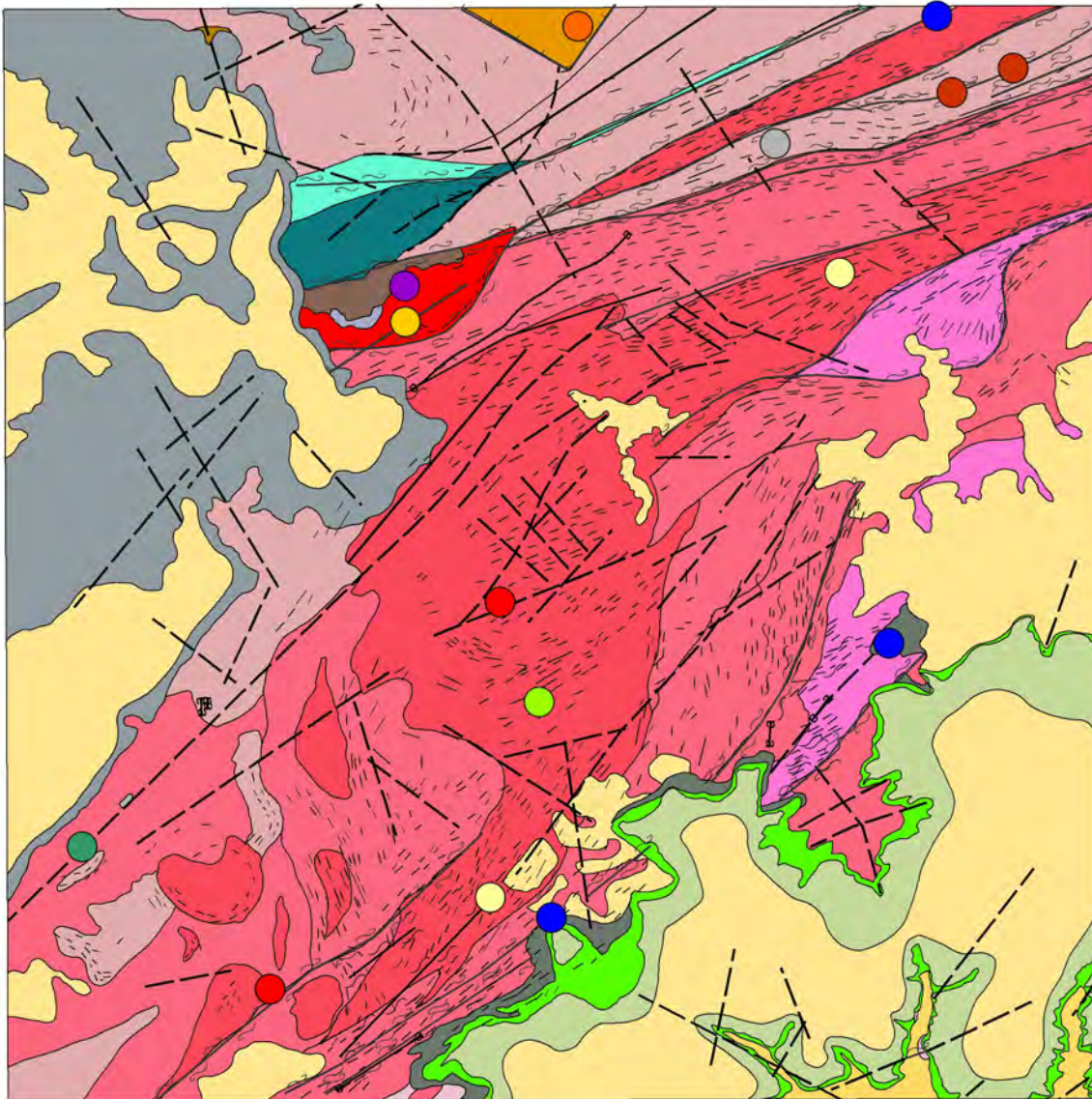
Desde o pleistoceno, a erosão atuou na área modelando o relevo na forma atual e depositando novas unidades sedimentares como as coberturas aluvionares e as detritico-lateríticas.



## 5 – RECURSOS MINERAIS

Na Folha Fronteiras, foram cadastrados 14 ocorrências minerais de relevância na área, cujas classes utilitárias foram assim distribuídas: a) minerais metálicos (cobre, ouro, ferro) b) materiais para construção

civil (calcário, granito, cascalho e argila), incluindo rochas ornamentais (granitos e gnaisses). A Figura 5.1 mostra o mapa das principais ocorrências minerais da folha Fronteiras conforme exibidos na Tabela 5.1.



### Legenda

- |                           |           |
|---------------------------|-----------|
| ● ouro                    | ● argila  |
| ● granito ornamental      | ● areia   |
| ● conglomerado ornamental | ● cobre   |
| ● granito industrial      | ● pirita  |
| ● calcário                | ● amianto |

Figura 5.1 – Mapa geológico da Folha Fronteiras com a distribuição das ocorrências minerais conforme a Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Principais ocorrências minerais da Folha Fronteiras.

Toponímia	Latitude	Longitude	Substância	Status	Rocha encaixante/hospedeira
Riacho do Recanto	-7,044976	-40,564224	Granito Ornamental	Pedreira paralisada	Granito/gnaisse
Surubim	-7,011972	-40,735083	Congl. Ornamental	Ocorrência	Conglomerado
Retiro	-7,284136	-40,79501	Granito	Pedreira paralisada	Granito
Caboclos	-7,284813	-40,594188	Calcario	Pedreira paralisada	Calcario
Belem do Piauí	-7,387636	-40,969536	Argila	Depósito	aluvião
Faz. Das Pombas	-7,465311	-40,884425	granito	Pedreira paralisada	granito
Serra Redonda	-7,4196	-40,755598	Calcario	ocorrência	Calcario
Camboeiro	-7,324708	-40,758888	Areia	garimpo em atividade	granito
Varginha	-7,033544	-40,539094	Granito Ornamental	Pedreira paralisada	Granito/gnaisse
Mamão	-7,009041	-40,592317	Calcario	ocorrência	Calcario
Mandacaru	-7,125771	-40,828382	Cobre	ocorrência	Granito e meta-arenito
Serra do Gavião	-7,399018	-40,783171	ouro	Indício	granito
Pocinhos	-7,134167	-40,827222	Pirita	Indício	Granito e meta-arenito
Boa Vista	-7,063333	-40,620833	Amianto	Indício	Granito/gnaisse

## 5.1 - COBRE

Na região próximo a Mandacaru, distrito do município de São Julião, existe um jazimento cuprífero cuja existência é conhecida desde 1979 com a descoberta, pelos geólogos da Companhia de Desenvolvimento do Estado do Piauí-COMDEPI, de mineralizações cupríferas associadas a um plúton granítico e rochas molassoides encaixantes. Estudado inicialmente por Farina (1980) quando sugeriu que várias apófises porfiríticas intrudidas nas rochas da Formação Catolé, algumas contendo malaquita e calcocita disseminadas ao longo de fraturas, poderiam se tratar de um depósito de cobre pórfiro.

A COMDEPI em 1982, juntamente com a CPRM, realizou um programa de sondagens dirigido especificamente para as rochas graníticas e *pipes* de brechas mineralizados. Porém não foram encontrados mineralizações significativas. Em 1983, Franke com o apoio da Caraíba metais, realizou um estudo e caracterizou a mineralização em quatro tipos: (1) mineralização de cobre estratiforme (*red beds*); (2) mineralização associada às rochas graníticas; (3) mineralização associada a zonas de cisalhamento/falhas, independente da rocha encaixante; e (4) mineralização associada a rochas vulcânicas. Já Parente (1987) sugere que o Granito Mandacaru não possui características químicas de um granito gerador de depósito de cobre pórfiro, assim sendo, esta mineralização teria outra origem.

Parente (1987) caracterizou a mineralização de cobre de Mandacaru como sendo composta por malaquita, calcocita e subordinadamente pirita,

distribuindo-se irregularmente por toda a Formação Catolé, ocorrendo ainda associada às apófises granó-firo-porfiríticas e às rochas da borda oeste do Granito Mandacaru em contato com a Formação Catolé. Esta, ainda conta com uma mineralização relacionada a um vulcanismo ocorrido nessa mesma época. Também foi caracterizado uma mineralização remobilizada ou filoniana, cujo filões (ou filonetes) contêm calcocita, covelita, bornita, calcopirita e pirita.

Os estudos químicos realizados nas amostras do Granito Mandacaru, revelaram uma baixa concentração de cobre. No entanto, algumas rochas do embasamento cristalino e de alguns corpos graníticos da Suíte Conceição, exibiram alta concentração deste elemento. Desta forma o cobre estaria sendo gerado em rochas relacionadas a uma crosta oceânica antiga ou ainda a rochas vulcânicas, haja vista o cobre aparecer em maiores concentrações em alguns enclaves máficos nestes granitos. O cobre pode ter sido transportado para as rochas da bacia molassoide por hidrotermalismo associado ao intenso falhamento que abrange a região.

A litoquímica associado à prospecção geoquímica permitiu sugerir novas áreas de concentração de cobre, localizadas no extremo norte e no extremo sul, onde existem rochas relacionadas ao Complexo Jaguaratama e nos granitoides da Suíte Conceição, nas proximidades de Caldeirão Grande do Piauí (Figura 5.2).

## 5.2 - OURO

Embora não tenha sido encontrado ouro em sua forma nativa, nem detectadas concentrações signifi-



Figura 5.2 – Granitóide da Suíte Conceição enriquecido em cobre.

ficativas pela prospecção geoquímica, a litoquímica revelou duas amostras com potencial de ocorrência deste elemento: JV318 (a sul de Francisco Macêdo), com 17ppm de Au, amostra de um granito tardi-tectônico coletada nas proximidades de zona de cisalhamento e JV400 (a sudoeste de Fronteiras), pertencente aos granitoides do plúton Campos Sales-Assaré com 5,5 ppm.

Pelas características petrográficas dos granitos, este ouro possivelmente encontra-se de forma disseminada, não tendo sido detectado em lâmina. Na Figura 5.3 é exibido o aspecto macroscópico dos granitos próximos do município de Fronteiras onde foi detectado ouro pela litoquímica.

### 5.3 - FERRO

Durante os trabalhos de campo, foram identificados afloramentos com potencial de ocorrência de magnetita e hematita, geralmente nas rochas do



Figura 5.3 – Granito da Serra do Gavião, onde foi acusada pela litoquímica a existência de ouro disseminado.

Complexo Jaguaretama e em corpos gnáissicos isolados. Alguns locais, corpos de diabásio intemperizados podem vir a gerar concentrações de minério de ferro.

Ao norte da cidade de São Julião, foram identificados rochas oxidadas, aparentemente uma formação ferrífera composta principalmente por hematita, constituintes do Complexo Jaguaretama. Igualmente, a leste de São Julião, também ocorrem áreas com potencial ferrífero associado a zonas de cisalhamentos e gnaisses do Grupo Orós (Figura 5.4).



Figura 5.4 - Afloramento de diabásio (Grupo Orós) enriquecido em ferro.

### 5.4 - CALCÁRIO

O calcário da Folha Fronteiras ocorre de duas formas: mármores relacionados ao Grupo Orós e calcários fossilíferos da Formação Santana.

O mármore presente na unidade carbonática do Grupo Orós (Figura 5.5) ocorre por alguns quilômetros linearmente desde a cidade de São Julião até a porção nordeste desta Folha. Este mármore é explorado para a produção de cal por queima, de maneira artesanal, em fornos conhecidos como caieiras. Eventualmente, os depósitos de mármores são utilizados para queima, de forma industrial, na fabricação de cimento por uma indústria instalada no município de Pio IX. A produção destas caieiras concentradas, principalmente no entorno da cidade de São Julião (PI), gira em torno de duas ou três toneladas semanais.

O calcário da Formação Santana é explorado, também de forma artesanal, para a produção de cal, nas proximidades de Caldeirão Grande do Piauí (Figura 5.6). Embora as caieiras encontrem-se desativadas em sua maioria, eventualmente ocorre a produção de cal, a qual não ultrapassa uma tonelada por períodos mensais de atividade.



Figura 5.5 – uma das cavas de extração de mármore da fração carbonática do Grupo Orós (São Julião-PI).



Figura 5.7 – Exploração de gnaiss para a produção de rochas ornamentais em uma pedreira desativada no município de Fronteiras (PI).



Figura 5.6 – Fornos artesanais para a produção de Cal a partir de calcários da Formação Santana (Caldeirão Grande do Piauí).

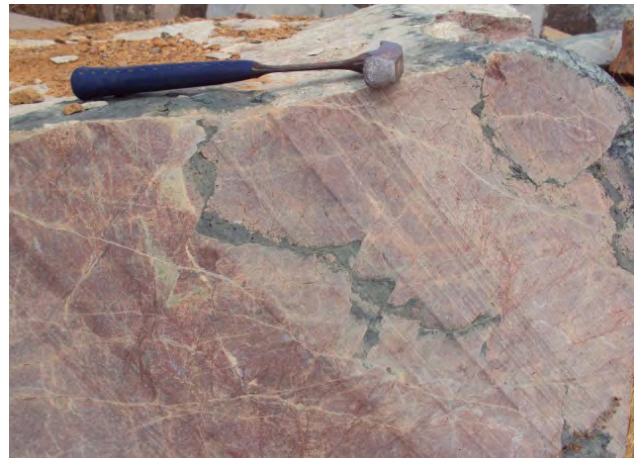


Figura 5.8 – Detalhe da rocha explorada na pedreira mostrada na Figura 5.7.

## 5.5 - GRANITOS E GNAISSES

A exploração de rochas graníticas se dá de forma eventual para a produção de cascalhos utilizados na construção de barragens e pavimentação de estradas. O gnaiss é explorado para a produção de rochas ornamentais. As pedreiras encontradas nesta folha encontram-se inativas, tanto por razões econômicas quanto por terem sido desativadas. Outras pedreiras artesanais também são encontradas espalhadas pela folha explorando granitos para a produção de paralelepípedo com produção não superior a uma tonelada semanal. Estas pedreiras encontram-se próximas às cidades de Padre Marcos e Caldeirão Grande do Piauí, fornecendo eventualmente brita e paralelepípedo para pavimentação de ruas. As Figuras 5.7 e 5.8 mostram exemplos de rochas gnáissicas para aplicações ornamentais.

## 5.6 - ARGILAS, AREIAS E CASCALHOS

Em vários locais dispostos nas proximidades de rios e lagoas, foram identificados depósitos argilosos de planície de inundação, utilizados para a produção de tijolos. Devido a dinâmica dos sistemas fluviais, a alta energia deposicional impede a formação de grandes depósitos aluvionares. As areias e argilas de deposição fluvial ocorrem de forma bastante restrita em toda a Folha Fronteiras.

É muito comum encontrar depósitos de areia de alteração de rochas sedimentares, principalmente sobre as Formações Exu e Jaicós. Consistem em depósitos geralmente de pouca profundidade cuja areia é obtida por “raspagem” artesanal com pás, da areia disposta pela superfície plana destas unidades. Esta areia tem aplicação na construção civil e não é explorada de forma significativa.

Outra forma de ocorrência de cascalho com aplicação para a construção civil se dá nas superfícies alteradas de rochas do cristalino, uma vez que o intenso falhamento existente na região, facilita os processos de alteração das rochas, as quais são exploradas para a produção de cascalho para pavimentação de

estradas, restauradas a cada ano após o período de chuvas.

As Figuras 5.9 e 5.10 exemplificam as atividades de exploração de materiais areno-argilosos para uso na construção civil.



*Figura 5.9 – Áreas de exploração de cascalho para pavimentação de estradas (Francisco Macêdo-PI).*



*Figura 5.10 – Exploração de argilas para produção de tijolos (Belem do Piauí-PI).*





## 6 – GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

### 6.1 - INTRODUÇÃO

Nenhum projeto de prospecção geoquímica sistemática da CPRM foi executado anteriormente nesta área. Concomitante a este projeto, está sendo executado um projeto de pesquisa mineral que inclui esta folha, Projeto Gesso do Araripe. Este projeto executa um levantamento geoquímico-mineralométrico dirigido às drenagens que cortam a Formação Santana da Bacia do Araripe, visando mineralizações de celestita ( $\text{SrSO}_4$ ) e sulfetos de Pb, Zn e Cu. A pesquisa utiliza sedimentos de corrente e concentrados de bateia numa metodologia de coleta e análise idêntica a deste projeto.

A interpretação dos dados obtidos e considerados neste trabalho obedeceu a dois critérios principais:

Ordenamento das informações (dados analíticos) através de um tratamento simples (cálculo dos estimadores da população, estatística univariada e multivariada básica);

Interpretação dos dados tratados sobre uma base geológica simplificada com ênfase na litologia e no arcabouço estrutural e relacionada com as ocorrências minerais pertinentes.

Todos os dados estão disponibilizados neste relatório, de forma a poderem ser retomados e reinterpretados mais detalhadamente.

### 6.2 - METODOLOGIA

#### 6.2.1 - Generalidades

A distribuição das estações de amostragem obedeceu aos critérios determinados pela metodologia de mapeamento geoquímico dos levantamentos geológicos regionais da CPRM – Serviço Geológico do Brasil para as folhas do corte internacional 100.000 (aproximadamente 3.000 km<sup>2</sup>).

Foram programadas 182 estações de amostragem onde foram coletados 212 sedimentos de corrente, sendo 30 pares de duplicatas de campo. Em todas as estações (182), foram coletados concentrados de bateia. A distribuição das estações obedeceu, no caso presente, a um padrão regular, de forma a abranger a maior quantidade de território possível.

#### 6.2.2 - Metodologia de Campo

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.

As amostras de concentrados de bateia foram coletadas também de forma composta, porém diferentemente dos sedimentos de corrente, nos trechos da drenagem com concentradores naturais (curvas, corredeiras, etc.).

Em 30 estações, 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 registrados em formulário próprio (caderneta de campo geoquímica) para posterior arquivamento, junto com os resultados analíticos, na base de dados geoquímicos da CPRM no GEOBANK.

#### 6.2.3 - Metodologia Analítica

##### 6.2.3.1 - Sedimentos de corrente

As amostras de sedimentos foram analisadas pelo SGS GEOSOL, e obedeceu ao seguinte processo analítico:

- Secadas a 60°C e peneiradas a 80 mesh;
- Pulverizadas e digeridas com água régia.
- Analisadas para 50 elementos-traços por ICP-MS e ICP-AES

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\*, Pb, Rb\*, Re, S\*, Sb, Sc\*, Se, Sn\*, Sr\*, Ta\*, Te, Th\*, Ti\*, U\*, V\*, W\*, Y\*, Zn, Zr\*. A solubilidade dos elementos assinalados\* foi limitada pelas espécies minerais presentes (geralmente resistatos).

##### 6.2.3.2 - Concentrados de Bateia

As amostras foram inicialmente secadas e tiveram suas frações magnéticas identificadas em um separador FRANTZ. O restante do material foi passado através de líquido denso (bromofórmio) e as alíquotas formadas pelos minerais de densidade abaixo de 2,97 foram descartadas. As frações pesadas obtidas seguiram para o estudo analítico através de lupa

binocular e microscópio. A análise mineralógica foi reportada de forma semiquantitativa nos seguintes intervalos:

- < 1%	reportado como 1
- 1 – 5 %	reportado como 3
- 5 – 25 %	reportado como 15
- 25 – 50 %	reportado como 40
- 50 – 75 %	reportado como 60
- > 75 %	reportado como 85

As amostras de concentrado de bateia foram analisadas no laboratório da SGS GEOSOL. Os valores de ouro foram reportados como pintas.

## 6.3 - TRATAMENTO DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS

### 6.3.1 - SEDIMENTOS DE CORRENTE

Os dados analíticos de sedimento de corrente do projeto Fronteiras obedeceram a um processo de interpretação seqüencial: estudo da variância; cálculo dos estimadores estatísticos; estudo do tipo de distribuição *box-whiskers*, correlações e análise de agrupamentos); análise da distribuição espacial dos elementos; cálculo e consistência das anomalias.

O total de 50 elementos foi discriminado inicialmente em grupos que levaram em consideração suas características geoquímicas, importância metalogenética e grau de detecção.

1. Elementos com bom grau de detecção e importância metalogenética direta: 24 (Ag, Ba, Be, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Sc, Sn, Th, U, V, Y, Zn).
2. Elementos formadores de rochas e seus elementos traços associados que podem possuir eventualmente importância metalogenética: oito (Al, Ca, Ga, K, Mg, Rb, Sr, Zr).
3. Elementos com média a baixa detecção, porém com importância metalogenética: oito (As, Au, Bi, Cd, Hg, S, Sb, W)
4. Elementos com baixa detecção e sem importância metalogenética direta: seis (Ge, Hf, In, Na, Se, Ti)
5. Elementos não detectados: quatro (B, Re, Ta, Te).

A separação em agrupamentos dessa forma é importante na delimitação de zonas anômalas. Alguns elementos associados à formação de rochas podem ter importância metalogenética em determinados ambientes e assim foram considerados. O ouro, pela sua importância teve tratamento especial.

### 6.3.2 - Estudo da Variância

Utilizando-se das amostras duplicatas, 30 pares de amostras, foi elaborada uma matriz de trabalho para o cálculo da variância.

Adotou-se o teste *t-student* ou teste das pequenas amostras para estabelecer a confiabilidade dos resultados analíticos. De acordo com os resultados obtidos, tabela 6.1, a hipótese nula para as populações originais e réplicas serem iguais foi aceita a um nível de significância de 95% para a quase totalidade dos elementos.

Tabela 6.1 – Tabela de variância (*t-student*)

Elementos	$t_{0,95} < 1,67$	Hipótese nula	Elementos	$t_{0,95} < 1,67$	Hipótese nula
Ag - ppm	0,46	ACEITO	Mn - ppm	0,45	ACEITO
Al - %	0,02	ACEITO	Mo - ppm	0,77	ACEITO
As - ppm	teste não realizado		Na - %	2,26	NAC
Au - ppm	teste não realizado		Nb - ppm	0,53	ACEITO
B - ppm	teste não realizado		Ni - ppm	0,18	ACEITO
Ba - ppm	0,34	ACEITO	P - ppm	0,05	ACEITO
Be - ppm	0,44	ACEITO	Pb - ppm	0,18	ACEITO
Bi - ppm	0,97	ACEITO	Rb - ppm	0,26	ACEITO
Ca - %	0,01	ACEITO	Re - ppm	teste não realizado	
Cd - ppm	0,65	ACEITO	S - %	0,57	ACEITO
Ce - ppm	0,80	ACEITO	Sb - ppm	0,61	ACEITO
Co - ppm	0,07	ACEITO	Sc - ppm	0,23	ACEITO
Cr - ppm	0,53	ACEITO	Se - ppm	teste não realizado	
Cs - ppm	0,08	ACEITO	Sn - ppm	0,27	ACEITO
Cu - ppm	0,51	ACEITO	Sr - ppm	0,21	ACEITO
Fe - %	0,09	ACEITO	Ta - ppm	teste não realizado	
Ga - ppm	0,06	ACEITO	Te - ppm	teste não realizado	
Ge - ppm	teste não realizado		Th - ppm	0,18	ACEITO
Hf - ppm	0,13	ACEITO	Ti - %	0,02	ACEITO
Hg - ppm	0,65	ACEITO	U - ppm	0,68	ACEITO
In - ppm	teste não realizado		V - ppm	0,15	ACEITO
K - %	0,05	ACEITO	W - ppm	1,66	ACEITO
La - ppm	0,67	ACEITO	Y - ppm	0,40	ACEITO
Li - ppm	0,92	ACEITO	Zn - ppm	0,28	ACEITO
Mg - %	0,12	ACEITO	Zr - ppm	0,39	ACEITO

Alguns elementos foram detectados em poucas amostras duplicadas o que invalidou seu teste: As, Au, B, Ge, In, Re, Se, Ta, Te. Para o Na o teste não foi aceite devido à pequena quantidade de pares envolvidos.

### 6.3.3 - Sumário dos estimadores

Os estimadores dos elementos analisados estão disponibilizados na tabela 6.2.

### 6.3.4 - Tipos de distribuição (*Box-Whiskers*)

Foram elaborados *box-plots* para 24 elementos com perspectiva metalogenética, Figura 6.1 (a,b,c).

### 6.3.5 - Correlações e agrupamentos

Para o cálculo das correlações diretas entre elementos forma selecionados os 24 principais elemen-

Tabela 6.2 – Sumário dos estimadores

	GD (%)	AMPLITUDE	MÉDIA ARIT.	MÉDIA GEOM.	DESVIO ARIT.	DESVIO GEOM.	LIMIAR (MGxDG2)	ANOMALIAS
Ag - ppm	72,2	0,01 - 0,2	0,04	0,03	0,03	1,93	0,12	4
Al - %	100,0	0,05 - 4,91	0,60	0,46	0,52	2,14	2,09	2
As - ppm	7,1	1 - 40	3,93	1,58	10,00	2,63	10,95	1
Au - ppm	0,9	0,1 - 0,3	0,20	0,17	0,14	2,17	0,82	0
B - ppm	0,0	0 - 0						0
Ba - ppm	100,0	7 - 393	86,56	68,69	61,53	2,04	285,33	3
Be - ppm	84,9	0,1 - 2	0,56	0,47	0,34	1,81	1,56	3
Bi - ppm	50,0	0,02 - 0,19	0,06	0,05	0,04	1,79	0,15	4
Ca - %	100,0	0,01 - 1,99	0,17	0,12	0,20	2,26	0,63	4
Cd - ppm	48,1	0,01 - 0,11	0,03	0,03	0,02	1,82	0,09	3
Ce - ppm	100,0	5,69 - 426,45	48,94	37,99	41,85	2,07	162,88	3
Co - ppm	99,5	0,2 - 13,9	3,55	2,33	3,04	2,79	13*	2
Cr - ppm	96,7	1 - 102	13,09	8,75	13,38	2,61	59,49	3
Cs - ppm	99,1	0,05 - 3,2	0,66	0,51	0,49	2,12	2,3	2
Cu - ppm	99,5	0,5 - 128	6,34	4,12	10,28	2,42	24,19	3
Fe - %	100,0	0,02 - 3,89	0,90	0,64	0,68	2,49	3*	3
Ga - ppm	100,0	0,2 - 17,4	2,73	2,11	2,24	2,08	9,16	5
Ge - ppm	8,0	0,1 - 0,3	0,13	0,12	0,06	1,43	0,25	1
Hf - ppm	23,1	0,05 - 0,45	0,10	0,09	0,07	1,62	0,23	3
Hg - ppm	42,5	0,01 - 0,32	0,10	0,05	0,10	3,58	0,6	0
In - ppm	7,5	0,02 - 0,05	0,03	0,02	0,01	1,40	0,05	0
K - %	99,5	0,01 - 1,03	0,12	0,08	0,11	2,30	0,43	3
La - ppm	100,0	1,7 - 232,4	22,07	16,69	21,20	2,15	77,06	3
Li - ppm	74,1	1 - 17	3,96	3,10	2,97	2,04	12,85	3
Mg - %	98,1	0,01 - 0,96	0,13	0,09	0,13	2,55	0,58	4
Mn - ppm	100,0	13 - 1005	234,53	176,02	169,89	2,28	915,05	1
Mo - ppm	95,8	0,05 - 2,06	0,44	0,28	0,45	2,50	1,77	7
Na - %	33,0	0,01 - 1,75	0,05	0,02	0,22	2,49	0,12	4
Nb - ppm	100,0	0,06 - 4,49	0,72	0,54	0,59	2,21	2,65	4
Ni - ppm	98,1	0,5 - 42	5,25	3,50	5,36	2,51	22,01	3
P - ppm	93,9	51 - 3174	250,61	193,86	270,76	1,97	753,02	3
Pb - ppm	100,0	1,7 - 30,1	7,96	6,90	4,84	1,69	19,68	7
Rb - ppm	97,6	0,5 - 113	17,24	12,26	14,50	2,48	75,61	2
Re - ppm	0,0	0 - 0						
S - %	50,5	0,01 - 0,64	0,03	0,02	0,07	1,97	0,07	3
Sb - ppm	18,9	0,05 - 1,05	0,14	0,10	0,19	2,04	0,4	3
Sc - ppm	99,5	0,1 - 5,4	1,33	1,06	0,85	2,08	4,59	2
Se - ppm	1,9	1 - 1	1,00	1,00	0,00	1,00	1	0
Sn - ppm	67,5	0,3 - 34,4	1,04	0,72	2,87	1,81	2,36	3
Sr - ppm	100,0	2,2 - 144	20,65	16,68	15,52	1,94	62,9	4
Ta - ppm	0,0	0 - 0						
Te - ppm	0,0	0 - 0						
Th - ppm	100,0	0,1 - 134,5	11,26	6,92	14,46	2,68	49,64	6
Ti - %	69,3	0,01 - 0,33	0,03	0,03	0,03	1,96	0,1	3
U - ppm	99,5	0,13 - 10,11	1,37	0,96	1,34	2,31	5,14	4
V - ppm	98,1	1 - 58	15,33	11,07	11,51	2,43	46*	4
W - ppm	45,8	0,1 - 18,6	0,94	0,29	2,70	3,29	3,18	6
Y - ppm	100,0	0,53 - 33,75	6,55	4,99	4,88	2,20	24,03	2
Zn - ppm	100,0	1 - 77	16,48	12,46	12,66	2,20	60,2	3
Zr - ppm	74,1	0,5 - 20,6	1,97	1,43	2,27	2,08	6,19	6

(\*) Anomalias obtidas com limiar gráfico (BOX-WHISKERS)

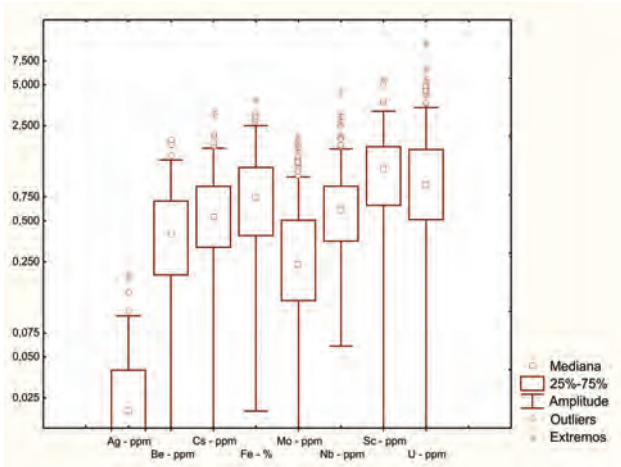


Figura 6.1a – Box-plots para 24 elementos com perspectiva metalogênética.

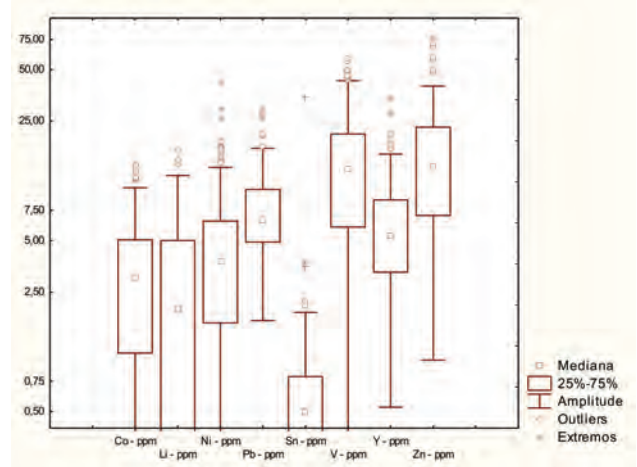


Figura 6.1b – Box-plots para 24 elementos com perspectiva metalogênética.

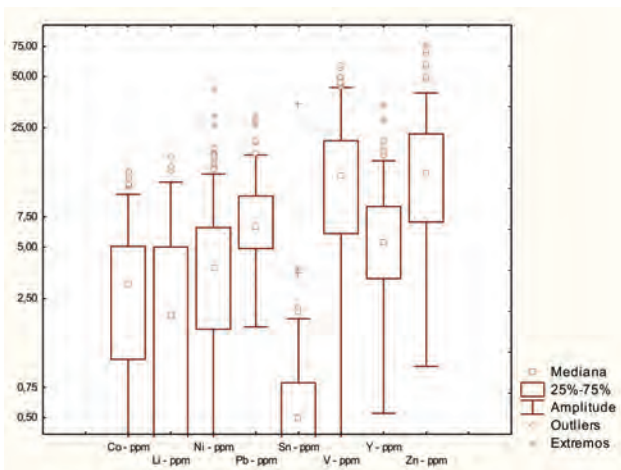


Figura 6.1c – Box-plots para 24 elementos com perspectiva metalogênética.

tos: Ag; Ba; Be; Ce; Co; Cr; Cs; Cu; Fe; La; Li; Mn; Mo; Nb; Ni; P; Pb; Sc; Sn; Th; U; V; Y; Zn.

Na análise do gráfico de correlação, Figura 6.2, destacam-se fortemente as associações: Th-Ce-La, (U) e Cr-Ni (Co,Mn). A falta de correlação do Cu com aqueles elementos normalmente associados também deve ser destacado. Nota-se que a coincidência de anomalias do Cu com Co, Ni e Cr sugere que a correlação aumenta nos níveis de mineralização.

A análise do dendrograma, Figura 6.3, sugere duas associações notáveis Ce-La-Th e Co-Cr-Ni-Mn. O Cu aparece bastante independente.

	Ag	Ba	Be	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	La	Li	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sc	Sn	Th	U	V	Y	Zn
Ag	1,00	0,08	0,15	0,01	0,13	0,16	-0,03	0,21	0,20	-0,01	0,01	0,17	0,13	0,12	0,13	0,16	0,23	0,21	0,12	0,01	0,12	0,18	0,08	0,15
Ba		1,00	0,67	0,26	0,65	0,36	0,45	0,23	0,44	0,19	0,60	0,62	0,18	0,26	0,54	0,45	0,43	0,52	-0,01	0,00	0,23	0,31	0,60	0,61
Be			1,00	0,38	0,73	0,35	0,51	0,20	0,49	0,28	0,60	0,61	0,12	0,30	0,39	0,52	0,57	0,00	0,01	0,39	0,31	0,75	0,62	0,26
Ce				1,00	0,28	0,13	0,30	-0,03	0,20	0,98	0,26	0,21	0,05	0,39	0,21	0,29	0,23	0,18	0,07	0,73	0,46	-0,02	0,62	0,26
Co					1,00	0,64	0,52	0,30	0,75	0,18	0,62	0,77	0,11	0,41	0,81	0,55	0,41	0,75	-0,02	-0,01	0,25	0,60	0,70	0,76
Cr						1,00	0,28	0,27	0,64	0,06	0,36	0,38	0,26	0,37	0,86	0,65	0,17	0,67	-0,01	-0,07	0,03	0,65	0,37	0,47
Cs							1,00	0,11	0,47	0,24	0,73	0,46	0,04	0,28	0,34	0,32	0,51	0,36	0,14	0,16	0,32	0,43	0,41	0,65
Cu								1,00	0,37	-0,05	0,22	0,39	0,19	0,07	0,36	0,13	0,14	0,37	-0,01	-0,08	-0,01	0,29	0,12	0,30
Fe									1,00	0,13	0,58	0,67	0,40	0,45	0,62	0,44	0,29	0,82	0,03	0,01	0,24	0,80	0,53	0,79
La										1,00	0,20	0,15	0,05	0,36	0,13	0,21	0,18	0,11	0,06	0,78	0,47	-0,06	0,54	0,19
Li											1,00	0,62	0,11	0,36	0,49	0,45	0,46	0,50	0,02	0,04	0,44	0,46	0,46	0,73
Mn												1,00	0,20	0,29	0,55	0,39	0,48	0,62	0,00	0,00	0,26	0,47	0,53	0,73
Mo													1,00	0,14	0,16	0,06	0,04	0,31	0,03	0,05	0,04	0,32	0,14	0,27
Nb														1,00	0,42	0,38	0,24	0,49	0,02	0,23	0,39	0,34	0,45	0,34
Ni															1,00	0,69	0,25	0,72	-0,04	-0,05	0,10	0,55	0,54	0,53
P																1,00	0,30	0,43	0,01	0,03	0,20	0,38	0,43	0,47
Pb																	1,00	0,23	0,36	0,14	0,40	0,27	0,23	0,52
Sc																		1,00	-0,03	-0,12	0,13	0,72	0,60	0,66
Sn																			1,00	0,07	0,00	0,01	-0,03	0,04
Th																				1,00	0,56	-0,03	0,29	0,00
U																					1,00	0,14	0,38	0,29
V																						1,00	0,32	0,62
Y																							1,00	0,55
Zn																								1,00

Figura 6.2 – Gráfico de correlação.

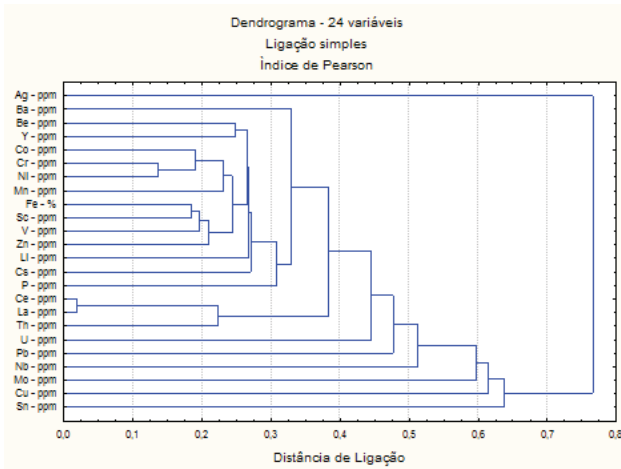


Figura 6.3 – Dendrograma para os 24 principais elementos.

### 6.3.6 - Distribuição dos elementos e estabelecimento das anomalias

O estabelecimento dos valores limiares nos sedimentos de corrente foi baseado, na maioria das vezes, numa análise estatística simples: a média geométrica multiplicada pelo desvio geométrico ao quadrado. A média geométrica representa melhor os elementos-traços, que normalmente possuem uma distribuição log normal. Este tipo de cálculo de limiar pode não ser a melhor maneira para determinado elemento, porém devido ao elevado número de elementos e à exigüidade de tempo de disponibilizar as informações, torna-o um método adequado às circunstâncias. Assim o retrabalhamento dos dados, para alguns elementos, não deve ser descartado. Alguns elementos tiveram seu limiar estabelecido a partir da análise de seus *Box-Whiskers* (Figuras 6.1a, 6.1b, 6.1c), assim registrado na tabela de estimadores (Tabela 6.2).

Foram considerados aqueles elementos potencialmente mineralizantes (aqueles que possam gerar depósitos minerais) e seus elementos associados, baseados na expectativa metalogenética para a área.

Nesta área foram selecionados 30 elementos: Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sn, Th, U, V, W, Y, Zn. Os elementos As, S, Sb e W foram incluídos no mapa geoquímico muito embora não tenham sido estudadas suas correlações; isto devido a seus baixos graus de detecção.

Estes elementos foram plotados no mapa geoquímico agrupados por suas afinidades geoquímicas e metalogenéticas.

Nesta área foram identificadas cinco zonas anômalas: três de W; uma de Pb-Zn; e uma de Cu. Distribuídas por toda a área e constituindo ou não zonas anômalas foram identificadas 53 estações anômalas.

### 6.3.7 - Concentrados de bateia

Os dados analíticos de concentrados de bateia tiveram um tratamento específico diferente dos sedimentos de corrente. As 182 amostras de concentrados de bateia foram analisadas para identificação mineralógica de minerais pesados semiquantitativa. Apenas o ouro foi analisado por contagem de pintas.

Foram considerados neste trabalho apenas os minerais-minério e associados mais importantes, no caso desta área: magnetita, cromita, scheelita, barita, monazita e xenotímio. O ouro foi encontrado em apenas uma estação com valor muito baixo (1 pinta) e foi descartado.

A cromita (cro) foi identificada em 12 estações. A magnetita foi considerada naquelas amostras cujo conteúdo do mineral atingisse a faixa de 25-50% (18 amostras) ou ultrapassasse (duas amostras – 50-75%). A barita foi identificada com < 1% em 21 amostras e com de 1-3% em uma amostra. A scheelita foi identificada em 55 amostras, ou seja, em cerca de 30% das estações, com exceção de uma amostra com teor de 1-3% as demais possuíam < 1%. Assim consideramos apenas a estação com valor superior a 5% e as estações onde ocorreu coincidência de presença de scheelita e anomalia de W.

## 6.4 - MAPA GEOQUÍMICO

O mapa geoquímico é consequência da compatibilização dos dados geoquímicos e mineralógicos com a base geológica e a perspectiva metalogenética da área. Na sua elaboração foram consideradas sobre uma base geológica simplificada, as anomalias geoquímicas dos sedimentos de corrente e os destaques mineralógicos da fração pesada dos concentrados de bateia.

Foram elaborados cartogramas dos cinco principais elementos analisados na folha na escala 1:500.000. Os dados de cada elemento são mostrados no formato de isovalores, muito embora os dados de sedimento de corrente sejam variáveis discretas e neste caso a representação tem a característica de superfície de tendência. Sobre esta superfície os mesmos dados de cada estação são plotados no formato de “classed post”, com os mesmos intervalos da superfície de tendência. A comparação dos dois tipos de representação auxilia no estudo da distribuição do elemento na área.

Sobre uma base geológica simplificada (Mapa Geoquímico anexo) estão plotadas:

1. Cinquenta e quatro (54) estações anômalas pontuais de Ag, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Mn, La, Li, Mo, Nb, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sn, Th, U, V, W, Y e Zn;

2. Cinco zonas anômalas: Pb-Zn (Ag, Sb); W (3); Cu.
3. Cento e sete destaques anômalos de: bari-  
ta; monazita, xenotímio, magnetita, cromita,  
scheelita;
4. Cinco zonas de destaques mineralógicos:  
magnetita, monazita-xenotímio (2), cromi-  
ta (2).

## 7 – GEOFÍSICA

Este texto descreve as principais correlações geológicas dos dados aerogeofísicos da Folha Fronteiras. Para isso foram utilizadas várias imagens obtidas por processamento dos dados do Projeto Aerogeofísico Centro Sudoeste do Ceará (Prospectors, 2010): campo magnético total; primeira derivada vertical do campo magnético total; sinal analítico do campo magnético total; canal do potássio; canal do equi-

valente tório, e canal do equivalente urânio. Os resultados finais de interpretação e integração com os dados geológicos são apresentados superpostos nas imagens do campo magnético total (Figura 7.1), da fusão radiométrica ternária dos canais de potássio, equivalente tório ( $eTh$ ) e equivalente urânio ( $eU$ ) (Figura 7.2) e da primeira derivada vertical do campo magnético total (Figura 7.3).

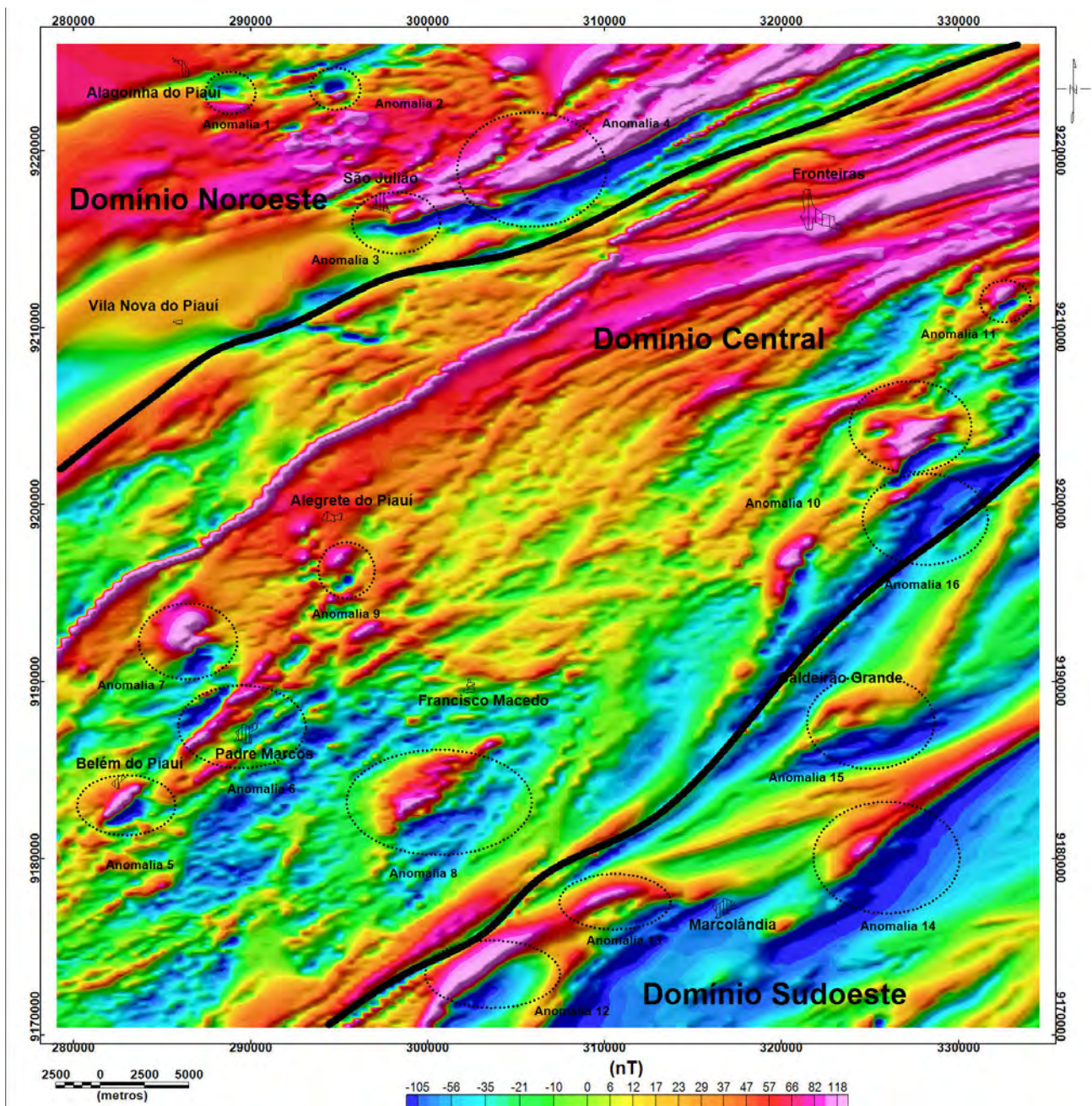


Figura 7.1 - Imagem do campo magnético total interpolado pelo método da mínima curvatura, em uma malha quadrada de 125 m, com sobreposição da interpretação dos domínios magnéticos e principais anomalias. Imagem sombreada: Inclinação = 35°Az, declinação = 315°Az.





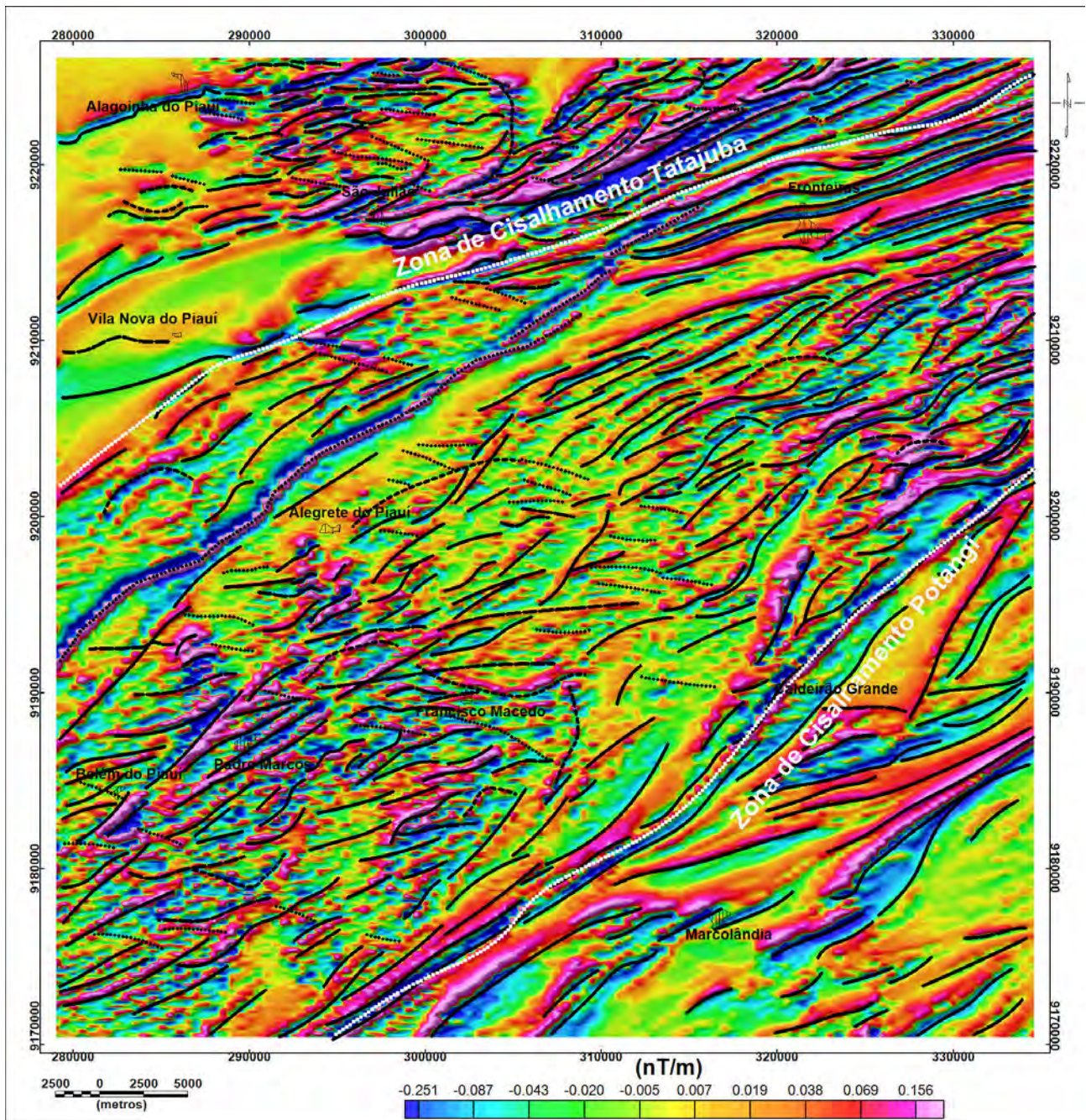


Figura 7.3 - Imagem do campo magnético total com derivada vertical (1ª ordem) e com sobreposição da interpretação dos alinhamentos magnéticos. Traço contínuo: zona de cisalhamento; traço descontinuo: zona de deformação frágil (ou dúctil-frágil). Imagem sombreada: Inclinação = 35°Az, declinação = 315°Az.

## 7.2 - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Como resultado da interpretação e correlação dos dados foram separados três domínios magnéticos (Noroeste, Central e Sudeste, nas Figuras 7.1 e 7.2).

Nos dados magnetométricos foram considerados as diferenças entre os padrões de amplitudes, comprimentos de onda e direção dos alinhamentos magnéticos (Figura 7.1). O padrão magnetométrico é caracterizado por domínios que apresentam alongamento na direção NE-SW, e sugerem compartimentações tectônicas com variações geológicas/estruturais na direção NW-SE. Na fusão ternária dos

dados radiométricos foram considerados os padrões de distribuição dos três radioelementos, potássio (K), equivalente tório (eTh) e equivalente urânio (eU) (Figura 7.2).

### Domínio Central

Este domínio é espacialmente definido por um grande bloco de direção NE-SW na região central da folha (Figuras 7.1 e 7.2). Apresenta padrão magnetométrico muito movimentado, produzido por anomalias lineares alongadas com direção ENE-WSW, amplitudes máximas de 450 nT, comprimentos de onda

máximos de 3,0 km, associadas a zonas de cisalhamentos, aos plútons Simões (NP3γ2it20) e Campos Sales-Assaré (NP3γ2it19) da Suíte Intrusiva Itaporanga e aos ortognaisses granodioríticos, tonalitos e granitos do Complexo Jaguaretama (PP2j). Destaca-se um expressivo alinhamento magnético que atravessa o domínio na direção NE-SW. No campo foi observada a correlação deste alinhamento com afloramentos de rochas com textura inequigranular (possivelmente ofítica), coloração cinza escura, com aspecto de intrusão subvulcânica e composição gabrítica. A anomalia magnética é predominantemente positiva, indicando inversão de polaridade. Normalmente essa inversão está associada com magnetismo remanescente, sugerindo que a fonte foi intrudida em uma época em que os pólos da Terra estavam invertidos em relação à situação atual, e também, que depois disso a fonte não foi aquecida acima do ponto Curie (temperatura  $\approx 550^{\circ}\text{C}$ , média para rochas).

O limite sudeste deste domínio é marcado por um alinhamento magnético sigmoidal (anomalia 10, Figura 7.1) de direção SW-NE correlacionado com a Zona de Cisalhamento Potengi. A região sudoeste do domínio é marcada por anomalias magnéticas nas vizinhanças dos municípios de Belém do Piauí e Padre Marcos (anomalias 5 e 6, respectivamente) associadas com granitóides milonitizados da Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it20) e aos ortognaisses granodioríticos do Complexo Jaguaretama (PP2j). Já na região nordeste do domínio, nas proximidades da cidade de Fronteiras, percebe-se uma larga faixa magnética associada com as rochas do Complexo Jaguaretama (PP2j).

Na imagem radiométrica ternária (Figura 7.2) destacam-se quatro diferentes padrões: tons esbranquiçados e esverdeados associados aos monzodioritos e sienitos do Plúton Campos Sales-Assaré da Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it19) enriquecidos nos três elementos K (<5,0%), Th ( $e\text{Th} < 53,0$  ppm) e U ( $e\text{U} < 13,0$  ppm); tons avermelhados correlacionados com afloramentos de granitóides do Plúton Simões da Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it20), enriquecidos em K (<6,7%); tons escuros correlacionados com arenitos da Formação Jaicós indicando o empobrecimento dos três elementos e tons azulados correlacionados com coberturas detrito-lateríticas (N1dl), levemente enriquecidos em Th ( $e\text{Th} < 38,0$  ppm) e U ( $e\text{U} < 12,0$  ppm).

### Domínio Noroeste

Este domínio apresenta padrão magnetométrico movimentado (Figura 7.1), produzido por anomalias lineares alongadas com direção NE-SW, amplitudes máximas de 430 nT, comprimentos de onda máximos de 3,0 km, causadas por zonas de cisalhamentos, or-

tognaisses granodioríticos e tonalitos do Complexo Jaguaretama (PP2j). A norte do domínio, destacam-se duas anomalias (1 e 2, Figura 7.1) associadas as rochas do Complexo Jaguaretama (PP2j) que apresentam inversão de polaridade (pólo negativo a norte e positivo a sul), sugerindo a dominância de magnetismo remanescente. Destacam-se, no limite sul deste domínio, anomalias magnéticas de direção NE-SO correlacionadas com a Zona de Cisalhamento Tatajuba (3 e 4, Figura 1).

Na imagem radiométrica ternária (Figura 7.2) observam-se três diferentes padrões: tons esverdeados correlacionados com os monzogranitos metamorfizados da Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it19) e aos xistos e gnaisses do grupo Orós (PP4og) indicando enriquecimento nos três elementos, K (<6,0%), Th ( $e\text{Th} < 54$  ppm) e U ( $e\text{U} < 15$  ppm); a faixa alongada com tons esbranquiçados limitando-se com a Zona de Cisalhamento Tatajuba enriquecida em K (<7,0%), Th ( $e\text{Th} < 59$  ppm) e U ( $e\text{U} < 16$  ppm) associada à Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it19); e a região definida por um padrão pintalgado de preto, verde e azul associado a Formação Jaicós da Província Parnaíba, possivelmente indicando a presença de solos lateritizados.

### Domínio Sudeste

Apresenta padrão magnetométrico movimentado (Figura 7.1), com anomalias de amplitude máximas de 300 nT e comprimento de ondas máximos de até 6,5 km. As anomalias que ocorrem na região sudoeste (anomalias 12 e 13, Figura 7.1), no limite com o **Domínio Central**, estão correlacionadas com a Zona de Cisalhamento Potengi. As anomalias (amplitudes <110 nT) que ocorrem na região central do domínio (anomalias 14 e 15, Figura 7.1) estão associadas com rochas magnéticas encobertas pelos arenitos da Formação Araripina (K2a). Outras anomalias (anomalia 16, Figura 1) com amplitudes menores que 200 nT localizadas na região nordeste do domínio correspondem a fontes magnéticas encobertas pelas coberturas detrito-lateríticas (N1dl).

As rochas deste domínio apresentam três padrões dominantes na imagem radiométrica ternária: tons esverdeados a azulados relacionados com arenitos da Formação Exu (K2e) levemente enriquecidas em U ( $e\text{U} < 6,0$  ppm); tons esbranquiçados associados a afloramentos de granitos da Suíte Intrusiva Conceição (NP3γ2c6) com leve enriquecimento nos três radioelementos K (<4,30%), Th ( $e\text{Th} < 21,0$  ppm) e U ( $e\text{U} < 4,1$  ppm); tons arroxeados indicando leve enriquecimento em U ( $e\text{U} < 5,0$  ppm) associados aos granitoides milonitizados da Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it19).

### 7.3 - INTERPRETAÇÃO TECTÔNICA DOS ALINHAMENTOS MAGNÉTICOS

Anomalias magnéticas estreitas e alongadas são comumente interpretadas segundo três tipos principais de correlação geológica: estruturas tectônicas do tipo falha ou zona de cisalhamento; contato entre duas unidades geológicas; e intrusões de corpos magnéticos do tipo dique. Para poder enfatizar as fontes mais rasas, a interpretação dos alinhamentos foi efetuada com emprego da imagem da primeira derivada vertical do campo magnético total, como pode ser observado na Figura 7.3.

Na Folha Fronteiras ocorrem inúmeros alinhamentos magnéticos muito alongados e sinuosos (Figura 7.3), cuja correlação geológica mais adequada é com zonas de cisalhamento e corpos magnéticos alongados. Em alguns casos estes alinhamentos acompanham os contatos geológicos dos corpos magnéticos, definindo padrões estruturais diferentes. Nesta folha, onde a metade é coberta por sedimentos não magnéticos, os dados magnetométricos assumem uma grande importância quanto à interpretação tectônica da área. Como as assinaturas magnéticas podem também ser vistas nas áreas com coberturas sedimentares (bacias do Parnaíba e do Araripe), a continuidade das estruturas mapeadas nas áreas sem coberturas sedimentares pode ser também observada nas áreas com coberturas.

Na análise dos alinhamentos é possível observar que as zonas de cisalhamento Tatajuba e Potengi delimitam a folha em três domínios diferentes. A primeira trunca e verga os alinhamentos localizados a norte da folha, na área de dominância das rochas do Complexo Jaquatãrema (PP2j), produzindo formas sigmóides e estruturas circulares (Figura 7.3). No interior dos domínios, os alinhamentos em forma de

sigmóides são associados com deformações por cisalhamentos, e os alinhamentos retilíneos estão associados com deformações rúpteis.

Na região central da folha, entre as duas zonas de cisalhamento (Potengi e Tatajuba) destaca-se um expressivo alinhamento magnético que atravessa toda a folha na direção NE-SO (Figuras 7.1 e 7.3). Esse alinhamento possivelmente revele uma estrutura mais recente de deformação rúptil/dúctil preenchida por intrusões em forma de dique. A sua observação indica que ao contrário do padrão das anomalias magnéticas com magnetização normal (pólo positivo a norte e negativo a sul), ela apresenta um pólo positivo ladeado por dois pequenos negativos. Este tipo de assinatura pode indicar que as fontes magnéticas associadas com este alinhamento foram intrudidas em uma época em que os pólos magnéticos da Terra estavam invertidos. Ou seja, essas rochas possivelmente apresentam magnetização remanescente.

No quadrante sudoeste da folha, nas vizinhanças da cidade de Padre Marcos, destaca-se uma região anômala expressiva. Os alinhamentos magnéticos ocorrem em várias direções, ressaltando falhas/dobras relacionadas com deformações dúctil-rúpteis (Figura 7.3). No sul da folha, ocorre um forte alinhamento em forma de sigmoide que se inicia nas proximidades da cidade de Marcolândia. O formato deste alinhamento permite interpretar que o mesmo está correlacionado com uma estrutura de deformação dúctil associado com a Zona de Cisalhamento Potengi, cujo prosseguimento para noroeste está encoberto pelos sedimentos da Bacia do Araripe, porém, é bastante evidente nos dados aeromagnetométricos. Observa-se que a norte da cidade de Marcolândia ocorre um *sply* nesta zona de cisalhamento, fazendo com que o cisalhamento principal se distribua em vários ramos (Figura 7.3).



## **8 – RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES**

A Folha Fronteiras está inserida em sua maior parte no domínio da Província Borborema, esta de idade pré-cambriana contando com a Bacia do Araripe de idade cretácica. A outra parte está situada no contexto da Província Parnaíba com predominância de rochas sedimentares.

Um avanço na cartografia geológica da Folha Fronteiras foi alcançado com um melhor entendimento da evolução da geologia e de suas unidades lito-estratigráficas, presentes nas províncias Parnaíba e Borborema. Este avanço se deu, em parte, através dos dados geoquímicos, litoquímicos e geofísicos, dados estes obtidos durante a execução do projeto.

### **8.1 - GEOLOGIA**

A unidade mais antiga representada foi identificada como pertencente ao Complexo Granjeiro, um terreno de idade arqueana composto de rochas tonalíticas, traondjemíticas e granodioríticas, cuja idade foi estimada em 2.513 Ma obtida em metatonalitos intrusivos na unidade, próximo à região de Granjeiro (CE). A unidade está em sua maior parte encoberta pelos sedimentos da Bacia do Araripe.

O Complexo Jaguaratama consiste em um conjunto de várias rochas formadas e retrabalhadas durante o paleoproterozóico, possivelmente relacionadas ao Ciclo Orogênico Transamazônico, uma vez que datações de aproximadamente 1.985 Ma obtidas em rochas similares de outras regiões são compatíveis com as datações relativas às rochas Transamazônicas de 2.100 a 1.985 Ma. A unidade gnáissica aparentemente é de uma fase posterior e que poderia corresponder a granitos anorogênicos surgidos entre os eventos paleo e neoproterozóico.

O Grupo Orós consiste em uma sequência vulcanossedimentar associado a uma granitogênese e, na área, está restrita ao setor Norte da Folha.

Os granitóides Brasileiros foram subdivididos em duas suítes intrusivas (Conceição e Itaporangas). Estes granitóides possivelmente fazem parte de uma mesma série magmática ocorrida durante o Ciclo Brasileiro já que possuem características químicas e petrográficas semelhantes.

Após o Ciclo Brasileiro, parte da área entrou em um regime deformacional dúctil-rúptil que contribuiu para a implantação de bacias molassóides ou do estágio de transição. Estas bacias apresentam depósitos com sedimentos desde finos a conglomeráticos, com intrusões plutônicas e vulcânicas. Estas bacias

se formaram durante o período Cambriano a Ordoviciano e estão associados com depósitos cupríferos.

Após um período de estabilidade, um novo evento marcado pela implantação da Bacia do Parnaíba, já no início do Paleozoico, foram depositados sedimentos da Formação Jaicós sobre as rochas previamente existentes, em regime fluvial de média a alta energia.

Após a deposição da bacia do Parnaíba, já no mesozoico, houve a implantação da Bacia do Araripe, inicialmente depositando calcários marinho-lacustres (Formação Santana) seguindo-se por deposições argilíticas (Formação Araripina) e areníticas (Formação Exu). Ao mesmo tempo em que a Formação Santana era depositada, uma pequena bacia continental também estava em processo de deposição, cartografada na área como Bacia de Padre Marcos.

A erosão generalizada durante neógeno proporcionou a deposição de coberturas areno-argilosas. Neste período ocorreu a atividade faunística encontrada na forma de grandes túneis escavados por glipodontes.

### **8.2 - RECURSOS MINERAIS**

Das ocorrências que foram encontradas, destacam-se as de minerais metálicos e rochas para aplicações industriais, ornamentais e em construção civil.

O cobre foi o principal minério encontrado, nas proximidades de São Julião, ocorrendo na forma disseminada e em filões mineralizados com malaquita, calcocita e sulfetos. Outros depósitos potenciais estariam relacionados às rochas do embasamento paleoproterozoico.

O ouro encontrado em rochas graníticas neoproterozoicas foi acusado somente pela litoquímica sem, no entanto aparecer na geoquímica prospectiva.

O ferro pode ser encontrado em rochas gnáissicas do Complexo Jaguaratama e nos xistos do Grupo Orós, ocorrendo também pela alteração de rochas vulcânicas como os diabásios.

As rochas do embasamento cristalino em geral, foram exploradas de forma industrial para produção de rochas ornamentais, assim como o calcário está sendo explorado para a produção de cimento e cal, embora a maior parte das caieiras opere de forma artesanal. Uma pequena produção artesanal de agregados destinados a construção civil como blocos, paralelepípedos e cascalho decorre do aproveitamento os granitos neoproterozóides e é desenvolvida pela

população local, embora pedreiras maiores já abasteceram a construção de estradas e de barragens.

As planícies de inundação, embora restritas, alimentam a produção de tijolos. Há evidências arqueológicas que estas argilas foram aproveitadas por povos primitivos para a confecção de potes e utensílios domésticos, assim como chegaram a produzir ferramentas utilizando-se do sílex. Outros agregados como areia são obtidos por raspagem de rocha sedimentar alterada das Formações Jaicós e Exu, aplicadas à construção civil.

### 8.3 - GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

Localizada ao norte da área, nas circunvizinhanças da ocorrência de cobre de Mandacaru trabalhada anteriormente pelo governo do Piauí e pela CPRM, ocorre uma zona anômala de Cu sugerindo uma extensão para nordeste da faixa mineralizada.

Duas zonas de destaque mineralógico de cromita ocorrem numa área de exposição da Formação Jaicós a leste da área. É interessante aprofundar a origem desta concentração. A presença de cromita, um mineral resistido, pode estar ligado a horizontes específicos dentro da sequência sedimentar.

Uma zona anômala de Pb, Zn (Ag, Sb subordinados) ocorre na borda da bacia do Araripe sobre a área de exposição da Formação Santana. Esta unidade, na região do Crato, a leste da área do Projeto encerra ocorrências de galena, esfalerita e outros sulfetos. Aqui nesta área torna-se um alvo prospectivo importante. O projeto Gesso do Araripe que está sendo executado concomitante a este mapeamento, está pesquisando diretamente a Formação Santana que encerram ocorrências de gipsita, celestita e sulfetos. Alguns autores separam a Formação Santana em outras unidades, porém o conceito aqui expresso é da unidade clássica.

Três zonas anômalas de W e a presença de scheelita em destaques mineralógicos evidenciam a extensão das mineralizações de scheelita na Província da Borborema muito embora sem formar ocorrências importantes.

Zonas de destaque mineralógico de monazita e xenotímio foram registradas devido à crescente importância econômica de Terras Raras no mundo. O propósito destes registros é auxiliar um futuro projeto de estudo de Terras Raras no Brasil, em estágio inicial de execução na CPRM.

A zona de destaque mineralógico de magnetita visa auxiliar no estudo dos recursos minerais da área. A magnetita é um importante acessório em determinados ambientes favoráveis de mineralizações.

Foram selecionados para elaboração de cartogramas no Mapa Geoquímico os elementos Cu, Cr, Ni,

Th e P. Os cartogramas foram elaborados na escala 1:500.000.

1. Cobre – Cu – O cartograma do Cu apresenta um relevo de valores mais elevados próximo à ocorrência de Mandacaru, a norte da área e um adensamento mais forte na parte sul da área. Associada a esta última ocorrem destaques mineralógico de barita sugerindo presença de mineralizações hidrotermais com Cu. Não foram identificadas ocorrências deste elemento nesta área situada na borda da bacia do Parnaíba. O substrato geológico é constituído por granitóides.
2. Cromo – Cr – O Cr apresenta três relevos de valores mais elevados: um sobre a ocorrência de Cu de Mandacaru; outro na borda sul da bacia do Parnaíba; e um terceiro na parte centro-leste da folha.
3. Níquel – Ni – O comportamento do Ni é similar ao Cr, porém apresentando contrastes maiores.
4. Tório – Th – A principal área de destaque do Th é na parte centro-norte da área na borda da Bacia Sedimentar do Parnaíba
5. Fósforo – P – A distribuição do P no cartograma não apresentou grandes contrastes. Duas áreas uma ao norte e outra ao sul são os principais relevos. O valor máximo de P encontrado foi de 3.174 ppm (0,3%).

### 8.4 - GEOFÍSICA

Apesar de metade da Folha Fronteiras estar coberta por sedimentos não magnéticos, é possível observar a existência de um padrão magnetométrico movimentado, com alinhamentos muito alongados com direção NE-SW associados, sobretudo, com zonas de cisalhamento.

As zonas de cisalhamento Tatajuba e Potengi relacionadas com expressivos alinhamentos magnéticos delimitam a folha em três domínios diferentes.

As rochas do Complexo Jaquatãrema (PP2j) apresentam padrão magnetométrico muito movimentado e são enriquecidas em K (< 7,0%) U (eU < 20 ppm), Th (eTh < 60 ppm).

Os granitóides da Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it19) do domínio central estão enriquecidos em K (< 5,0%), Th (eTh < 53,0 ppm) e U (eU < 13,0 ppm).

As coberturas detrítico-lateríticas (N1dl) que ocorrem no domínio central apresentam leve enriquecimento em Th (eTh < 38,0 ppm) e U (eU < 12,0 ppm).

As rochas do Pluton Simões da Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3γ2it20) são enriquecidos em K (< 6,7%).

Os arenitos da Formação Exu (K2e) apresentam leve enriquecimento em U ( $eU < 6,0$  ppm).

Entre as zonas de cisalhamento Tatajuba e Potengi há um alinhamento magnético associado com rochas de textura inequigranular (ofítica) e composição gabróica que possivelmente apresenta magnetização remanescente.

Os alinhamentos magnéticos nas vizinhanças da cidade de Padre Marcos ocorrem em várias direções, ressaltando falhas/dobras relacionadas com deformações dúctil-rúpteis.

Os alinhamentos em forma de sigmoides nas vizinhanças da cidade de Marcolândia revelam uma estrutura de deformação dúctil relacionada com a Zona de Cisalhamento Potengi.

### **8.5 - RECOMENDAÇÕES**

É recomendável a realização de estudos complementares de litoquímica, petrografia e de isótopos

de U-Pb e Sm-Nd em unidades que não foram satisfatoriamente caracterizadas como as dos complexos Jaguaretama e Granjeiro, assim como em alguns enclaves máficos de granitoides neoproterozoicos.

Seria necessário um refinamento mais detalhado em algumas áreas, principalmente nos contatos marcados por cisalhamento e na porção Noroeste do Complexo Jaguaretama, por aparentarem um maior potencial tanto para o conhecimento da evolução crustal, quanto anomalias magnéticas possivelmente associadas a corpos ferríferos.

As ocorrências fossilíferas dos calcários da Formação Santana podem ser melhor estudadas pela paleontologia em busca de novos dados que colaborem com o estudo do ecossistema do cretáceo. A mesma recomendação vale para as paleotocas de gliptodonte de Caldeirão Grande, uma vez que estas feições são relativamente raras de serem encontradas, as quais podem revelar aspectos importantes da megafauna do Pleistoceno.





## 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; NEVES, B. B. de B.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, nov. 1977, Campina Grande, PB. **Atas do**. Campina Grande: SBG Núcleo Nordeste, 1977. 499 p. (Boletim Núcleo Nordeste da SBG, 6).
- ASSINE, M. L. **Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe**: Nordeste do Brasil. Rio Claro, 1990. 124 p. Dissertação (Mestrado em Geociências, Área de Concentração em Geologia Regional)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, 1990
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, Rio de Janeiro: Petrobras, v.15, n.2, p. 371-389, maio/nov.2007.
- Bernardes de Oliveira, M. E. C.B de, Mandarim de lacerda, A. F., Caldas, E. B., Lehugeur, L. G. O., Córdoba, V. C., Lima Filho, F. P., 1994, Primeiros Registros paleobotânicos da bacia mesozóica de Padre Marcos, PI, Brasil. In: **Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos**, 8, São Paulo, 1994. Resumo das Comunicações, 9-10.
- BERTHOU, P. Y., TELES, M. S. L., CAMPOS, D. A. Sedimentation argileuse Cretacée dans le bassin d'Araripe et quelques bassin annexes (N.E. du Brésil). In: SIMPOSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, 14-17 jun. 1990, Crato. **Atas**. Crato: DNPM/SBG/SBP, 1990. 405 p. p. 143-162
- BEURLEN, K. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana, na chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n.43, n. suplemento, p.411-415, 1971.
- CAMPELO, R. C. **Análise de terreno na porção setentrional da Província Borborema, NE do Brasil**: integração de dados geológicos e gravimétricos. Natal, 1999. 1 CD-ROM. (Dissertação 11/PPGG). Dissertação (Mestrado em Geofísica)-Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.
- CARVALHO, I. de S. **Os conchostráceos fósseis das bacias interiores do Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro, 1993. 319p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Rio de Janeiro Programa de Pós-Graduação em Geologia, Rio de Janeiro, 1883.
- CARVALHO, I. de S.; VIANA, M. S. S. A bacia de Padre Marcos (cretáceo inferior, estado do Piauí) e sua icnofauna dinossauriana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1-6 set. 1996, Salvador. **Anais: Sessões Temáticas**. Salvador: SBG. Núcleo da Bahia, 1996. v.2. p. 265-267.
- CAVALCANTI, J. C. **Limites e evolução geodinâmica do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil**. Natal, 1999. 169p. Tese (Doutorado)-Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 1999.
- CÓRDOBA, V. C. Contribuição à caracterização tectono-sedimentar da bacia de Padre Marcos, Piauí. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16., 12-15 nov. 1995, Recife. **Atas**. Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1995. 2v. v.1. 381 p. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 14).p. 205-210.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: sistema de informações geográficas – SIG** [Geological Map of Brazil 1:1.000.000 Scale: geographic information system - GIS]. Brasília: CPRM, 2004. 41 CD ROM. Programa Geologia do Brasil
- DELGADO, I. ., SOUZA, J. D., SILVA, L.C., SILVEIRA FILHO, N.C., SANTOS, R.A., PEDREIRA, A.J., GUIMARÃES, J.T., ANGELIM, L.A.A., VASCONCELOS, A.M., GOMES. I.P., LACERDA FILHO, J.V., VALENTE, C.R., PERROTA, M.M. E HEINECK, C.A. In: **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, CPRM, 2003.
- 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: University of Kansas, 1999. 164 p. il. Tese (Doutorado em Geologia)-Department of Geology, University of Kansas, Kansas, 1999.
- LISBOA, L. H. D.; ARAÚJO, J. B.; PARENTE, C. V. Indicativo de cobre Epigenético associado à Bacia Molássica de Carnaubinha, Pio-IX, Piauí. **Revista de Geologia**, v.22, n 2, p.233-241, 2009.
- MACHADO, D. M.; CASSAB, R. C. T. Ocorrência de gastrópodes na bacia de Padre marcos (Cretáceo Inferior), Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 2. , 9-14 nov. 1997, Crato, CE. **Resumo das comunicações**. Crato: DNPM, 1997. 41 p. ;
- PONTE, F. C.; APPI, C. J.. **Proposta de Revisão da Coluna Litoestratigráfica da bacia do Araripe**. In:

SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, 1996, Águas de São Pedro/SP. Boletim..., Águas de São Pedro/SP: UNESP, 1996. p. 123-133

PONTE, F. C. et al. Geologia dos remanescentes sedimentares da paleobacia Mesozóica do Araripe: Barro, Cedro, Serra Vermelha e Riacho do padre. In: PONTE, F. C., HASHIMOTO, A. T., DINO, R. (Coord.) **Geologia das bacias sedimentares mesozóicas do interior do Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Petrobrás-Cenpes-Divex-SEBIPE, 1991. 6p

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto Aerogeofísico Centro Sudoeste do Ceará**: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectométricos. Rio de Janeiro: Prospectores Aerolevantamentos e Sistemas, 2010. 14v. il. Programa Geologia do Brasil - PGB.

SÁ, J. M. **Évolution geodynamique de la ceinture proterozóique d'Orós, Nord-est Brésil**. Nancy, 1991. 177p. Tese (Doutorado)-Faculte de Sciences de l'Université de Nancy, Nancy. 1991.

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: Superintendencia de Geologia e Recursos Minerais, 1997. 335p, p.280-282

SMALL, H. 1913. **Geologia e Suprimento de água Subterrânea no Piahy e parte do Ceará**. Recife: Insp. Obras Contra Secas. 180p (Série Geologia, vol. 25. IN: Assine, M. L. 1990.)

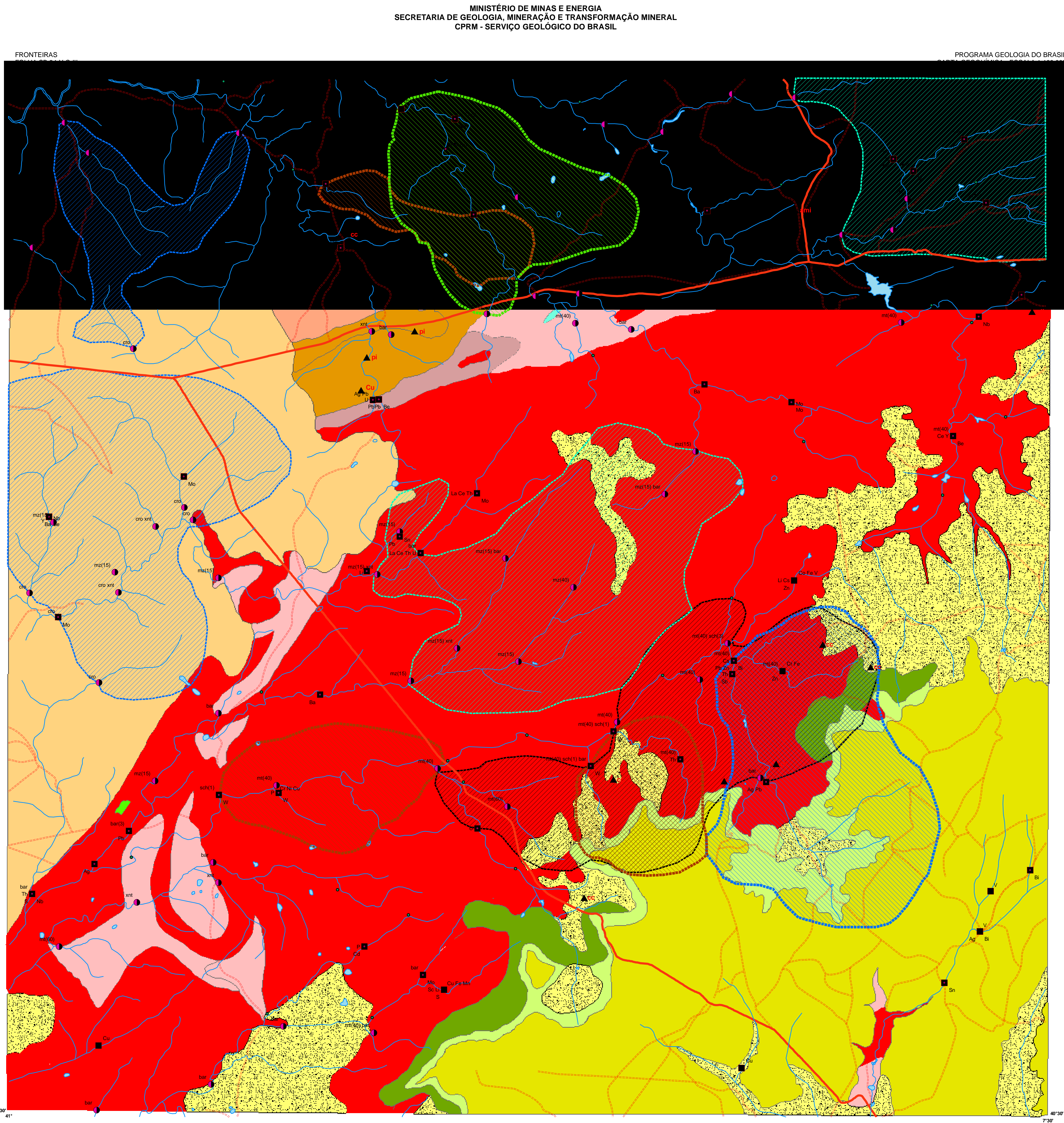
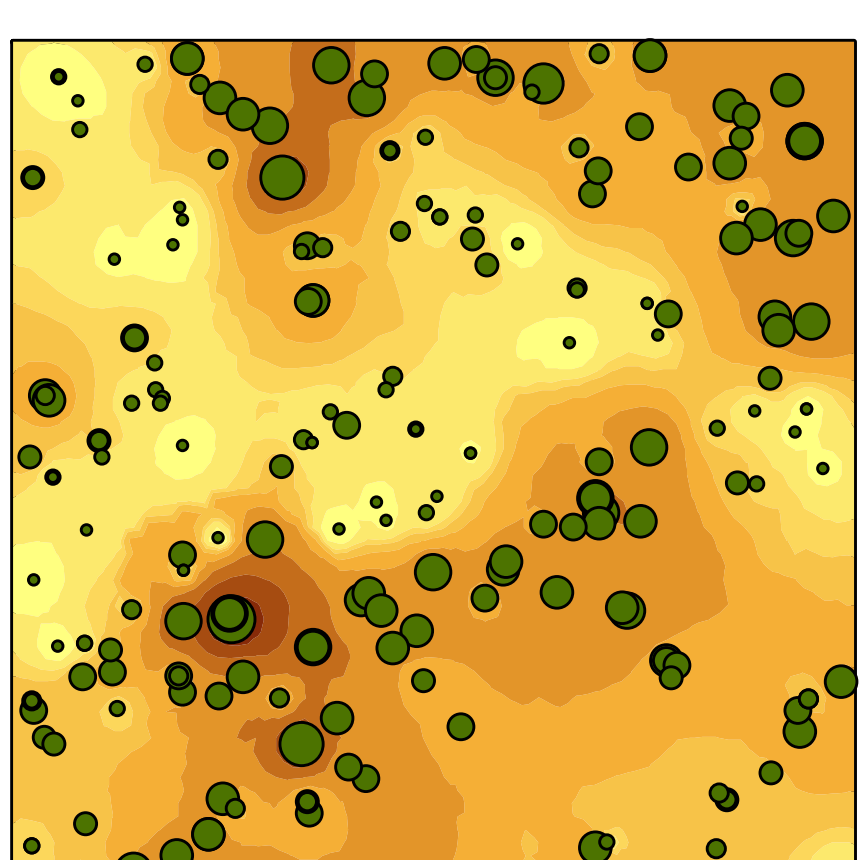
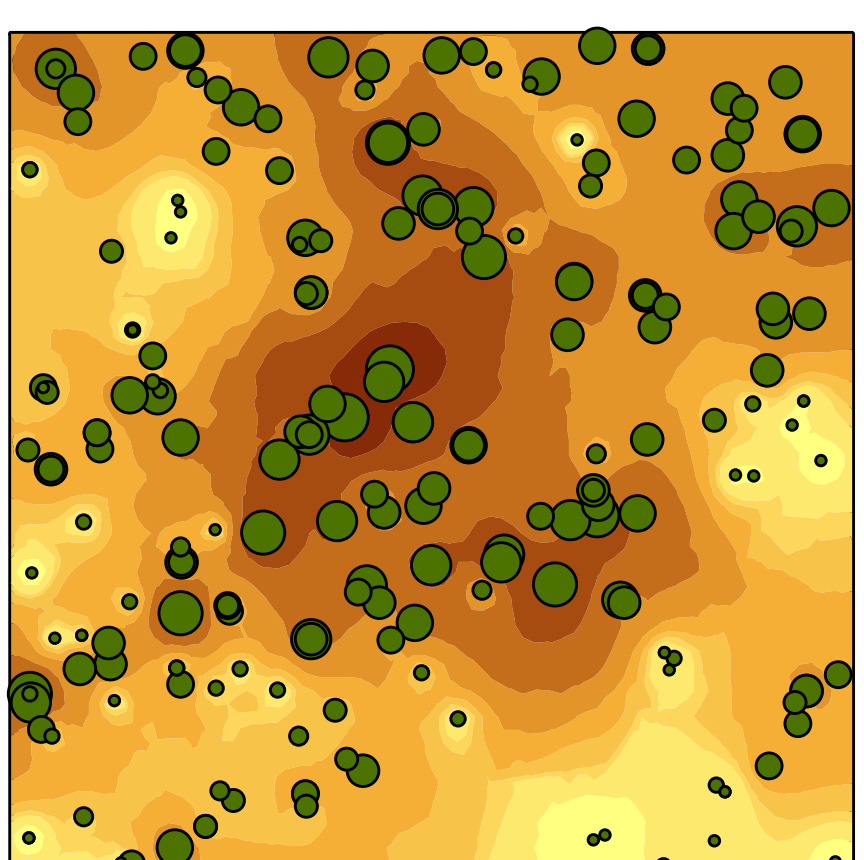
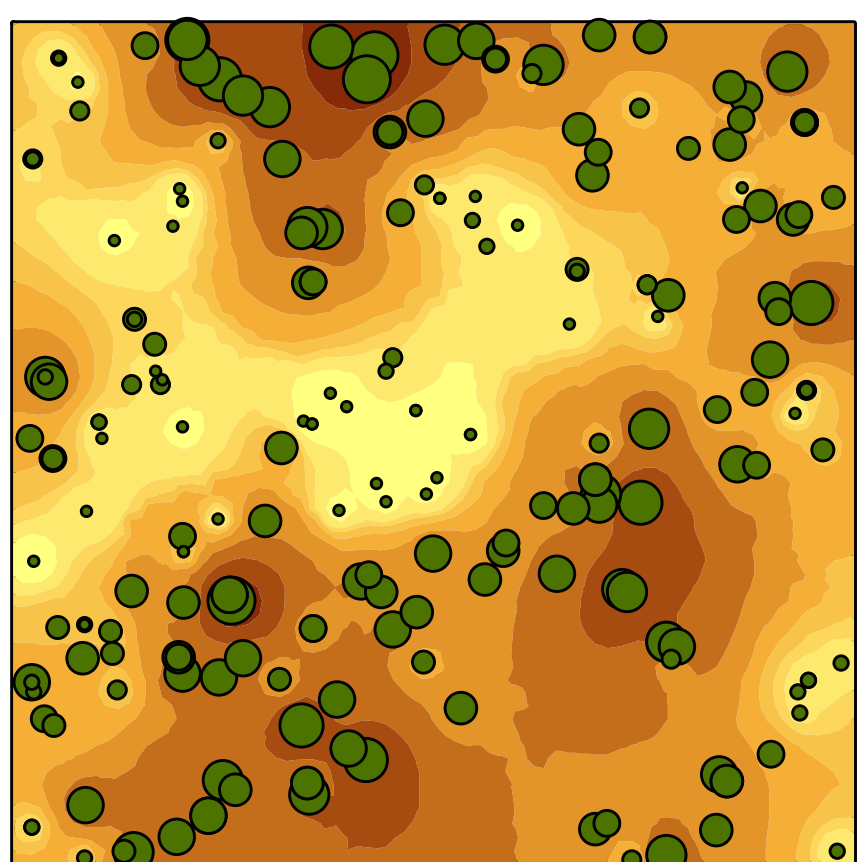
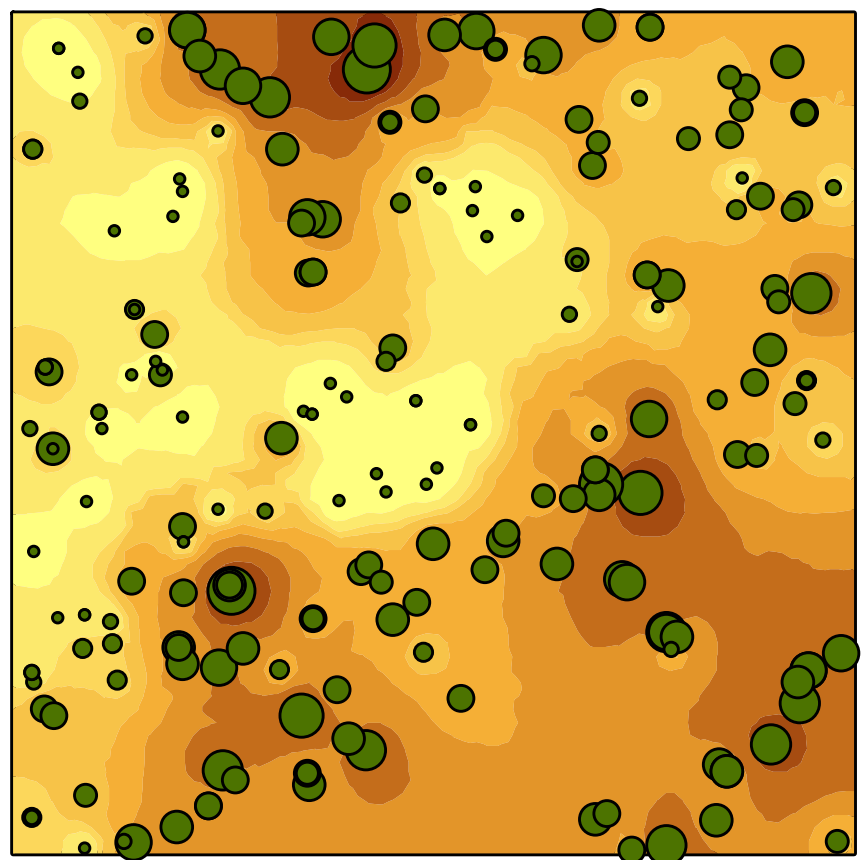
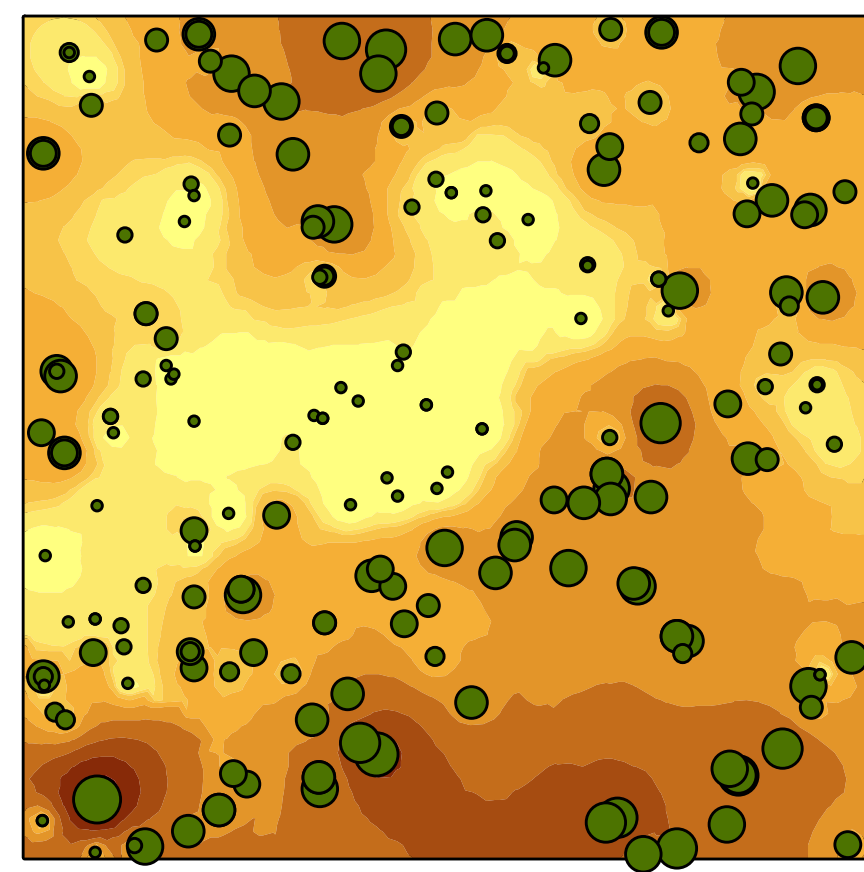
VAN SCHMUS, W. R. et al. Neoproterozóic sedimentary and volcanic sequences in the Borborema province, NE Brazil. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16., 12-15 nov. 1995a, Recife. **Atas**. Recife: SBG. Núcleo Nordeste, 1995. 2v. v.1. 381 p. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 14)., p., 391-392.

**ANEXO**  
**MAPA GEOQUÍMICO**

---



CARTOGRAMAS  
DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS EM SEDIMENTOS DE CORRENTE  
Distribuição graduada dos elementos sobre mapa de tendência de distribuição  
Escala 1:500.000



A elaboração do mapa geológico e recursos minerais da Folha Fronteiras, na escala 1:100.000, resulta de uma ação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia.

O projeto foi executado pela Residência de Teresina do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, dentro das diretrizes do Programa Geologia do Brasil.

A Carta Geológica na escala 1:100.000 – cujo objetivo é o de gerar e difundir informações geológicas e de recursos minerais para subsidiar o planejamento territorial e o uso do solo e subsolo, além de induzir o aumento dos investimentos em prospecção e pesquisa mineral, com vistas ao desenvolvimento da indústria de mineração no país.

Esse produto deverá auxiliar o governo do estado e órgãos de planejamento, no estabelecimento de políticas públicas de desenvolvimento regional, na medida em que servirão de base para estudos de prospecção e exploração mineral e na adoção de ações estratégicas que visem o desenvolvimento econômico-social.

Nesse contexto, o conhecimento geológico sistematizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM também passa a ser considerado como fonte primordial de informação do meio físico e requisitado para os estudos de zoneamento ecológicoeconômico e de gestão ambiental.

## **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA FRONTEIRAS – SB.24-Y-C-III**

**Escala: 1:100.000**

### **ESTADOS DO PIAUÍ, PERNAMBUCO E CEARÁ**



**PAC**

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)

#### **SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO USUÁRIO - SEUS**

Tel: 21 2295-5997 – Fax: 21 2295-5897  
E-mail: seus@cprm.gov.br

#### **OUVIDORIA**

Tel: 21 2295-4697 – Fax: 21 2295-0495  
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br