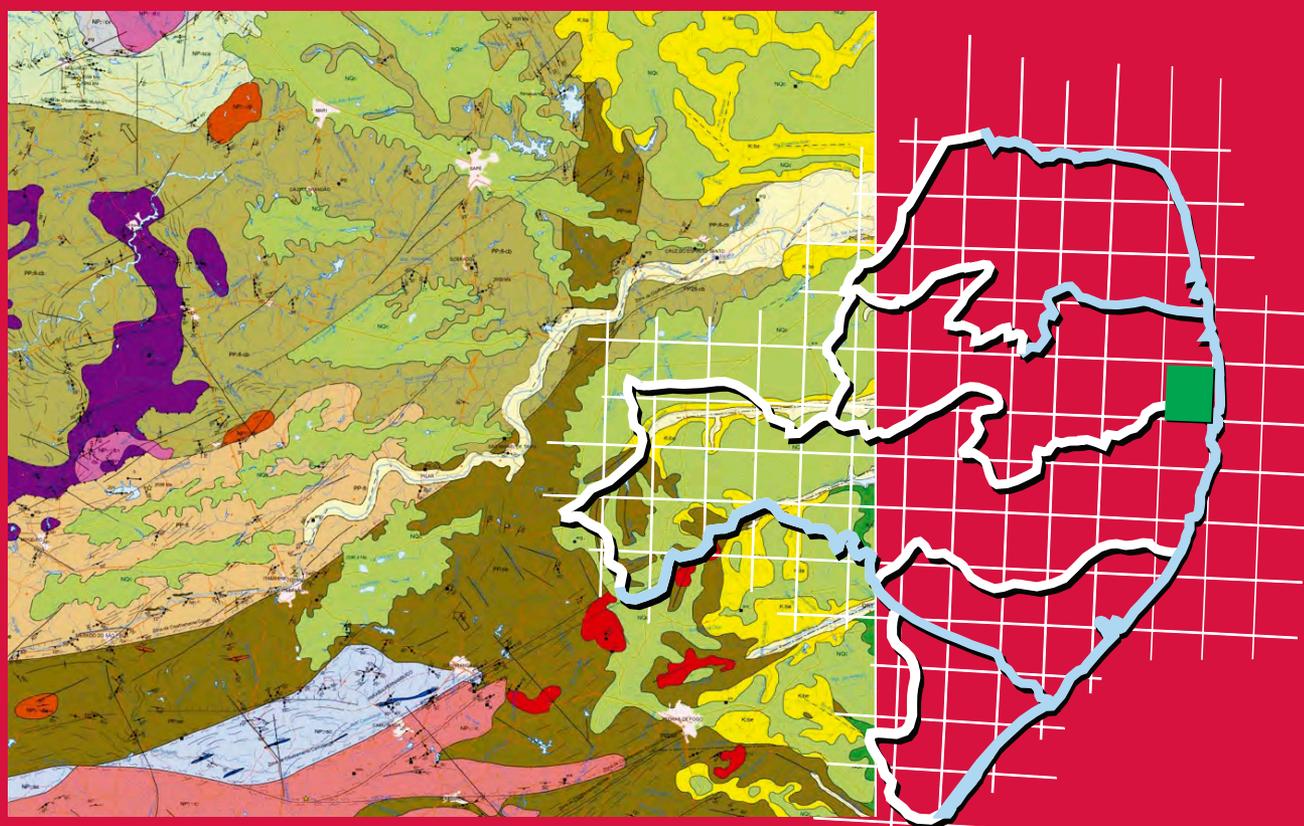


**Programa Geologia do Brasil**  
**Levantamentos Geológicos Básicos**

# **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS** **DA FOLHA SAPÉ – SB.25-Y-C-II**



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

\* PARCERIA COM A UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
PERNAMBUCO – UFPE

 **CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil

**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  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

**Programa Geologia do Brasil**

# **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SAPÉ\* SB.25-Y-C-II**

**Escala 1:100.000**

**ESTADOS DA PARAÍBA/PERNAMBUCO**

**Ignez de Pinho Guimarães**

**Sheila Maria Bretas Bittar Schulze**

**Douglas Jose da Silva Farias**

**Ranjana Yadav**

**Cícera Neysi de Almeida**

\* Parceria com



Contrato Nº 060/PR/2008



Recife  
2017

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL – PGB  
INTEGRAÇÃO, ATUALIZAÇÃO E DIFUSÃO DE DADOS DA GEOLOGIA DO BRASIL

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

G963                      Guimarães, Ignez de Pinho (Org.)  
Geologia e recursos minerais da Folha Sapé SB.25-Y-C-II Escala 1:100.000. Estado da Paraíba / Ignez de Pinho Guimarães, Sheila Maria Bretas Bittar Schulze, Douglas José da Silva Farias, Ranjana Yadav e Cícera Neysi de Andrade. - Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2017.  
73 p. il. color + mapas

ISBN 978-85-7499-317-1

Programa Geologia do Brasil - PGB. Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Parceria com a Universidade Federal de Pernambuco Contrato 060/PR/2008

1.Geologia Regional 2. Mapeamento Geológico. 3. SIG 4. Brasil. 5. Paraíba. I.Schulze, Sheila Maria Bretas Bittar. II. Farias, Douglas José da Silva. III. Yadav, Ranjana. IV. Almeida, Cícera Neysi de. V. Título

CDD 558.133

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

**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

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE

**Programa Geologia do Brasil**

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SAPÉ**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

Fernando Coelho Filho

*Ministro de Estado*

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

Vicente Lôbo

*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 Colnago

*Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

José Carlos Garcia Ferreira (interino)

*Diretor de Administração e Finanças*

Marco Túlio Naves de Carvalho (interino)

*Chefe do Departamento de Geologia*

José Márcio Henriques Soares (interino)

*Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação*

Edilton José dos Santos

*Chefe da Divisão de Geologia Básica*

Patrícia Düringer Jacques

*Chefe da Divisão de Geoprocessamento*

Marília Santos Salinas do Rosário

*Chefe da Divisão de Cartografia*

José Márcio Henriques Soares

*Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação*

**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE**

Sérgio Maurício Coutinho C. de Oliveira

*Superintendente Regional*

Ana Cláudia de Aguiar Accioly

*Gerente de Geologia e Recursos Minerais*

Douglas Silva Luna

*Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento*

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

*Reitor*

Anísio Brasileiro de Freitas Dourado

*Chefe do Departamento de Geologia*

Lucia Maria Mafra Valença

**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  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE RECIFE  
**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SAPÉ**

---

**CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO**

**Capítulo 1 - INTRODUÇÃO**

Ignéz de Pinho Guimarães

**Capítulo 2 – CONTEXTO GEOLOGICO REGIONAL**

Ignéz de Pinho Guimarães

**Capítulo 3 – ESTRATIGRAFIA**

Ignéz de Pinho Guimarães

Sheila Maria Bretas Bittar Schulze

**Capítulo 4 – PETROLOGIA E LITOGEOQUÍMICA**

Ignéz de Pinho Guimarães

Cícera Neysi de Almeida

Ranjana Yadav

Douglas Jose Silva Farias

**Capítulo 5 - GEOQUÍMICA ISOTÓPICA E GEOCRONOLOGIA**

Ignéz de Pinho Guimarães

**Capítulo 6 – GEOLOGIA ESTRUTURAL**

Ignéz de Pinho Guimarães

Sheila Maria Bretas Bittar Schulze

Douglas Jose Silva Farias

**Capítulo 7 - RECURSOS MINERAIS**

Ignéz de Pinho Guimarães

**Capítulo 8 –CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Ignéz de Pinho Guimarães

---

**APOIO TÉCNICO DA CPRM**

Adeilson Alves Wanderley

Edilton José dos Santos

José Wilson de Castro Temoteo

Patrícia Durringer Jacques

Reginaldo Alves dos Santos

Vladimir Cruz de Medeiros

*Responsável pelo Contrato 059/PR/2008*

Luiz Carlos da Silva

*Coordenação de Revisão Bibliográfica*

Roberta Pereira da Silva de Paula

*Organização, Preparo e Controle da Editoração Final*

Alan Düssel Schiros

Washington José Ferreira Santos

Editoração para publicação  
UNIKA Editora

---

**EDIÇÃO DO PRODUTO DIGITAL**

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento  
Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID - José Márcio Henriques Soares (interino)  
Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares  
Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP/SA - Reginaldo Leão Neto – SIG/GEOBANK

# APRESENTAÇÃO

---

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM é responsável pela retomada em larga escala dos levantamentos geológicos básicos do país. Este programa tem por objetivo a ampliação acelerada do conhecimento geológico do território brasileiro, fornecendo subsídios para mais investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros, com a conseqüente geração de oportunidades de emprego e renda. Além disso, os dados obtidos no âmbito desse programa também são aplicados em programas de águas subterrâneas, gestão territorial e em outras atividades de interesse social. Destaca-se, entre as ações mais importantes e inovadoras desse programa, a estratégia de implementação de parcerias com grupos de pesquisa de universidades públicas brasileiras, em trabalhos de cartografia geológica básica na escala 1:100.000. Trata-se de uma experiência que, embora de rotina em outros países, foi de caráter pioneiro no Brasil, representando uma importante quebra de paradigmas para as instituições envolvidas. Essa parceria representa assim, uma nova modalidade de interação com outros setores de geração de conhecimento geológico, à medida que abre espaço para a atuação de professores, em geral líderes de grupos de pesquisa, os quais respondem diretamente pela qualidade do trabalho e possibilitam a inserção de outros membros do universo acadêmico.

Esses grupos incluem também diversos pesquisadores associados, bolsistas de doutorado e mestrado, recém-doutores, bolsistas de graduação, estudantes em programas de iniciação científica, dentre outros. A sinergia resultante da interação entre essa considerável parcela do conhecimento acadêmico nacional com a excelência em cartografia geológica praticada pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB) resulta em um enriquecedor processo de produção de conhecimento geológico que beneficia não apenas a academia e o SGB, mas à toda a comunidade geocientífica e à indústria mineral.

Os resultados obtidos mostram um importante avanço, tanto na cartografia geológica quanto no estudo da potencialidade mineral e do conhecimento territorial em amplas áreas do território nacional. O refinamento da cartografia, na escala adotada, fornece aos potenciais usuários, uma ferramenta básica, indispensável aos futuros trabalhos de exploração mineral ou aqueles relacionados à gestão ambiental e à avaliação de potencialidades hídricas, dentre outros.

Além disso, o projeto foi totalmente desenvolvido em ambiente SIG e vinculado ao Banco de Dados Geológicos da CPRM (GEOBANK), incorporando o que existe de mais atualizado em técnicas de geoprocessamento aplicado à cartografia geológica e que encontra-se também disponível no Portal da CPRM [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br).

Esse volume contém a Nota Explicativa da Folha Sapé (SB-25-Y-C-II), juntamente com o Mapa Geológico na escala 1:100.000 em ambiente SIG, executado pela UFPE, através do Contrato CPRM-UFPE No.060/PR/08.

EDUARDO JORGE LEDSHAM  
Diretor - Presidente  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

JOSÉ CARLOS GARCIA FERREIRA  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais  
Serviço Geológico do Brasil - CPRM



## RESUMO

---

A Folha topográfica Sapé encontra-se inserida no Domínio da Zona Transversal ou Central da Província Borborema, compreendendo cerca de 20% de sedimentos da Bacia Paraíba, Sub-bacia de Alhandra, parcialmente recobertos por sedimentos cenozoicos. As rochas cristalinas compreendem: (a) Embasamento Paleoproterozoico composto de hornblenda-biotita gnaisses variando em composição de tonalitos, granodioritos a granitos, com enclaves de composição dioríticas, foram identificados e subdivididos em duas unidades litodêmicas; ortognaisses paleoproterozoicos dos complexos Floresta (idade U-Pb variando de 2314 a 2355 Ma) e Cabaceiras (idade U-Pb variando de 2230 a 2164 Ma); (b) augen gnaisses migmatizados ( $2057 \pm 20$  Ma), de composição granítica e assinatura geoquímica de granitos intraplaca, denominado Fazenda Salvador; (c) sequências supracrustais, representadas pelos complexos Sertânia, idade máxima de deposição de 1950 Ma, Surubim-Caroolina de idade ediacarana e uma sequência de paragnaisses e xistos com intercalações de quartzitos correlacionável ao Complexo São Caetano, mostrando metamorfismo que atingiu a zona da sillimanita, com migmatização localizada de possível idade ediacarana; (d) ortognaisses de composição granítica e idade toniana, restritos à porção norte da Folha Sapé; (e) granitóides brasileiros, Timbaúba ( $616 \pm 5$  Ma), pequenos plútons de granitóides tipo Dona Inês (Plúton Itambé -  $592 \pm 6$  Ma) e pequena parte do Plúton Lourenço (581 Ma) e diques de basaltos de idade cambriana (525 Ma). Datação de zircões detríticos do Complexo Sertânia, sugerem uma idade máxima de deposição paleoproterozoica e que o embasamento foi a principal fonte do protolito destas rochas.

As rochas sedimentares da Bacia Paraíba incluem exposições de arenitos da Formação Beberibe e raras ocorrências da Formação Itamaracá. Estas formações encontram-se parcialmente recobertas por depósitos colúvio-eluviais, de idade quaternária, compreendendo areias inconsolidadas, grossas a médias, com conglomerados angulosos na base. Estes sedimentos recobrem parcialmente o embasamento.

Estruturalmente, as rochas mapeadas na Folha Sapé foram bastante retrabalhadas durante o Brasileiro. As foliações de baixo ângulo (S2) associadas a uma fase de deformação compressional D2, são observadas nos ortognaisses, nos metassedimentos e nos granitóides do Complexo Timbaúba. Dobras isoclinais a apertadas, recumbentes a horizontais inclinadas foram geradas em D2. Os critérios cinemáticos indicam transporte tectônico para NNW e NNE. A idade de  $616 \pm 5$  Ma definida para a cristalização dos granitóides do Complexo Timbaúba é interpretado como a idade do evento gerador da foliação de baixo ângulo.

A fase D3 é observada na maioria dos litotipos, sendo caracterizada pelo desenvolvimento de dobras abertas com planos axiais de mergulho forte. Esta fase de deformação foi responsável pela geração das zonas de cisalhamento transcorrentes de direção variando de E-W a ENE-WSW. Um evento de caráter rúptil-dúctil (D4) com idade de  $\sim 525$  Ma, definido pelo método Ar-Ar em basaltos, foi responsável pela transposição de direção N-S observada na porção NW da folha, clivagem de fraturas observadas em todos os litotipos e falhas normais observadas principalmente ao longo do Rio Paraíba.

Falhas de direção NNE são associados ao estágio de rift da Bacia Paraíba, durante o Cretáceo. Os recursos minerais da folha Sapé incluem principalmente areia, argila, brita, urânio, mármore, água mineral, rocha com potencial para rocha ornamental e pequenas ocorrências de Fe, Pb e Ba. Na área ocorre crosta laterítica explorada artesanalmente para pavimentação de rodovias secundárias.



## ABSTRACT

---

The Sapé topographic sheet (SB.25-Y-C-II) is inserted in the Central Domain (or Zona Transversal) of the Borborema Province. It is constituted by 20% of sedimentary rocks of the Paraíba Basin, Sub-Basin Alhandra, partially cover by Cenozoic sediments and 80% of crystalline rocks. The crystalline rocks comprise: (a) Paleoproterozoic basement composed of hornblende biotite gneisses ranging in composition from tonalite, granodiorite to granite, showing enclaves of dioritic composition, garnet amphibolite lenses (U-Pb zircon SHRIMP age of  $2,094 \pm 8$  Ma) and garnet pyroxenites pods. The orthogneisses were divided into the Floresta (U-Pb age ranging from 2,314 to 2,355 Ma) and Cabaceiras (U-Pb age ranging from 2,230 to 2,164 Ma) complexes; (b) Augen gneisses migmatized (U-Pb age of  $2057 \pm 20$  Ma) with granitic composition and within plate geochemical signature, denominated Fazenda Salvador-type, intruded within the orthogneisses of the Floresta and Cabaceiras complexes; (c) supracrustal sequences assigned to three distinct complexes (Sertânia maximum deposition age of 1,950 Ma, Brasiliano Surubim-Carolina and metasediments correlated to the São Caetano complex) showing metamorphism reaching the sillimanite zone, with local anatexis; (d) granitic orthogneisses of Tonian age, restricted to the north part of the sheet; (e) Brasiliano plútons, Timbaúba ( $616 \pm 5$  Ma), Itambé ( $592 \pm 6$  Ma) and Lourenço (581 Ma) and Cambriano basalt dykes (525 Ma). Dating of detrital zircons of the Sertânia Complex shows a Paleoproterozoic maximum deposition age and that the basement was the source for the protholith of the metasedimentary rocks.

The sedimentary rocks the Paraíba Basin (Alhandra Sub-Basin) in the Sapé topographic sheet comprise mainly sandstones of the Beberibe and Itamaracá formations. These sandstones are partially and/or completely cover by colluvial-eluvial deposits of quaternary age.

The rocks of the Sapé topographic sheet were intensively reworked during the Brasilino. Flat-lying foliations, associated to D2 compressional deformation event, were recorded in the orthogneisses, metasedimentary rocks and the Timbaúba granitoids. The D2 event is characterized by tectonic transport to NNW and NNE. The crystallization age of the Timbaúba granitoids ( $616 \pm 5$  Ma) is interpreted as the age of the flat-lying foliation event.

The D3 deformation event is recorded in most of the litotypes. It is characterized by open folds with high angle axial plane that affect the S2 foliation. D3 deformation event affected the S2 foliation, and was responsible by the development of the transcurrent shear zones with E-W to ENE-WSW. A brittle-ductile event (D4) with Ar-Ar basalt age around 525 Ma, was responsible by N-S direction transpositions, main recorded in the NW portion of the Sapé topographic sheet, fracture cleavages and normal faults recorded along the Paraíba river

The NNE trending fault system is related to the cretaceous rifting stage of the Paraíba Basin.

The most important mineral occurrences are sand, marble and mineral water. Exploitation of gravel and sand occur in many place. However, the most important exploitations of gravel occur close to the Cajá village, along the BR-230. Small occurrences of Fe, Pb and Ba were recorded.



# SUMÁRIO

---

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA FOLHA.....	15
1.2 - CLIMA, VEGETAÇÃO E ASPECTOS FÍSIOGRÁFICOS .....	15
1.3 - METODOLOGIA .....	15
<b>2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL</b> .....	<b>17</b>
2.1 - EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO .....	17
2.2 - COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DA FOLHA SAPÉ.....	19
<b>3 – ESTRATIGRAFIA</b> .....	<b>21</b>
3.1 - PALEOPROTEROZÓICO .....	21
3.1.1 - Complexo Floresta (PP1fl) .....	21
3.1.2 - Complexo Cabaceiras (PP2cb) .....	24
3.1.3 - Ortognaisses e Migmatitos Fazenda Salvador(PP2ys) .....	24
3.1.4 - Sequências Supracrustais .....	24
3.2 - NEOPROTEROZÓICO.....	26
3.2.2 - Suite Intrusiva metagranitóides Cariris Velhos (NP1ycv).....	28
3.2.3 - Complexo Surubim - Caroalina(NP23sc) .....	29
3.2.4 - Magmatismo Brasileiro .....	30
3.3 - MAGMATISMO CAMBRIANO .....	32
3.3.1 - Diques de basalto (b) .....	32
3.4 - CRETÁCEO .....	32
3.4.1 - Bacia Paraíba .....	32
3.5 - COBERTURAS CENOZÓICAS.....	36
3.5.1 - Depósitos colúvio - eluviais(N34c) .....	36
3.5.2 - Depósitos Aluvionares - areias, silte e argila (N4a) .....	37
<b>4 – PETROLOGIA E LITOGEOQUÍMICA</b> .....	<b>39</b>
4.1 - ROCHAS MÁFICAS E ULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO FLORESTA (PP2FL).....	39
4.2 - COMPLEXO CABACEIRAS (PP2CB) .....	41
4.3 - ORTOGNAISSES FAZENDA SALVADOR (PP2FS) .....	41
4.4 - SUITE INTRUSIVA CONCEIÇÃO (NP3Γ1C) - COMPLEXO TIMBAÚBA .....	44
4.5 - SUITES INTRUSIVAS DONA INÊS(NP3Γ2DI) E ITAPORANGA (NP3Γ2IT) .....	45
<b>5 – GEOQUÍMICA ISOTÓPICA E GEOCRONOLOGIA</b> .....	<b>49</b>
5.1 - GEOQUÍMICA ISOTÓPICA.....	49
5.2 - DADOS U-PB.....	49
5.2.1 - Complexo Floresta(PP2fl) .....	49
5.2.2 - Complexo Cabaceiras (PP2cb).....	50
5.2.3 - Ortognaisse Fazenda Salvador (PP2ys).....	50
5.2.4 - Complexo Sertânia (PP2se) .....	50
5.2.5 - Complexo São Caetano .....	50
5.2.6 - Suite intrusiva Conceição (NP3γ2c) .....	50
5.2.7 - Suite Intrusiva Dona Inês (NP3γ2di) .....	52

<b>6 – GEOLOGIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>57</b>
6.1 - DEFORMAÇÃO PALEOPROTEROZOICA .....	57
6.2 - DEFORMAÇÃO NEOPROTEROZOICA.....	57
6.2.1 - Evento Deformacional D <sub>1</sub> .....	57
6.2.2 - Evento Deformacional D <sub>2</sub> .....	57
6.2.3 - Evento Deformacional D <sub>3</sub> .....	57
6.2.4 - Evento Deformacional D <sub>4</sub> .....	57
6.3 - TECTÔNICA DO FANEROZOICO .....	60
<b>7 – RECURSOS MINERAIS.....</b>	<b>63</b>
7.1 - AREIA.....	63
7.2 - BRITA E PARALELO.....	63
7.3 - MÁRMORE .....	63
7.4 - URÂNIO .....	63
7.5 - ROCHA ORNAMENTAL .....	63
7.6 - FERRO.....	64
7.7 - CHUMBO E BÁRIO.....	64
7.8 - ÁGUA MINERAL.....	64
7.9 - LATERITAS E ARGILA.....	64
<b>8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>67</b>
8.1 - SÍNTESE .....	67
8.2 - RECOMENDAÇÕES .....	67
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>69</b>

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS  
DA FOLHA SAPÉ -SB.25-Y-C-II**

---

**ESTADOS DA PARAÍBA/PERNAMBUCO**



# 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA FOLHA

A Folha Sapé está localizada nos estados de Pernambuco (cerca de 15%) e Paraíba (cerca de 85%), sendo limitada pelos paralelos 7° 00' e 7° 30' S e pelos Meridianos 35°00' e 35°30' W. A articulação da Folha Sapé é mostrada na Figura 1.1.

## 1.2 - CLIMA, VEGETAÇÃO E ASPECTOS FISIOGRAFICOS

Aproximadamente 25% da área da Folha Sapé esta inserida na Zona da Mata onde predominam tabuleiros com solos arenosos, propícios a cultura da cana de açúcar, do abacaxi, sendo o município de Sapé um dos maiores produtores do Brasil, e mandioca. Bolsões de Mata Atlântica podem ser observados próximos às cidades de Santa Rita (PB), ao longo da BR-230, que liga João Pessoa a Campina Grande.

A porção noroeste da folha compreende relevo bastante acidentado, com clima semi-árido quente, e temperatura variando de 26°C a 32°C. Este tipo de clima se caracteriza pela baixa umidade, chuvas poucas e irregulares e, alternância de duas estações bem definidas: a da chuva, denominada de inverno

e a da seca denominada de verão. A vegetação nestas áreas consiste na típica caatinga xerofítica do Nordeste Brasileiro, com árvores de médio porte (angico, baraúna, juazeiro, Aroeira etc.) observadas ao logo dos riachos e rios. Na porção sudoeste, são observadas as maiores elevações com cotas de até 700m, compreendendo a Serra do Cajá, Serra da Margarida e de Pirauá. Esta região é propícia ao desenvolvimento do turismo ecológico.

## 1.3 - METODOLOGIA

Para elaboração do mapa geológico foi utilizada a sitemática recomendada pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM contida no Guia de Procedimentos, e foram utilizados 02 mapas geológicos resultantes de trabalhos de graduação, mapa geológico de dissertação de mestrado defendida na USP (Fernandes, 1997), interpretação de fotografias aéreas e os dados obtidos nas interpretações das imagens *aerogamaespectrométricas* e modelo digital de terreno. Além disto, foram utilizados os dados dos trabalhos de Brito Neves et al. (2009) e Bezerra et al. (2008). O mapa geológico final (Figura 1.2) resultou de vários perfis geológicos para confirmação dos contatos e estruturas constantes do mapa base.

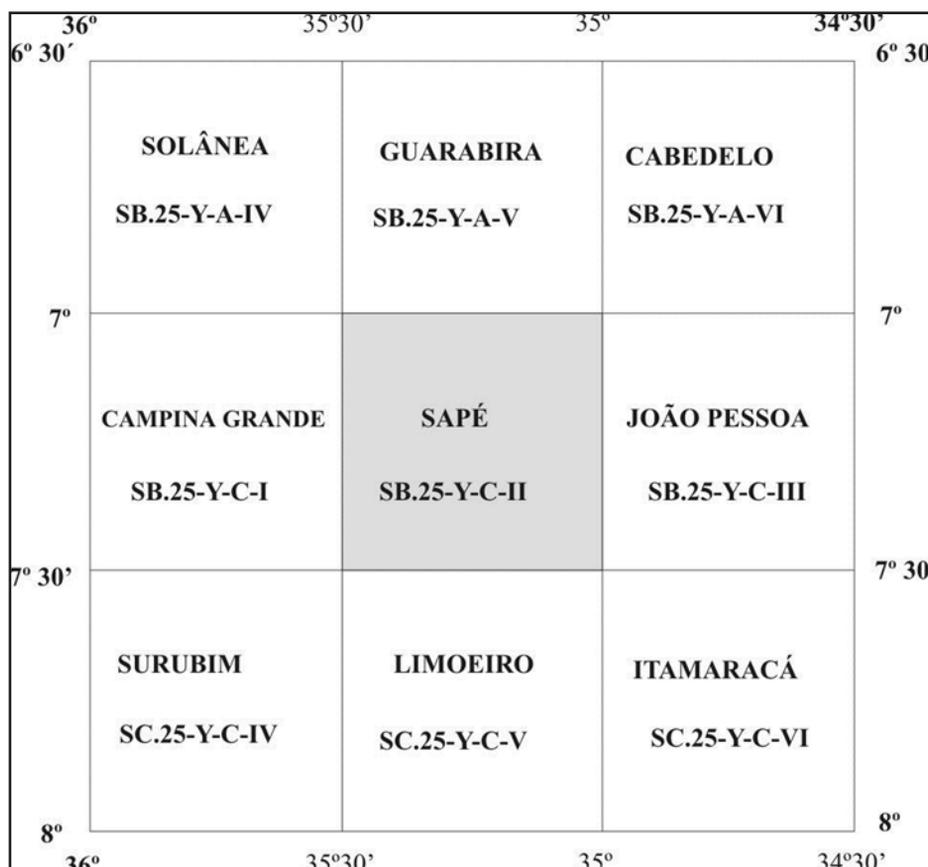


Figura 1.1 – Articulação da folha Sapé

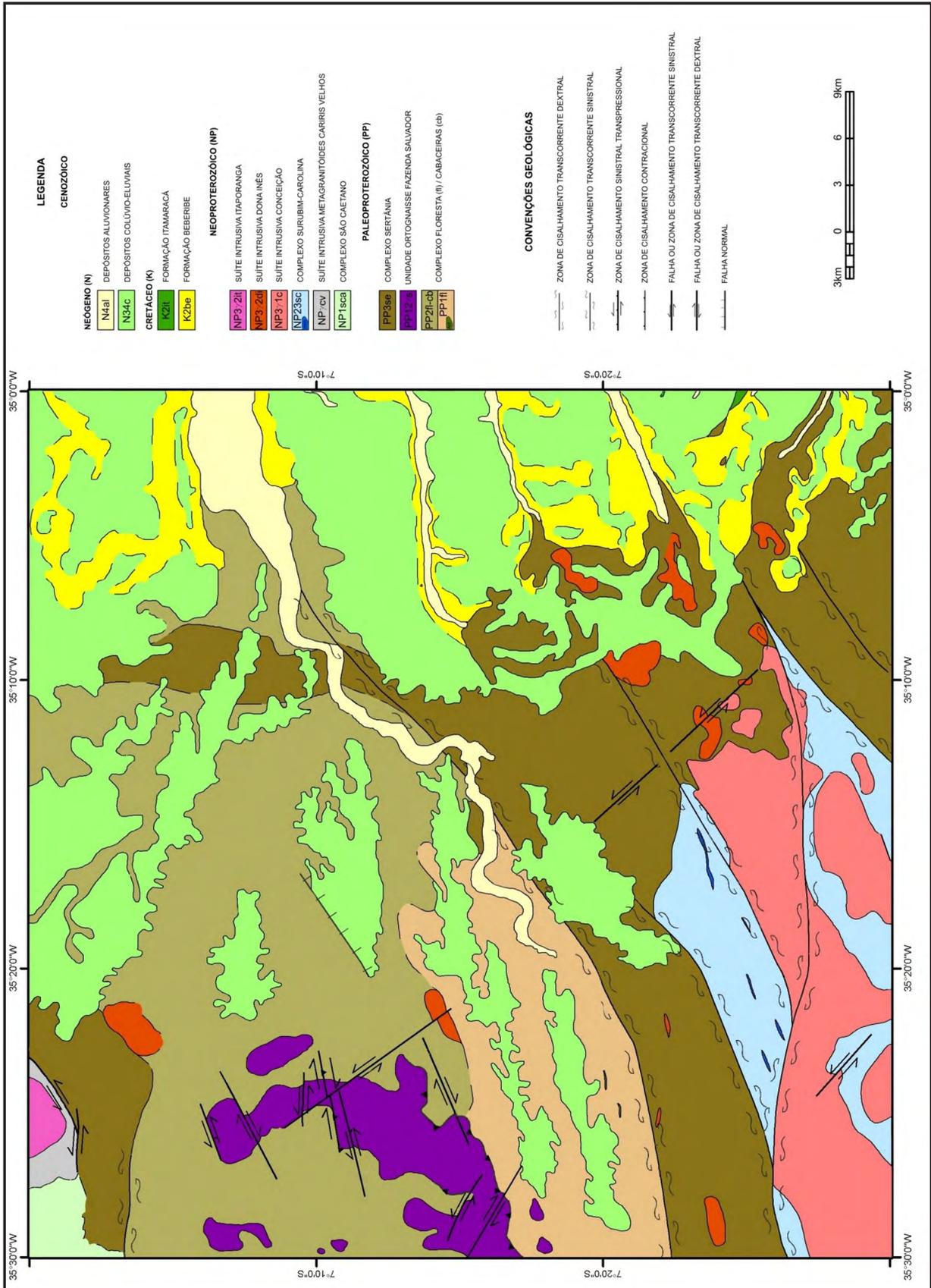


Figura 1.2. – Mapa Geológico simplificado da Folha Sapé.

## 2 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### 2.1 - EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO GEOLÓGICO

A Província Borborema está incluída na região nordeste do Brasil, resultante da convergência dos cratons: Amazônico, Oeste Africano – São Luís e São Francisco – Congo durante a formação do Gondwana (~600Ma). Os modelos de compartimentação tectônica para a área precambriana da Província Borborema datam dos anos 70, 80 e 90. Os primeiros modelos são os de Brito Neves (1983), seguidos de Santos & Brito Neves (1984) e Jardim de Sá (1994). Estes modelos propõem uma longa história precambriana para a Província Borborema.

A Província Borborema consiste de um embasamento gnáissico – migmatítico de idade paleoproterozoica, representando em parte rochas arqueanas retrabalhadas durante a orogênese Riaciana (2,0 a 2,2 Ga), incluindo pequenos blocos de idade arqueana. O embasamento é parcialmente coberto por rochas metassedimentares e metavulcânicas de idade neoproterozoica (Toniano e Brasileiro). Em adição a orogênese Riaciana, a Província Borborema foi afetada pelos eventos Cariris Velhos (1000Ma – 920Ma) e Brasileiro (Jardim de Sá, 1994; Van Schmus *et al.* 1995; Dantas *et al.*, 1998; Fetter, 1999; Brito Neves *et al.*, 2001; Kozuch, 2003; Van Schmus *et al.* 2003, Neves, 2003; Guimarães *et al.* 2004). O evento Brasileiro afetou toda a Província Borborema e foi responsável por intenso magmatismo granítico, desenvolvimento de zonas de cisalhamentos de escalas continentais e metamorfismo em condições de alta temperatura e baixa pressão.

O evento Cariris Velhos é caracterizado principalmente pela intrusão de granitos, hoje ortognaisses, de composição granítica, os quais formam uma faixa que se estende por cerca de 700Km, desde a linha de costa até a Faixa Riacho do Pontal a oeste, com idade U/Pb em zircão variando de 925Ma - 952Ma (Kozuch *et al.* 1997, Brito Neves *et al.* 2001) e, sequências, complexos Riacho Gravatá e São Caetano, metassedimentar e metavulcanoclástica com uma componente vulcânica predominantemente félsica (Santos, 1995). Os protólitos dos metassedimentos são pelitos/psamitos e grauvacas e, idade de 995 ± 12Ma (Kozuch, 2003) foi determinada pelo método U/Pb em zircão para a sedimentação do Complexo Riacho Gravatá, mostrando pequeno intervalo de tempo (50Ma) entre a idade destas intrusões e da sequência encaixante.

Alguns pesquisadores consideram o evento Cariris Velhos como sendo um ciclo orogenético completo com geração de rochas e metamorfismo (Kozuch *et al.*, 1997; Brito Neves *et al.*, 2001) enquanto um outro grupo considera o ciclo Cariris Velhos apenas como gerador de magmatismo, sendo

o metamorfismo de idade brasileira (Bittar, 1999; Leite *et al.*, 2000; Neves, 2003; Guimarães & Brito Neves, 2004).

As zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco com direção E-W dividem a Província Borborema em 03 domínios, segundo Van Schmus *et al.* (1995): Domínio Rio Grande do Norte, a norte da zona de cisalhamento Patos; Domínio Central ou da Zona Transversal entre as zonas de cisalhamentos Patos e Pernambuco e, o Domínio Sul, situado a sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco (Figura. 2.1).

Ao longo dos anos, vários foram os modelos geotectônicos propostos para a Província Borborema. O primeiro modelo proposto (Brito Neves, 1983) dividiu a Província Borborema em Faixas de dobramentos e maciços medianos. Segundo este conceito, a Folha Sapé está inserida na Faixa de Dobramentos Pajeú – Paraíba.

Dois modelos procuram explicar os processos evolutivos responsáveis pela atual configuração da Província Borborema. A aplicação do conceito modelo de terrenos para a Província da Borborema foi inicialmente proposto por Davison (1987) para a Faixa Sergipana, no Domínio Tectônico Sul. Posteriormente, Davidson & Santos (1989), chegaram à conclusão que não havia dados consistentes para a aplicação do modelo de terrenos na Faixa Sergipana. O modelo de terrenos foi posteriormente proposto por Santos (1995) ao qual foram introduzidas pequenas modificações posteriores por Santos & Medeiros, (1998,1999); Brito Neves *et al.*, (1995; 2000). Segundo o modelo proposto, a Província Borborema é o resultado de acreção ecolagem de terrenos em diversos eventos tectônicos. Durante o primeiro evento ocorrido durante o Paleoproterozóico (2.4 -2.0 Ga), conhecido na literatura como orogênese Transamazônica e mais recentemente como Orogênese Riaciana (Brito Neves & Santos, 2006) ocorreu a colagem dos núcleos Arqueanos pré-existentes e extensiva produção crustal; um segundo evento, o Ciclo Cariris Velhos, ocorrido durante a transição Mesoproterozóico-Neoproterozóico Inferior (1,10 -0,93 Ga), foi marcado pela amalgamação de diversos blocos decorrentes da fragmentação do supercontinente gerado no Paleoproterozóico (Riaciano/Orosiriano). Esse evento é indicado pela presença de xistos grauváquicos e metavulcânicas constituintes das sequências supracrustais Neoproterozoicas da Faixa de Dobramentos Pajeú-Paraíba (Brito Neves & Sato, 2001) e metagranitóides com assinaturas geoquímicas de arco magmático (Santos, 1995; Brito Neves *et al.*, 2000; Brito Neves, *et al.*, 2002). Dentro desse contexto, embasamento e supracrustais compreenderiam terrenos distintos.

Durante o Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, convergência e colagem de blocos decorrentes

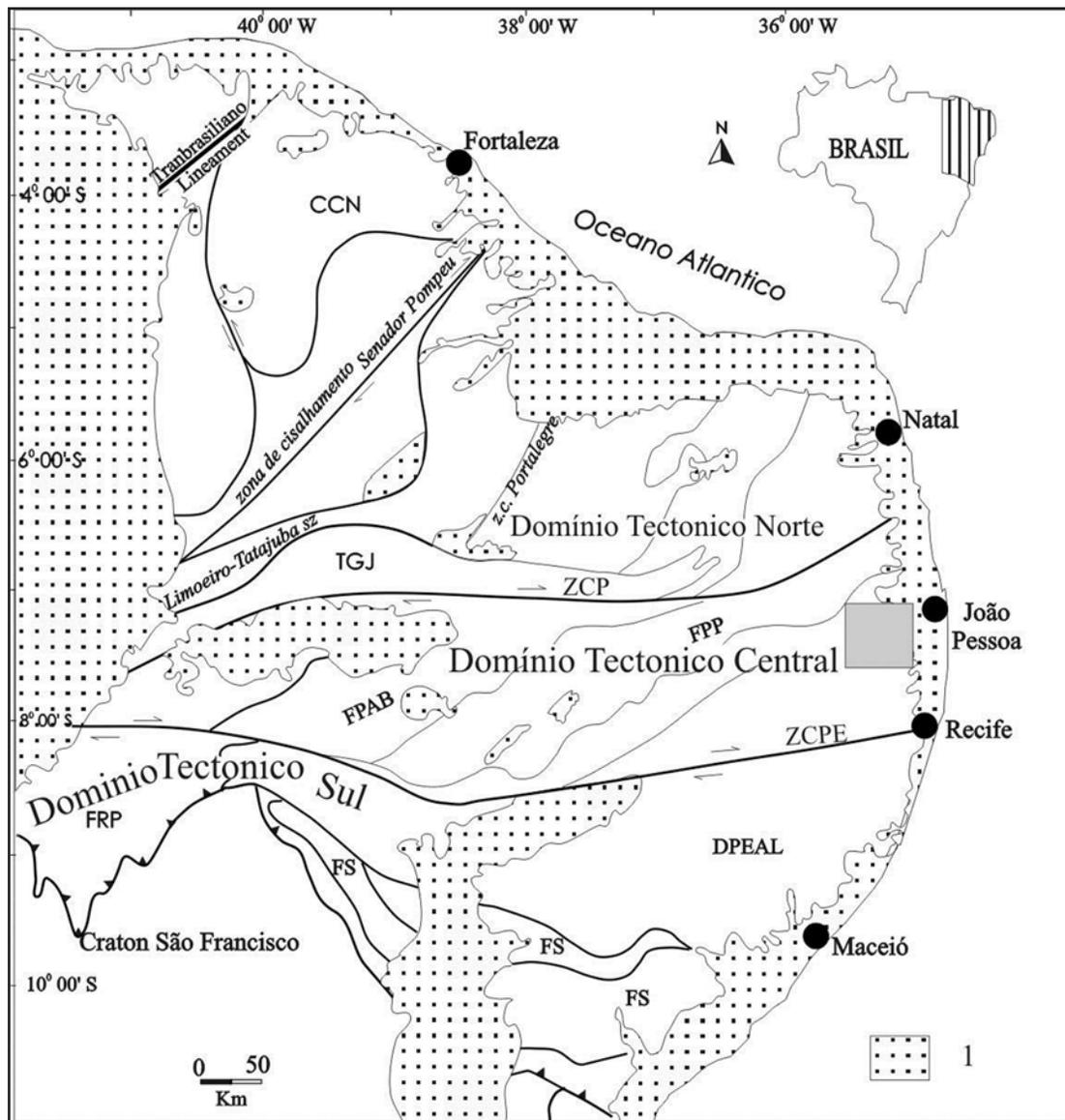


Figura 2.1 – Mapa simplificado da Província Borborema mostrando os domínios tectônicos propostos por Van Schmus et al. (1995); e a localização Geotectônica da folha Sapé (quadrado cinza). 1 = Coberturas Paleozóicas. ZCPE = zona de cisalhamento Pernambuco e ZCP = zona de cisalhamento Patos. FS= Faixa Sergipana; FRP = Faixa Riacho do Pontal; DPEAL = Domínio Pernambuco – Alagoas; FPP = Faixa Pajeú-Paraíba; FPAB = Faixa Piancó – Alto Brígida; TGJ = Terreno Granjeiro.

da fragmentação ocorrida no final do Ciclo Cariris Velhos, foram responsáveis pela formação de extensas cinturões colisionais na Província Borborema, a porção centro-oeste do Gondwana Ocidental (Santos, 1995; Santos et al., 2000). Segundo o modelo proposto, a Faixa Pajeú – Paraíba de Brito Neves et al. (1983) compreenderia 02 terrenos: O Terreno Alto Pajeú (TAP) e o Terreno Alto Moxotó (TAM). Santos & Medeiros (1998 e 1999) propuseram a designação de Terreno Rio Capibaribe para a região do Maciço Pernambuco – Alagoas (Brito Neves, 1983) a Norte da Zona de Cisalhamento Pernambuco. Posteriormente, os maciços medianos e faixas dobradas de Brito Neves (1983) foram referidas com terrenos por Santos et al. (2000).

Os trabalhos de Mariano et al., (2001); Neves et al., (2000); Neves & Mariano (1997); Neves (2003) e Guimarães et al. (2004) contestam

o modelo de terrenos, e admitem que no final do Paleoproterozóico a Província Borborema já consistia um único bloco com características cratônicas. Segundo esses autores, assimilaridades geoquímicas e isotópicas da maioria dos granitóides Neoproterozóicos situados em diversos setores da Província Borborema, caracterizados por um componente mantélico enriquecido durante o Paleoproterozóico, não permitem a identificação de diferentes terrenos, e consideram que os granitóides relacionados ao Ciclo Cariris Velhos, possuem assinaturas geoquímicas de ambiente de rift continental (Guimarães et al., 2012). As associações supracrustais Neoproterozóicas depositadas em ambientes platformais e epicontinentais sugerem, segundo Neves (2003) que a Orogênese Brasileira se processou em um ambiente intracontinental.

Considerando que a Província Borborema teria sido submetida a pelo menos um evento orogênico, seria esperada a presença de remanescentes litológicos representativos do ambiente de subducção.

Na Faixa de Dobramentos Pajeú-Paraíba foi identificado um *trend* de rochas metamáficas, com aproximadamente 180 km de extensão, metamorfisadas em condições de alto grau, com direções gerais NE-SW a E-W associadas a anomalias gravimétricas positivo-negativas (Costa *et al.*, 1980; Beurlen, 1988) tendo o seu extremo oeste no município de Floresta, verificando-se a ocorrência das mesmas nos municípios de Custódia, Camalaú, Queimadas, Itatuba, Salgado de São Félix e Itabaiana. Dados de metamorfismo e litogeoquímica de duas ocorrências dessas metamáficas, situadas nos municípios de Floresta e Itatuba, indicam que essas rochas consistem em toleitos oceânicos de arco de ilhas, sendo interpretadas como os remanescentes de uma zona de sutura (Beurlen *et al.*, 1992; Almeida *et al.*, 1997). Alguns autores, baseados em correlações estruturais, têm recorrido a essas ocorrências para marcar os registros de subducção do Ciclo Cariris Velhos (Medeiros & Torres, 1999; Santos & Medeiros, 1999) ou Brasileiro (Bittar, 1999).

As unidades litológicas encaixantes das rochas ultramáficas incluem ortogneisses granodioríticos porfiríticos e ortogneisses bandados laminados, todos migmatizados durante o evento Brasileiro (Brito Neves *et al.*, 2001).

Os sedimentos Cretáceos na Folha Sapé pertencem a Sub-bacia de Alhandra (Mabessone e Alheiros, 1988; Barbosa *et al.*, 2003; Souza, 2006), a qual constitui a parte sul-sudeste da Bacia Paraíba estando situada entre as sub-bacias de Miriri (Norte) e Olinda (sul), sendo limitada a norte pela falha de Mamanguape e a sul pelo Alto de Goiana. Os sedimentos expostos na Folha Sapé, pertencem a Sub-bacia de Alhandra (Barbosa *et al.*, 2003; Souza, 2006), a qual constitui a parte sul-sudeste da Bacia Paraíba estando situada entre as sub-bacias de Miriri (Norte) e Olinda (sul). Segundo Jardim de Sá *et al.* (2004), a evolução da Sub-bacia Alhandra está associada ao colapso gravitacional da margem continental.

A Bacia Paraíba é classificada como uma bacia de margem continental passiva ou do tipo Atlântica (Asmus & Porto, 1972) pertencendo a Província Costeira a qual se assenta sobre a Província Borborema (Almeida *et al.*, 1977). Sua origem e evolução se encontram ligada à separação dos continentes sul-americano e africano. A sua estratigrafia é relativamente simples (Souza, 2006) apresentando uma seqüência clástica inferior constituída pelas

Formações Beberibe e Itamaracá; uma seqüência carbonática constituída pelas Formações Gramame e Maria Farinha e, uma seqüência clástica superior, a Formação Barreiras e os sedimentos cenozóicos.

As unidades mapeadas na Bacia Paraíba incluíram exposições da Formação Beberibe e raras ocorrências da Formação Itamaracá. Estas formações correspondem a seqüência transgressiva superior de idade Turoniano superior a Maastrichtiano superior da Superseqüência Drifte de Córdoba *et al.* (2007). Apesar da Curva Global de Variação Eustática do Nível do Mar (Haq *et al.*, 1988) mostrar uma tendência regressiva a partir do Turoniano superior, na Bacia Paraíba o padrão fortemente transgressivo provavelmente se manteve até o Campaniano superior, culminando em um pico máximo expresso por um nível fosfático, Formação Itamaracá (Córdoba *et al.*, 2007).

Estas formações encontram-se parcialmente recobertas por depósitos elúvios – colúvios, de possível idade Quaternária (Brito Neves *et al.*, 2005), constituídos de areias inconsolidadas, grossas a médias, com conglomerados angulosos na base. Estes sedimentos recobrem parcialmente o embasamento e compreendem também o preenchimento do Graben de Cariatá (Bezerra *et al.*, 2008).

## 2.2 - COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DA FOLHA SAPÉ

A Folha Sapé compreende cerca de 20% de rochas sedimentares da Bacia Paraíba e 80% de rochas cristalinas. Se encontra geotectonicamente inserida no Domínio Central (Figura. 2.1). É cortada por extensas zonas de cisalhamentos sendo as mais importantes: Congo, Timbaúba, Itambé e Camutanga.

A zona de cisalhamento Congo tem cinemática sinistral direção ENE vergando para a direção NNE na sua porção mais a leste. Esta zona de cisalhamento coincide com o alto magnético observado na imagem *Aeromagnetométrica*. Esta zona de cisalhamento é interpretada como a reativação de uma sutura Paleoproterozoica e, marca na Folha Sapé o contato entre os ortogneisses do Complexo Floresta (PP2fl) a norte e, os paragneisses do Complexo Sertânia (PP3se) ao sul.

A zona de cisalhamento Cruzeiro do Nordeste, com direção aproximada E-W e cinemática dextral, corta a folha na sua porção sul, limitando a norte o complexo intrusivo Timbaúba.

As zonas de cisalhamentos Itambé e Camutanga cortam a folha Sapé na porção sudeste, com direção NE-SW e cinemática sinistral.



## 3 – ESTRATIGRAFIA

### 3.1 - PALEOPROTEROZÓICO

#### 3.1.1 - Complexo Floresta (PP1fl)

O Complexo Floresta foi definido por Lima et al. (1985), para caracterizar litologias bastante variadas. O Complexo Floresta, como definido em sua área tipo no Município de Floresta-PE, é caracterizado por rochas metamplutônicas anfibólicas ou anfibólio-biotíticas, de composição predominantemente quartzodiorítica e tonalítica, contendo intercalações (*sills* e diques deformados) de rochas metamáficas anfibolíticas, metamplutônicas de composição intermediária a básica e suítes metamáficas e metultramáficas intrusivas mineralizadas em Fe-Ti ou talco. Segundo Gava & Lima (1988) o episódio “Transamazônico” (Paleoproterozóico) gerou um bandamento metamórfico dobrado com padrões isoclinais e recumbentes.

Santos (1995) definiu uma idade concórdia U-Pb em zircão de 2,11 Ga para ortognaisses tonalíticos da região de Floresta e, uma idade modelo TDM Sm-Nd de 2,38 Ga.

Esta unidade se encontra bem representada na porção centro oeste da Folha Sapé, a norte do Rio Paraíba. O seu contato sul segue uma anomalia magnética bem visível na imagem aeromagnetométrica, ver imagem no encarte do mapa geológico, o qual coincide com a ocorrência de bolsões de rochas ultramáficas. Compreende ortognaisses de composição predominantemente granodiorítica, tonalítica a diorítica, migmatizados (Figura 3.1 A), com composições graníticas subordinadas. Mostram coloração variando do cinza claro a escuro, granulação média e bandamento composicional bem definido, com bandas de quartzo e feldspato alternadas com bandas ricas em biotita

e anfibólio (Figura. 3.1 B). Associados a estas litologias ocorrem corpos anfibolíticos descontínuos (Figura. 3.2; 3.3) sendo muitas vezes maciços, alguns constituindo pequenas elevações ao norte do Rio Paraíba (Figura. 3.3 -norte da sede do município de Salgado de São Felix). Cumulados ígneos, ocorrem como lentes e *pod*s dentro de migmatitos de composição granodiorítica, na região de Salgado de São Félix (PB). Estes cumulados são compostos por clinopiroxênios e granada (Figura. 3.4), sugerindo que os mesmos possuem uma composição ultramáfica.

Uma pequena lente de ferro (Figura. 3.5) foi observada em corte de estrada, próximo a cidade de Itabaiana (PB). Estas lentes eram referidas na literatura como pertencentes ao Complexo Sertânia (Santos et al., 2002). Entretanto, os trabalhos de campo mostraram que as mesmas estão inseridas nos ortognaisses do Complexo Floresta.

Cortando os ortognaisses do Complexo Floresta, ocorrem leucogranitos ricos em magnetita (Figura 3.6A,B). As relações de campo sugerem que este granitos estão associados a um evento de migmatização possivelmente de idade Ediacarana, devido à ausência de deformação mais penetrativa nestes granitóides e ocorrência de enclaves de ortognaisses migmatizados nos granitóides (Figura. 3.6A).

Almeida et al. (2009) dividiram as rochas metamáficas em 04 fácies petrográficas: granada-piroxenitos, anfibolitos bandados, anfibolitos maciços e piroxenitos, que passam gradativamente uma para outra. Os granada piroxenitos exibem coloração verde escura a levemente castanha, de acordo com a percentagem modal de granada, granulação média a fina, podendo exibir estrutura maciça ou bandada incipiente. Ocorrem como nódulos ou *pod*s dentro dos anfibolitos e ortognaisses. A mineralogia inclui granada, clinopiroxênio, ortopiroxênio,

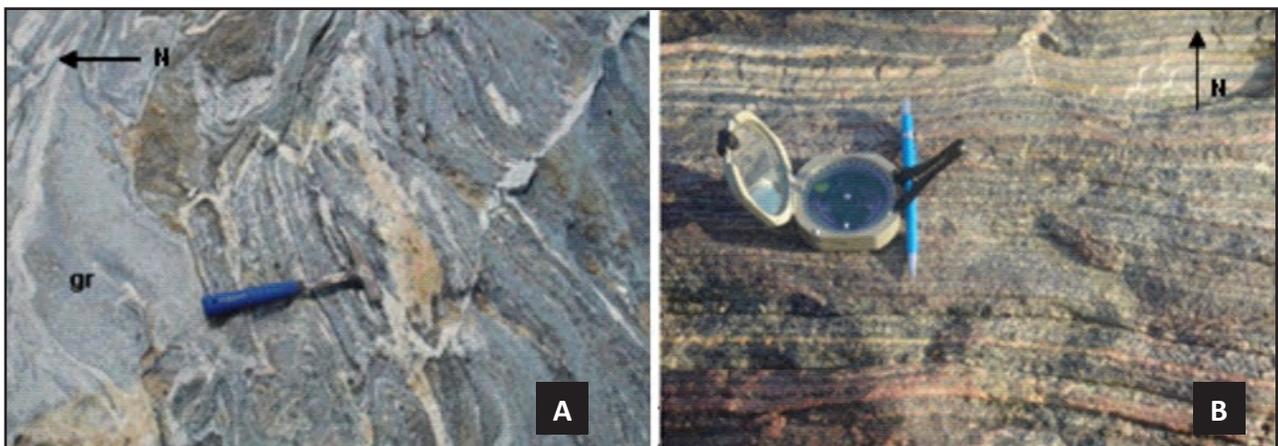


Figura 3.1 – Ortognaisse de composição granodiorítica migmatizado (a) e ortognaisse bandado de composição granítica (b) do Complexo Floresta.

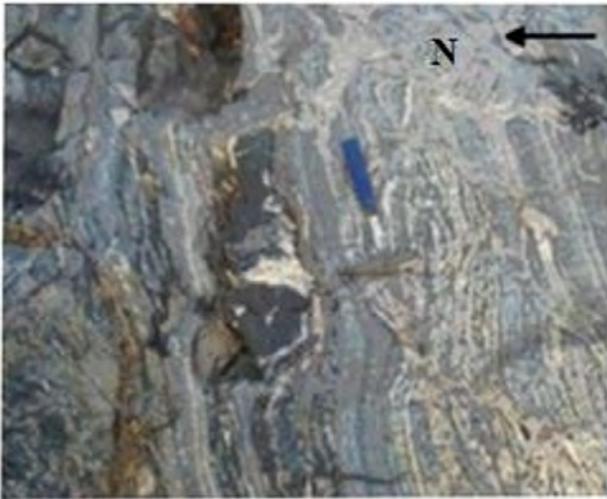


Figura 3.2 – Ortognaisses do Complexo Floresta de composição granodiorítica, migmatizado, com bolsão de anfibolito.



Figura 3.3 – Lentes de anfibolitos migmatizados, formando pequenas elevações na margem norte do rio Paraíba, próximo a sede do município de Salgado de São Felix.



Figura 3.4 – Pods de granada piroxenito (GrPx) nos ortognaisses do Complexo Floresta (PP1fl). Afloramento na margem do Rio Paraíba em Salgado de São Felix (PB).



Figura 3.5 – Lente de minério Fe-Ti boudinada, no Complexo Floresta (PP1fl). Afloramento em corte de estrada próximo a sede do município de Itabaiana (PB).

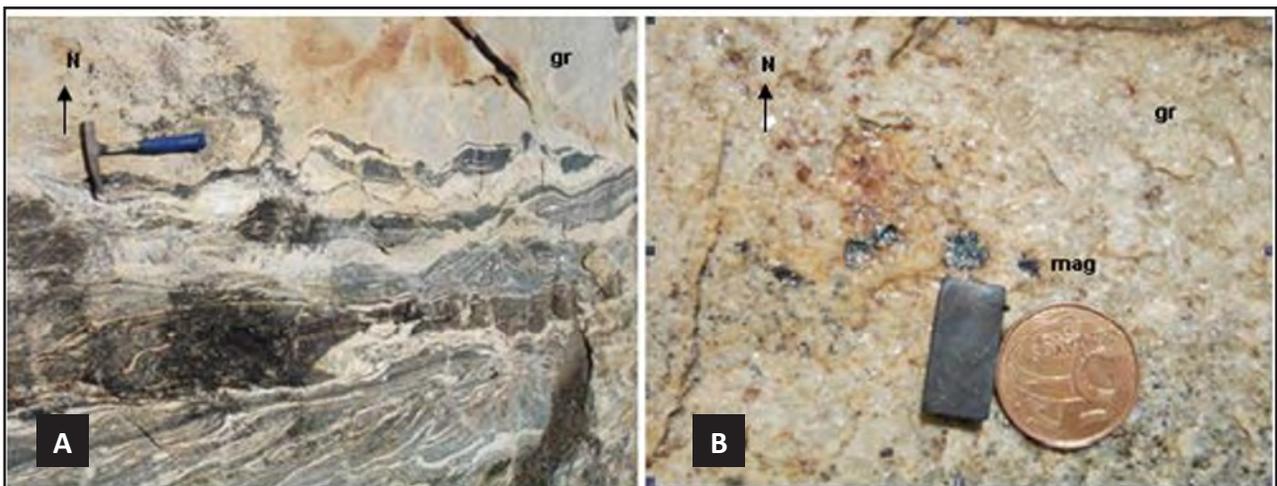


Figura 3.6(A) – Ortognaisse do Complexo Floresta de composição granodiorítica migmatizado em contato com o granito rico em magnetita (B).

anfibólio, opacos e quartzo. Os minerais secundários são plagioclásio, calcita e clorita. As granadas ocorrem frequentemente como cristais subeuédricos a anédricos, envoltas por coroas simplectíticas de anfibólio e plagioclásio. Granadas envoltas por clinopiroxênio são frequentemente observadas mostrando bordos substituídos por anfibólio, preservando ainda contatos retos, sugerindo que granada e clinopiroxênio constituem os prováveis remanescentes de uma fase metamórfica mais antiga. As granadas e piroxênios mostram comumente bordos de clorita, evidenciando retrometamorfismo em condições do fácies xisto verde (Figura. 3.7c).

Os clinopiroxênios podem ocorrer formando textura de equilíbrio com granada e ortopiroxênio constituindo assembleias estáveis no fácies granulito (Figura. 3.7b). Esta última associação é comumente envolta por coroas de ortopiroxênio, que por sua vez desestabiliza-se para formar anfibólio e plagioclásio. Clinopiroxênio pode ocorrer como cristais reliquiares formando textura de equilíbrio com a granada, inclusos em uma matriz constituída por plagioclásio,

ou constituindo texturas coroníticas, nas quais os clinopiroxênios ocorrem envoltos por simplectitas de ortopiroxênio + plagioclásio. As simplectitas evoluem para aglomerados neocristalizados de anfibólio + plagioclásio. Verifica-se com a progressão das reações metamórficas o desaparecimento gradativo da granada, a qual é consumida na formação de anfibólio e plagioclásio, restando clinopiroxênio em condições metaestáveis já na presença de anfibólio e plagioclásio em equilíbrio. O plagioclásio pode ocorrer incluso na granada, provavelmente, relictos da fase ígnea; em equilíbrio com a granada e clinopiroxênio, ou como mineral tardio.

As relações texturais observadas indicam uma transição das condições de fácies granulito de alta P para fácies granulito de baixa P, evoluindo para condições de fácies anfibolito, a partir de associações pretéritas em equilíbrio sob condições de fácies eclogito, marcada pelo desaparecimento gradual de granada e clinopiroxênio que se desestabilizam para formar anfibólio+plagioclásio. Diante dessas evidências, os granada-piroxenitos podem ser caracterizados como retroeclogitos.

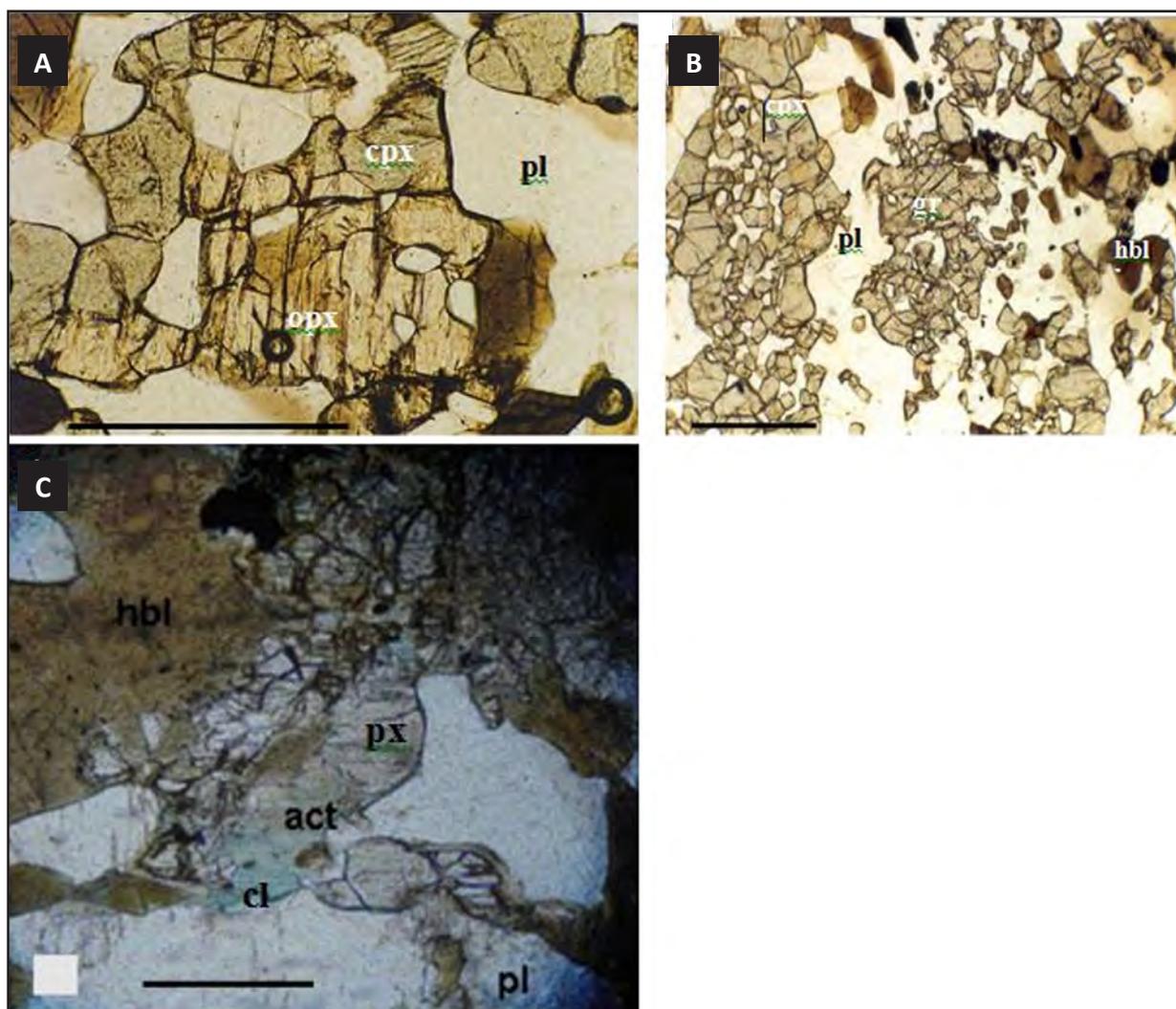


Figura 3.7 – Fotomicrografias (a e b) mostrando as relações minerais associadas ao fácies granulito, nos granada piroxenitos. pl – plagioclásio; cpx – clinopiroxênio; opx – ortopiroxênio; gr – granada; hbl – hornblenda. c) Retrometarmorfismo na fácies xisto verde com substituição de piroxênio (px) e hornblenda (hbl) por actinolita (act) e clorita (cl). Barra = 0,9 mm. Local: Fazenda Mendonça (Itabaiana-PB).

Os anfibolitos bandados têm como minerais essenciais hornblenda, plagioclásio, clinopiroxênio, e quartzo. Apresentam um bandamento composicional definido por níveis submilimétricos constituídos essencialmente por anfibólio/clinopiroxênio intercalados por níveis ricos em plagioclásio. A hornblenda apresenta coloração verde-amarronzada (indício de cristalização em alta temperatura) e, localmente, constitui aglomerados monominerálicos. Altera para tremolita, epidoto, calcita e clorita, atingindo o fácies xisto verde.

Nos anfibolitos maciços ocorrem nódulos preservados de piroxenitos constituídos por clinopiroxênio e anfibólio, com fases acessórias abrangendo plagioclásio, ortopiroxênio, titanita e minerais opacos. Exibem textura granoblástica definida por clinopiroxênio, anfibólio e ortopiroxênio cristalizados em equilíbrio. O plagioclásio ocorre como cristais milimétricos nos interstícios deixados pelos minerais essenciais. A titanita formada às expensas dos minerais opacos, forma aglomerados. Clorita, calcita e talco ocorrem como produtos de alteração de clinopiroxênio e anfibólio indicando retrogressão para o fácies xisto verde.

As granadas envoltas por coroas simplectíticas e aquelas em equilíbrio com clinopiroxênio e plagioclásio ( $\pm$  ortopiroxênio) são geralmente ricas em almandina (56-72 % mol) com teores razoáveis de grossulária (18.5-23.5 % mol) e piropo (7-20 % mol). São levemente zonadas, mostrando decréscimo em Ca e Mg e, aumento em Fe e Mn do núcleo para a borda. Decréscimo nos teores de Fe do núcleo para a borda também pode ser observado. Apesar das relações texturais ainda serem típicas do fácies granulito, os teores extremamente elevados em almandina são compatíveis com metamorfismo sob condições de fácies anfibolito.

As feições observadas nas rochas metamáficas estudadas podem ser resumidas em:

Uma fase granulítica marcada pelas simplectitas de clinopiroxênio e anfibólio, e localizadamente, assembleias granada+plagioclásio+clinopiroxênio em equilíbrio. Estas texturas sugerem retrometamorfismo de fácies eclogito.

Uma fase anfibolítica marcada pela substituição das assembleias anteriormente descritas por anfibólio e plagioclásio, que inicialmente ocorre de forma gradual até a formação de corpos totalmente anfibolitizados. Essa transição é marcada pela presença de anfibólio bordejando o clinopiroxênio, evoluindo para as simplectitas de anfibólio+plagioclásio até a recristalização total para anfibólio e plagioclásio.

Fase xisto verde (Figura 3.7c) marcada pela substituição de clinopiroxênio e anfibólio por clorita, actinolita e calcita e talco.

### 3.1.2 - Complexo Cabaceiras (PP2cb)

O Complexo Cabaceiras foi descrito inicialmente por Caldasso (1968) como Grupo Cabaceiras, o qual

corresponde ao Complexo Camalaú-Cabaceiras de Brito Neves (1983) e, Maciço Boqueirão de Ferreira & Santos (2002).

Na Folha Sapé foi identificada e mapeada a norte do Complexo Floresta uma unidade constituída de anfibólio, biotita ortognaisses bandados, laminados, localmente migmatizados, de composição variando de granodiorítica a granítica, com intercalações dioríticas e anfibolíticas (Figura 3.8a-c). Esta unidade, Complexo Cabaceiras, foi diferenciada do Complexo Floresta pela ausência de rochas ultramáficas e lentes de Fe. O contato com o Complexo Floresta foi inferido.

### 3.1.3 - Ortognaisses e Migmatitos Fazenda Salvador (PP2ys)

Esta unidade foi definida por Santos et al. (2008) para designar augen gnaisses grossos a muito grossos de composição granítica-granodiorítica, aflorantes na Fazenda Salvador na Folha Campina Grande (SB-25-Y-C-I), intrudidos em ortognaisses do Complexo Cabaceiras. Na Folha Sapé esta unidade ocorre formando as Serras da Mandioca, Serra da Sinhá, Serra da Viola além de outros pequenos corpos intrudidos próximo à sede do município de Mogeiro (PB), na porção centro oeste da folha. São predominantemente augen gnaisses (Figura 3.10), podendo localmente ocorrer biotita gnaisses bandados, migmatizados intrudidos nos complexos Floresta e Cabaceiras. Feições magmáticas como enclaves máficos de composição diorítica são frequentemente observados.

Na Serra da Madioca a migmatização foi mais intensa, não sendo mais possível se observar feições magmáticas.

Várias fases de injeção de diques (Figura 3.10a) são observadas, principalmente próximo a sede do Município de Cajá – PB ao longo da BR-230, desde os mais precoces, com belos exemplos de coexistência de magmas ácidos, até os tardios, com contatos nítidos entre os tipos litológicos. Estes diques cortam as foliações  $S_1$  e  $S_2$  (brasilianas), sugerindo uma idade brasileira para os mesmos. São granitos leucocráticos, tipo Dona Inês, não podendo ser individualizados na área dos ortognaisses.

### 3.1.4 - Sequências Supracrustais

#### 3.1.4.1- Complexo Sertânia - (PP2se)

O complexo Sertânia foi originalmente definido por Santos (1977) como Sequência Sertânia e posteriormente conceituado como Complexo por Veiga Junior & Ferreira (1990) e Wanderley (1990). Segundo Santos et al. (1997), o Complexo Sertânia constitui a unidade supracrustal do Terreno Alto Moxotó, de natureza predominantemente plataformal.

Na área tipo, situada no município de Sertânia – PE, o Complexo Sertânia constitui uma sequência

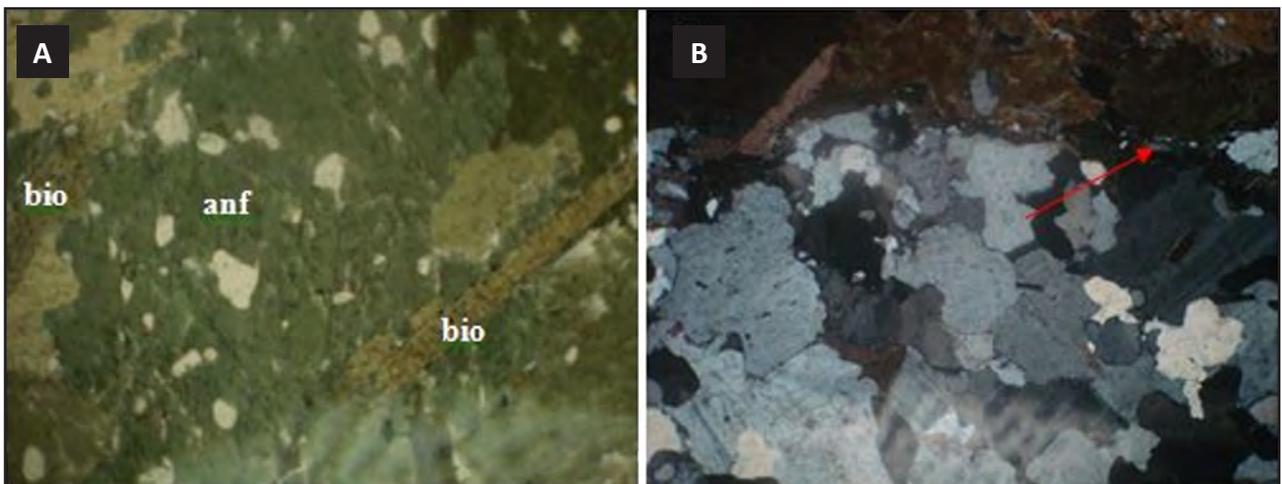




Figura 3.10 – Aspectos de campo dos ortognaisses Fazenda Salvador (PP2ys). a) dique de leucogranito cortando foliação Brasileira, b) ortognaisses com foliação s-c indicando cinemática destal, próximo a Serra da Viola. c) Augen gnaisses de composição granítica intercalados com ganisses finos de composição granodiorítica na Serra da Mandioca. d) Dique de leucogranito brasileiro, contendo enclave do ortogneisse Fazenda Salvador (seta vermelha). Observa-se intercalações anfíbolíticas (I) no ortogneisse Fazenda Salvador.

metassedimentar com zircões bem formados a pouco arredondados os quais sugerem sedimentos pouco transportados (Santos et al., 2004), com pequena contribuição metavulcânica, de composição andesítica e dacítica, metamorfisada na fácies anfíbolito alto (Santos et al., 2004). Compreende essencialmente granada, biotita gnaisses, com intercalações de mármore, xisto vulcanoclástico e algum quartzito, rocha calcissilicática e anfíbolito.

Dados geoquímicos apresentados por Neves e Alcantara (2010) mostram que os metassedimentos do Complexo Sertânia possuem assinaturas geoquímicas semelhantes a dos ortognaisses do embasamento, sugerindo que os ortognaisses constituem uma importante fonte dos metassedimentos do Complexo Sertânia.

Na Folha Sapé o Complexo Sertânia constitui uma sequência metassedimentar, predominantemente semi-pelítica, monótona, bastante migmatizada (Figura. 3.11). Ocorre como uma faixa dobrada orientada aproximadamente nas direções E-W e N-S, sendo limitada a norte e a oeste pelos ortognaisses paleoproterozóicos do Complexo Floresta. Compreende granada, muscovita, biotita ± fibrolita gnaisses, bandados, com raras intercalações anfíbolíticas. A

granada pode localmente constituir cerca de 20% da moda nos paragnaisses migmatizados (Figura 3.12 a,b). Formam cristais geralmente ovalados, fraturados e poiquiloblásticos, às vezes formando agregados com até 4 cm de comprimento (Figura. 3.13). Fibrolita ocorre localmente (Figura. 3.13).

A mineralogia observada evidencia que o metamorfismo atingiu condições de alta temperatura da fácies anfíbolito. *Sheets* de metagranitóides peraluminosos, ricos em muscovita, são frequentemente observados (Figura. 3.11 A e B).

## 3.2 - NEOPROTEROZÓICO

### 3.2.1.1 - Complexo São Caetano (NP1sca)

O Complexo São Caetano foi definido por Santos (1971) para designar uma sequência de paragnaisses claros micáceos parcialmente migmatizado e frequentemente injetado por granitóides, metamorfisada em condições de fácies anfíbolito médio. Santos et al. (1994) obtiveram uma idade U-Pb em zircão de 1089 Ma em metatufos do Complexo São Caetano. Esta idade foi interpretada

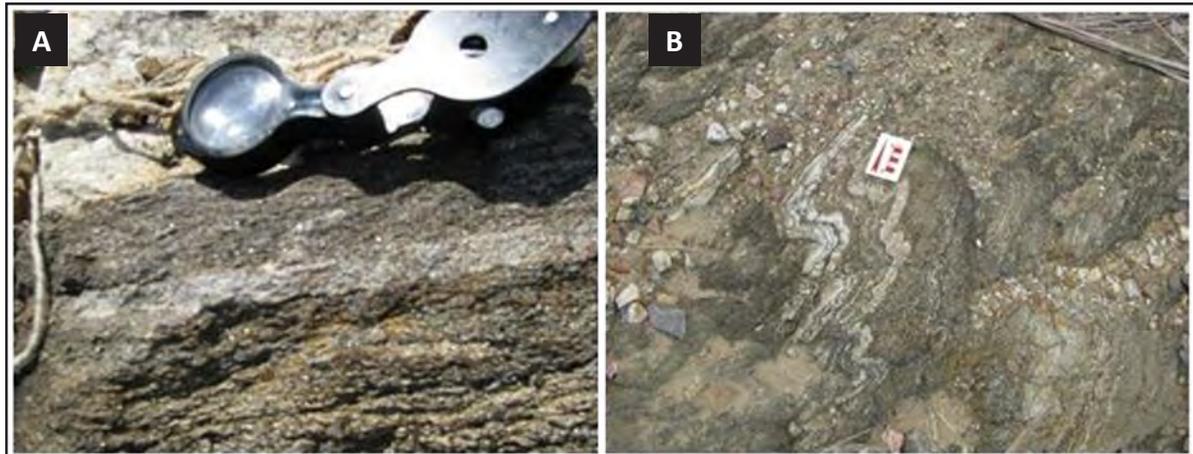


Figura 3.11 – Aspectos de campo do Complexo Sertânia. a) Paragnaisse rico em granada e muscovita, cortado por sheets de granitos peraluminosos, localmente bastante dobrados (b) em  $D_3$ .

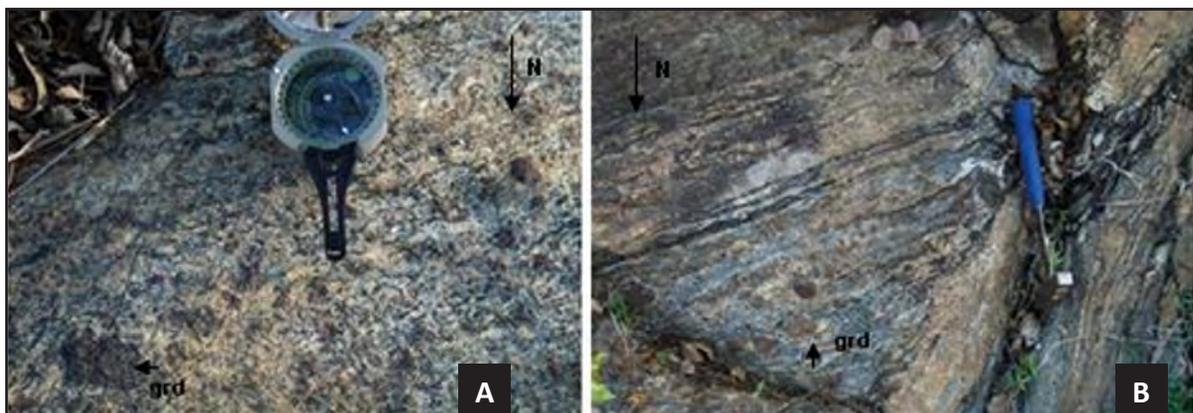


Figura 3.12 – Paragnaises migmatizados do Complexo Sertânia mostrando grandes concentrações de granada (grd)

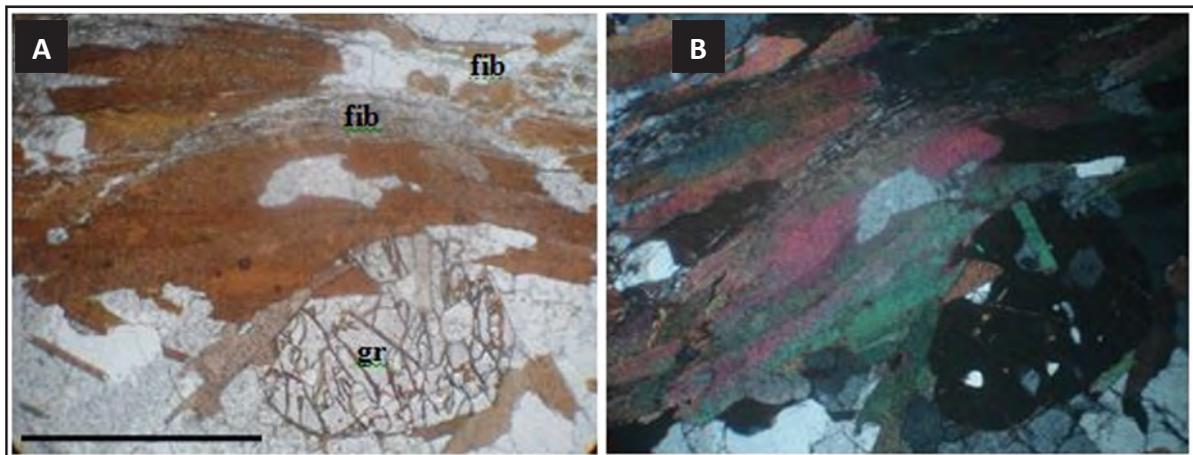


Figura 3.13 – Paragnaises do Complexo Sertânia. Massa de fibrolita (fib) e granada poiquiloblástica bastante fraturada (gr). a) Nicóis paralelos e b) nicóis cruzados. Barra = 1,1 mm

como sendo a idade de sedimentação. Medeiros (2004) considerou o Complexo São Caetano como parte do Complexo Riacho Gravatá. Dados U-Pb em zircão por SHRIMP (Guimarães et al., 2012) mostram que o Complexo Riacho Gravatá tem idade de deposição associada ao evento Cariris Velhos e o Complexo São Caetano é mais jovem possivelmente de idade Brasiliana.

Uma seqüência metassedimentar constituída de granada, muscovita, biotita gnaisses, mostrando

bandamento composicional, com alternância de níveis quartzo feldspáticos com níveis micáceos granatíferos e intercalações de quartzitos e anfibolitos (Figura. 3.14), ocorre em uma área restrita na porção noroeste da Folha Sapé, norte da cidade de Mulungu – PB. Esta seqüência tem sido correlacionada ao Complexo São Caetano (Gomes, 2001), descrito na literatura como sendo de idade Toniana. Entretanto, Fernandes (1997) inseriu estes metassedimentos em uma faixa designada de “Faixa Mulungu”.

Petrograficamente compreendem biotita paragneisses ricos em plagioclásio (metagrauvascas – Figura. 15b) contendo porfiroblastos de granada bastante fraturados. A biotita mostra pleocrísimo variando de castanho amarelado a vermelho escuro, sugerindo metamorfismo em condições de temperatura do fácies anfibolito alto.

### 3.2.2 - Suíte Intrusiva metagranitóides Cariris Velhos (NP1ycv)

Os metagranitóides Cariris Velhos são biotita augen gnaisses graníticos por vezes bandados com



Figura 3.14 – Aspectos de campo dos metassedimentos do Complexo São Caetano, na zona urbana de Mulungu (PB). Níveis anfibolíticos indicados pela seta vermelha.

anfibólios, associados a fusão de fontes crustais. Mostram idades de cristalização U-Pb convencionais (TIMS) variando de 960 a 925 Ma (Brito Neves et al., 2001; Kozuch, 2003). Segundo Brito Neves et al. (2001), estes ortogneisses formam um cinturão com cerca de 700 km de extensão que se estende desde a linha de costa (leste) até a Faixa Riacho do Pontal (sudoeste).

Na Folha Sapé, esta suíte ocorre de forma restrita na porção norte da folha, sendo intrudida pelos granitóides da Suíte Intrusiva Itaporanga. São augen gnaisses grossos, de composição variando de sienogranito a monzogranito, geralmente crenulados (Figura 3.16). Feldspato potássico (microclina e microclina perítica) e plagioclásio ocorrem como porfiroclastos mostrando bordos corroídos por mirmequita (Figura 3.17b). Biotita ocorre como palhetas subédricos mostrando pleocrísimo variando de amarelo amarronzado a preto, evidenciando enriquecimento na molécula de annita. Em algumas amostras ocorre substituição de biotita por clorita (Figura 3.17c), evidenciando retrometamorfismo no fácies xisto verde. Granada (Figura 3.17a) ocorre localmente em concentrações modais inferiores a 1%. Allanita e titanita ocorrem como cristais variando de subédricos a anédricos (Figura 3.17 c) podendo juntos constituir até 3% da moda.

Datação destes ortogneisses na Folha Guarabira (SB.25-Y-A-V) à norte, pelo método U-Pb convencional (TIMS) em zircão forneceu idade de  $925 \pm 10$  Ma (Brito Neves et al., 2001).

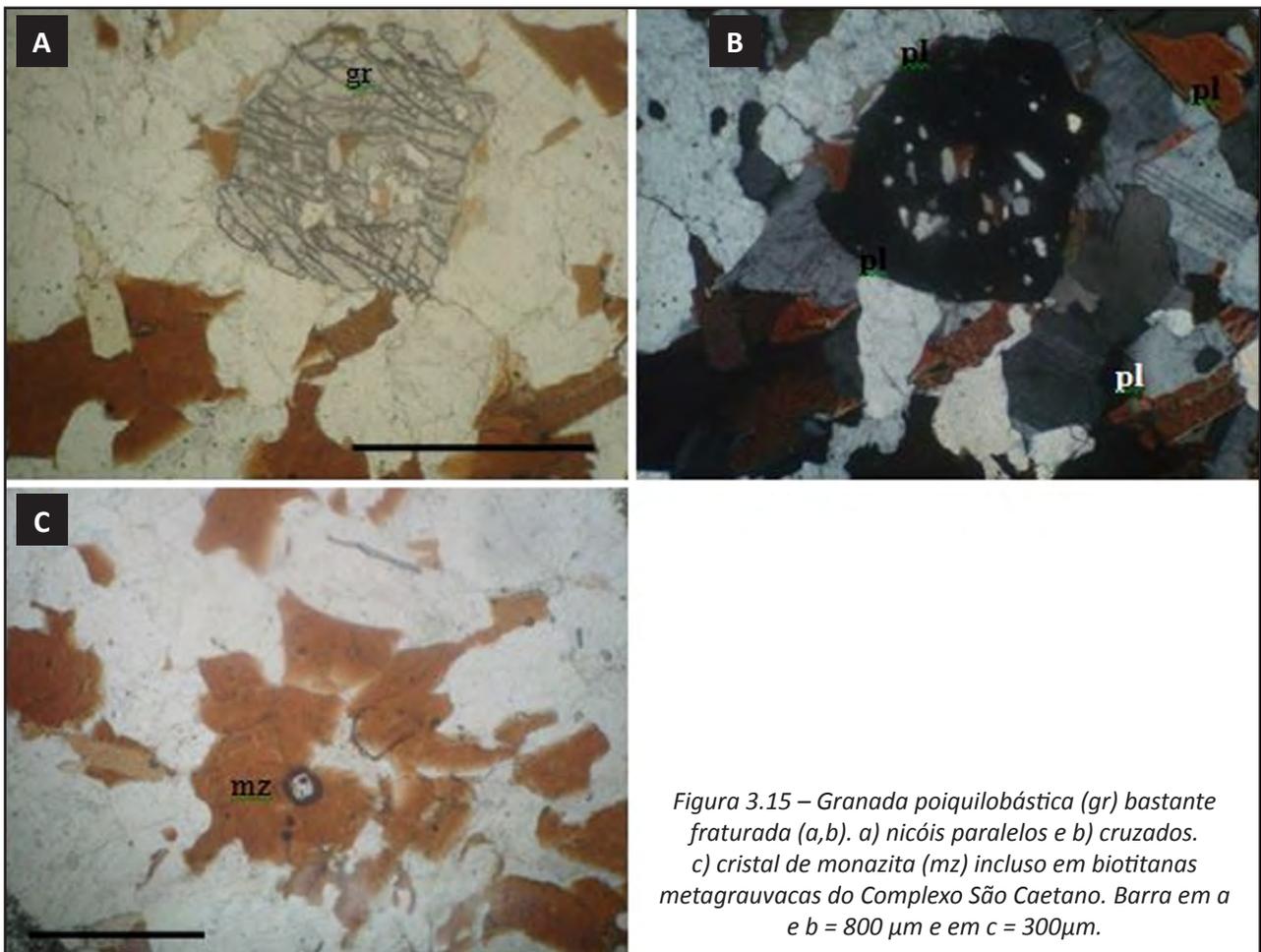


Figura 3.15 – Granada poiquilobástica (gr) bastante fraturada (a,b). a) nicóis paralelos e b) cruzados. c) cristal de monazita (mz) incluído em biotitanas metagrauvascas do Complexo São Caetano. Barra em a e b =  $800 \mu\text{m}$  e em c =  $300 \mu\text{m}$ .

### 3.2.3 - Complexo Surubim - Caroolina(NP23sc)

Os complexos Sertânia e Surubim - Caroolina em suas áreas tipo mostram litologias muito semelhantes, exceto pela presença de um horizonte basal de quartzito no Complexo Surubim -Caroolina e migmatização intensa no Complexo Sertânia (Santos *et al.*, 2002). Neves e Alcantara (2010) e Neves *et al.* (2006, 2008, 2009) correlacionaram o Complexo Sertânia ao Complexo Surubim - Caroolina e definiram idade neoproterozoica para ambos.



Figura 3.16 – Aspectos de campo dos ortognaisses Cariris Velhos na Folha Sapé.

O Complexo Surubim - Caroolina corresponde ao Complexo Surubim descrito por Melo e Siqueira (1970), cuja área tipo se encontra nas cercanias de Surubim - PE. Compreende uma sequência tipo QPC, com quartzitos na base e ausência de magmatismo contraccional Brasileiro.

Os dados isotópicos de Santos *et al.* (2004) mostram que o Complexo Sertânia tem idade de deposição paleoproterozoica e o Complexo Surubim-Caroolina tem idade de deposição mais jovem que 665 Ma (Neves *et al.*, 2006) e 642 Ma (Neves *et al.*, 2009). Os dados isotópicos de C e Sr (Santos *et al.*, 2002) mostraram idades similares para os mármore dos complexos Surubim ( $887 \pm 20$  Ma) e Sertânia ( $822 \pm 130$  Ma). Estes dados sugerem que os mármore não podem estar compreendidos no Complexo Sertânia, uma vez que o mesmo tem idade de deposição paleoproterozoica. A menos que uma idade mais jovem (brasileira) venha a ser determinada para o Complexo Sertânia, os mármore estudados por Santos *et al.* (2002) devem estar inseridos em metassedimentos do Complexo Surubim.

Na Folha Sapé uma sequência metassedimentar anteriormente mapeada como Complexo Sertânia, a qual compreende paragnaisses localmente migmatizados, lentes de mármore que se estendem descontinuamente por mais de 5 km com espessura máxima de 70 m e quartzitos, sendo caracterizada pela ausência de *sheets* de granitóides peraluminosos, foi neste trabalho correlacionada ao Complexo Surubim- Caroolina. Esta



Figura 3.17 – Fotomicrografias dos ortognaisses Cariris Velhos. a) - Cristais anedricos de granada (gr). b) Porfiroclasto de microclina (mc) mostrando bordos corroído por mirmequitas (mir); c) Porfiroclastos de alanita (all) e cristais anedrais de titanita (tit) constituindo cerca de 3% da moda e clorita (cl) substituindo biotita.

seqüência compreende petrograficamente gnaisses ricos em plagioclásio (metagravacas) com intercalações de rochas quartzo feldspática, quartzitos (Figura.3.18) e mármore. Os mármore mostram granulação grossa a média (Figura. 3.19 a,b) tendo como minerais acessórios grafite e flogopita. Mármore mais impuros ocorrem principalmente na area urbana do distrito de Quebec (PE), sendo ricos em minerais calcissilicáticos como epidoto, diopsídio e tremolita – actinolita. Níveis calcissilicáticos são observados próximos a Fazenda Alagamar (PB).



Figura 3.18 – Intercalações quartzo feldspáticas (setas) em granada biotita gnaisse do Complexo Surubim – Carolina.

### 3.2.4 - Magmatismo Brasileiro

#### 3.2.4.1 - Suíte Intrusiva Conceição - (NP3γ2c)

A intrusão Ediacarana de maior expressão aflorante na Folha Sapé é o Complexo Timbaúba. Compreende granodioritos, granitos, enclaves de dioritos (Figura. 3.20b) e anfibolitos alguns parcialmente fundidos. Hornblenda e biotita são as fases máficas principais. Esfeno ocorre como cristais bem desenvolvidos, podendo chegar a 1,5 cm de comprimento nas porções migmatizadas. Epidoto magmático é uma feição comum nestes granitóides. A presença de epidoto magmático sugere cristalização em condições de pressões acima de 6,0 Kbar (Zen & Hammarstrom, 1984). Mostra deformação em condições de alta temperatura (Figura. 3.20a), com uma foliação de baixo ângulo truncada por foliação de alto angulo. As relações de campo sugerem tratar-se de intrusão sin- a tardi- migmatização. A porção mais a nordeste encontra-se intensamente deformada no estado sólido.

No Complexo Timbaúba bolsões com até 5,0 cm de quartzo são observados localmente. Bolsões de quartzo constituem uma feição comum aos granitos tipo Conceição, mapeados em outras áreas dos domínios tectônicos Central e Sul. Estes granitóides foram intrudidos tardi evento de deformação  $D_2$ .

Dique com cerca de 30m de espessura e 100 m de comprimento, de sienito cinza escuro, porfirítico com fenocristais de K-feldspatos (microclina peritítica) escuros, de cor marrom avermelhada em uma matriz de cor cinza escuro esverdeada, granulação média (Figura 3.21), foi observado próximo a Timbaúba (PE) cortando os granodioritos do complexo Timbaúba. Este sienito é possivelmente correlacionável com a

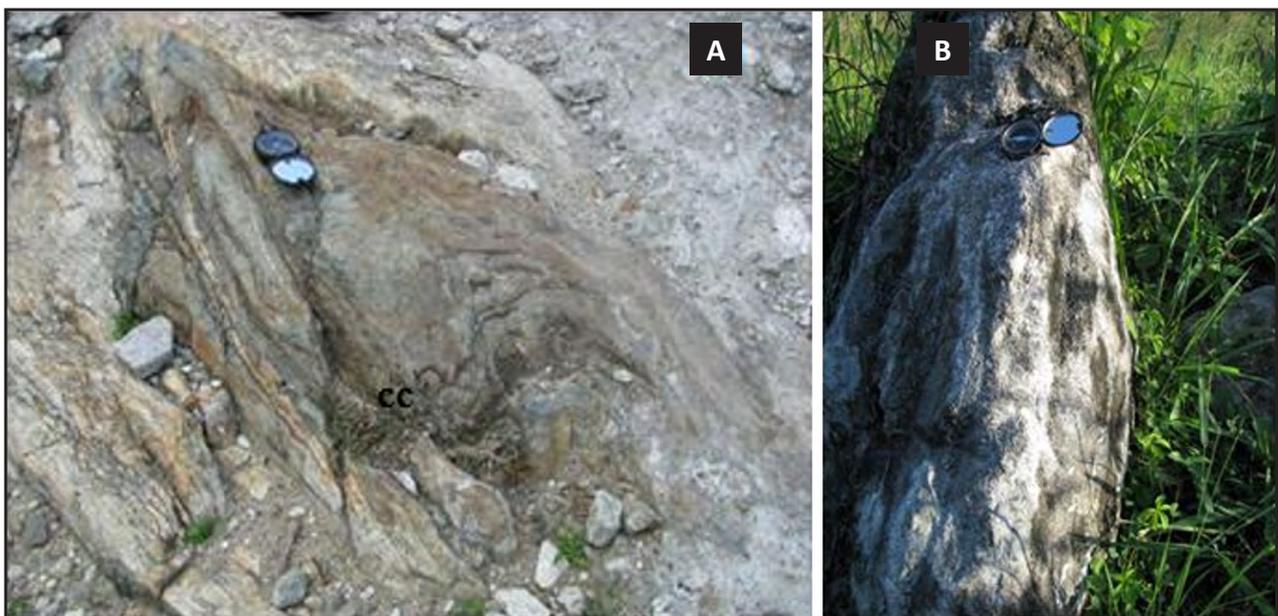


Figura 3.19 – Aspectos de campo dos metassedimentos do Complexo Surubim – Carolina. a) mármore e calcissilicáticas dobradas (cc) em Quebec-PE; b) lente de mármore aflorantes ao longo da estrada carroçável que liga Quebec a Fazenda Alagamar.

intrusão do Complexo Bom Jardim mapeado na Folha Surubim (SC.25-Y-C-IV), com idade de cristalização, U-Pb em zircão (TIMS) de 592 Ma (Guimarães et al., 2004).

### 3.2.4.2 - Suíte Intrusiva Dona Inês (NP3y2di)

Esta suíte é representada por várias intrusões pequenas e inúmeros diques com espessuras variando de 5 cm a 70 cm e comprimentos não superiores a 20 m, possivelmente resultante de processos de fusão

das encaixantes. Estes granitóides ocorrem como intrusões nos ortognaisses do Complexo Floresta/Cabaceiras, nos metassedimentos do Complexo Sertânia nos ortognaisses Fazenda Salvador.

As intrusões mais expressivas ocorrem na porção leste da folha cortando o Complexo Sertânia, constituindo plútons pequenos, designado de Plúton Itambé, e mais outros 05 pequenos plútons sem designação, mostrando os contatos parcialmente recobertos pelos sedimentos dos depósitos colúvio-eluviais.



Figura 3.20 – Aspectos de campo do Complexo Timbaúba. a) Granodioritos mostrando enclaves máficos alongados e processos de fusão parcial, sugerindo intrusão sin a tardi migmatização. b) Enclaves de dioritos (d) anfibolitos (A) parcialmente fundidos durante migmatização.

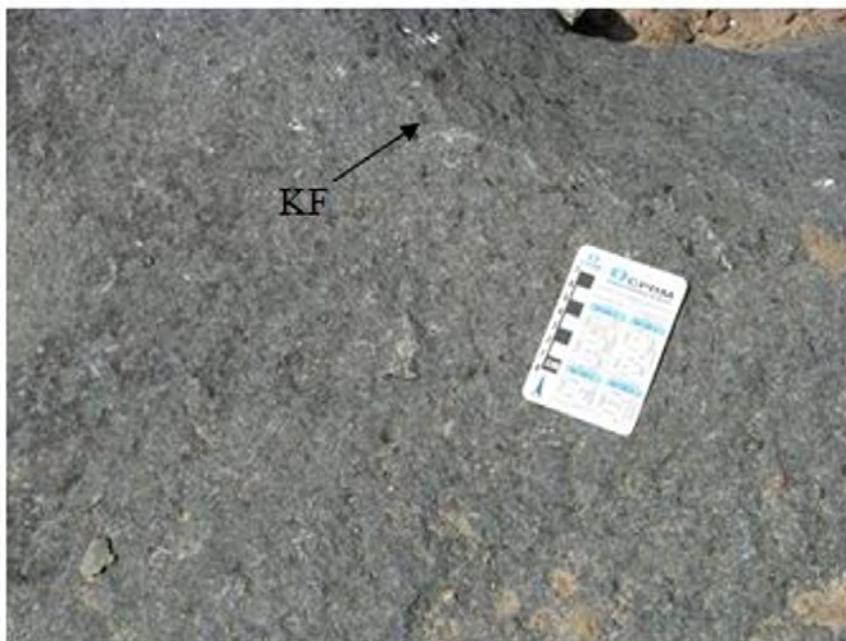


Figura 3.21 – Dique de sienito que corta o Complexo Timbaúba, mostrando fenocristais de K-feldspatos marrons (KF).

São granitóides leucocráticos (Figura 3.22b) de granulação média e cores variando de rosa a cinza, geralmente incluindo xenólitos das rochas encaixantes (Figura 3.22a). O mineral máfico observado é a biotita que ocorre constituindo menos de 10% da moda.

Os pequenos plútons que cortam o Complexo Sertânia mostram composição biotita sienogranitos, são equigranulares de granulação média a grossa, com grande número de pequenos (10 cm em média) enclaves dioríticos e surmicáceos (Figura. 23 a,b). O Plúton Itambé é o que apresenta a maior área exposta na Folha Sapé. Encontra-se bem fraturado (Figura. 23 c), com um sistema de fratura de direção aproximada E-W. Estrias com caimento vertical ocorrem sendo cortadas por estrias com ângulos em torno de 50° - 60°, sugerindo que este corpo foi afetado por mais de evento de tectônica rúptil.

### 3.2.4.3 - Suíte intrusiva Itaporanga (NP3γ2it)

Esta suite em sua area típica é caracterizada por granitos grossos com megacristais de K-feldspatos brancos. Equivalem aos granitóides do Grupo 2 de Guimarães et al., (2004). Na Folha Sapé esta suite é restrita a porção norte da folha. São sienogranitos a monzogranitos porfiríticos grossos, englobando enclaves de dioritos (Figura 3.24). Constituem parte do Plúton Lourenço, cuja area principal de exposição ocorre na Folha Guarabira à norte. Encontra-se intrudido nos ortognaisses Cariris Velhos.

Os granitóides do Plúton Lourenço mostram foliação magmática com *trend* NE-SE, definida pela orientação de feldspatos e anfibólios, além de enclaves alongados de composição quartzo diorítica, com comprimento variando de 0,2 a 5,0 m.

## 3.3 - MAGMATISMO CAMBRIANO

### 3.3.1 - Diques de basalto (b)

Diques de basaltos ocorrem preenchendo fraturas em varias unidades da Folha Sapé. Entretanto,

a maior concentração de diques aflorantes é observada ao longo do Rio Paraíba, entre Itabaiana (PB) e Salgado de São Felix (PB), nos ortognaisses do Complexo Floresta (Figura 3.25) e nos metassedimentos do Complexo Sertânia. Em alguns pontos da Folha Sapé blocos soltos de basaltos foram observados. Entretanto, estes diques não puderam ser cartografados devido não ser possível definir as direções dos mesmos. Na região compreendida entre Itabaiana e Salgado de São Felix diques de basaltos se encontram orientados em duas direções: NW-SE, com espessuras variando de 20 cm a 1 m, e diques com direção N-S e com até 15 cm de espessura. Os diques de direção NW-SE compreendem olivina basalto e diabásio enquanto os diques com direção N-S compreendem basaltos, mostrando esporadicamente fenocristais de olivina. Mostram textura sub-ofítica (Figura 3.26), com cristais de olivina incluindo esporadicamente cristais de plagioclásio. Titano augita ocorre como cristais prismáticos alongados (Figura 3.26) sugerindo resfriamento rápido.

Datação baseada no método Ar-Ar definiu uma idade de cristalização de 525 Ma para estes diques, intrudidos em ortognaisses do Complexo Floresta próximo a sede do município de Salgado de São Felix-PB (Trindade et al., 2006). Esta idade é interpretada por Trindade et al. (2006) como sendo a idade da consolidação do continente Gondwana.

## 3.4 - CRETÁCEO

### 3.4.1 - Bacia Paraíba

Os sedimentos da Bacia Paraíba, Sub-bacia Alhandra, na Folha Sapé se encontram parcialmente recobertos por depósitos colúvio – eluviais.

Dados de resistividade elétrica obtidos com utilização de quadripolo AMNB linear simétrico de Schlumberger (Feitosa, 1976), associados aos dados de campo em uma area compreendida entre a Fazenda Garapu (município de Alhandra, PB- Folha João Pessoa) e o Rio Mamuaba (Folha Sapé) permitiu

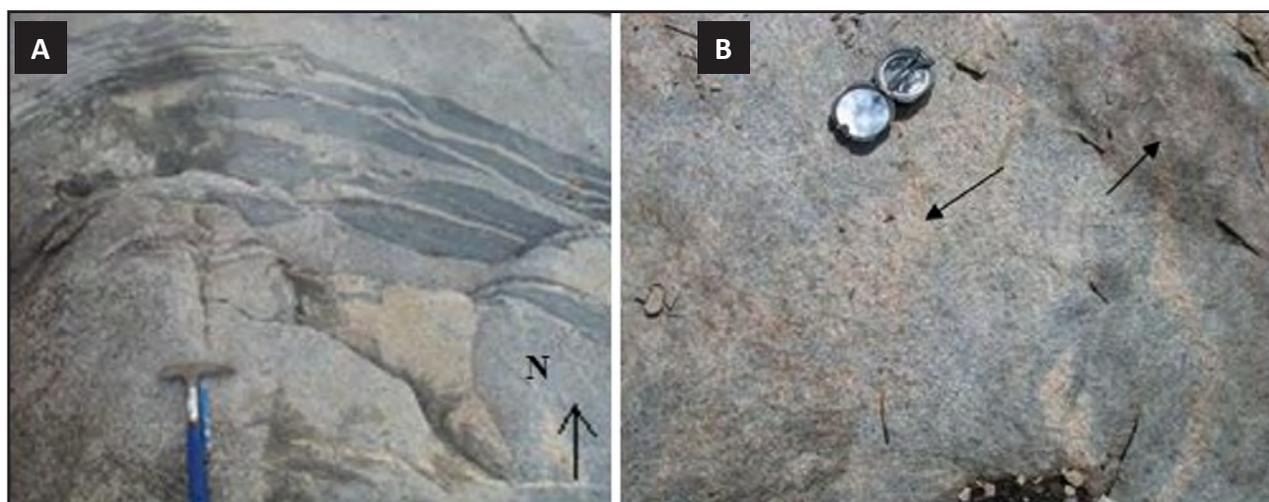


Figura 3.22 – Aspecto dos leucogranitos da suíte Dona Inês mostrando enclaves dos ortognaisses encaixantes (A) e, pequenos restitos de biotita (seta em B).

a individualização de 04 diferentes compartimentos resultantes de tectônica vertical com *trend* de direção NNE-SSW (Figura 3.27). Todos os arenitos aflorantes entre o Alto Gramame e o Alto Mumuaba foram definidos por Feitosa (1976) como pertencentes à Formação Beberibe.

Brito Neves et al. (2009) utilizando dados de poços tubulares para água subterrânea, perfis de campo, e perfil geofísico (eletrorresistividade) aproximadamente longitudinal, entre Itambé - PE até a BR-230 PB, ao qual foram acrescentadas os dados geofísicos de Feitosa(1976), comprovaram



Figura 3.23 – Aspecto de campo do granito do plúton Itambé. a) e b) Presença de enclaves máficos angulosos a arredondados (seta branca) e enclaves surmicáceos (seta vermelha). c) Falhas tardias de rejeito direcional, deslocando diques de aplitos.



Figura 3.24 – Aspecto de campo dos granitóides tipo Itaporanga na Folha Sapé. Enclave diorítico mostrando bordos crenulados, incluso nos granitos porfíricos do Plúton Lourenço.



Figura 3.25 – Dique de basalto (diabásio) com direção E-W, cortando ortognaisses do Complexo Floresta ao longo do Rio Paraíba, entre Itabaiana (PB) e Salgado de São Felix (PB).

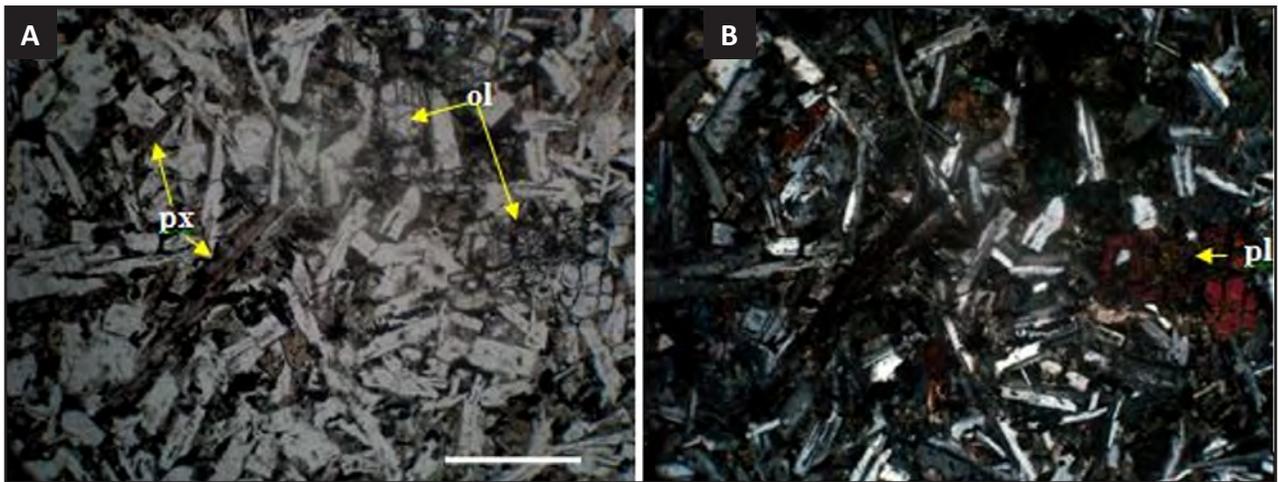


Figura 3.26 – Fotomicrografia mostrando textura sub-óptica, olivina (ol) com inclusão de plagioclásio e cristais prismaticos bem alongados de titano augita (px). a) Nicóis paralelos e b) nicóis cruzados. Barra = 200  $\mu$ m.

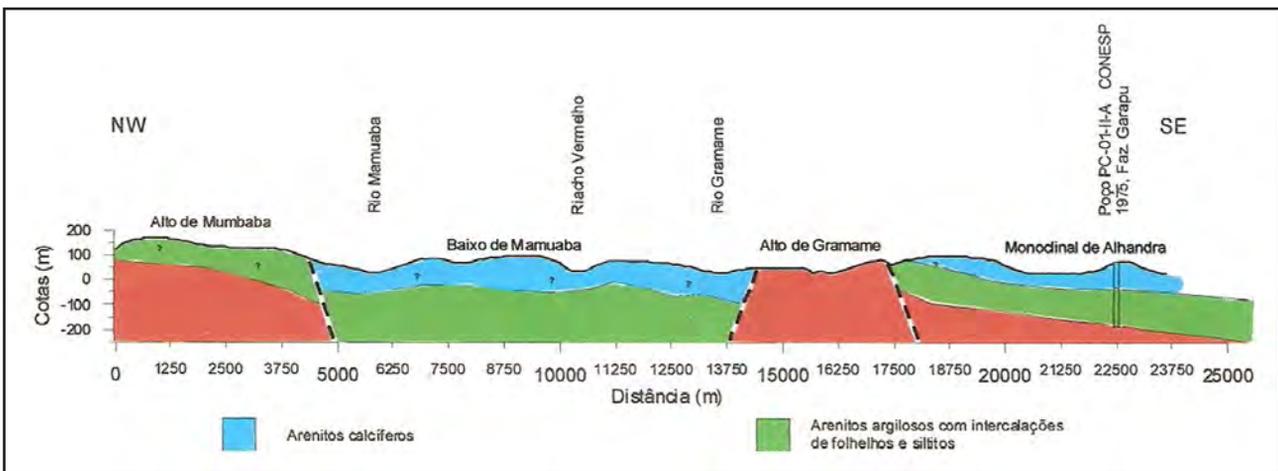


Figura 3.27 – Perfil geológico esquemático NW-SE exibindo a compartimentação da Sub-bacia Alhandra. Fonte Feitosa (1976).

os quatro compartimentos (NNE-SSW) identificados previamente por Feitosa (1976), resultantes de deslocamentos verticais, provavelmente posteriores ao Plioceno. Os compartimentos compreendem: 1) Alto Estrutural do alto curso do Rio Mamuaba (com exposições do embasamento cristalino); 2) graben do Rio Mamuaba (Formação Beberibe aflora extensivamente); 3) Alto Estrutural do Rio Gramame (zona de *horst*, com alguns afloramentos do embasamento, subjacente à formação Beberibe) e 4) Zona Estrutural do monocinal Alhandra-Guruji-Conde-Caaporã, a leste da BR-101, limitada na sua borda ocidental por uma linha de falha.

#### 3.4.1.1 - Formação Beberibe (K2be)

A Formação Beberibe compreende arenitos continentais, com granulometria variando de média a grossa, localmente conglomeráticos, depositados provavelmente a partir do Coniaciano – Santoniano (Beurlen, 1967; Muniz, 1993; Barbosa, 2004, 2007; Souza, 2006). A maior espessura da Formação Beberibe encontra-se na sub-bacia Olinda, onde forma duas grandes cunhas obliquas em relação à margem, progredindo dos flancos para o centro da sub-bacia (Barbosa, 2007). Na sub-bacia Alhandra a deposição da

Formação Beberibe foi menos expressiva, ocorrendo acúmulos mais importantes nos depocentros das regiões de João Pessoa e Itamaracá, neste último atingindo 200 m de espessura (Barbosa, 2007).

Os arenitos da Formação Beberibe na Folha Sapé (Figura 3.28a) formam os tabuleiros no relevo da região e, se encontram depositados diretamente sobre o embasamento alterado e lateritizado. A relação entre o embasamento alterado e lateritizado, denominado de Unidade Pedo-estratigráfica Engenho Novo (UPEN) por Brito Neves et al., (2005), pode ser melhor observada no perfil PE-61 ao Engenho Meirim (PE). Os arenitos da Formação Beberibe geralmente se encontram recobertos por areia branca fina (N34c), as quais podem ter sido formadas a partir da alteração do arenito Beberibe. As melhores exposições dos arenitos da Formação Beberibe são observadas nos paredões próximos à cidade de Itambé (PE) (Figura 3.28a).

Na Folha Sapé, os arenitos da Formação Beberibe são brancos a muito brancos, com grânulos geralmente mal selecionados (Figura 3.28b). Quando lateritizados mostram cor variando de creme a creme avermelhada com grânulos de quartzo, contendo menos de 10% de argila. São arenitos no geral friáveis com passagem lateral para arenitos mais duros

com granulometria variando de média fina, mal selecionados, com níveis conglomeráticos na base. Níveis silíticos bastante fraturados, formando blocos angulosos foram observados em região próxima a Usina Giasa (Figura 28 c,d). Devido ao elevado grau de intemperismo na área, não é possível se observar estruturas sedimentares.

#### 3.4.1.2 - Formação Itamaracá (K2it)

A Formação Itamaracá foi proposta por Kegel (1955) para designar arenitos calcíferos transicionais da base da Formação Gramame. Através do estudo de testemunhos do projeto fosfato da CPRM, Barbosa *et al.* (2003) verificaram a presença de níveis silíticos e arenitos grossos de ambientes flúvio-lagunares a estuarinos, com moldes de moluscos marinhos e níveis argilosos, carbonáticos e fosfáticos ricos em bioclastos, já com forte influência marinha (Barbosa *et al.*, 2003). Esta mistura de ambiente marinho é interpretada como responsável pelo acúmulo de horizontes fosfáticos (Kegel, 1955; Tinoco, 1962; Muniz, 1993). A deposição de fosfato foi interpretada por Lima Filho & Souza (2001) como caracterizando um horizonte de redução na taxa de sedimentação no topo da Formação Itamaracá.

Kegel (1955) definiu o Membro Itamaracá na Formação Beberibe o qual correspondia a arenitos friáveis interdigitados com uma fácies marinha. Beurlen (1967) incorporou os calcarenitos da Formação Itamaracá à base da Formação Gramame.

Lima Filho & Souza (2001) propuseram a retomada da Formação Itamaracá como definida por Kegel (1955). A Formação Itamaracá foi então definida como arenitos calcíferos com uma camada rica em fosfato, interdigitada na unidade basal da Formação Beberibe.

A Formação Itamaracá tem ocorrência restrita na Folha Sapé. São arenitos médios contendo nódulos argilosos fosfáticos, já bastante intemperizados (Figura 3.29) foram mapeados na porção leste da Folha Sapé, nas proximidades da Fazenda Sal Amargo - PB. Devido a ocorrência de fosfatos estes arenitos foram cartografados como Formação Itamaracá. As ocorrências de fosfatos foram identificadas a partir da reação dos nódulos argilosos observados na Fazenda Sal Amargo com molibdato de amônia, as quais sugeriram a presença de fosfatos. Fragmentos argilosos também foram observados próximos a Usina GIASA. Estes fragmentos não mostraram reação com molibdato de amônia. Esta não reação

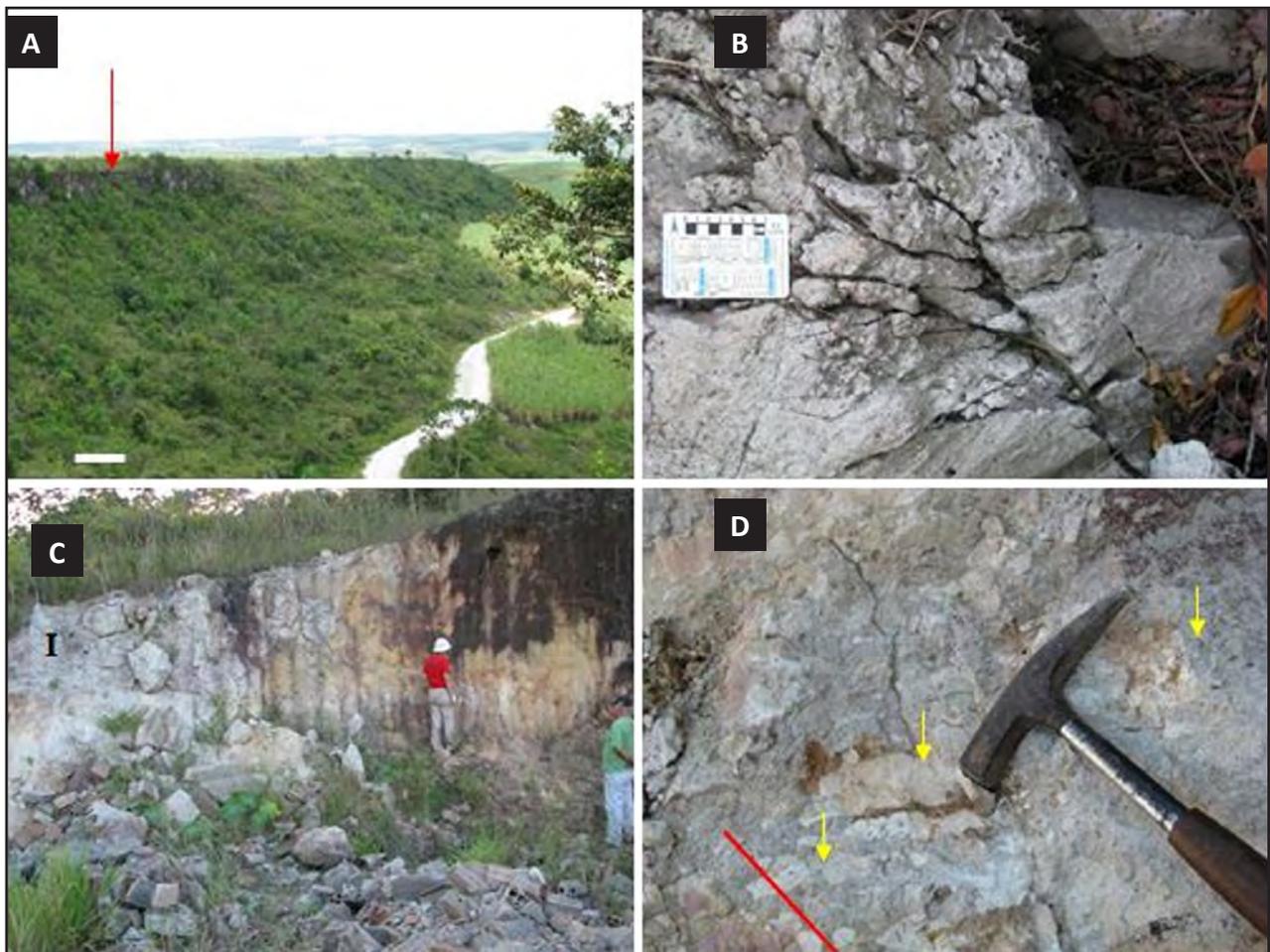


Figura 3.28 – a) Arenitos da Formação Beberibe nas escarpas dos tabuleiros, próximos a cidade de Itambé. Barra = 13m. b) Aspectos de campo do arenito Beberibe pouco alterado e bastante fraturado, mostrando cor branca grossa com grânulos de quartzo. c) Arenitos com níveis silíticos, próximos a sede da Usina Giasa, bastante fraturados, c) observar blocos angulosos (zoom em (I) na figura 3.28a) resultantes de tectônica rúptil tardia (traço vermelho).

pode ser devido a ausência de fosfato ou, lixiviação do fosfato devido a alteração da rocha. Entretanto, devido a ausência de fosfatos, os arenitos desta ocorrência foram cartografadas como pertencentes a Formação Beberibe.

### 3.5 - COBERTURAS CENOZÓICAS

#### 3.5.1 - Depósitos colúvio - eluviais(N34c)

Esta unidade encontra-se exposta em vários locais da Folha Sapé, capeando as rochas do embasamento alteradas e lateritizadas e os arenitos da Formação Beberibe, geralmente em cotas acima de 100 m. Segundo Bezerra et al. (2008) estes sedimentos compreendem o preenchimento sedimentar do Graben de Cariatá, na porção oeste da folha, a norte do Rio Paraíba. Uma idade Ar-Ar em basalto que capeia esta sucessão permitiu situar a sedimentação no final do Paleógeno a início do Neógeno (Brito Neves et al., 2005). Estes sedimentos podem representar o que Tatum et al. (2008) definiram como sedimentos Pós-Barreiras. Compreende um nível basal conglomerático, caracterizado pela presença de seixos de quartzo



Figura 3.29 – Arenitos médios a grossos com blocos sílticos angulosos (seta amarela) e nódulos fosfáticos (seta preta) já bastante alterados. Local Fazenda Sal Amargo - PB.

angulosos (Figura 3.30b), lamitos seixosos a arenosos recobertos por areias inconsolidadas brancas a creme, de granulação fina a média (Figura 3.30a,b,d). Em corte é possível observar em algumas áreas mais de um nível conglomerático (Figura 3.30d).

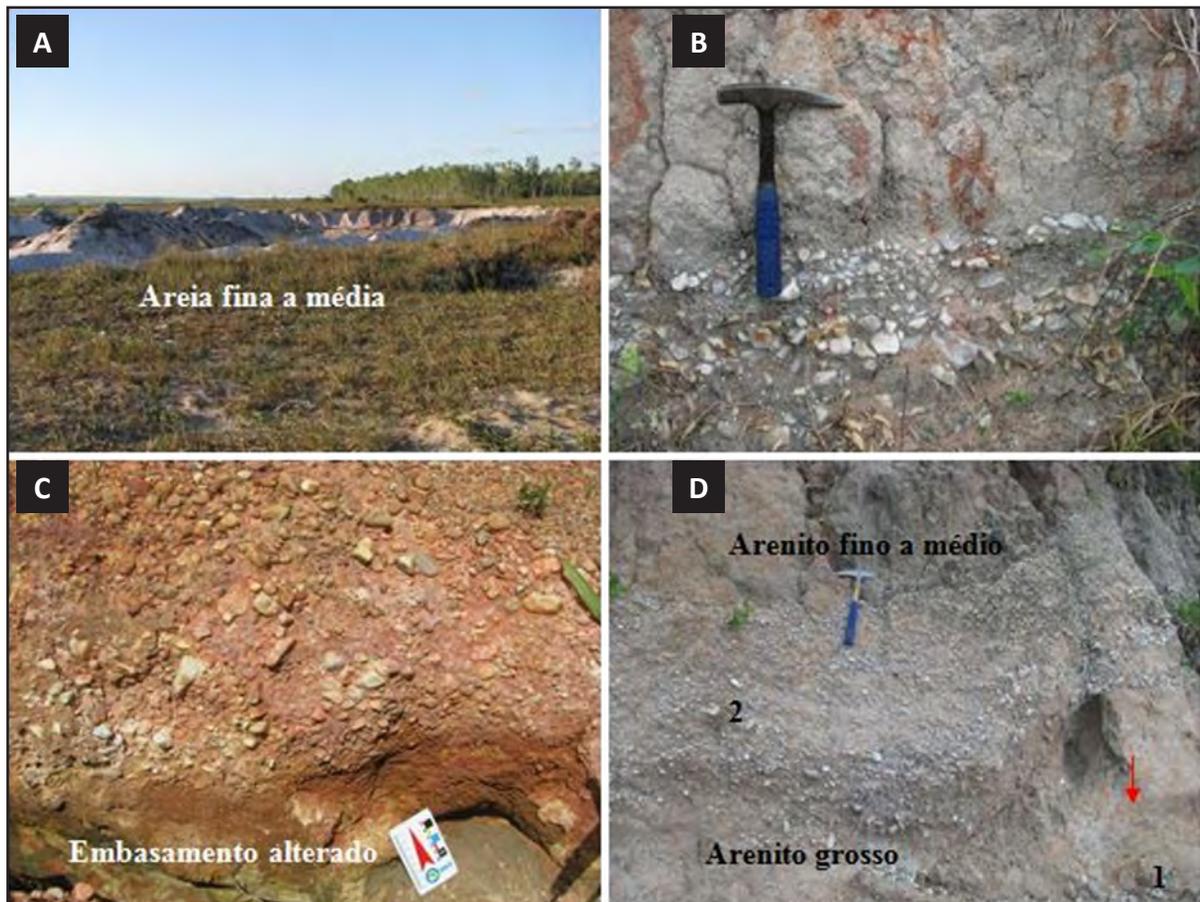


Figura 3.30 – Aspectos dos depósitos decolúvio – eluviais a) Areia inconsolidada explorada para produção de concreto próximo a torre da Embratel em Itambé (PE). b) Nível conglomerático com seixos angulosos recobrendo arenitos grossos próximos a Riachão do Poço (PB). c) Nível conglomerático basal depositado sobre embasamento alterado, na Faz. Sal Amargo (PB). d) 02 níveis conglomeráticos (1 e 2), observar seixos angulosos, separados por arenitos grossos com grânulos de quartzo (seta vermelha) em Vaca Morta (PE).

### 3. 5.2 - Depósitos Aluvionares - areias, silte e argila (N4a)

São representados principalmente pelos aluviões dos rios Paraíba e Mamanguape. Predominam areias grossas a médias, com as melhores exposições sendo observadas em Cruz do Espírito Santo (PB) e Pilar (PB). Em São Miguel de Taipú é possível observar um cascalho maciço com espessura de cerca de 3m, recoberto por areia grossa a muito grossa (Figura 3.31). Frações argilosas foram observadas a norte de Pilar-PB e, a norte de Cruz do Espírito Santo-PB.



*Figura 3.31 – Cascalho maciço próximo a sede do Município de São Miguel de Mipibú.*



## 4 – PETROLOGIA E LITOGEOQUÍMICA

Análises químicas de elementos maiores e traços foram realizadas por ICP-AES e ICP-MS no ACME Laboratories – Canadá. Todas as intrusões ígneas e ortognaisses foram analisados. Os resultados são mostrados na Tabela 1 em anexo.

### 4.1 - ROCHAS MÁFICAS E ULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO FLORESTA (PP2FL)

A química de rocha total para as rochas estudadas indicou uma composição basáltica para os granada piroxenitos e anfibolitos da região compreendida entre Itabaiana e Salgado de São Felix (Figura 4.1a).

No diagrama  $\text{SiO}_2$  versus total alcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) com os campos de Irvine & Baragar (1971) as rochas estudadas projetam-se no campo das rochas subalcalinas (Figura 4.1b). O caráter toleítico para os anfibolitos e granada piroxenitos é indicado no diagrama AFM (Irvine & Baragar 1971) mostrado na Figura 4.1c e no diagrama  $\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  (Figura 4.1d) com campos de Arndt *et al.* (1977). Os anfibolitos mostram uma maior variação no teor

de álcalis, projetando-se no campo de médio-K, o que sugere um caráter mais cálcio-alcálico para esse grupo e/ou remobilização dos álcalis durante metamorfismo.

Os diagramas de variação elementos maiores, Cr, Ni versus MgO sugerem composições distintas de granada piroxenitos e anfibolitos em relação aos teores de FeO,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , MgO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Cr e Ni (Figura 4.2).

Variações composicionais semelhantes são observadas nas rochas eclogíticas alpinas e foram interpretadas como reflexo da composição química/mineralógica e ambiência tectônica dos seus protólitos. Eclogitos ricos em Fe e Ti são interpretados como magmas basálticos toleíticos intrudidos em uma crosta oceânica em expansão (Bocchio & Mottana, 1975; Mottana *et al.* 1990; Cortesogno *et al.*, 1977; Droop *et al.*, 1990); enquanto os eclogitos ricos em Mg, Al, Cr e Ni foram originados de cumulos formados por cristalização fracionada de um magma básico envolvendo fracionamento de plagioclásio (Messiga *et al.*, 1983; Ernst, 1976; Droop *et al.*, 1990).

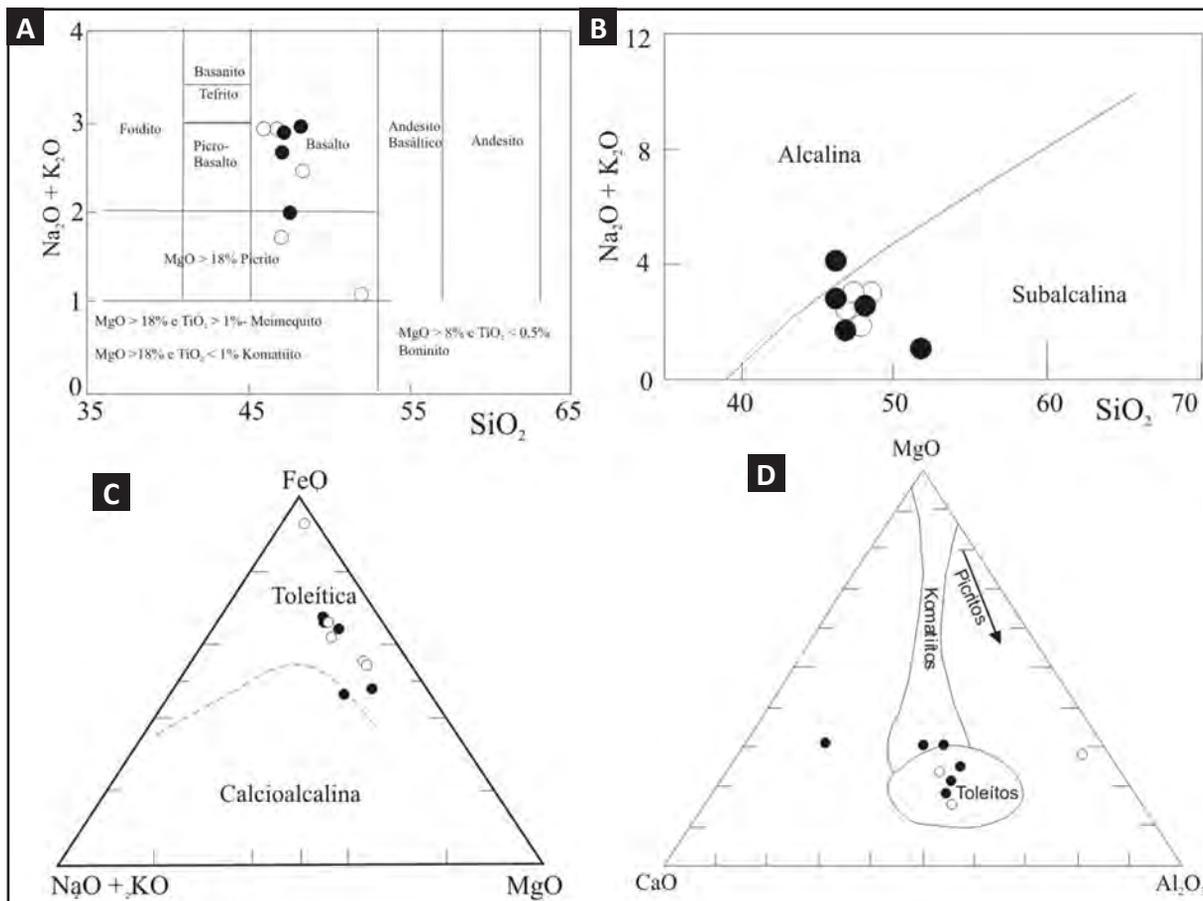


Figura 4.1 – Projeção das rochas máficas do Complexo Floresta no: a) diagrama classificatório para rochas vulcânicas de Le Maitre, (1989). b) e c) nos diagramas de Irvine e Baragar (1971) e d) Arndt *et al.* (1976). Círculos fechados – anfibolito e aberto – granada piroxênitos.

Os anfibolitos de Itabaiana – Salgado de São Felix, semelhantemente aos de Itatuba (Almeida *et al.* 1997), ocorrem associados às rochas ricas em Fe-Ti mostrando *trends* negativos em  $\text{FeO}_t$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  e *trends* positivos em  $\text{CaO}$ , Cr e Ni (Figura 4.2). Essas correlações poderiam estar associados a processos de fracionamento ou a adição de elementos durante o metamorfismo.

Os padrões de ETR normalizados em relação aos valores do condrito (Nakamura, 1974) são mostrados na Figura 4.3. Os padrões dos granada piroxenitos mostram concentrações de ETR de 10 a 20 vezes maiores que os teores do condrito. São padrões pouco ou não fracionados sem anomalias de Eu. O padrão de ETR do anfibolito analisado é fracionado, com razão  $(\text{Ce}/\text{Yb})_N = 20$  e anomalia negativa de Eu (Figura 4.3) O enriquecimento em ETRL e a anomalia negativa de Eu podem ser resultantes do retrometamorfismo no fácies anfibolito.

Os padrões *spidergram* das rochas metamáficas (Figura 4.4) mostram similaridades com o MORB (Pearce, 1983). As principais diferenças são observadas nos elementos litófilos de íon grande (LILE), cujas concentrações foram modificadas pelos

eventos metamórficos. Estes eventos metamórficos foram mais eficientes na modificação da composição dos elementos traços no anfibolito, resultando um padrão em zig-zag (Figura 4.4).

Ainda que para alguns autores (por ex., Wilson 1989) os elementos maiores não sejam bons indicadores de ambientes tectônicos para basaltos toleíticos, devido a sua ampla distribuição (rugos mesoceânicas, bacias *back-arc*, ilhas oceânicas, arcos insulares, etc.), alguns diagramas têm demonstrado uma relativa precisão na distinção de ambientes geradores desse tipo de basalto. No diagrama ternário  $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$  (Pearce *et al.* 1975) observa-se que a maiorias granada piroxenitos projetam-se no campo ou no limite entre os dois campos, mostrando alta razão  $\text{TiO}_2/\text{K}_2\text{O}$  típica das rochas toleíticas de afinidade oceânica (Fig. 4.5a). Todavia, os anfibolitos de Itabaiana caem no campo de basaltos não oceânicos, apresentando baixas razões  $\text{TiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ .

No diagrama Zr versus Zr/Y (Pearce & Norry, 1979) as rochas metamáficas projetam-se principalmente no campo dos basaltos de arcos toleíticos (Figura 4.5b) ou no limite entre o campo de arcos continentais, enquanto que no diagrama Ti/Y

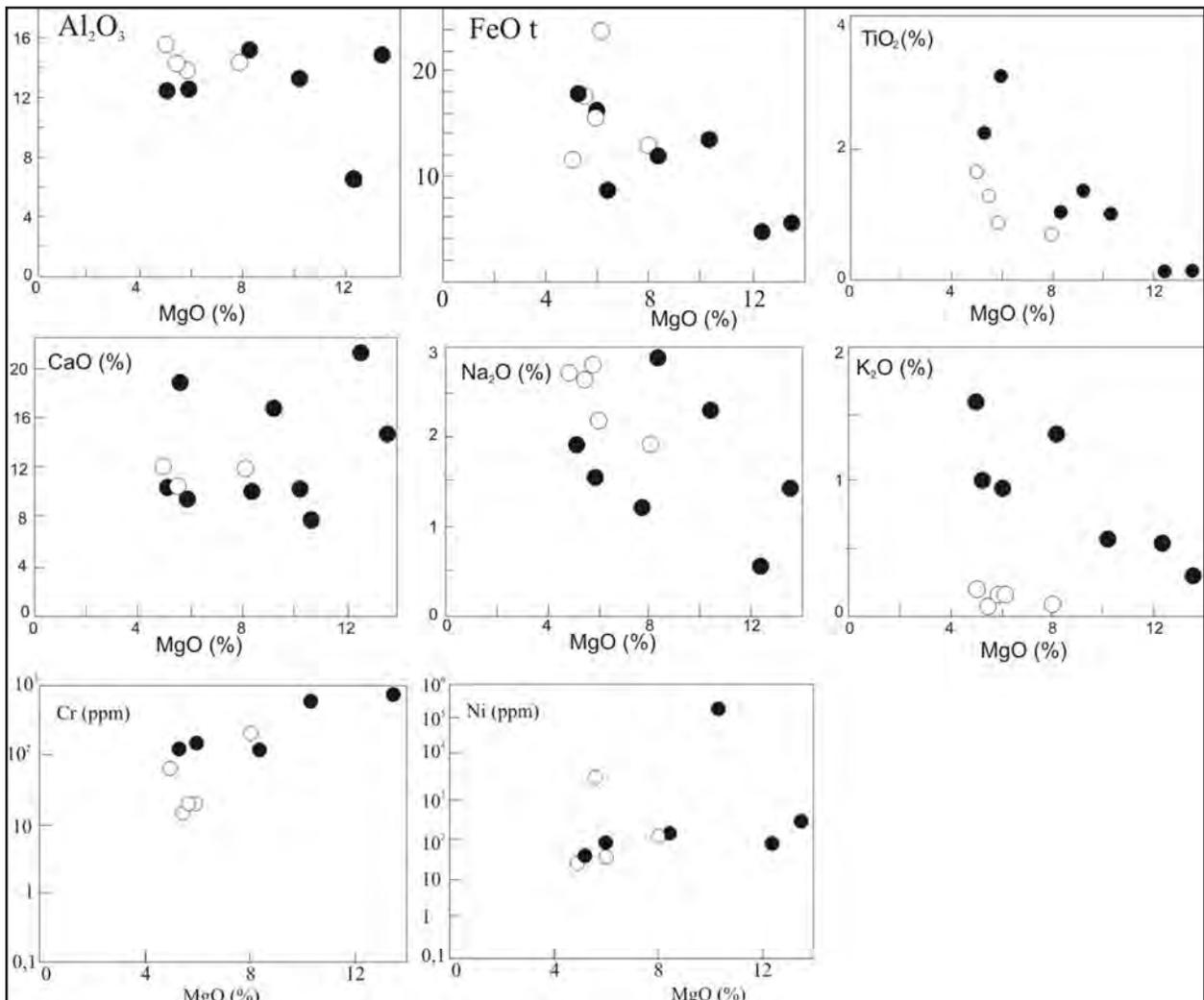


Figura 4.2 – Variação de alguns elementos maiores mais Cr (ppm) e Ni(ppm) versus MgO (%) para as rochas máficas do Complexo Floresta (PP2f). Círculos fechados – anfibolito e aberto – granada piroxenitos.

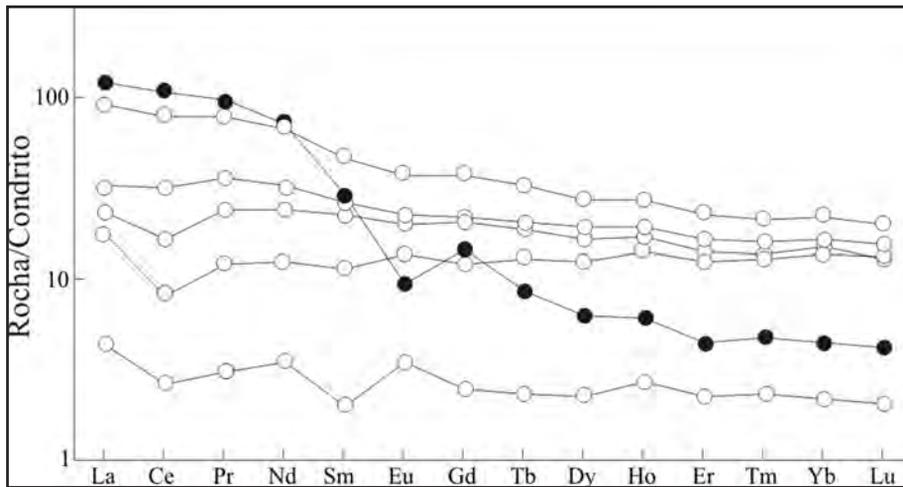


Figura 4.3 – Padrões de ETR normalizados em relação aos valores do condrito (Nakamura, 1974) para: a) rochas metamáficas de Itabaiana (PB), do Complexo Floresta (PP2fl), círculo cheio = anfíbolito.

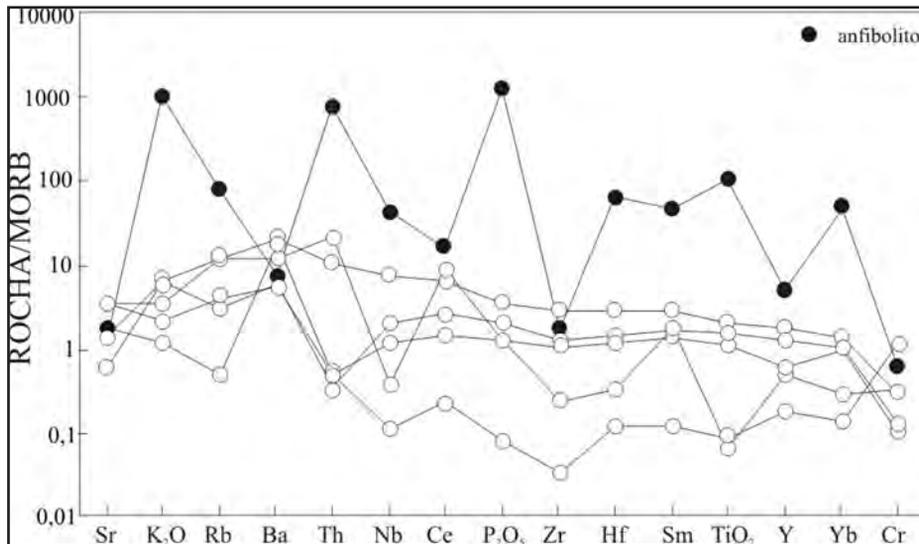


Figura 4.4 – Padrões spidergram normalizados em relação aos valores do MORB (Pearce, 1983) para as rochas metamáficas de Itabaiana (PB) do complexo Floresta (PP2fl).

versus Zr/Y (Pearce & Gale, 1977) observa-se certa dispersão com algumas poucas amostras projetando-se no campo de basaltos intraplacas (Figura 4.5c).

A química de rocha total mostra ambigüidade na caracterização geotectônica dessas rochas, ainda que se perceba uma tendência para toleitos de arcos oceânicos. Esta ambigüidade pode estar associada ao metamorfismo no fácies granulito a que estas rochas foram submetidas. A variação nos teores de  $K_2O$  mostradas na Figura 4.2, parece corroborar esta hipótese.

#### 4.2 - COMPLEXO CABACEIRAS (PP2CB)

Uma amostra analisada para o Complexo Cabaceiras mostra um padrão de ETR (Figura 4.6) semelhante aos observados nas rochas máficas do Complexo Floresta, sendo semelhante ao padrão de MORB enriquecido.

O padrão *spidergram* normalizado em relação aos valores do MORB (Figura 4.7) mostra a similaridade entre os valores do MORB e a rocha

analisada exceto, quando se compara os elementos K, B, Rb e Sr (LILES), que mostram teores mais elevados na amostra analisada, devido possivelmente a alteração durante metamorfismo Brasileiro.

#### 4.3 - ORTOGNAISSES FAZENDA SALVADOR (PP2FS)

Os ortognaisses Fazenda Salvador (PP2ys) mostram padrões de ETR pouco fracionados, caracterizados por anomalias negativas de Eu (Figura 4.8). Os padrões *spidergram* normalizados em relação aos valores do condrito (Thompson, 1982) são caracterizados por anomalias negativas em Nb, Sr, P e Ti (Figura 4.9). Estes padrões são semelhantes aos padrões de granitóides tipo - A2 (Eby, 1992), os quais são granitóides extensionais resultantes de fusão crustal, com teores elevados de Y e baixos teores de Nb. Esta assinatura geoquímica sugere que a intrusão do protólito dos ortognaisses tipo Salvador ocorreu durante evento extensional pós colisional durante o Paleoproterozóico.

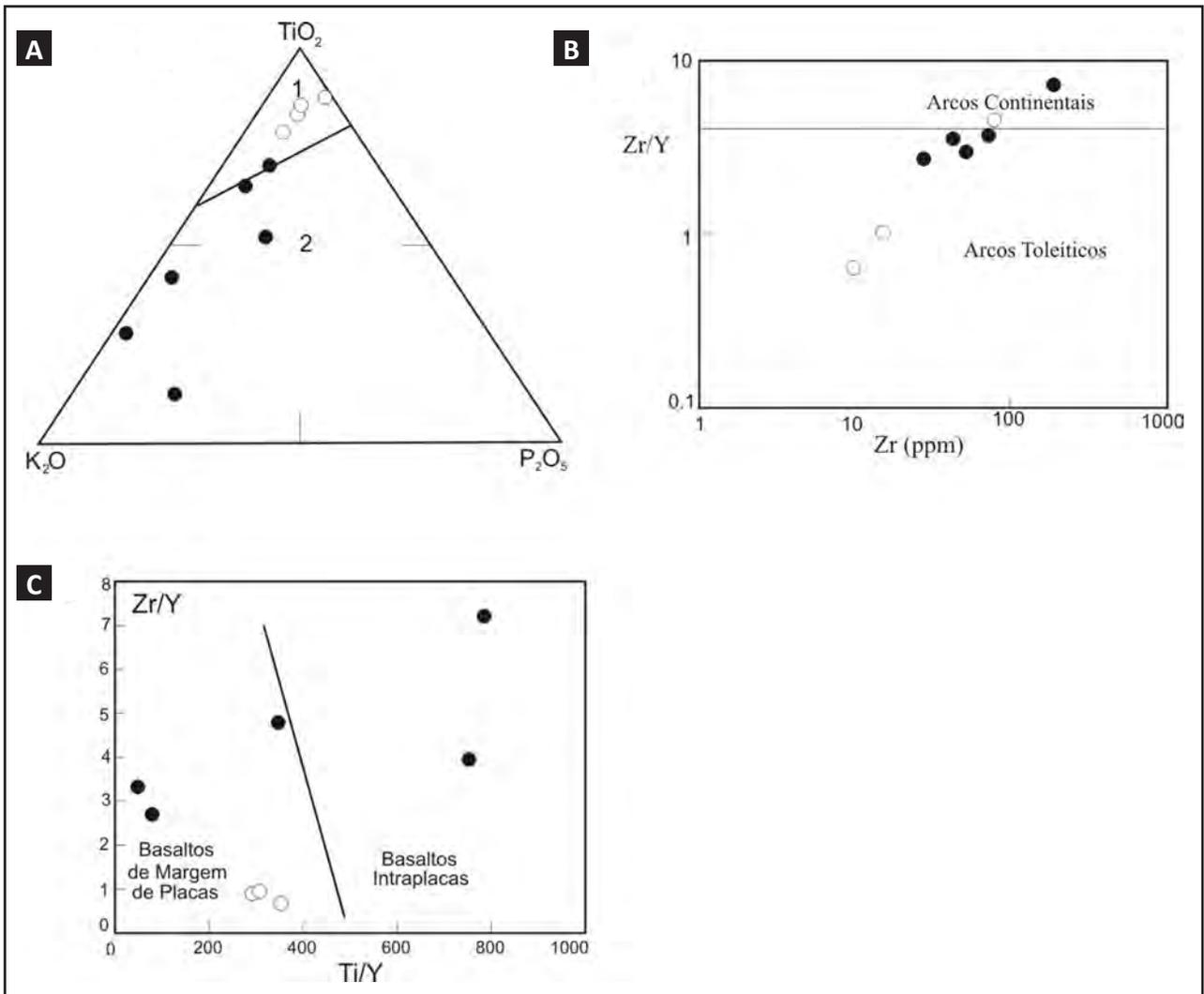


Figura 4.5 – (a) Diagrama  $K_2O-TiO_2-P_2O_5$  (Pearce et al. 1975) para as rochas metamórficas do Complexo Floresta. 1 – Oceânico; 2 – Não Oceânico. b) Diagrama Zr versus Zr/Y com campos de Pearce & Norry (1979), e c) diagrama Ti/Y versus Zr/Y (Pearce & Gale 1977) mostrando uma ambiência de arcos toleíticos para as rochas metamórficas estudadas. Circulo fechado – anfíbolito; círculo aberto – granada piroxenitos.

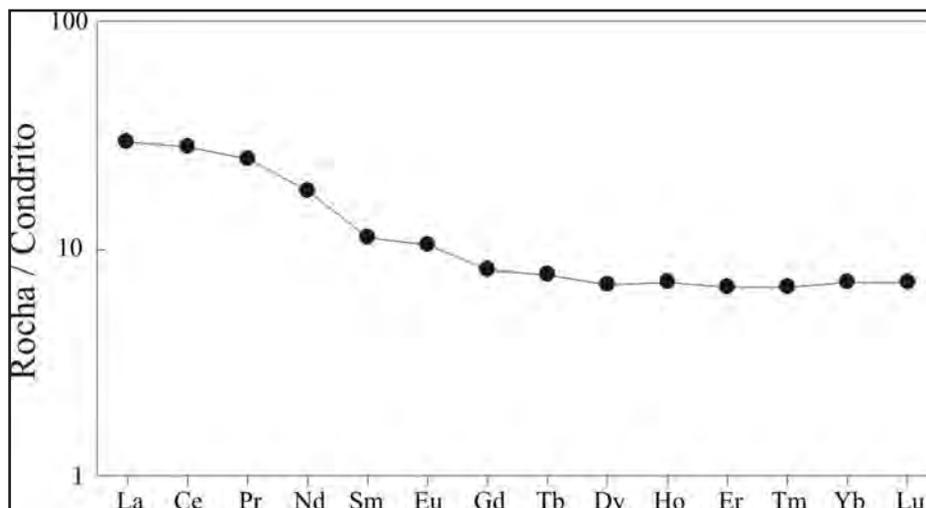


Figura 4.6 – Padrões de ETR normalizados em relação aos valores do condrito (Nakamura, 1974), para os ortogneisses do Complexo Cabaceiras (PP2cb).

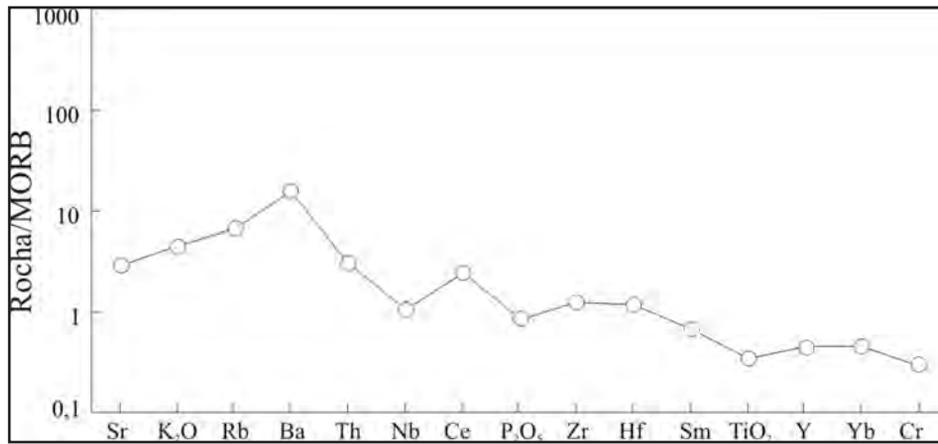


Figura 4.7 – Padrões spidergram normalizados em relação aos valores do MORB (Pearce, 1983) para os ortogneisses do Complexo Cabaceiras (PP2cb).

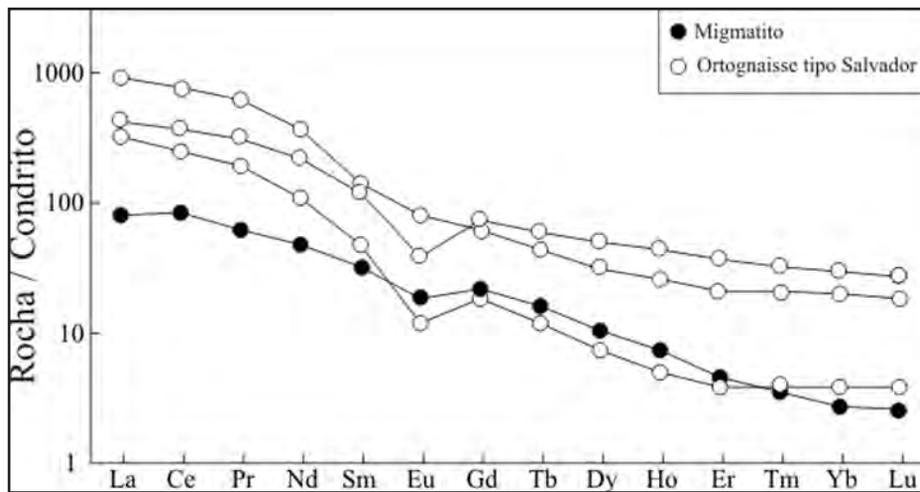


Figura - 4.8 – Padrões de ETR normalizados em relação aos valores do condrito de Sun (1982) para os granitóides Fazenda Salvador (PP2ys).

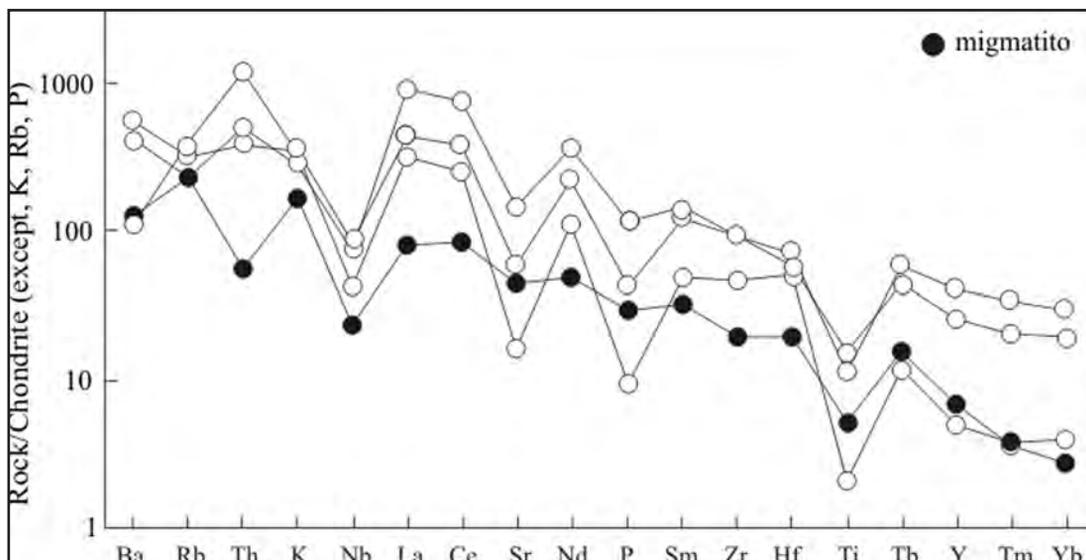


Figura 4.9 – Padrões spidergram dos granitóides Fazenda Salvador (PP2ys) normalizados em relação aos valores sugeridos por Thompson (1982).

#### 4.4 - SUITE INTRUSIVA CONCEIÇÃO (NP3Г1C) - COMPLEXO TIMBAÚBA

Os granitoides estudados mostram  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ , sendo classificados como calcio-alcálicos no diagrama  $\text{K}_2\text{O}$  versus  $\text{SiO}_2$  (Figura 4.10) com campos de Piccerillo e Taylor (1976). São metaluminosos a fracamente peraluminosos (Figura 4.11) e, mostram baixos valores de Fe# [ $\text{FeO}_t / (\text{FeO}_t + \text{MgO})$ ], projetando-se no campo dos granitoides magnesianos no diagrama  $\text{FeO}_t / (\text{FeO}_t + \text{MgO})$  versus  $\text{SiO}_2$  (Figura 4.12) com campos de Frost et al. (2001), origem a partir de magmas oxidados (Frost & Lindsley, 1991).

Os padrões de ETR normalizados em relação aos valores do condrito (Figura 4.13) são caracterizados por baixos a médios valores de ETR total em relação a outros granitoides da Província Borborema com similares teores de  $\text{SiO}_2$ , ausência de anomalias significativas de Eu e, razões  $(\text{Ce}/\text{Yb})_N > 30$ .

Os padrões *spidergrams* normalizados em relação aos valores sugeridos por Thompson (1982) são caracterizados por depressões significativas em Sr e menos profundas depressões em Ti além, de baixos teores de Y, ETRP e Nb, com altas razões LILE/HFSE (Figura 4.14). Os padrões observados são semelhantes aos padrões de granitoides cálcio-alcálicos de arcos.

Os granitoides do Complexo Timbaúba projetam-se no campo dos granitos pós-colisionais (Figura 4.15a,b) nos diagramas  $(\text{Y}+\text{Nb})(\text{ppm})$  versus Rb (ppm) e Nb(ppm) versus Y (ppm) com campos de Pearce (1996). Entretanto, como bem discutido por Pearce (1996), granitos pós-colisionais são os mais difíceis de serem classificados devido alguns terem uma origem a partir de fontes mantélicas associadas a processos de subducção, neste caso mostrando características de granitos de arco vulcânicos enquanto outros mostram assinatura de granitos intraplacas. Interações entre magmas mantélicos e material crustal leva a composição do magma a mover-se em direção ao campo dos granitos de arco vulcânico.

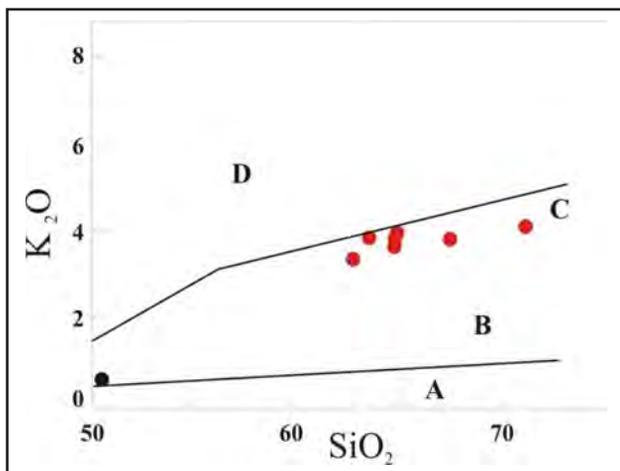


Figura 4.10 – Granitoides do Complexo Timbaúba projetados no diagrama  $\text{K}_2\text{O}$  versus  $\text{SiO}_2$  com campos de Piccerillo e Taylor (1976). D- Série Shoshoníticas; B e C = Série cálcio alcalina (baixo e alto K respectivamente) e A = Série Toleítica. Circulo vermelho = granito e circulo preto = diorito.

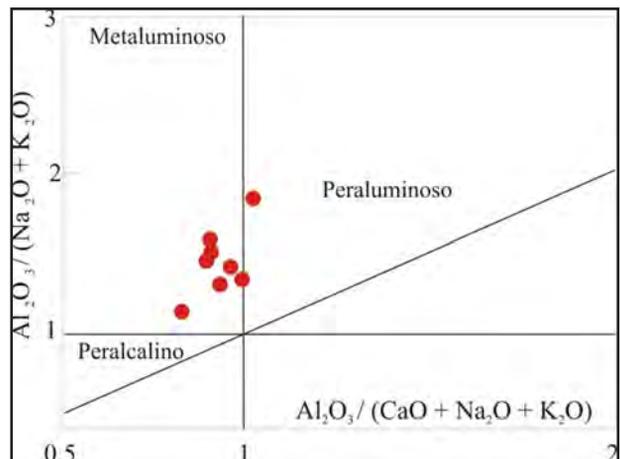


Figura 4.11 – Índices de Shand para os granitoides do Complexo Timbaúba. Campos de Maniar e Piccolli (1989)

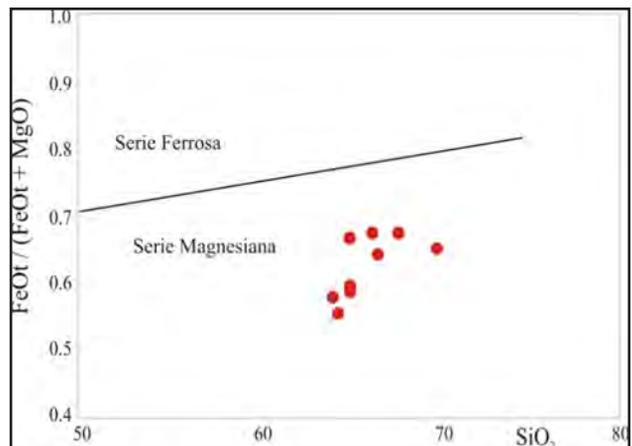


Figura 4.12 – Granitoides do Complexo Timbaúba projetados no diagrama de Frost et al., (2001)

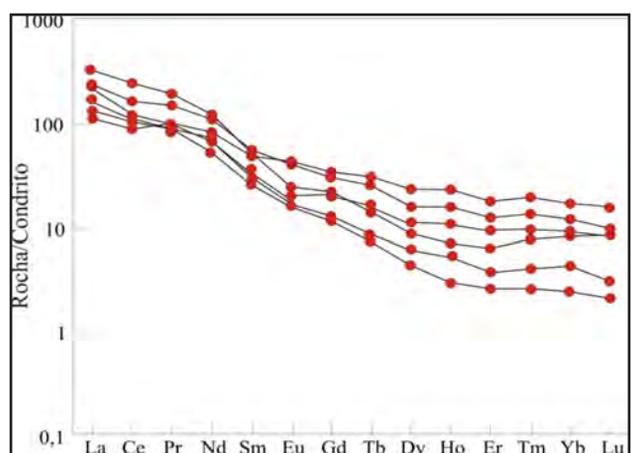


Figura 4.13 – Padrão de ETR dos granitoides do Complexo Timbaúba (NP3γ1c), normalizados em relação ao padrão condrito (Sun, 1980).

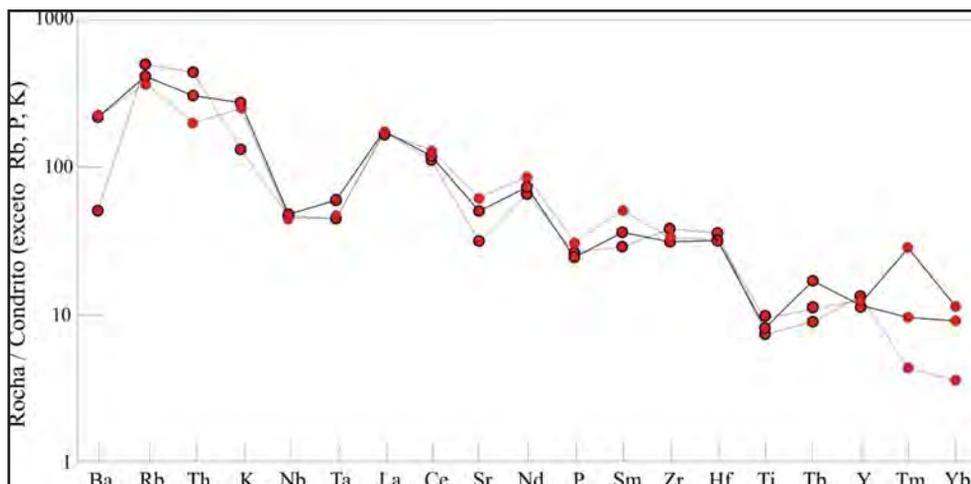


Figura 4.14 – Padrões spidergrams normalizados para os valores sugeridos por Thompson (1982) para os granitóides do Complexo Timbaúba (NP3γ1c).

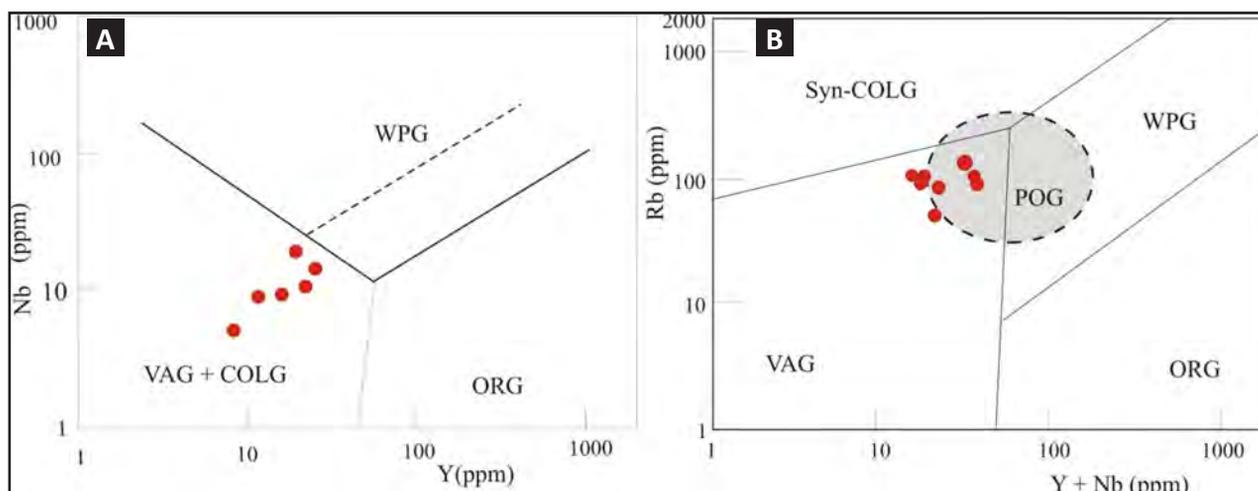


Figura 4.15 – Granitóides do Complexo Timbaúba (NP3γ1c), projetados nos diagramas discriminantes de ambiente tectônico de Pearce et al. (1984) e Pearce (1996).

#### 4.5 - SUITES INTRUSIVAS DONA INÊS(NP3Γ2DI) E ITAPORANGA (NP3Γ2IT)

Os granitóides da Suíte Intrusiva Dona Inês são metaluminosos (Figura 4.16) mostram valores de  $SiO_2$  muito semelhantes, variando de 68,15 a 69,09. Estes granitóides são caracterizados por razões  $K_2O/Na_2O > 1$ , teores muito elevados de Ba (3230 a 4600 ppm), teores médios a elevados de Sr (878 - 1063 ppm), baixos teores de Y e Nb exceto no enclave analisado que mostrou teores médios de Nb = 48ppm e Y = 42 ppm. Os granitóides estudados são classificados como pertencentes a serie Magnésiana (Frost et al., 2001) no diagrama  $FeO/(FeO+MgO)$  vs  $SiO_2$  (Fig. 4.17) e, mostram razões  $(K_2O+Na_2O)$  semelhantes aos granitos transalcalinos de Midellmost (1997).

Os padrões de ETR normalizados em relação aos valores do condrito são fracionados e não

mostram significativas anomalias negativas de Eu (Figura 4.18). O padrão do enclave analisado mostra menor fracionamento e não mostra anomalia negativa de Eu.

Devido à restrita ocorrência na Folha Sapé da Suíte Intusiva Itaporanga, pequena area do Plúton Lourenço, apenas uma amostra foi analisada. O padrão de ETR da amostra analisada é mais fracionado e, não mostra anomalias de Eu (Figura 4.18).

Os padrões *spidergrams*(Figura 4.19) são caracterizados por depressões em Nb, P e Ti, não se observando anomalias em Sr.

Quando projetados nos diagrams de Pearce et al. (1984) e Pearce (1996) os granitóides tipo Dona Inês caem no campo dos granitos de arco vulcânico e pós colisionais respectivamente (Figura 4.20a,b).

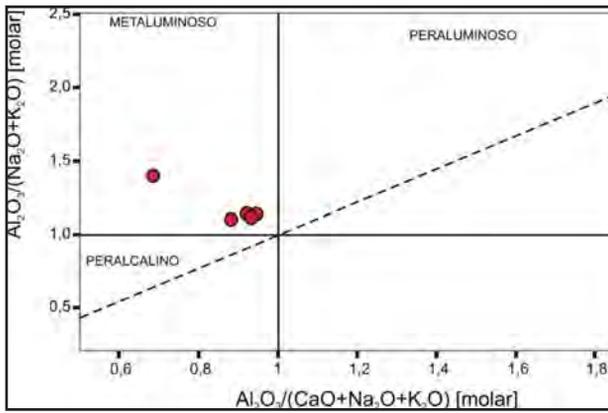


Figura 4.16 – Índices de Shand para os granitóides tipo Dona Inês (NP3γ2di) na Folha Sapé, com campos de Maniar e Piccoli (1989).

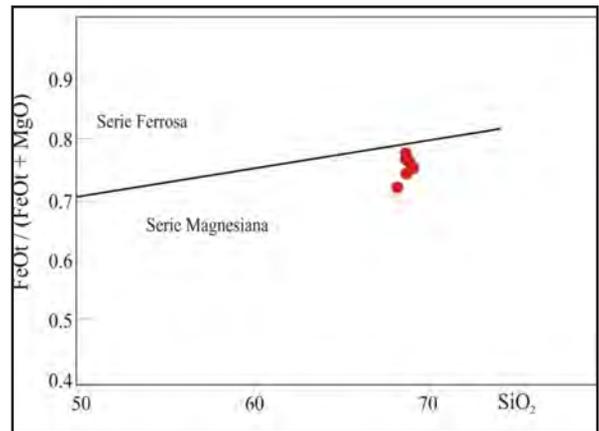


Figura 4.17 – Projeção dos granitóides tipo Dona Inês na Folha Sapé (NP3γ3di), no diagrama Fe# versus SiO<sub>2</sub> com campos de Frost et al (2001).

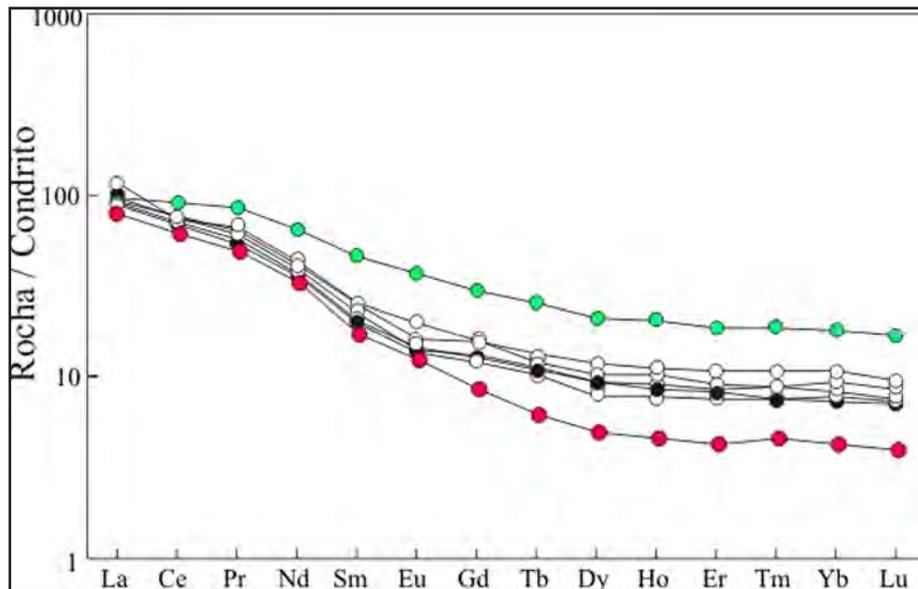


Figura 4.18 – Padrões de ETR dos granitóides tipo Dona Inês (NP3γ2di) e tipo Itaporanga (NP3γ2it) na folha sapé normalizados em relação aos valores do condrito de Sun (1982). Círculos brancos – granitos, pretos – enclaves dioríticos; verdes – enclaves surmicáceos e vermelhos – granito tipo Itaporanga.

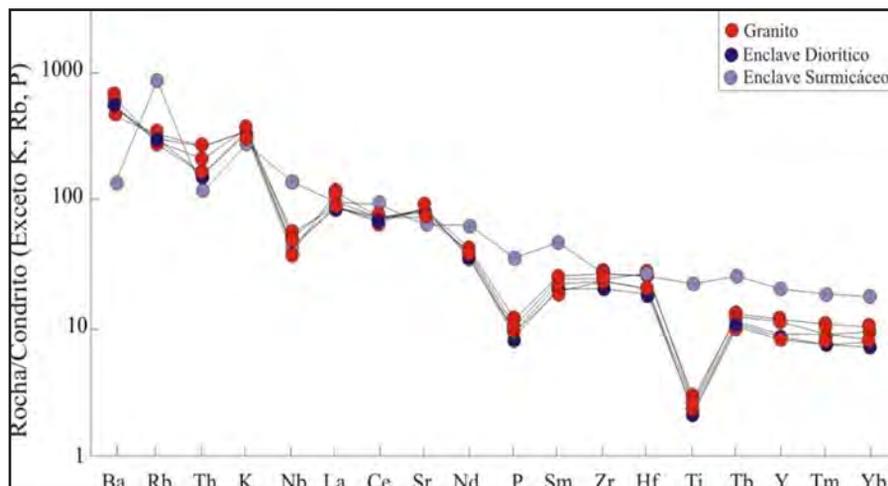


Figura 4.19 – Padrões spidergrams normalizados para os valores sugeridos por Thompson (1982), para os granitóides tipo dona Inês (NP3γ2di).

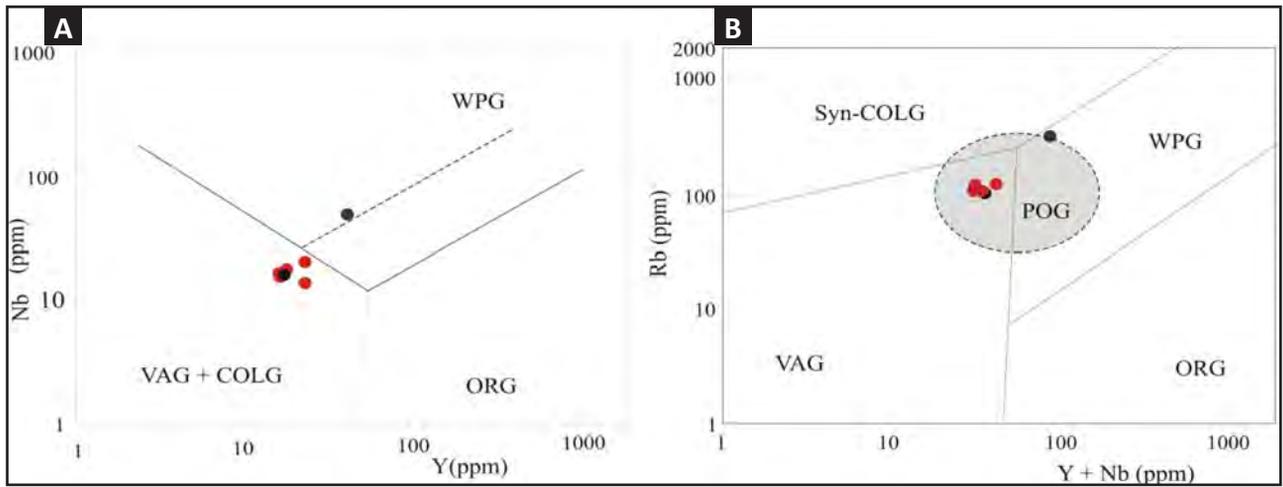


Figura 4.20 – Granitóides tipo Dona Inês (NP3y2di) projetados nos diagramas de Pearce et. al. (1984) (a) Pearce, (1996) (b). WPG = Granitos intraplacas; VAG – Granitos de arco vulcânico; syn-COLG – Granitos colisionais; ORG = Granitos de cadeias oceânicas e POG = Granitos pós-colisionais. Circulos vermelhos= granitos; circulos pretos= enclaves.



# 5 – GEOQUÍMICA ISOTÓPICA E GEOCRONOLOGIA

## 5.1 - GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

Os dados isotópicos Sm-Nd disponíveis para a Folha Sapé são mostrados na tabela 5.1 e, sintetizados na Figura 5.1.

Os ortognaisses do Complexo Floresta (PP2fl) e Cabaceiras (PP2cb) mostram idades modelos  $T_{DM}$  variando de 2,7 Ga e 2,65 -2,0 Ga, respectivamente. As idades de cristalização dos protólitos destes ortognaisses variam de 2,3Ga a 2,4Ga para o Complexo Floresta e 2,2 a 2,1 Ma para o Complexo Cabaceiras (Brito Neves, et al., 2001). As idades modelos sugerem que o protólito destes ortognaisses não foi material juvenil e sim retrabalhamento de rochas de idade arqueana.

As idades modelo  $T_{DM}$  para os paragnaisses do Complexo Sertânia são semelhantes as idades modelo dos ortognaisses do embasamento. Isto sugere que os sedimentos que deram origem aos paragnaisses do Complexo Sertânia foram originados pelo retrabalhamento dos ortognaisses do embasamento.

Os granitóides do Complexo Timbaúba (NP3y2c) mostram valores de épsilon de Nd para 600 Ma variando de -3,47 a -5,37 e idade modelo  $T_{DM}$  variando de 1410 Ma a 1562 Ma. Estas idades foram interpretadas por Guimarães et al. (2011), utilizando idade U-Pb em zircões por SHRIMP, como refletindo uma origem mista para estes granitóides, envolvendo fusão de metassedimentos e material Juvenil Brasileiro.

A amostra analisada do Plúton Itambé mostra valor de épsilon de Nd (600 Ma) muito negativo e

idade modelo semelhante a dos ortognaisses do embasamento. Isto sugere que estes granitóides foram gerados por fusão de rochas semelhantes aos ortognaisses do embasamento.

## 5.2 - DADOS U-PB

### 5.2.1 - Complexo Floresta(PP2fl)

Idade U-Pb em zircão por TIMS (Brito Neves et al., 2001) nesta unidade na folha Campina Grande, região de Itatuba, mostra idade de  $2393 \pm 110$  Ma. Apesar do erro ser grande, 02 frações de zircões mostram idades  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $2314 \pm 8$  Ma e  $2355 \pm 6$  Ma e outras duas frações idades  $2459 \pm 10$  Ma e  $2442 \pm 4$  Ma. Estas idades foram interpretadas como rochas de idades Paleoproterozoicas com herança arqueana (Brito Neves et al., 2001).

Datação U-Pb em zircão por SHRIMP de uma amostra de granada anfibolito do Complexo Floresta, coletada próxima a sede do município de Salgado de São Felix - PB, mostrou idade de  $2094 \pm 8$  Ma (Figura 5.2, Tabela 5.2) definida no intercepto superior e interpretada como a idade de cristalização. Uma idade de  $600 \pm 12$  Ma obtida no intercepto inferior foi interpretada como a idade do metamorfismo na fácies anfibolito. A idade de cristalização obtida para a amostra de granada anfibolito analisado é mais jovem que a idade descrita na literatura para os ortognaisses do Complexo Floresta, sugerindo que a rocha fonte dos granada anfibolitos representam um evento magmático mais jovem.

Tabela 5.1 – Dados isotópicos Sm-Nd disponíveis para as rochas da Folha Sapé.

	Sm (ppm)	Nd (ppm)	Sm <sup>174</sup> / Nd <sup>144</sup>	Nd <sup>143</sup> / Nd <sup>144</sup>	εNd (hoje)	εNd (t)	T <sub>DM</sub> (Ma)	
SP-205*	0,86	4,30	0,1212	0,51141	-24,05	-4,79	2721	PP2fl
SP-571	4,26	13,88	0,1854	0,51271	1,34	4,62	---	PP2fl
SP-204*	3,57	14,54	0,1484	0,51192	-14,01	-1,72	2650	PP2cb
SP-206*	4,24	25,98	0,0987	0,51135	-25,2	-0,21	2260	PP2cb
SP-576*	8,91	55,70	0,0966	0,51155	-21,29	-13,57	2000	PP2cb
SP-208*	22,59	43,88	0,1330	0,51162	-28,71	-19,94	2424	PP2cb
SP-207*	6,42	36,28	0,1069	0,51117	-28,66	-5,76	2696	PP3se
SP-209*	5,38	39,18	0,0830	0,51134	-25,24	-11,46	1982	PP3se
SP-210*	6,25	31,90	0,1185	0,51146	-23,04	-13,56	2556	PP3se
SP-137	5,92	32,19	0,1112	0,51209	-10,78	-4,23	1423	NP3y1c
SP-139	8,53	44,14	0,1169	0,51205	-11,48	-5,37	1562	NP3y1c
SP-217	3,26	16,86	0,1170	0,51215	-9,57	-3,47	1410	NP3y1c
SP-290	5,37	28,09	0,1155	0,51138	-24,56	-18,34	2580	NP3y2di

\* Brito Neves et al. (2001)

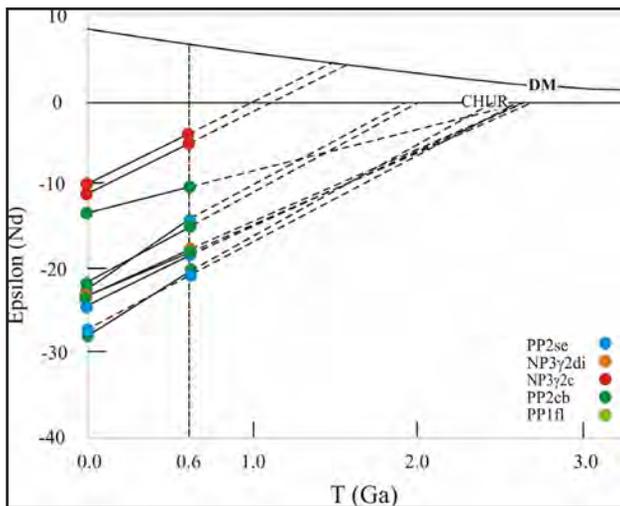


Figura 5.1 – Evolução do Nd para rochas de diferentes unidades da Folha Sapé.

### 5.2.2 - Complexo Cabaceiras (PP2cb)

Dois datações U-Pb em zircão por TIMS (Brito Neves et al., 2001) em ortognaisses desta unidade, 01 amostra coletada na BR-230, a leste de Café do Vento, município de São Miguel de Taipú, e outra em pedra em Sobrado (PB), mostram idades de  $2230 \pm 17$  Ma e 2164 respectivamente. Estes dados sugerem que esta unidade tem uma idade mais jovem que a unidade mapeada como Complexo Floresta (PP2fl).

### 5.2.3 - Ortognaisse Fazenda Salvador (PP2ys)

Uma idade U-Pb em zircão por SHRIMP de  $2012 \text{ Ma} \pm 17 \text{ Ma}$  foi obtida por Santos et al. (2004) em uma amostra da área tipo destes granitóides na Folha Campina Grande. Segundo Santos et al., (2004) os núcleos dos zircões analisados mostram idades variando de 2.3 Ga a 2.4 Ga. A idade dos bordos dos zircões obtidas pode ser interpretada como sendo a idade de cristalização destes ortognaisses, enquanto as idades obtidas nos núcleos por serem idênticas a idade dos ortognaisses encaixantes, como citadas anteriormente, deve ser a idade das encaixantes, sugerindo uma origem para estes ortognaisses a partir da fusão dos gnaisses encaixantes.

Uma amostra coletada na Serra da Viola, datada pelo método U-Pb em zircão por Laser-Ablation – ICP-MS na Universidade de Brasília, definiu uma idade de  $2057 \pm 20$  Ma (Figura 5.3, Tabela 5.3) para a cristalização do ortognaisse Fazenda Salvador. A idade obtida é semelhante a idade obtida por Santos et al. (2004) por SHRIMP, para os ortognaisses Fazenda Salvador na Folha Campina Grande.

### 5.2.4 - Complexo Sertânia (PP2se)

Datação pelo método U-Pb em zircão por SHRIMP (Santos et al., 2004) em metassedimentos do Complexo Sertânia na folha Surubim, mostrou contribuição somente de zircões detríticos

paleoproterozóicos e idade máxima de deposição em torno de 2.0 Ga. Entretanto, uma idade mais jovem não pode ser descartada.

Dados U-Pb em zircão por Laser Ablation – ICP – MS foram obtidos na Universidade de Brasília para uma amostra coletada ao sul da sede do Município de Mulungu-PB (SP-415). Os dados são mostrados na tabela 5.4 e Figura 5.4. Observa-se que a maioria dos zircões detríticos tem idade paleoproterozoica com somente poucos zircões mostrando idade mesoproterozoica. Entretanto, as idades mesoproterozoicas obtidas são muito discordantes. Estes dados sugerem que a proveniência da principal fração de zircões detríticos foi o embasamento paleoproterozóico, explicando assim as idades  $T_{DM}$  observadas.

Os metassedimentos analisados mostram zircões detríticos semelhantes aos descritos nos metassedimentos do Complexo Sertânia (Santos et al., 2004; Neves et al., 2010). Entretanto, as idades paleoproterozoicas significam apenas a idade máxima de deposição estimada em 1950 Ma, não se podendo desconsiderar uma possível idade mais jovem, até menos brasileira, para os metassedimentos analisados, como sugerida por Neves et al. (2009) para os metassedimentos do Complexo Sertânia na área tipo.

### 5.2.5 - Complexo São Caetano

Uma possível continuidade destes metassedimentos na Folha Campina Grande (SB.25-Y-C-I) datados pelo método U-Pb por SHRIMP (afloramento na sede do município de Alagoa Grande - PB) forneceu idade Ediacarana (idade máxima de deposição 612 Ma, Guimarães et al., 2012). Entretanto, a sequência datada na Folha Campina Grande pode representar apenas uma faixa Brasileira sem continuidade na Folha Sapé. Entretanto, não podemos desconsiderar a possibilidade destes metassedimentos mapeados no extremo noroeste da Folha Sapé e extremo nordeste da Folha Campina Grande serem correlacionáveis ao Complexo Sertânia. Esta hipótese é baseada na ocorrência de sedimentos correlacionáveis ao Complexo Sertânia na Folha Sapé, a ausência de diferenças litológicas significativas e, os dados U-Pb obtidos tão próximos ao contato inferido com os metassedimentos do Complexo Sertânia.

### 5.2.6 - Suite intrusiva Conceição (NP3y2c)

Idade U-Pb em zircão por SHRIMP de  $612 \pm 5$  Ma (Guimarães et al., 2011), foi definida para a intrusão do Complexo Timbaúba (Figura 5.5). Esta idade é mais jovem que a determinada anteriormente por U-Pb utilizando TIMS ( $645 \text{ Ma}$  – Guimarães et al., 2004). A tabela de dados pode ser encontrada em Guimarães et al. (2011).

Tabela 5.2 – Dados de SHRIMP para uma amostra de anfibolito (SP-143) do Complexo Floresta.

Grão/ Spot	% <sup>206</sup> Pbc	ppm U	ppm Th	<sup>232</sup> Th / <sup>238</sup> U	ppm <sup>206</sup> Pb*	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	Idade	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	Idade	% Dis	<sup>207</sup> Pb* / <sup>206</sup> Pb*	±%	<sup>207</sup> Pb* / <sup>235</sup> U	±%	<sup>206</sup> Pb* / <sup>238</sup> U	±%	err corr
3,1	0,00	186	47	0,26	37.7	1363	±15	1859	±17	27	0.11370	0.94	3.691	1.5	0.2355	1.2	,783
5,1	0,09	195	46	0,25	62.2	2036	±20	2085	± 8.2	2	0.12904	0.47	6.609	1.3	0.3715	1.2	,928
7,1	0,00	613	123	0,21	174	1845	±18	2030	± 6	9	0.12506	0.34	5.713	1.2	0.3313	1.1	,957
7,2	0,61	17	1	0,07	3.93	1550	±26	1905	±64	19	0.11660	3.5	4.370	4.0	0.2717	1.9	,467
8,1	0,07	211	51	0,25	68.4	2060	±21	2082	±12	1	0.12882	0.69	6.687	1.4	0.3765	1.2	,863
8,2	0,08	106	12	0,12	32.4	1963	±21	2071	±10	5	0.12799	0.57	6.283	1.4	0.3560	1.2	,908
9,1	0,05	571	117	0,21	163	1848	±18	2057	±12	10	0.12704	0.67	5.816	1.3	0.3320	1.1	,858
9,2	0,07	114	10	0,09	29.1	1673	±18	1968	±11	15	0.12083	0.64	4.935	1.4	0.2962	1.2	,886
10,1	0,11	260	53	0,21	78.4	1939	±19	2072	±11	6	0.12806	0.65	6.197	1.3	0.3510	1.2	,872
12,1	0,08	337	60	0,18	98.2	1881	±19	2059	± 9.4	9	0.12717	0.53	5.940	1.3	0.3387	1.1	,907
12,2	0,19	152	12	0,08	46	1935	±20	2084	± 8.7	7	0.12897	0.49	6.227	1.3	0.3502	1.2	,926

Erros são 1-sigma; Pbc e Pb\* indicam Pb comum e radiogênico respectivamente.

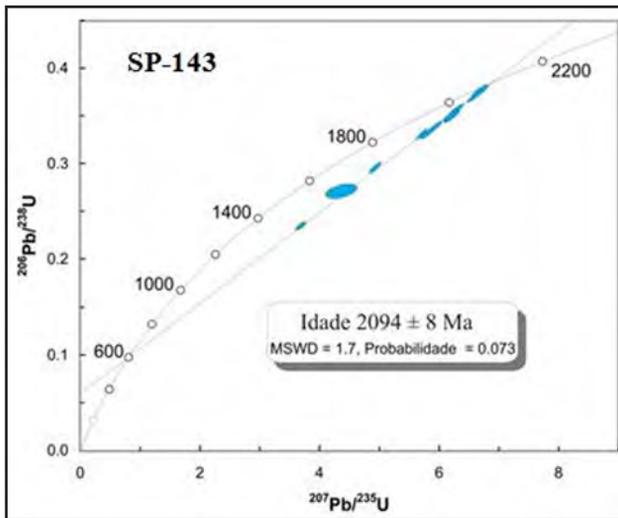


Figura 5.2 – Diagrama concordia com todos os pontos analisados por SHRIMP para uma amostra de anfibolito do Complexo Floresta (SP-143).

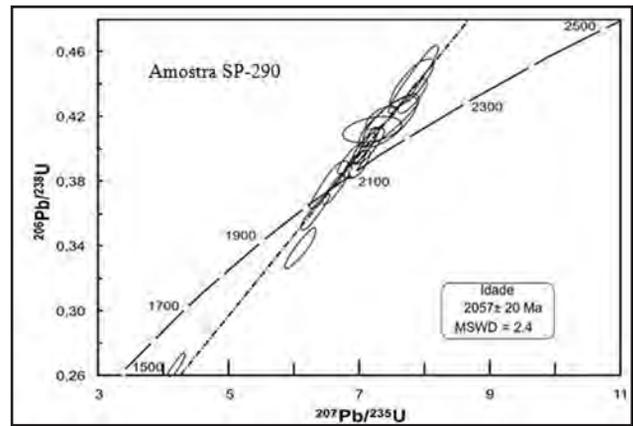


Figura 5.3 – Diagrama concordia com todos os pontos analisados por Laser Ablation – ICP – MS mostrados na tabela 4, para os ortogneisses tipo Salvador.

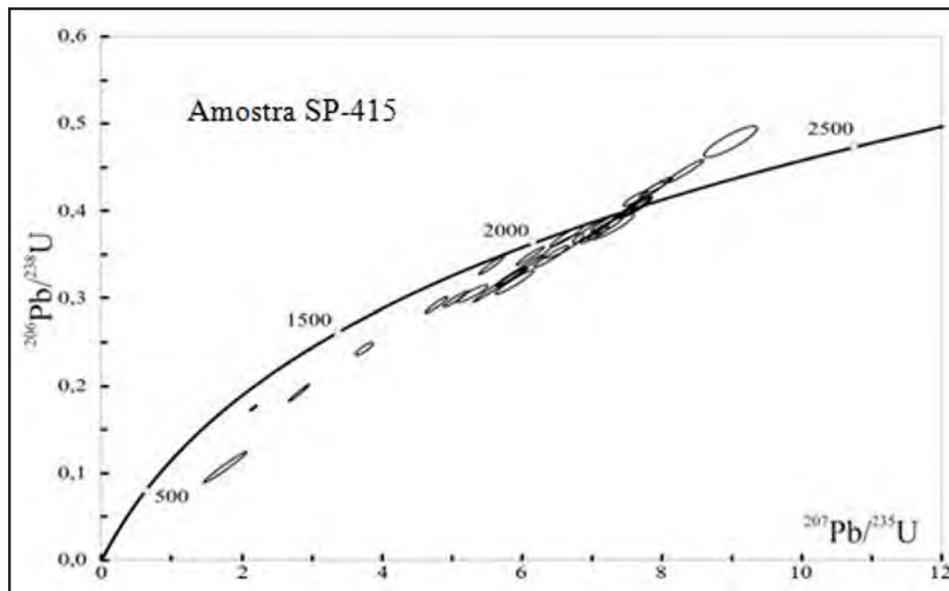


Figura 5.4 – Diagrama concordia com todos os pontos analisados por Laser Ablation – ICP – MS mostrados na tabela 5, para os metasedimentos correlacionáveis ao Complexo Sertânia.

### 5.2.7 - Suíte Intrusiva Dona Inês (NP3γ2di)

Datação U-Pb em zircão por SHRIMP para uma amostra do Plúton Itambé definiu uma idade de  $592 \pm 6$  Ma (Figura 5.6 e Tabela 5.6) para a cristalização

dos granitóides tipo Dona Inês na Folha Sapé, sendo semelhante à idade obtida por SHRIMP para os granitos Dona Inês ( $582 \pm 5$  Ma) na sua área tipo, na Folha Solânea (Guimarães et al., 2009).

Tabela 5.3 – Dados U-Pb por Laser Ablation – ICP – MS da amostra SP-290 (Ortognaisse tipo Salvador).

Th/U	6/4 ratio	7/6 ratio	1s (%)	7/5 ratio	1s (%)	6/8 ratio	1s (%)	Rho	7/6 age	1s (Ma)	7/5 age	1s (Ma)	6/8 age	1s (Ma)	Conc (%)
0,07	17815	0,11595	0,5	3,2984	1,7	0,20632	1,6	0,96	1894,7	8,1	1480,7	13,0	1209,2	17,8	63,82
0,20	87087	0,11438	0,5	4,1292	1,9	0,26183	1,9	0,96	1870,1	9,0	1660,1	15,6	1499,2	24,8	80,17
0,35	10523	0,13075	0,7	6,0957	1,6	0,33812	1,5	0,91	2108,1	11,7	1989,6	14,0	1877,6	23,8	89,07
0,31	20544	0,12680	0,6	6,3123	1,4	0,36106	1,2	0,93	2054	10,8	2020	11,9	1987	20,9	96,75
0,24	46769	0,12511	0,7	6,5208	1,7	0,37802	1,6	0,92	2030	11,8	2049	15,2	2067	28,3	101,81
0,36	41308	0,12754	0,6	6,6486	1,1	0,37808	0,9	0,89	2064	10,5	2066	9,6	2067	16,1	100,15
0,34	39717	0,12790	0,4	6,6630	1,3	0,37784	1,3	0,94	2069	7,7	2068	11,8	2066	22,4	99,85
0,33	90542	0,12616	0,5	6,8494	1,1	0,39375	1,0	0,88	2045	8,6	2092	9,6	2140	17,6	104,65
0,23	32817	0,12859	0,6	6,8736	1,2	0,38767	1,1	0,88	2079	9,9	2095	10,8	2112	19,5	101,60
0,26	13240	0,12911	0,8	6,9536	1,2	0,39062	0,9	0,73	2086	13,8	2105	10,5	2126	16,0	101,91
0,17	59807	0,12797	0,4	7,0641	1,0	0,40037	0,9	0,90	2070	7,8	2119	9,3	2171	17,5	104,85
0,20	12670	0,12744	0,4	7,0785	1,2	0,40286	1,1	0,94	2063	7,2	2121	10,6	2182	20,7	105,78
0,10	10385	0,12902	0,7	7,1481	1,3	0,40183	1,1	0,85	2085	11,5	2130	11,5	2177	20,5	104,45
0,37	54697	0,12667	2,5	7,1968	2,6	0,41205	0,8	0,29	2052	43,6	2136	23,2	2224	15,4	108,38
0,27	85523	0,12653	1,0	7,3244	1,2	0,41985	0,7	0,70	2050	17,8	2152	10,8	2260	12,7	110,22
0,56	21831	0,12920	1,9	7,4432	2,5	0,41784	1,6	0,85	2087	32,9	2166	22,1	2251	30,7	107,84
0,58	10553	0,12832	1,0	7,7982	1,7	0,44076	1,4	0,81	2075	17,3	2208	15,3	2354	27,4	113,44
0,33	41905	0,13096	0,5	7,8153	1,1	0,43280	1,0	0,88	2111	8,5	2210	9,8	2318	18,9	109,82
0,33	52687	0,12806	0,6	7,8227	2,0	0,44303	1,9	0,95	2071	10,6	2211	17,9	2364	37,4	114,13

Os dados em vermelho não foram utilizados no cálculo da idade, devido serem muito discordantes

Table 5.4 – Dados U-Pb por Laser Ablation – ICP – MS da amostra SP-415.

Pb ©	Th/U	6/4 ratio	1s (%)	7/5 ratio	1s (%)	Rho	7/6 age (Ma)	1s (Ma)	7/5 age (Ma)	1s (Ma)	6/8 age (Ma)	1s (Ma)	Conc (%)
1045	0	25580	0	2	1	1	1429	7	1172	7	1038	8	73
1132	0	27303	0	3	2	1	1744	8	1362	16	1132	22	65
1402	0	34987	1	4	1	1	1833	11	1582	10	1401	14	76
1655	0	34848	0	5	1	1	1934	7	1781	11	1655	18	86
1690	0	41090	1	5	1	1	1989	12	1828	12	1690	19	85
1715	0	25787	1	5	2	1	2039	19	1866	15	1715	20	84
1876	0	40758	0	6	1	1	1951	9	1912	11	1876	20	96
1804	1	15711	0	6	4	1	2103	6	1946	30	1802	55	86
1812	0	14089	0	6	1	1	2108	7	1954	12	1812	22	86
1783	1	44023	1	6	2	1	2153	10	1960	16	1783	28	83
1928	0	65420	0	6	1	1	2061	6	1993	11	1928	21	94
1925	0	20048	0	6	2	1	2149	8	2034	13	1924	24	90
1984	0	14989	1	7	2	1	2131	15	2057	15	1983	26	93
2035	0	47025	0	7	1	1	2096	8	2065	13	2035	24	97
2041	0	50616	0	7	1	1	2190	7	2116	10	2041	19	93
2079	0	19734	1	7	2	1	2154	11	2117	17	2078	32	96
2106	1	43923	0	7	1	1	2156	8	2131	10	2106	18	98
2087	1	17644	0	7	1	1	2187	8	2138	10	2087	19	95
2084		25637	1	7	2	1	2205	12	2145	16	2084	29	95
2187	0	52569	1	8	1	1	2184	9	2185	11	2187	21	100
2235		53853	0	8	1	1	2140	6	2186	8	2235	16	104
2189	1	37655	0	8	1	1	2183	6	2186	11	2189	22	100
2190	1	75492	0	8	1	1	2190	6	2190	10	2190	19	100
2281	1	39605	0	8	1	1	2155	7	2216	9	2281	17	106
2305	0	24840	0	8	1	1	2155	7	2227	9	2305	18	107
2375	0	67622	0	8	1	1	2171	8	2267	12	2375	24	109
2528	1	98340	1	9	2	1	2170	15	2335	16	2528	32	116
2169	0	69810	1	9	4	1	2436	15	2307	35	2165	70	89

(metassedimentos correlacionáveis ao Complexo Sertânia).

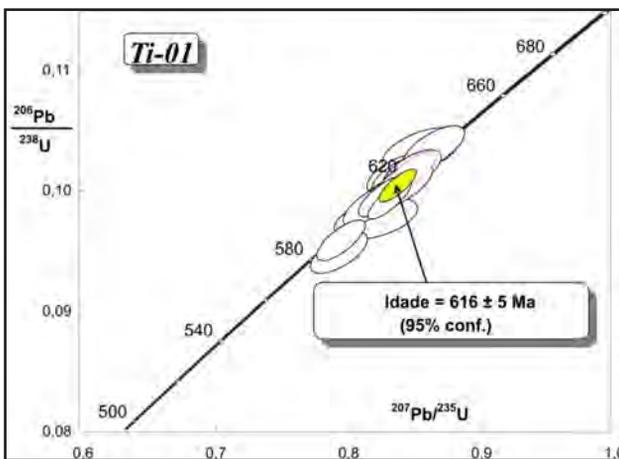


Figura 5.5 – Diagrama Concordia com pontos analisados por SHRIMP em cristais de zircão dos granitóides do Complexo Timbaúba (Guimarães et al., 2011).

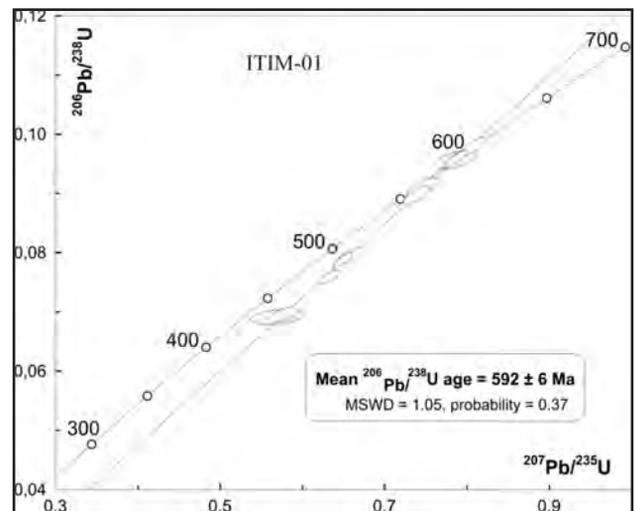


Figura 5.6 – Diagrama Concordia com pontos analisados por SHRIMP em cristais de zircão dos granitóides tipo Dona Inês (Plúton Itambé). Dados mostrados na tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Dados U-Pb em zircão por SHRIMP para os granitóides do Plúton Itambé

Grain. Spot	% $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	ppm U	ppm Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	ppm $^{206}\text{Pb}$	Age $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	Age $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	% Disc	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	±%	err corr
1,1	0,00	106	38	0,4	34,2	2049 ± 20	2051 ± 9,9	0	0,1265	6,528	0,3741	1,3	,899
1,2	0,05	566	156	0,3	47,6	602 ± 6,1	597 ± 15	-1	0,0598	0,807	0,0978	1,3	,832
2,1	0,35	46	18	0,4	12,7	1811 ± 32	1875 ± 24	3	0,1147	5,13	0,3244	2,4	,840
2,2	0,60	458	156	0,4	37,9	589 ± 6	588 ± 37	0	0,0596	0,786	0,0957	2	,535
3,2	0,05	1073	242	0,2	88,4	590 ± 5,8	588 ± 12	0	0,0596	0,787	0,0959	1,2	,883
4,1	0,24	137	46	0,3	40,5	1901 ± 24	2068 ± 16	8	0,1278	6,04	0,3429	1,7	,859
4,2	0,00	388	152	0,4	29,9	555 ± 5,8	594 ± 21	7	0,0597	0,74	0,0898	1,4	,752
5,1	0,12	90	30	0,3	28,7	2029 ± 21	2052 ± 12	1	0,1267	6,462	0,3700	1,4	,872
5,2	0,19	1193	370	0,3	98,2	589 ± 5,8	583 ± 14	-1	0,0594	0,784	0,0957	1,2	,845
6,1	0,06	216	92	0,4	66,4	1968 ± 42	2199 ± 26	11	0,1377	6,78	0,3571	2,9	,852
7,1	0,10	355	169	0,5	24,3	494 ± 5,2	604 ± 26	18	0,0600	0,659	0,0796	1,6	,669
8,1	0,10	104	35	0,4	26,3	1660 ± 21	1943 ± 26	15	0,1191	4,825	0,2937	2	,714
8,2	0,12	328	122	0,4	25,6	561 ± 6,3	584 ± 24	4	0,0595	0,746	0,0910	1,6	,724
9,1	0,10	171	123	0,7	19,6	806 ± 8,7	972 ± 23	17	0,0715	1,313	0,1332	1,6	,711
9,2	0,69	208	65	0,3	12,5	432 ± 5,1	588 ± 79	27	0,0596	0,569	0,0693	3,8	,319
11,1	0,07	1073	414	0,4	72,7	489 ± 4,9	592 ± 15	17	0,0597	0,649	0,0788	1,3	,828

Dados cortados na tabela, não foram utilizados no cálculo da idade, devido discordância > 10%



## 6 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

O arcabouço tectônico da Folha Sapé é resultante da atuação de diferentes eventos regionais desde o Paleoproterozóico até o Neógeno.

### 6.1 - DEFORMAÇÃO PALEOPROTEROZOICA

Uma fase de deformação foi identificada nos ortognaisses paleoproterozóicos do Complexo Cabaceiras e ortognaisses Fazenda Salvador. Esta fase de deformação é representada por uma foliação de alto ângulo ( $S_{n-1}$ ), com trend NNW a NNE e mergulhos variando de SSW para SSE, a qual é truncada por uma foliação de baixo ângulo  $S_2$  (Figura - 6.1a). Esta foliação não foi observada nas rochas Neoproterozoicas.

### 6.2 - DEFORMAÇÃO NEOPROTEROZOICA

A deformação brasileira é caracterizada por 03 fases de deformação dúctil ( $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ ) responsáveis por desenvolver foliação de baixo e alto ângulo, que afetam tanto o embasamento, truncando a foliação  $S_1$ , quanto os metassedimentos. Um evento tardio de natureza ductil-rúptil ( $D_4$ ), caracterizado pelo desenvolvimento de falhas e fraturas

#### 6.2.1 - Evento Deformacional $D_1$

O evento  $D_1$  foi identificado apenas nos metassedimentos dos complexos Surubim e Sertânia. O contato entre as lentes de mármore e paragnaisses e, bandas pelíticas em contato com bandas mais quartzíticas foram interpretadas como superfícies  $S_n$  de origem sedimentar.  $S_n$  foi paralelizada a  $S_1$  durante o evento dúctil  $D_1$  e posteriormente dobrada em  $D_2$ .

#### 6.2.2 Evento Deformacional $D_2$

O evento  $D_2$  é observado na maioria dos litotipos, correspondendo a uma deformação tangencial (Figura 6.6) e, encontra-se registrada em todos os litotipos a exceção dos granitos tipo Dona Inês, porém, é bem marcada nos ortognaisses do Complexo Cabaceiras (PP2cb) entre a BR-230 e Sobrado (PB) e, nos ortognaisses Fazenda Salvador próximo a Gurinhem (PB) (Figura 6.2a). Esta deformação é caracterizada por dobras apertadas a isoclinais, assimétricas (Figuras 6.1 e 6.2), com plano axial mergulhando com ângulo menor que  $50^\circ$ .

A ausência da foliação de baixo ângulo nos granitos tipo Dona Inês sugere que o término do evento deformacional  $D_2$  ocorreu antes de 592 Ma.

A foliação  $S_2$  é paralela (Figuras 6.1, 6.2, 6.3) ao plano axial das dobras  $F_2$  com mergulho variando de SE para SW, com lineação *down dip* (Figura 6.7), indicando transporte tectônico para WNW a NNE. Localmente

esta foliação pode apresentar mergulho forte devido a sobreposição de eventos deformacionais (Figuras 6.2, 6.3, 6.6). Os granitóides tipo Conceição são tardios em relação a este evento deformacional.

#### 6.2.3 - Evento Deformacional $D_3$

A fase  $D_3$  é observada na maioria dos litotipos. Este evento é caracterizado por dobras que afetam a foliação  $S_2$  (Figuras 6.2; 6.4), segundo dobras abertas com planos axiais mostrando mergulho alto ( $\sim 60^\circ - 70^\circ$ ). Esta fase de deformação foi responsável pela geração da foliação plano axial  $S_3$ , de ângulo variado (Figuras 6.6).

A geração das principais zonas de cisalhamento transcorrentes, com *trends* aproximados E-W e ENE-WSW associadas a este evento (Figura. 6.7), se destacando:

Zona de cisalhamento Timbaúba com cinemática dextral, possível continuação da Zona de Cisalhamento Coxixola, que limita a norte o Complexo Timbaúba. A idade da instalação desta zona de cisalhamento é possivelmente a mesma da intrusão do Complexo Timbaúba (619 Ma).

Zona de Cisalhamento Congo – Esta é uma zona bem definida na imagem aeromagnetométrica, com cinemática sinistral. Atravessa a folha na direção NE-SW separando os ortognaisses paleoproterozóicos dos complexos Floresta e Floresta/Cabaceiras a norte, das rochas supracrustais a sul.

Zonas de cisalhamento Itambé e Camutanga com direção NE-SW e cinemática sinistral (Figura 6.4).

Evidências de transporte tectônico para WNW (Figura 6.8) foram observadas em grande parte da folha exceto, no extremo noroeste, onde ficou evidenciado um transporte para SE (Figura 6.8). Entretanto, devido a instalação posterior e reativação das zonas de cisalhamento, as falhas de empurrão só puderam ser mapeadas no contato sul dos ortognaisses Fazenda Salvador e, ao sul de Quebec (PE).

#### 6.2.4 Evento Deformacional $D_4$

Este evento tem caráter rúptil-dúctil, sendo responsável por transposição de direção variando NNE-SSW a NE-SW (Figura 6.9a; 6.10) que ocorrem na porção NW da folha e clivagem de fratura que pode ser observada em todas as unidades mapeadas (Figura 6.5). Este evento foi responsável pelo desenvolvimento de falhas normais, observadas principalmente ao longo do Rio Paraíba entre Itabaina (PB) e Salgado ds São Felix (PB). Diques de basaltos são associados a este evento datado pelo método Ar-Ar em 525 Ma (Trindade et al., 2006). As falhas mostram direção principal ENE (Figura 6.9b) sendo associada à abertura da Bacia Paraíba.



Figura 6.2 – Dobras abertas da fase  $D_3$  (traço amarelo indica plano axial), redobrando as dobras associadas a fase  $D_2$  (eixos em vermelho).



Figura 6.3 – a) Foliação  $S_2$  paralela ao plano axial das dobras geradas em  $D_2$  nos ortogneisses do Complexo Cabaceiras (PP2cb). b) Dobras apertadas com PA sub-horizontais desenvolvidas em  $D_2$ ; c) Foliação ( $S_{n-1}$ ) de alto ângulo (linha roxa) sendo cortada pela foliação de baixo ângulo ( $S_2$  – linha preta), com transporte para NW e, sendo dobrada em  $D_3$  nos ortogneisses Fazenda Salvador (PP2ys). Tectônica rúptil associada a  $D_4$  (traço preto). Transporte para NW. d) Ortogneisses Fazenda Salvador (PP2ys) mostrando dobra recumbente (seta vermelha indica eixo) resultante do dobramento da foliação  $S_1$  na fase  $D_2$  e, fraturas da fase  $D_4$ .



Figura 6.4 – Foliação tipo S-C em paragneisses do Complexo Surubim, próximo a Quebec – PE, definindo cinemática sinistral para a Zona de Cisalhamento Camutanga.



Figura 6.5 – Granitoides intrudidos ao longo dos planos de transposição da fase  $D_4$ , nos ortogneisses Cariris Velhos.

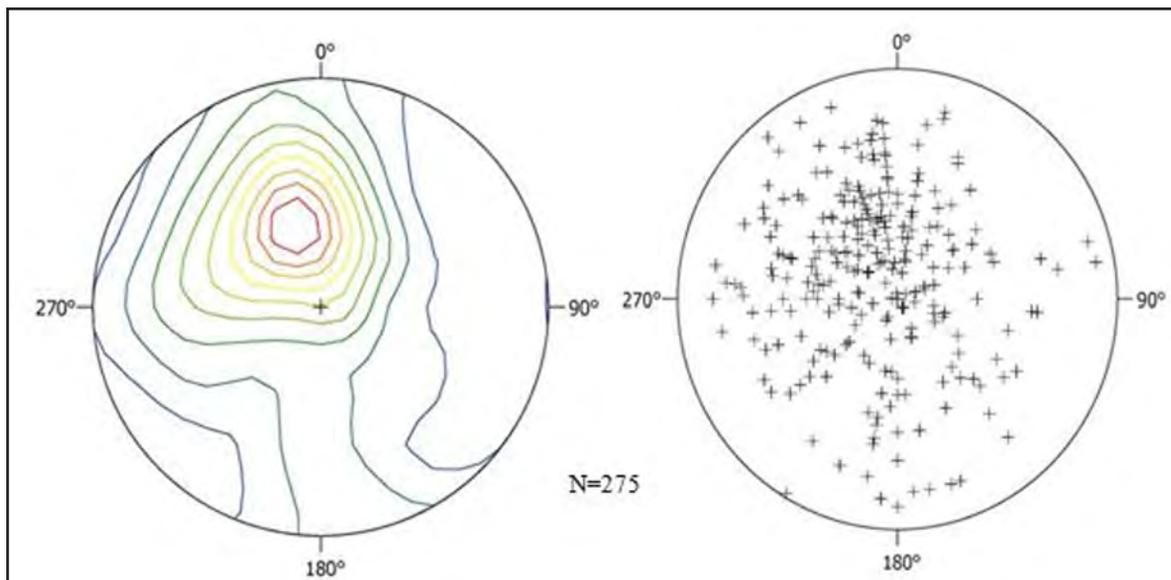


Figura 6.6 – Projeções estereográficas (equiárea e hemisferio inferior) para as foliações principais da Folha Sapé. A maior concentração dos dados ocorre na parte próxima ao centro do diagrama ( $S_2$ ) ou seja, baixos ângulos de mergulho. As foliações de alto ângulo refletem as foliações geradas em  $S_3$ .

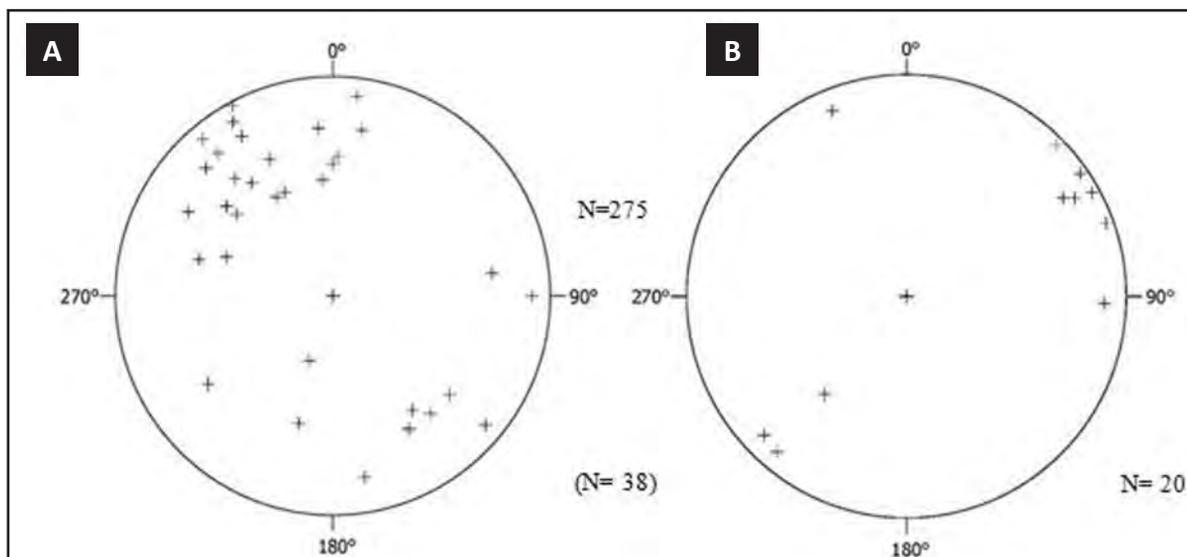


Figura 6.7 – a) Estereogramas para foliações miloníticas. (b) Lineações de estiramento da fase  $D_3$  associadas às zonas de cisalhamentos de direção E-W a NE-SW.

### 6.3 - TECTÔNICA DO FANEROZOICO

Medições de resistividade elétrica em uma área compreendida entre as cidades de Pedra de Fogo (PB) – Conde (PB) e Alhandra (PB), realizada através de pesquisa financiada pela FAPESP (Feitosa e Brito Neves, 2005) definiu uma estruturação condicionada por fraturamento/ falhamento com direções de NNE. Estes fraturamentos/falhamentos foram responsáveis por uma sucessão de blocos alternadamente alçados e rebaixados durante o Cretáceo. Os dados dos referidos autores e mais trabalho de Brito Neves et al. (2009) identificaram na Folha Sapé alçamento de blocos a norte do Rio Mumbaba, o alto de Mumbaba, um rebaixamento entre o Rio Mumbaba e o Gramame, o baixo de Mumbaba e, alçamento a sul do Rio Gramame, o Alto de Gramame.

Bezerra et al. (2008) utilizando sensoriamento remoto, incluindo Landsat ETM+, Sideways-Looking Airborne Radar (SLAR), imagem de modelo digital de elevação (SRTM) e Fotografias aéreas mapearam uma série de falhas normais com direções ENE-WSW à norte e ao sul de Itabaiana (PB). Algumas destas falhas normais são cortadas por falhas de rejeito direcionais. Datação por OSL (Optically stimulated Luminescence) em sedimentos definiram dois intervalos de idades para este evento 224-128 ka e 45 – 28 ka (Bezerra et al., 2008). Os nossos dados de campo, não identificaram as falhas como propostas por Bezerra et al. (2008). Evidências para este evento foram observadas de forma localizada, nos granitos tipo Dona Inês, na porção sudeste da folha.

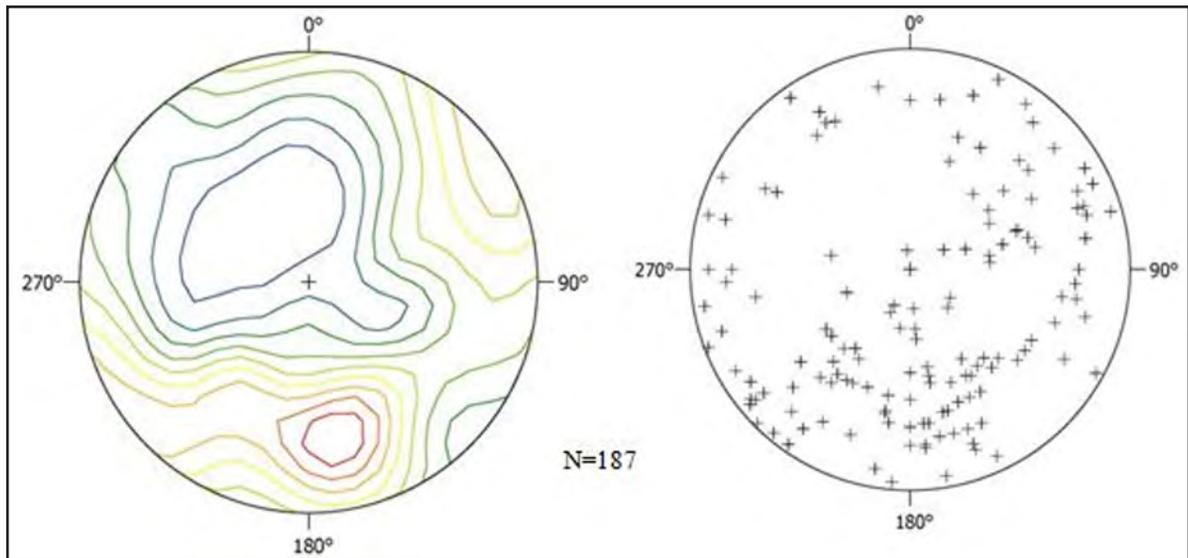


Figura 6.8 – Estereogramas para lineações. Máximos são observados próximos ao SSE a SSW do diagrama e estão associados a tectônica contracional com transporte para NW e NE.

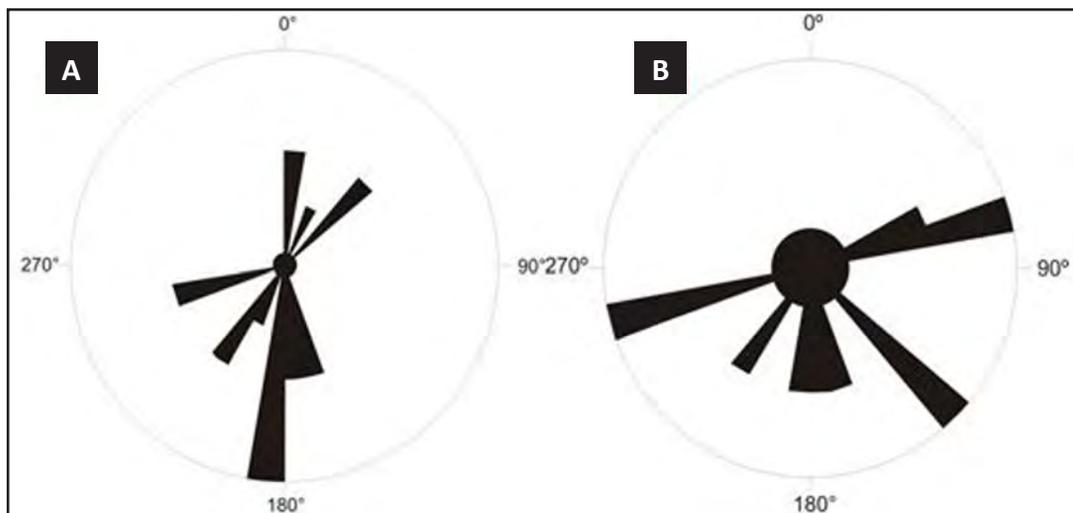


Figura 6.9 – Diagrama de rosetas para falhas (a) e fraturas em (b). As falhas mostram direções ENE sendo associadas à abertura da Bacia Paraíba. As falhas foram medidas nos ortognaisses paleoproterozóicos e mostram direção N-S e NE-SW.



Figura 6.10 – Intrusão de dique de diorito durante tectônica rúptil, afetando os granitóides do Complexo Timbaúba.



## **7 – RECURSOS MINERAIS**

### **7.1 - AREIA**

Areia constitui o recurso mineral mais importante da folha Sapé. É explorada nos depósitos elúvios – colúviais (Figura 7.1), os quais são observados em praticamente toda a folha Sapé, e nos depósitos aluvionares do Rio Paraíba. Areia tem empregos diversos sendo o maior na indústria da construção, onde desempenha função importante nos segmentos de produção de concreto e argamassas, pré-moldados de cimento, preparação de base asfáltica e na confecção de filtros para beneficiamento de água. Além disto, outros setores industriais utilizam areia como as indústrias de vidros, cristais e cimento.

As areias finas extraídas em Itambé são de excelente qualidade para utilização em indústria de peças de concreto. As principais jazidas ocorrem próximas à torre da Embratel em Itambé (PE).

### **7.2 - BRITA E PARALELO**

Extração de brita ocorre em vários locais da Folha Sapé. As maiores pedreiras, mecanizadas, estão localizadas ao longo da B-230 próximas à entrada para Gurinhem e Itambé (Figura 7.2 a e b). Nestas pedreiras observou-se que as rochas não foram afetadas por tectônica dúctil. Entretanto, outras pedreiras foram observadas ao longo da zona de cisalhamento Cruzeiro do Nordeste, as quais exploram granitóides bastante afetados por tectônica dúctil do Complexo Timbaúba (Figura 7.2c).

A extração de paralelo é feita manualmente em vários pontos do Complexo Timbaúba e do Plúton Itambé (Figura 7.2c).

### **7.3 - MÁRMORE**

Diversas lentes de mármore foram mapeadas nos municípios de Juripiranga (PE), Camutanga (PE) e Salgado de São Félix (PB). São lentes pouco espessas (20 a 70 m) que podem ocorrer de forma ligeiramente descontínua por mais de 2 km.

O relatório do Projeto Calcário no Estado de Pernambuco (1981), coordenado por R. L. Maranhão, dividiu as principais ocorrências da Folha Sapé em 03 setores: 1) Quebec (PE), cuja reserva estimada constante do relatório técnico do referido projeto é de cerca de 16,0 milhões de m<sup>3</sup>; 2) Calcário Camutanga, entre o Engenho Santo Antonio e o Sítio Arnou, incluindo a ocorrência da Fazenda Maria de Melo com reserva inferida da ordem de 31 milhões de toneladas; 3) Prolongamento do Calcário Camutanga na divisa dos estados Pernambuco e Paraíba, com mais de 800.000 m<sup>3</sup> de calcário explotável.



*Figura 7.1 – Extração de areia próxima à torre da Embratel em Itambé (PE)*

Os mármore da lente principal em Quebec, são calcíticos com teor médio de CaO de 52,47%, MgO de 0,77%, perda ao rubro de 42,82% e SiO<sub>2</sub> de 1,22% (relatório do projeto: Calcário no Estado de Pernambuco, 1981).

Os mármore de Camutanga são dolomitos calcíticos com composição média: CaO = 33,44%, MgO de 16,50%, perda ao rubro = 41,44%, SiO<sub>2</sub> = 1,95% e resíduos insolúveis = 10,77 (Projeto calcário no Estado de Pernambuco, 1981).

Os mármore do setor 3, entre o Engenho Santo Antonio e a divisa PE/PB, mostram composição média de CaO = 41,43%, MgO de 7,54%, perda ao rubro = 39,37% e resíduos insolúveis = 10,27 (Projeto calcário no Estado de Pernambuco, 1981).

### **7.4 - URÂNIO**

Uma ocorrência de urânio foi estudada pela Nuclebrás no município de Cajá (PB). Maiores informações não foram obtidas, incluindo a localização exata da ocorrência. Entretanto, segundo informações verbais de Adejardo Francisco Silva Filho que trabalhou neste projeto, e do Geólogo do CRCN, Dr. Ebenezer Moreno, as anomalias ocorrem em albititos.

### **7.5 - ROCHA ORNAMENTAL**

Tentativas para extração de rochas foram feitas, na Serra do Boqueirão, na estrada que liga Itabaiana à BR-230. Entretanto, a pedreira encontra-se desativada.

Rochas escuras com potencial para rocha ornamental ocorrem como diques com espessura de até 15 m de largura (Figura 7.3), no município de Timbaúba, parte sul da folha. Entretanto, alguns destes diques são explorados como brita.



Figura 7.2 – Diversas explorações de brita na Folha Sapé. a) e b) exploração dos ortognaisses Salvador (PP2ysal) na BR 230 e plúton Itambé respectivamente. c) exploração de brita e paralelo na borda norte do Complexo Timbaúba próximo a Camutanga (PE). Observar a deformação dúctil da rocha associada ao evento  $D_3$ .

## 7.6 - FERRO

A ocorrência de ferro na Folha Sapé esta restrita a pequena lente com espessura de 20 a 30 cm encaixada nos ortognaisses do Complexo Floresta, na rodovia PB-12, em corte de estrada na entrada da sede do município de Itabaiana.

## 7.7 - CHUMBO E BÁRIO

Ocorrência de galena e barita ocorre associada a pegmatitos que cortam o Complexo Timbaúba. A exploração encontra-se abandonada.

## 7.8 - ÁGUA MINERAL

Os registros de licenciamento para água mineral junto ao DNPM na Folha Sapé, em numero de cinco, estão localizados no município de Santa Rita (PB). Uma das areas licenciadas na Folha Sapé esta em fase de lavra e comercialização.

## 7.9 - LATERITAS E ARGILA

Esta unidade constitui a Unidade Pedoestratigráfica Engenho Novo (UPEN) de Brito Neves et al. (2005) que identificaram nesta unidade 03 horizontes de crosta laterítica com o horizonte do topo com até 3 m de espessura, incluindo argila, quartzo, ferroargila; um horizonte intermediário com ate 2 m de espessura de acumulação iluvial, com concentração de ferro residual e, rochas do embasamento cristalino alterado em diversos graus, na base. Esta unidade tem ampla distribuição na folha Sapé. Esta unidade não foi cartografada, por se tratar de solo, apenas as áreas lateritizadas foram cartografadas e mostradas na Figura 7.4. Em alguns locais, esta unidade pode se encontrar recoberta por capa de calcedônia com cerca de 20 a30 cm de espessura. A melhor exposição desta capa de calcedônia é observada próxima a cidade de Itambé (Figura 7.5 a, b).

Em vários locais da folha, argilas são exploradas. A maior destas extrações é observada Em Marcação (Figura 7.6)



Figura 7.3 – Sienito escuro com potencial para rocha ornamental. Afloramento SP-327.

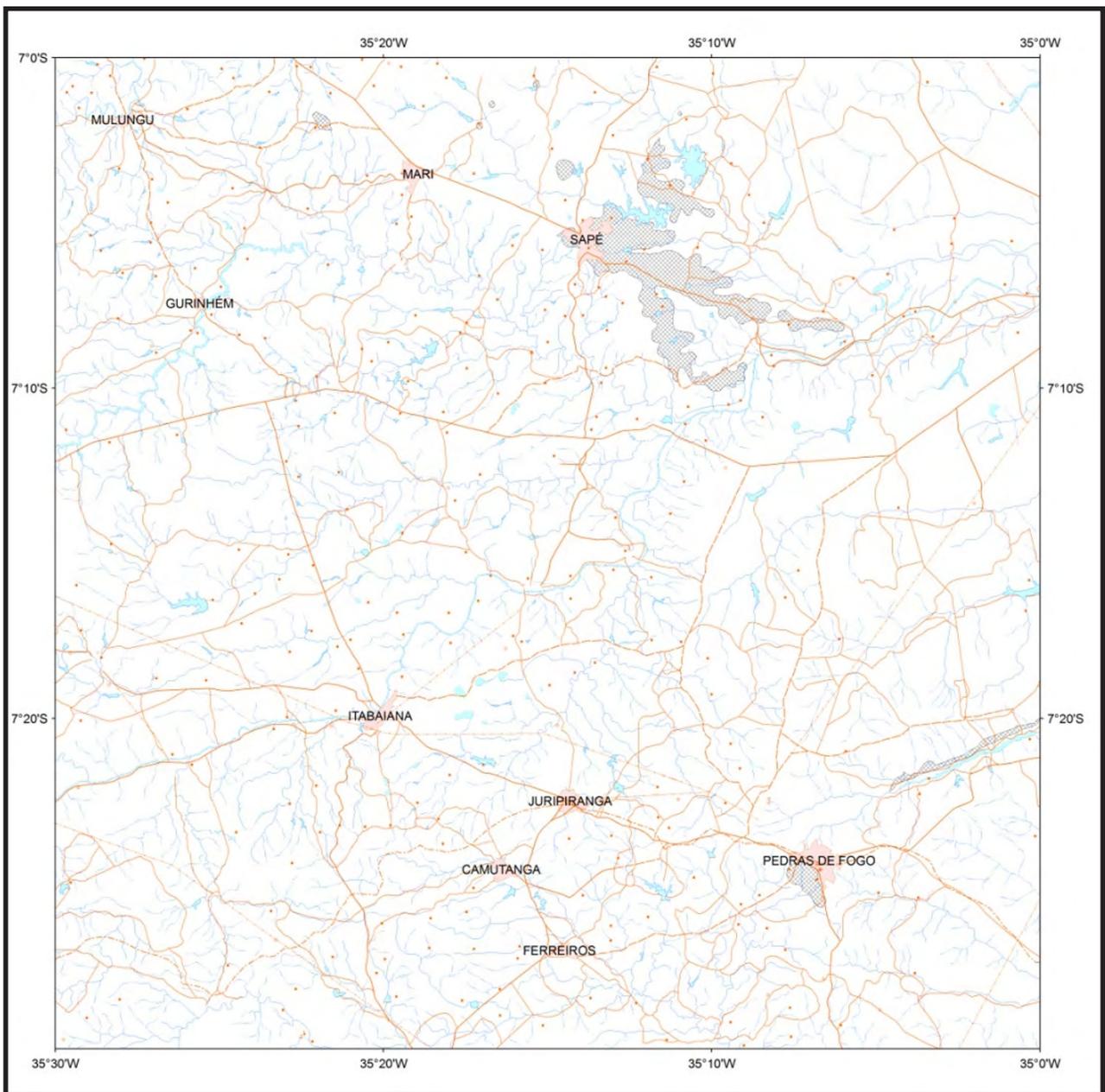


Figura 7.4 – Folha Sapé com a localização dos principais depósitos de lateritas (1).

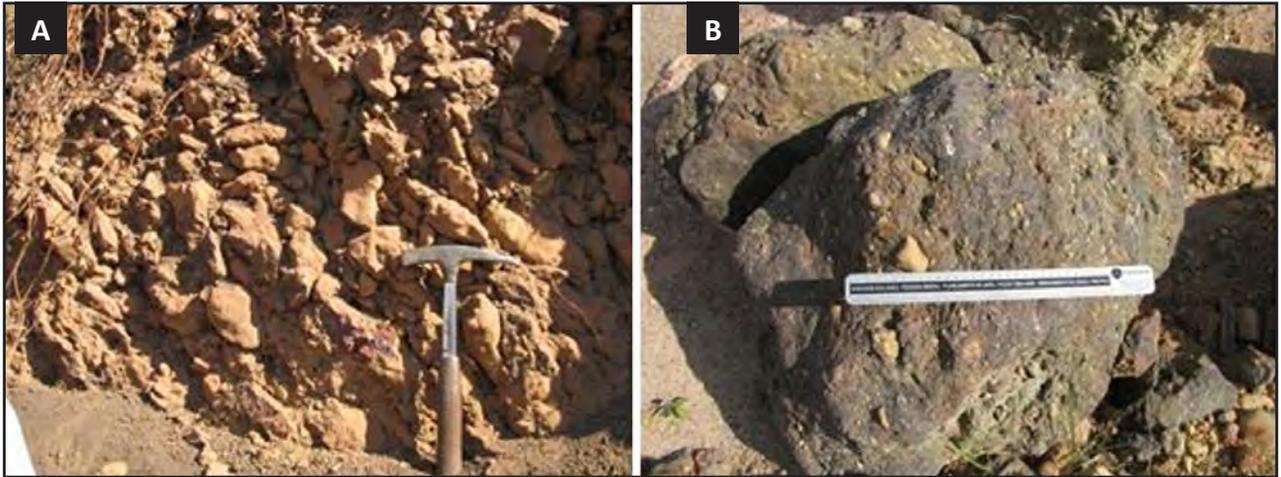


Figura 7.5 a) e b) – Aspectos da crosta laterítica próximo a: a) Mari (PB) e b) Itambé (PE).

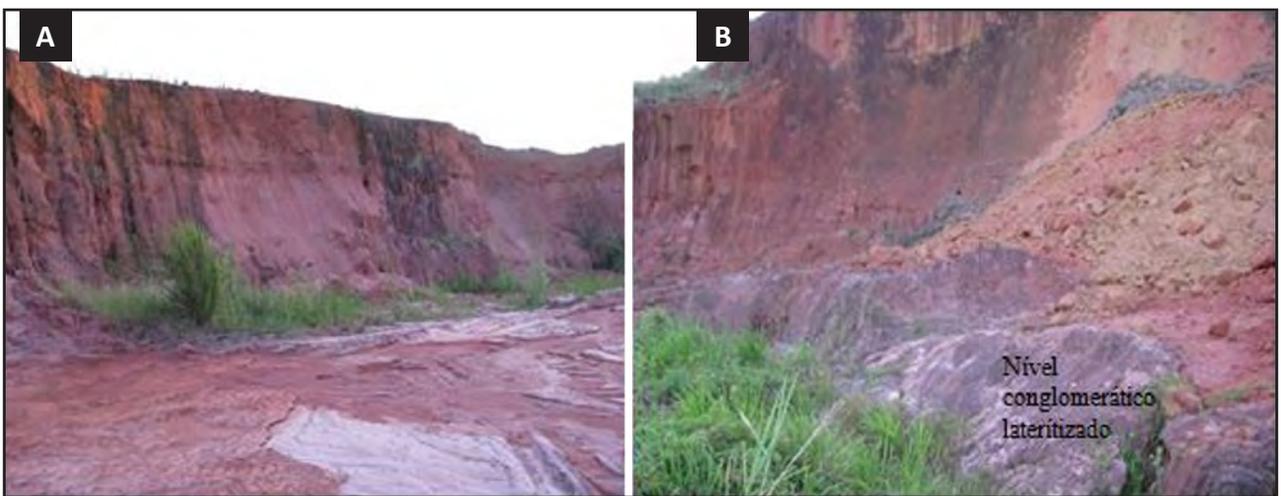


Figura 7.6 a, b – Exploração de argila no Engenho Marcação em Itambé – PE. Em b) nível conglomerático lateritizado ocorre na base do nível mais argilosos, com seixos de quartzo

## **8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

### **8.1 - SÍNTESE**

Geotectonicamente a Folha Sapé, esta inserida no Domínio Central ou da Zona Transversal da Província Borborema. Cerca de 20% da Folha Sapé compreende os sedimentos da Bacia Paraíba, sub-bacia Alhandra, e os sedimentos colúvios - aluvionais de idade neogênica.

Compreende 1 ortognaisses paleoproterozoicos, com composição variando de tonalito, granodioritoe granito contendo enclaves dioríticos e lentes de rochas ultramáficas, anfíbolitos e granada piroxenitos, correlatos aos complexos Florestae Cabaceiras; 2) paragnaisses correlatos aos complexos Surubim, Sertânia e São Caetano; 3) metagranitoide Cariris Velhos cortados por magmatismo granítico Brasileiro; 3) Magmatismo Brasileiro com idade de 616 Ma e 581 Ma.

As unidades mapeadas na Bacia Paraíba incluíram exposições da Formação Beberibe e raras ocorrências da Formação Itamaracá. Estas formações correspondem à sequência transgressiva superior de idade Turoniano superior a Maastrichtiano superior. Estas formações encontram-se parcialmente recobertas por depósitos colúvio-eluviais, de idade Neogênica, compreendendo areias inconsolidadas, grossas a médias, com conglomerados angulosos na base. Estes sedimentos recobrem parcialmente o embasamento.

Apenas uma fase de deformação possivelmente pré-Brasílica ( $D_{n-1}$ ) foi identificada na Folha Sapé, restrita aos gnaisses paleoproterozoicos sendo caracterizada por foliação de alto ângulo, cortada pela foliação de baixo ângulo associada a  $D_1$ .

A área foi bastante retrabalhada durante a orogênese Brasileira, tendo sido identificadas 03 fases de deformação dúctil: 1)  $D_1$  desenvolveu foliação paralela a  $S_0$ , observada nos contatos dos mármore com paragnaisses; 2)  $D_2$  caracterizada pelo desenvolvimento de dobras apertadas recumbentes e foliação de baixo ângulo, mostrando transporte tectônico com vergência variando de NNW para NNE; 3)  $D_3$  responsável pelo dobramento da foliação  $S_2$ , sendo responsável pela geração de foliação plano axial ( $S_3$ ) e, geração de zonas de cisalhamentos transcorrentes de direção E-W a ENE-WSW. A fase  $D_4$  tem caráter rúptil-dúctil, sendo responsável por transposição de direção NW-SE que ocorrem na porção NW da folha e clivagem de fratura que pode

ser observada em todas as unidades mapeadas. Falhas associadas à abertura da Bacia Paraíba e falhas de idade quaternária foram identificadas na Folha Sapé, com direções variadas dominando as de direção NW-SE.

### **8.2 - RECOMENDAÇÕES**

Nesta área, os principais recursos minerais são: areia, extração de brita e paralelo e mármore.

Areia branca de excelente qualidade ocorre extensivamente na folha e deveria haver um maior incentivo e controle do meio ambiente para exploração das mesmas. Observa-se que as empresas de médio porte que atuam na área, não parecem ter o cuidado necessário com a preservação do meio ambiente. Isto fica mais visível na região de Itambé, onde áreas não são recuperadas após a retirada da areia.

No caso de pedreiras para produção de brita, deveria haver um controle de qualidade. Neste caso se faz necessário a presença do DNPM, para incentivar a produção de brita em áreas não afetadas por cisalhamento, evitando assim o uso de brita em construções de grande porte que possam a vir desenvolver reação álcali – agregado.

As grandes depressões resultantes da extração de rochas ornamentais e britas poderiam ser utilizadas como pequenos reservatórios de água ou, como viveiros para criação de peixes e camarões.

As ocorrências de mármore na Folha Sapé, devido aos elevados teores de magnésio observado na maioria das lentes, não podem ser utilizadas na indústria cimenteira. Entretanto, o mármore aflorante na Folha Sapé pode ser usado como corretivo de solo e fabricação de cal.

Hoje, toda a exploração de mármore na Folha Sapé encontra-se paralisada. É importante a retomada da exploração destas rochas, para geração de empregos na região. Incentivo para implantação de pequenas fábricas é muito importante para o desenvolvimento humano da região, principalmente do Distrito de Quebec, Município de Camutanga, com uma população de mais de 1.000 habitantes.

As regiões elevadas das serras na porção SW da folha possuem acesso relativamente fácil e beleza natural. Estas serras poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento do turismo ecológico na região.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accioly, A.C.A., 2000. Geologia, geoquímica e significado tectônico do Complexo metanortosítico de Passira, Província Borborema, Nordeste do Brasil. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 168p.
- Almeida, C.N.; Beurlen, H.; Guimarães, I.P.; Sampaio, A.S.S., 1997. High pressure metamorphosed Fe-Ti ore hosting island-arc tholeiites at Itatuba (Paraíba) as an indication of a proterozoic suture in the Pajeú-Paraíba fold belt Borborema Province, Northeastern Brazil. *International Geology Review*, 30: 578-588
- Almeida, C.N.; Guimarães, I.P.; Beurlen, H.; Töptisch, W., 2005. Evidências para uma zona de sutura Transamazônica na Província Borborema, Nordeste do Brasil: os retroeclogitos da Faixa de Dobramentos Pajeú - Paraíba. In: XXI Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife. Resumos Expandidos, 19, 47-51.
- Almeida, C.N.; Guimarães, I.P.; Beurlen, H.B.; Topitsch, W.M.; Morais, D.F. 2009. Evidências de metamorfismo de alta pressão na Faixa de dobramentos Pajeú – Paraíba, Província Borborema, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*.
- Almeida, F.F.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R., 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste; 8, Resumos, p.363-391.
- Arndt, J.G.; Naldrett, A.J.; Pike, J., 1977. Komatiitic and iron-rich tholeiitic lavas of Munro Township, Northeast, Ontario. *Journal of Petrology*, 18:319-360.
- Asmus, H.E. & Porto, R., 1972. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. XXVI Cong. Brasileiro de Geologia. Belém. Anais, 1: 67-90.
- Baker, A. J. 1986. Eclogitic amphibolites from the Garimpam Moines. *Mineral Mag.*, 50:217-221.
- Barbosa, A.J.; Braga, A.P.G., 1974. Projeto leste da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Relatório final integrado, Folhas SB.25-V-C e SB.25-A. Recife: DNPM-CPRM. Vol. 4.
- Barbosa, J.A.; Souza, E.M.; Lima Filho, M.; Neumann, V.H., 2003. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. *Estudos Geológicos*, 13: 89-108.
- Barbosa, J.A., 2004. Evolução da Bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Geociências UFPE. 230p.
- Barbosa, J.A. & Lima Filho, M., 2006. Aspectos estruturais estratigráficos da Faixa Costeira Recife – Natal: Observações em dados de poços. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 14(2) 287-306.
- Barbosa, J.A., 2007. A deposição carbonática na faixa costeira Recife – Natal, NE do Brasil: Aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geociências UFPE. 270p.
- Beurlen, K. 1967. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife – João Pessoa. *Boletim de Geologia*. São Paulo. 16(1): 151-158.
- Beurlen, H., 1988. Fazenda Esperança (Bodocó) e Riacho da Posse (Floresta): duas ocorrências atípicas de Fe-Ti no Estado de Pernambuco. Tese para Professor Titular. UFPE, 72pp.
- Beurlen, H.; Lira, R.J.B., 1988. Bodocó and Floresta: Two atypical Fe-Ti occurrences in Northeast Brazil. In anais do VII Congresso Latino Americano. Belem, Pará, vol. 1: 185-200.
- Beurlen, H.; Da Silva Filho, A.F.; Guimarães, I.P.; Brito, S.B., 1992. Proterozoic C-type eclogites hosting unusual Ti-Fe±Cr±Cu in northeastern Brazil. *Precambrian Research*, 58:195-214.
- Bezerra, H.R.; Brito Neves, B.B.; Corrêa, A.C.B.; Barreto, A.M.F.; Suguio, K., 2008. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin – The Cariatá trough, northeastern Brazil. *Geomorphology*. 97, 555-582.
- Bittar, S.M.B., 1999. Faixa Piancó - Alto Brígida: terrenos tectono-estratigráficos sob regimes metamórficos deformacionais contrastantes. PhD Thesis, São Paulo University. 126p.
- Black, R., Latouche, L., Ligóis, J.P., Caby, R., Bertrand, J.M. 1994. Pan-African displaced terranes in the Tuareg Shield (central Sahara ). *Geology*, 22:641-644.
- [Bocchio, R.](#); [Mottana, A.](#), 1975. Trace-element abundances of iron-rich eclogites, with implications on the geodynamical evolution of the Voltri Group (Penninic Belt). *Chemical Geology*. 15, 273-283
- Brasilino, R.G.; Miranda, A.W.A.; Medeiros, W.C., 2008. Reavaliação litoestratigráfica do Complexo Vertentes entre as cidades de Vertentes e Santa Cruz do Capibaribe. 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba. Anais, p.985.
- Brito Neves, B.B., 1983. O mapa geológico do Nordeste Oriental do Brasil, escala 1/1.000.000. Livre Docência Thesis, University of São Paulo, São Paulo, Brazil. 177p.
- Brito Neves, B.B.; Riccomini, C.; Fernandes, T.M.G.; 1999. O sistema tafrogênico do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado proterozóico. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos da SBG. Lençóis – BA. Abstracts. 21-24.
- Brito Neves, B.B.; Santos, E.J.; Van Schmus, W.R., 2000. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho,

- A.; Campos, D.A. (Eds.): The tectonic history of the Borborema Province. Tectonic Evolution of the South American Continent Rio de Janeiro, 38th Inter. Geol. Cong, pp. 151–182.
- Brito Neves, B. B. ;[Sato, K.](#), 2001. Marcos cronogeológicos da evolução do embasamento pré-Ordoviciano da Plataforma Sul-Americana-avaliação para o final do ano 2000. IG. Série B, Estudos e Pesquisas, Recife-UFPE, 11: 01-25.
- Brito Neves, B.B.; Campos Neto, M.C.; Van Schmus, W.R.; Fernandes, T.M.G.; Souza, S.L., 2001. O Terreno Alto Moxotó no leste da Paraíba (Maciço Caldas Brandão). Revista Brasileira Geociências, 31, 185-194.
- Brito Neves, B. B. ; Schmus, W. R. V. ; Fetter, A. 2002. North-western Africa-North-eastern Brazil. Major tectonic links and correlation problems. Journal of African Earth Sciences, The Netherlands, 34: 275-278.
- Brito Neves, B.B.; Riccomini, C.; Fernandes, T.M.G.; Sant'Anna, L.G., 2004. O sistema tafrogênico do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado proterozóico. Revista Brasileira Geociências, 34, 127-135.
- Brito Neves, B.B.; Araujo Filho, J.C., Bezerra, F.H.R.; Correa, A.; Bezerra, A.M., 2005. A unidade Pedoestratigráfica de Engenho Novo no Leste da Paraíba (Saliente Oriental Nordestino). In: XXI Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife, Bol. de Resumos expandidos, 204-207.
- Brito Neves, B. B. &[Santos, E. J.](#) 2006. Post Rhyacian/ Early Cryogenian of Northeast of South America: Contribution for the unraveling a multifarious history. In: V South American Symposium on Isotope Geology, 2006, Punta de Leste. Short Papers V- SSAGI - South American Symposium on Isotope Geology. Punta del Leste : Facultad de Agronomia/ Facultad de Ciencias- Universidad de la Republica/ UNESCO, 1: 61-64.
- Brito Neves, B.B.;Albuquerque, J.P.T.; Coutinho, J.M.V.; Bezerra, F.H.R., 2009. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da sub-bacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). Geologia USP – Série Científica. 9 (2), 63-87
- Caldasso, A.L.S., 1968. Geologia da quadricula E-088, Folha São João do Cariri, PB, Brasil. Serviço Geológico Regional, SUDENE, Recife, Bol. 10, 56p.
- Córdoba, V. C.; Jardim de Sá, E. F.; Souza, D.C.; Antunes, A. F., 2007. Bacia de Pernambuco – Alagoas. Boletim de Geociências da Petrobrás, 15 (2): 391-403.
- Costa, A.C.; Mendes, V.A.; Rocha, D.E.G.A.; Andrade, D.A., 1980. Projeto Extremo Nordeste do Brasil. Relatório Final. Recife, DNPM/CPRM.
- Cortesogno, L.; Ernst, W.G.; Galli, M.; Messiga, B.; Pedemonte, G.M.; Picardo, G.B., 1977. Chemical petrology of eclogitic lenses in serpentinite, Grupo di Voltri, Ligurian Alps. *J.Geol.*,85:255-277.
- Dantas, E.L.; Hackspacher, P.C.; Van Schmus, W.R.; Brito Neves, B.B., 1998. Archean accretion in the São José do Campestre Massif; Borborema Province; Northeast Brazil. Revista Brasileira de Geociências, 28: 221-228.
- Davison; I., 1987. Acreção de terrenos e colisão oblíqua do Proterozóico Superior na Faixa Sergipana. In: I SNET; Boletim de Resumos. 87-89.
- Davison, I.; Santos, R.A., 1989. Tectonic Evolution of the Sergipano Fold Belt; NE Brazil; during the Brasiliano Orogeny. *Precambrian Research*, 45: 319-342.
- Droop, G.T.R.; Lombardo B. & Pognante, U. 1990. Formation and distribution of eclogite-facies rocks in the Alps. In: CARSWELL, D.A. (ed). *Eclogite-facies rocks*, Blackie, Glasgow, pp 225-259.
- Eby, G.N.; 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20: 641-644
- Engvik; A.K.; Andersen; T.B.; 2000. Evolution of Caledonian deformation fabrics under eclogite and amphibolite facies at Vardalsneset; Western Gneiss Region; Norway. *Journal of Metamorph. Geol.*, 18:241-257.
- Ernst, W.G., 1976. Mineral chemistry of eclogites and related rocks from the Voltri Group; Western Liguria; Italy; *Schweiz. Miner. Petrogr. Mitt.*, 56: 293-243.
- Ernst, W.G.; Maruyama, S.; Wallis, S., 1997. Buoyancy-driven rapid exhumation of ultra-high pressure metamorphosed continental crust. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 94:9532-9537
- Fernandes, T.M.G., 1997. Estudos Geológicos e Geocronológicos complementares na parte sul do Maciço Caldas Brandão – PB. Dissertação de Mestrado UNESP, Rio Claro SP.
- Ferreira, C.A. & Santos, E.J., 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Jaguaribe SE. Folha SC.24-Z. Estados do Ceará; Rio grande do Norte; Paraíba e Pernambuco. Escala 1:500.000. Geologia e metalogênese. Recife CPRM. CD-ROM.
- Feitosa, E.C., 1976 – Reconhecimento Geofísico por Eletroresistividade da Bacia Sedimentar Costeira PE/PB/RN: Area A do contrato CONESP/OESA. Relatório Inédito, Recife.
- Frost; B.R.; Barnes, C.; Collins, W.; Arculus, R; Ellis, D.; Frost, C., 2001. A chemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42(11): 2033 – 2048.
- Frost, B.R. & Lindsley, D.H., 1991. The occurrence of Fe-ti oxides in igneous rocks. In: Lindsley, D.H. (ed). *Oxides minerals petrologic and magnetic significance*. Mineralogical Society of America. *Reviews in Mineralogy*. 25:433-489.

- Gava, A. & Lima, M.I.C., 1988. Evolução geológica policíclica na região de Floresta-PE. 34º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, 2: 793-809.
- Gomes, H., 2001. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco, Escala 1:500.000. Brasília, CPRM. Texto Explicativo. 198p.
- Guimarães, I.P.; Da Silva Filho, A.F.; Almeida, C.N.; Van Schmus, W.R.; Araújo, J.M.M.; Melo, S.C.; Melo, E.B., 2004. Brasileiro (Pan-African) granitic magmatism in the Pajeú- Paraíba belt; northeast Brazil: an isotopic and Geochronological approach. *Precambrian Research*, 135: 23-53.
- Guimarães, I.P.; Brito Neves, B.B., 2004. Geochemistry characterization of part of the Early Neoproterozoic plútonism in the Central Structural Domain of the Borborema Province; NE Brazil. In: *Proceedings of the 32nd International Geological Congress; International Union of Geological Sciences; Firenze*.
- Guimarães, I.P.; Silva Filho, A.F.; Araújo, D.B.; Almeida, C.; Dantas, E., 2009. Trans-alkaline magmatism in the Serrinha–Pedro Velho Complex, Borborema Province, NE Brazil and its correlations with the magmatism in eastern Nigeria. *Gondwana Research* 15, 98–110.
- Guimarães, I.P.; Silva Filho, A.F.; Almeida, C.N.; Macambira, M.B.; Armstrong, R., 2011. U/Pb SHRIMP data constraints on calc-alkaline granitoids with 1.3-1.6 Ga Nd TDM model ages from the central domain of the Borborema province; NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 31;383 -396.
- Guimaraes, I.P.; Van Schmus, W.R., Brito Neves, B.B., Bittar, S.M.B., Silva Filho, A.F., Armstrong, R., 2012. U–Pb zircon ages of orthogneisses and supracrustal rocks of the Cariris Velhos belt: Onset of Neoproterozoic rifting in the Borborema Province, NE Brazil. *Precambrian Research* 192– 195, 52– 77.
- Haq, B.U.; Hardenbol, J.; Vail, P.R., 1998. Mesozoic and cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In *Wilgus; C.K.; Hastings; B.S.; Posamentier; H.W.; Van Wagoner; J.C.; Ross; C.A.; Kinsall; C.G.S.G. (Ed.). Sea-level changes: an integrated approach. Houston: Society of economic Paleontologists and Mineralogists. P. 71-108 (SEPM. Special Publication; 42)*
- Irvine, T.N.; Baragar, W.P.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8:523-548.
- Jardim de Sá, E.F., 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema; NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências; Universidade de Brasília; 803pp.
- Jardim de Sá, E.F.; Cruz, L.R.; Almeida, C.B.; Medeiros, W.E.; Moreira, J.M.E.; Figueiredo, E.M., 2004. Tectonica pós rifte na Sub-Bacia da Paraíba, NE do Brasil. In: 42 Congresso Brasileiro de Geologia. Resumos em CD-ROM.
- Kegel, W., 1955. Geologia do fosfato de Pernambuco Boletim 157; Divisão de Geologia e Mineração; DNPM. 54p.
- Kozuch, M.; Van Schmus, W.R.; Brito Neves, B.B., 1997. Ages and isotope geochemistry of two pre-Brazilian magmatic events in the Borborema Province. In *South American Symposium on Isotope Geology. Campos do Jordão – São Paulo. Extended Abstracts: 157-160*
- Kozuch, M.; 2003. Isotopic and trace element geochemistry of early Neoproterozoic gneissic and metavolcanic rocks in the Cariris Velhos orogen of the Borborema Province; Brazil and their bearing tectonic setting. PhD thesis; Kansas University; USA; 199p.
- Leite, P.R.B.; Bertrand, J.M.; Lima, E.S.; Leterrier, J., 2000. Timing of granitic magmatism in the northern Borborema Province; Brazil: a U-Pb study of granitoids from the Alto Pajeú Terrain. *Journal of South American Earth Sciences*, 13: 549-559.
- Le Maitre, R.W., 1989. A classification of Igneous rocks and glossary of terms. Oxford, Blackwell Editora.
- Lima, M. I. C.; Gava, A.; Fernandes, P.E.C.A.; Pires, J.L.; Siga Jr, O., 1985. Projeto ferro titanado de Floresta. Salvador: Minérios de Pernambuco/RadamBrasil. v.1
- Lima Filho, M.F. & Souza, E.M., 2001. Marco estratigráfico nos arenitos calcíferos do Campaniano da Bacia Paraíba: estratigrafia e significado paleoambiental. In: *Simpósio de Geologia do Nordeste; Natal . Bol. de Resumos* 17; 87-88.
- Mabessone, J.M. & Alheiros, M.M., 1988. Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco – Paraíba. *Revista Brasileira de Geociências* 18(4): 476-482.
- Maniar P.D.; Piccoli; P.M.; 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.*; v.101; pp. 635-643.
- Mariano, G.; Neves, S.P.; Da Silva Filho, A.F.; Guimarães, I.P., 2001. Diorites of the high-K calc-alkalic Association: Geochemistry and Sm-Nd data and Implications for the evolution of the Borborema Province; Northeast Brazil. *International Geology Review*; v. 43: 921 – 929.
- Medeiros, V.C. & Torres, H.H., 1999. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Sumé. Folha SB-24-Z-D-V. Escala 1:100.000. Brasília. CPRM 88p.
- Melo, A.A. & Siqueira, L.P., 1970. Novas considerações sobre o Pré-Cambriano de Pernambuco Oriental. IN: *XXIV Congresso Brasileiro de Geologia; Brasília. Resumo de Comunicações. 194-197.*
- Messiga, B.; Tribuzio, R.; Vanucci, R., 1991. Mafic and ultramafic pods with eclogitic relicts from the proterozoic Nagssutoqidian mobile belt of east Greenland. *Lithos*; 25:101-118.
- Messiga, B.; Piccardo, G.B.; Ernst, W.G., 1983. High pressure Eo-Alpine parageneses developed

- in magnesian metagabbros; Voltri Group; western Liguria; Italy. *Contrib. Mineral. Petrol.*; 83:1-15.
- Middlemost, E.A.K., 1997. *Magmas; Rocks and Planetary Development*. Longman; Harlow; 299p.
- Mottana, A.; Carswell, D.A.; Chopin, C.; Oberhänsli R., 1990. Eclogite facies mineral parageneses. In: D.A. Carswell (editor): *Eclogite facies rocks*; Blackie; Glasgow and London; cap. 2; 14-52.
- Muniz; G.B.; 1993. *Novos Moluscos da Formação Gramame; Cretáceo Superior dos estados da Paraíba e Pernambuco; Nordeste do Brasil*. Departamento de Geologia; UFPE. Publicação especial 1; 202p.
- Nakamura, N., 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*; 38: 757-775.
- Neves, S.P. & Mariano, G. 1997. High-K calc-alkalic plútons in Northeast Brazil: Origin of the biotite diorite/ quartz monzonite to granite association and implications for the evolution of the Borborema Province. *International Geology Review*; 39:621-638.
- Neves; S.P. & Mariano; G., 1999. Assessing the tectonic significance of a large-scale transcurrent shear zone system: the Pernambuco lineament, northeastern Brazil. *Journal of Structural Geology*; 21:1369-1383.
- Neves, S.P.; Mariano, G.; Guimarães, I.P. ; Da Silva Filho, A.F. ; Melo, S.C.; 2000. Intra lithospheric differentiation and crustal growth : evidence from the Borborema Province; northeastern Brazil. *Geology* 28 :519-522
- Neves, S.P., 2003. Proterozoic history of the Borborema province (NE Brazil): correlations with neighboring cratons and Pan-African belts and implications for the evolution of western Gondwana. *Tectonics*; 22(4); doi: 10.1029.
- Neves, S.P.; Bruguier, O.; Vauchez, A.; Bosch, D.; Da Silva, J.M.R.; Mariano, G., 2006. Timing of crust formation; deposition of supracrustal sequences; and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco belt (Borborema Province; NE Brazil): Implications for western Gondwana assembly. *Precambrian Research*; 149: 197-216.
- Neves, S.P.; Bruguier, O.; Da Silva, J.M.R.; Bosch, D., 2008. Idades U-Pb de zircões detríticos em rochas metassedimentares de diferentes setores da Província Borborema: Deposição Neoproterozoica; metamorfismo Brasiliano. 44º Congresso Brasileiro de Geologia. p.20.
- Neves, S.P.; Bruguier, O.; Da Silva, J.M.R.; Bosch, D.; [Alcantara, V.C.](#); Lima, C.M., 2009. The age distributions of detrital zircons in metasedimentary sequences in eastern Borborema Province (NE Brazil): Evidence for intracontinental sedimentation and orogenesis?. *Precambrian Research*, 187: 205.
- Neves, S.P. & Alcantara, V., 2010. Geochemistry of orthogneisses and metasedimentary rocks across a proposed terrane boundary in the Central Domain of Borborema Province; NE Brazil: geodynamic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 498-511.
- Pearce, J.A.; Gorsman, B.E.; Bickert, T.C., 1975. The  $TiO_2$ - $K_2O$ - $P_2O_5$  diagram: a method of discriminating between oceanic and non-oceanic basalts: *Earth Planetary Sciences Letter*; 24: 2431-2438.
- Pearce, J.A. & Gale, G.H., 1977. Identification of ore-deposition environment from trace element geochemistry of associated igneous host rocks. *Geol. Soc. Spec. Publ.*; 7: 14-24.
- Pearce, J. & Norry, M.J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contribution to Mineralogy and Petrology*. 69: 33-47.
- Pearce, J., 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In Hawkesworth C.J. & Norry, M.J. (eds) *Continental basalts and mantle xenoliths*. Shiva, Nantwich. 230-249.
- Pearce, J.; Harris, N.B.W.; Tindle, A.D., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*; 25: 956-983.
- Pearce, J., 1996. Sources and setting of granitic rocks. *Episodes* 19; 120-125
- Peccherillo, A. & Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kasmonu area; northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58: 63-81
- Projeto Calcário no estado de Pernambuco- 1981. Relatório Final do Projeto- Vols. 1 e 3 – Execução E.M. Vasconcelos para o Governo do estado de Pernambuco; SICM – Minérios de Pernambuco S/A. Responsável Técnico – Ricardo J. L. Maranhão.
- Santos, E.J., 1971. Síntese da Geologia precambriana da Folha Arcoverde Pernambuco. Recife. SUDENE 33p. (inédito).
- Santos; E.J., 1977. O modelo de evolução precambriana da região de Arcoverde; Pernambuco. In: VIII Simpósio de Geologia do Nordeste. Campina Grande. P.499
- Santos, E.J. & Brito Neves, B.B., 1984. Província Borborema. In: Almeida, F.F. & Yociteru, H., *O Precambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blucher, 123-186.
- Santos, E.J., 1995. O complexo granítico Lagoa das Pedras: Acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco) Província da Borborema. Doctor Thesis; Universidade de São Paulo; 220p.
- Santos; E.J.; Van Schmus; W.R.; Brito Neves; B.B., 1994. Investigação geocronológica U/Pb e Sm/Nd em

- zona de colisão múltipla de arcos na região de Floresta (PE), Faixa Pajeú – Paraíba, Província Borborema. In: 39 Congresso Brasileiro de Geologia Anais : 247-249.
- Santos E.J. & Medeiros; V.C., 1998. New insights on Grenville-age and Brasiliano granitic-plutonism of the Zona Transversal, Borborema Province, NE Brazil. In: 10 Congresso Latino Americano de Geologia Y Congresso Nacional de Geologia Economica, Buenos Aires. ACTAS 2: 427-432.
- Santos E.J. & Medeiros; V.C., 1999. Constraints from granitic plutonism on Proterozoic crustal growth of the Transverse Zone; Borborema Province; NE Brazil. Revista Brasileira de Geociências, 29: 73 – 84
- Santos E.J.; Oliveira; R.G.; Paiva; I.P., 1997. Terrenos do Domínio Transversal da Província Borborema: controles sobre acreção e retrabalhamento crustal ao sul do Lineamento Patos. XVII Simpósio de Geologia do Nordeste. Bol.15; Resumos expandidos: 247-249.
- Santos; E.J.; Brito Neves; B.B.; Van Schmus; W.R.; Oliveira; R.G.; Medeiros; V.C., 2000. An overall view on the displaced terrane arrangement of the Borborema Province; NE-Brazil. In: abstracts 31-International Geological Congress; International Union of Geological Sciences; Rio de Janeiro. In CD-ROM.
- Santos, E.J.; Ferreira, C.; Da Silva Junior, J.M., 2002. Geologia e recursos minerais da Paraíba. Texto explicativo dos mapas geológico e recursos minerais do Estado da Paraíba. PLGB-CPRM- Recife. 102p.
- Santos, E.J.; Nutman, A.P.; Brito Neves, B.B., 2004. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da zona transversal; Província Borborema. Geologia USP: Série Científica 4; 1–12.
- Santos, T.J.S.; Fetter, A.H.; Neto, J.A.N., 2008. Comparisons between the northwestern Borborema Province; NE Brazil; and the southwestern Pharusian Dahomey Belt; SW Central Africa. Geological Society; London; Special Publication, 294; 101-119.
- Souza, E.M., 2006. Estratigrafia da sequência clástica inferior (andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior) da Bacia Paraíba; e suas implicações paleogeográficas. Tese de Doutorado; Pós-Graduação em Geociências; UFPE, 350p.
- Sun, S.S., 1982. Chemical compositional origin of the Earth's primitive mantle. Geochim. Cosm. Acta, 46: 179-192
- Tatumi, S.; Silva; L.P., Pires, E.L., Rosseti, D., Góes, A.M., Munita, C., 2008. Datação de sedimentos Pós-Barreiras no Norte do Brasil: implicações paleogeográficas. Revista Brasileira de Geociências, 38(4): 514-524.
- Trindade, R.F.; Dagrella-Filho, M.S.; Epof, I.; Brito Neves, B.B., 2006. Paleomagnetism of Early Cambrian Itabaiana mafic dikes (NE Brazil) and the final assembly of Gondwana. Earth and Planetary Sciences Letters, 244: 361-377.
- Thompson, R.N.; 1982. Magmatism of the British Tertiary volcanic Province. Scott. J. Geol., 18: 50-107
- Tinoco, I.M.; 1962. Contribuição ao conhecimento da microfauna do fosfato de Pernambuco. Parte 1 – Foraminíferos: o gênero Fascipira. Arquivos de Geologia. Escola de Geologia. Recife, 2: 59 – 73.
- Van Schmus, W.R.; Brito Neves, B.B.; Harkspacher, P.; Babinsky, M., 1995. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province; Northeastern Brazil: Initial conclusions. Journal of South American Earth Sciences, 8: 267-288.
- Van Schmus, W.R.; Brito Neves, B.B.; Williams, I.S.; Harkspacher, P.; Fetter, A.; Dantas, E.L.; Babinski, M., 2003. The Seridó group of NE Brazil; a late Neoproterozoic pre- to syn-collisional basin in western Gondwana: insights from SHRIMP U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd crustal residence ( $T_{DM}$ ) ages. Precambrian Research, 127: 287-327.
- Veiga Junior, J.P. & Ferreira, C.; 1990. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Carta Geológica; carta metalogenética/previsional. Esc 1:100.000 (Folha SB.24-Z-C-VI – Afogados da Ingazeira). Estados de Pernambuco e Paraíba. DNPM/CPRM 121p e 02 mapas.
- Wanderley, A.A., 1990. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: carta metalogenética/previsional. Esc 1:100.000 (Folha SB.24-Z-D-IV – Monteiro). Estados de Pernambuco e Paraíba. DNPM/CPRM 100p.
- Wilson, M., 1989. Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman; London.
- Zen, E.-An; Hammarstrom, J.M., 1984. Magmatic epidote and its petrologic significance. Geology, 12: 515-518.

A elaboração do mapa geológico da Folha SAPÉ, 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 Superintendência Regional de Recife 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 os governos dos estados 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.

\* PARCERIA COM A UNIVERSIDADE



CONTRATO Nº 064/PR/2005

## GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA SAPÉ – SB.25-Y-C-II

Escala: 1:100.000

### ESTADOS DA PARAÍBA E PERNAMBUCO



[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