



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

RELATÓRIO DE GRADUAÇÃO

**CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA A PARTIR DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO  
(ESCALA 1:50.000) DO COMPLEXO CANINDÉ E SEUS RECURSOS MINERAIS,  
LOCALIDADE DE SÃO DOMINGOS, CARIDADE-CE**

**Allan Diego Bernardino da Silva**

ORIENTADOR:

**Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral**

CO-ORIENTADOR:

**Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida**

Fortaleza

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S578c Silva, Allan Diego Bernardino da.  
Caracterização litológica a partir de mapeamento geológico (escala 1:50.000) do complexo Canindé e seus recursos minerais, localidade de São Domingos, Caridade-CE / Allan Diego Bernardino da Silva. – 2014.  
69 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,  
Curso de Geologia, Fortaleza, 2014.

Orientação: Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral.

Coorientação: Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida.

1. Geotectônica. 2. Migmatitos. 3. Anfibolitos. 4. Complexo Canindé. 5. Pelito. I. Título.

CDD 551

---

Allan Diego Bernardino da Silva

**CARACTERIZAÇÃO LITOLÓGICA A PARTIR DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO  
(ESCALA 1:50.000) DO COMPLEXO CANINDÉ E SEUS RECURSOS MINERAIS,  
LOCALIDADE DE SÃO DOMINGOS, CARIDADE-CE**

Relatório de Graduação apresentado como  
requisito de conclusão na graduação em Geologia  
pela Universidade Federal do Ceará.

Orientador: Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral

Co-Orientador: Prof. Dr. Afonso Rodrigues de  
Almeida

Fortaleza

2014

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço aqui a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram nesta jornada de cinco anos no mundo da Geologia, direta ou indiretamente, resultando neste trabalho de conclusão de curso.*

*Primeiramente agradeço à minha família como um todo, especialmente à minha mãe, Elizete (Maria) Bernardino e a minha avó, Jovelina Bernardino, que formaram a base educacional, moral e afetiva que me fizeram o que sou hoje.*

*Aos meus orientadores de graduação, Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral “Lobinho”, por dar a orientação inicial e a ideia do projeto, além de ter a paciência necessária para orientar um aluno de tão longe; e ao “Camarada” Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida, por aceitar orientar e debater um projeto que ia tão de encontro às suas ideias. Também as instituições que financiaram e incentivaram a realização deste relatório, Instituto de Geociências da Universidade de Campinas (IG – Unicamp) e Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (DeGeo – UFC), assim como todo o corpo docente.*

*À minha eterna amiga e companheira Shéllida, que está presente na minha vida desde o ensino médio (2005) e me mostra a cada dia como ser uma pessoa melhor, aguentando toda a barra que já passamos e compartilhando dos momentos mais lindos e radicais que já tive na vida.*

*Àqueles que provaram ser grandes amigos não só nos momentos bons de cervejada no Q.G. Pitombeira Bar, mas também nos momentos ruins de melancolia e tristeza, membros ou não do venerável PARTIDO, Almir “O Santiago”, Aerson, Ednardo, Fábio Martins, Gabriel Cerveira Humberto, Italo Hugo, Lola, Marcos Paulo, Marcos Paulo “Foguinho”, Pedro Maia, Pedro Ângelo, Ramon, Ronald, Stênio Ávila e Tiago “Cardosinho”. Claro sem esquecer também de todos os companheiros de estrada que compartilharam lugares nos ônibus da UFC e nas mais diversificadas estalagens nesse Ceará afora, Adriano “Cachorrão”, Agnaldo, Alann “Papai”, Amanda “Baiana”, Ana Clara, Ana Olímpia, Caio “Playboy”, Darlyane, Débora, Diego, Eduardo, Emmanuel “Manel”, Gabriel, Italo, Jair “Bodão”, Jesus, Joel, Laura, Karen, Paulo Thales, Renata, Robênia, Úrsula, Wilkson e aos membros da pós-graduação que me ajudaram durante toda a confecção do relatório, Diones “Bigude”, João Paulo Pitombeira e Ricardo “Titela”.*

*Também não me esqueço de todos aqueles que passaram por mim nessa eterna estrada que é a vida de estudante de geologia, os quais não são citados em nome aqui, mas que estarão sempre na minha memória... Um grande obrigado!*

## RESUMO

O Domínio Ceará Central é alvo constante de pesquisas no âmbito da Geotectônica na porção norte da Província Borborema. Neste trabalho, a área investigada compreende uma sequência de rochas paraderivadas e intrusões granodioríticas e anfibolíticas metamorfizadas em condições de médio a alto grau. Como resultado deste relatório de graduação, foi confeccionado um mapa geológico e um mapa de pontos em escala de 1:50.000, onde foram caracterizados migmatitos e gnaisses de composição variada, blocos de rochas calcissilicáticas, granada anfibolitos e anfibolitos lenticulares encaixados como bandas nos migmatitos. Essa associação litológica seguida de características regionais, tais como a presença de mármore e xistos aluminosos, além de rochas calcissilicáticas, sugerem derivação paraderivada para maior parte dos litotipos descritos. Análises petrográficas não revelaram paragêneses em equilíbrio na fácies eclogito, entretanto associações compostas por feldspato potássico + granada + sillimanita sugerem equilíbrio em condições de alta pressão. Com relação ao ambiente geotectônico, é possível que as rochas do Complexo Canindé possam representar, em parte, um segmento de uma sequência pelítica/psamítica gerada em uma bacia do tipo retro-arco, de idades Neoproterozoicas e metamorfizadas em condições de alto grau, com registros pontuais de alta pressão.

**Palavras-chave:** Geotectônica, migmatitos, anfibolitos, Complexo Canindé, pelito, psamito.

## ABSTRACT

Ceará Central Domain is a Constant target of researches on the geotectonic ambit of the North portion of Borborema Province. In the present work, the investigated area comprises a sequence of para-derivatives rocks and granodioritic and amphibolitic intrusions, metamorphosed in medium and high grade. As a result of this graduation report we prepared a geological map and a map of points on a scale of 1:50.000, where migmatites and gneisses of variable composition have been characterized, blocks of calc-silicate rocks, garnet amphibolites and lenticular amphibolites embedded as bands in migmatites. This lithologic association, followed by regional characteristics such as the presence of aluminous schists and marbles, in addition to calc-silicate rocks, suggests para-derivative origins to most of the rock types described. Petrographic analysis revealed no parageneses in equilibrium on the eclogite facies, however, associations composed by K-feldspar + garnet + sillimanite suggests equilibrium in conditions of high pressure. About the geotectonic environment, is possible that the rocks of the Canindé Complex may represent, in part, a segment of a pelitic/psamitic sequence generated in a back-arc basin type in Neoproterozoic age and metamorphosed under high degree conditions, with occasional records of high pressure.

**Keywords:** Geotectonic, migmatites, anfíbolites, Canindé Complex, pelite, psamite.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Mapa de localização da área de mapeamento com a principal rodovia de acesso (BR 020). .....	13
<b>Figura 1.2</b> – Mapa de acessos da área de mapeamento com a principal rodovia de acesso (BR 020) e as estradas carroçáveis internas à área numa escala de 1:35.000 (zoom). .....	14
<b>Figura 2.1</b> – Modelo Digital de Elevação mostrando o caráter predominantemente plano da área (exagero vertical de 4x) com os corpos d’água, as estradas de acesso principais e a rodovia BR 020 (vermelho); destaque para as duas principais elevações na área de mapeamento, serrotes de quartzo leitoso, extremamente fraturadas. ....	16
<b>Figura 3.1</b> – Evolução da Província Borborema a partir da convergência e aglutinação de crátons Oeste Africano e São Francisco-Congo durante a formação da porção ocidental do supercontinente. (Modificado por de Araújo et al. 2012). ....	18
<b>Figura 3.2</b> – Mapa geotectônico da Província Borborema. Arcabouço geológico modificado por Cavalcante et al. (2003) e de Araújo et al. (2012). (TL: Lineamento Transbrasiliano; TSZ: ZC Tauá; RGSZ: ZC Rio Groaíras; SPSZ: ZC Senador Pompeu; OWSZ: ZC Oeste Orós; PaSZ: ZC Porto Alegre; PiSZ: ZC Picuí; PeSZ: ZC Pernambuco/Floresta; PSZ: ZC Patos; SMASZ: ZC São Miguel do Aleixo; MCD: Domínio Médio Coreaú; CCD: Domínio Ceará Central; JD: Domínio Jaguaribano; DRP: Domínio Rio Piranhas; CBD: Domínio Caldas Brandão). ....	19
<b>Figura 3.3</b> – Mapa de domínios estruturais elaborado por Amaral (2007) com base na interpretação de dados estruturais de campo e de produtos aerogeofísicos e SRTM com localização da área de mapeamento. ....	25
<b>Figura 3.4</b> – Mapa geológico elaborado por Amaral (2007) usado como base para o mapeamento deste trabalho. ....	26
<b>Figura 4.1</b> – Mapa Geológico na escala de 1:50.000 da localidade de São Domingos, Caridade – Ce. ....	28
<b>Figura 4.2</b> – (A) Afloramento em lajedo de biotita migmatito e (B) afloramento de hornblenda migmatito. ....	29
<b>Figura 4.3</b> – Migmatito apresentando litotipos psamo-pelíticos alternados mostrando ainda camada de anfibolito. ....	30
<b>Figura 4.4</b> – (A) Hornblenda migmatito apresentando textura <i>Schlieren</i> como resultado de uma grande mobilidade mineral mecânica; (B) biotita migmatito mostrando textura acamada; (C) Magnetita em metatexito com identificação feita através de imã e (D) Alteração dos cristais de magnetita. ....	31

- Figura 4.5** – (A) Estereograma mostrando o comportamento das foliações do Domínio Sudeste de Amaral (2007), foram levantadas 6 medidas de foliação em notação *Clar*; (B) Estereograma mostrando as lineações do DSE, foi levantada uma medida de lineação de estiramento mineral de quartzo; e (C) Lineação de estiramento mineral de quartzo em metatexito.....32
- Figura 4.6** – Estereograma com as foliações referentes à Unidade Hornblenda gnaisses e hornblenda migmatitos apresentando duas direções preferenciais, uma quase vertical, atribuída à proximidades com uma zona cisalhante, e outra mostrando o comportamento geral da unidade, com caimentos suaves para NW. Nesta unidade foram levantadas duas medidas de foliação.....33
- Figura 4.7** – Bloco rolado de hornblenda gnaiss localmente mantendo a continuidade lateral do bandamento composicional.....33
- Figura 4.8** – (A) Afloramento em leito de mostrando intercalação entre faixas migmatíticas: pelitos, psamitos e hornblenda migmatitos representando o fácies mais carbonático do sedimento; (B) Detalhe do contato entre a camada pelítica composta por biotita migmatito e a camada psamíticas composta por metatexitos granítico.....35
- Figura 4.8 (cont.)** – (C) Detalhe de restito hornblendito em melanossoma de hornblenda migmatito no mesmo afloramento; (D) Detalhe de rocha gnáissica/migmatítica com melanossoma composto quase que completamente por anfibólio.....36
- Figura 4.9** – (A) Estereograma mostrando os polos obtidos através das três medidas de feições planares presentes na Unidade, mostrando vergência pra SE; (B) Estereograma mostrando comportamento das duas medidas de lineações de estiramento mineral presentes na Unidade.....36
- Figura 4.10** – (A, B e C) Presença de granada em todas as fases dos metatexitos graníticos encontrados dentro da sequência comprovadamente paraderivada.....37
- Figura 4.11** – Migmatito alterado em leito de rio mostrando uma mineralogia albíta granítica em seu leucossoma.....38
- Figura 4.12** – (A) Estereograma mostrando os contornos com a densidade de valores de foliação. O comportamento das foliações da Unidade tende para SE com ângulos elevados, foram levantadas 16 medidas de foliação dentro desta unidade; (B) Polos das duas medidas de lineação encontradas na Unidade.....38
- Figura 5.1** – (A) Cristal de biotita incluso em anfibólio; (B) Saussuritização em cristal de plagioclásio; (C) Inclusões de apatita em cristal subarredondado de quartzo; (D) Textura mirmequítica, característica de rochas que sofreram retrometamorfismo, em feldspato; (E) Cristais de quartzo estirados na mesma direção que o anfibólio; (F) Feldspato potássico apresentando geminação microclina e sem geminação.....41
- Figura 5.2** – (A) Textura lepidoblástica característica das porções mais próximas aos mesossomas migmatíticos; (B) Cristal de feldspato potássico apresentando geminação carlsbad; (C) Pertitas em cristal de feldspato; (D) Inclusão arredondada de quartzo em feldspato e cristal de zircão arredondado; (E) Alteração de biotita em muscovita; (F) Inclusão de zircão em biotita.....43

<b>Figura 5.3</b> – (A) Cristais de feldspato potássico com geminação microclima e cristal de feldspato potássico sem geminação, associado à textura mirmequítica; (B) Deformação da geminação periclina em plagioclásio; (C) Mudança de fase em cristal onde o plagioclásio com geminação periclina migra para cristal de feldspato potássico com geminação microclima; (D) Estiramento mineral de cristais de quartzo.....	44
<b>Figura 5.4</b> – Granada remanescente aonde seus cristais vão sendo substituídos por plagioclásio e anfíbólio. (A, B, C e D) Cristais tabulares de anfíbólio e plagioclásio amorfo substituindo granada; (E e F) Cristal de anfíbólio bordejado por pequenos cristais de granada e plagioclásio. ....	46
<b>Figura 5.4 (cont.)</b> – (G) Inclusão de titanita em anfíbólio e cristal de epidoto; (H) Presença de feldspato potássico com textura mirmequítica; (I) Cristal de zircão subarredondado em anfíbólio; (J) Inclusão de titanita em anfíbólio (hornblenda); (K) Cristais de zircão arredondados inclusos em quartzo; (L) Inclusões de apatita em plagioclásio. ....	47
<b>Figura 5.5</b> – Saussuritização de plagioclásio em rocha anfibolítica. ....	48
<b>Figura 6.1</b> – Gráfico de estabilidade de minerais constituintes de margas para pressões relativamente elevadas (Winkler, 1976), destacando as zonas de estabilidade para minerais da série dos plagioclásios. ....	52
<b>Figura 7.1</b> – Desenho ilustrativo mostrando a evolução da tectônica compressional local, onde em (A) há o início do faturamento que resultará no cavalgamento das <i>nappes</i> ; em (B) começam a se desenvolver as foliações de baixo ângulo encontradas na região; e em (C), num estágio mais avançado, a duplicação de camadas estratigráficas resultante do cavalgamento.....	54
<b>Figura 8.1</b> – Mapa com a localização de polígono de extração de granito para rocha ornamental, hoje em Disponibilidade (data do download do <i>shapefile</i> , 15 de Fevereiro de 2014).....	58
<b>Figura 8.2</b> – Mapa com localização das áreas de extração de areia na localidade de São Domingos. Notar que as áreas de extração são restritas aos rios Camarão e Canindé (data do download do <i>shapefile</i> , 15 de Fevereiro de 2014). ....	60
<b>Figura 8.3</b> – Mapa com localização de área de extração de quartzo no Serrote das Pedras (data do download do <i>shapefile</i> , 15 de Fevereiro de 2014). ....	62
<b>Figura 8.4</b> – Modelos Digitais de Elevação mostrando Serrote Serrinha (A) e serrote indiscriminado (B), dentro da área de mapeamento, constituídos por quartzo leitoso que percolou fratura de <i>trend</i> NE – SW.....	63

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 5.1</b> – Abreviação dos principais minerais constituintes dos litotipos presentes neste trabalho segundo Whitney et al. (2010).....	39
<b>Tabela 8.1</b> – Dados demográficos e econômicos referentes aos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza e ao estado do Ceará. 1 – IBGE (2002); 2 – IBGE (2010a); 3 – PNUD (2000) e 4 – IBGE (2010b), segundo Programa de Avaliação de Distritos Mineiros de 2012.....	56

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
	1.1 Apresentação.....	13
	1.2 Objetivos.....	13
	1.3 Localização e Acessos.....	13
2	Metodologia de Trabalho.....	16
	2.1 Levantamento Bibliográfico.....	16
	2.2 Aquisição de dados pré-campo.....	16
	2.3 Etapa de Campo.....	18
	2.4 Fases Pós-campo.....	18
	2.5 Relatório Final.....	18
3	Geologia Regional.....	19
	3.1 Província Borborema.....	19
	3.2 Domínio Ceará Central (DCC).....	21
	3.2.1 Núcleo Arqueano de Tróia-Pedra Branca-Mombaça.....	22
	3.2.2 Embasamento Gnáissico Paleoproterozóico.....	22
	3.2.3 Supracrustais Neoproterozóicas.....	23
	3.2.4 Complexo Granito-Migmatítico e Granitóides Neoproterozóicos...23	
4	Geologia Local.....	28
	4.1 Hornblenda migmatitos, biotita migmatitos e demais metatexitos.....	30
	4.2 Domínio Sudoeste (DSw).....	32
	4.2.1 Hornblenda gnaisses e hornblenda migmatitos.....	32
	4.2.2 Hornblenda gnaisses, hornblenda migmatitos, biotita gnaisses, biotita gnaisses, biotita migmatitos e demais metatexitos.....	35
	4.2.3 Hornblenda migmatitos, xistos, biotita migmatitos com granada e demais metatexitos com e sem granada e sillimanita.....	37
5	Petrografia.....	40
	5.1 Hornblenda migmatitos.....	40
	5.2 Biotita migmatitos e biotita gnaisses.....	42

5.3 Metatexitos.....	43
5.4 Granada anfibolitos.....	46
5.5 Anfibolitos.....	48
6 Metamorfismo.....	50
7 Evolução Geotectônica.....	54
8 Aspectos Econômicos.....	56
8.1 Brita.....	56
8.2 Areia.....	60
8.3 Quartzo.....	62
9 Discussões Finais.....	65
10 Bibliografia.....	67
Anexos	
Mapa Geológico.....	69
Mapa de Pontos.....	70

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação

O trabalho desenvolvido visa caracterizar geologicamente uma área de 104 km<sup>2</sup> (13 x 8 km) em escala de 1:50.000, realizando levantamentos litológicos e estruturais buscando entender a evolução geotectônica local a partir da amostragem sistemática dos corpos migmatíticos e anfibolíticos que compõem o arcabouço geológico da região de São Domingos, distrito de Caridade.

A região mapeada anteriormente por Amaral (2007) a partir de dados aerogeofísicos e Modelos Digitais de Elevação com base em SRTM, dividindo as unidades basicamente em rochas ortoderivadas e paraderivadas. No entanto, durante o avanço das pesquisas nesse trabalho foram encontrados apenas migmatitos de origem paraderivada(?) e gnaisses de procedência ainda incerta, podendo estes fazer parte de zonas migmatíticas de baixo grau de fusão, preservando a continuidade lateral das bandas, caracterizando a rocha localmente como gnaisse.

### 1.2 Objetivos

Apresentar como produto final uma mapa geológico e um mapa de pontos na escala de 1:50.000, refinando assim os dados litológicos já existentes na região. Este trabalho também tem a finalidade, a partir de descrição petrográfica, de colaborar com os estudos que vêm sendo realizados na região tendo em vista entender a evolução geotectônica da área e trazer informações que irão corroborar para caracterizar o ambiente de formação dos litotipos locais, além de trazer informações sobre possíveis mineralizações importantes para a indústria de construção civil.

### 1.3 Localização e Acessos

A área de mapeamento encontra-se entre os municípios de Caridade e Canindé no estado do Ceará, distando cerca de 90 km da capital Fortaleza, localizados na Microrregião de Canindé, Mesorregião do Norte Cearense. Os municípios acima apresentam como limítrofes, Pentecoste, Apuiarés, Paramoti, General Sampaio, Tejuçuoca e Irauçuba ao Norte, Maranguape, Palmácia, Pacoti, Guaramiranga, Mulungu, Aratuba e Itapiúna à Leste, Choró e Itatira ao Sul e Santa Quitéria à Oeste.

A poligonal determinada para a elaboração do mapeamento é limitada pelas coordenadas UTM: 466.000m E, 9.536.000m N (superior esquerdo) e 474.000m E, 9.524.000m N (inferior direito), totalizando uma área de 104 Km<sup>2</sup>, com acesso principal feito a partir da BR 020 a partir de Fortaleza – CE (Figura 1.1), chegando à porção sudeste da área. Todo o restante dos acessos é feito a partir de estradas carroçáveis da região (Figura 1.2).

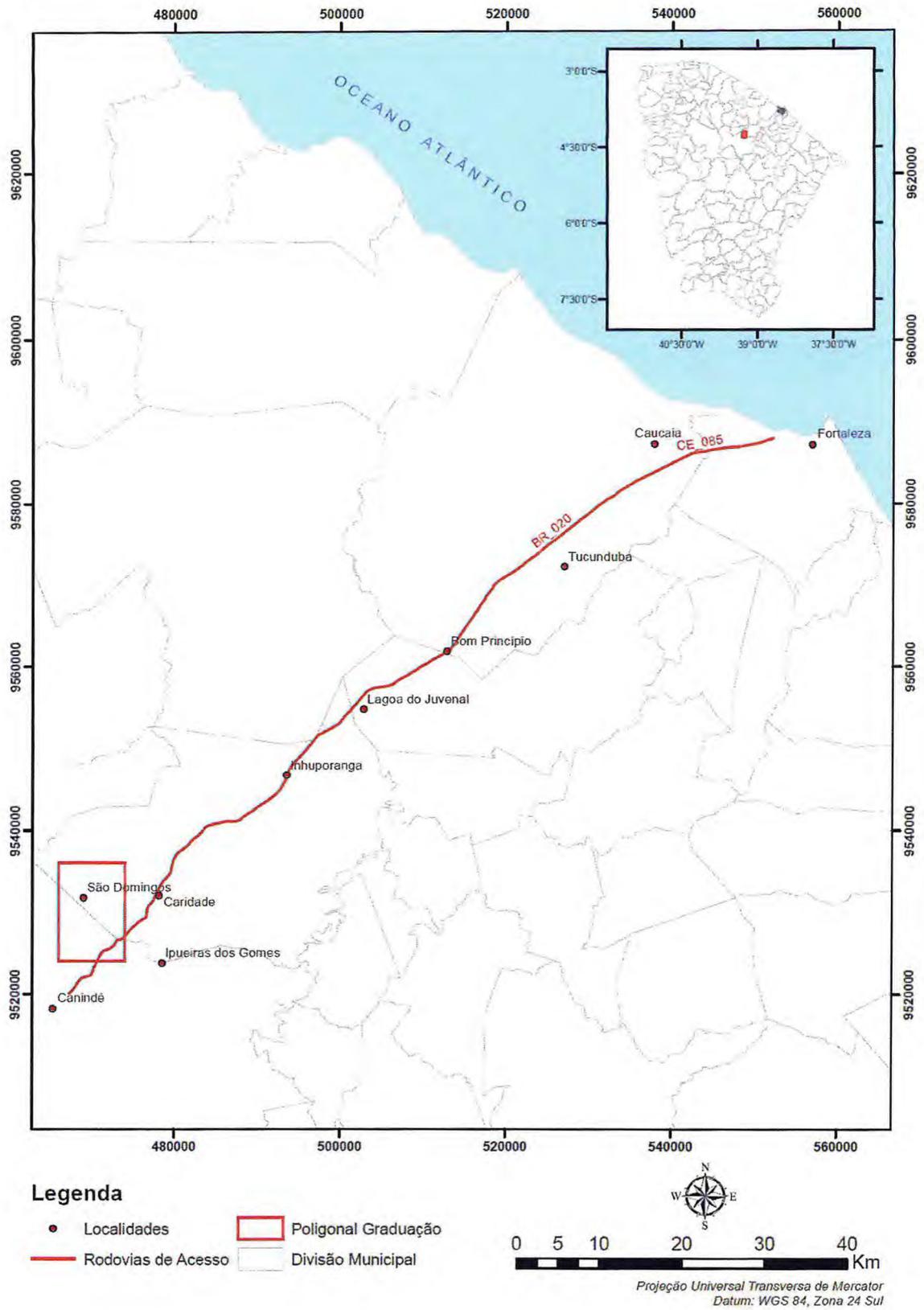


Figura 1.1 – Mapa de localização da área de mapeamento com a principal rodovia de acesso (BR 020).

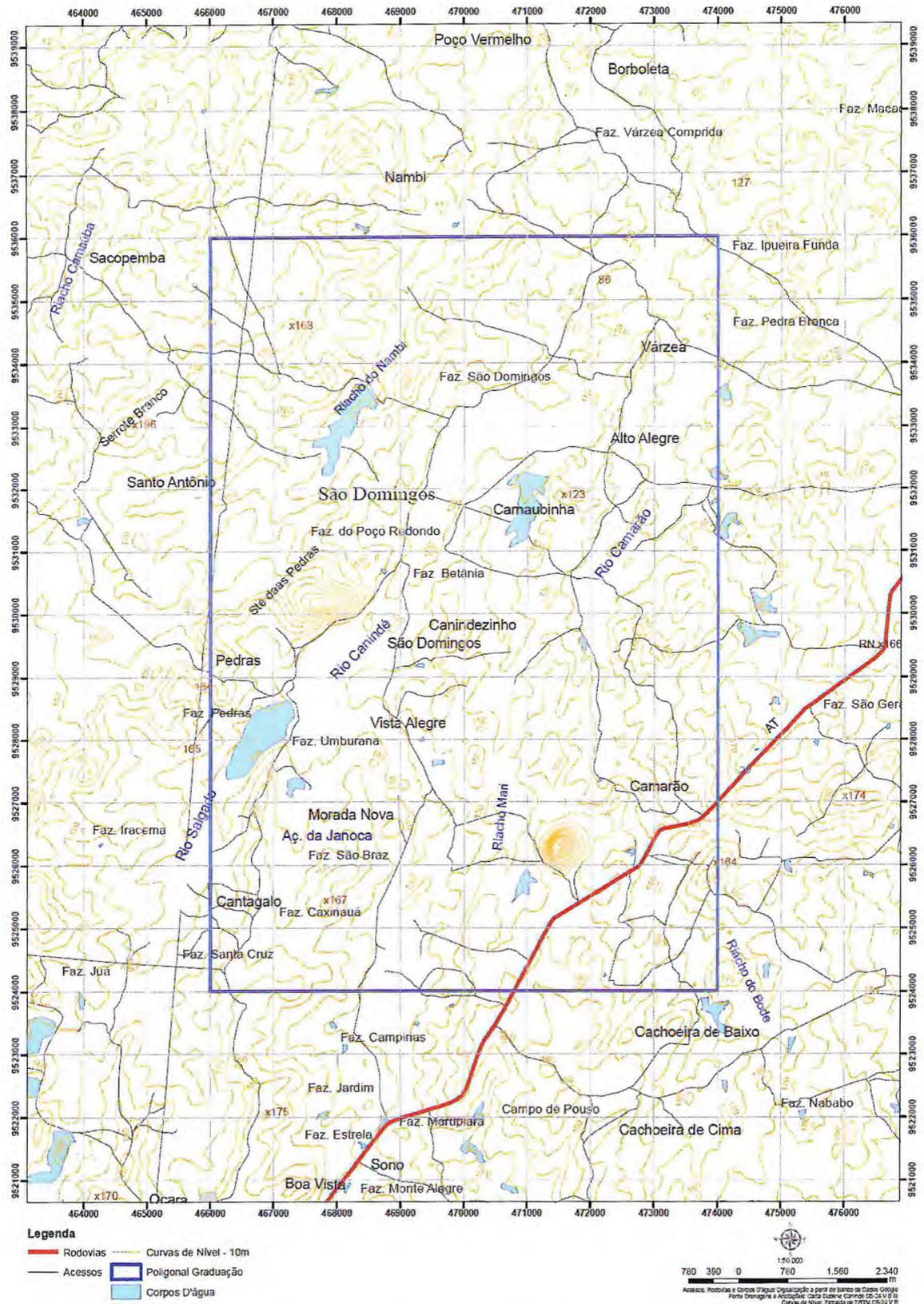


Figura 1.2 – Mapa de acessos da área de mapeamento com a principal rodovia de acesso (BR 020) e as estradas carroçáveis internas à área numa escala de 1:35.000 (zoom).

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

O desenvolvimento deste trabalho contará com as seguintes etapas:

### 2.1. Levantamento bibliográfico

Vai desde a etapa pré-campo até a finalização do relatório, onde é realizada a leitura de todos os trabalhos publicados, desde artigos, relatórios de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado realizados dentro da área de mapeamento, usando-os como base teórica para auxiliar nas conclusões do trabalho.

### 2.2. Aquisição de dados pré-campo

Nesta etapa foram utilizadas de imagens SRTM e/ou LANDSAT e também a de dados geofísicos e litoestratigráficos de alcance regional como base para preparação de cartas que servirão de guia durante a etapa de campo.

Na confecção do Mapa de Acessos da área (Figura 1.2) foi utilizada imagem do banco de dados do Google Earth, de onde foi possível traçar os caminhos utilizados na Etapa de Campo a partir do *software* ArcGIS 9.3. As curvas de nível foram obtidas a partir de imagem SRTM SB-24\_V utilizando o *software* Global Mapper para gerar contornos com 10 metros de intervalo. As localidades e rede de drenagem regional foram obtidas da carta SUDENE SB-24-V com escala de 1:100.000 adicionadas aos demais dados cartográficos.

Também com o auxílio do *software* ArcGIS 9.3 foi elaborado um Modelo Digital de Elevação (MDE) anexando os principais acessos e os corpos d'água mais importantes para auxiliar no deslocamento em campo (Figura 2.1).

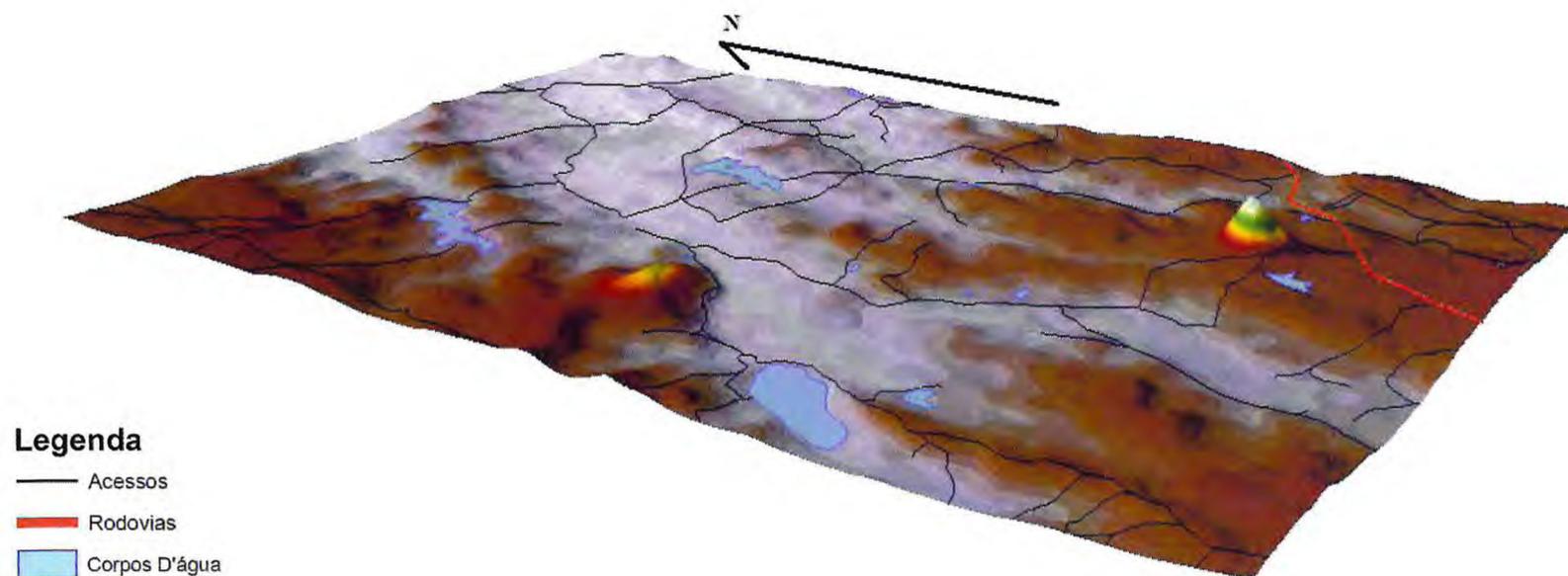


Figura 2.1 – Modelo Digital de Elevação mostrando o caráter predominantemente plano da área (exagero vertical de 4x) com os corpos d'água, as estradas de acesso principais e a rodovia BR 020 (vermelho); destaque para as duas principais elevações na área de mapeamento, serrotes de quartzo leitoso, extremamente fraturadas.

### 2.3. Etapa de Campo

Consta do mapeamento geológico, onde são levantados em campo informações litológicas e estruturais com auxílio de bússola modelo *Brunton* e realizadas anotações pertinentes sobre a geologia local encontrada, buscando um resultado cartográfico de 1:50.000 para toda a área de estudo. Dentro desta etapa também se vislumbra a coleta de amostras geológicas para análise no pós-campo.

Esta etapa foi desenvolvida com viagens alternadas à área durante o segundo semestre do ano de 2013, aproveitando os acessos remotamente mapeados para coletar amostras dos migmatitos e anfibolitos locais além de coleta de dados estruturais, tais como foliações, lineações e fraturas. No total foram realizados 69 pontos de análise dentro da área de mapeamento, sendo estes suficientes para entender o comportamento geotectônico das unidades mapeadas. Para o levantamento dos dados de campo foram utilizadas coordenadas no sistema *Universal Transversa de Mercator* com *datum* horizontal *South American Datum*, fuso 24 Sul.

### 2.4. Fases Pós-campo

Engloba a organização de planilhas dos pontos levantados em campo e a compilação dos dados litológicos e estruturais obtidos. Os dados geológicos estruturais foram trabalhados para ser tratados no *software* ArcGIS 9.3, onde os domínios litológicos pudessem ser tratados, com o auxílio de dezessete (17) lâminas petrográficas, que foram de importância crucial nessa separação das unidades litológicas que aparecem no Mapa Geológico final.

### 2.5. Relatório Final

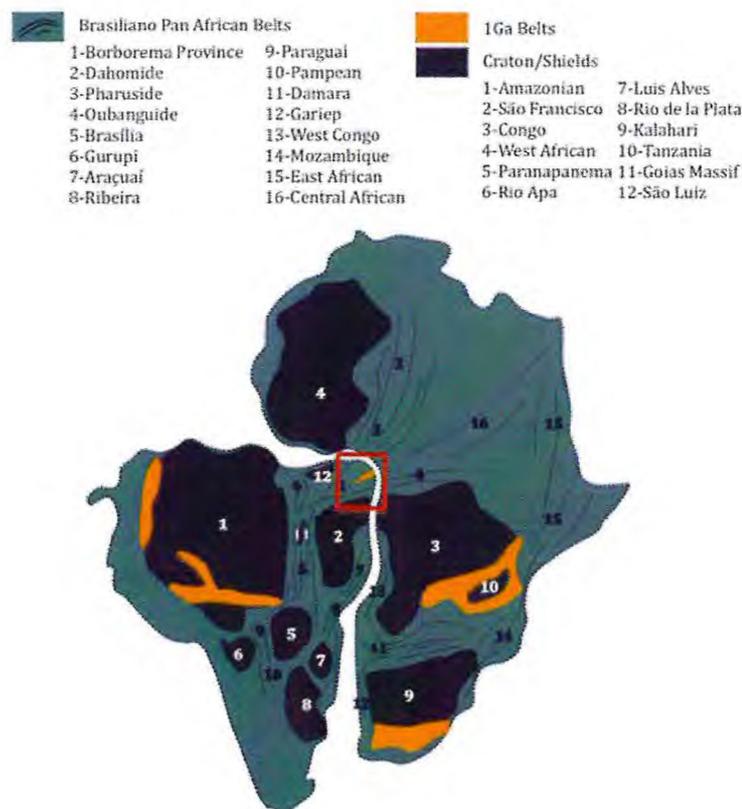
Consta da confecção do relatório que abrange todas as informações aqui citadas desde a Etapa 1 até a Etapa 4, resultando num mapa litoestrutural final que busca caracterizar a unidade geotectônica local e os resultados e discussões finais obtidos através de todas estas informações.

### 3. GEOLOGIA REGIONAL

#### 3.1. Província Borborema

A Província Borborema abrange aproximadamente 450.000 km<sup>2</sup> e ocupa o extremo nordeste da Plataforma Sul-Americana englobando quase que totalmente a Região Nordeste do Brasil, com exceção da porção extremo oeste, que pertence à Província Estrutural Parnaíba. Ela está dividida em domínios, devido a sua extensa história evolutiva e complexa das rochas Pré-Cambrianas existentes.

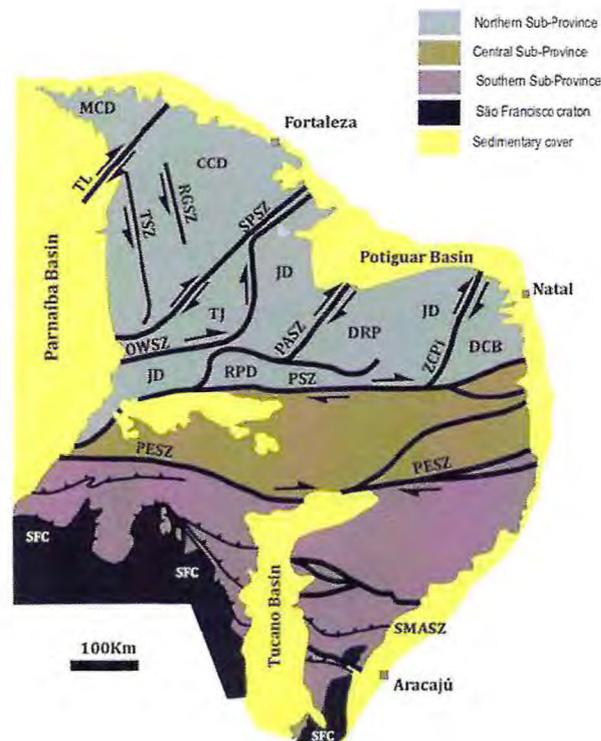
A estruturação atual desta província foi adquirida ao final do Neoproterozoico, durante uma atividade tectônica intensa ao final do paleoproterozoico, consequência de colisão continental envolvendo os crátons Oeste-Africano, Amazônico e São Francisco-Congo. A colisão, correspondendo ao ciclo Brasiliano-Pan-Africano, completou-se, no caso da Província Borborema, por volta de 600-550 Ma. (Figura 3.1).



**Figura 3.1** – Evolução da Província Borborema a partir da convergência e aglutinação de crátons Oeste Africano e São Francisco-Congo durante a formação da porção ocidental do supercontinente. (Modificado por de Araújo et al. 2012).

A Província Borborema é dividida por conjuntos de massas de histórias evolutivas diferenciadas, delimitadas por zonas de cisalhamento. O Lineamento Patos divide dois principais blocos tectônicos distintos, o Domínio Norte e o Domínio Sul (Figura 3.2).

A área objeto de estudo está localizada no Domínio Norte da Província Borborema, o qual é delimitado pelo Lineamento Transbrasiliano e Lineamento Senador Pompeu. Dentro desse contexto, Fetter *et al.* (2003), adotou a subdivisão tectono-estratigráfica da porção Setentrional da Província Borborema formada por três domínios, são eles: Domínio Médio Coreaú (DMC), Domínio Ceará Central (DCC) e Domínio Rio Grande do Norte (DRGN). O Domínio de maior extensão é o Domínio Rio Grande do Norte, que está em contato, no seu limite NW, com o Domínio Ceará Central através da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, este Domínio faz contato com o Domínio Médio Coreaú através do Lineamento Transbrasiliano, no limite NW do Domínio Ceará Central (Figura 3.2).



**Figura 3.2** – Mapa geotectônico da Província Borborema. Arcabouço geológico modificado por Cavalcante *et al.* (2003) e de Araújo *et al.* (2012). (TL: Lineamento Transbrasiliano; TSZ: ZC Tauá; RGSZ: ZC Rio Groaíras; SPSZ: ZC Senador Pompeu; OWSZ: ZC Oeste Orós; PaSZ: ZC Porto Alegre; PiSZ: ZC Picuí; PeSZ: ZC Pernambuco/Floresta; PSZ: ZC Patos; SMASZ: ZC São Miguel do Aleixo; MCD: Domínio Médio Coreaú; CCD: Domínio Ceará Central; JD: Domínio Jaguaribano; DRP: Domínio Rio Piranhas; CBD: Domínio Caldas Brandão).

O Domínio Médio Coreaú (NW Ceará): limitado pela Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, é caracterizado por rochas de embasamento gnáissico paleoproterozoico juvenil formado próximo a 2,35 Ga e por uma sequência supracrustal de idade neoproterozoica (Santos, 1999), além de granitoides intrusivos situados ao longo da Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II (Granitos Mucambo e Meruoca).

O Domínio Ceará Central: limitado a SE pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu a NW pela Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, é caracterizado pela ocorrência de embasamento arqueano representado pelo Maciço de Tróia, Pedra Branca e Mombaça (Complexo Cruzeta - Caby & Arthaud, 1986), por rochas supracrustais representadas por extensas faixas de dobramento de idade neoproterozoica, pela presença de extenso complexo granítico-migmatítico (Complexo Tamboril - Santa Quitéria) interpretado recentemente como um arco magmático, segundo Fetter *et al.* (2003), além de suítes graníticas sin, tardi e pós-tectônica;

O Domínio Rio Grande do Norte: limitado a sul pelo Lineamento Patos e a NW pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, segundo Dantas *et al.* (2004), o domínio é caracterizado pela ocorrência do núcleo arqueano mais antigo da Província Borborema, inserido no Maciço São José do Campestre, por rochas supracrustais da Faixa Dobrada Seridó, por uma larga ocorrência de gnaisses paleoproterozoicos, além de grande quantidade de corpos granitoides de idade neoproterozoica.

### 3.2. Domínio Ceará Central (DCC)

O Domínio Ceará Central (DCC) compreende cerca de 80.000 km<sup>2</sup> de extensão contida na área da Província da Borborema. Segundo Fetter *et al.* (2003), é delimitado a NW pela zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, que corresponde ao Lineamento Transbrasiliano; a SE pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu; a SW é encoberto pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba e a NE por sedimentos do Grupo Barreiras (Figura 3.2).

Arthaud *et al.* (1998), caracteriza o Domínio Ceará Central por grandes *nappes* recumbentes bem conservadas que envolvem o embasamento policíclico e as rochas supracrustais. Este conjunto contribui para indicar um metamorfismo de alta pressão associado ao empilhamento de *nappes*, evoluindo em direção a um metamorfismo de alta temperatura, com descompressão de *nappes*, enquanto condições de mais baixas pressões afetaram o embasamento para-autóctone. Subsequentemente, dominaram processos

transpressionais, ao longo da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, onde os conjuntos alongados de plútons foram intrudidos.

Fetter *et al.* (2003), subdivide o Domínio Ceará Central em quatro unidades geotectônicas: (i) Núcleo Arqueano Tróia – Pedra Branca – Mombaça; (ii) Embasamento Gnáissico Paleoproterozoico; (iii) Supracrustais Neoproterozoicas; e (iv) Complexos Granito-Migmatíticos e Granitoides Neoproterozoicos.

### **3.2.1. Núcleo Arqueano de Tróia-Pedra Branca-Mombaça**

Este terreno compreende um conjunto de segmentos crustais de provável idade Neoarqueana, anterior a sedimentação da Bacia Ceará. Está localizado nas regiões homônimas. É limitado a leste pelo Lineamento Senador Pompeu e a norte e oeste por gnaisses paleoproterozoicos. Tal núcleo é seccionado pela Zona de Cisalhamento Sabonete-Inharé a qual o divide em duas porções distintas, denominadas de blocos Mombaça e Tróia-Pedra Branca (parte do Complexo Pedra Branca).

O bloco Mombaça está situado na porção SE sendo composto por gnaisses granulíticos. Já o bloco Tróia-Pedra Branca, situa-se na porção NW e é constituído por uma associação do tipo greenstone belt (Castro, 2004).

Os terrenos arqueanos exibem atualmente as marcas do metamorfismo de fácies anfíbolito alto e da intensa deformação tangencial adquirida durante o Ciclo Brasileiro.

### **3.2.2. Embasamento Gnáissico Paleoproterozoico**

Segundo Castro (2004), esse embasamento gnáissico paleoproterozoico é constituído por gnaisses, por vezes, migmatíticos de composição quartzo-diorítica a tonalítica (parte do Complexo Pedra Branca). A melhor caracterização isotópica desta unidade realizada nos últimos anos tem possibilitado uma melhor distinção desta com os litotipos de idade arqueana e supracrustais mais jovens. Segundo Fetter (1999) e Fetter *et al.* (2003), o embasamento gnáissico paleoproterozoico representa uma crosta continental formada em um intervalo de tempo de 50 Ma. durante a orogênese Transamazônica. Tal formação teria se dado através da colagem sucessiva de arcos de ilha tendo assim pouca contribuição de materiais crustais mais antigos.

Martins (2000) definiu a Suíte Metamórfica Algodões-Choró e constatou a existência de uma associação litológica de idade paleoproterozoica composta por paragneisses e anfíbolitos intrudidos por ortogneisses de composição tonalítica a granodiorítica. Segundo o

autor, o registro supracrustal (metassedimentos e anfibolitos) teria se formado em uma bacia do tipo retro-arco associada a um ambiente de arco insular próximo a 2,2 Ga. Martins & Oliveira (2013) caracterizaram os anfibolitos da suíte como basaltos típicos de platôs oceânicos e o evento intrusivo representado pelos ortognaisses teria ocorrido em torno de 2,1 Ga. Para tais autores, os ortognaisses representariam um segmento juvenil da orogênese Transamazônica (~2,1 Ga).

### 3.2.3. Supracrustais Neoproterozoicas

Ocorrem no DCC uma série de ocorrências de rochas supracrustais que apresentam metamorfismo em fácies anfibolito alto em pressões moderadas a elevadas e um bandamento tectônico de transposição de baixo ângulo caracterizando um sistema de *nappes* neoproterozoicas alóctones sobre o embasamento paleoproterozoico subjacente (Caby & Arthaud, 1986; Castro, 2004). O material original destas supracrustais é caracterizado por uma predominância de rochas psamo-pelíticas e volumes menores de porções carbonáticas. Ocorrências de anfibolitos e metavulcânicas ácidas intercaladas nesta associação podem representar o magmatismo básico sin-sedimentar associado aos sedimentos (Castro, op. cit.; Arthaud, 2008).

O período de deposição de tais sedimentos foi balizado inicialmente pela idade em torno de 0,77 Ga (Fetter, 1999) obtida a partir de um nível metariolítico localizado na região de Independência. Posteriormente, idade muito próxima foi obtida por Castro (2004) em metavulcânica ácida levemente aluminosa localizada nas proximidades do distrito de Lagoa do Mato ratificando uma idade mínima neoproterozoica para as rochas metassedimentares aluminosas observadas na região. A sudoeste do mesmo distrito e intercalados nas mesmas rochas paraderivadas, Castro (op. cit) caracterizou metabasitos com registros de alta pressão (retroeclogitos) indicando que parte desta unidade pode ter sido envolvida em processos de subducção. Tal associação foi reunida pelo autor na unidade Supracrustais Rio Curu-Itataia-Independência, na qual foram inseridas as rochas metassedimentares das unidades Alcantil e Barrigas.

### 3.2.4. Complexos Granito-Migmatíticos e Granitoides Neoproterozoicos

Correspondem ao Maciço Santa Quitéria de Santos & Brito Neves (1984) ou ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria de Campos *et al.* (1976) in Castro (2004) e Cavalcante *et al.* (2003). É constituído por rochas migmatíticas, granitoides e gnáissicas com porções anfibolíticas e calcissilicáticas (Castro, op. cit.). Fetter (1999) e Fetter *et al.* (2003)

interpretam o Complexo Tamboril-Santa Quitéria como um complexo granito-migmatítico neoproterozoico com dimensões batolíticas e fases sucessivas de magmatismo. Ainda segundo tais autores, a idade de formação dos granitoides deformados situa-se entre 637 e 623 ma. e dados Sm-Nd apontam para uma fonte mista com participação de uma fonte juvenil neoproterozoica e outra do embasamento paleoproterozoico. Castro (2004) ressalta as manifestações graníticas de idade próxima, porém mais jovens que as porções primitivas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria. Neste contexto encontram-se os pulsos magmáticos representados pelo Complexo Granítico Quixadá-Quixeramobim e o granitoide Chaval (mais antigos) e os stocks pós-orogênicos (mais jovens) representados pelos corpos Mucambo, Meruoca, Serra da Barriga, Serra do Pajé, Complexo Anelar Quintas, Morrinhos e São Paulo.

Martins (2000) destaca no domínio Ceará Central 4 unidades geotectônicas:

1- As coberturas neoproterozoicas de rifte-plataformais caracterizadas por sequências psamo-pelítica-carbonáticas agrupadas sob diferentes denominações, tais como Grupo Ceará, Grupo Itataia e Grupo/Complexo Independência;

2- Terreno Santa Quitéria constituído por rochas gnáissicas e migmatíticas de composição tonalítica a granodiorítica, provavelmente derivadas da mistura do embasamento paleoproterozoico (2.1Ga) e material mais jovem (Neoproterozoico);

3- Terrenos Acrescionários do Paleoproterozoico relacionados à Orogênese Transamazônica, constituídos por anfibolitos com e sem granada, paragneisses, quartzitos, metaconglomerados, ortogneisses tonalítico-graníticos agrupados sob a denominação de Suíte Metamórfica Algodões-Choró;

4- Um núcleo máfico-ultramáfico arqueano representado pelo Maciço de Troia.

Segundo Caby e Arthaud. Citados por AMARAL (2007) “O Domínio Ceará Central – DCC é caracterizado por uma história tectônica de natureza policíclica, desenvolvida no Paleo e Neoproterozóico. Sua estruturação atual deve-se ao intenso tectonismo desencadeado durante a orogênese brasileira, que está materializado num arranjo de *nappes* que evoluem para mega zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NE-SW”. Os lineamentos estruturais definidos por Amaral (2007) correspondem a zonas de cisalhamento transcorrentes destrais representadas pelo sistema de falhas de Paramoti de direção NE-SW e as zonas de cisalhamento de baixo ângulo com vergência para E-SE.

Ainda segundo Amaral (2007), para a região mapeada, a evolução tectônica é de natureza compressiva, responsável pela formação das foliações, lineações, dobras e zonas de

cisalhamento, seguida pela atuação de um regime extensional descompressivo subordinado de alta temperatura. Os estágios deformacionais finais são caracterizados por estruturas frágeis, indicando um domínio dúctil-rúptil de *trend* NE-SW.

A área de mapeamento deste projeto encontra-se dentro dos domínios estruturais criados por Amaral (2007), mais especificamente dentro dos domínios Sudeste e Sudoeste (Figura 3.3). O Domínio Sudeste fica localizado no setor sul/sudeste da região, nos arredores do município de Canindé e Aratuba, e tem comportamento da foliação variando nas direções NE-SW e NW-SE, apresentando mergulhos preferenciais para E-SE com ângulos entre 20-55° com plano de foliação marcado por textura fina milonítica com desenvolvimento de minerais placóides como sericita, biotita e quartzo recristalizado orientado na direção de maior estiramento. A lineação possui caimentos para E-SE com ângulos entre 20-50° e os indicadores cinemáticos são sigmoides de quartzo e porfiroclastos de feldspato, todos denotando uma vergência que evidencia cinemática de rampas de empurrão com transporte de massa para W-SW. As dobras desenvolvidas são de arrasto, apertadas e simétricas com vergência quase sempre para W-SW. Os aspectos gerais de pré-processamento e de campo permitem enquadrar a área no contexto de tectônica de *nappes* regionais com eixos NW-SE e transporte tectônico para W-SW (Amaral 2007).

O Domínio Sudoeste (Amaral 2007) individualizado a SW do município de Canindé é enquadrado como um subdomínio dos demais caracterizados. Entretanto, a distribuição irregular dos elementos estruturais (foliações e lineações) impossibilita o enquadramento como domínio estrutural homogêneo. As direções de foliação são concordantes com a orientação geral das principais estruturas regionais com mergulho para E com ângulos médios, como para W, com valores mais acentuados. Dobras mesoscópicas com caimento de eixo para N-NW são observadas nas sequências metassedimentares. As lineações de estiramento são representadas por anfibólio, feldspato, sillimanita e quartzo. Este domínio, então, constitui uma área de influência das zonas de cisalhamento transcorrentes e de cavalgamentos, ficando evidente a evolução de zonas de cisalhamento de baixo ângulo para sistemas de cisalhamentos transcorrentes em função do empilhamento das litologias, havendo assim, uma maior quantidade de megadobramentos. A base geológica utilizada no mapeamento foi elaborada por Amaral, 2007 (Figura 3.4).

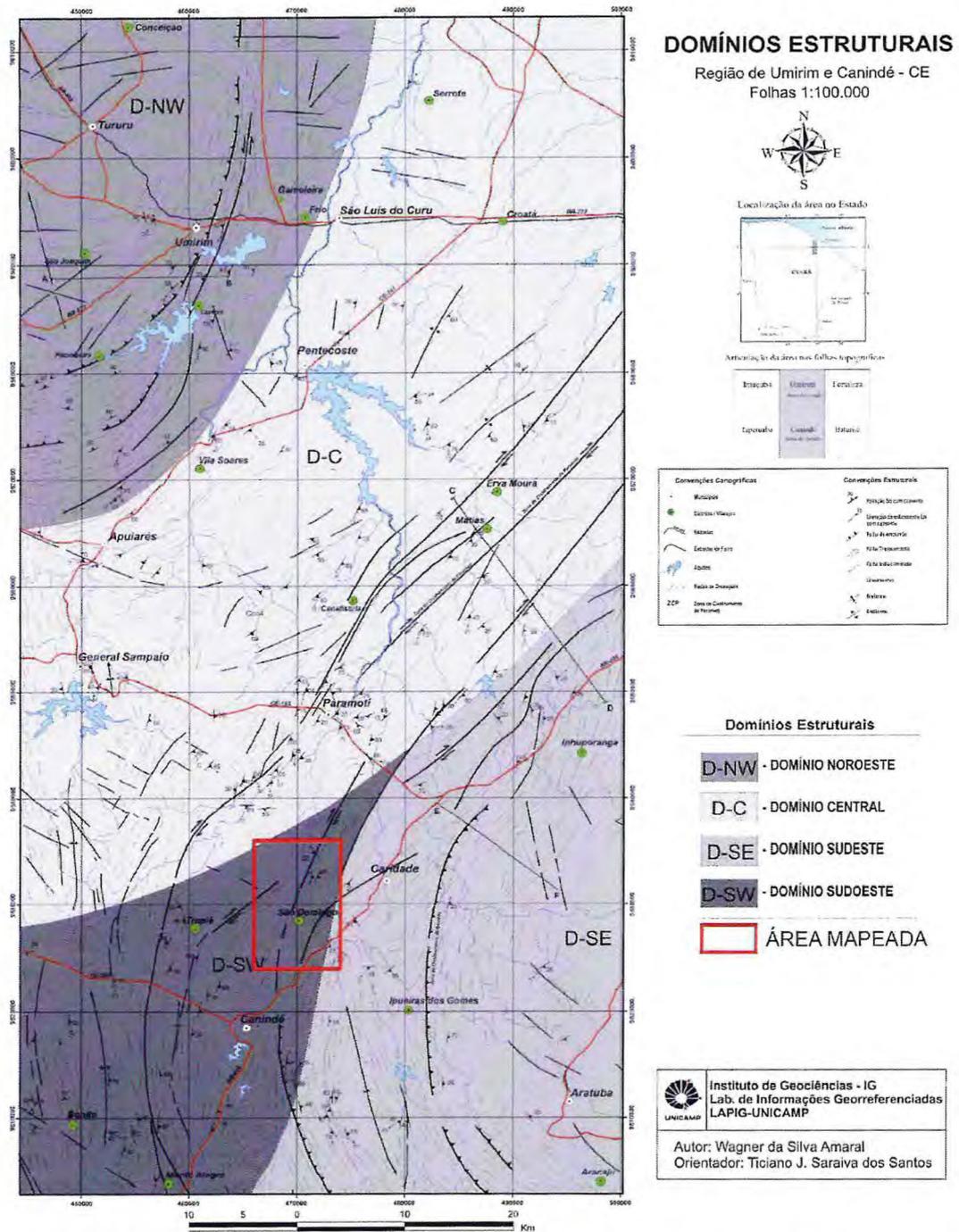


Figura 3.3 – Mapa de domínios estruturais elaborado por Amaral (2007) com base na interpretação de dados estruturais de campo e de produtos aerogeofísicos e SRTM com localização da área de mapeamento.



#### 4. GEOLOGIA LOCAL

A compilação de dados bibliográficos, o pré-processamento de dados regionais estruturais, a base litológica criada por Amaral (2007) e o levantamento de campo permitiram a elaboração deste capítulo que trará os principais aspectos geológicos e as associações de contato entre as litologias mapeadas e as unidades definidas numa escala de 1:50.000 nas proximidades do localidade de São Domingos.

A área foi dividida com base nos litotipos encontrados e quanto a sua mineralogia macroscópica e, posteriormente, microscópica. Com exceção dos corpos anfíbolíticos as principais litologias encontradas na área de mapeamento foram migmatitos, variando desde metatexitos até diatexitos e rochas com bandamento composicional marcante, classificadas como gnaisses, de derivação não determinada, mas com mineralogia semelhante aos migmatitos. Os migmatitos são a principal litologia encontrada na área e tiveram seus litotipos diferenciados, assim como os gnaisses, pela concentração e a presença ou não de minerais importantes, tais como, hornblenda, biotita, granada, sillimanita e magnetita.

O mapa geológico apresentado na Figura 4.1 mostra a disposição das litologias dentro da área mapeada. O mapa final, em escala real, encontra-se no Anexo I do referente trabalho.

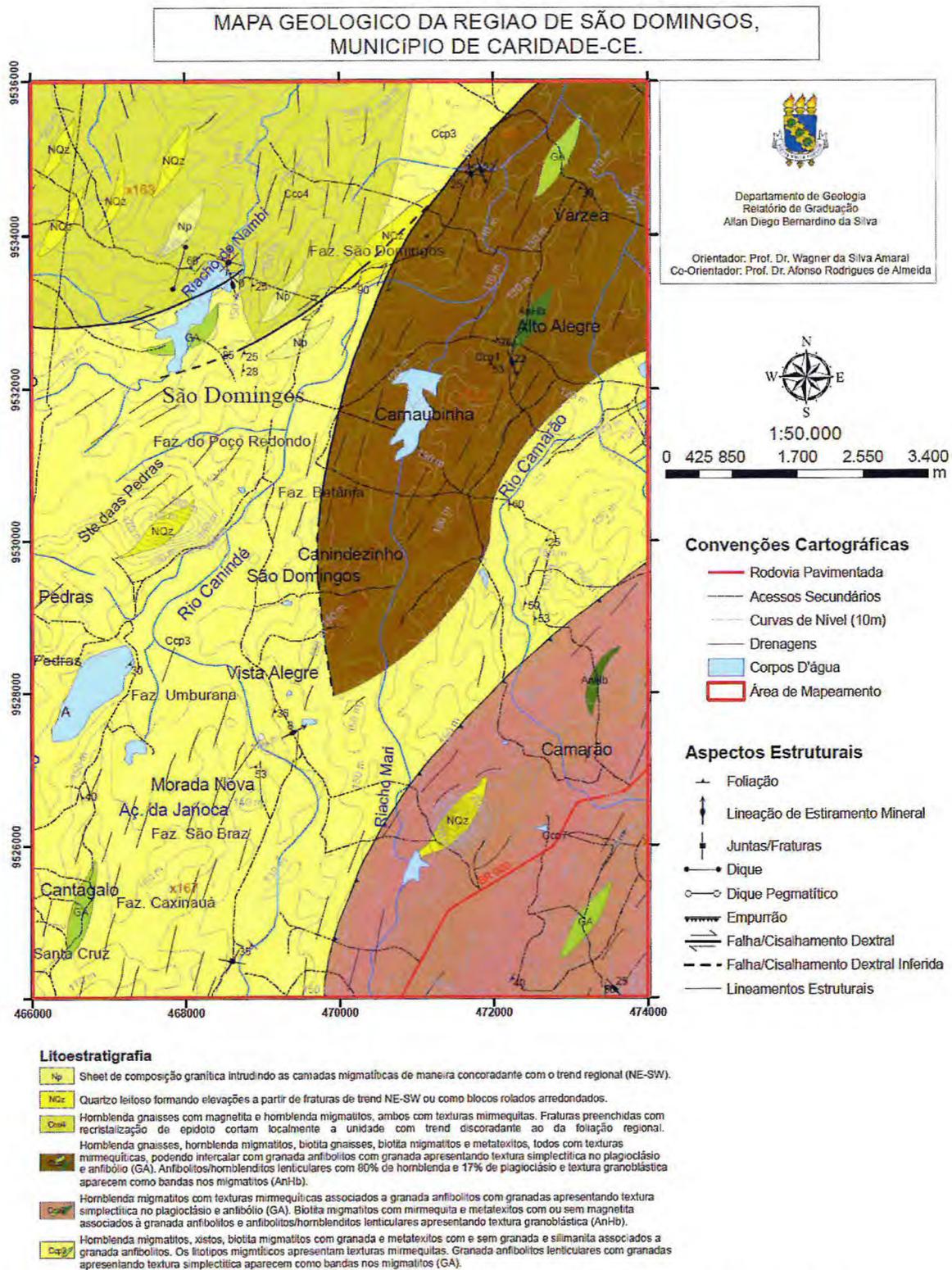
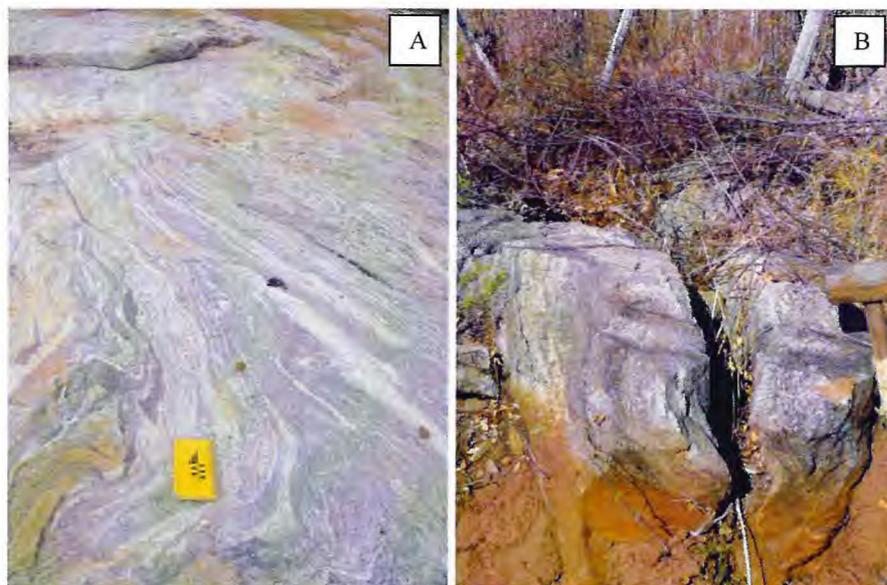


Figura 4.1 – Mapa Geológico na escala de 1:50.000 da localidade de São Domingos, Caridade – Ce.

#### 4.1. Hornblenda migmatitos, biotita migmatitos e demais metatexitos

Esta unidade apresenta como litotipos constituintes hornblenda migmatitos, biotita migmatitos e demais metatexitos com ou sem magnetita, Apresentando-se em afloramentos no formato de lajedos ou blocos rolados (Figura 4.2A e B) desde métricos a decimétricos. As relações de contato não são visíveis de maneira geral, podendo existir uma interdigitação entre as fácies migmatíticas mapeadas. Localmente é possível encontrar fraturas preenchidas com quartzo leitoso, uma delas formando o serrote mais proeminente da área, com direção de fraturamento NE-SW e também corpos de anfibolito com *trend* semelhante que aparecem inseridos nas bandas migmatíticas. A derivação desses anfibolitos ainda depende de estudos geoquímicos para uma caracterização mais completa. A petrografia de todos os litotipos anfibolíticos encontra-se no Capítulo 5.

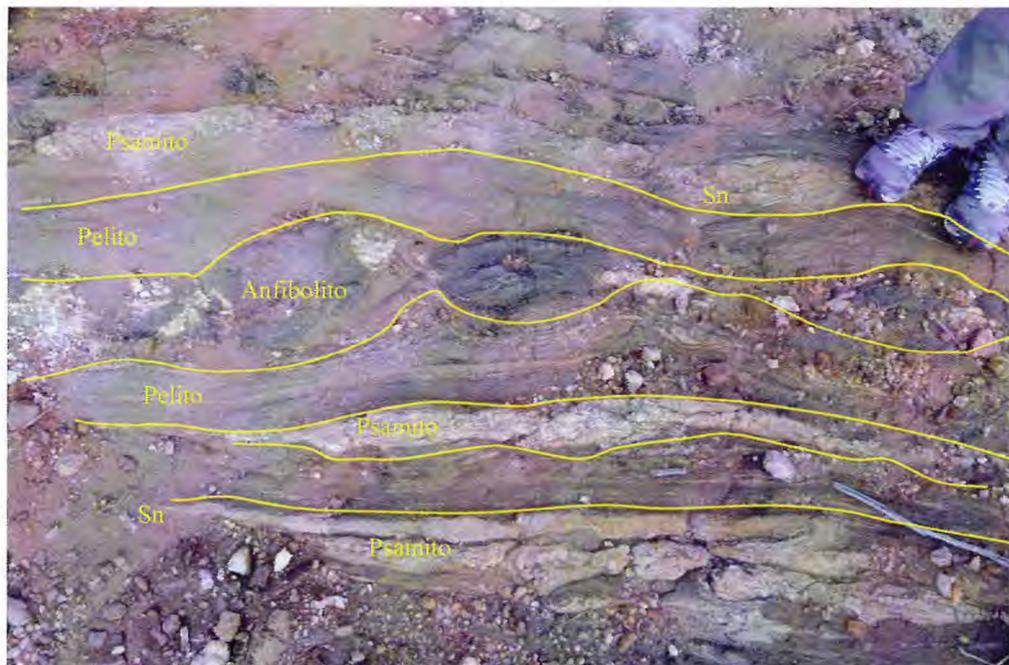
A área é caracterizada por migmatitos compostos por leucossomas quartzo-feldspáticos e mesossomas compostos basicamente por anfibólios orientados com a presença de anfibolitos lenticulares por vezes aflorantes (Figura 4.3). Os metatexitos mostram uma alternância nas cores predominantes, por vezes de coloração rosada, por vezes cinza a brancas. Algumas rochas de textura ígnea encontradas nessa unidade não tiveram seus contatos com os migmatitos que compõem boa parte do arcabouço litológico local definidos, podendo ser interpretadas como intrusões granodioríticas ou mesmo como leucossomas migmatíticos de grande volume.



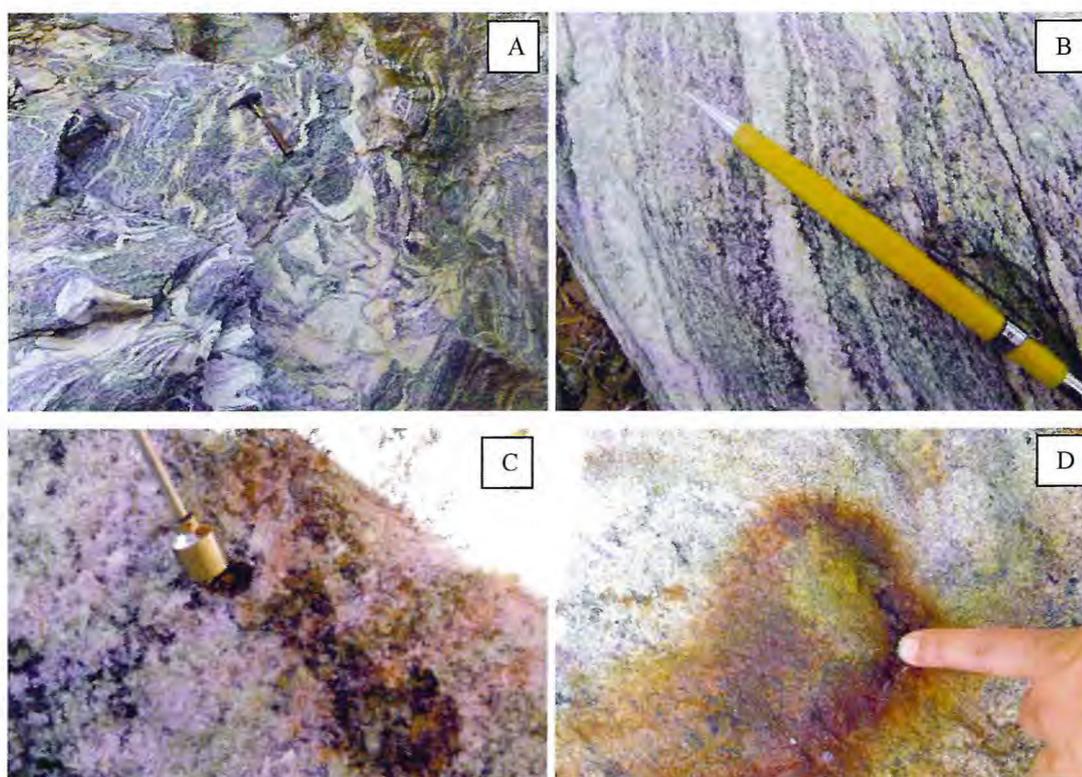
**Figura 4.2** – (A) Afloramento em lajedado de biotita migmatito e (B) afloramento de hornblenda migmatito.

Os hornblenda migmatitos possuem o caráter bandado irregular e apresentam melanossomas ricos em anfibólio (Figura 4.4A) podendo ser interpretados como produto de fusão de um protólito rico em minerais de cálcio e sílica intercalados com rochas pelíticas. É normal que este litotipo esteja localmente intercalado com bandas de granada anfibolitos. Os biotita migmatitos são rochas semelhantes ao litotipo anterior, porém, com uma possível contribuição mais argilo-arenosa com melanossomas formados essencialmente por biotita (Figura 4.4B). Os demais metatexitos além daqueles cujo mesossoma são migmatitos de mineralogia quartzo feldspática variando na composição modal entre leucogranitos, granitos e granodioritos para os leucossomas, com mesossomas e melanossomas compostos por biotita e anfibólio nas mesmas proporções, não cabendo a nomenclatura de hornblenda migmatito ou biotita migmatito. Este litotipo pode apresentar magnetita na sua composição, sendo um diferencial para os metatexitos da unidade seguinte (Figura 4.4C e D).

O controle estrutural das feições mais penetrativas, como a foliação, tem *trend* NE-SW com caimento variando entre 40 e 55° para SE (Figura 4.5A). As feições lineares encontradas possuem orientação SE com estiramento de cristais de quartzo dos metatexitos graníticos com mergulho de 25° SE (Figura 4.5B e C).



**Figura 4.3** – Migmatito apresentando litotipos psamo-pelíticos alternados mostrando ainda camada de anfibolito.



**Figura 4.4** – (A) Hornblenda migmatito apresentando textura *Schlieren* como resultado de uma grande mobilidade mineral mecânica; (B) biotita migmatito mostrando textura acamada; (C) Magnetita em metatexito com identificação feita através de ímã e (D) Alteração dos cristais de magnetita.

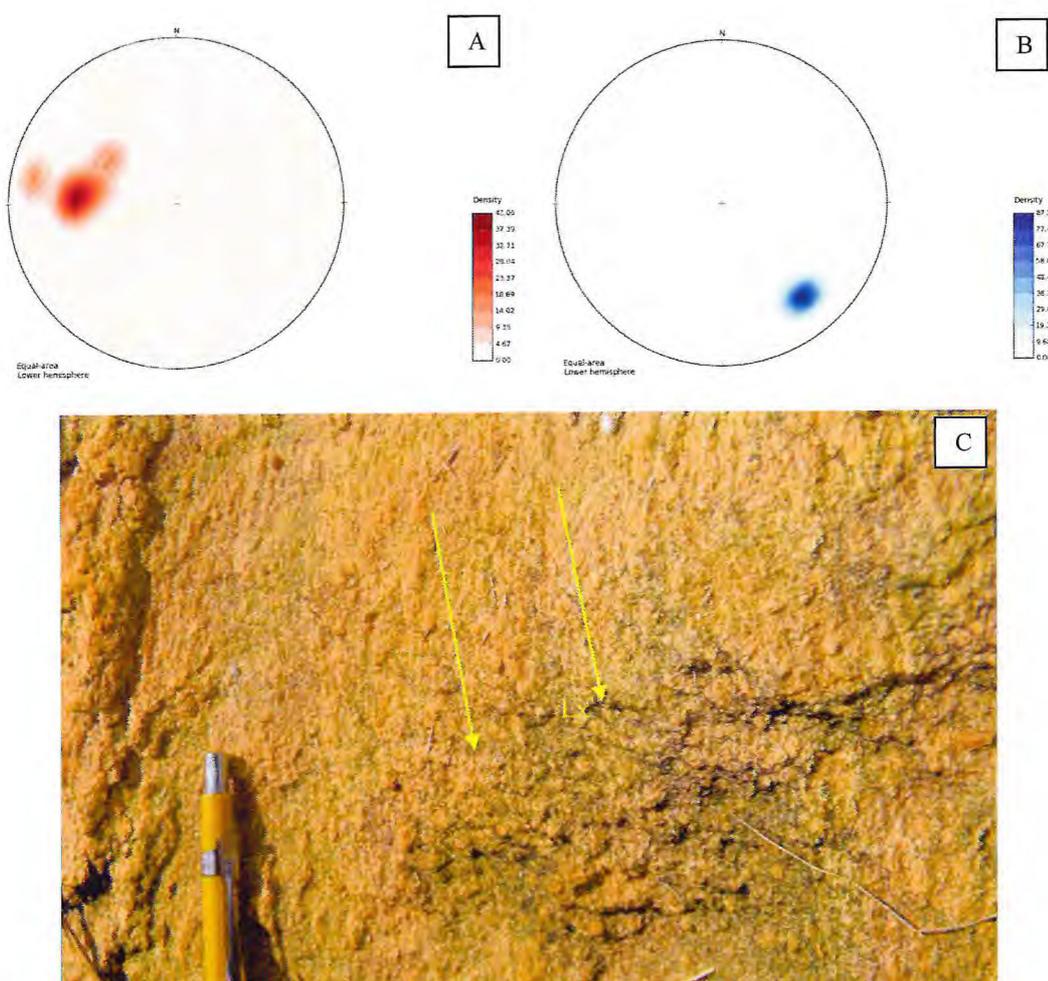
## 4.2. Domínio Sudoeste (DSw)

Os litotipos encontrados na área possuem relações de contato semelhantes com os do domínio descrito anteriormente, possuindo contatos interdigitados em sua maioria. Hornblenda migmatitos com ou sem granada, biotita migmatitos com ou sem granada e demais metatexitos com ou sem granada e sillimanita, além de xistos, são encontrados no DSw. Além disso, zonas onde a fusão *in situ* não foi tão atuante apresentam gnaisses, tanto biotita gnaisses como hornblenda gnaisses, que não tiveram seus contatos evidenciados em campo, tratando-os como interdigitações com as zonas migmatíticas. As foliações verticalizadas dos migmatitos foram, em campo, atribuídas como a existência de possíveis zonas cisalhantes que marcam os contatos entre duas unidades mapeadas.

### 4.2.1. Hornblenda gnaisses e hornblenda migmatitos

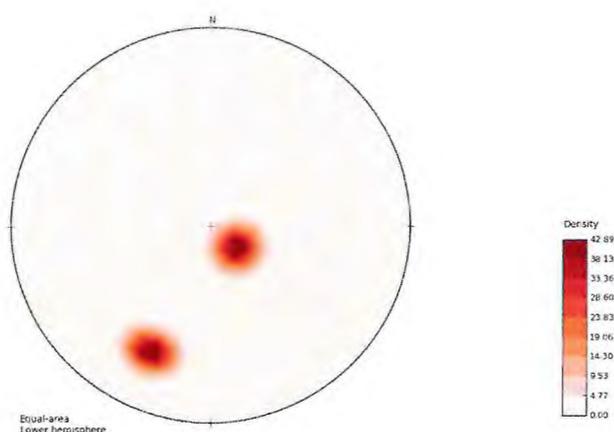
O extremo noroeste da área é individualizado como unidade por conter o mergulho da foliação voltado para noroeste, diferente das demais atitudes observadas na parte central do DSw, que tem seus caimentos voltados para sudeste (Figura 4.6), e pelas litologias

encontradas no local. O possível contato com a unidade a sudeste é feito através de uma zona de cisalhamento dextral(?) e a litologia encontrada na área traz hornblenda gnaisses (Figura 4.7) e hornblenda migmatitos sem contatos definidos, na forma de afloramentos do tipo lajedo e blocos rolados. São visíveis também *sheets* de composição granítica concordantes com a foliação (NE-SW) e fraturamentos preenchidos por rocha de composição quartzo feldspática e alguns diques tardios preenchidos por epidoto.



**Figura 4.5** – (A) Estereograma mostrando o comportamento das foliações do Domínio Sudeste de Amaral (2007), foram levantadas 6 medidas de foliação em notação *Clar*; (B) Estereograma mostrando as lineações do DSE, foi levantada uma medida de lineação de estiramento mineral de quartzo; e (C) Lineação de estiramento mineral de quartzo em metatexito.

Os hornblenda gnaisses são rochas mineralogicamente semelhantes aos hornblenda migmatitos, mas com textura bandada preservada, diferente da textura migmatítica, desde diatexitos até metatexitos, encontrada neste último. Localmente também são encontradas porções gnáissicas contendo magnetita na composição. O caráter orto ou paraderivado da unidade requer estudos geoquímicos mais detalhados devido a semelhança mineralógica com os hornblenda migmatitos, tratados aqui como de provável proveniência paraderivada.



**Figura 4.6** – Estereograma com as foliações referentes à Unidade Hornblenda gnaisses e hornblenda migmatitos apresentando duas direções preferenciais, uma quase vertical, atribuída à proximidades com uma zona cisalhante, e outra mostrando o comportamento geral da unidade, com caimentos suaves para NW. Nesta unidade foram levantadas duas medidas de foliação.



**Figura 4.7** – Bloco rolado de hornblenda gnaiss localmente mantendo a continuidade lateral do bandamento composicional.

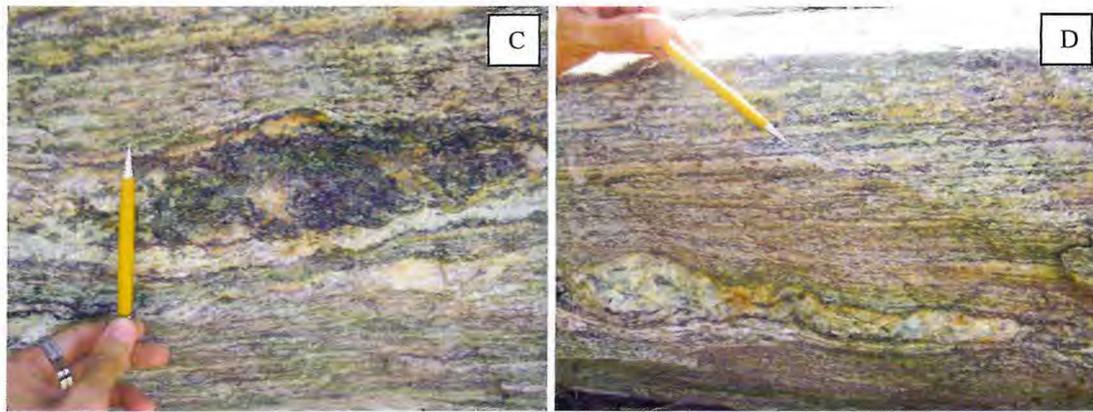
#### 4.2.2. Hornblenda gnaisses, hornblenda migmatitos, biotita gnaisses, biotita migmatitos e demais metatexitos

Esta unidade é diferenciada da unidade paraderivada(?), nomeada como Sequência Paraderivada de Paramoti, por não conter xistos e nem granadas em seus migmatitos. Os afloramentos são blocos rolados e lajedos em sua maioria, incluindo cortes de estrada em leitos de rio. Os hornblenda migmatitos e os hornblenda gnaisses são semelhantes mineralogicamente, localmente havendo apenas uma mudança textural. Os biotita gnaisses mantém a continuidade lateral das bandas, alternando entre bandas quartzo feldspáticas e bandas máficas compostas essencialmente por biotita. Os metatexitos graníticos ocorrem intercalados com biotita migmatitos e hornblenda migmatitos, corroborando a ideia de que a sequência sedimentar plataformar tenha sido o protólito dos migmatitos locais, mostrando camadas mais psamíticas, camadas mais areníticas e camadas mais carbonosas num só afloramento (Figura 4.8A, B, C e D). Dentro da Unidade ainda ocorrem lentes de anfibolitos de *trend* NE-SW semelhantes aos descritos no DSE.

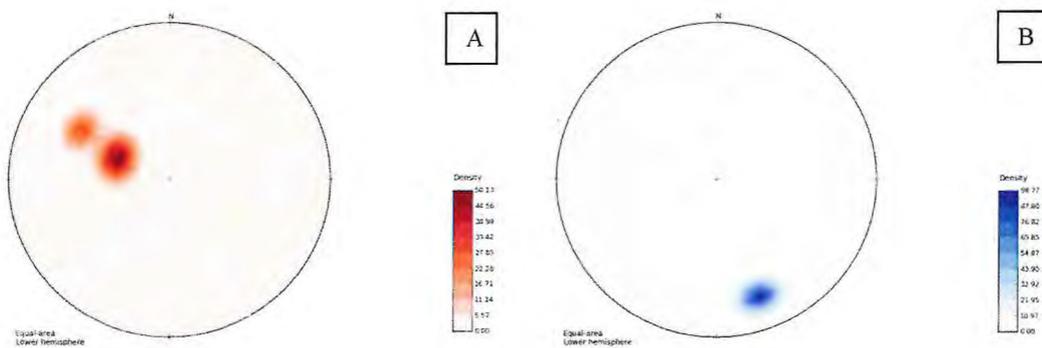
O comportamento estrutural da unidade mostra as feições planares (Sn) com tendência NE-SW com mergulho para SE, variando entre 22 e 30° o mergulho (Figura 4.9A). As feições lineares presentes na Unidade mostram uma lineação de estiramento mineral, principalmente de quartzo, voltada para SE com comportamento semelhante à Unidade presente no DSE (Figura 4.9B). Nesta Unidade puderam ser identificadas duas (2) famílias de fraturas cortando as litologias, apresentando *trend* E-W a SW-SE. O contato com a sequência paraderivada(?) se faz a oeste por uma zona de cisalhamento identificada por meio da verticalização das foliações próximas. O contato leste parece ser interdigitado entre as litologias migmatíticas, sendo a principal característica a perda gradativa de afloramentos com presença de granada ao entrar nessa Unidade.



**Figura 4.8** – (A) Afloramento em leito de mostrando intercalação entre faixas migmatíticas: pelitos, psamitos e hornblenda migmatitos representando o fácies mais carbonático do sedimento; (B) Detalhe do contato entre a camada pelítica composta por biotita migmatito e a camada psamíticas composta por metatexitos granítico.



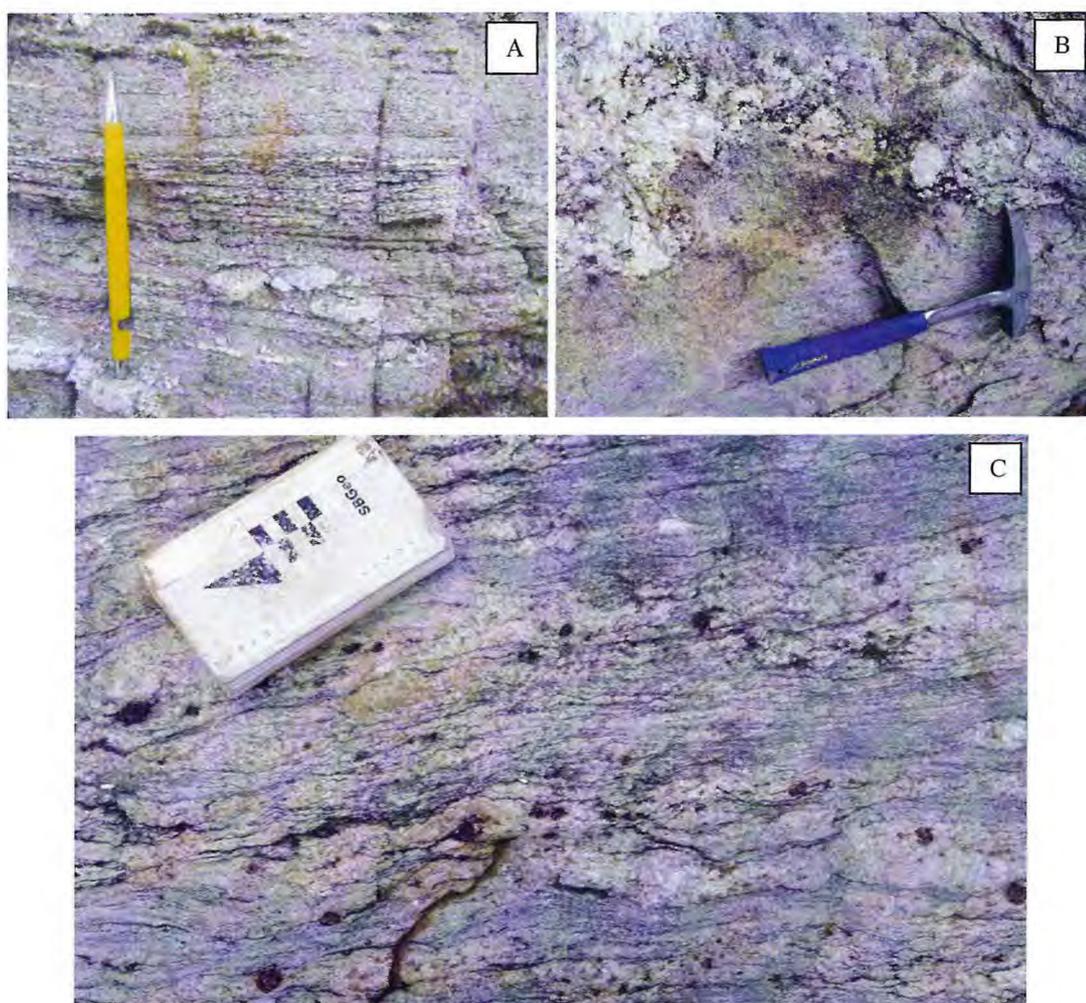
**Figura 4.8 (cont.)** – (C) Detalhe de restito hornblendito em melanossoma de hornblenda migmatito no mesmo afloramento; (D) Detalhe de rocha gnáissica/migmatítica com melanossoma composto quase que completamente por anfibólio.



**Figura 4.9** – (A) Estereograma mostrando os polos obtidos através das três medidas de feições planares presentes na Unidade, mostrando vergência pra SE; (B) Estereograma mostrando comportamento das duas medidas de lineações de estiramento mineral presentes na Unidade.

#### 4.2.3. Hornblenda migmatitos, xistos, biotita migmatitos com granada e demais metatexitos com e sem granada e sillimanita

Os afloramentos são do tipo blocos rolados, lajedo e leitos de rio, além dos cortes feitos para construção de pontes. Esta é a sequência paraderivada(?), tendo como característica marcante a presença de granada não só nos granada anfíbolitos encontrados nas outras unidades, mas também a presença deste mineral nos mesossomas e leucossomas dos biotita migmatitos (Figura 4.10A ,B e C). Outra característica da unidade é a presença de xistos intercalando as sequências migmatíticas. Metatexitos graníticos com granada e sillimanita são encontrados, a sillimanita com lineação de estiramento mineral, acompanhada dos cristais de quartzo.



**Figura 4.10** – (A, B e C) Presença de granada em todas as fases dos metatexitos graníticos encontrados dentro da sequência comprovadamente paraderivada.

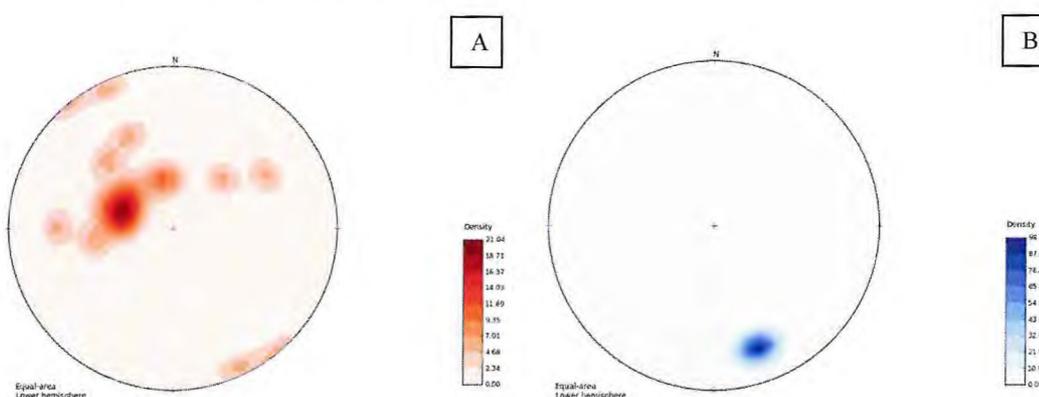
Em geral, os corpos presentes em leitos de rio apresentam lixiviação típica dos minerais móveis, deixando a rocha com aspecto mais félsico, basicamente plagioclásio e quartzo (Figura 4.11). As rochas continuam com o aspecto bandado, por vezes perdendo o bandamento lateralmente por conta do alto grau de fusão sofrido pelo protólito.

Diques de pegmatitos de composição quartzo feldspática contendo mega cristais de muscovita são comuns cortando os litotipos de maneira concordante com os traços regionais estruturais, assim como *sheets* graníticos encontrados próximos à zona de cisalhamento que marca o contato entre esta Unidade e a anteriormente descrita. Veios de quartzo leitoso discordantes com a foliação regional são encontrados também próximos a esta zona de cisalhamento. Lentes anfibolíticas acompanham a foliação regional, geralmente associados a granada anfibolitos que alternam junto com os hornblenda migmatitos.



**Figura 4.11** – Migmatito alterado em leito de rio mostrando uma mineralogia albíta granítica em seu leucossoma.

O comportamento das feições planares demonstra um *trend* NE-SW com variações comuns para SE-NW (Figura 4.12A), variando de 25 – 90° com mergulho para SE, dentro de pacotes migmatíticos diatexíticos ou onde a fluidez do líquido nos metatexitos permitiu o embricamento destas foliações. As feições lineares são marcadas pelo estiramento mineral de cristais de sillimanita e quartzo, mostrando um caimento entre 5 – 22° normalmente para SE, mas contendo elementos NE com caimento de 8° (Figura 4.12B) e três famílias de fraturas com *trends* E-W, NE-SW e NW-SE.



**Figura 4.12** – (A) Estereograma mostrando os contornos com a densidade de valores de foliação. O comportamento das foliações da Unidade tende para SE com ângulos elevados, foram levantadas 16 medidas de foliação dentro desta unidade; (B) Polos das duas medidas de lineação encontradas na Unidade.

## 5. PETROGRAFIA

A descrição petrográfica realizada para a área de estudo na região de São Domingos possibilitou a classificação dos litotipos metassedimentares classificados em: hornblenda migmatitos com ou sem granada; biotita migmatitos com ou sem granada; metatexitos com ou sem a presença de granada, sillimanita e magnetita; granadas anfíbolito e anfíbolitos.

Abaixo serão descritos os principais aspectos texturais e mineralógicos encontrados durante a análise. Todas as fotos deste capítulo apresentam unidade de medida igual a micrometro ( $\mu\text{m}$ ). As abreviações pertinentes foram tiradas de Whitney *et. Al.* (2010) e estão presentes na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1** – Abreviação dos principais minerais constituintes dos litotipos presentes neste trabalho segundo Whitney *et al.* (2010).

Nome do mineral com respectiva sigla	
Anfíbólio	Amp
Apatita	Ap
Biotita	Bt
Epidoto	Ep
Feldspato potássico	Kfs
Granada	Gr
Muscovita	Um
Plagioclásio	Pl
Quartzo	Qz
Titanita	Ti
Zircão	Zr

### 5.1. Hornblenda migmatitos

São rochas de granulação média a grossa, que quando vistas em lâmina são classificadas como leucogranitos, hornblenda biotita granodioritos e granodioritos (leucossomas e mesossomas de metatexitos). Os leucossomas são maciços enquanto porções mesossomáticas são orientadas. As amostras de hornblenda gnaisses possuem a mineralogia idêntica aos hornblenda migmatitos, havendo apenas uma mudança textural em escala de afloramento, onde os gnaisses apresentam uma continuidade lateral de suas bandas e os migmatitos apresentam bandas descontínuas geralmente redobradas por conta da fluidez do líquido ou do grau de fusão pelo qual o protólito passou, tendo os metatexitos as bandas mais

uniformes, os diatexitos as bandas descontínuas e os nebulitos a completa ausência do bandamento composicional.

Os leucogranitos e granodioritos representam os leucossomas e apresentam textura granoblástica. A assembleia mineral do leucogranito é constituída por quartzo (50%), plagioclásio (20%), anfibólio (18%), biotita (7%) e feldspato potássico (5%). A apatita ocorre como mineral acessório.

O feldspato ocorre como cristal xenoblástico a sub-idioblástico sem geminação. A biotita ocorre na forma de lamelas presentes como inclusões ou em contato com a hornblenda (Figura 5.1A). A hornblenda ocorre como cristais xenoblásticos com pleocroísmo entre o verde e o marrom e cor de interferência moderada a elevada interdigitando alguns cristais de quartzo. O plagioclásio é xenoblástico, por vezes, saussuritizado com geminações da albita e periclina, podendo conter inclusões de quartzo e encontra-se (Figura 5.1B). O quartzo varia de xenoblástico, nesse caso apresentando extinção ondulante, a idioblástico, quando na forma de inclusão. A apatita é encontrada na forma de inclusões em quartzo (Figura 5.1C).

O granodiorito possui assembleia mineral constituída por anfibólio (25%), plagioclásio (25%), feldspato potássico (22%), quartzo (15%) e biotita (13%). A titanita e o epidoto ocorrem como acessórios.

As características da assembleia mineral são idênticas aos leucogranitos com a diferença que o feldspato apresenta textura mirmequítica (Figura 5.1D) e em alguns cristais com perititas.

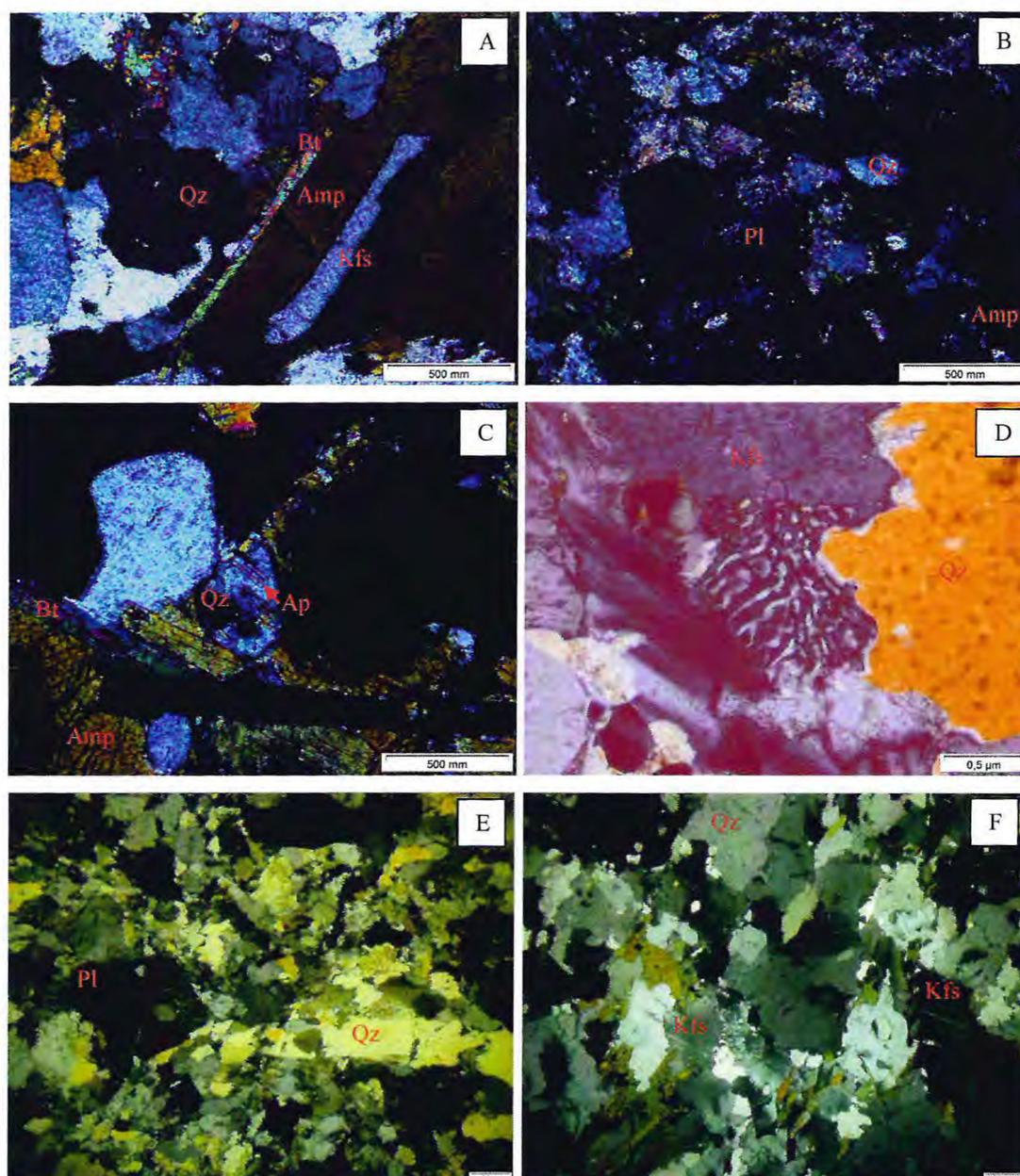
Os hornblenda biotita granodioritos são rochas de textura granoblástica na porção leucossomática e apresentam textura nematoblástica quando se aproximam das porções mesossomáticas. A assembleia mineral é composta por quartzo (30%), plagioclásio (25%), feldspato potássico (20%), anfibólio (15%) e biotita (10%).

O quartzo é xenoblástico por vezes apresentando estiramento mineral (quando presente no mesossoma) e extinção ondulante (Figura 5.1E). O feldspato aparece em duas fases, uma com geminação microclina e outra com texturas mirmequíticas (Figura 5.1F). O plagioclásio é representado por cristais com geminação albita. O anfibólio é composto basicamente por hornblenda. A biotita aparece como cristal tabular em contato com os cristais de anfibólio.

O litotipo pode apresentar cristais de granada, de maneira geral apresentando alterações, xenomorfos e rodeados por plagioclásio amorfo e cristais tabulares de anfibólio.

## 5.2. Biotita migmatitos e biotita gnaisses

São rochas de granulação média a grossa variando de maciças a orientadas dependendo da proximidade com o mesossoma. Em lâmina podem apresentar uma classificação errônea de biotita hornblenda granitos. No caso dos gnaisses as bandas orientadas são marcadas por texturas lepidoblásticas. A mineralogia das duas litologias é idêntica, havendo apenas uma mudança textural.



**Figura 5.1** – (A) Cristal de biotita incluído em anfibólio; (B) Saussuritização em cristal de plagioclásio; (C) Inclusões de apatita em cristal subarredondado de quartzo; (D) Textura mirmequítica, característica de rochas que sofreram retrometamorfismo, em feldspato; (E) Cristais de quartzo estirados na mesma direção que o anfibólio; (F) Feldspato potássico apresentando geminação microclina e sem geminação.

As porções mais mesossomáticas possuem textura lepidoblástica (Figura 5.2A) com assembleia mineral composta por biotita (25%), quartzo (20%), plagioclásio (20%), feldspato potássico (25%), anfibólio (7%) e opacos (3%). Muscovita, clorita, titanita, epidoto e zircão podem aparecer como minerais acessórios.

O feldspato aparece como xenoblástico e possui a geminação microclina e *carlsbad* (Figura 5.2B), entretanto pode não apresentar geminação, nesse caso os cristais possuem textura mirmequítica; ainda podem ser observada pertitas e algumas inclusões de quartzo (Figura 5.2C). O plagioclásio é caracterizado pela geminação albíta e periclina (onde, por vezes, aparece deformada); quando na forma de inclusões, os cristais variam entre subidioblásticos a xenoblásticos. O quartzo pode aparecer em duas fases, uma xenomorfa, preenchendo interstícios entre os cristais maiores, e outra como cristais subarredondados na forma de inclusões em feldspato (Figura 5.2D). A biotita varia em forma dependendo do grau de alteração, indo desde lamelas xenoblásticas até idioblásticas.

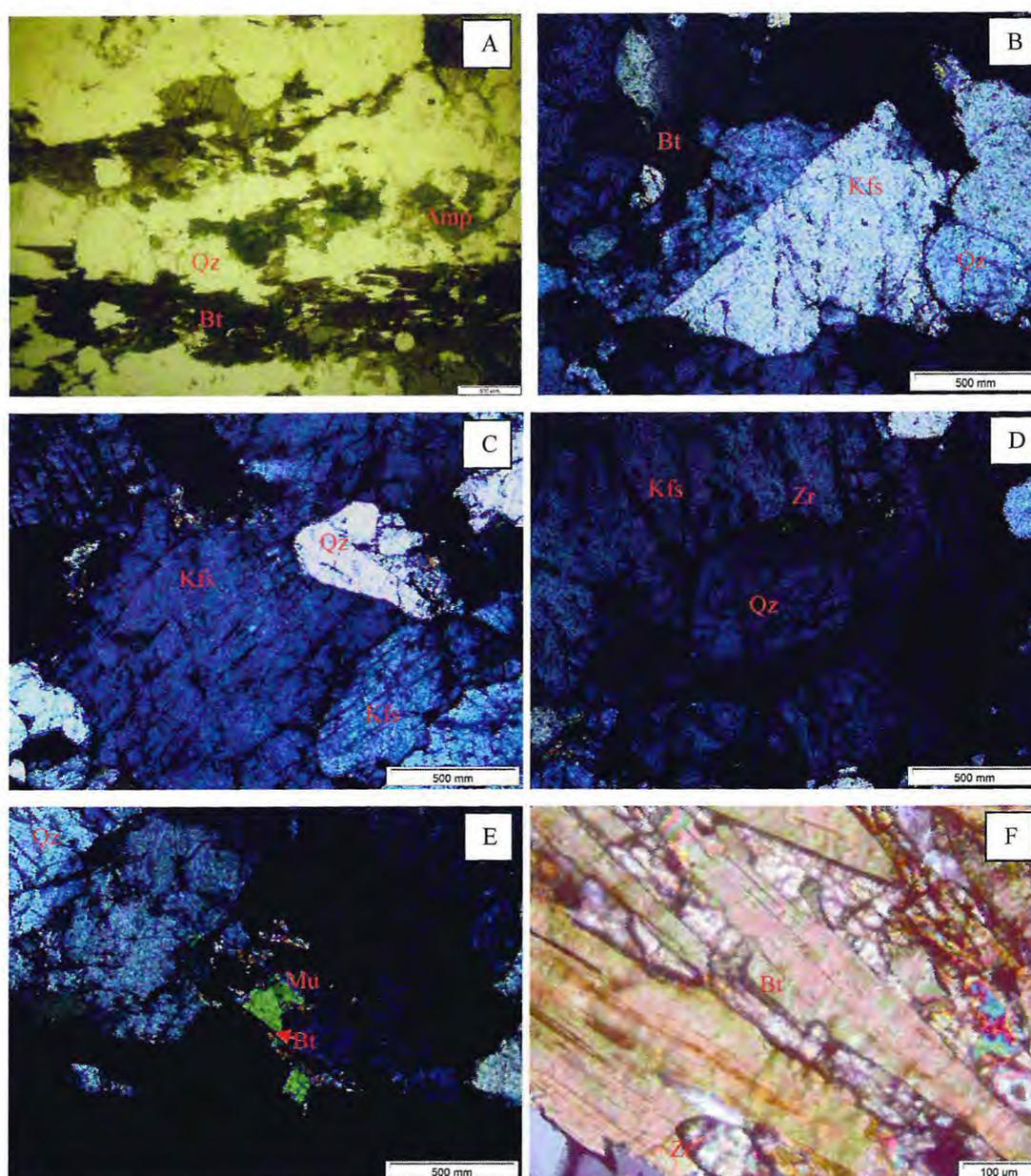
Em relação aos minerais acessórios, a muscovita e a clorita ocorrem como alteração da biotita (Figura 5.2E). O zircão aparece na forma de cristais arredondados como inclusões em feldspato ou muscovita (Figura 5.2F). A titanita é um cristal amorfo geralmente associado ao anfibólio. O anfibólio é representados principalmente por hornblenda xenomorfa.

Por vezes essa unidade pode apresentar cristais de granada distribuídos tanto nas porções leucossomáticas como nos mesossomas, de maneira geral apresentando alterações.

### 5.3. Metatexitos

São rochas de granulação média a grossa variando de maciças a orientadas dependendo do quão próximo estão do mesossoma. O leucossoma geralmente é composto por leucogranitos de textura granoblástica, já as porções mais próximas do mesossoma podem conter composição albíta granítica com textura nematoblástica, apresentando uma proporção entre anfibólio e biotita semelhante, que não se enquadra nos litotipos previamente citados.

Os leucogranitos que formam o leucossoma do migmatito possuem assembleia mineral quartzo (50%), plagioclásio (20%), feldspato potássico (15%), biotita (10%) e opacos (magnetita?) (5%).

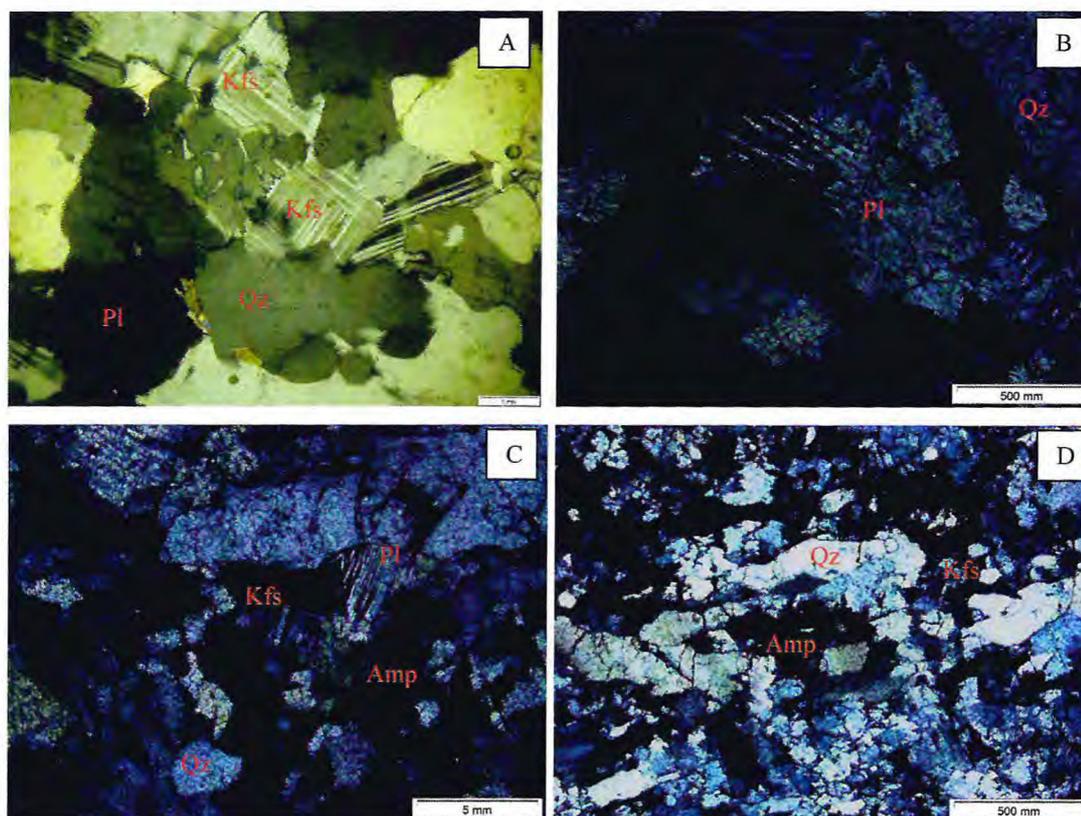


**Figura 5.2** – (A) Textura lepidoblástica característica das porções mais próximas aos mesossomas migmatíticos; (B) Cristal de feldspato potássico apresentando geminação carlsbad; (C) Pertitas em cristal de feldspato; (D) Inclusão arredondada de quartzo em feldspato e cristal de zircão arredondado; (E) Alteração de biotita em muscovita; (F) Inclusão de zircão em biotita.

O plagioclásio pode apresentar mudança de fase sólida dentro de um mesmo cristal (cristais com geminação albíta incluídos em cristais de geminação periclina, por exemplo). O plagioclásio é xenoblástico com cristais de geminação periclina ou albíta. O quartzo aparece como cristais xenoblásticos de extinção ondulante. A biotita ocorre como lamelas, mas como está presente no leucossoma, não apresenta orientação predominante dos cristais.

Os albita granitos são porções mais próximas aos mesossomas do migmatito, constituído ainda pela mineralogia granítica, variando apenas os valores modais de quartzo, feldspato e plagioclásio. Apresentam textura nematoblástica e possui assembleia mineral albita (45%), quartzo (35%), anfibólio (12%), feldspato potássico (5%) e opacos (magnetita?) (3%).

O plagioclásio aparece com geminação albita e periclina geralmente deformada (Figura 5.3B) onde alguns cristais possuem inclusões de fases mais sódicas marcando a migração para fases mais potássicas de feldspato (Figura 5.3C). O quartzo pode aparecer de duas formas distintas pelo tamanho dos cristais, com ambas as fases xenomorfas e extinção ondulante; os cristais maiores apresentam estiramento mineral na forma de uma lineação na mesma direção que o anfibólio (Figura 5.3D). O feldspato é marcado pela geminação microclina e é xenoblástico. Os opacos aparecem como inclusões no anfibólio de subidioblásticos a subarredondados (magnetita?). O anfibólio é xenoblástico, mas apresenta uma orientação preferencial de seus cristais e é representado preferencialmente por hornblenda.

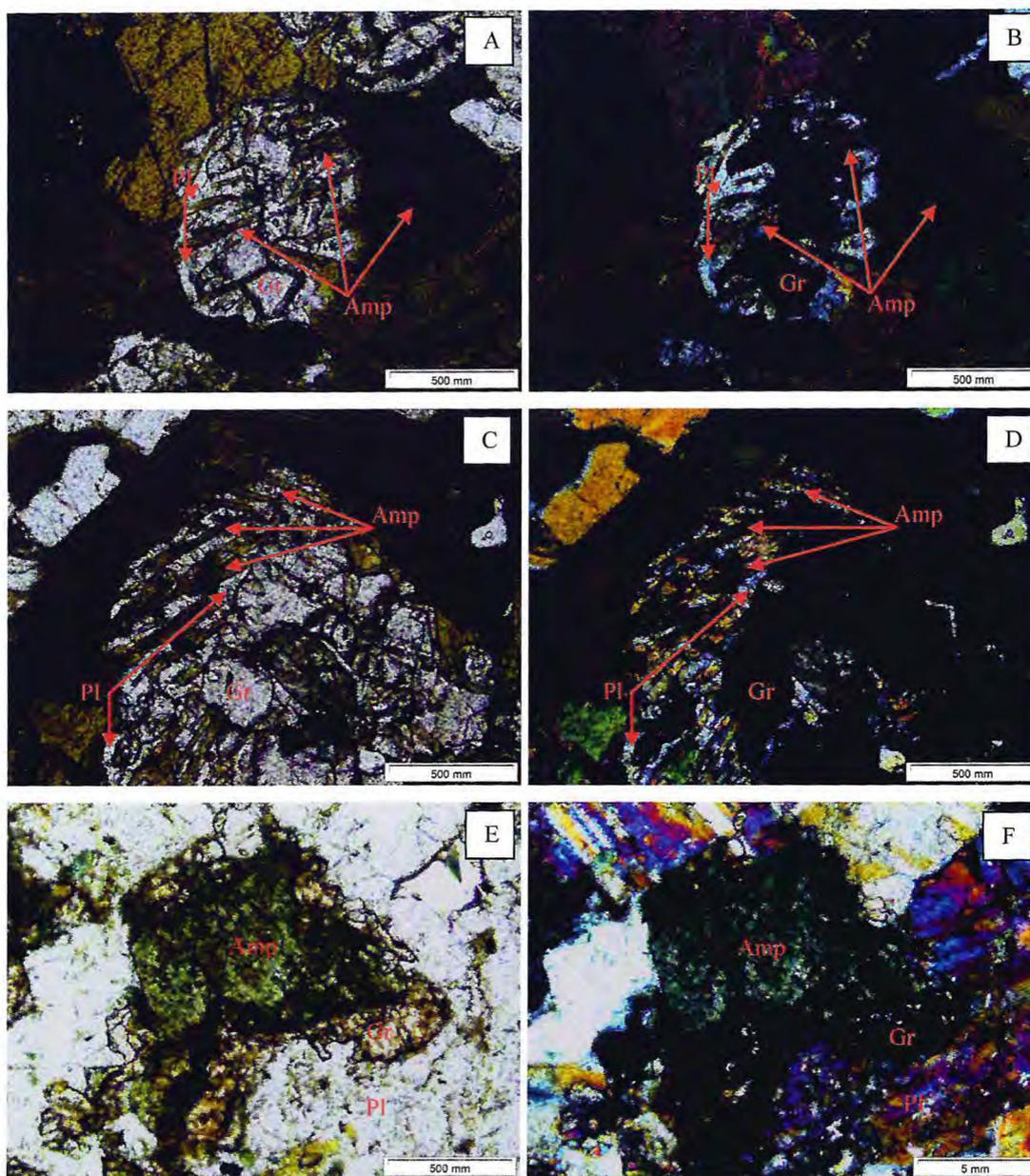


**Figura 5.3** – (A) Cristais de feldspato potássico com geminação microclina e cristal de feldspato potássico sem geminação, associado à textura mirmequítica; (B) Deformação da geminação periclina em plagioclásio; (C) Mudança de fase em cristal onde o plagioclásio com geminação periclina migra para cristal de feldspato potássico com geminação microclina; (D) Estiramento mineral de cristais de quartzo.

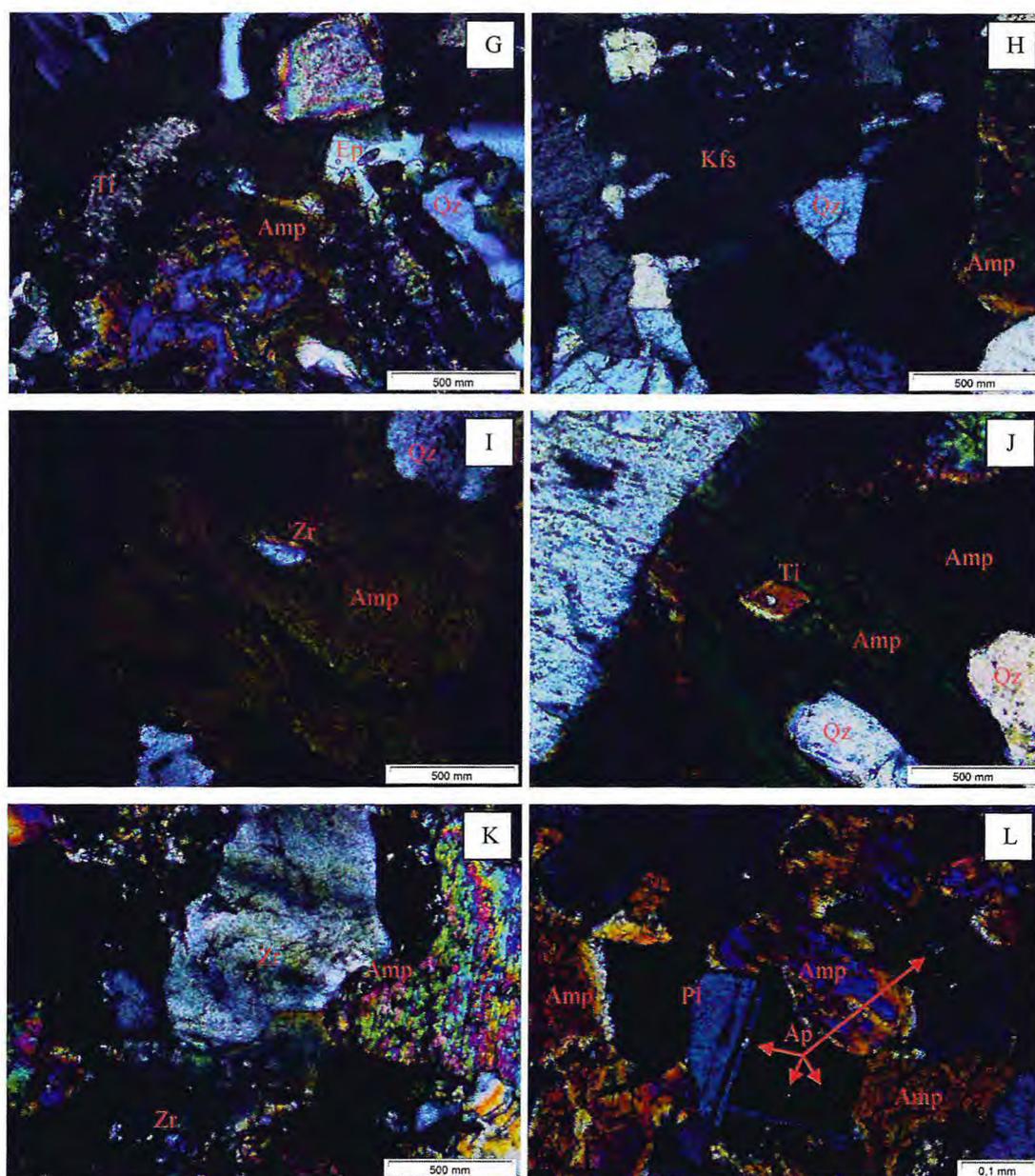
#### 5.4. Granada anfíbolitos

São rochas de granulação fina a média, de textura idioblástica e compostas primordialmente por anfíbólio. A assembleia mineral é composta por anfíbólio (50%), plagioclásio (20%), quartzo (15%), granada (12%) e opacos (3%). A titanita, zircão, clorita e muscovita podem aparecer como minerais acessórios e o feldspato potássico como mineral principal em algumas lâminas.

O plagioclásio é caracterizado pela geminação albita, podendo apresentar inclusões de quartzo, variando de sub-idioblásticos a xenoblásticos; está comumente associado a granada e ao anfíbólio como mineral amorfo e também a texturas simplectíticas (Figura 5.4A, B, C, D, E e F). A hornblenda é xenoblástica a sub-idioblástica representado em sua maioria por hornblenda, mas contendo entre 3-5% de antofilita, podendo conter inclusões de titanita (Figura 5.4G); assim como o plagioclásio, está associado a granada, mas como cristais idioblásticos tabulares (Figura 5.4A, B, C, D, E e F). A granada, quando xenoblástico é geralmente encontrada como inclusões, já a fase de granulação menor apresenta alteração, mostrando por vezes apenas pequenos núcleos de granada rodeados por plagioclásio amorfo e anfíbólio tabular (Figura 5.4A, B, C, D, E e F). O quartzo aparece como inclusão sub arredondada em anfíbólio e plagioclásio. Os opacos são cristais sub arredondados geralmente como inclusões em anfíbólio. O feldspato potássico é encontrado em algumas lâminas de granada anfíbolito, chegando a até 8% de concentração, como cristais xenoblásticos de geminação microclina, podendo apresentar textura mirmequítica (Figura 5.4H). A mineralogia acessória ocorre na forma de inclusões em cristais de anfíbólio, quartzo e plagioclásio (Figura 5.4 I, J, K e L).



**Figura 5.4** – Granada remanescente aonde seus cristais vão sendo substituídos por plagioclásio e anfibólio. (A, B, C e D) Cristais tabulares de anfibólio e plagioclásio amorfo substituindo granada; (E e F) Cristal de anfibólio bordejado por pequenos cristais de granada e plagioclásio.



**Figura 5.4 (cont.)** – (G) Inclusão de titanita em anfibólio e cristal de epidoto; (H) Presença de feldspato potássico com textura mirmequítica; (I) Cristal de zircão subarredondado em anfibólio; (J) Inclusão de titanita em anfibólio (hornblenda); (K) Cristais de zircão arredondados inclusos em quartzo; (L) Inclusões de apatita em plagioclásio.

### 5.5. Anfibolitos

Estes litotipos diferem do anterior pela ausência de granada em sua composição. A assembleia mineral é constituída por anfibólio (80%), plagioclásio (17%) e opacos (3%), sendo rochas de granulação fina a média de textura granoblástica, mas podem ocorrer variações locais de composição onde o quartzo e o feldspato chegam a porcentagens acima dos 5%.

O anfibólio não apresenta orientação preferencial dos cristais xenoblásticos; são todos clinoanfibólios, hornblenda principalmente. O plagioclásio apresenta geminação albita nos cristais xenoblásticos. Os opacos aparecem como cristais pequenos arredondados. Quando ocorre quartzo este possui extinção ondulante e é xenoblástico. O feldspato quando presente apresenta saussuritização (Figura 5.5).

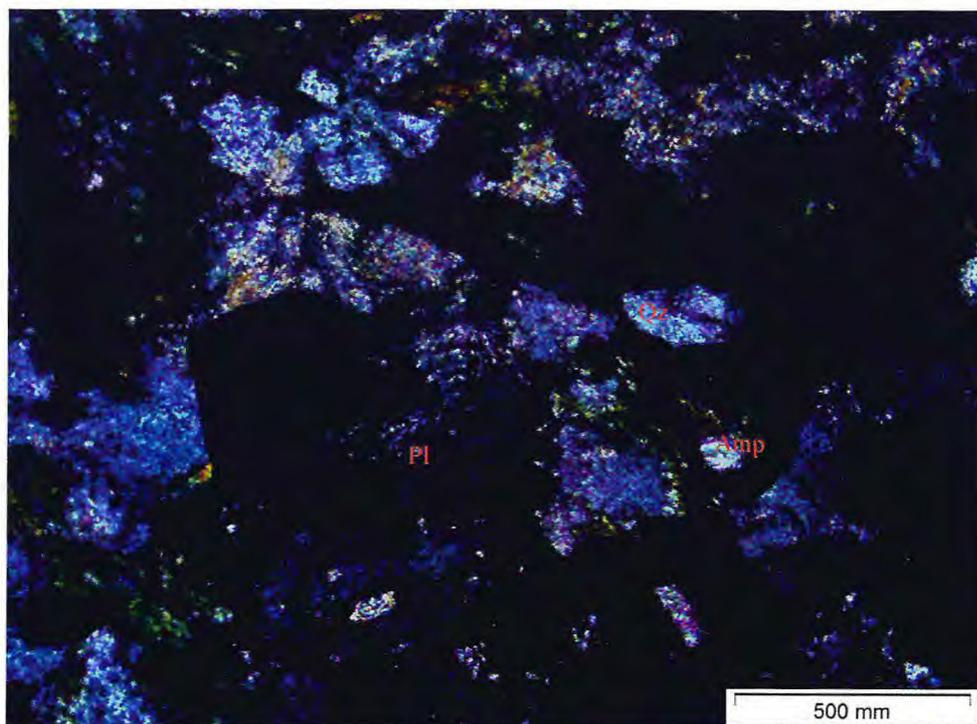


Figura 5.5 – Saussuritização de plagioclásio em rocha anfibolítica.

## 6. METAMORFISMO

Nesta seção estão descritas as condições metamórficas que geraram as rochas da área de estudo, levando em consideração as rochas marcadoras de metamorfismo, representadas por metassedimentares como metatexitos e anfibolitos, e também por gnaisses e anfibolitos de natureza ainda contraditória. A identificação das associações minerais está descrita na petrografia (Capítulo 5). Com base nas análises petrográficas, associações litológicas e texturais, foi possível estimar o ambiente reinante no momento da formação dos litotipos encontrados, assim como mudanças posteriores que ocorreram.

As unidades mapeadas representam uma série de rochas metapelíticas, típicas de ambientes plataformais, metamorfizadas em pressões moderadas a elevadas com a formação de um bandamento tectônico de transposição de baixo ângulo, em sua maior parte, com caimento para leste-sudeste, caracterizando um sistema de *nappes* neoproterozoicas alóctones sobre o embasamento Paleoproterozoico subjacente (Caby & Arthaud, 1986; Castro, 2004).

Os metatexitos e gnaisses encontrados na área de mapeamento apresentam mineralogia semelhante, havendo apenas uma mudança textural local na rocha, determinando assim diferenças em sua nomenclatura tais como hornblenda gnaiss e hornblenda migmatito. Existe ainda dentro destes migmatitos uma mudança quantitativa em sua mineralogia, o que resultou nas nomenclaturas hornblenda migmatito, biotita migmatito, além das variações faciológicas que apresentam granada, sillimanita ou magnetita.

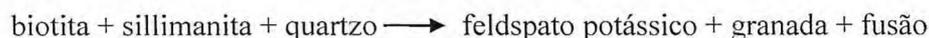
Em geral, a associação mineralógica observada para as rochas migmatíticas é quartzo + plagioclásio + anfíbólio + biotita + feldspato potássico ± apatita ± titanita ± epidoto ± clorita ± muscovita ± zircão, onde o zircão encontrado aparece na forma de cristais arredondados, indicando que este foi carreado de outro lugar até a região onde o protólito sedimentar se formou (Figura 5.2D e F).

Quando se estuda o metamorfismo de pelitos em condições de alta temperatura, segundo Yardley (1989), a zona seguinte a da sillimanita é uma de mais alto grau onde as rochas sofrem fusão parcial, chamadas migmatitos, tornando-se “rochas mistas”. Ainda segundo mesmo autor, a segunda isógrada da sillimanita representa a continuidade do crescimento desse mineral. Não foram obtidas secções delgadas com metatexitos onde a sillimanita esteja presente, sua ocorrência nos migmatitos da área é observada em amostras de campo e diz que a rocha passou por condições de temperatura e pressão onde a muscovita deixa de ser estável e existe a coexistência de sillimanita e feldspato potássico:

A sillimanita é formada a partir da quebra da muscovita com base na reação:



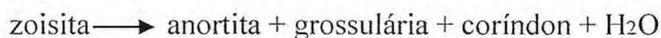
Com o aumento da pressão e temperatura a sillimanita deixa de ser estável:



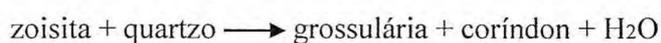
O aparecimento da granada ao invés de cordierita diz que o ambiente é de mais alta pressão. A ausência da cordierita nas amostras migmatíticas da região descarta em parte a hipótese das rochas terem chegado ao fácies eclogito, já que a associação feldspato potássico + cordierita + granada, atribuída a esse fácies, não foi observada. Além disso, a ausência de ortopiroxênios também não indica que a rocha tenha passado por estas condições metamórficas (Yardley, 1989), tendo chegado ao pico metamórfico na interface entre os fácies anfíbolito e granulito.

Acompanhado dos migmatitos estão corpos anfibolíticos que podem ser interpretados como o resultado de metamorfismo de protólitos de composição carbonatada. O metamorfismo de margas é tratado por Winkler (1976) como a interação entre os minerais micáceos, a clorita e o quartzo constituintes do protólito com a calcita e/ou a dolomita com proporções variáveis, compondo um sistema mineralógico muito complexo que depende em boa parte da pressão de CO<sub>2</sub> e a presença de água no momento do metamorfismo.

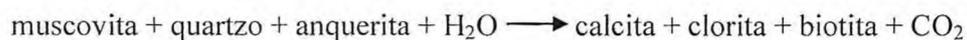
Minerais como zoisita e grossulária podem formar-se em margas. A grossulária pode reagir com quartzo em temperaturas mais elevadas formando wollastonita e anortita (Figura 6.1), colocando as rochas da região com associação mineral anfíbólio + plagioclásio + quartzo ± epidoto ± granada, sendo a associação quartzo + plagioclásio + granada estáveis em condições de fácies anfíbolito de médio grau. Em condições de mais baixo grau metamórfico, explica-se o aparecimento da granada nos anfíbolitos a partir das reações:



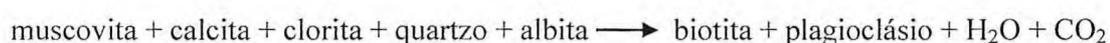
ou



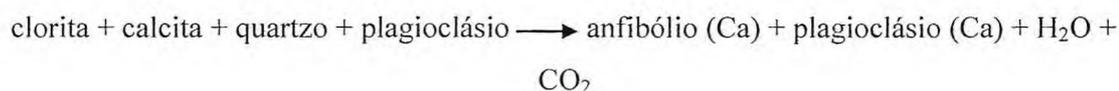
O metamorfismo que envolve protólitos carbonatados é tratado também por Ferry (1976) e usa como base a formação Valsoboro, Maine, EUA, constituída de semipelitos, pelitos e rochas carbonáticas. O aumento do grau metamórfico acarreta a perda de muscovita na chamada Zona da Biotita, onde:



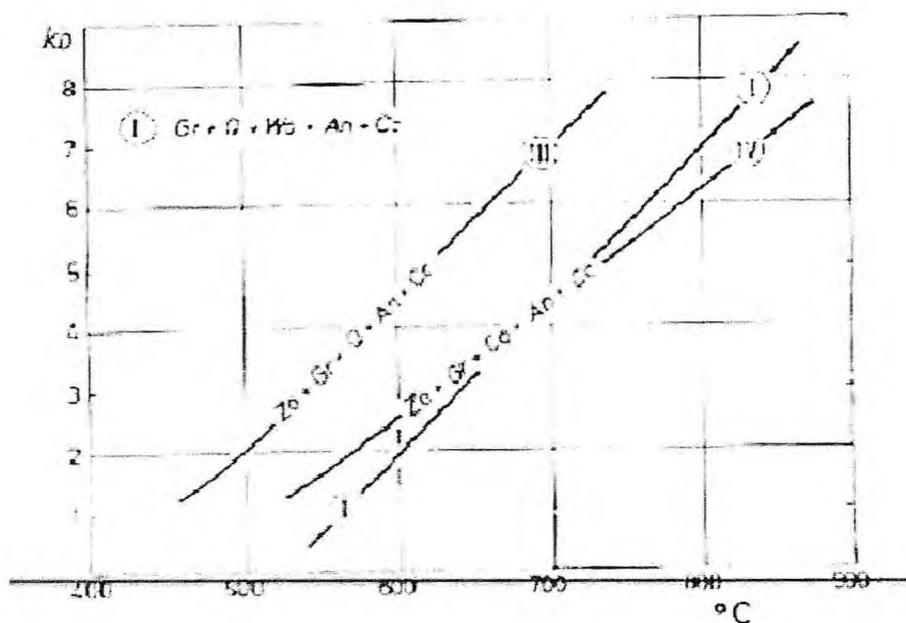
Ainda nessa zona, a albita presente é substituída por plagioclásio intermediário:



O aparecimento de anfibólio cálcico pode ser acompanhado por um deslocamento adicional do plagioclásio em direção a composições mais cálcicas; a associação característica da zona do anfibólio é anfibólio (Ca) + quartzo + plagioclásio (Ca) + calcita + biotita + clorita:



Com o aumento da pressão e temperatura reinantes no fácies anfibolito de alto grau, ou a passagem para a zona de migmatização logo após a segunda isógrada da sillimanita, acarreta a perda dos cristais de calcita, mineral estável nas condições iniciais de metamorfismo.



**Figura 6.1** – Gráfico de estabilidade de minerais constituintes de margas para pressões relativamente elevadas (Winkler, 1976), destacando as zonas de estabilidade para minerais da série dos plagioclásios.

## 7. EVOLUÇÃO GEOTECTÔNICA

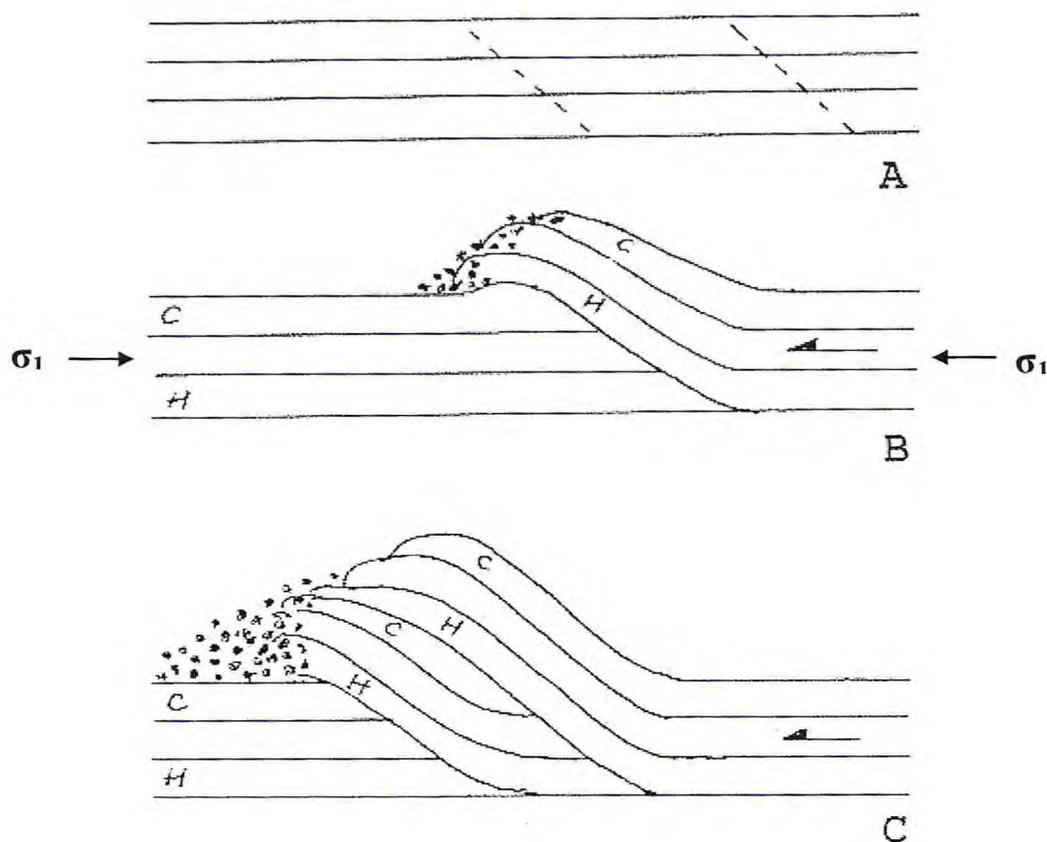
Com base no que foi levantado em campo no que se refere à litologia e comportamento estrutural, interpreta-se a área mapeada como uma paleo-plataforma continental, muito provavelmente caracterizada pela alternância na energia de deposição acarretada devido às mudanças do nível de maré. A proveniência desses sedimentos pode ser definida com base na datação dos cristais de zircão arredondados encontrados nas rochas migmatíticas e anfibolíticas encontradas.

A intercalação de rochas areníticas, argilosas e carbonáticas é típica de ambientes onde existe essa alternância na energia deposicional. Durante a colisão ocorrida durante o evento Brasileiro, onde Fetter *et al.*, 2003; Castro, 2004; e Teixeira, 2005 apresentam evidências estruturais e metamórficas somadas a dados geocronológicos que corroboram para dizer que a área foi afetada por esse evento, a área sofreu pelo menos três eventos deformacionais até entrar em equilíbrio com a fase que vemos hoje.

O começo do fechamento resultante da amalgamação dos blocos que hoje formam a Província Borborema, com direção de fechamento SE – NW acarretou a formação da chamada tectônica de *nappes* que caracterizou a primeira fase deformacional. Nessa fase foram produzidas as foliações de baixo ângulo (3 – 15°), com direção NE – SW, e o cavalgamento das antigas rochas sedimentares (Figura 7.1). Com a progressão do evento colisional as foliações, antes de baixo ângulo, tornaram-se foliações de médio a alto ângulo (40 – 50°), jogando a temperatura e pressão para um ambiente de fácies anfíbolito de médio a alto grau, até granulito, onde ocorre a migmatização das rochas encontradas. Não foram encontradas nas secções delgadas observadas a associação mineral típica do fácies eclogito, sendo ela feldspato potássico + cordierita + sillimanita, nem mesmo ortopiroxênios, mostrando que o ambiente compressional não chegou a tais condições.

A terceira fase deformacional diz respeito ao período em que cessa a compressão do evento Brasileiro e as rochas acomodam-se, reinando agora uma ambiente temporariamente extensional, migrando para um ambiente de mais baixa pressão, fazendo a mineralogia ficar instável, podendo gerar texturas de descompressão como coronas de albita ao redor da granada e texturas simplectíticas envolvendo cpx + pl + qz. Por fim, a transição de um regime essencialmente dúctil a uma tectônica dúctil-rúptil a rúptil onde o fraturamento e o falhamento são as feições estruturais mais importantes, acarretaria a formação de serrotes quartzosos nos

fraturamentos de direção NE – SW além da incorporação de *sheets* graníticos nas seqüências migmatíticas.



**Figura 7.1** – Desenho ilustrativo mostrando a evolução da tectônica compressional local, onde em (A) há o início do faturamento que resultará no cavalgamento das *nappes*; em (B) começam a se desenvolver as foliações de baixo ângulo encontradas na região; e em (C), num estágio mais avançado, a duplicação de camadas estratigráficas resultante do cavalgamento.

## 8. ASPECTOS ECONÔMICOS

Segundo o Programa de Avaliação de Distritos Mineiros de 2012 do Ministério de Minas e Energia com apoio do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral e da Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento da Mineração, os agregados são materiais granulados, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil. São classificados quanto a sua origem, dimensão dos grãos e massa específica.

### 8.1. Brita

Em relação à origem, podem ser classificados como naturais e artificiais. Os naturais ocorrem na natureza, praticamente prontos para utilização, necessitando, no máximo, de um rápido processamento de lavagem e classificação, como as areias, grânulos e cascalhos provenientes de depósitos sedimentares. Os artificiais são os que necessitam de beneficiamento, ou seja, brita, areia artificial, etc. O termo artificial refere-se ao modo de obtenção e não ao material propriamente dito. No entanto, existem autores que classificam como artificiais aqueles agregados que são obtidos por processos industriais como escória de alto forno, argila expandida, etc.

Quanto à dimensão, os agregados são classificados em miúdos e graúdos. Também podem receber denominações especiais como filler, areia, pedrisco, seixo rolado, pedregulho, cascalho, brita e pedra britada. O agregado miúdo é definido como areia de origem natural ou resultante da britagem de rochas, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a NBR NM 248. O agregado graúdo é definido como pedregulho ou brita, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a NBR NM 248. Filler ou pó mineral é o material granular que passa na peneira ABNT nº 200 (0,075 mm). Areia é o agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais, sendo denominada de areia natural aquela resultante da ação de agentes da natureza e de areia artificial, quando é proveniente de britagem ou outros processos industriais. Pedregulho, cascalho ou seixo rolado é o agregado graúdo que pode ser utilizado na fabricação do concreto sem sofrer qualquer tratamento que não seja lavagem e

seleção. Brita ou pedra britada é o agregado graúdo originado através do quebramento artificial da rocha.

Quanto à massa específica ( $\gamma_a$ ), os agregados podem ser classificados em  $\text{mg.m}^{-3}$ , como: leves ( $\gamma_a < 2,0$ ) - pedra-pomes, vermiculita, argila expandida e outros; normais ( $2,2 < \gamma_a < 3,2$ ) - areias, pedregulhos e pedras britadas; e pesados ( $\gamma_a > 3,2$ ) - barita, magnesita, limonita e outros. Aqui, só serão abordados os agregados classificados como normais. Durante o levantamento de dados geológicos na área de mapeamento foram identificados possíveis alvos para extração de agregados para construção civil, assim como quartzo utilizado na indústria de ferro-ligas no estado do Ceará.

A relevância do setor de areia e brita para a construção de uma sociedade é um fato, apresentando-se como um dos mais importantes indicadores de qualidade de vida atuais. Os Países da Comunidade Europeia, Japão e Estados Unidos têm um consumo per capita igual ou seis vezes superior ao do Brasil.

MUNICÍPIO	ÁREA (km <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	POPULAÇÃO <sup>2</sup>	IDH <sup>3</sup>	PIB (RS) <sup>4</sup>	PIB p capita (RS) <sup>4</sup>
Fortaleza	313,14	2.505.552	0,786	28.350.622.000	11.461,22
Maracanaú	105,696	201.693	0,736	3.121.055.000	15.620,27
Caucaia	1.227,90	334.364	0,721	1.952.311.000	5.973,82
Eusébio	76,583	41.307	0,684	938.076.000	23.204,78
Horizonte	159,972	54.362	0,679	837.005.000	15.946,59
Maranguape	590,824	110.523	0,736	645.435.000	5.947,34
S.G. Amarante	834,394	42.962	0,639	610.967.000	14.439,92
Aquiraz	480,976	71.400	0,670	496.794.000	7.052,83
Pacatuba	132,427	71.839	0,542	456.327.000	6.517,29
Pacajus	254,435	59.689	0,678	414.878.000	7.118,57
Cascavel	837,967	67.956	0,673	370.996.000	5.537,09
Itaitinga	150,788	32.678	0,680	134.578.000	4.155,96
Chorozinho	278,4	18.759	0,633	71.220.000	3.794,36
Pindoretama	72,855	18.322	0,657	57.876.000	3.211,43
Guaiúba	267,203	23.853	0,652	73.580.000	3.130,79
<b>RMF</b>	<b>5.783,56</b>	<b>3.655.259</b>	<b>0,767</b>	<b>38.531.720.000</b>	<b>10.860,70</b>
<b>CEARÁ</b>	<b>148.825,60</b>	<b>8.448.055</b>	<b>0,723</b>	<b>74.950.000.000</b>	<b>8.870,00</b>

**Tabela 8.1** – Dados demográficos e econômicos referentes aos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza e ao estado do Ceará. 1 – IBGE (2002); 2 – IBGE (2010a); 3 – PNUD (2000) e 4 – IBGE (2010b), segundo Programa de Avaliação de Distritos Mineiros de 2012.

Durante os levantamentos litológicos e estruturais feitos para a realização deste trabalho foram observados corpos migmatíticos que poderiam servir como fonte para um tipo

de agregado para construção civil, a brita, esse material pode ser obtido também de rochas graníticas e vulcânicas alcalinas, mas estas não foram observadas na área.

A brita é amplamente utilizada na construção civil com aplicações na fabricação de concreto, pavimentação de rodovias, lastros de ferrovias, revestimento de leito de estradas de terra, barramentos, enrocamentos, filtros e outras destinações.

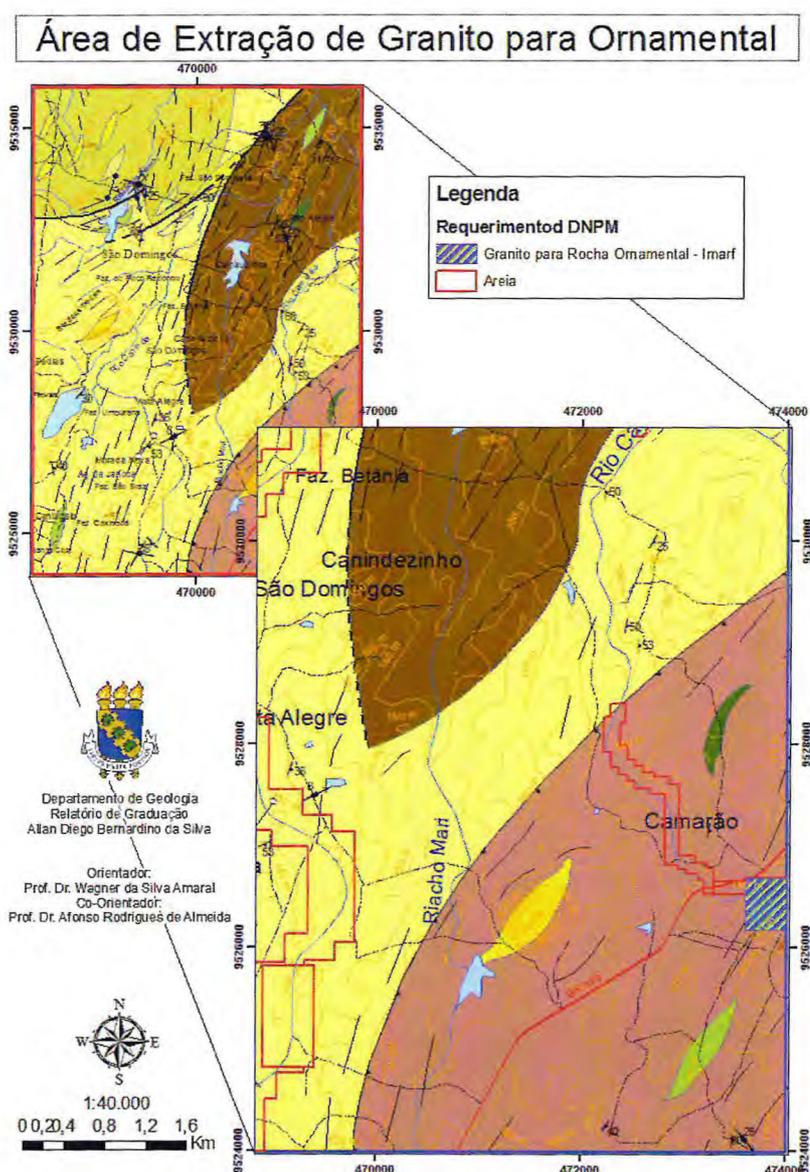
A tecnologia do concreto sofreu avanço bem significativo nos últimos anos, tendo a caracterização de seus constituintes (agregados, aditivos e ligantes) exercido um papel fundamental nos parâmetros de controle e qualidade, fazendo com que o antigo conceito de que os agregados eram apenas materiais de preenchimento e não exerciam influência considerável na mistura, fosse definitivamente abandonado. Hoje, é consenso que a caracterização tecnológica dos agregados pode ser a diferença entre um concreto durável ou não.

De acordo com a NBR 7389-2, as análises petrográficas de agregados visam à identificação das seguintes características: composição mineralógica (minerais essenciais, secundários, acessórios e suas quantidades); textura (forma e arranjo dos minerais); granulção predominante dos minerais principais; estrutura (arranjo macroscópico); estado e tipo de alteração dos minerais; grau de alteração da rocha; grau e tipo de microfissuração (intercristalina ou intracristalina, fissuras preenchidas ou abertas); natureza (ígnea, sedimentar ou metamórfica) e classificação petrográfica da rocha. Algumas características petrográficas são muito importantes para caracterizar os materiais rochosos utilizados como agregados, sendo as principais:

- estado de alteração dos minerais, por influenciar na durabilidade e nas propriedades físicas e mecânicas;
- presença de minerais deletérios ou nocivos, por provocar reações com substâncias presentes no concreto;
- presença de minerais que interagem com propriedades de ligantes betuminosos, quando o agregado é usado em concretos betuminosos.

Os migmatitos encontrados na região ainda dependem de todos esses estudos tecnológicos relacionados à normatização para classifica-los como próprios ou impróprios para uso como agregado, além de não haver elevações significantes de corpos

granítico/migmatíticos para a extração na forma de bancadas, já que praticamente todos os afloramentos encontrados são na forma de lajedos, o que dificultaria a lavra, mas existe na área uma poligonal DNPM processo 800.013/1998 em Disponibilidade onde eram extraídos rochas graníticas para utilização ornamental (Figura 8.1).



**Figura 8.1** – Mapa com a localização de poligonal de extração de granito para rocha ornamental, hoje em Disponibilidade (data do download do *shapefile*, 15 de Fevereiro de 2014).

## 8.2. Areia

Ainda na indústria de agregados para construção civil há a presença de corpos aluvionares que podem ser fontes de extração de areia. Areias são sedimentos clásticos inconsolidados formados por fragmentos de rochas preexistentes, com grãos com dimensões que variam entre 0,06 e 2,00mm (ABNT). Os grãos frequentemente são de quartzo, mas também podem conter outros minerais. Os processos de fragmentação e transporte do sedimento podem estar relacionados a meio aquoso ou eólico, sendo as características físicas dos grãos, como tamanho, arredondamento e esfericidade relacionados ao meio no qual as partículas foram transportadas e a distância percorrida.

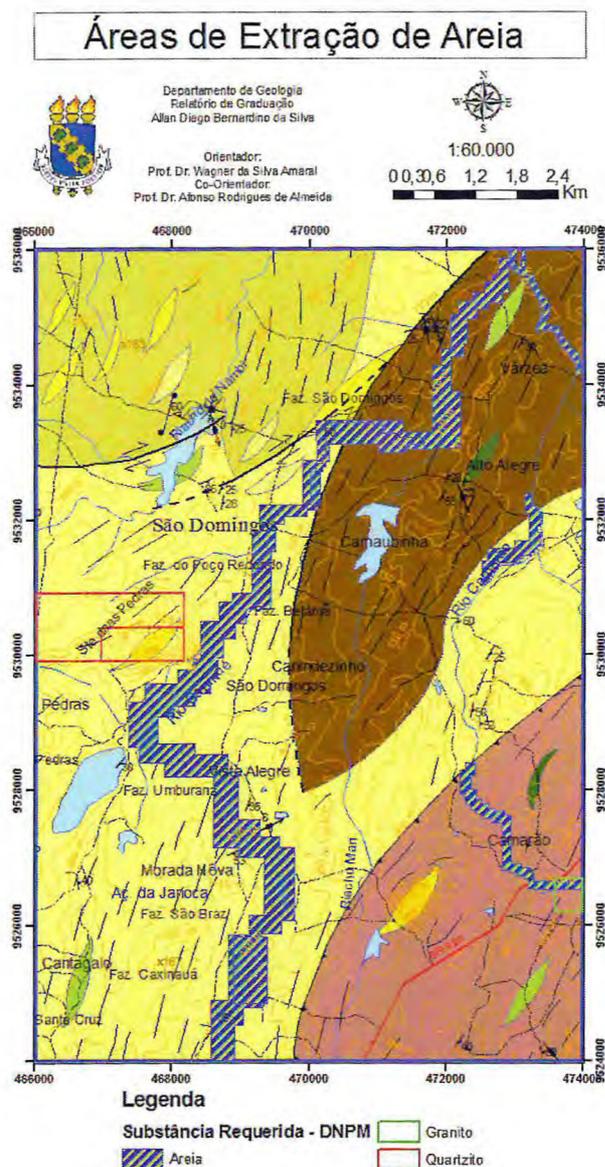
Segundo a NBR 6502 as areias são classificadas de acordo com o diâmetro em: areia fina (0,06 a 0,2 mm), areia média (0,2 a 0,6 mm) e areia grossa (0,6 a 2,0 mm). Na escala granulométrica da ASTM, as areias apresentam dimensões variando de 0,075 a 4,75 mm, sendo classificadas pelo diâmetro em: areia fina (0,075 a 0,42 mm), areia média (0,42 a 2,0 mm) e areia grossa (2,0 a 4,75 mm) (Programa de Avaliação de Distritos Mineiros de 2012).

As areias podem apresentar variadas especificações e usos tais como: na indústria da construção civil como agregado miúdo; moldes de fundição; matéria prima na indústria de transformação (vidros, siderúrgica, abrasivos, cerâmica, química, refratários, cimento e outros); no tratamento de águas e esgotos e como minério portador de minerais pesados de interesse econômico como monazita, ilmenita, ouro, diamante, cassiterita e outros.

Dentro deste mapeamento foram evidenciadas ocorrências de corpos de areia inconsolidada de grande volume, não identificáveis numa escala de mapeamento de 1:50.000, principalmente nos leitos de rios perenes da região nas proximidades de açudes (baixos topográficos) ou em regiões onde o curso das drenagens se torna meandrante, diminuindo a energia de transporte ao longo do leito. Durante as etapas de campo esses corpos arenosos foram visualizados por conta da ausência de água corrente devido à estiagem que atinge a região. Para afirmar que esses corpos arenosos são viáveis economicamente é necessária uma pesquisa aprofundada que delimite tanto superficialmente como em profundidade a partir de furos de sondagem, assim, sendo possível determinar um valor de reserva total para a região.

Nas áreas pertencentes às margens dos rios Camarão e Canindé se encontram os principais projetos de extração de areia pertencentes a quatro pequenas empresas de mineração, sendo os processos 800.214/2007, 800.276/2009, 800.127/2007, 800.252/2011,

801.009/2010, 800.237/2011, 800.124/2011, 800.858/2011, 800.563/2012, 800.508/2013, 800.877/2012 e 800.878/2012 (Figura 8.2).



**Figura 8.2** – Mapa com localização das áreas de extração de areia na localidade de São Domingos. Notar que as áreas de extração são restritas aos rios Camarão e Canindé (data do download do *shapefile*, 15 de Fevereiro de 2014).

### 8.3. Quartzo

Os serrotes mais proeminentes da área são formados por percolação de sílica em fraturamentos de *trend* NE – SW e formam corpos quartzosos que podem ser utilizados na indústria de ferro-ligas.

Segundo a Elaboração Do Plano Duodecenal (2010 - 2030) De Geologia, Mineração e Transformação Mineral (2009), Ferro-ligas são produtos intermediários onde além do elemento de liga, contém quantidades significativas de ferro. Esta característica direciona este tipo de produto para aplicações onde a presença do ferro não é preferencial. Decorre daí o fato de o setor siderúrgico (incluindo fundição de ferro e aço) ser o quase exclusivo mercado das ferro-ligas. Algumas exceções encontradas, principalmente no caso do silício, não invalidam a regra.

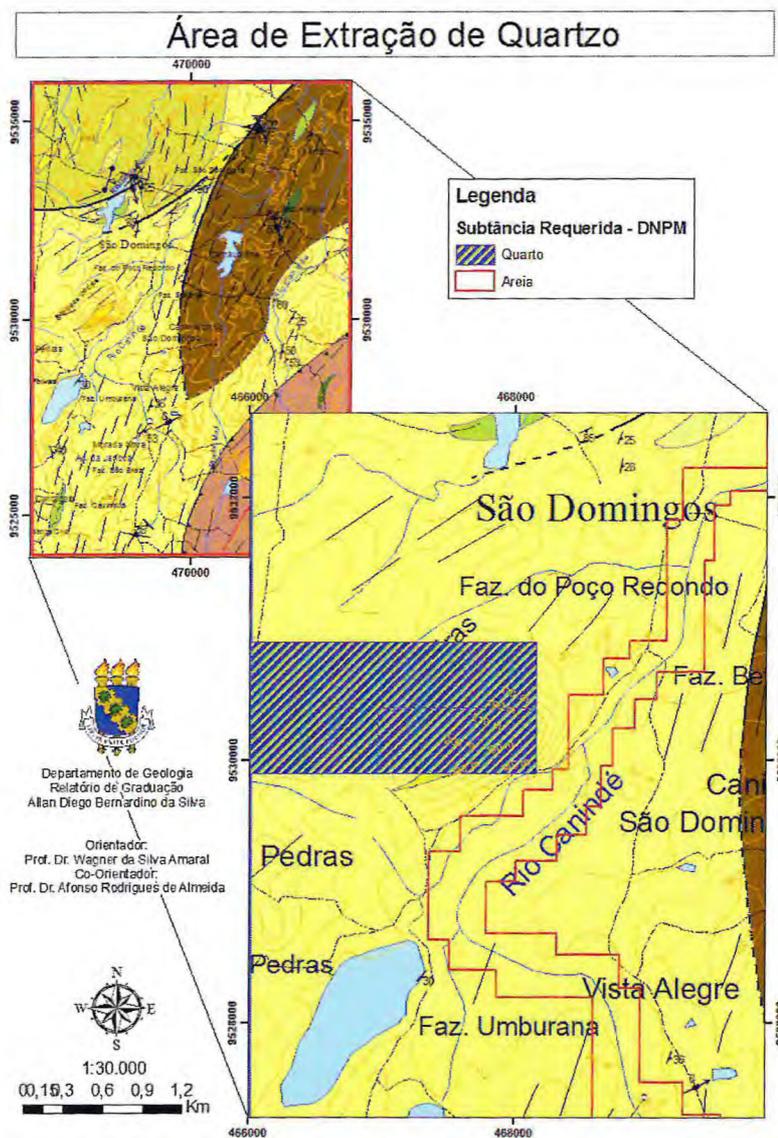
O segmento brasileiro de ferro-ligas é razoavelmente diversificado e ocupa uma posição de destaque no cenário mundial. Dentre os fatores que conduziram a esta condição, relaciona-se a disponibilidade de matérias primas com qualidade e custo convenientes, a distribuição/localização favorável dos jazimentos, a disponibilidade de energia elétrica e o grande crescimento do mercado interno, decorrente da expansão do segmento siderúrgico.

As ferro-ligas são usadas como matérias primas para. Muitos elementos de liga, a estrutura mineralógica dos seus minérios já contém ferro que se incorpora ao metal e cuja remoção exige processos complexos e onerosos. Quando o ferro incorporado se constitui em uma impureza, e o valor agregado do produto resultante é compatível, a obtenção do elemento puro se justifica. Porém, no caso dos setores siderúrgico e de fundição, o ferro não é contaminante e, portanto, não há razão de se removê-lo. Com isto, é produzida uma liga de ferro com o elemento de liga, cujo custo é sensivelmente menor que o do caso anterior.

Uma das vantagens desse setor é que as unidades beneficiadoras das ferro-ligas não precisam estar presentes em grandes centros urbanos. A exemplo do Ceará, a única unidade é a da Libra – Ligas do Brasil, localizada em Banabuiú. Segundo dados da própria empresa, a siderúrgica é uma das maiores produtoras do nordeste da liga ferro-silício 75% e ferro-silício 45% (além de ferro-magnésio). O quartzo é fundido junto ao ferro para formar a liga de ferro.

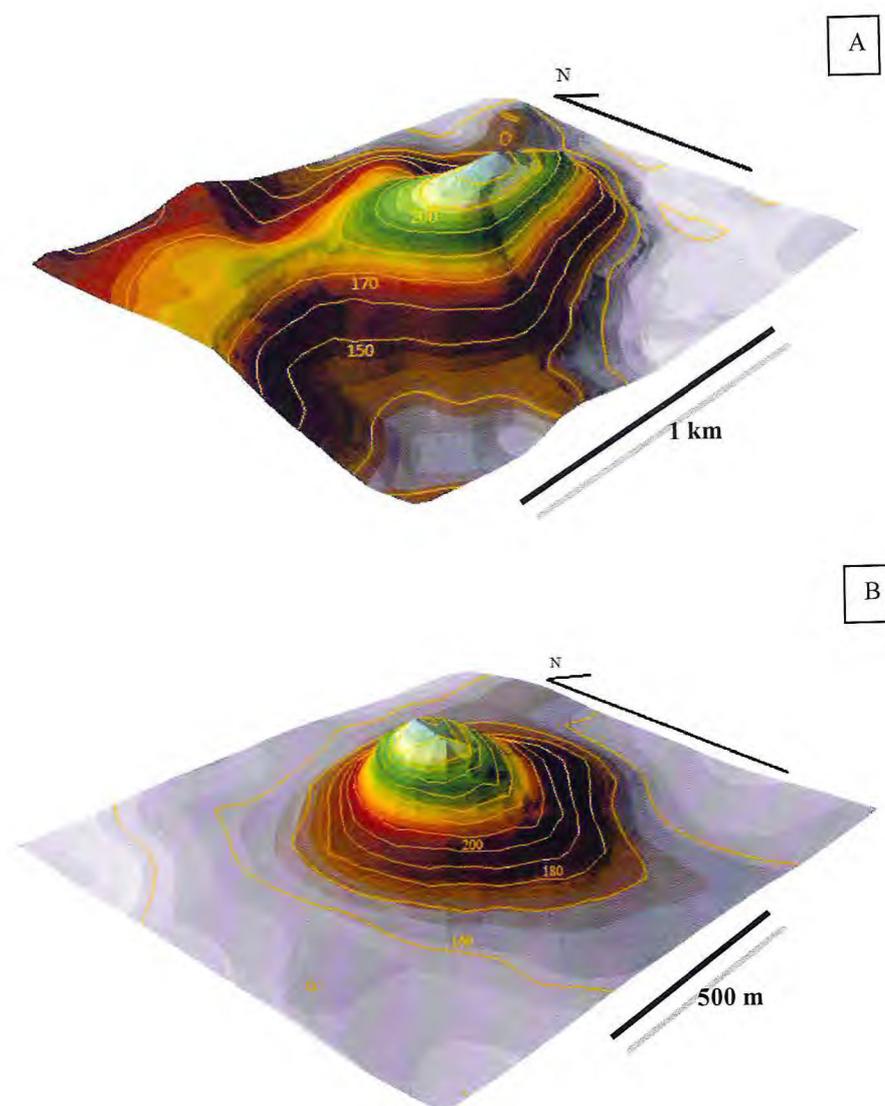
Com base no banco de dados do DNPM as áreas requeridas para extração de quartzo para são mostradas na Figura 8.3, ambas pertencentes à mesma pessoa física e com números

de processo 800.310/2011 e 800.225/2011. Sendo estas áreas localizadas no Serrote das Pedras.



**Figura 8.3** – Mapa com localização de área de extração de quartzo no Serrote das Pedras (data do download do *shapefile*, 15 de Fevereiro de 2014).

Dois Modelos Digitais de Elevação (MDE) foi produzido a partir das curvas de nível extraídas pelo *software* ArcGIS 9.3, dando uma noção do volume aproximado de quartzo que poderia ser extraído da área (Figura 8.4A e B).



**Figura 8.4** – Modelos Digitais de Elevação mostrando Serrote Serrinha (A) e serrote indiscriminado (B), dentro da área de mapeamento, constituídos por quartzo leitoso que percolou fratura de *trend* NE – SW.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento das litologias na área de estudo proporcionou um refino da litoestratigrafia local, onde haviam discriminadas quatro sequências de rochas, três delas ortoderivadas e uma paraderivada. Os principais litotipos encontrados na área são migmatitos com grau de fusão variável e entendidos como rochas paraderivadas de uma sequência psamopelítica carbonosa plataformar, onde a intercalação das camadas de arenito, arenito arcoseanos, argilitos, siltitos e margas teriam dado origem aos migmatitos.

Ao fim do mapeamento foram evidenciadas rochas de caráter migmatítico em toda área, acompanhada por vezes por gnaisses que não tiveram seus contatos definidos com os corpos migmatíticos, sendo este interdígito. Somando-se a isto o fato de a mineralogia encontrada tanto nos gnaisses como nos migmatitos ser idêntica, mudando apenas o caráter textural macroscópico, pode-se interpretar que as rochas são as mesmas, porém, com zonas onde a fusão foi mais atuante (migmatitos) e outras apenas a interferência tectônica foi atuante (гнаisses).

Tratando-se dos corpos anfíbolíticos encontrados ora intercalando grandes sequências migmatíticas, ora apenas como corpos restíticos (hornblenditos), temos que características petrográficas de anfíbolitos ortoderivados a abundância equivalente de plagioclásio e hornblenda, ao passo que nos paraderivados de margas ou sedimentos tufáceos o plagioclásio seria menos abundante, além de maiores quantidades de quartzo e biotita. A presença de diopsídio verde em abundância e a ausência geral da granada seriam especialmente típicas do último grupo, assim como a presença conspícua de epidoto. O que torna difícil a caracterização do corpo anfíbolítico encontrado com 80% de hornblenda e 17% de plagioclásio apenas, como de proveniência ortoderivada. Ainda sobre os anfíbolitos, o intercalamento de anfíbolitos com outros tipos litológicos e a falta de uniformidades nas bandas da hornblenda seriam características do tipo paraderivado, enquanto os ortoderivados seriam mais homogêneos, características que são observadas nos anfíbolitos descritos para a área tanto na ausência de uniformidade das bandas anfíbolíticas tanto para a associação litológica, onde os anfíbolitos se apresentam intercalados entre camadas psamíticas e pelíticas.

Com base também na associação litológica encontrada para a área de mapeamento, onde existem mármore e rochas calcissilicáticas mapeadas por outros autores, é mais provável que a origem dos anfíbolitos seja de natureza paraderivada. Porém, mesmo com

todos estes aspectos definidos ainda não é possível categorizar uma sequência segundo sua derivação, pois aspectos tectônicos que envolvam embasamento versus cobertura podem mascarar características ou indicar falsos caminhos para este esclarecimento, devendo a geoquímica ser a ferramenta elucidativa para essa questão, associando, claro, às relações de campo, tectônica, associações litológicas e petrografia.

A conclusão deste trabalho e a compilação de todos os dados aqui presentes irá colaborar com os estudos desenvolvidos dentro do Complexo Canindé. A delimitação dos corpos anfibolíticos e migmatíticos em escala de 1:50.000, refinados a partir da base de dados de 1:100.000, servirá de guia para estudos geocronológicos e geoquímicos desenvolvidos a nível de pós-graduação, evoluindo o conhecimento geotectônico local para buscar entender a derivação das rochas que compõem essa unidade.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, W. S. **Integração de dados aerogeofísicos e geológicos e sua contribuição à evolução geodinâmica do Domínio Ceará Central, Província Borborema.** Campinas-SP, 2007.
- ARAÚJO, C. E. G. de; CORDANI, U. G.; BASEI, M. A. S.; CASTRO, N. A.; SATO, K.; SPROSSER, W. M. **U–Pb detrital zircon provenance of metasedimentary rocks from the Ceará Central and Médio Coreau Domains, Borborema Province, NE-Brazil: Tectonic implications for a long-lived Neoproterozoic active continental margin.** Precambrian Research. 206-207, p. 36-51. 2012.
- ARTHAUD, M. H.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVEIRA, F. V. C. **As Seqüências Metasedimentares do Ceará Central.** XI Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte-MG, anais, pág. 16. 1998.
- ARTHAUD, M. H. **Evolução Neoproterozoica Do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE do Brasil): Da Sedimentação à Colisão Continental Brasileira.** In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande – PB. Boletim de Resumos, 6: 363 – 391. 2007.
- CABY, R. & Arthaud, M. H. **Major precambrian nappes of the Brazilian Belts, Ceará, Northeast Brazil.** Geology, 14: 871-874 p. 1986.
- CASTRO, N. A.; BASEI, M. A. S.; CAMPOS NETO, M. C. **Geocronologia e evolução tectônica Proterozóica do Domínio Ceará Central (Região entre Madalena e Taperuaba, Província Borborema, NE do Brasil).** Simp. 40 Anos de Geocron. no Brasil, USP-São Paulo, 74 p. 2004.
- CAVALCANTE, J. C. **Limites e evolução do Sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.
- CAVALCANTE, J.; FERREIRA, C. A. **Mapa Geológico do Estado do Ceará (1:500.000)** CD-ROM CPRM/MME, 2003.
- DANTAS, E. L.; VAN SCHMUS, W. R.; HACKSPACHER, P. C. ; NEVES, B. B. B.; FETTER, A.; CORDANI, U.; NUTMAN, A.; WILLIAMS, I. S. **The 3.4-3.5 GA São José do Campestre Massif, NE Brazil : remnants of the oldest crust in South America.** Precambrian Research, Netherlands, v. 130, n. 1, 113-137 p. 2004.
- FERRY, J. M. P. T. **fCO<sub>2</sub> and fH<sub>2</sub>O during metamorphism of calcareous sediments in the Waterville-Vassalboro area, south-central Maine.** Contributions to Mineralogy and Petrology, 57, 119-43. 1976.
- FETTER, A. H.; SANTOS, T. J. S. dos; VAN SCHMUS, W.R. ; HACHSPACHER, P.C.; BRITO NEVES, B. B.; ARTHAUD, M. H; NOGUEIRA NETO, J.A. & WERNICK, E. **Evidence for neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quitéria Batholith**

of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of west Gondwana. *Gondwana Research*. 2003.

MARTINS, G. **Litogeoquímica e controles geocronológicos da Suíte Metamórfica Algodões- Choró**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas. 218 p. 2000.

MARTINS, Guttenberg & OLIVEIRA, Elson P. “**Arcabouço Lito-Estrutural da Suíte Metamórfica Algodões-Choró, Domínio Ceará Central da Província Borborema.**” Universidade Federal do Ceará. In: *Revista de Geologia*. v. 17, nº 1, 38-51, 2004. Disponível em: < [www.revistadegeologia.ufc.br](http://www.revistadegeologia.ufc.br)>. Acesso em: 15 set. 2013.

PELOGGIA, A. V. G. & FIGUEIREDO, M. C. H. **Utilização de diagrama ferro-titânio na distinção química entre orto- e para- anfíbolitos**. Artigo, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 1991.

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. Província Borborema. In: Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. eds: **O Pré-cambriano do Brasil**. São Paulo, Edgard Blucher, 123-186. 1984.

SANTOS, T. J. S. **Evolução Tectônica e Geocronológica do Extremo Noroeste da Província Borborema**. Tese de doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas IGCE/UNESP-Rio Claro, 186 p. 1999.

TEIXEIRA, M. L. A. **Integração de Dados aerogeofísicos, Geológicos e Isotópicos do Limite Norte do Complexo Tamboril-Santa Quitéria-CE, Província Borborema**. Inst. de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Dissertação de Mestrado, 86 p. 2005.

WINKLER, H. G. F. **Petrogenesis de rocas metamórficas**. New York, H. Blume Ediciones. p. 147-159. 1976.

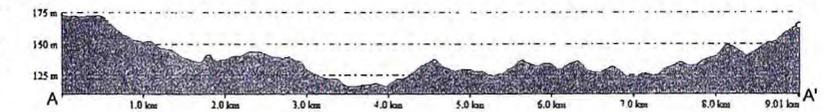
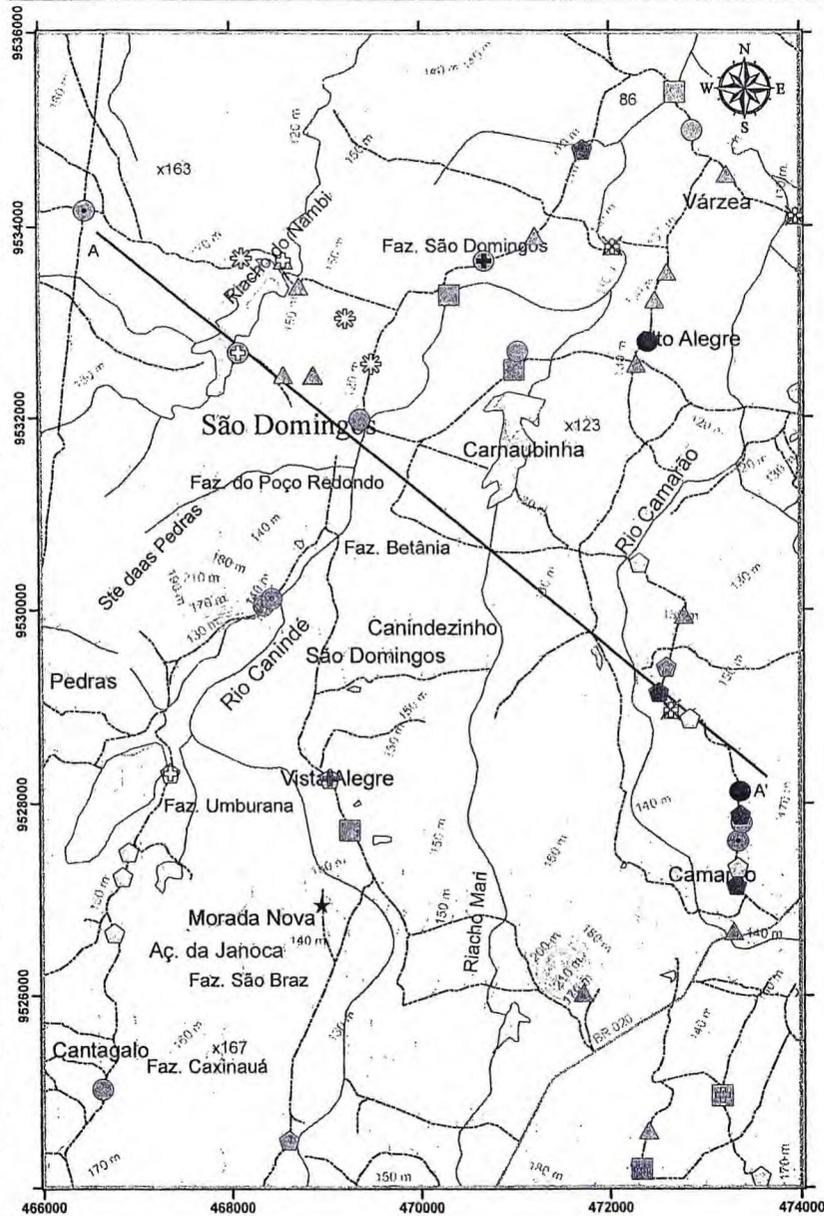
WHITNEY, D. L., EVANS, B. W. **Abbreviations for names of rock-forming minerals**. *American Mineralogist*, Volume 95, pages 185–187. 2010.

YARDLEY, Bruce W. D. **Introdução à Petrologia Metamórfica**. Brasília. Ed. Universidade de Brasília, Brasília, 1989.

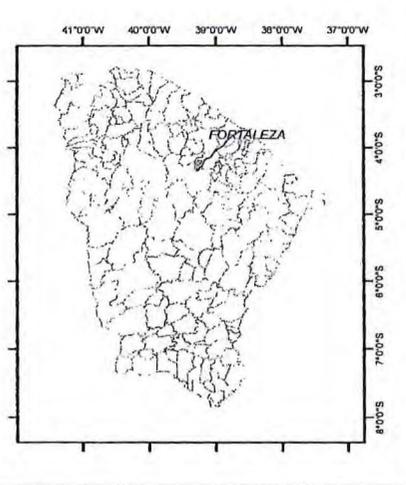
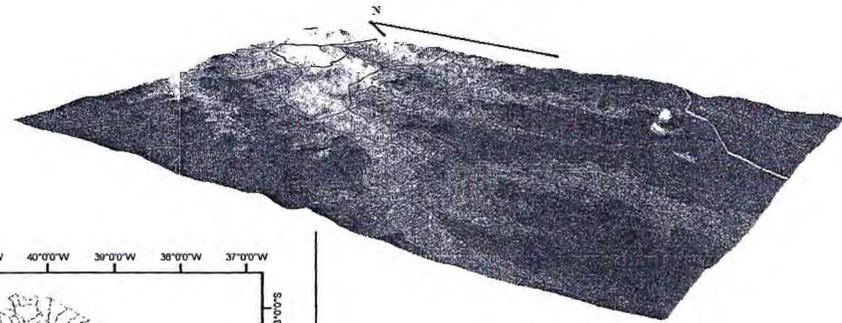
## MAPA GEOLÓGICO

## MAPA DE PONTOS

MAPA DE PONTOS RESULTANTE DO MAPEAMENTO  
DA REGIÃO DE SÃO DOMINGOS, MUNICÍPIO DE CARIDADE-CE.



Modelo Digital de Elevação



Legenda

Convenções Cartográficas

- Perfil
- Rodovia Pavimentada
- Acessos Secundários
- Curvas de Nível (10m)
- Drenagens
- Corpos D'água
- Área de Mapeamento

Litotipos

- × Biotita Migmatito
- + Anfibolito
- + Calcissilicática
- + Granada anfibolito
- + Metatexito
- + Xisto
- Anfibolito
- Anfibolito com granada
- Biotita Migmatito
- Biotita Migmatito com Granada
- Granada Anfibolito
- ▲ Hornblenda Migmatito
- Hornblenda Migmatito com Granada
- ◊ Metatexito
- ◊ Metatexito com Granada
- ◊ Metatexito com Granada e Silimanita
- ◊ Metatexito com Magnetita
- ★ Pegmatito
- Fraturas com Quartzo Leitoso
- ✻ Sheet granítico



Departamento de Geologia  
Relatório de Graduação  
Allan Diego Bernardino da Silva

Orientador: Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral  
Co-Orientador: Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida

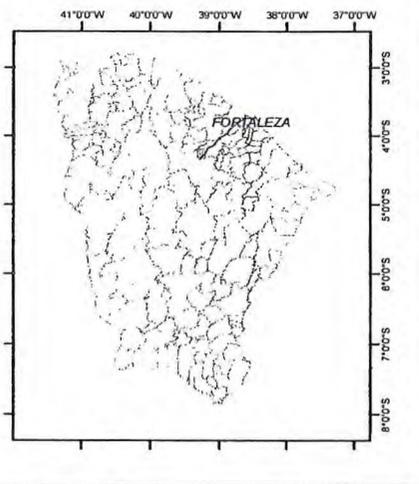
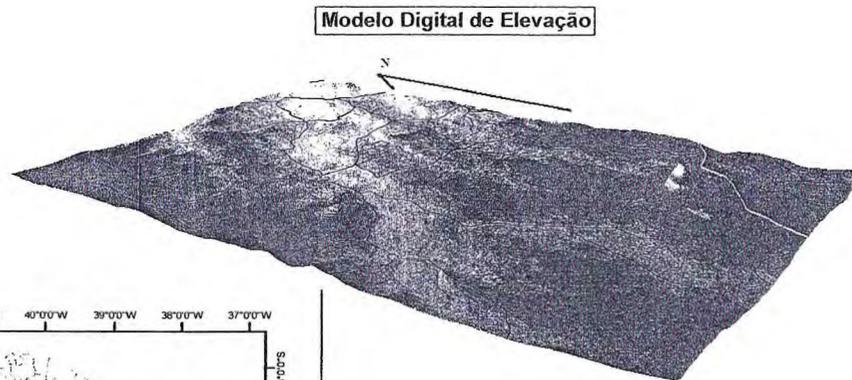
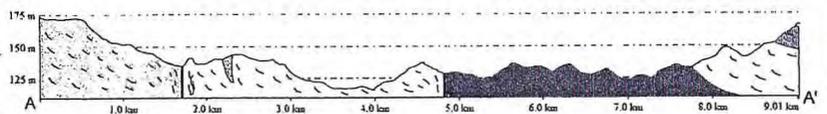
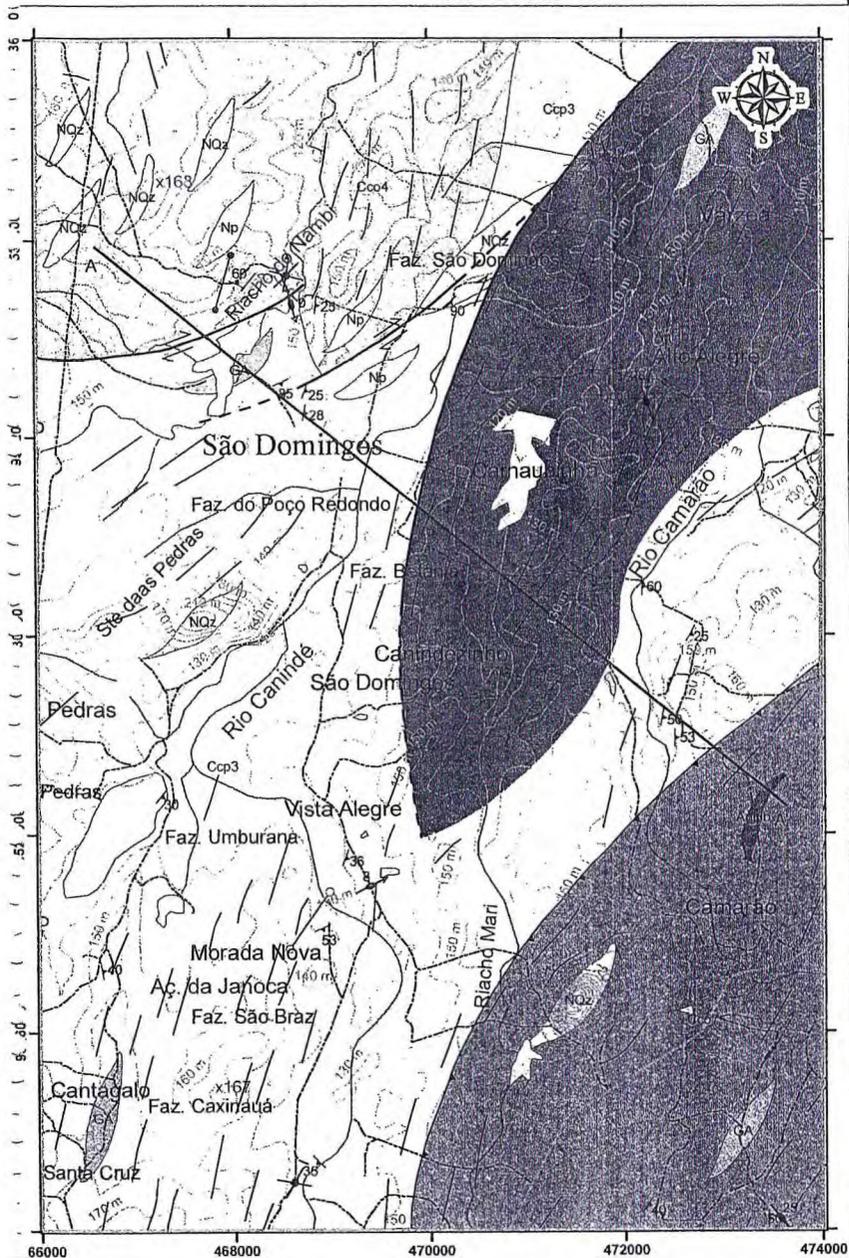
Escala:

1:50.000



Acessos, Rodovias e Corpos D'água: Digitalização a partir de Banco de Dados Google  
Fonte Drenagens e Anotações: Carta Sudene Canindé SB-24 V  
Curvas de Nível: Extradada de SRTM SB-24 V B  
Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: SAD 69, Zona 24 Sul

MAPA GEOLOGICO DA REGIAO DE SAO DOMINGOS,  
MUNICIPIO DE CARIDADE-CE.



- Aspectos Estruturais**
- Foliação
  - ↑ Lineação de Estiramento Mineral
  - Juntas/Fraturas
  - Dique Basáltico
  - Dique Pegmatítico
  - Empurrão
  - ↗ Falha/Cisalhamento Dextral
  - - - Falha/Cisalhamento Dextral Inferida
  - Lineamentos Estruturais
- Convenções Cartográficas**
- Perfil
  - Rodovia Pavimentada
  - Acessos Secundários
  - Curvas de Nível (10m)
  - Drenagens
  - Corpos D'água
  - Área de Mapeamento

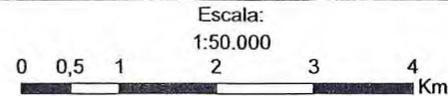
**Litotipos**

- Np** Sheet de composição granítica intrudindo as camadas migmatíticas de maneira concordante com o trend regional (NE-SW).
- NQz** Quartzo leitoso formando elevações a partir de fraturas de trend NE-SW ou como blocos rolados arredondados.
- Ccp4** Hornblenda gnaisses com magnetita e hornblenda migmatitos, ambos com texturas mirmequitas. Fraturas preenchidas com recristalização de epidoto cortam localmente a unidade com trend discordante ao da foliação regional.
- Ccp3** Hornblenda gnaisses, hornblenda migmatitos, biotita gnaisses, biotita migmatitos e metatexitos, todos com texturas mirmequíticas, podendo intercalar com granada anfíbolitos com granada apresentando textura simpléctica no plagioclásio e anfíbolio (GA). Anfíbolitos/hornblenditos lenticulares com 80% de hornblenda e 17% de plagioclásio e textura granoblástica aparecem como bandas nos migmatitos (AnHb).
- Ccp2** Hornblenda migmatitos com texturas mirmequíticas associados a granada anfíbolitos com granadas apresentando textura simpléctica no plagioclásio e anfíbolio (GA). Biotita migmatitos com mirmequita e metatexitos com ou sem magnetita associados à granada anfíbolitos e anfíbolitos/hornblenditos lenticulares apresentando textura granoblástica (AnHb).
- Ccp1** Hornblenda migmatitos, xistos, biotita migmatitos com granada e metatexitos com e sem granada e silimanita associados a granada anfíbolitos. Os litotipos migmatíticos apresentam texturas mirmequitas. Granada anfíbolitos lenticulares com granadas apresentando textura simpléctica aparecem como bandas nos migmatitos (GA).



Departamento de Geologia  
Relatório de Graduação  
Allan Diego Bernardino da Silva

Orientador: Prof. Dr. Wagner da Silva Amaral  
Co-Orientador: Prof. Dr. Afonso Rodrigues de Almeida



Acessos, Rodovias e Corpos D'água: Digitalização a partir de Banco de Dados Google  
Fonte Drenagens e Anotações: Carta Sudeste Canindé SB-24 V  
Curvas de Nível: Extraída de SRTM SB-24 V B  
Projeção Universal Transversa de Mercator  
Datum: SAD 69, Zona 24 Sul