



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GEOLOGIA

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO**

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS DE UMA ÁREA  
LOCALIZADA A NORTE - NOROESTE (NNW) DO MUNICÍPIO DE URUOCA,  
DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ – CE.**

**TALITA FERNANDA CARVALHO GENTIL**

FORTALEZA  
2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GEOLOGIA

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS DE UMA ÁREA  
LOCALIZADA A NORTE - NOROESTE (NNW) DO MUNICÍPIO DE URUOCA,  
DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ – CE.**

TALITA FERNANDA CARVALHO GENTIL

Orientador: Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto  
Co-Orientador: Prof. Dr. Christiano Magini

Monografia de Graduação apresentada à Universidade  
Federal do Ceará, como requisito para obtenção do grau  
de Geólogo.

FORTALEZA  
2010

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)

---

G295a Gentil, Talita Fernanda Carvalho.  
Análise e caracterização dos aspectos geológicos de uma área localizada a norte - noroeste (NNW) do município de Uruoca, domínio médio Coreaú — CE. / Talita Fernanda Carvalho Gentil. – 2010.  
117 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2010.

Orientação: Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto.  
Coorientação: Prof. Dr. Christiano Magini.

1. Geologia. I. Título.

CDD 551

---

TALITA FERNANDA CARVALHO GENTIL

**ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS DE UMA ÁREA  
LOCALIZADA A NORTE - NOROESTE (NNW) DO MUNICÍPIO DE URUOCA,  
DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ – CE.**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Geólogo.

Aprovada em 26/11/2010.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Msc. Ariston Araújo Cajaty (Membro)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Msc. Glória Maria Silva Hamelak (Membro)  
Mestre em Geologia pela UFC

*Ao meu Avô e Tio, Onofre e Gilliard (In memoriam).*

*E a todos aqueles que, mesmo sem perceber*

*Apoiaram-me nesta jornada!*

## AGRADECIMENTOS

---

Desde o início da minha convivência no curso de geologia, muitas pessoas participaram de modo efetivo, quando não decisivo, contribuindo muito para que eu pudesse chegar a concluir mais esta etapa da minha vida, me tornando geóloga. Para aqueles que não forem citados aqui, gostaria de expressar meus mais sinceros agradecimentos.

Agradeço a Deus, por ter me concedido força e sabedoria nas horas que mais precisei.

A Universidade Federal do Ceará – UFC, primeiramente, por acreditar e permitir o desenvolvimento desta monografia, e pelo suporte financeiro e material.

A CPRM pela minha participação no projeto - Folha Granja e pelo suporte financeiro.

As pessoas mais importantes da minha vida: **Minha Família**, especialmente minha mãe Sueli, que considero uma guerreira e a admiro muito pela sua força e seu caráter, agradeço pelo apoio, incentivo, pelos ensinamentos educacionais passados a mim e principalmente pelo amor que é recíproco em nós.

Aos Professores Drs.: **José de Araújo Nogueira Neto (Zeca)** pela oportunidade dada para a realização deste relatório, pelos conselhos dados, pela amizade que foi desenvolvida, e principalmente pela paciência que ele teve em certos momentos (que não foram poucos!); e **Christiano Magini** pela sua dedicação, pela amizade, por ter acompanhado nas viagens de campo, pela paciência que teve no período que fui bolsista do mesmo e pelos momentos descontraídos. Considero-os profissionais competentes e ainda grandes amigos e mestres, que com certeza vão contribuir muito na minha vida profissional.

Aos meus companheiros nesta jornada, onde estivemos juntos nas disciplinas, nas viagens de campo e nas farras: Alex e Fábio – amigos inesquecíveis; Ana Cláudia e Naedja – amigas especiais de muitas diversões; Denizi - pela participação no campo, pela amizade e por tudo que passamos no desenvolvimento do curso e de nossos relatórios, contando até as brigas!; Gleiber - por ser esta pessoa tão sincera, mas que eu gosto muito mesmo assim, pelo apoio, amizade e pelos grandes momentos de cumplicidades; Michele – amiga e mãe que me apoiou em vários momentos; Rambo e Wilkson – amigos e irmãos que sempre foram presentes quando precisei; Adriano (Soim), Ângelo, Barná, Bruno, Cidão, Elisângela, Jean, Júnior, Larissa, Mayana, Milton – galera que estavam presentes em vários campos e presenciaram várias farras e muitas discórdias, valeu pelo companheirismo!; Nelson – pela grande ajuda no campo e pelo companheirismo; Renata, Vânia e Henrique Clô – parceiros de

farra e companheiros nesta jornada e a todos aqueles que não foram citados e me ajudaram da forma que foi possível, às vezes, até mesmo com uma simples palavra.

A galera da sala do Zeca – Martha pela ajuda nas correções, Leiliane, Igor P., Igor M., Débora, Andressa, Gabi, Débora Pinho, Solon e em especial Diones e Agnaldo por terem me ajudado nas fases finais do meu relatório, pela amizade, companheirismo, e pelos momentos de muitas comemorações, que já era quase uma rotina, Obrigada meninos!!!!.

A todos os professores do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará – DEGEO, que contribuíram como chave fundamental na realização deste relatório, através dos conhecimentos que foram passados em sala de aulas no decorrer de cada semestre. Em especial a Prof<sup>a</sup>. Tereza, que me aconselhou em vários momentos e por ser está pessoa tão paciente e amiga, Prof. Otaciel, Prof. Wellington e ao Prof. Michel (In memoriam).

Aos companheiros: Leal, Valmir, Márcia e Lobinho, funcionários de DEGEO que me ajudaram de certa forma com o desenvolvimento de suas tarefas.

E por fim, deixo aqui meus sinceros agradecimentos - **Muito Obrigada a todos!**

*“A simplicidade é o último degrau da sabedoria”.*

*(Gibran)*

## SUMÁRIO

---

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Índice.....	iii
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Fotografias.....	ix
Índice de Fotomicrografias.....	xii
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas.....	xv
Capítulo I – <u>Introdução</u> .....	02
Capítulo II – <u>Contexto Geológico Regional</u> .....	14
Capítulo III – <u>Aspectos Geológicos da Área Mapeada</u> .....	31
Capítulo IV – <u>Petrografia</u> .....	46
Capítulo V – <u>Geologia Estrutural</u> .....	60
Capítulo VI – <u>Metamorfismo</u> .....	71
Capítulo VII – <u>Evolução Geológica</u> .....	77
Capítulo VIII – <u>Conclusões</u> .....	81
Capítulo IX – <u>Referências Bibliográficas</u> .....	84
Anexo 01: Mapa de Pontos	
Anexo 02: Mapa Geológico	

## RESUMO

---

O presente trabalho refere-se ao mapeamento geológico de semi-detalle, na escala de 1:25.000, em uma área de 50 km<sup>2</sup>, realizado na região a norte-noroeste do município de Uruoca, noroeste do Estado do Ceará, inserido na Província Borborema representando o Domínio Médio Coreaú. No que diz respeito ao mapeamento geológico, este trabalho apresenta uma variedade de tipos rochosos, onde são identificadas unidades que representam idades desde o Paleoproterozóico ao Cenozóico. Essas unidades são definidas da base para o topo como: Complexo Granja - embasamento, composto por biotita gnaisse e biotita hornblenda ganisse; e o Grupo Martinópole - Sequências Supracrustais com as Formações: São Joaquim com quartzitos puros e impuros, compactos e laminados com silimanita; e Santa Terezinha com filitos, muscovita filitos e metasiltitos. A área é caracterizada estruturalmente por apresentar um caráter policíclico, onde, a feição mais representativa observada é a zona de cisalhamento Uruoca-Tucunduba de orientação NE-SW. A história evolutiva da área caracteriza o Complexo Granja como uma faixa de rochas parcialmente migmatizadas, com direção NE-SW que atingiu metamorfismo no Fácies Anfíbolito; e o Grupo Martinópole com as rochas supracrustais que foram submetidas ao metamorfismo de Fácies Xisto-Verde ao Fácies Anfíbolito, essas litologias ocorrem sempre delimitadas por falhas transcorrentes (Z. C. Uruoca-Tucunduba e Xixás) com o embasamento do Complexo Granja.

## ABSTRACT

---

The work present refers to the geological mapping in a scale of semi detail (1:25.000), in an area of 50 km<sup>2</sup>, realized in the north-northwestern region of the municipality of Uruoca, northwestern of the State of Ceara, located in the Borborema Province represented Médio Coreaú Domain. About the geological mapping presented an variety of rocky types, where identified units with age from Paleoproterozoic until Cenozoic. These units were defined from base to the summit as: Granja Complex – basement, composed by hornblende gneiss and biotite hornblende gneiss; and the Martinópole Group – supracrustal sequences with the formations: São Joaquim with pure and impure quartzites, compact and laminates with sillimanite; and Santa Terezinha with filites, muscovite filites e metasiltites. The area is characterized structuralment by present an polycyclic feature, where the feature more representative is the shear Uruoca-Tucunduba zones NE-SW oriented. The evolution history of the area define the Granja Complex as strip of rocks which achieved metamorphism in anfibolite facies with NE-SW direction, partially migmatized; and the Martinópole Group with supracrustal rocks present an metamorphism from greenschist facies to anfibolite facies, these lithology ever occurring delimited by transcurrent shear (Z. C. Uruoca-Tucunduba e Xixás) with the basement of the Granja Complex.

## ÍNDICE

---

### Capítulo I – Introdução

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>02</b>
1.1	APRESENTAÇÃO.....	02
1.2	OBJETIVOS.....	02
1.3	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	02
1.4	METODOLOGIA DE TRABALHO.....	05
1.5	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	06
1.6	ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS.....	12

### Capítulo II – Contexto Geológico Regional

<b>2</b>	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....</b>	<b>14</b>
2.1	PROVÍNCIA BORBOREMA - PB.....	14
2.2	DIVISÃO TECTÔNICA.....	15
2.2.1	Borborema Setentrional.....	17
2.2.2	Subprovíncia da Zona Transversal.....	17
2.2.3	Borborema Meridional.....	18
2.3	DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ – DMC.....	18
2.3.1	Complexo Granja – Embasamento.....	19
2.3.2	Grupo Martinópole.....	20
2.3.3	Grupo Ubajara.....	21
2.3.4	Granitóides.....	22
2.3.5	Grupo Jaibaras.....	24
2.4	ASPECTOS DEFORMACIONAIS DO DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ.....	25
2.5	ASPECTOS METAMÓRFICOS DO DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ.....	28

### Capítulo III – Aspectos Geológicos da Área Mapeada

<b>3</b>	<b>ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA MAPEADA.....</b>	<b>31</b>
3.1	GEOLOGIA LOCAL.....	31
3.1.1	Complexo Granja (Embasamento).....	32
3.1.2	Grupo Martinópole.....	34
3.1.2.1	Formação São Joaquim - Quartzitos.....	34
3.1.2.2	Formação Santa Terezinha - Filitos.....	37
3.1.3	Coberturas Sedimentares.....	40
3.1.3.1	Concreções Ferruginosas.....	40
3.1.3.2	Sedimentos Colúvio-Eluvionares.....	41
3.2	LITOESTRATIGRAFIA DA ÁREA.....	42

### Capítulo IV – Petrografia

<b>4</b>	<b>PETROGRAFIA.....</b>	<b>46</b>
4.1	COMPLEXO GRANJA – Embasamento.....	46
4.1.1	Biotita Gnaisse.....	46
4.1.2	Biotita Hornblenda Gnaisse.....	47
4.2	GRUPO MARTINÓPOLE.....	50
4.2.1	Formação São Joaquim.....	50
4.2.1.1	Quartzito Impuro com Muscovita/Silimanita.....	50
4.2.1.2	Muscovita Quartzito.....	51
4.2.1.3	Quartzito Cataclasado.....	52
4.2.2	Formação Santa Terezinha.....	55
4.2.2.1	Quartzo Filito.....	55
4.2.2.2	Filito.....	56
4.3	COBERTURAS SEDIMENTARES.....	57
4.3.1	Laterita.....	57

## Capítulo V – Geologia Estrutural

<b>5</b>	<b>GEOLOGIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>60</b>
5.1	Estruturas Dúcteis.....	60
5.1.1	Elementos Planares ( $S_n/ S_{n+1}$ ).....	60
5.1.2	Elementos Lineares ( $L_n$ ).....	65
5.1.3	Dobras.....	65
5.1.4	Zonas de Cisalhamento.....	67
5.2	Estruturas Rúpteis.....	68
5.2.1	Fraturas.....	68

## Capítulo VI – Metamorfismo

<b>6</b>	<b>METAMORFISMO.....</b>	<b>71</b>
6.1	COMPLEXO GRANJA – Embasamento.....	71
6.1.1	Biotita Gnaiss.....	71
6.1.2	Biotita Hornblenda Gnaiss.....	72
6.2	GRUPO MARTINÓPOLE.....	72
6.2.1	Quartzitos.....	72
6.2.2	Filitos.....	73

## Capítulo VII – Evolução Geológica

<b>7</b>	<b>EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....</b>	<b>77</b>
----------	--------------------------------	-----------

## Capítulo VIII – Conclusões

<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
----------	------------------------	-----------

**Capítulo IX – Referências Bibliográficas**

<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>84</b>
----------	--	-----------

**ANEXO (01) – MAPA DE PONTOS**

**ANEXO (02) - MAPA GEOLÓGICO**

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1</b>	Mapa de localização e vias de acesso à área de pesquisa.....	04
<b>Figura 1.2</b>	Esboço pluviométrico da região noroeste do Ceará. Extraído e modificado <i>IPLANCE (1997)</i> .....	08
<b>Figura 1.3</b>	Representação geomorfológica do noroeste do Ceará ( <i>modificado de BRASIL/SEPLAN 1995</i> ).....	10
<b>Figura 2.1</b>	Província Borborema dentro do contexto Gondwana Ocidental ( <i>Modificado de Caby 1989, Schobenhau e Campos, 1984</i> ). Fonte: <i>Arthaud et al., 2007</i> .....	15
<b>Figura 2.2</b>	Domínios tectônicos da porção setentrional da Província Borborema: dando ênfase ao Domínio Médio Coreaú ( <i>Modificado de Arthaud et al., 2007</i> ).....	16
<b>Figura 2.3</b>	Domínio tectônico e principais estruturas da PB. Zonas de Cisalhamentos: Sobral-Pedro II (SO), Senador Pompeu (SP) e Orós-Aiuába (OR) ( <i>Bizzi, Schobbenhaus, Vidotti e Gonçalves, 2003</i> ). Círculo em preto tracejado representa a área de pesquisa.....	19
<b>Figura 2.4</b>	Esboço geológico/tectônico da Província Borborema (PB). FNC – Faixa Noroeste do Ceará; DCC – Domínio Ceará Central; FOJ – Faixa Orós-Jaguaribe; FSD – Faixa Seridó; FSC – Faixa Salgueiro-Cachoeirinha; FPO – Faixa Riacho do Pontal; FSE – Faixa Sergipana; TPA – Terreno Pernambuco-Alagoas; TCF – Terreno Canindé do São Francisco; TMA – Terreno Marancó.....	23
<b>Figura 2.5</b>	Esboço geológico da Província Borborema (PB), mostrando a distribuição das bacias de transição. Destaque para a área tracejada em preto mostrando as bacias do Domínio Médio Coreaú <i>Parente et al., (2004)</i> .....	25
<b>Figura 2.6</b>	Modelo esquemático de configuração tectônico do Domínio Médio Coreaú destacando as zona de cisalhamento de Granja e Martinópole delimitando os blocos das rochas supracrustais e do embasamento ( <i>Santos et al., 2004</i> ).....	27

<b>Figura 3.1</b>	Mapa geológico com a coluna estratigráfica simplificada da área mapeada no presente trabalho, segundo o mapeamento executado na Folha Granja (SA.24-Y-C-III), escala 1:100.000 (CPRM 2009).....	42
<b>Figura 3.2</b>	Mapa geológico simplificada da área de pesquisa, mostrando suas relações estratigráficas.....	44
<b>Figura 5.1</b>	Aspecto estrutural das zonas de cisalhamento transcorrentes dextral, com orientação NE-SW, que cortam a área de pesquisa ( <i>imagem Landsat 7</i> )....	61
<b>Figura 5.2</b>	Estereogramas de pontos e contorno para os principais litotipos que apresentam concentrações dos planos de foliação a partir de seus pólos – foliações gerais (32 medidas). Observa-se que a concentração dos planos de foliação possui um <i>trend</i> com direção NE-SW, e nota-se que o mergulho destas foliações varia de 30° a 50° e em zonas de cisalhamento assumem atitudes verticais.....	62
<b>Figura 5.3</b>	Em (A) representa o digrama de roseta com direções principais dos planos de foliação mostrando direções preferenciais NE-SW; e em (B) diagrama de contorno do plano para pólo de foliação (13 medidas).....	63
<b>Figura 5.4</b>	Em (A) representa o digrama de roseta com as direções principais para planos de foliação com direções preferenciais NE-SW e, às vezes, para SE; e em (B) diagrama de contorno do plano para pólo de foliação (17 medidas).....	63
<b>Figura 5.5</b>	Diagrama de concentração das lineações, representando os planos e pólos de contornos, onde apresentam um <i>trend</i> para NE-SW (6 medidas).....	65
<b>Figura 5.6</b>	Diagrama roseta com os planos preferenciais de fraturas gerais dos litotipos presentes na área de pesquisa, estes apresentam com direções preferenciais para NW-SE (13 medidas).....	68
<b>Figura 6.1</b>	Grid Metamórfico para associação de minerais encontrados nos gnaisses do Complexo Granja ( <b>retângulo vermelho</b> ) e para os quartzitos ( <b>retângulo laranja</b> ) e filitos ( <b>retângulo amarelo</b> ) do Grupo Martinópole.....	74
<b>Figura 7.1</b>	Desenho esquemático ilustrando a evolução geológica da área.....	79

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

---

<b>Foto 1.1</b>	Condições climáticas da região. Em (A) representando a estação chuvosa e em (B) a estação seca.....	06
<b>Foto 1.2</b>	Vegetação característica da região, onde (A) representa as florestas mistas; (B) complexo vegetativo de zona litorânea e (C) a caatinga arbustiva densa.....	07
<b>Foto 1.3</b>	Vista geral do açude Premuoca, principal reservatório d'água superficial do município de Uruoca.....	09
<b>Foto 1.4</b>	Vista panorâmica da geomorfologia da região a partir da Serra da Gurguéia, localizada nos limites SW do município de Uruoca, destacando as serra que estão inseridas na área de pesquisa (seta preta).....	10
<b>Foto 1.5</b>	Representa um solo arenoso típico de grande parte da área, sendo oriundos do processo de intemperismo que afeta os quartzitos.....	11
<b>Foto 3.1</b>	Disposição em campo de um hornblenda gnaissé típico do embasamento, em forma de lajedo (3m) (a); e detalhe bandamento gnáissico irregular demonstrando uma porção do gnaissé mais migmatítica. (TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286).....	33
<b>Foto 3.2</b>	Biotita hornblenda gnaissé caracterizado por um expressivo bandamento gnáissico, fraturado e com estrutura de par cisalhante. (TF-005, Coordenadas UTM: 326218/9633312).....	33
<b>Foto 3.3</b>	Representa um quartzito impuro com a presença de fraturas e com coloração esbranquiçada quando não afetada pelo intemperismo. (TF-026, Coordenadas UTM: 322960/9633588).....	34
<b>Foto 3.4</b>	Caracterização de um material quartzítico que foi afetada por uma deformação dúctil, desta forma originando um pacote remobilizado dentro do lajedo de quartzito impuro. (TF-026, Coordenadas UTM: 322960/9633588).....	35
<b>Foto 3.5</b>	Finos veios quartzo-feldspáticos que ocorrem preenchendo pequenas fraturas (A), e às vezes, cortam o pacote rochoso de formas irregulares (B). (TF-067, Coordenadas UTM: 324078/9636980).....	35

- Foto 3.6** Blocos de quartzito identificando um processo de laterização em sua superfície (setas brancas), sendo este caracterizada por uma capa avermelhada sobre os corpos quartzitos de coloração esbranquiçada. (TF-065, Coordenadas UTM: 323473/9637532)..... 36
- Foto 3.7** Representam quartzitos, (A) com textura cataclástica, mostrando em detalhe o seu fraturamento irregular; e em (B) representa a forma de ocorrência desses quartzitos, em blocos dispersos na superfície. (TF-051, Coordenadas UTM: 323966/9639308 e TF-053, Coordenadas UTM: 323186/9639416)..... 37
- Foto 3.8** Filitos da Formação Santa Terezinha, em (A) representação de um paredão de filito (4m) apresenta granulação muito fina e com coloração amarelada; e (B) os filitos ocorrem em forma de lajedo com um aspecto mais resistente (friável), mostram-se fraturados e orientados. (TF-022, Coordenadas UTM: 322906/9633987 e TF-055, Coordenadas UTM: 322685/9639020)..... 38
- Foto 3.9** Veios de quartzo intercalados nos filitos da Formação Santa Terezinha, mostrando uma orientação preferencial com sentido E-W (seta preta). (TF-028, Coordenadas UTM: 323264/9633180)..... 39
- Foto 3.10** Filito de granulação fina, disposto em forma de lajedo com (6m), apresentando-se fortemente foliado e um aspecto de alteração. (TF-084, Coordenadas UTM: 323091/9640042)..... 39
- Foto 3.11** Características macroscópicas das lateritas. Em (A) corresponde à espessura das lateritas sobrepostas aos quartzitos; e (B) representa em detalhe a forma botrioidal da laterita com coloração castanho-avermelhada. (TF-027, Coordenadas UTM: 323050/9633334)..... 40
- Foto 3.12** Variação do solo de acordo com o litotipo de cada unidade, (A) solo laterítico com pequenos grãos de lateritas; (B) solo pouco mais escuro, caracteriza a presença dos gnaisses do embasamento; e (C) o solo mais claro e arenoso é típico dos quartzitos (detalhe da linha preta que marca o contato com os solos lateríticos). (TF-051, Coordenadas UTM: 323966/9639308, TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286 e TF-064, Coordenadas UTM: 323264/9637682)..... 41

<b>Foto 5.1</b>	Gnaiss do Complexo Granja bastante foliado com um bandamento composicional ( $S_n$ ), onde é notada a alternância entre as bandas félsicas e máficas. (TF-005, Coordenadas UTM: 326218/9633312).....	62
<b>Foto 5.2</b>	Em (A) representa uma foto ilustrativa de um afloramento tipo lajedo de filito com coloração vermelho-roxo e pequenos veios de quartzo (4m); e (B) mostrando em detalhe o mesmo filito microdobrados com a preservação de $S_0$ estando paralelo a $S_n$ possui granulação fina e aspecto sedoso. (TF-007, Coordenadas UTM: 325485/9637854).....	64
<b>Foto 5.3</b>	Filito avermelhado apresentando uma foliação bem marcada com orientação NE-SW (tracejado em preto), possui granulação fina. (TF-020, Coordenadas UTM: 324731/9640440).....	64
<b>Foto 5.4</b>	Dobra assimétrica gerada em cisalhamento simples representada nos filitos da Formação Santa Terezinha e ao lado, ilustrada no desenho esquemático. (TF-084, Coordenadas UTM: 323091/9640042).....	66
<b>Foto 5.5</b>	Dobra assimétrica representada no mesmo filitos da Formação Santa Terezinha, sendo ilustrada no desenho esquemático apresentando seu plano axial. (TF-084, Coordenadas UTM: 323091/9640042).....	66
<b>Foto 5.6</b>	Representação dos elementos cinemáticos (A) é observado <i>boudins</i> de quartzo rotacionados em meio aos filito da Formação Santa Terezinha ( <i>seta preta</i> ); e em (B) a presença de sigmóides de k-feldspatos com movimento dextral inserido em um biotita hornblenda gnaisses do embasamento. (TF-075, Coordenadas UTM: 322284/9634258 e TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286).....	67
<b>Foto 5.7</b>	Representa um quartzito intemperizado com a presença de um padrão em par cisalhantes de fraturas (tracejado em preto). (TF-023, Coordenadas UTM: 322928/9633652).....	69
<b>Foto 5.8</b>	Representa um hornblenda gnaiss com a presença de fraturas centimétricas (tracejado em preto). (TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286).....	69
<b>Foto 5.9</b>	Representa um quartzito impuro com a presença de juntas sistemáticas (tracejado em preto) e coloração esbranquiçada. (TF-026, Coordenadas UTM: 322960/9633588).....	69

## ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFIAS

---

<b>Fotomicrografia 4.1</b>	Representa um biotita gnaiss com textura granoblástica à granonematoblástica. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-259).....	47
<b>Fotomicrografia 4.2</b>	Representa um biotita gnaiss com textura granoblástica à granonematoblástica. Observação em Luz Natural Polarizada (LNP) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-259).....	47
<b>Fotomicrografia 4.3</b>	Representa um biotita hornblenda gnaiss com textura granoblástica milonitizada à granonematoblástica. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-251).....	49
<b>Fotomicrografia 4.4</b>	Representa um biotita hornblenda gnaiss com textura granoblástica milonitizada à granonematoblástica. Observação em Luz Natural Polarizada (LNP) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-251).....	49
<b>Fotomicrografia 4.5</b>	Caracteriza a geminação carlsbad e polissintética representada no mineral de plagioclásio (Pl) e é observado a presença de minerais de quartzo (Qz) recristalizados. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina ADT-09).....	49
<b>Fotomicrografia 4.6</b>	Destaque para os fenocristais de hornblenda (Hbl) que apresentam duas direções de clivagens (traços em branco). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina ADT-09).....	49
<b>Fotomicrografia 4.7</b>	Quartzito impuro com textura granoblástica, sua matriz é caracterizada pela presença de quartzo (Qz), feldspato (Kf), destacando uma ondulação em meio os minerais de quartzo (tracejado em branco). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina CM-337).....	51

<b>Fotomicrografia 4.8</b>	Destaque de um veio de muscovita/silimanita (Ms/Sil) que corta a rocha. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina CM-337).....	51
<b>Fotomicrografia 4.9</b>	Representa um muscovita quartzito apresentando sua textura granolepidoblástica, com destaque para orientação dos minerais de muscovita (Ms). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-013).....	52
<b>Fotomicrografia 4.10</b>	Refere-se ao mesmo muscovita quartzito, observado em Luz Natural Polarizada – LNP (Objetiva de 4x/Lâmina UR-013).....	52
<b>Fotomicrografia 4.11</b>	Representa um quartzito brechado apresentando textura cataclástica, os minerais de quartzo (Qz) ocorrem sob a forma de subgrãos angulosos e alongados. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006).....	53
<b>Fotomicrografia 4.12</b>	Destaque para os minerais de quartzo (Qz) apresentando forma idiomórfica em meio à matriz com material triturado. Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006).....	53
<b>Fotomicrografia 4.13</b>	Quartzito brechado apresentando minerais de quartzo (Qz) fortemente triturados e a presença de opacos, inserido na matriz mais fina. Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006).....	53
<b>Fotomicrografia 4.14</b>	O mesmo quartzito brechado só que observado em Luz Natural Polarizada (LNP) com destaque para o mineral opaco (Opc) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006).....	53
<b>Fotomicrografia 4.15</b>	Representa um quartzito brechado apresentando textura cataclástica, onde observa-se fragmentos de minerais de quartzo (Qz), alguns grãos ocorrem triturados. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-005B).....	54
<b>Fotomicrografia 4.16</b>	O mesmo quartzito brechado observado em Luz Natural Polarizada (LNP), onde destaca-se a presença de óxidos (indicado pela seta preta) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-005B).....	54

<b>Fotomicrografia 4.17</b>	É notada a presença de minerais de feldspato (Kf) e o mineral de muscovita/actinolita (Ms/Act) indicado pela seta preta. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina UR-005B).....	55
<b>Fotomicrografia 4.18</b>	Quartzo filito com textura lepidoblástica observa-se mosaico granoblástico (linha em branco). Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina CM-297).....	56
<b>Fotomicrografia 4.19</b>	Destaque de faixas constituídas por óxidos (elipse em branco). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-297).....	56
<b>Fotomicrografia 4.20</b>	Filito apresentando textura granoblástica na porção esquerda inferior e lepidoblástica nas demais porções. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina TF-22).....	57
<b>Fotomicrografia 4.21</b>	Muscovita (Ms) como produto da desestabilização da biotita (Bt) destacando uma textura especial crenulada (linha branco) em meio a uma matriz quartzosa. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina TF-22).....	57
<b>Fotomicrografia 4.22</b>	Destaque para os minerais de quartzo (Qz) possuem formas de grãos distribuídos por toda a rocha. Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-003).....	58
<b>Fotomicrografia 4.23</b>	Presença de óxidos em meio os minerais de quartzo (Qz) com cor branca. Observação em Luz Natural Polarizada (LNP) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-003).....	58
<b>Fotomicrografia 4.24</b>	Destaque para os óxidos identificados pelas setas brancas, entre os contatos com os minerais de quartzo (Qz), que possuem formas de grãos irregulares. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina TF-13).....	58

## ÍNDICE DE TABELAS

---

<b>Tabela 1.1</b>	Coordenadas UTM da área de pesquisa.....	03
-------------------	--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

Act:	Actinolita
Aln:	Allanita
Ap:	Apatita
Bt:	Biotita
Chl:	Clorita
Fsp:	Feldspato
Grt:	Granada
Hbl:	Hornblenda
Kf:	Feldspato Potássico
Ms:	Muscovita
Opc:	Opacos
Pl:	Plagioclásio
Qz:	Quartzo
Sil:	Sillimanita
Zrn:	Zircão

# Capítulo – I

## INTRODUÇÃO

## 1 INTRODUÇÃO

---

### 1.1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho traduz os resultados obtidos no levantamento geológico de uma área situada a noroeste (NW) do Estado do Ceará, que inclui fases de campo, laboratório e na confecção do texto final do relatório (*monografia*). Assim, atende as normas da disciplina curricular Relatório de Graduação, como requisito necessário para a obtenção do título de Geólogo da Universidade Federal do Ceará.

Esse trabalho pôde ser concretizado através do mapeamento geológico realizado em uma área de 50 Km<sup>2</sup>, localizada a noroeste do município de Uruoca no Estado do Ceará, visando uma melhor compreensão do arcabouço geológico regional.

### 1.2 OBJETIVOS

O trabalho tem como finalidade apresentar os resultados de um mapeamento geológico em escala de semi-detalle, viabilizando maior conhecimento acerca das unidades litoestratigráficas, estruturas e possíveis mineralizações existentes na área de pesquisa.

O estudo consistiu em identificar e diferenciar os principais tipos litológicos da área, que envolve principalmente o Complexo de Granja e o Grupo Martinópole, inseridos no Domínio Médio Coreaú (DMC), estabelecer sua litoestratigrafia, onde serão evidenciadas unidades litológicas devidamente descritas conforme suas características, reconhecer as principais estruturas tectônicas, e por fim apresentar uma proposta evolutiva geológica.

Os dados obtidos em campo, tratados e interpretados, resultaram na elaboração desse relatório técnico-científico sobre a geologia da área contemplando também a confecção dos mapas de pontos e geológico, na escala 1:25.000.

### 1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área encontra-se situada na Região do Médio Coreaú - noroeste do Estado do Ceará, mais precisamente na porção norte-noroeste do município de Uruoca, localizado a cerca de 310 km da capital - Fortaleza (*Figura 1.1*).

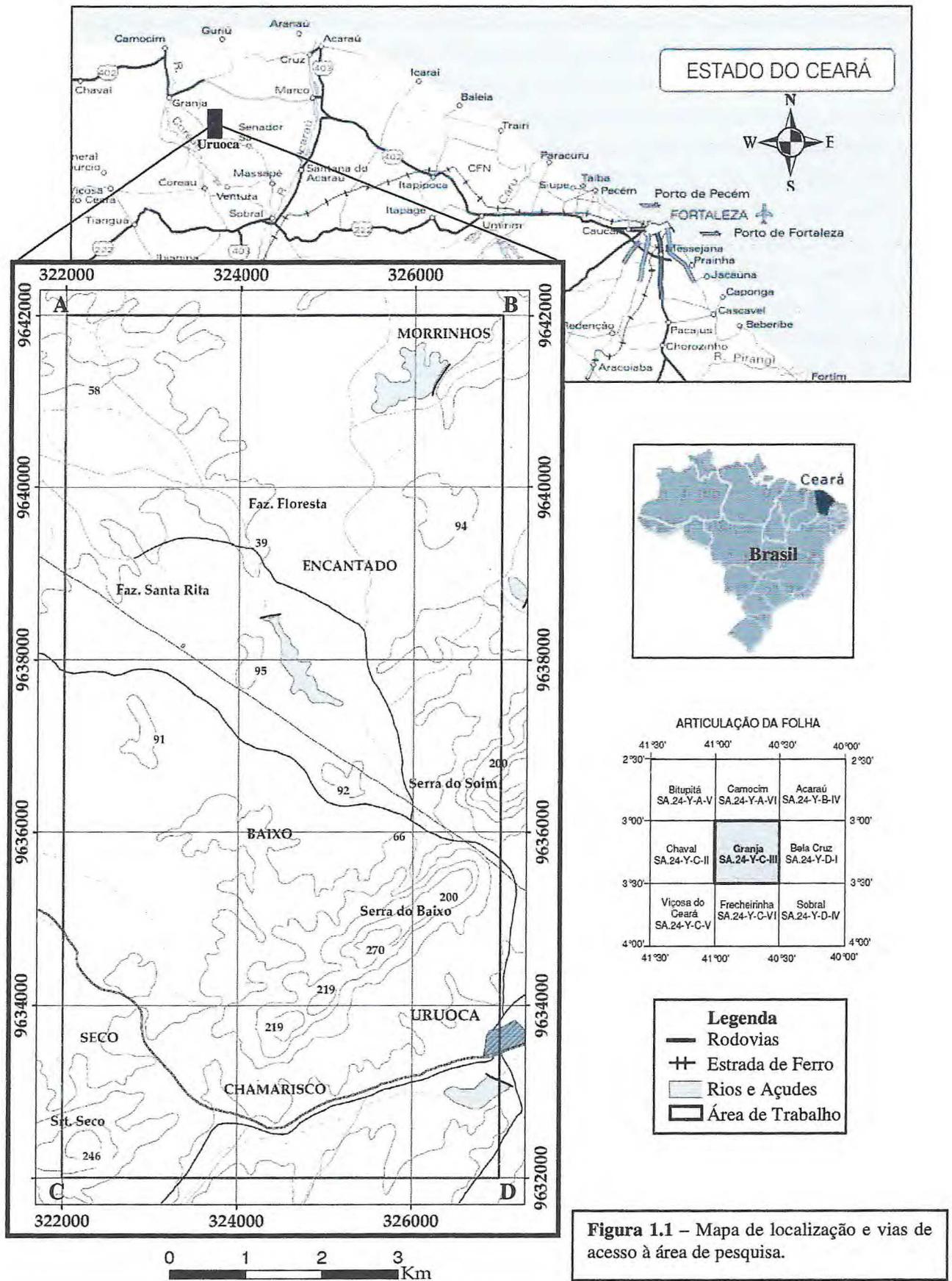
A área de trabalho é delimitada por um retângulo inserido na base cartográfica da Folha Granja (SA.24-Y-C-III) em escala de 1:100.000, publicada pela Sudene, e cujos vértices são dados pelas seguintes coordenadas UTM, conforme a tabela abaixo (*Tabela 1.1*):

**Tabela 1.1** – Coordenadas UTM da área de pesquisa.

<b>VÉRTICE</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>LONGITUDE</b>
<b>A</b>	<b>322000</b>	<b>9642000</b>
<b>B</b>	<b>327000</b>	<b>9642000</b>
<b>C</b>	<b>322000</b>	<b>9632000</b>
<b>D</b>	<b>327000</b>	<b>9632000</b>

O acesso a região de pesquisa, partindo da capital Fortaleza, em percurso de aproximadamente 310 Km, pode ser realizado através da rodovia federal BR-222 (Fortaleza/CE - Sobral/CE), de revestimento asfáltico. A partir deste ponto, segue-se pela CE-362, no sentido norte até passar pelos municípios de Massapê e Senador Sá, após estas sedes municipais, na mesma rodovia, no sentido noroeste chega-se à sede do município de Uruoca, onde está localizada a área alvo desta pesquisa (*Figura 1.1*).

Toda a área pode ser trafegada por estradas carroçáveis ou caminhos, na sua maioria em precárias condições de uso e dificilmente transitáveis no período de chuva.



## 1.4 METODOLOGIA DE TRABALHO

O desenvolvimento da metodologia aplicada no estudo foi realizado adotando-se quatro etapas metodológicas principais, visando o alcance dos objetivos propostos, a saber:

### 1.4.1 Etapa Inicial

Esta fase de trabalho compreendeu consulta bibliográfica sobre a área pesquisada e o tema abordado. Foram utilizados para consulta artigos em periódicos diversos, teses de Doutorado, dissertações de Mestrado, Monografias de Graduação, e relatórios de projetos desenvolvidos na região. Como base cartográfica, foram utilizadas carta topográfica (Folha Granja - SA.24-Y-C-III –Sudene), e mapas geológicos. Através do *Software ArcGis 9.2* foi confeccionado o mapa base preliminar na escala de 1:25.000, tendo com auxílio a interpretação de fotografias aéreas na escala de 1:75.000 e 1:25.000 (cedidas pela CPRM) e imagens de satélites *LandSat-7*.

### 1.4.2 Etapa de Campo

Esta etapa foi realizada durante 25 dias, divididos em três fases de campo, nas quais foram efetuados perfis geológicos transversais às unidades litoestratigráficas, e a partir de então, reconhecidos os litotipos existentes na área. Estas fases de campo constituíram na descrição dos litotipos (onde foram evidenciadas características macroscópicas das rochas, individualizando suas relações de contatos, mineralogia, texturas e estruturas); coletas de dados de elementos estruturais (foram tomadas medidas de atitudes – foliações, lineações e fraturas); e na coleta de amostras para análises petrográficas.

### 1.4.3 Etapa de Laboratório

Esta etapa foi iniciada pela preparação das amostras coletadas em campo, para confecção de lâminas no laboratório de laminação da Universidade Federal do Ceará – UFC, seguindo de estudos petrográficos. Nesta mesma fase foram tratados dados estruturais (*Software StereoNet*), litoestratigráficos, etc., e confeccionados os mapas geológico e de ponto (*Software ArcGis 9.2*).

#### 1.4.4 Etapa Final

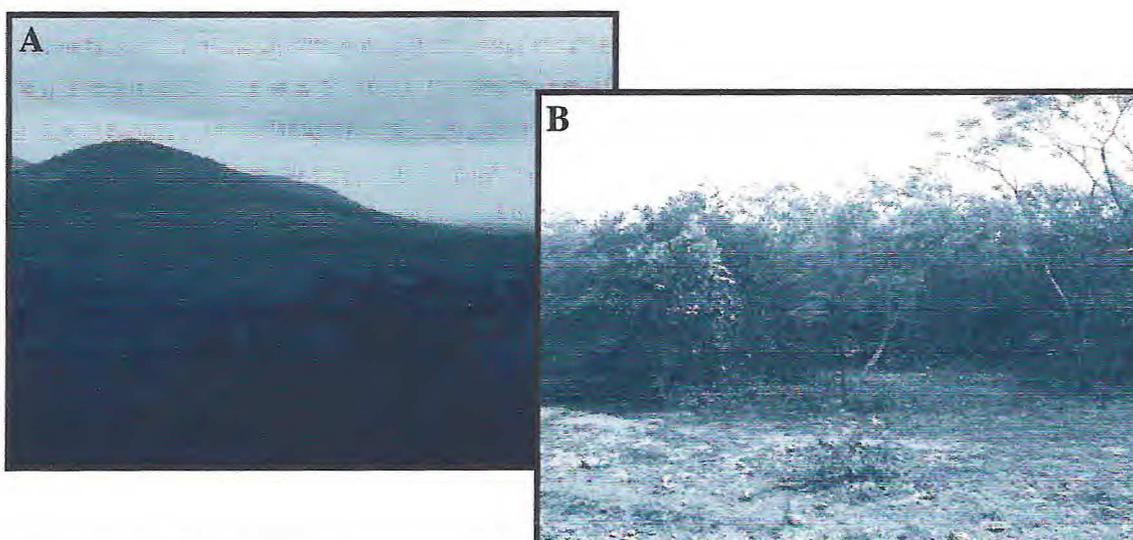
Por fim seguiu-se a interpretação dos dados gerados nas etapas anteriores para a elaboração do relatório final (*Monografia*).

### 1.5 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

A área de estudo encontra-se no nordeste, estando representado pelo Estado do Ceará inserido no polígono das secas, o qual apresenta características predominantes para a determinação do clima, vegetação, hidrografia, geomorfologia, solo e aspectos sócio-econômicos, que serão caracterizados a seguir:

#### 1.5.1 Clima

O clima da região é do tipo tropical quente semi-árido e tropical quente semi-árido brando. O município apresenta duas estações distintas: uma chuvosa, tendo início em Janeiro até o fim do mês de Abril; e outra seca, de Maio a Dezembro (*Foto 1.1*). Os meses de maior precipitação pluviométrica apresentam média anual de 956,8 mm, já durante a época castigada pela escassez de chuvas suas condições climáticas apresentam temperaturas que variam de 26°C a 28°C, caracterizando estado quente e úmido, com pequena variabilidade no regime térmico (*FUNCEME/IPECE - 2002*).

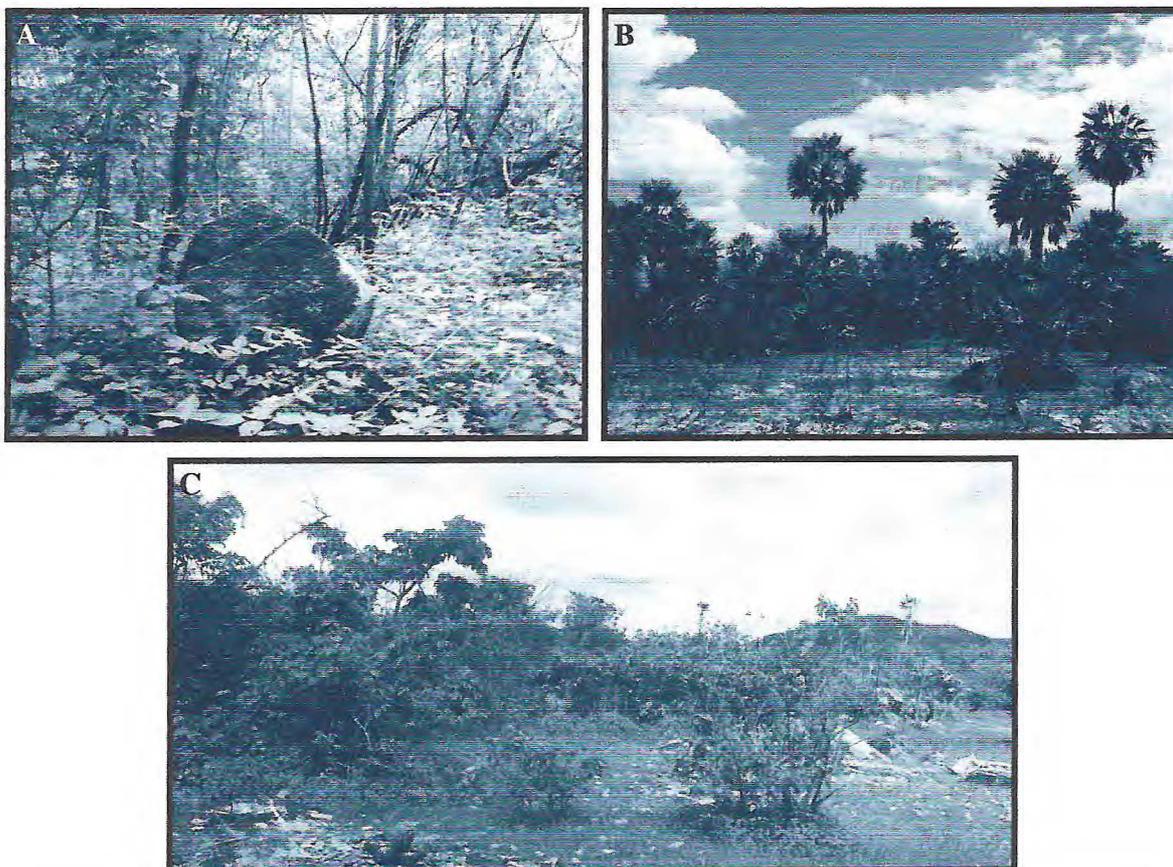


**Foto 1.1** – Condições climáticas da região. Em (A) representando a estação chuvosa e em (B) a estação seca.

### 1.5.2 Vegetação

A vegetação dessa região é composta predominantemente pela caatinga arbustiva densa, pelo complexo vegetativo da zona litorânea e por florestas mistas *Dicótilo-Palmácia*. A caatinga arbustiva densa, a que mais se destaca na área de estudo é composta por árvores com copas densas, resultando uma fisionomia florestal ocasionada pelo período chuvoso. São plantas de pequeno porte, com caules retorcidos e esbranquiçados (*Foto 1.2*).

Essa cobertura vegetal é influenciada pelo clima, em época de chuvas elas são bem marcadas e verdes, com aspectos de médio porte, enquanto que na seca se comportam com aspectos arbustivos e sem cor. São mais frequentes nas proximidades das drenagens e circundando maciços e matacões (*FUNCEME/IPECE - 2002*).



**Foto 1.2** – Vegetação característica da região, onde (A) representa as florestas mistas; (B) complexo vegetativo de zona litorânea e (C) a caatinga arbustiva densa.

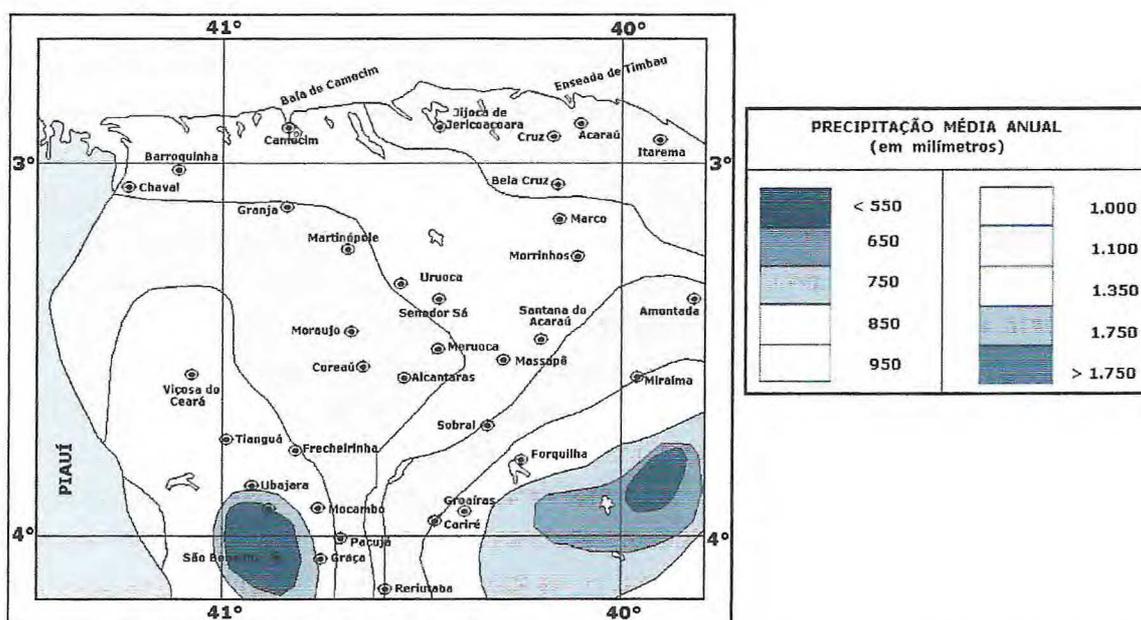
### 1.5.3 Hidrografia

No Ceará, como em qualquer outra região com clima similar, o regime hidrográfico está condicionado e é principalmente afetado pela regularidade ou não das suas chuvas e pelas características geológicas e geomorfológicas das áreas onde se situam as diversas bacias hidrográficas.

Nos períodos chuvosos, o escoamento ao longo dos canais dos rios é considerável. No entanto, em um curto período de tempo após o final das precipitações verifica-se o total esgotamento das suas lâminas de água. Quando a bacia hidrográfica se situa sobre terrenos cristalinos ocorre inundações por causa da baixa porosidade destas rochas.

No Ceará, os recursos hídricos estão comprometidos com a escassez e com a irregularidade da pluviosidade (*Figura 1.2*), além do fato da geologia regional estar condicionada por quase 75% de rochas cristalinas (*IPLANCE 1997*).

O município de Uruoca está inserido na bacia hidrográfica do rio Coreaú. Como principais drenagens superficiais de padrão dendrítico e de caráter intermitente, podem ser mencionados: o rio Coreaú, o riacho Jurema e os Açudes Jureminha, Premiada e o Premuoca (*Foto 1.3*), sendo este último o maior açude do município e o mais movimentado como local de lazer. O abastecimento d'água da sede municipal é distribuído pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (*CAGECE*) a partir do Rio Coreaú e do Açude Premuoca com 1.879 ligações reais e através de 49 poços.



**Figura 1.2** - Esboço pluviométrico da região noroeste do Ceará. Extraído e modificado *IPLANCE (1997)*.



**Foto 1.3** – Vista geral do açude Premuoca, principal reservatório d'água superficial do município de Uruoca.

#### 1.5.4 Geomorfologia

O relevo do Estado do Ceará mostra características próprias, as quais dependem fundamentalmente da conjunção de um grupo de fatores dinâmicos onde se destacam as condições geológico-ambientais, paleoclimáticas e a atual dinâmica morfogenética. No conjunto, a atuação destes fatores modelou o Ceará e deu-lhe a forma física que hoje apresenta.

A região noroeste do Estado do Ceará apresenta relevo heterogêneo que permite, sob o aspecto geomorfológico, a separação em 4 unidades morfológicas distintas, as quais estão diretamente relacionadas com as variações litológicas e estruturais (*Figura 1.3*).

A região alvo da pesquisa apresenta relevos marcados por superfícies irregulares, caracterizada pela diferença entre os litotipos. Do ponto de vista geomorfológico, a área situa-se no domínio das depressões sertanejas, representada por pediplano arrasado, constituído de rochas gnáissica-migmatíticas sendo submetidas a processos erosivos. As feições mais expressivas na área de pesquisa são os relevos em cristas materializados pelas Serras do Baixo e Soim (*Foto 1.4*), ao quais vem suportados pelos quartzitos da Formação São Joaquim, ocorre também à presença de superfícies aplainadas, sendo caracterizadas por intensos processos de dissecação que originaram superfícies de arrasamento dos litotipos (gnaisse e filitos), gerando uma ampla cobertura colúvio-eluvionar.

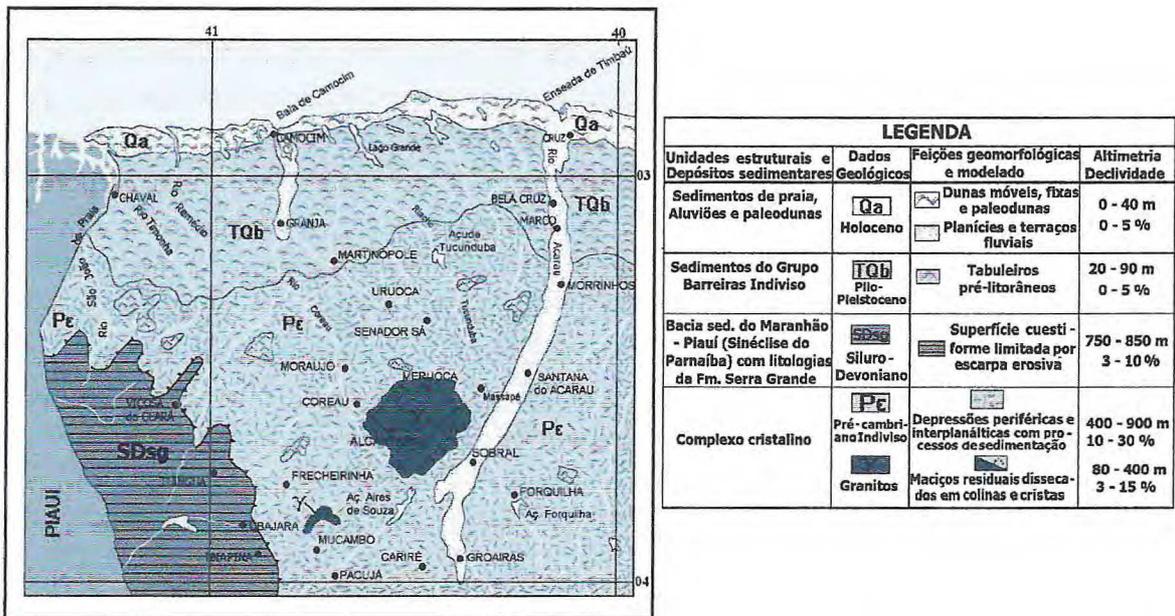


Figura 1.3 - Representação geomorfológica do noroeste do Ceará (modificado de BRASIL/SEPLAN 1995).



Foto 1.4 – Vista panorâmica da geomorfologia da região a partir da Serra da Gurguéia, localizada nos limites SW do município de Uruoca, destacando as serra que estão inseridas na área de pesquisa (seta preta).

### 1.5.5 Solos

O conhecimento dos solos de uma dada região é de suma importância para o desenvolvimento de várias atividades. Deste modo, não só aquelas diretamente inerentes à agricultura são favorecidas, mas também, e de modo muito particular, as ligadas com o conhecimento da geologia da região.

A coleta e o estudo dos solos são utilizados não somente na falta de afloramentos de rochas sãs, mas também como ferramenta auxiliar em vários tipos de estudos que vão desde a alteração de rochas até a prospecção de determinados metais. O solo que cobre uma determinada jazida funciona como resíduo das rochas sãs subjacentes, possibilitando deste modo, através de acurados estudos geoquímicos, a determinação do que foi alterado uma vez que, na maioria das vezes essas rochas não são sempre totalmente alteradas.

Na região estudada, ocorrem preferencialmente os seguintes solos: Solos Litólicos, Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo, os quais constituem os melhores solos do sertão cearense. Os Litólicos são solos pouco desenvolvidos mostrando-se inadequados para fins agrícolas, por ser um solo pedregulhoso, deficiente em água e de pouca espessura (*Foto 1.5*). Já os Planossolos apresentam profundidades moderadas e são dotados de boas condições de fertilidade. E os Podzólicos são solos profundos e mais intemperizados, podem apresentar maior fertilidade natural e grande potencial para a agricultura (*INPLANCE – 1997*).



**Foto 1.5** – Representa um solo arenoso típico de grande parte da área, sendo oriundos do processo de intemperismo que afeta os quartzitos.

## 1.6 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

Situado na região noroeste do Estado do Ceará, o município de Uruoca ocupa uma área de 696,77 Km<sup>2</sup>. Informações obtidas através dos dados do *IBGE* (2007) indicam que a população estimada para o município é de 12.973 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 16,47 hab/km<sup>2</sup>. De acordo com o *IBGE* o município dispunha de 15 estabelecimentos de ensino. A Secretaria de Saúde de Uruoca dispõe de 6 unidades de saúde, dentre estas 1 ambulatório especializado e 3 centro de saúde com unidade básica hospitalar.

A sede do município dispõe de abastecimento de água (*CAGECE*) e energia elétrica distribuída pela Companhia Energética do Ceará (*COELCE*), terminais telefônicos e agências de correios.

A principal atividade em que se baseia a economia esta na agricultura de subsistências de feijão, mandioca, milho, arroz sequeiro além das monoculturas de algodão e castanha de caju. Na pecuária extensiva salientam-se a criação de bovinos, suínos e aves. Representando cerca de 21,27% dos serviços agropecuários do município. Conforme o *IBGE* consta também o funcionamento de 2 indústrias no município representando 10,73% das atividades. E como pontos turísticos do município de Uruoca que representam cerca de 68% da renda econômica estão o Balneário Premuoca, Sítio Arqueológico e a Igreja Matriz.

# Capítulo – II

## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

## 2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

---

### 2.1 PROVÍNCIA BORBOREMA - PB

O contexto geológico da área de pesquisa, está inserida na Província Borborema (PB) ou Região de Dobramentos Nordeste (Almeida et al., 1977) do Brasil. Nesta região, ocorre a atuação de eventos termiais, tectônicos e magmáticos, que dão origem a extensas zonas de cisalhamento transcorrentes (Sobral/Pedro II, Senador Pompeu, Patos e Pernambuco) e a outras feições estruturais, que se desenvolveram durante o Neoproterozóico, e permaneceu no transcurso do Cambro-Ordoviciano.

A Província Borborema compreende a parte central de um amplo cinturão orogênico Pan-Africano-Brasiliano (Figura 2.1), onde, é constituída por porções de terrenos de diferentes naturezas que são separados por falhas ou lineamentos importantes. A formação da Província Borborema se deu pela junção destes terrenos, que foram desenvolvidos durante o Arqueano e Paleoproterozóico (Mabessone, 2002, Fetter et al., 2000 e Arthaud et al., 2007).

A primeira fase de amalgamação da PB – o Ciclo Transamazônico possui idades entre 2.38 e 1.98 Ga, sendo, caracterizada pelas consequências de uma convergência e colisão dos Crátons São Luis-Oeste da África, Amazônico e São Francisco-Congo (Figura 2.1), formando assim, o supercontinente Atlântica (Rogers, 1996; Fetter et al., 2000).

Após este evento, os terrenos da Província Borborema foram retrabalhados em outros ciclos de fissão e colisões tectônicas: entre 1.8 a 1.6 Ga - Tafrogênese Estateriana; 1.1 e 0.96 Ga - Orogênese Cariris Velhos; 0.7 e 0.55 Ga - Ciclo Brasileiro; e 0.59 e 0.50 Ga – Tafrogênese Eo-paleozóica. Destes ciclos, o com maior repercussão, foi o Brasileiro, responsável pelo encerramento de bacias marginais e intracratônicas, retrabalhamento de descontinuidades, formação de faixas móveis ao redor dos terrenos mais antigos além de um intenso magmatismo granítico.

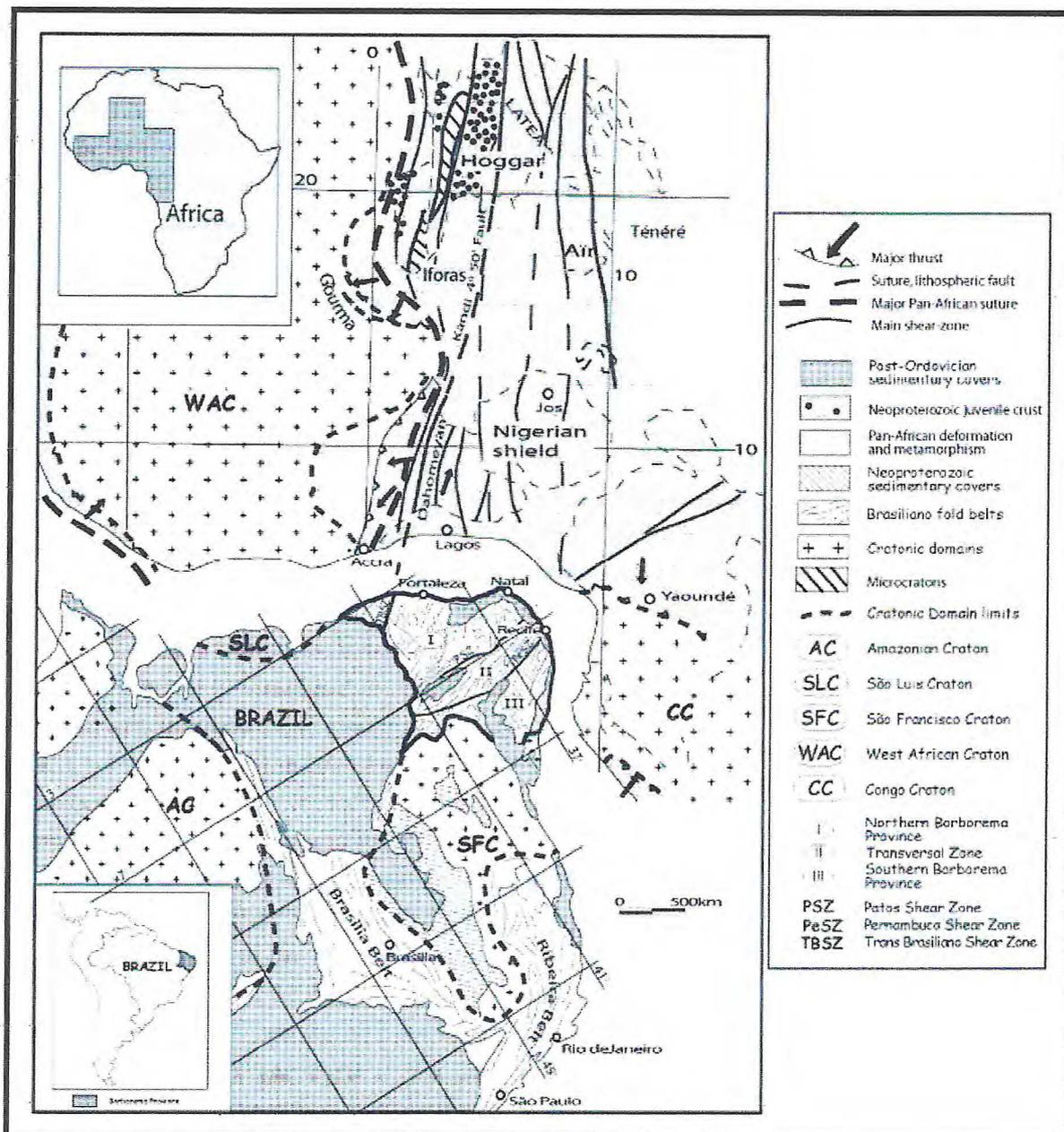


Figura 2.1 – Província Borborema dentro do contexto Gondwana Ocidental (Modificado de Caby 1989, Schobenhau e Campos, 1984). Fonte: Arthaud et al., 2007.

## 2.2 DIVISÃO TECTÔNICA

A Província Borborema compreende três Subprovíncia: Borborema Setentrional, Zona Transversal e Borborema Meridional. A área de trabalho encontra-se localizada na subprovíncia Setentrional, que por sua vez, é subdividida em quatro domínios: Domío Rio

Grande do Norte (DRGN); Domínio Orós-Jaguaribe (DOJ); Domínio Ceará Central (DCC); Domínio Noroeste do Ceará ou Médio Coreaú (DMC) (Figura 2.2). Os limites entre estes domínios são as Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliano) de direção NE-SW, Zona de Cisalhamento Orós (E-W na parte sul, N-S porção intermediária e NE-SW a norte) e Zona de Cisalhamento Jaguaribe NE-SW.

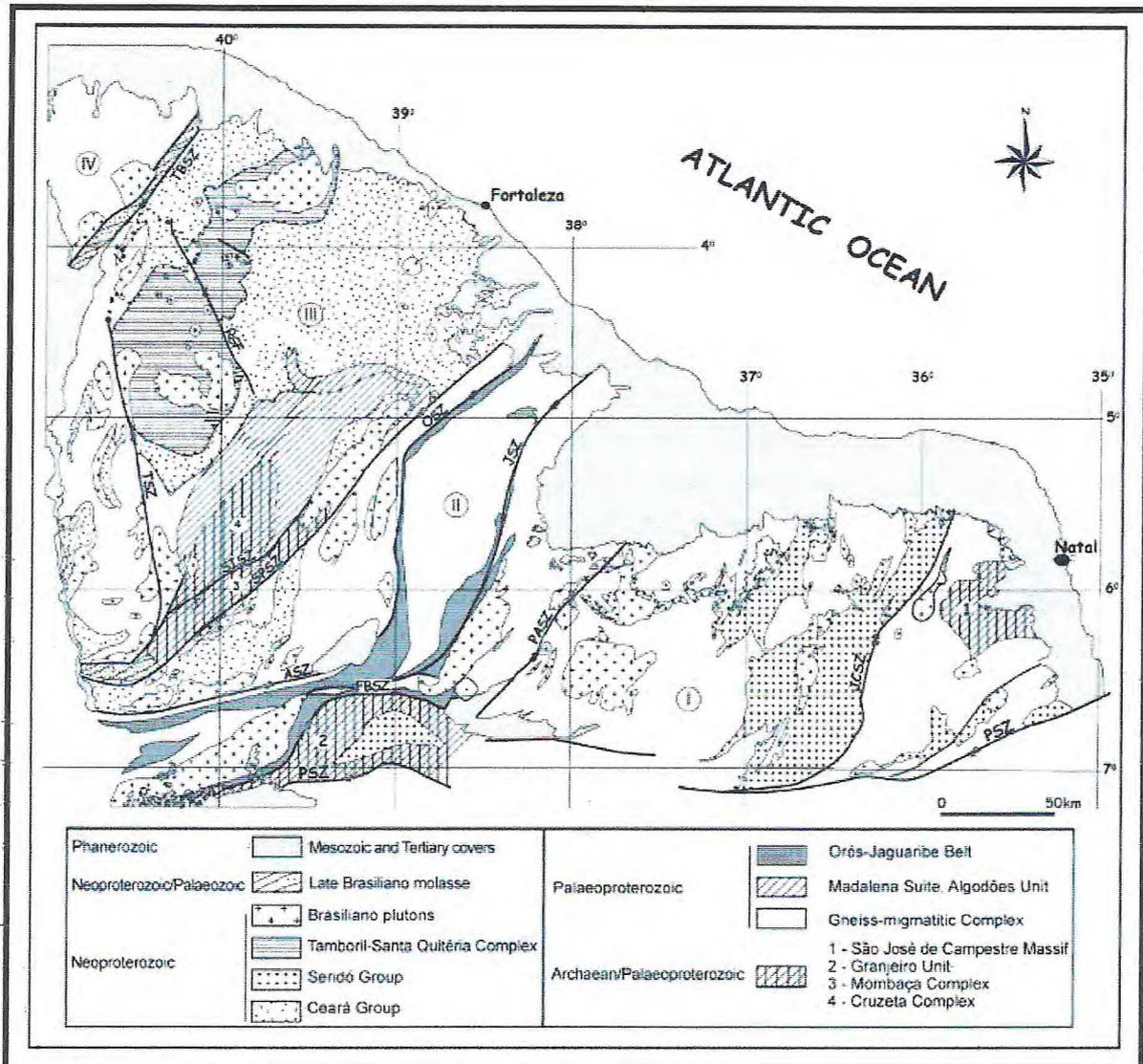


Figura 2.2 – Domínios tectônicos da porção setentrional da Província Borborema: dando ênfase ao Domínio Médio Coreaú (Modificado de Arthaud et al., 2007).

### 2.2.1 Borborema Setentrional

Corresponde à região acima do lineamento Patos, e abrange tais domínios: Médio Coreau, Ceará Central, Orós-Jaguaribe e Rio Grande do Norte.

**Domínio Médio Coreau:** situa-se a NW da subprovíncia, e é constituído pelos seguintes terrenos: *Granja*, composto por ortognaisses TTG, granulitos e migmatitos, representando o embasamento; *Faixa Martinópolis-Ubajara*, correspondendo às sequências de margem continental passiva; e *Pequenos riftes* implantados ao longo das zonas de cisalhamentos Brasileiras, que originaram as bacias extensionais (Brito Neves, 1999).

**Domínio Ceará Central:** está localizado entre as zonas de cisalhamentos Sobral-Pedro II e Senador Pompeu. É representado por terrenos de idade paleoproterozóica que circunda um núcleo Arqueano (Maciço Tróia-Pedra Branca) os quais correspondem aos embasamentos das sequências supracrustais do Neoproterozóico Médio, todos afetados por um expressivo plutonismo Brasileiro.

**Domínio Orós-Jaguaribe:** representa uma unidade geotectônica impar dentro da Província Borborema. Este domínio é composto por duas faixas lineares móveis, e constituído por sequências metavulcano-sedimentares recortadas por intrusões ácidas e máficas, foi metamorfozado em condições que variam de xisto-verde baixo a granulito e deformado em regime transcorrente durante o Ciclo Brasileiro.

**Domínio do Rio Grande do Norte:** é constituído pelas faixas Seridó, *Terrenos de Rio Piranhas, São José do Campestre e Granjeiro*. Apresenta embasamento proterozóicos com núcleos meso e neoarqueanos (Terreno São José Campestre), associado com supracrustais paleoproterozóicas (Faixa Orós-Jaguaribe) e neoproterozóicas (Faixa Seridó). Esses terrenos sofreram uma intensa tectônica de escape e um expressivo plutonismo Brasileiro.

### 2.2.2 Subprovíncia da Zona Transversal

**Domínio Transversal:** corresponde a um segmento crustal E-W, limitado entre os lineamentos de Patos e Pernambuco. É constituída por terrenos que foram retrabalhados durante os eventos orogênicos Cariris-Velhos no Neoproterozóico inferior e o Brasileiro causando basculamentos, deformações e falhamentos. Os principais terrenos desse domínio são as seguintes Faixas: *Cachoeirinha, Alto Pajeú, Alto do Moxotó e Rio Capibaribe*.

### 2.2.3 Borborema Meridional

**Domínio Sul:** compreende a região da PB entre o Lineamento Pernambuco e Cráton São Francisco. Este domínio é representado pelos terrenos mesoproterozóicos, *Pernambuco-Alagoas, Paulistana-Monte Orebe e Canindé-Marancó*, e pelas faixas neoproterozóicas *Riacho do Pontal e Sergipana*. Segundo Brito Neves et al. (2000), o principal elemento deste domínio é o maciço Pernambuco-Alagoas, que consiste de um embasamento granito-migmatítico com numerosos plútons.

A área de pesquisa do presente trabalho localiza-se no **Domínio Médio Coreau**, sendo apresentado com mais detalhe posteriormente.

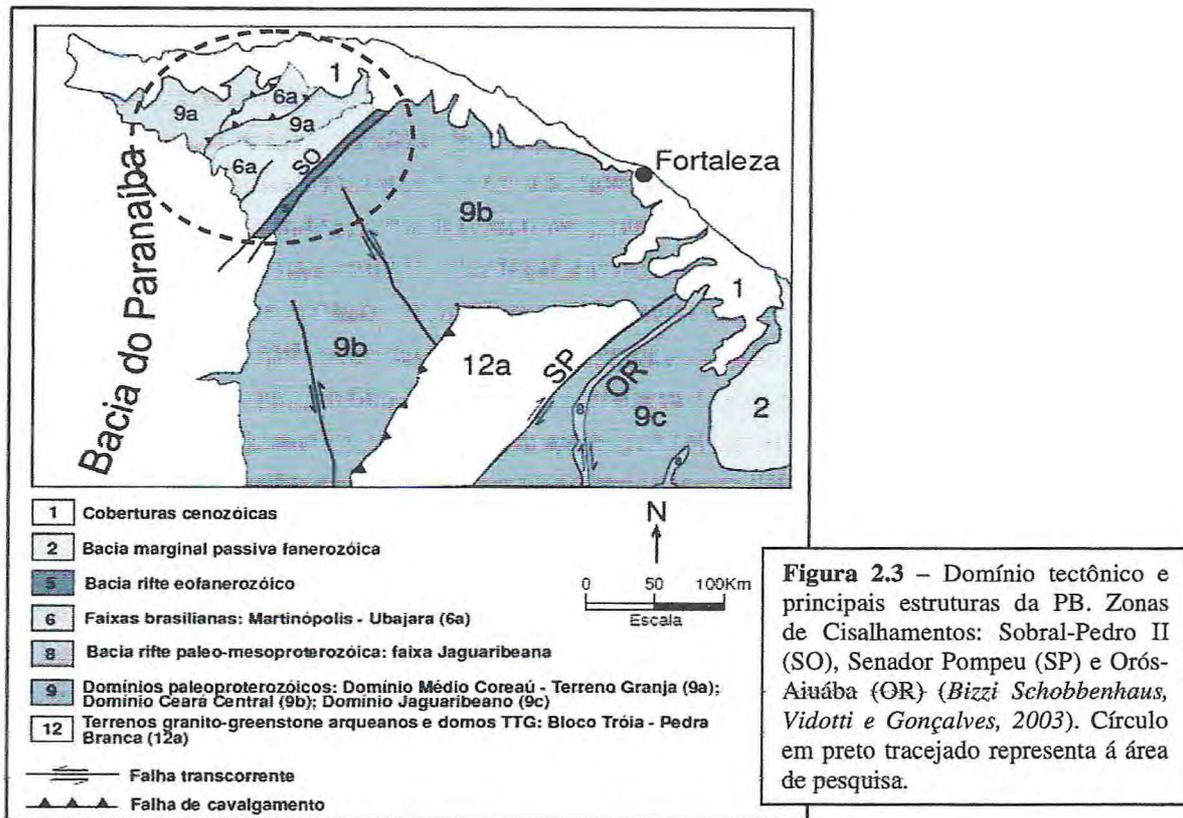
### 2.3 DOMÍNIO MÉDIO COREAU – DMC

O Domínio Médio Coreau encontra-se inserido na porção setentrional da Província Borborema, sendo limitado do Domínio Ceará Central pelo lineamento Sobral-Pedro II.

Este domínio abrange uma área de 10.000 km<sup>2</sup> e é caracterizado pela ação de intenso magmatismo granítico e por extensas zonas de cisalhamento transcorrentes com orientação NE–SW e de cavalgamentos para NW e retroempurrões para SE (*Figura 2.3*), sendo este o resultado da atuação do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, que facilitou o posicionamento lateral das rochas presentes no referido domínio (*Almeida et al., 1977, 1981 e Santos et al., 2001*).

Conforme Santos (1999), a evolução crustal do Domínio Médio Coreau é representada por três domínios cronológicos e deformacionais, sendo o primeiro desenvolvido no Paleoproterozóico com o evento Transamazônico/Eburneano e o segundo representado no Neoproterozóico com a atuação do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, e por fim, um terceiro domínio mais limitado, caracterizado por um vulcanismo do tipo ácido no Mesoproterozóico.

O DMC abrange um empilhamento litoestratigráfico composto por: um embasamento cristalino (Complexo Granja) constituído por ortognaisses - TTG, migmatitos e granulitos; um conjunto de sequências supracrustais (Grupos Martinópole e Ubajara) que são caracterizadas por metassedimentos siliciclásticos ao norte da região, e por metassedimentos químicos (calcários) e siliciclásticos ao sul; uma sequência de corpos graníticos Brasileiros; e ainda, uma bacia residual tipo molássica continental (Bacia do Jaibaras), localizada ao extremo sul do domínio (*Torquato & Nogueira Neto 1996 e Nogueira Neto 2000*).



### 2.3.1 Complexo Granja – Embasamento

Segundo Nascimento et al., (1981), Santos (1993), Fetter et al., (1995) e Nogueira Neto (2000), o embasamento do DMC é composto pelo Complexo Granja, o qual é constituído por uma associação de rochas para e ortoderivadas. Estas rochas são classificadas como gnaisses do tipo TTG, granulitos e migmatitos.

De acordo com Santos et al., (2001) os gnaisses possuem composição Tonalítica-Trondhjémítica-Granodiorítica-TTG de coloração cinza claro-escuro com a ocorrência de corpos anfibolíticos intercalados. Tais gnaisses são classificados como biotita gnaisses e anfibólio gnaisses. Os granulitos apresentam coloração cinza a castanho, estão dispostos em faixas restritas com orientação NE-SW a E-W, encontram-se protomilonitizados ou milonitizados e são associados a minerais de alta temperatura e pressão intermediária (Nogueira Neto, 1996-2000). Os migmatitos mostram um bandamento composicional e são classificados como do tipo estromático. Estas rochas são cortadas por planos cisalhantes, os quais foram gerados durante a migmatização (Santos et al., 2001).

Segundo os autores essas rochas apresentam idades de metamorfismo no Neoproterozóico (Prado et al., 1981; Nascimento et al., 1981); Mesoproterozóico (Cavalcante, 1993); Paleoproterozóico (Hackspacher et al., 1991; Santos 1993; Abreu et al., 1993).

Hackspacher et al., (1991) e Santos (1993) caracterizaram geocronologicamente as rochas mais antigas do embasamento os ortognaisses da localidade de General Tibúrcio com idade isocrônica Rb/Sr de  $3,134 \pm 94$  Ma com  $r_0 = 0,7009$  e os migmatitos da localidade de Estreito apresentando idade Rb/Sr de  $2,235 \pm 71$  Ma com  $r_0 = 0,7019$ . A partir destes dados tais autores interpretaram que o embasamento foi originado durante a Orogênese Liberiana (3.1 a 3.3 Ga) com idade Paleoproterozóica (0.23 Ga) sendo este, oriundo de um retrabalhamento da crosta.

Fetter (1999) e Nogueira Neto (2000) através do método Sm/Nd ( $T_{DM}$ ) encontraram idades de 2.63 Ga e 2.36 Ga para amostras de granada-gnaisses e granulitos máficos, respectivamente. Estas idades foram interpretadas pelos autores provenientes de uma crosta juvenil desenvolvida a partir do Paleoproterozóico (2.3 Ga).

### 2.3.2 Grupo Martinópolis

O Grupo Martinópolis foi descrito por Small (1914) e por Prado et al., (1981) como sendo uma sequência de rochas de baixo a médio grau metamórfico composto por quartzitos, xistos e filitos composto da base para o topo pelas seguintes formações:

**Formação São Joaquim:** Caracterizada por quartzitos com intercalação de rochas calcissilicáticas e metavulcânicas. Os quartzitos, de acordo com a sua composição, apresentam cores variando entre o branco e avermelhado. Conforme Santos (1999), os quartzitos podem ser caracterizados como cianita quartzitos, silimanita quartzitos, muscovita quartzito, estaurólita-silimanita quartzito, quartzito puros e impuros e quartzitos ferruginosos. Ocorrem desde bandados a finamente laminados, em algumas porções apresentam-se mais deformadas e às vezes apresentam níveis xistosos concordantes com o pacote quartzítico.

**Formação Covão:** Esta formação ocorre sobreposta aos quartzitos e é composta predominantemente por xistos com intercalações de quartzitos sob a forma de lentes. Possuem cores cinza-claro a avermelhado e apresentam-se muito foliados e dobrados (Santos, 1999).

**Formação Santa Terezinha:** Encontra-se posicionada sobre os xistos da Formação Covão. É formada por filitos e metasiltitos com intercalações de metavulcânicas. Os filitos

apresentam coloração cinza-claro, avermelhado e marrom, encontram-se foliados com estratificação plano paralela bem marcada e às vezes são caracterizados por processos de alteração muito elevados (Santos, 1999).

Após esta classificação, alguns autores divergem sobre o contexto estratigráfico dos quartzitos da Formação São Joaquim, pois tal formação para alguns autores pertence ao Grupo Martinópolis. Torquato *et al.*, (1987) e Torquato & Nogueira Neto (1996) retiram a Formação São Joaquim do Grupo Martinópolis por considerarem um novo grupo, o “Grupo São Joaquim”. De acordo com Torquato *et al.*, (1987), o Grupo Martinópolis seria composto apenas pelas Formações Santa Terezinha e Covão.

Santos (1999) classificou o Grupo Martinópolis em quatro unidades, caracterizando do topo para a base as Formações de Santa Terezinha, Covão, São Joaquim e Goiabeira, respectivamente.

Os estudos geocronológicos aplicados ao Grupo Martinópolis foram descritos pela primeira vez por Novaes *et al.*, (1979) através do método Rb/Sr em rochas metapelíticas e metavulcânicas da Formação Santa Terezinha, obtendo idades de  $611 \pm 66$  Ma e  $608 \pm 67$  Ma, respectivamente. Esta idade foi interpretada como uma idade de metamorfismo regional. A idade de  $1,450 \pm 53$  Ma encontrada para o xisto da Formação Santa Terezinha foi interpretada pelos autores como uma época de sedimentação mais antiga.

Nascimento *et al.*, (1981) encontrou idades variando de 634 e 656 Ma pelo método Rb/Sr para os filitos das regiões de Pedra Verde e Massapê, caracterizando-os como representantes do último evento metamórfico no ciclo Brasileiro.

Santos *et al.*, (1995) encontraram uma idade de 808 Ma pelos métodos U/Pb em zircão e Sm/Nd em rocha total para o Grupo Martinópolis. O método U/Pb foi realizado em metariolitos encontrados intercalados aos metassedimentos em uma localidade à 24Km a NE de Martinópolis e o método Sm/Nd revelou uma idade modelo de 1.24 Ga para um xisto da região. Referente a esse último valor, os autores interpretam esta idade como uma mistura do material juvenil e de uma fonte mais antiga.

A idade obtida de 808 Ma por Fetter, 1999 e Fetter *et al.*, 2003 para o Grupo Martinópolis através do método U/Pb em zircões indicam que as rochas deste grupo pertencem ao Neoproterozóico.

### 2.3.3 Grupo Ubajara

O Grupo Ubajara foi descrito por *Small (1914)* como sendo composto por folhelhos, calcários e/ou arenitos. Posteriormente, esse grupo foi chamado de Grupo Bambuí *Mabessone et al., (1971) & Costa et al., (1973)*, que subdividiram o mesmo, em quatro unidades: **Formação Coreau** composto por grauvacas, arcóseos, arenitos finos e hornfels, **Formação Freicheirinha** formada por calcários e hornfels, **Formação Caiçaras** constituída por ardósia, quartzito e hornfels e **Formação Trapiá** composta por arenito, siltito filitoso e hornfels.

*Nascimento & Gava (1979)* mudaram a nomenclatura do Grupo Bambuí para Grupo Ubajara. *Torquato & Nogueira Neto (1996)* definem que a melhor classificação das unidades estratigráficas do Grupo Ubajara é apresentada por *Nascimento & Gava (1979)* com algumas alterações efetuadas por *Cavalcante & Ferreira (1983)*.

*Novais et al., (1979)* obtiveram, segundo o método Rb/Sr em ardósias da Formação Caiçaras, uma isócrona com razão inicial ( $r_0$ ) =  $0,706 \pm 0,002$  e uma idade de referência de 1.0 Ga para o Grupo Ubajara. Esta idade foi interpretada como a idade deposição.

*Santos (1999) e Fetter (1999)* utilizaram o método U/Pb em zircão e dataram uma fácies do granito Mucambo que forneceu valores de uma idade de cristalização de  $532 \pm 7$  Ma e uma idade modelo ( $T_{DM}$ ) pelo método Sm/Nd de 1.96 Ga. A idade de 0.53 Ga foi interpretada pelos autores como sendo uma idade mínima de sedimentação do Grupo Ubajara, pois os sedimentos do referido grupo estão em desenvolvimento com as intrusões do granito Mucambo apresentando, assim, uma relação de metamorfismo hornfels.

### 2.3.4 Granitóides

O Domínio Médio Coreau é intrudido por diversos corpos graníticos que caracterizam a evolução da Província Borborema (*Figura 2.4*). *Santos (1999)* sugere que estes corpos estão representados pelos batólitos graníticos de Meruoca, Mucambo, Chaval e Tucunduba; e por corpos menores que encontram-se intrudidos nas sequências supracrustais e no embasamento.

Os corpos graníticos representados por Meruoca e Mucambo são usados como referências no posicionamento estratigráfico dos Grupos Ubajara e Jaibaras por apresentarem uma relação de metamorfismo de contato (*Santos, 1999*).

O granito Chaval está intrudido nas sequências supracrustais e no embasamento onde o limite do seu contato é definido pela zona de cisalhamento transcorrente Santa Rosa com

direção NE – SW. Este granito é coberto parcialmente por sedimentos terciários da Formação Camocim e por sedimentos inconsolidados do Quaternário (Nogueira Neto et al., 1989).

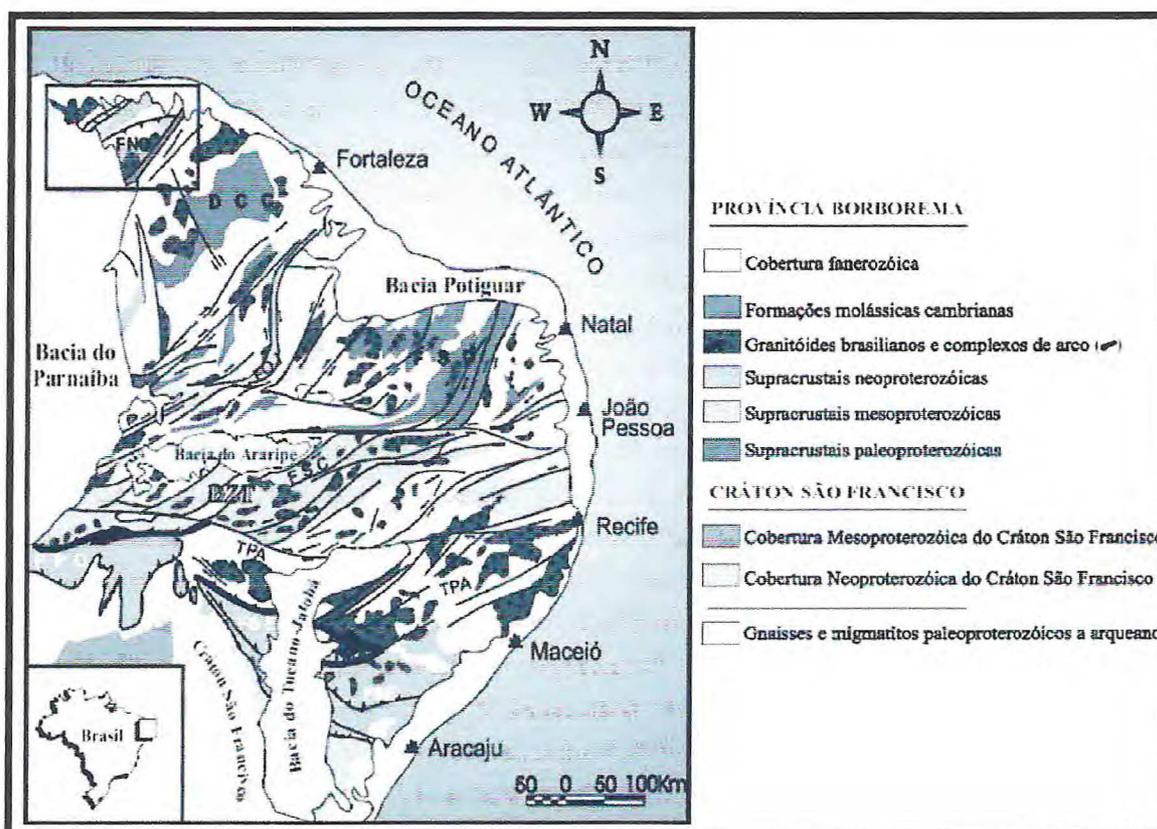
O granito Tucunduba descrito por Santos (1999) é limitado a norte pela falha transcorrente de direção NE-SW de Água Branca e a sul por outra falha transcorrente com estruturação associada à deformação plástica dos minerais.

Os granitos de Meruoca e Mucambo foram datados por Sial (1989) através da metodologia Rb/Sr. Como resultado, foram obtidas idades de  $491 \pm 19$  Ma e  $544 \pm 15$  Ma, respectivamente.

Nogueira Neto et al., (1990), encontrou idades de  $507 \pm 27$  Ma pelo método Rb/Sr e  $591 \pm 10$  Ma pelo método U/Pb em zircão para o granito de Chaval.

O granito Tucunduba foi caracterizado geocronologicamente por Prado et al., (1981) pelo método K/Ar em rocha total e obteve-se uma idade de cristalização de  $424 \pm 6$  Ma.

Santos (1999) analisou pelo método U/Pb em zircão o mesmo granito e foi encontrada uma idade de cristalização de 574 Ma.



**Figura 2.4** – Esboço geológico/tectônico da Província Borborema (PB). FNC – Faixa Noroeste do Ceará; DCC – Domínio Ceará Central; FOJ – Faixa Orós-Jaguaribe; FSD – Faixa Seridó; FSC – Faixa Salgueiro-Cachoeirinha; FPO – Faixa Riacho do Pontal; FSE – Faixa Sergipana; TPA – Terreno Pernambuco-Alagoas; TCF – Terreno Canindé do São Francisco; TMA – Terreno Marancó ( Jardim de Sá (1994).

### 2.3.5 Grupo Jaibaras

Segundo *Small (1914)* o Grupo Jaibaras foi caracterizado pela presença de grábens os quais foram formados durante fases tracionais da tectônica Brasileira. Uma importante ocorrência que se situa no Gráben Jaibaras apresenta amplas fossas tectônicas que se estende da escarpa da Serra da Ibiapaba até o lineamento Sobral-Pedro II. Este grupo é composto por arenito de cor castanha e de composição quartzítica de grão fino.

*Costa et al., (1973)* subdividiram o Grupo Jaibaras em quatro formações a saber: *Formação Aprazível* (com arenitos e arenitos conglomeráticos polimíticos), *Formação Parapuí* (com rochas extrusivas e intrusivas ácidas e básicas), *Formação Pacujá* (com arenitos líticos, folhelhos e siltitos) e a *Formação Massapê* (com conglomerados brechóides).

Conforme *Oliveira (1992)* a Bacia de Jaibaras é classificada como uma bacia do tipo rift com origem a partir de uma distensão perpendicular de grandes falhas pré-existentes, exibindo um pequeno componente direcional, sendo este, responsável pela presença de pequenas bacias dispostas numa direção NE – SW, como o Gráben do Sairí (*Figura 2.5*).

Quanto ao aspecto geocronológico, o Grupo Jaibaras se depara com uma sedimentação posterior em relação ao posicionamento do granito Meruoca devido à presença de seixos do granito nos conglomerados da Formação Massapê. Segundo *Santos (1999)* o Grupo Jaibaras cronologicamente é mais jovem que o Grupo Ubajara.

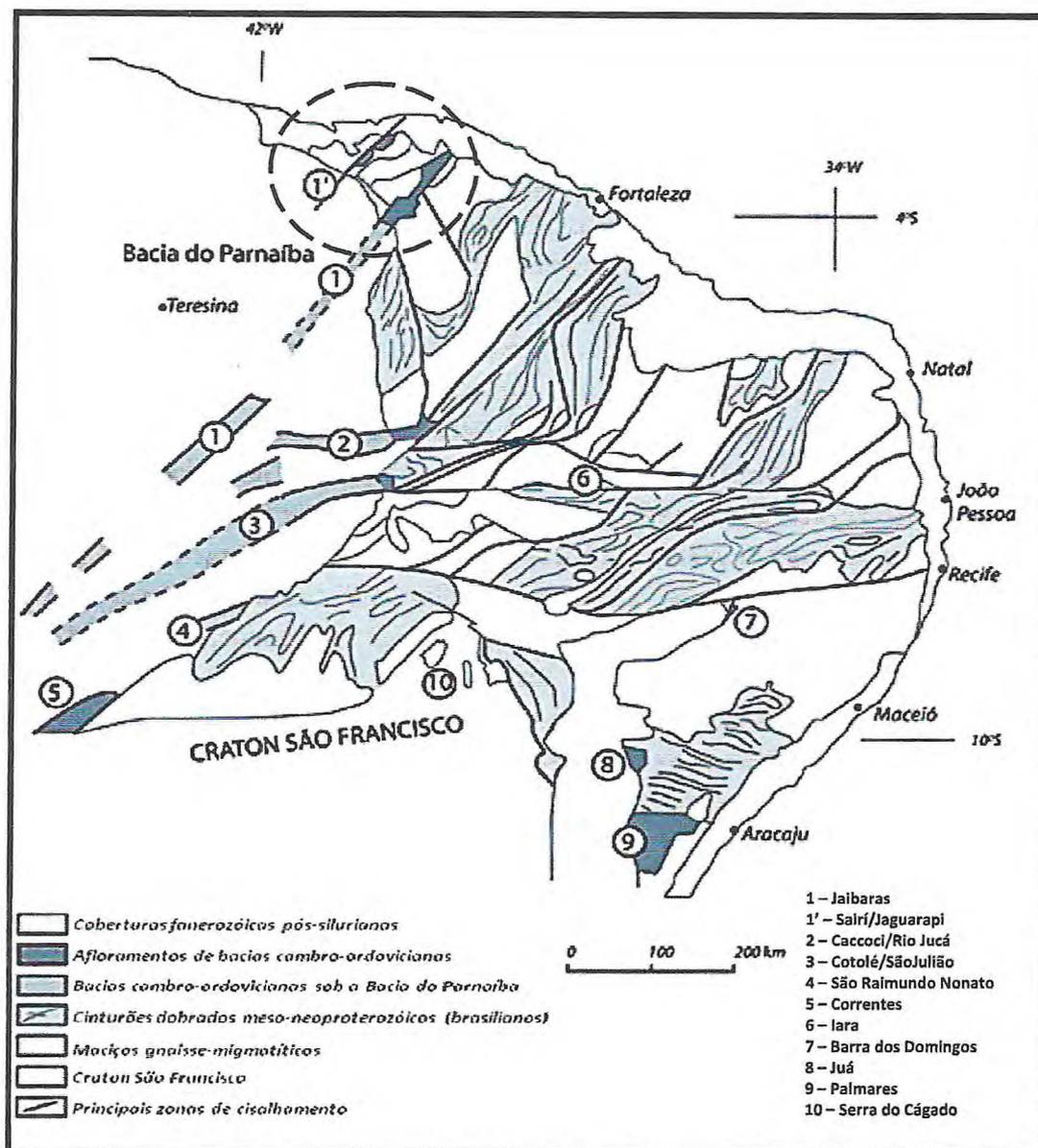


Figura 2.5 – Esboço geológico da Província Borborema (PB), mostrando a distribuição das bacias de transição. Destaque para a área tracejada em preto mostrando as bacias do Domínio Médio Coreau Parente et al., (2004).

## 2.4 ASPECTOS DEFORMACIONAIS DO DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ

Como já mencionada, a orogênese Brasílica/Pan-Africana na Província Borborema, representa o resultado da colisão entre três grandes domínios continentais: o Cráton Oeste Africano, o Cráton São Francisco-Congo e a Faixa Móvel Neoproterozóica (Castaing et al., 1993). Esta orogénia é considerada de grande importância na atuação do arcabouço estrutural do Domínio Médio Coreau.

Este evento foi responsável pela formação de grandes zonas de cisalhamento de direção NE-SW a E-W, presença de indicadores cinemáticos com planos S/C, assimetria de dobras e rotação de porfiroclastos com movimentação dextral onde estão limitadas estratigraficamente por rochas do embasamento gnaíssico-migmatítico de alto a médio grau e rochas do Grupo Martinópolis e/ou do Grupo Ubajara (Santos, 1999; Nogueira Neto, 2000).

Para uma melhor fixação da descrição dos eventos deformacionais da região, Santos (1999) propõe uma evolução tectônica dividida em cinco fases deformacionais, apresentadas da seguinte forma:  $D_1$  – representa a fase deformacional mais antiga de idade Paleoproterozóica sendo registrada somente nas rochas do embasamento;  $D_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  – são referentes às fases deformacionais presentes nas rochas supracrustais e no embasamento de idade Neoproterozóica e por fim,  $D_5$  – a representante de uma tectônica frágil aplicada nas rochas supracrustais e no embasamento, estando relacionada ao Fanerozóico (Figura 2.6).

A fase de deformação  $D_1$  é caracterizada por um bandamento ( $S_1$ ), que ocorre horizontalizado e com dobras isoclinais a transpostas. Estas dobras foram originadas em uma mesma fase progressiva onde uma deformação incremental afetou as estruturas do campo do encurtamento (formação de dobras) e fez com que as mesmas evoluíssem para o campo do estiramento provocando uma transposição dos flancos das dobras (Santos 1999).

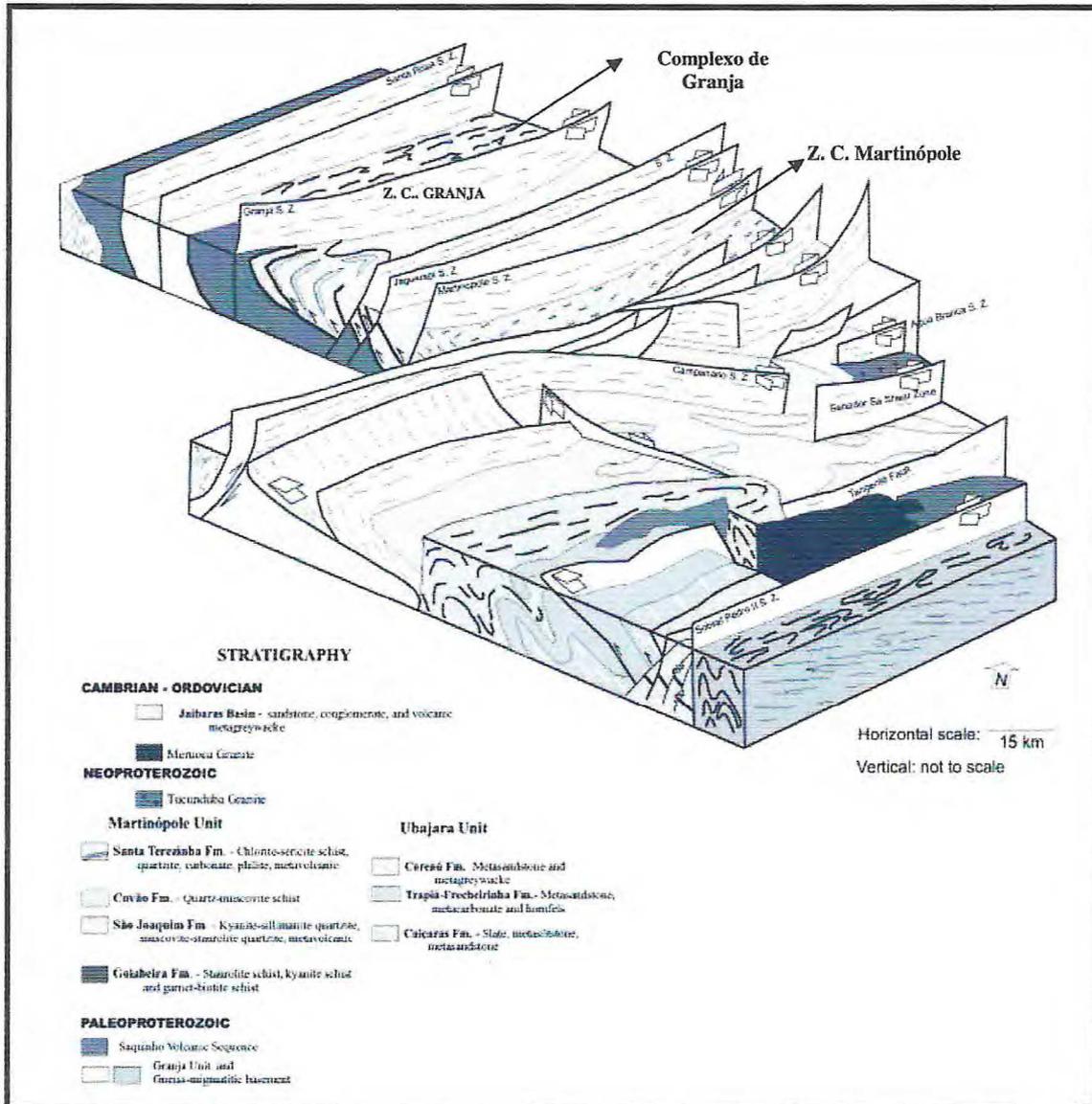
A fase  $D_2$  está relacionada aos cavalgamentos com direção NW. A fase deformacional  $D_3$  representa uma evolução progressiva de  $D_2$  e está caracterizada pelas transcorrências de direção NE-SW a E-W fortemente expressas na região. Segundo Santos (1999), o término da fase  $D_2$  e o início da fase  $D_3$  podem ser marcados através da idade do Granito Chaval, o qual exibe evidências deformacionais e representa um granito sin-tarde colisional. Já o Granito Tucunduba é pós-colisional  $D_2$  e sin-transcorrente  $D_3$  o que limita o tempo da deformação de  $D_3$  ao intervalo variando de 590 a 575 Ma, referente à idade do granito.

A fase deformacional  $D_4$ , em junção dos tensores  $\sigma_3$  e  $\sigma_2$ , é caracterizada pela fuga lateral de material ao longo do eixo Y devido ao alívio da pressão de carga.

A deformação Neoproterozóica é limitada pela idade do Granito Mucambo (532 Ma), pois o mesmo não apresenta deformação e assim, é considerado pós-tectônico. A fase  $D_5$  presente nas rochas do embasamento é marcada pela presença de uma clivagem de crenulação, com o desenvolvimento de *Kink bands* e dobras *chevron* (Santos, 1999).

Conforme Santos (1993), os quartzitos da Formação São Joaquim apresentam uma foliação bem definida e sobre o plano da mesma ocorre uma lineação de estiramento mineral

(ln) provocando encurtamento e gerando feições similares as desenvolvidas por dobras do tipo bainha. Nos quartzitos mais aluminosos as lineações são marcadas pela orientação de cianita paralela a interseção entre  $S_0$  e o plano de foliação.



**Figura 2.6** – Modelo esquemático de configuração tectônica do Domínio Médio Coreául destacando as zona de cisalhamento de Granja e Martinópolis delimitando os blocos das rochas supracrustais e do embasamento (Santos et al., 2004).

Os filitos do Grupo Martinópolis são caracterizados estruturalmente pela presença de clivagem ardosiária com a orientação de clorita e sericita em níveis milimétricos o quartzo ocorre como *ribbons*. Segundo *Caby et al., (1991)*, os planos de clivagens foram redobradas e geraram crenulações com direção composicional E-NE.

Os xistos da Formação Covão são marcados pela  $D_5$  com a presença de clivagem de crenulação e pela formação de estruturas do tipo *Kink bands* e dobras *chevron* (Santos, 1999).

O Grupo Ubajara é marcado por um cavalgamento com orientação NW, rompimento de flancos de dobras isoclinais e por veios de quartzo assimétricos. As superfícies horizontais de estilólitos nos calcários do Grupo Ubajara indicam moderado encurtamento vertical. A deformação das rochas deste grupo pode-se afirmar que estão associadas ao soerguimento do embasamento de alto grau metamórfico ocorrido no Cambriano enquanto que as bacias intramontanas foram preenchidas e fechadas (Santos, 1999 e Caby et al., 1991).

## 2.5 ASPECTOS METAMÓRFICOS DO DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ

Os aspectos metamórficos da região são caracterizados por dois conjuntos: um aplicado as rochas do embasamento e o outro referente às rochas supracrustais.

Através dos cálculos de Termobarometria realizados por Nogueira Neto (2000) foi possível sugerir condições de pico metamórfico em fácies granulito de pressão intermediária a elevada com temperaturas variando de 750 a 840 °C para os litotipos de alto grau do Complexo Granja (granulitos). Feições texturais presentes nos enderbitos mostrando grânulos de pequenas granadas em molduras nos plagioclásios e ortopiroxênios/clinopiroxênios identificam uma trajetória de resfriamento isobárico (IBC) pós-pico metamórfico para essas rochas. Também foram encontradas texturas com formação de simpléctitos de ortopiroxênio e plagioclásio a expensas de granada. Assim, tais feições sugerem trajetória em decompressão isotérmica (ITD) durante o soerguimento por cavalgamento do conjunto.

Oliveira (1992) propõe quatro fases metamórficas para o DMC a saber: Fase *n-1* que está presente exclusivamente no complexo gnáissico-migmatítico e está marcado pelo fácies anfíbolito superior. A fase *n* que afeta os litotipos da Formação São Joaquim desenvolvendo uma discordância entre estes e os das demais formações pertencem ao fácies anfíbolito superior de pressão intermediária e ao fácies prehnita-pumpellyta/xisto-verde inferior.

O Grupo Martinópole representa condições metamórficas do fácies anfíbolito sendo constituído por duas unidades basais: a primeira, formada por estaurolita xisto, cianita xisto, muscovita xisto e a segunda por quartzitos diversos. As duas unidades de topo são caracterizadas como sendo de baixo grau metamórfico – fácies xisto-verde, compostas por xistos e filitos (Santos, 1993; Santos et al., 1995).

*Pedreira & Torquato (1991)* descreveram as características metamórficas das Serras de Dom Simão e São Joaquim e verificaram a existência de um metamorfismo retrógrado marcado tanto pela transição dos fácies granulito para anfibolito como do fácies anfibolito para xisto-verde. *Santos (1993)* concluiu que o metamorfismo que afetou a formação São Joaquim foi do tipo barroviiano classificado como fácies anfibolito superior, mas em alguns setores chega ocorrer anatexia.

*Jardim de Sá (1984) in Silva (2004)*, define para o Grupo Ubajara um metamorfismo regional como sendo do fácies prehnita-pumpellyta a xisto-verde.

**Capítulo – III**  
**ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA**  
**MAPEADA**

### 3 ASPECTOS GEOLÓGICOS DA ÁREA MAPEADA

---

#### 3.1 GEOLOGIA LOCAL

A área estudada está situada na porção norte-noroeste do município de Uruoca-CE, onde contempla boa parte das unidades litoestratigráficas do Domínio Médio Coreauá.

O presente capítulo tem por objetivo a descrição e caracterização dos principais litotipos que compõem o arcabouço geológico da área em estudo, sendo estes, identificados de acordo com os dados obtidos durante a etapa de campo e a etapa de laboratório (descrição de afloramentos, estudos petrográficos, a análise cuidadosa dos critérios estruturais, relações de contatos e superposição de estruturas, além de informações bibliográficas disponíveis).

A área em apreço é constituída por rochas com idades que variam desde o Paleoproterozóico até o Cenozóico.

Conforme os dados obtidos em campo, foi possível o reconhecimento de algumas unidades litoestratigráficas presentes na área de investigação (*Ver Mapa Geológico – Anexo: 02*), que estão dispostas da base para o topo:

- **Embasamento Gnáissico (Complexo Granja)**, formado por rochas com idade paleoproterozóica, constituídas por biotita gnaisse e biotita hornblenda gnaisse de coloração cinza escura, apresentando um bandamento composicional bem marcante, por vezes, ocorrem dobrada, migmatizadas e milonitizadas. A zona de cisalhamento Uruoca-Tucunduda marca o contato destas rochas com as rochas do Grupo Martinópole.
- **Sequência Supracrustal (Grupo Martinópole)**, composta por rochas paraderivadas de idade neoproterozóica, agrupadas nas seguintes Formações :
  - **São Joaquim** - com quartzitos puros e impuros, compactos e laminados com silimanita; e quartzitos intemperizados, filito quartzitos e quartzitos brechados que localmente ocorrem milonitizados e cataclasados;
  - **Santa Terezinha**- constituída de filitos, muscovita filitos, quartzo-sericita filitos e metasiltitos;
- **Coberturas Sedimentares de idade cenozóica**, composta por areias, cascalhos, seixos de quartzo e concreções ferruginosas.

### 3.1.1 COMPLEXO GRANJA (Embasamento)

Representando o embasamento cristalino do Domínio Médio Coreaú, o Complexo Granja está distribuído na parte sudeste da área de pesquisa. Estudos geocronológicos realizados por Fetter, (1999), Nogueira Neto, (2000) e Santos, (1999), afirmam que a gênese destas rochas está associada com as orogêneses Transamazônica e Brasileira. Em campo, as evidências desses eventos são expressas pela presença de zonas de cisalhamento com direção NE-SW a E-W, por foliações bem marcadas com orientação NE-SW, presença de bandamento composicional que ocorre fortemente horizontalizado, e o desenvolvimento de dobras do tipo “S” em um regime dúctil, provavelmente gerada durante o ciclo Brasileiro.

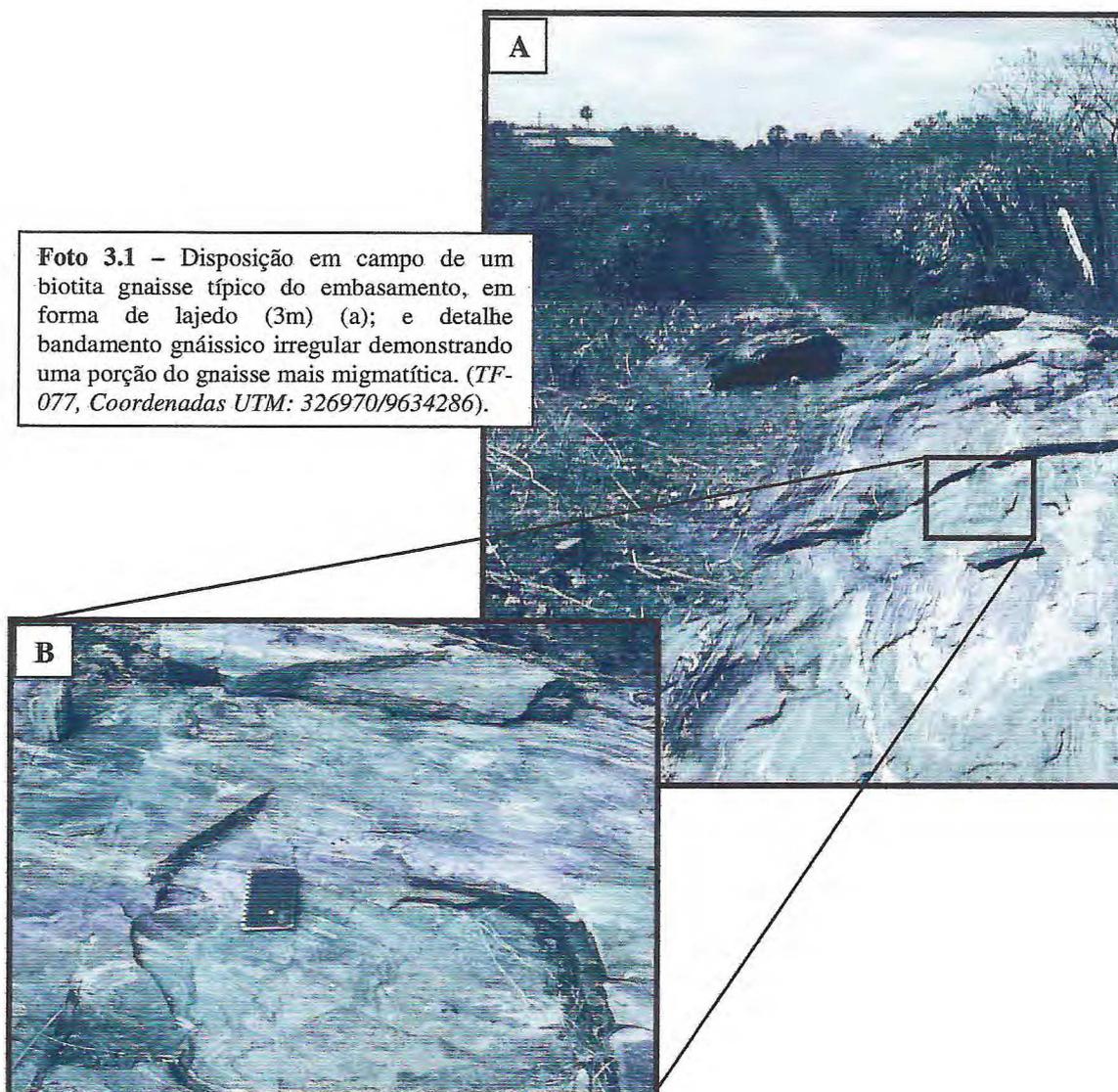
As associações litológicas representadas no Complexo Granja (*descrito no Capítulo II*), são constituídas de rochas para e ortoderivadas, caracterizadas por gnaisses de composição tonalítica- trondjemítica- granodiorítica (TTG), granulitos e migmatitos.

Serão enfocados neste trabalho apenas os *biotita gnaisses e biotita hornblenda gnaisses*, deste complexo, os quais totalizam cerca de 10% dos litotipos mapeados (*Ver Mapa Geológico – Anexo: 02*).

O embasamento encontra-se presente na porção sul e sudeste da área de pesquisa, mais especificamente na localidade de Uruoca. São rochas de granulação média a fina, mesocráticas compostas mineralogicamente por quartzo, biotita, anfibólio, plagioclásio, feldspato potássico e por vezes, granada. Sua coloração varia conforme o grau de alteração exibindo tons de cinza claro a cinza escuro, dependendo da quantidade de minerais máficos existentes quando pouco alterados, e tons amarelados e castanhos quando bastante intemperizados.

Exibem um bandamento gnáissico bem definido, cujas alternâncias entre bandas máficas e félsicas variam de espessura, indo de milimétricas a centimétricas. Apresentam foliação *S<sub>n</sub>* disposta segundo NE-SW com mergulhos tendendo a verticalização nas proximidades com a zona de cisalhamento uruoca-tucunduba, (*descrito na Geologia Regional, Cap. II pág.14*) esta marca o contato das rochas do embasamento Complexo Granja com as rochas do Grupo Martinópole.

Estas rochas encontram-se dobradas, fraturadas e com evidências de cisalhamento (*Foto 3.1 e 3.2*). Ocorre ocasionalmente, a presença de mobilizados aplíticos de composição quartzo-feldspática.



**Foto 3.1** – Disposição em campo de um biotita gnaiss típico do embasamento, em forma de lajedo (3m) (a); e detalhe bandamento gnáissico irregular demonstrando uma porção do gnaiss mais migmatítica. (TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286).



**Foto 3.2** – Biotita hornblenda gnaiss caracterizado por um expressivo bandamento gnáissico, fraturado. (TF-005, Coordenadas UTM: 326218/9633312).

### 3.1.2 GRUPO MARTINÓPOLE

Constituído por uma sequência supracrustal, é representado pelas formações: *Santa Terezinha, e São Joaquim* onde os litotipos encontra-se deformados e metamorfizados em condições no fácies xisto-verde, sendo afetados por uma importante tectônica transcorrente dextral.

As associações litológicas pertencentes a esse grupo correspondendo cerca de 79% dos litotipos mapeados (*Ver Mapa Geológico – Anexo: 02*), e encontram-se sobrepostas em discordância às rochas do embasamento (Complexo Granja).

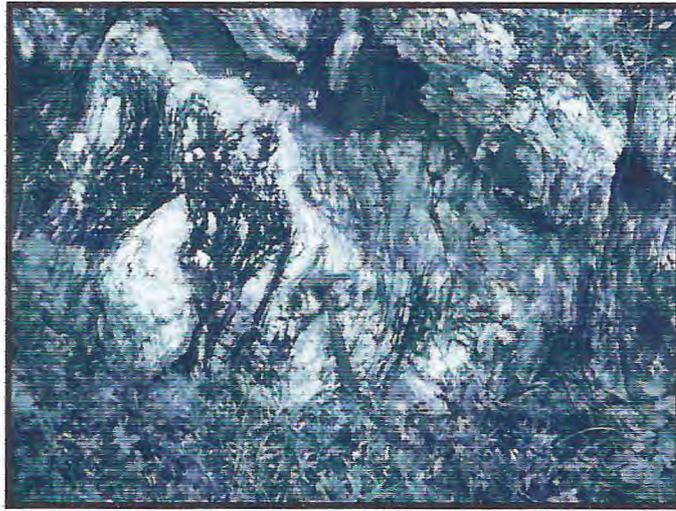
Representados da base para o topo, serão descritos primeiramente os litotipos da Formação São Joaquim (*quartzitos impuros, quartzitos intemperizados e cataclasados*) e após, os da Formação Santa Terezinha (*filitos*).

#### 3.1.2.1 Formação São Joaquim - Quartzitos

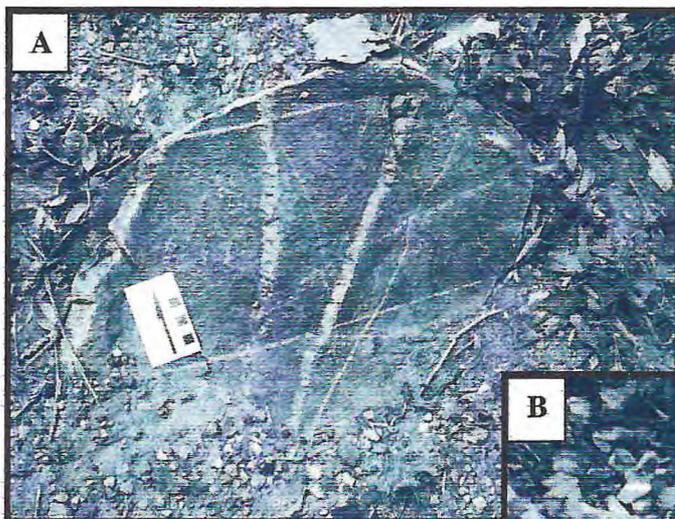
São rochas que se encontram normalmente estratificadas, com estrutura maciça e granulação variando de fina a média, possui textura granoblástica e observam-se muitas fraturas (*Foto 3.3*). Na sua maioria, ocorrem em forma de blocos dispersos na superfície e apresentam cores entre o cinza a creme e o branco, devido a grande quantidade de minerais micáceos (*muscovita e actinolita-tremolita*). Em observação macroscópica, é notada a presença de dobramentos irregulares que ocasionam a representação de material remobilizado (*Foto 3.4*), ocorre também à presença de *boundins* de quartzo e finos veios quartzo-feldspáticos que cortam os quartzitos de formas irregulares (*Foto 3.5*).



**Foto 3.3** – Representa um quartzito impuro com a presença de fraturas e com coloração esbranquiçada quando não afetada pelo intemperismo. (TF-026, Coordenadas UTM: 322960/9633588).



**Foto 3.4** – Caracterização de um material quartzítico que foi afetada por uma deformação dúctil, desta forma originando um pacote remobilizado dentro do lajedo de quartzito impuro. (TF-026, Coordenadas UTM: 322960/9633588).



**Foto 3.5** – Finos veios quartzo-feldspáticos que ocorrem preenchendo pequenas fraturas (A), e às vezes, cortam o pacote rochoso de formas irregulares (B). (TF-067, Coordenadas UTM: 324078/9636980).

Em alguns locais os quartzitos apresentam-se intemperizados, mostrando bandamentos com a alternância milimétrica de porções silicosas e óxidos, possuem coloração alaranjada e avermelhada, e apresenta granulação fina, geralmente estão expostos em afloramentos do tipo rasteiro e em forma de blocos dispersos na superfície, estando bastante fraturados e foliados. Encontram-se intercalados com os filitos, marcando assim, um contato entre essas litologias que, às vezes, ocorrem com um caráter brusco ou gradual. São constituídos por minerais de quartzo, feldspato e opacos (óxidos de ferro).

Esses quartzitos são caracterizados pela presença de uma capa ferruginosa (*Foto 3.6*) em sua superfície (*laterização*), ou seja, um forte intemperismo que atua na região e atinge principalmente os altos topográficos mais resistentes, sendo estes representados pelos quartzitos (*Gentil et al, 2009*).



**Foto 3.6** – Blocos de quartzito identificando um processo de laterização em sua superfície (setas brancas), sendo este caracterizada por uma capa avermelhada sobre os corpos quartzitos de coloração esbranquiçada. (TF-065, Coordenadas UTM: 323473/9637532).

É observada também nestas rochas uma textura cataclástica, sendo esta, caracterizada pelo intenso fraturamento dos minerais e gerada em zona de falha (*Foto 3.7A*).

Os quartzitos em questão foram submetidos a um processo de cominuição mecânica (o tritramento dos minerais, com o escape de alguns grãos), devido à movimentação dos blocos da falha. Em análise macroscópica, essas rochas são caracterizadas pela ausência de

orientação preferencial dos minerais e pelo seu alto grau de fraturamento, apresentando assim, granulação média à grossa e uma coloração amarela-alaranjada e são representadas em forma de blocos dispersos na superfície (Foto 3.7B), sendo constituídas essencialmente por minerais de quartzo, feldspato e opacos (óxidos).

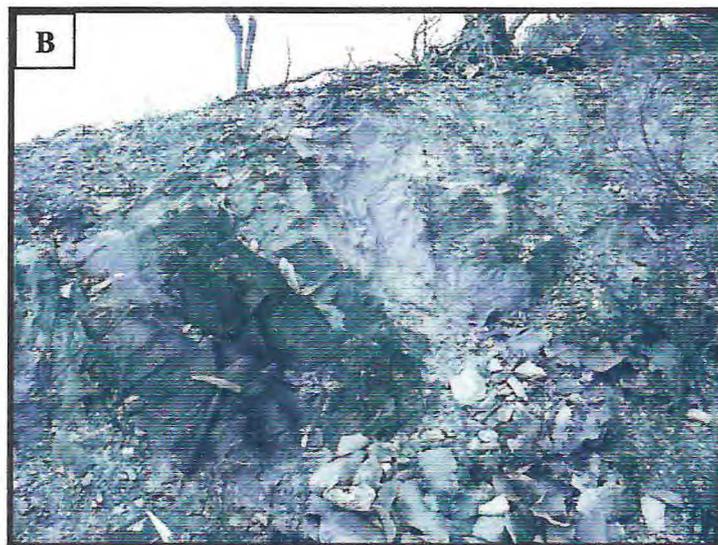
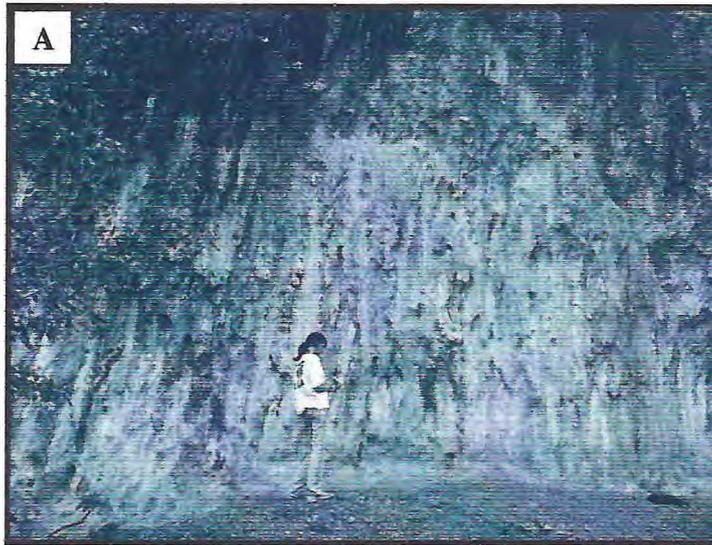


**Foto 3.7** – Representam quartzitos, (A) com textura cataclástica, mostrando em detalhe o seu fraturamento irregular; e em (B) representa a forma de ocorrência desses quartzitos, em blocos dispersos na superfície. (TF-051, Coordenadas UTM: 323966/9639308 e TF-053, Coordenadas UTM: 323186/9639416).

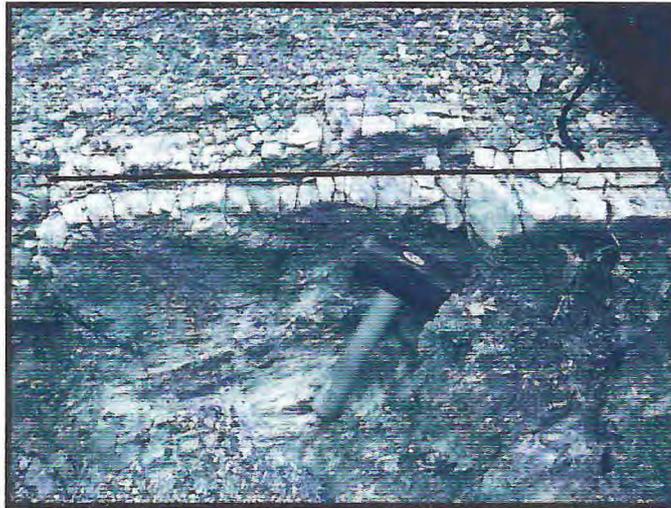
### 3.1.2.2 – Formação Santa Teresinha - Filitos

São representados por rochas de granulação muito fina (Foto 3.8) com minerais não identificáveis à vista desarmada, apresentam estratificações plano-paralelas e muitas vezes,

exibem um processo de alteração muito elevado, possuem cores que variam entre o esbranquiçado, amarelo, vermelho, roxo e o cinza claro. Em campo, é identificada uma marcante clivagem ardoseana, dentro da qual, além da orientação de clorita e sericita são encontrados níveis milimétricos de quartzo *ribbons*. Nota-se também, intercalações de veios quartzíticos em meio aos filitos, onde ambos seguem uma mesma orientação preferencial (Foto 3.9).

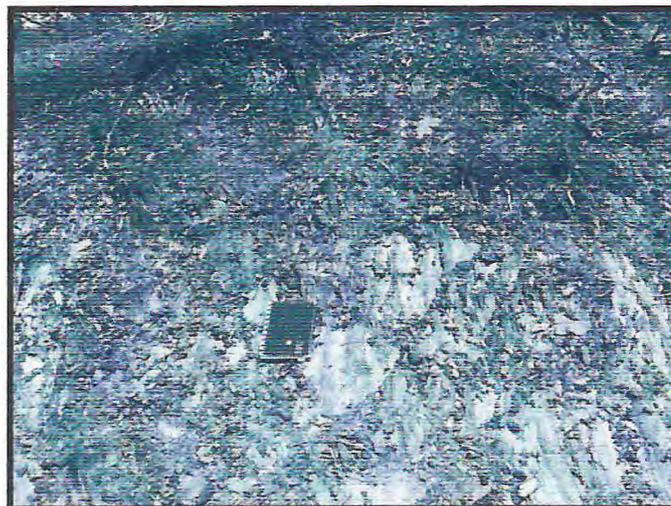


**Foto 3.8** – Filitos da Formação Santa Terezinha, em (A) representação de um paredão de filito (4m) apresenta granulação muito fina e com coloração amarelada; e (B) os filitos ocorrem em forma de lajedo com um aspecto mais resistente, mostram-se fraturados e orientados. (TF-022, Coordenadas UTM: 322906/9633987 e TF-055, Coordenadas UTM: 322685/9639020).



**Foto 3.9** – Veios de quartzo intercalados nos filitos da Formação Santa Terezinha, mostrando uma orientação preferencial com sentido E-W (seta preta). (TF-028, Coordenadas UTM: 323264/9633180).

Os filitos apresentam um aspecto sedoso e brilhante, que é determinado pela disposição de minerais como mica muscovítica, ocorrem microdobrados com a preservação de  $S_0$  estando paralelo a  $S_n$ , e é notada a presença de foliação bem marcante com um padrão anastomosado (Foto 3.10). Essas rochas estão dispostas na porção norte-noroeste e em pequena parte a sudoeste da área de pesquisa (Ver Mapa Geológico – Anexo: 02).



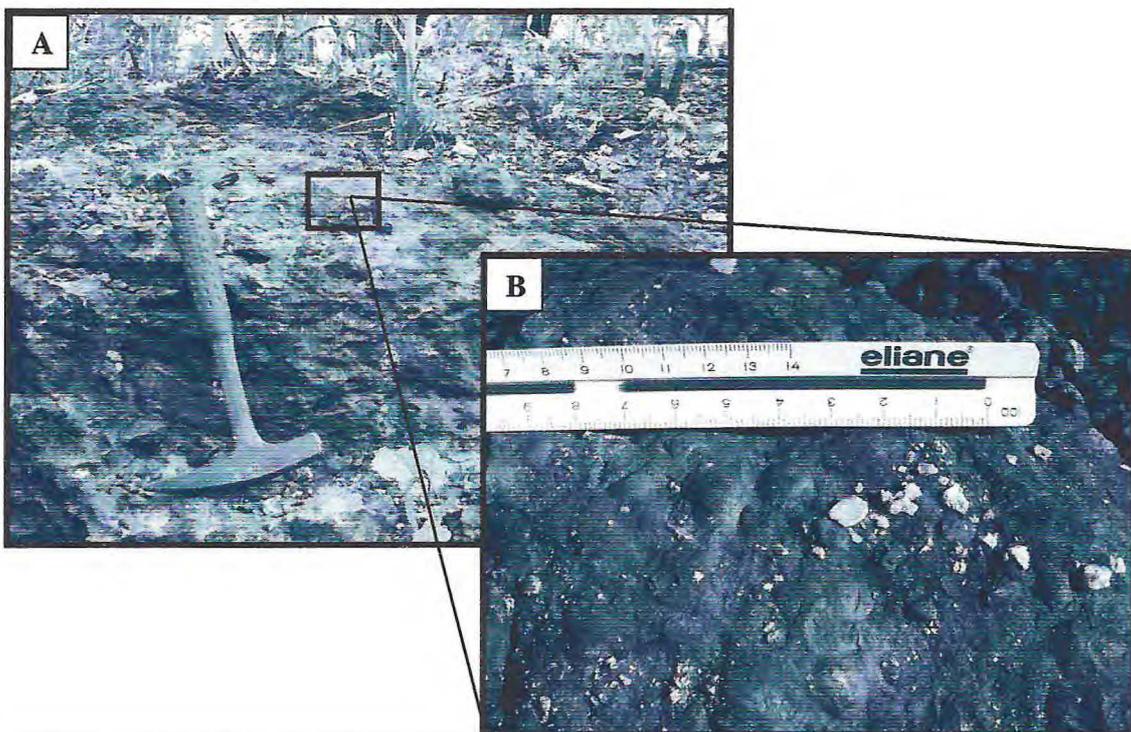
**Foto 3.10** – Filito de granulação fina, disposto em forma de lajedo com (6m), apresentando-se fortemente foliado e um aspecto de alteração. (TF-084, Coordenadas UTM: 323091/9640042).

### 3.1.3 COBERTURAS SEDIMENTARES

#### 3.1.3.1 Concreções Ferruginosas - Lateritas

Em observação nas etapas de campo, fica bem expresso, a presença de aspectos intempéricos que ocorrem sotopostas as litologias do Complexo Granja (gnaisses) e do Grupo Martinópolis (quartzitos), sendo caracterizados por processos de laterização madura. Esta ocorrência é relacionada aos aspectos paleoclimáticos da região, que consistia de padrões ústicos com 50% de tempos úmidos e 50% de tempos secos, e assim, favorecem a alteração da rocha (*Gentil et al., 2009*).

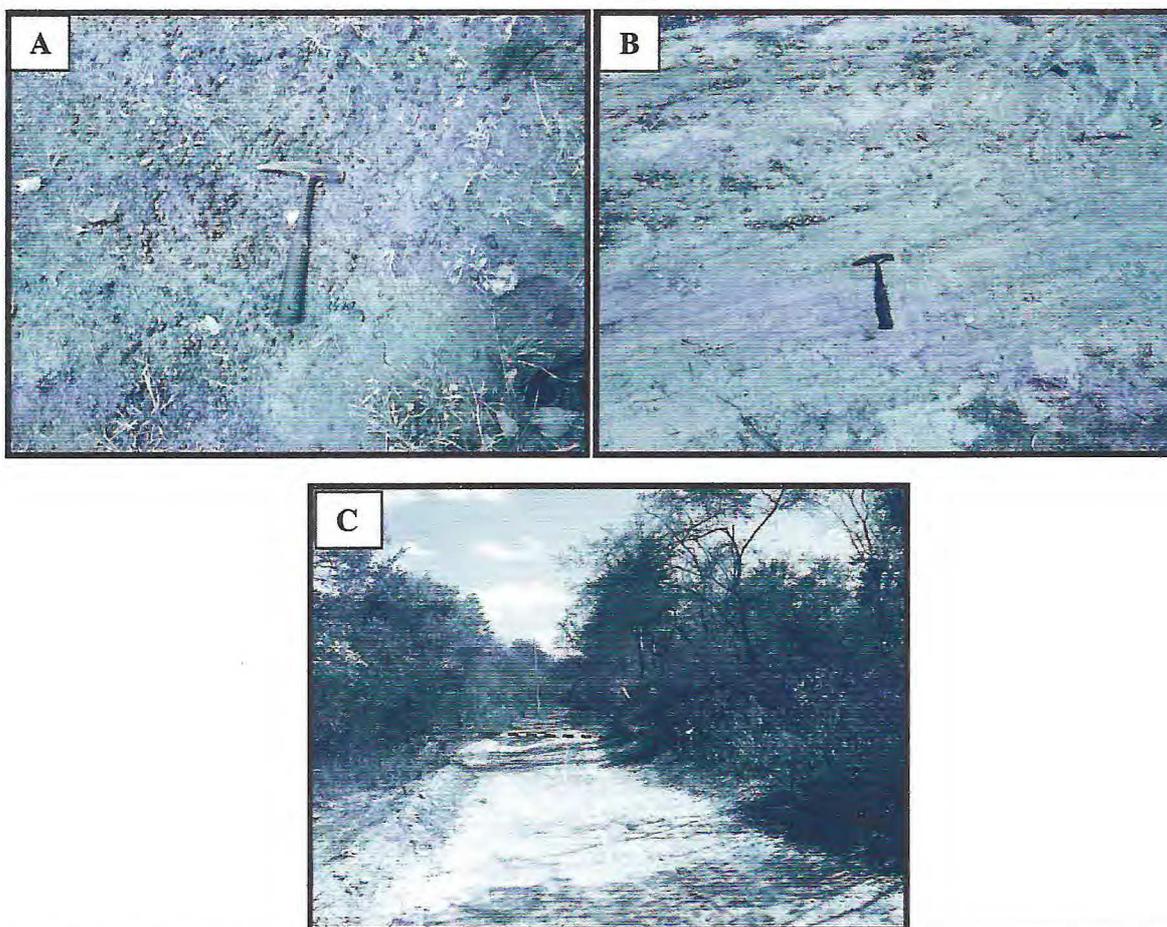
Macroscopicamente, esses mantos lateríticos são caracterizados pela formação de crostas ferruginosas, que estão mais presentes nos altos topográficos – nos quartzitos do Grupo Martinópolis que apresentam espessuras métricas variando de 1 a 4 m, possuem coloração que varia entre o ocre e o vermelho escuro, apresentam forma botrioidal com granulometria grossa e ocorrem em forma de blocos dispersos na superfície, rasteiro e raramente estão dispostos em afloramentos do tipo lajedos (*Foto 3.11*).



**Foto 3.11** – Características macroscópicas das lateritas. Em (A) corresponde à espessura das lateritas sobrepostas aos quartzitos; e (B) representa em detalhe a forma botrioidal da laterita com coloração castanho-avermelhada. (TF-027, Coordenadas UTM: 323050/9633334).

### 3.1.3.2 Sedimentos Colúvio-Eluvionares

Os sedimentos colúvio-aluvionares são compostos por areias de granulometria fina a grossa e tonalidades variando de branca a parda. Apresentam-se nos leitos de rios ou como produto de alteração das rochas. Porém, de acordo com o litotipo pertencente a cada unidade, há uma variação quanto às características dos solos. Nos gnaisses do embasamento os solos têm uma aparência mais escura devido à desagregação de minerais máficos a apresentam granulometria fina. Já nos quartzitos e filitos do Grupo Martinópole, que são constituídos basicamente por minerais félsicos como quartzo, feldspato e muscovita, o que lhes confere solos claros e arenosos, mas com exceção das lateritas que devido a sua composição conter óxidos, apresentam um solo de coloração mais escura (*Foto 3.12*).

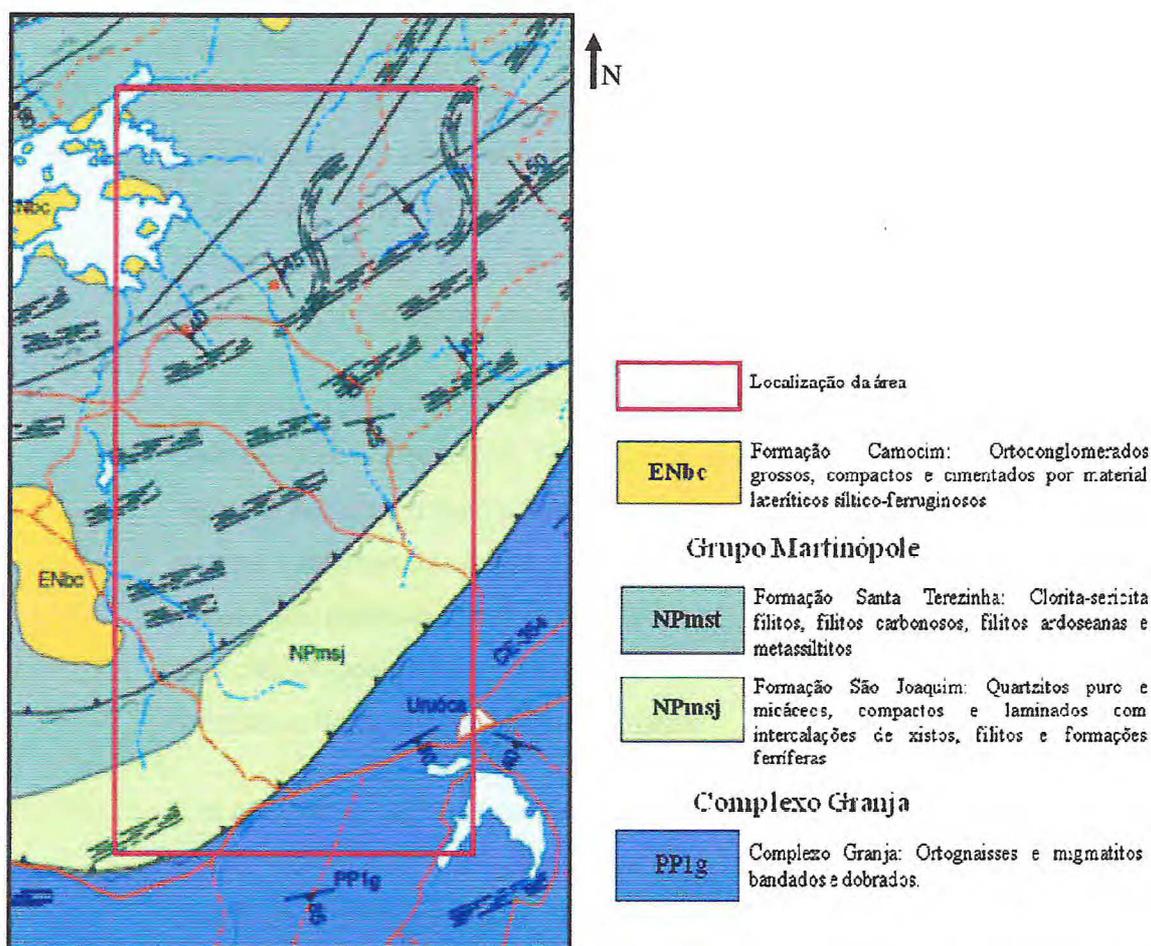


**Foto 3.12** – Variação do solo de acordo com o litotipo de cada unidade, (A) solo laterítico com pequenos grãos de lateritas; (B) solo pouco mais escuro, caracteriza a presença dos gnaisses do embasamento; e (C) o solo mais claro e arenoso é típico dos quartzitos (variação dos solos representa contatos litológicos, detalhe da linha preta). (TF-051, Coordenadas UTM: 323966/9639308, TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286 e TF-064, Coordenadas UTM: 323264/9637682).

### 3.2 LITOESTRATIGRAFIA DA ÁREA

Com base nas informações obtidas da região em apreço e através do Programa Geologia do Brasil desenvolvido pela CPRM, que realizou o mapeamento geológico da região de Granja - Folha SA.24-Y-C-III, escala 1:100.000 (2009), foi possível estabelecer comparações entre as unidades estratigrafias apresentadas para área mapeada no presente trabalho, onde são observadas algumas mudanças.

No mapeamento da CPRM foram cartografadas as seguintes unidades: Complexo Granja (PP1g), Grupo Martinópolis com as Formações São Joaquim (NPmsj) e Santa Terezinha (NPmst), e o Grupo Barreiras com a Formação Camocim (ENbc) (Figura 3.1).

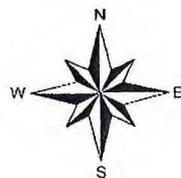
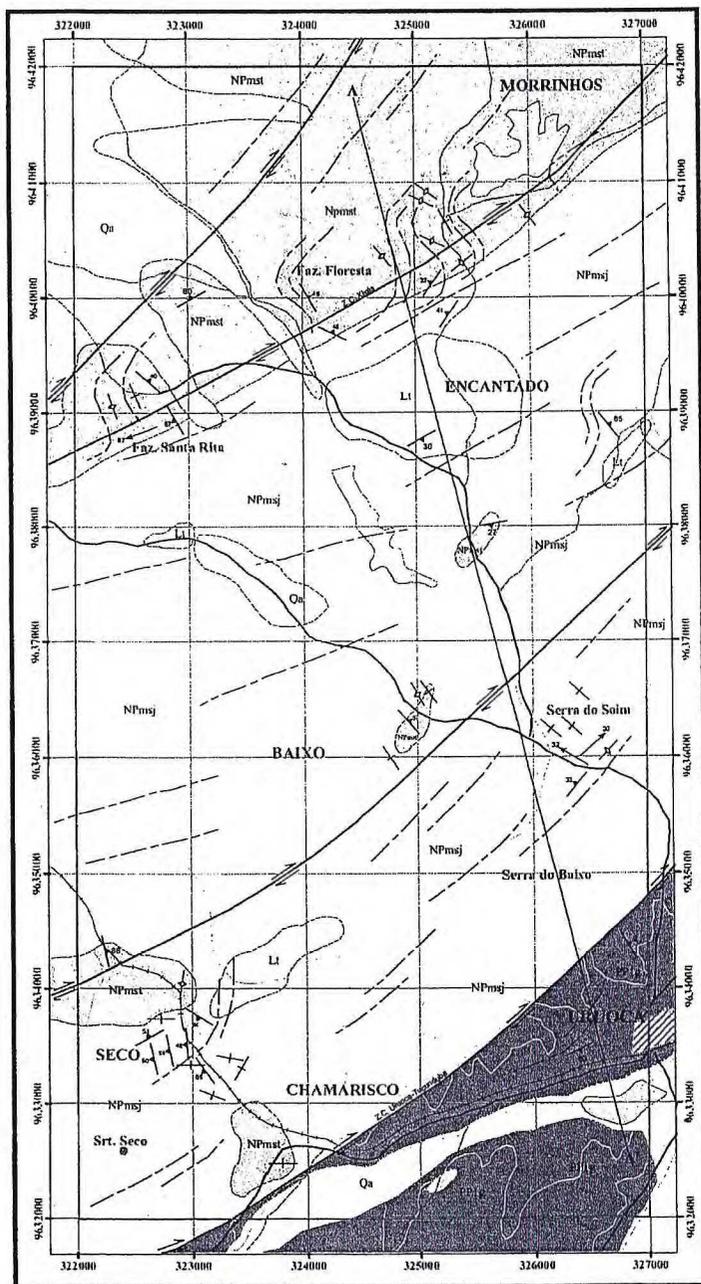


**Figura 3.1** – Mapa geológico com a coluna estratigráfica simplificada da área mapeada no presente trabalho, segundo o mapeamento executado na Folha Granja (SA.24-Y-C-III), escala 1:100.000 (CPRM 2009).

Com a execução deste trabalho, em escala de semi detalhe ou mesmo de detalhe (1:25.000), foi possível uma melhor caracterização e/ou compartimentação das unidades, bem como estabelecer uma nova coluna estratigráfica para área, onde as principais unidades reconhecidas, da base para o topo foram: Complexo Granja (PP1g), Grupo Martinópolis apresentando apenas as Formações São Joaquim (NPmsj) e Santa Terezinha (NPMst), e caracterizando o Cenozóico as Concreções Ferruginosas (Lt) e os Sedimentos Colúvio-Eluvionares (Qa) (*Figura 3.2*).

Conforme as modificações implementadas tem-se:

1. No Grupo Martinópolis, a principal modificação está presente na Formação São Joaquim, representada por quartzitos. No mapeamento realizado pela CPRM, esta formação inclui apenas as Serras do Baixo e Soim (*rever figura 3.1*), representando por sua vez, uma faixa que corta a área de pesquisa. Neste trabalho pôde ser observado que esses quartzitos quase totalizam 70% da área de pesquisa. Ainda na mesma formação é notada a presença de quartzitos com textura cataclástica (*ver tópico 3.1- Geologia Local*), que não consta na descrição desta formação no mapa realizado pela CPRM;
2. É também, observado na área de estudo que o contato entre os gnaisses do embasamento - Complexo Granja e os quartzitos do Grupo Martinópolis é marcado por uma transcorrência, onde o embasamento comporta-se como um sistema autóctone em relação ao pacote alóctone das rochas supracrustais do Grupo Martinópolis, sendo limitados por descontinuidades tectônicas que avançam de rampas de cavalgamento ou *nappes* para transcorrências, as quais formam os típicos lineamentos brasileiros;
3. E as coberturas, anteriormente proposta como pertencentes ao Grupo Barreiras, foram redefinidas e divididas em duas unidades: uma representando as concreções ferruginosas; e outra com os sedimentos colúvio-eluvionares, representando desta forma a unidade mais recente (Cenozóico).



RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS					
CRONOESTRATIGRAFIA		IDADE (Ma)	FOLHA GRANJA	PRESENTE TRABALHO	
ERA	PERÍODO				
CENozoico	QUATERNÁRIO	1,75		Qa	
	NEÓGENO	23,5	ENbc Gr Barreiras	Lt	
	PALEÓGENO	6,5			
NEOPROTEROZOICO	NEOPROTEROZOICO III	540			
	CRIOGÊNICO	650	NPmst } Gr Martinópote	NPmst } Gr Martinópote	
				NPmg } Gr Martinópote	NPmsj } Gr Martinópote
				NPmsj } Gr Martinópote	
TONIANO	850				
PALÉOPROTEROZOICO	ESTERIANO	1000			
	OROSTRIANO	1600			
	RIACTIANO	2050			
		1800			
	SIDÉRIANO	2300	NPmg Complexo Granja	NPmg Complexo Granja	
		2500			

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

41°20'	41°30'	40°30'	40°00'
2°30'	Bituati SA.24-Y-A-V	Camocim SA.24-Y-A-VI	Acarau SA.24-Y-B-IV
3°00'	Chaval SA.24-Y-C-II	Granja SA.24-Y-C-III	Belo Cruz SA.24-Y-D-I
3°30'	Vicosa do Ceará SA.24-Y-C-V	Frechevinha SA.24-Y-C-VI	Sobral SA.24-Y-D-IV
4°00'	41°50'	41°00'	40°00'



1:25.000



Convenções Geológicas	Convenções Cartográficas
— Perfil Geológico A - A'	□ Área de Pesquisa
↗ Foliação com Mergulho Indicado	• Ponto Cotado
↕ Foliação Vertical	— Drenagens
+	— Estrada de Ferro
— Fratura	— Estrada Carrossável
— Lineação	— Rodovias Pavimentada
— Lineamentos	— Curva de nível
↔ Zonas de Cisalhamento Transcorrentes	— Açudes
— Contato Geológico Inferido	— Município de Uruoca

Figura 3.2 – Mapa geológico simplificado da área de pesquisa, mostrando suas relações estratigráficas.

# Capítulo – IV

## PETROGRAFIA

## 4 PETROGRAFIA

---

Os aspectos microscópicos foram determinados através do estudo de lâminas delgadas confeccionadas a partir de amostras dos litotipos coletadas em campo, nas quais foram descritos feições texturais e associações mineralógicas, visando à classificação destas rochas, assim como a obtenção de informações quanto ao metamorfismo.

Durante as etapas de campo foram estudados 92 (*noventa e dois*) afloramentos, os quais encontram-se destacados em anexo (*Mapa de Pontos – Anexo: 01*), e confeccionadas 15 (*quinze*) lâminas delgadas das rochas mais representativas dos mesmos.

### 4.1 COMPLEXO GRANJA - Embasamento

#### 4.1.1 Biotita Gnaiss

A rocha apresenta uma textura que varia de granoblástica a granonematoblástica, possuem granulometria fina à média, correspondendo a um material bastante alterado, com certa orientação dos minerais (*Fotomicrografia 4.1 e 4.2*). Mineralogicamente é constituída por quartzo (30%), plagioclásio (25%), feldspato (18%), biotita (20%), e com minerais acessórios titanita (Ttn), apatita (Ap) e zircão (Zrn) e minerais opacos cerca de (07%).

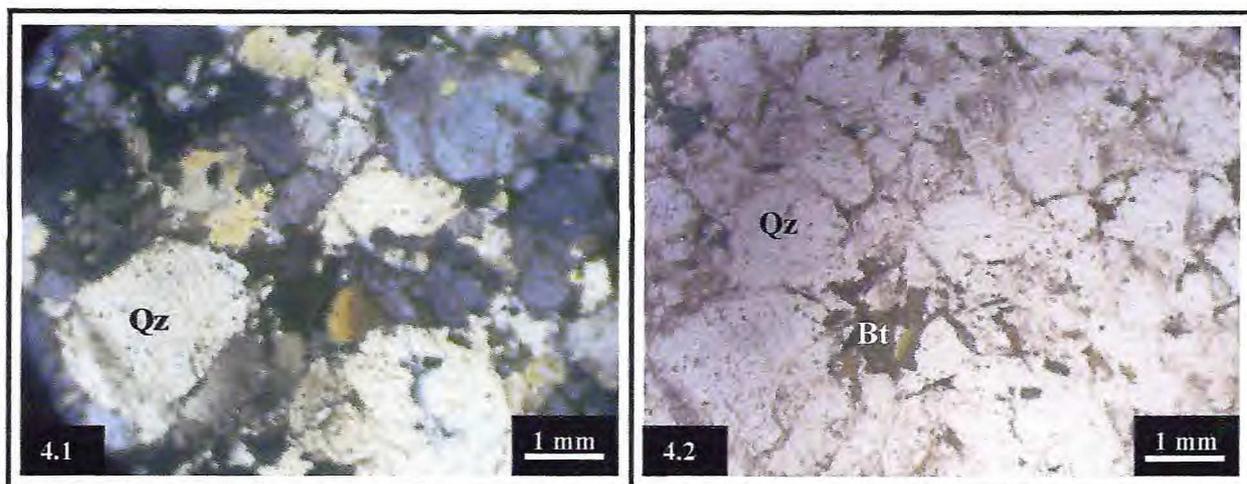
Os minerais de quartzo (Qz) apresentam-se muito alterados com formas granulares (anedrais). Os grãos possuem extinção ondulante com contatos irregulares com outros minerais, são incolores a luz natural, apresentam-se em algumas porções recristalizados e é o mineral mais abundante na rocha.

Os grãos de plagioclásio (Pl) ocorrem muito alterados mas mesmo assim prevalece uma geminação do tipo polissintética. Possuem formas anedrais e seus contatos com outros minerais variam de irregulares à regulares, é notável a presença de fraturas irregulares e inclusões de minerais de biotita.

O feldspato (Fsp) ocorre sob formas anedrais, pouco fraturado e alterado. Seus grãos são encontrados associados aos minerais de quartzo compondo a matriz granoblástica da rocha.

A biotita (Bt) ocorre com forma subeudral e possui hábito tabular, com tamanhos que variam de 0,1 mm a 0,3 mm. Apresentam-se orientados em algumas porções e possuem uma coloração verde.

Os minerais acessórios como a titanita (Ttn) possui forma eudral e forte relevo, assim como os minerais de zircão (Zrn) e os minerais opacos ocorrem em pequenas porções na rocha e com tamanhos inferiores a 0,2 mm. Estes estão presentes na rocha em forma de inclusões.



**Fotomicrografia 4.1 e 4.2** – Representa um biotita gnaiss com textura granoblástica à granonematoblástica. Observação em Luz Ortoscópica (LO) e Luz Natural Polarizada (LNP) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-259).

#### 4.1.2 Biotita Hornblenda Gnaiss

Em seção delgada, a rocha apresenta textura granoblástica milonitizada à granonematoblástica (*Fotomicrografia 4.3 e 4.4*), com granulação variando de fina à média. Exibe certa orientação de biotitas as quais formam a foliação. Mineralogicamente a rocha é constituída por quartzo (40%), hornblenda (23%), biotita (20%), plagioclásio e feldspato (12%) e por cerca de (02%) entre minerais acessórios, representados por apatita (Ap), allanita (Aln), zircão (Zrn) e granada (Grt) e por (03%) minerais opacos (Opc).

Os grãos de quartzo (Qz) são xenomórficos, e apresentam extinção ondulante, por vezes exibem microfraturados. Possuem dimensões que variam de 0,1 mm a 2 mm e mantêm contatos regulares e irregulares (serrilhados) com outros minerais. Em algumas porções é notada a presença de recristalização dos mesmos formando um mosaico granoblástico. Estão distribuídos de forma equigranular por toda a rocha.

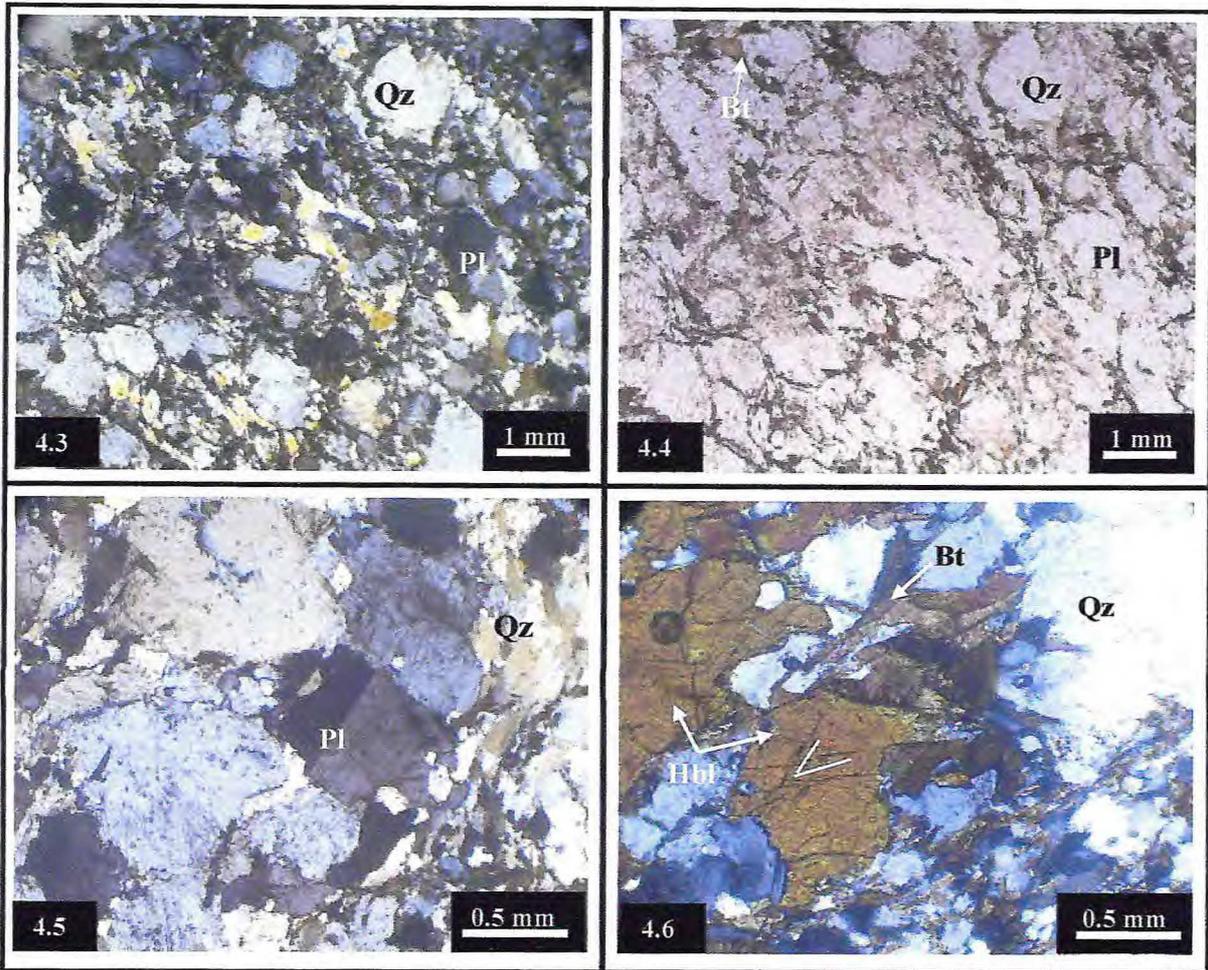
O plagioclásio (Pl) e o feldspato (Fsp) ocorrem bastante alterados e frequentemente estriados, alguns grãos possuem tamanhos milimétricos, cerca de 0,2 mm, e mantendo contatos regulares e irregulares com outros minerais. Exibem grãos que variam de xenomórficos a subidiomórficos e possuem inclusões de outros minerais (biotita e granada). O plagioclásio (Pl) apresenta geminação do tipo *carlsbad* e também segundo a lei da albita. (Fotomicrografia 4.5).

A biotita (Bt) apresenta hábito lamelar, e constitui o plano de foliação da rocha. Possuem contatos regulares com outros minerais e estão crenuladas. Exibem pleocroísmo marrom escuro a marrom-claro e comumente apresentam manchas de óxido de ferro em suas bordas.

A hornblenda (Hbl) corresponde ao único anfibólio presente na rocha, e ocorre sob a forma de prismas parcialmente orientados, acompanhando a foliação da rocha. São subidiomórficas e exibem as duas direções de clivagem características ( $56^\circ$  e  $124^\circ$ ). Por vezes, se destacam como porfiroblastos em meio à matriz granoblástica constituída por quartzo e feldspatos. Seus contatos variam de retangulares (retos) a irregulares com os outros minerais, e por processos de alterações naturais dos minerais que são derivados do metamorfismo, os quais ocorrem pelas mudanças de temperatura e pressão do ambiente natural das rochas, os minerais de hornblenda ocorrem alterando-se para biotita (Fotomicrografia 4.6).

Os minerais acessórios são representados por pequenos grãos prismáticos de apatita (Ap), allanita (Aln), zircão (Zrn) e granada (Grt). A apatita é idiomórfica, com tamanhos inferiores a 0,2 mm em sua maior dimensão. O zircão exibe também formas prismáticas alongados, com presença de halos pleocróicos e relevo alto. A allanita possui relevo alto, forte birrefringência, e reconhecido em cristais zonados com núcleos compondo halos pleocróicos. A granada se apresenta em forma de pequenos grãos xenomórficos com dimensões variando em 0,1 mm a 1 mm, dispersos em meio à seção delgada.

Quanto aos opacos (Opc) estão presentes por toda a seção, em forma de grãos milimétricos com forma xenomórfica e também ocorrem sob a forma de óxidos inseridos entre os contatos dos minerais.



**Fotomicrografia 4.3 e 4.4** – Representa um biotita hornblenda gnaíse com textura granoblástica milonitizada à granonematoblástica. Observação em Luz Ortoscópica (LO) e Luz Natural Polarizada (LNP) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-251);

**Fotomicrografia 4.5** – Caracteriza a geminação carlsbad e polissintética representada no mineral de plagioclásio (Pl) e é observado a presença de minerais de quartzo (Qz) recristalizados. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina ADT-09);

**Fotomicrografia 4.6** – Destaque para os fenocristais de hornblenda (Hbl) que apresentam duas direções de clivagens (traços em branco). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina ADT-09).

## 4.2 GRUPO MARTINÓPOLE

### 4.2.1 Formação São Joaquim

#### 4.2.1.1 Quartzito Impuro com Muscovita/Silimanita

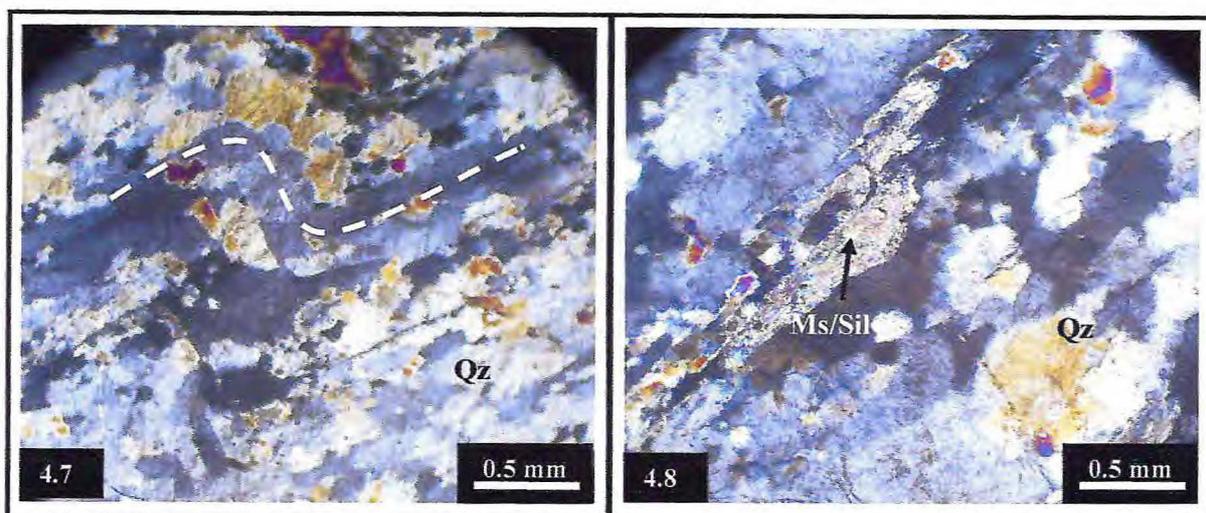
Microscopicamente a rocha possui textura granolepidoblástica, com granulação fina e orientação preferencial dos minerais planares (*Fotomicrografia 4.7*). A rocha apresenta-se totalmente recristalizada, e observam-se estreitas faixas constituídas de muscovita/silimanita em meio aos grãos de quartzo desenhando a foliação. Mineralogicamente, esta litologia é constituída por quartzo (80%), feldspato (08%), muscovita/silimanita (10%) e cerca de (02%) representando minerais acessórios representando assim, um quartzito impuro.

O quartzo (Qz) ocorre em grãos xenomórficos com tamanhos inferiores a 1 mm, normalmente estão bastante recristalizados e com recuperações em subgrãos. Exibem forte extinção ondulante, e por vezes apresentam-se estriados, com contatos irregulares (serrilhados). Originam também em alguns setores das seções estudadas um mosaico granoblástico inequigranular.

A muscovita/silimanita (Ms/Sil) apresentam-se sob forma de pequenas faixas estreitas distribuídas pela rocha. Mostram aspecto fibroso, e são incolores. Estão presentes em tamanhos < 0,4 mm, por diversas vezes estão crenulados. A presença de silimanita na rocha indica metamorfismo - Fácies Anfíbolito, representando a zona da silimanita (*Fotomicrografia 4.8*).

Os feldspatos (Fsp) ocorrem seguindo a mesma direção dos grãos de quartzo, sob forma xenomórfica, fraturados, exibindo ranhuras de alteração, extinção ondulante e não geminados. Contém microinclusões de minerais opacos, e possuem tamanhos em torno de 0,5 mm.

Os minerais acessórios são caracterizados pela presença de pequenos grãos de zircão (Zrn), com forma subidiomórfico e relevo alto, e opacos (Opc) em pequenas faixas associadas à muscovita/silimanita.



**Fotomicrografia 4.7** – Quartzito impuro com textura granoblástica, sua matriz é caracterizada pela presença de quartzo (Qz), feldspato (Fsp), destacando uma ondulação em meio os minerais de quartzo (tracejado em branco). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina CM-337);  
**Fotomicrografia 4.8** – Destaque de um veio de muscovita/silimanita (Ms/Sil) que corta a rocha. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina CM-337).

#### 4.2.1.2 Muscovita Quartzito

Ao microscópio, a rocha apresenta textura granolepidoblástica, de granulometria fina. Os minerais seguem uma orientação preferencial, caracterizando assim, a foliação da rocha (*Fotomicrografia 4.9 e 4.10*). A rocha é constituída por quartzo (60%), muscovita (25%), feldspato (05%), biotita (08%) e cerca de (02%) entre os minerais acessórios e opacos.

O quartzo (Qz) ocorre em grãos xenomórficos, apresentam extinção ondulante, e em algumas porções formam bandas de recristalização com orientação pronunciada. Possuem contatos irregulares (serrilhados), e apresentam tamanhos de grãos variando entre 0,1 mm a 0,5 mm.

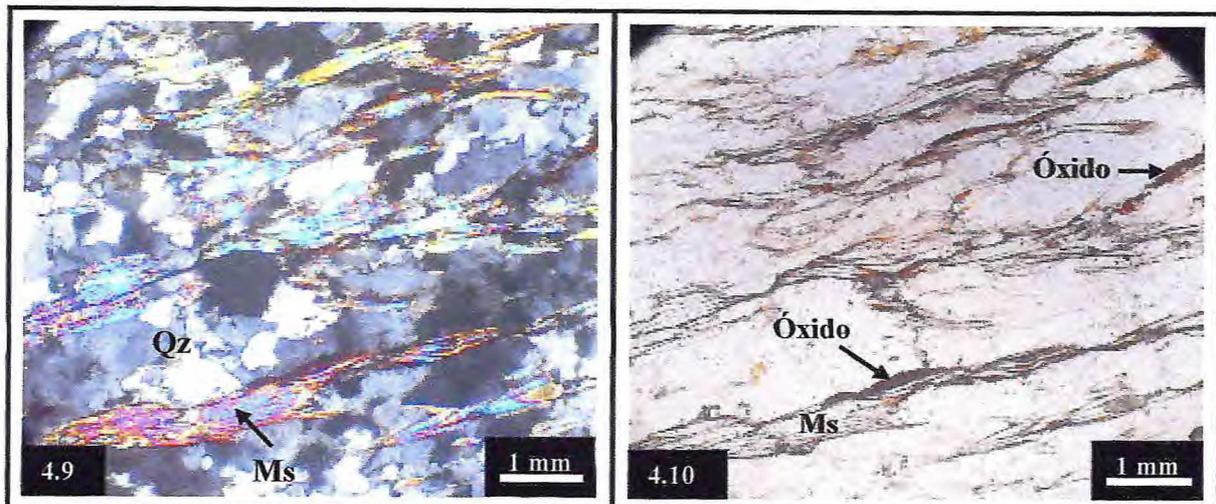
A muscovita (Ms) apresenta-se em forma de lamelas subidiomórficas orientadas, com clivagem perfeita em uma direção, e incolores quando observadas em Luz Natural Polarizada - LNP (*Fotomicrografia 4.10*).

O feldspato (Fsp) apresenta-se bastante alterado, com contatos regulares e irregulares, ocorrem sob forma de cristais variando de subidiomórficos à xenomórficos.

A biotita (Bt) ocorre em forma de pequenos grãos inferiores a 0,4 mm, em lamelas comumente afetadas por processo de oxidação.

Quanto aos minerais acessórios, estão representados pela apatita (Ap) e zircão (Zrn), que ocorrem como grãos idiomórficos distribuídos em pequenas porções na rocha. Os opacos

(Opc) ocorrem em pequenas quantidades distribuídas pela rocha, apresentando tamanhos milimétricos em forma de grãos e como filmes de óxidos entre os contados com quartzo e muscovita.



**Fotomicrografia 4.9** – Muscovita quartzito com textura granolepidoblástica, destaque para orientação dos minerais de muscovita (Ms). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-013); **Fotomicrografia 4.10** – Muscovita quartzito, observado em Luz Natural Polarizada (LNP) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-013).

#### 4.2.1.3 Quartzito Cataclasado

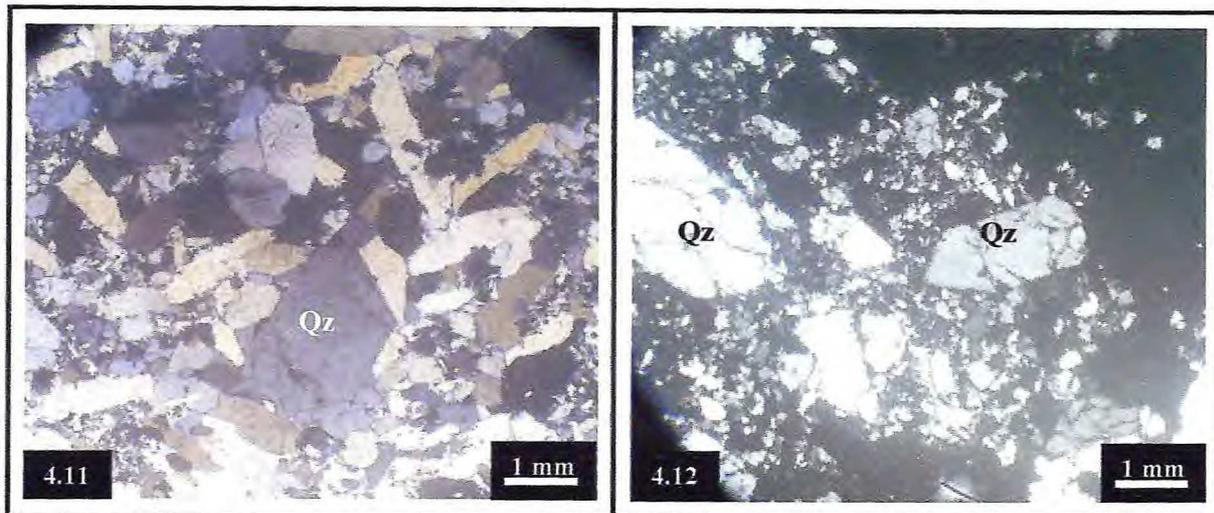
Essa rocha é composta quase que essencialmente por quartzo, apresenta textura cataclástica brechada (*Fotomicrografia 4.11*), contendo fragmentos de quartzo e minerais opacos. Possui granulometria fina a média, onde pode ser notada a presença de porfiroblastos subidiomórficos de quartzo, assim, caracterizando-a como uma rocha de zona de falha. Mineralogicamente é composta por quartzo (85%), muscovita e feldspato (10%) e com (05%) de minerais acessórios e opacos.

Os grãos de quartzo (Qz) possuem tamanhos que variam em milímetros à centimétricos, os quais variam de idiomórficos e subidiomórficos (*Fotomicrografia 4.12*). É notável a presença de extinção ondulante, alguns grãos apresentam contatos regulares (retos) e outros têm contatos irregulares. Apresentam em sua maioria grãos triturados e fraturados (*Fotomicrografia 4.13 e 4.14*).

A muscovita (Ms) esta presente em diminutos cristais placóides.

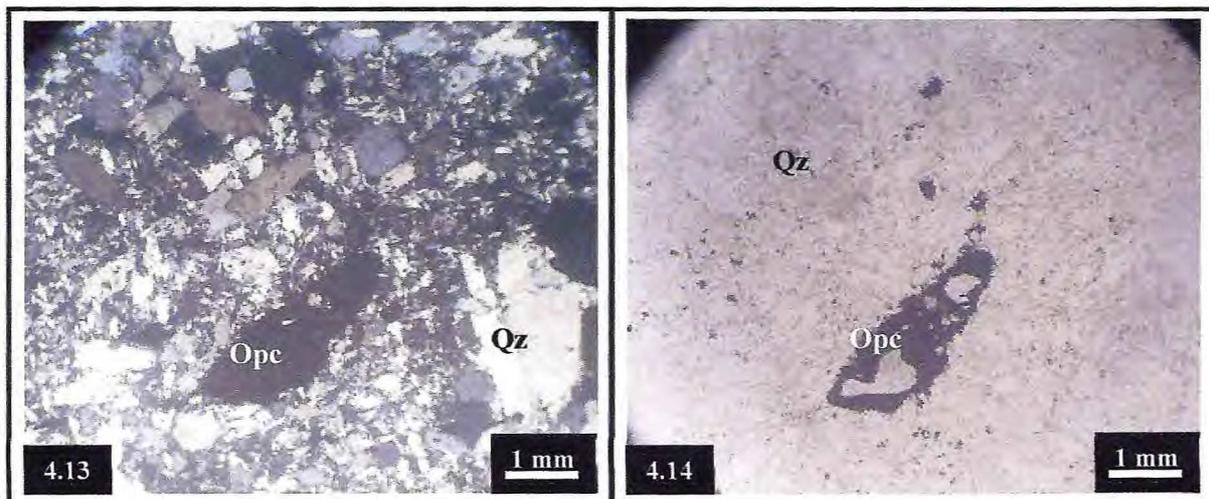
O feldspato (Fsp) ocorre por vezes muito alterado, o que dificulta sua identificação. Apresentam contatos que varia de retos a irregular com outros minerais.

Os minerais acessórios são representados por minerais de apatita (Ap), que se destacam em forma de grãos muito pequenos, e opacos (Opc) presentes com tamanhos variando entre 0,2 mm a 0,4 mm, e xenomórficos.



**Fotomicrografia 4.11** – Representa um quartzito brechado apresentando textura cataclástica, os minerais de quartzo (Qz) ocorrem sob a forma de subgrãos angulosos e alongados. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006);

**Fotomicrografia 4.12** – Destaque para os minerais de quartzo (Qz) apresentando forma idiomórfica em meio à matriz com material triturado. Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006).



**Fotomicrografia 4.13** – Quartzito brechado apresentando minerais de quartzo (Qz) fortemente triturados e a presença de opacos, inserido na matriz mais fina. Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006);

**Fotomicrografia 4.14** – O mesmo quartzito brechado só que observado em Luz Natural Polarizada (LNP) com destaque para o mineral opaco (Opc) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-006).

A seguir, será descrito uma variação dos quartzitos cataclasados que se encontram localizados em regiões mais próximas das às zonas de falhas.

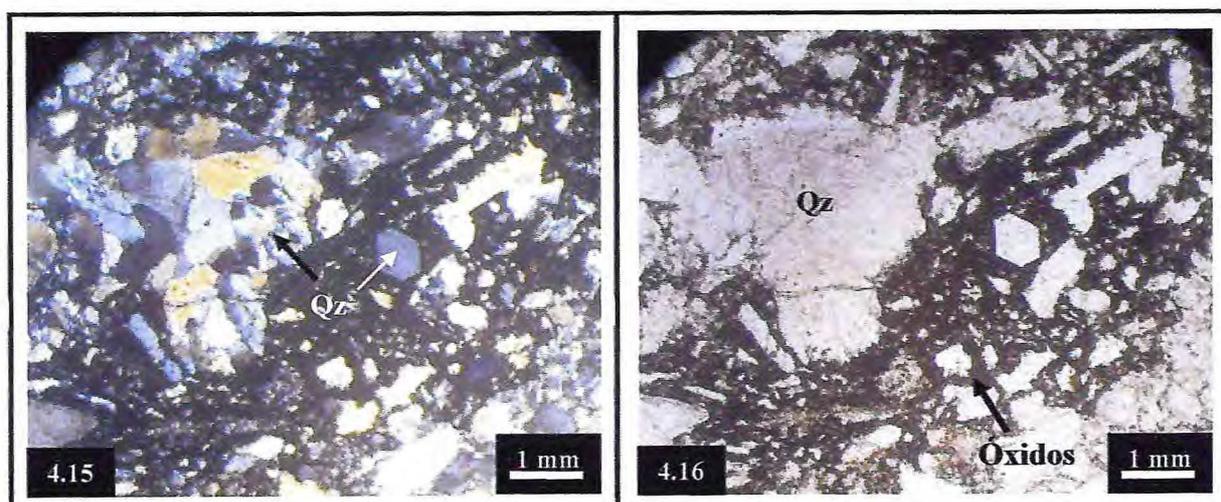
Os quartzitos localizados nas proximidades de algumas zonas de falhas apresentam uma cataclase mais acentuada, onde originou um elevado grau de trituração de grãos. Microscopicamente, a rocha apresenta textura cataclástica fina, granulometria fina (*Fotomicrografia 4.15*). A matriz da rocha não apresenta uma homogeneidade de quartzo, sendo notada a presença de opacos (óxido?) e uma estrutura brechada. Mineralogicamente é constituída por quartzo (85%), muscovita/actinolita (03%), feldspato (08%) e cerca de (04%) entre minerais acessórios e opacos.

Os grãos de quartzo (Qz) ocorrem parcialmente triturados, possuem extinção ondulante, apresentam contatos variando de retos a irregulares. Exibem grãos de tamanhos inferiores a 0,5 mm e apresentam-se pouco alterados.

O feldspato (Fsp) apresenta-se em grãos milimétricos, encontram-se também triturados e possuem contatos retos.

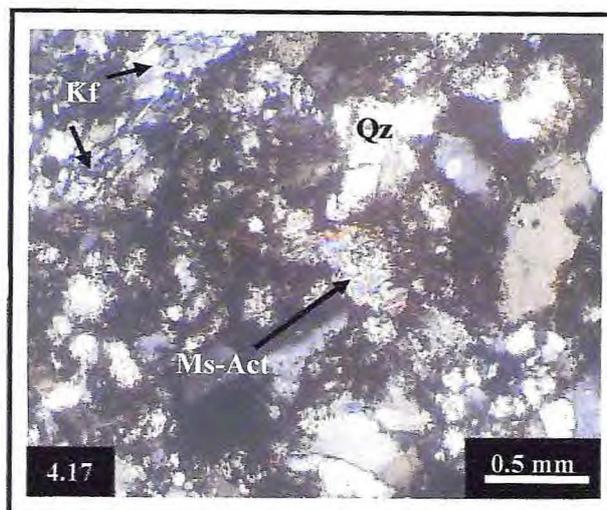
A muscovita (Ms) possui tamanhos milimétricos de difícil identificação, apresenta forma acicular, são incolores sob observação em Luz Natural Polarizada (LNP) e apresentam um aspecto fibroso (*Fotomicrografia 4.16*).

Os minerais acessórios são distribuídos em pequenas quantidades e apresentam forma xenomórfica e irregulares pela rocha. Os opacos são observados sob forma de grãos isolados e em filmes similares a manchas de óxidos nos contatos entre os grãos de quartzo (*Fotomicrografia 4.17*).



**Fotomicrografia 4.15** – Representa um quartzito brechado apresentando textura cataclástica, onde observa-se fragmentos de minerais de quartzo (Qz), alguns grãos ocorrem triturados. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-005B);

**Fotomicrografia 4.16** – O mesmo quartzito brechado observado em Luz Natural Polarizada (LNP), onde destaca-se a presença de óxidos (indicado pela seta preta) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-005B).



**Fotomicrografia 4.17** – É notada a presença de minerais de feldspato (Fsp) e o mineral de muscovita/actinolita (Ms/Act) indicado pela seta preta. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina UR-005B).

## 4.2.2 Formação Santa Terezinha

### 4.2.2.1 Quartzo Filito

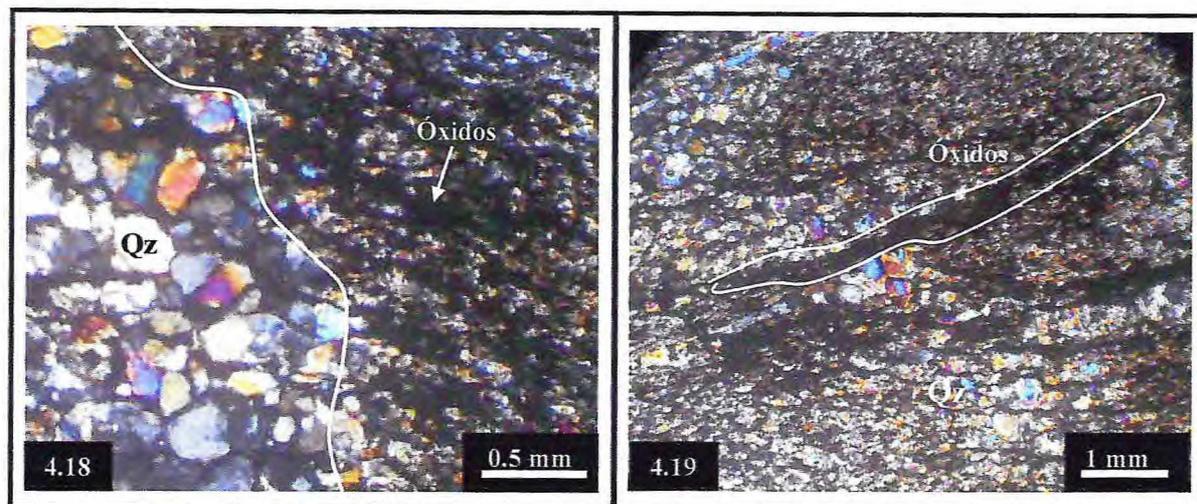
Microscopicamente, a rocha possui uma textura lepidoblástica de granulação muito fina com difícil identificação dos minerais. Os minerais apresentam-se fortemente orientados, e ocorre à presença de bandas de recristalização ou mosaicos granoblásticos de composição quartzo-feldspáticos distribuídos na seção (*Fotomicrografia 4.18*). A rocha é constituída essencialmente por quartzo (40%), feldspato (28%), muscovita (30%) e por (02%) entre minerais acessórios e opacos.

O quartzo (Qz) é o mineral predominante nos mosaicos granoblásticos presentes na rocha, são orientados, e possuem tamanhos inferiores a 0,2 mm, em formas xenomórficas, e exibem extinção ondulante.

Os minerais de feldspato (Fsp) ocorrem às vezes muito alterados, apresentam contatos irregulares com outros minerais e são caracterizados como xenomórficos.

A muscovita (Ms) ocorre em forma de pequenas lamelas orientadas, constituindo faixas micáceas, são idiomórficas e estão distribuídas em tamanhos milimétricos de difícil identificação. Apresenta clivagem em uma direção, aspecto fibroso, e por vezes crenulação.

Os minerais acessórios e opacos (Opc) estão presentes entre os contatos com outros minerais ocorrem em forma de grãos e de manchas de óxidos (*Fotomicrografia 4.19*).



**Fotomicrografia 4.18** – Quartzo filito com textura lepidoblástica, observa-se mosaico granoblástico (linha em branco). Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 10x/Lâmina CM-297);  
**Fotomicrografia 4.19** – Destaque de faixas constituídas por óxidos (elipse em branco). Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina CM-297).

#### 4.2.2.2 Filito

Em seção delgada, a rocha apresenta matriz granoblástica de quartzo, com textura variando de granoblástica a lepidoblástica (*Fotomicrografia 4.20*). Possui granulometria fina a média, composta mineralogicamente por quartzo (40%), feldspato (10%), muscovita (40%) e por (10%) entre minerais acessórios e opacos.

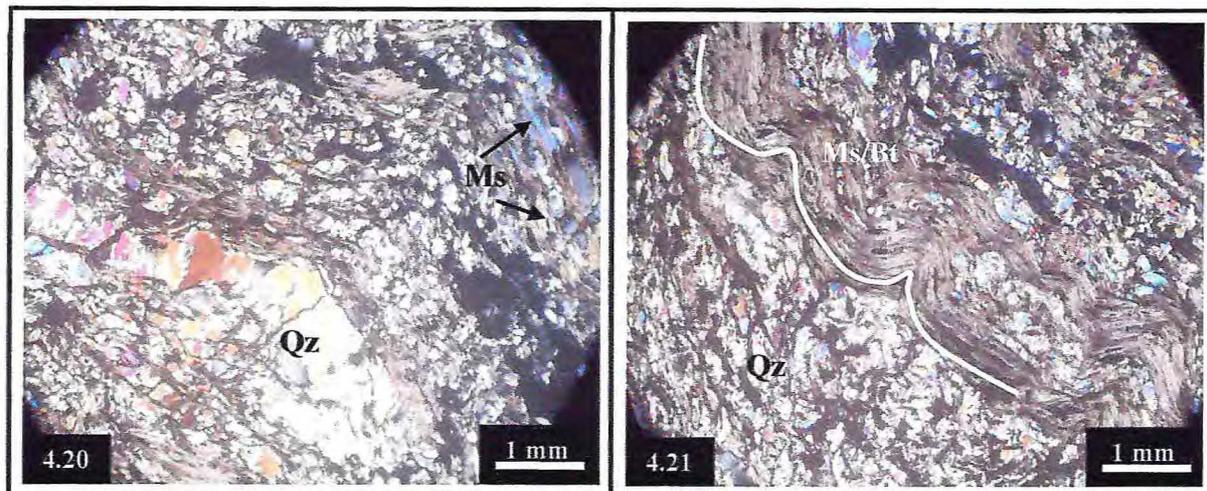
O quartzo (Qz) apresentam extinção ondulante com tamanhos dos grãos variam de 0,2 mm a 4 mm, exibindo inclusões de óxido de ferro preenchendo fraturas do mesmo, são xenomórficos e não é observada orientação dos grãos.

A muscovita (Ms) ocorre em forma tabular, possuem um aspecto fibroso, e em algumas porções ocorrem juntamente com diminutos grãos tabulares de biotita, ou seja, representando produto de desestabilização (*Fotomicrografia 4.21*).

Os feldspatos (Fsp) ocorrem em pequenas quantidades, constituem grãos xenomórficos de contatos irregulares com os outros minerais.

Os minerais acessórios e opacos (Opc) ocorrem distribuídos por toda a rocha em forma de grãos xenomórficos, os acessórios possuem tamanhos milimétricos de difícil

identificação, sendo apenas reconhecida a biotita (Bt), que ocorre em pequena quantidade. Quanto aos opacos (Opc) sua presença é notada na forma de filmes inseridos entre os contatos com outros minerais.



**Fotomicrografia 4.20** – Filito apresentando textura granoblástica na porção esquerda inferior e lepidoblástica nas demais porções. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina TF-22); **Fotomicrografia 4.21** – Muscovita (Ms) como produto da destabilização da biotita(Bt) destacando uma textura especial crenulada (linha branco) em meio a uma matriz quartzosa. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina TF-22).

### 4.3 COBERTURAS SEDIMENTARES

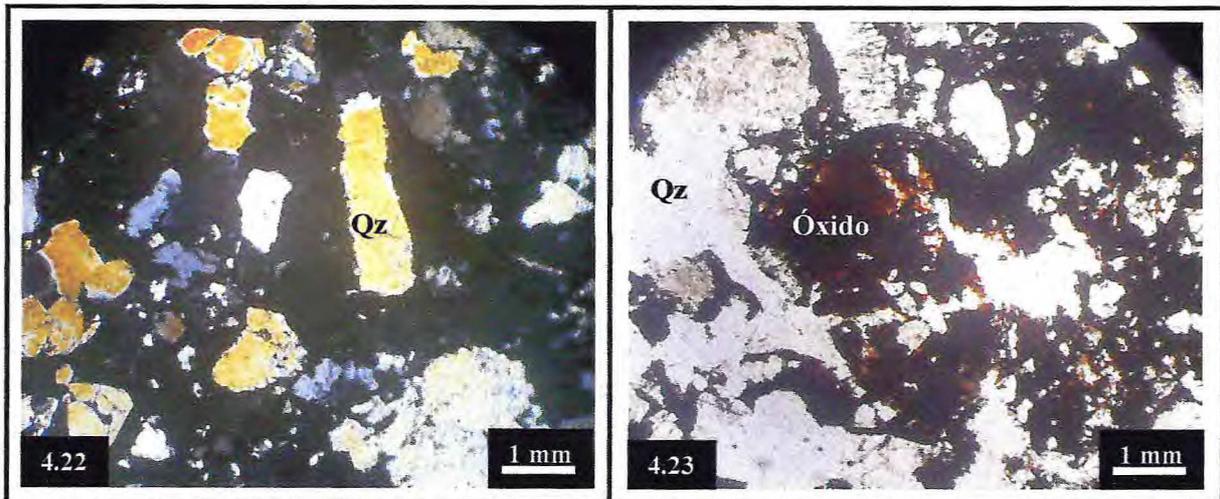
#### 4.3.1 Laterita

Microscopicamente a rocha apresenta ser um conglomerado com muitos restos de clastos de rochas e grãos minerais. Possui granulometria fina à média com grãos que varia de 0,1 mm a 0,4 mm. Mineralogicamente a rocha é constituída essencialmente por quartzo (60%), clastos de rochas (10%), quartzito (12%) e cerca de (18%) correspondente a uma matriz ferruginosa.

Os minerais de quartzo (Qz) possuem forma onde apresentam aspecto granular com contatos irregulares (*Fotomicrografia 4.22*), é notável a presença de extinção ondulante.

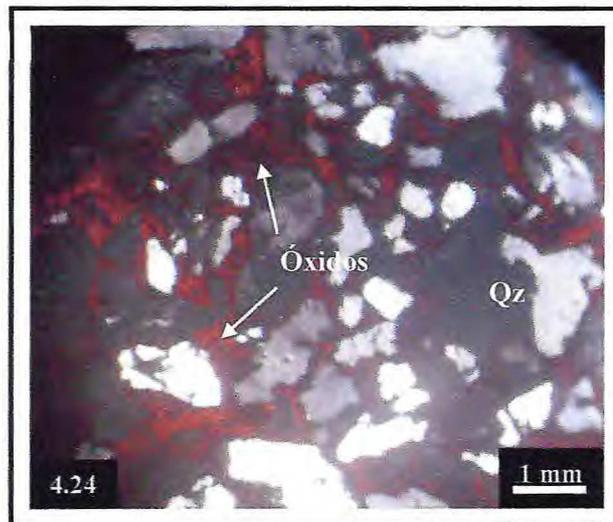
Os clastos de rochas e os fragmentos de quartzitos apresentam-se em forma de grãos conglomerados, fraturados e alterados.

Os óxidos e minerais opacos (Opc) são distribuídos por toda a rocha, possuem tamanhos em milímetros de difícil identificação, e constituem a matriz ferruginosa da rocha (*Fotomicrografia 4.23 e 4.24*).



**Fotomicrografia 4.22** – Destaque para os minerais de quartzo (Qz), possuem formas de grãos distribuídos por toda a rocha. Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-003);

**Fotomicrografia 4.23** – Presença de óxidos em meio os minerais de quartzo (Qz) com cor branca. Observação em Luz Natural Polarizada (LNP) (Objetiva de 4x/Lâmina UR-003).



**Fotomicrografia 4.24** – Destaque para os óxidos identificados pelas setas brancas, entre os contatos com os minerais de quartzo (Qz), que possuem formas de grãos irregulares. Observação em Luz Ortoscópica (LO) (Objetiva de 4x/Lâmina TF-13).

**Capítulo – V**  
**GEOLOGIA ESTRUTURAL**

## 5 GEOLOGIA ESTRUTURAL

---

A análise descritiva dos elementos estruturais da área em estudo foram reconhecidas e descritas em campo (*medidas de atitudes, estruturas macroscópicas e fotos ilustrativas*), contudo a interpretação de imagens de satélites (*Landsat 7*) e de fotografias aéreas cedidas pela *CPRM*, auxiliaram na fase inicial da etapa de campo (*Figura 5.1*).

Durante a fase de campo foram identificadas estruturas que correspondem a feições do tipo planar dúctil (foliações, dobras) e rúptil (fraturas), e feições lineares (lineações minerais e de estiramento), que serão abordadas a seguir.

### 5.1 ESTRUTURAS DÚCTEIS

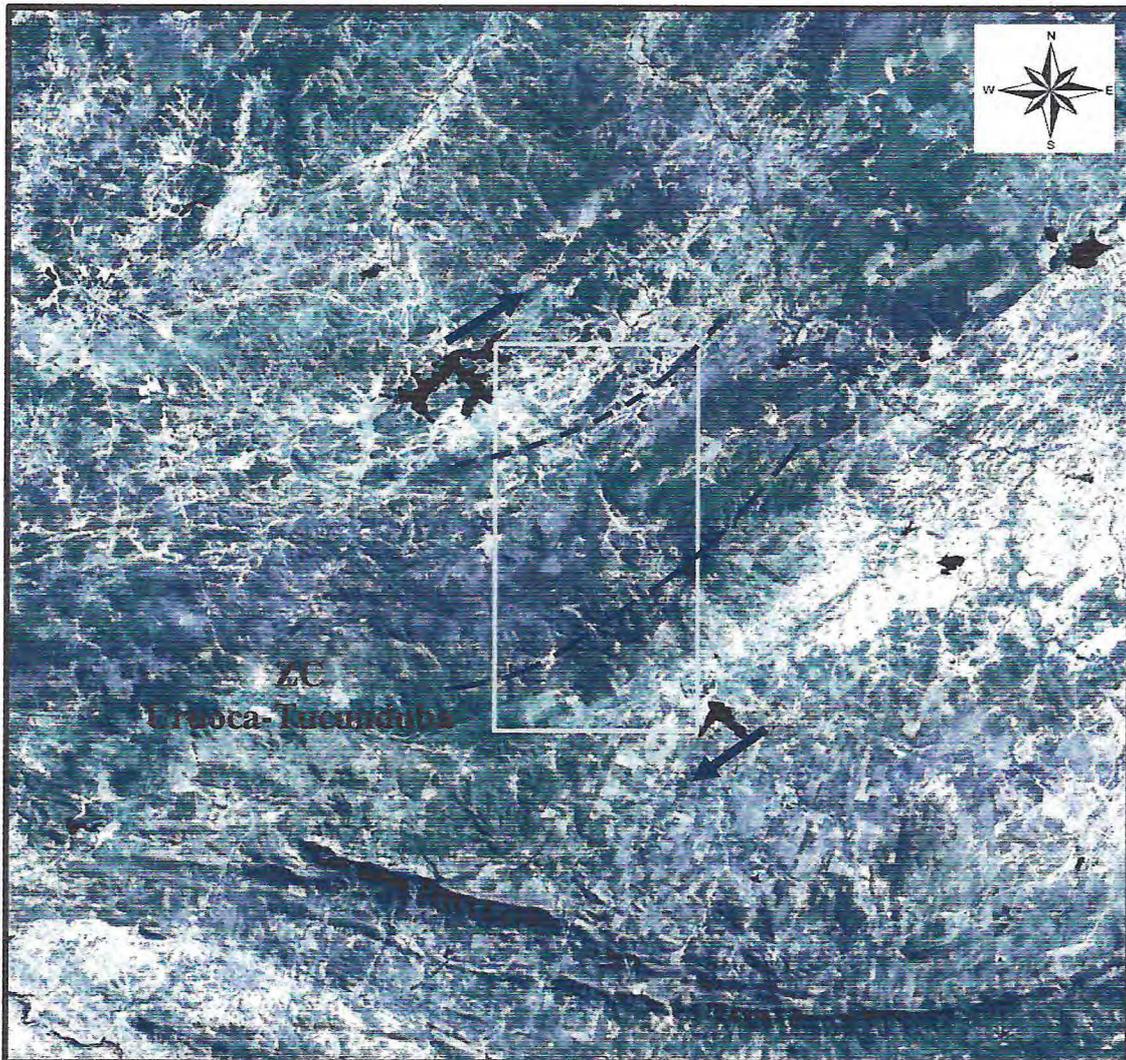
#### 5.1.1 Elementos Planares ( $S_n/S_{n+1}$ )

As estruturas planares presentes na área são representada por uma foliação  $S_n$  correspondente a um bandamento gnáissico, formado pela alternância de minerais máficos (biotitas e anfibólios) e félsicos (quartzo, plagioclásio e K-feldspato) de espessuras variáveis (milimétricas a centimétricas), que às vezes ocorrem milonitizadas (*Foto 5.1*), e uma foliação  $S_{n+1}$  a qual se materializa por vezes, como uma foliação com plano axial de dobras isoclinais de  $S_n$ , assumindo atitude paralela a esta última ( $S_n$ ).  $S_{n+1}$  esta presente nos gnaisses, que compõem o embasamento do Complexo Granja, nos quartzitos e filitos que representam as rochas supracrustais do Grupo Martinópolis.

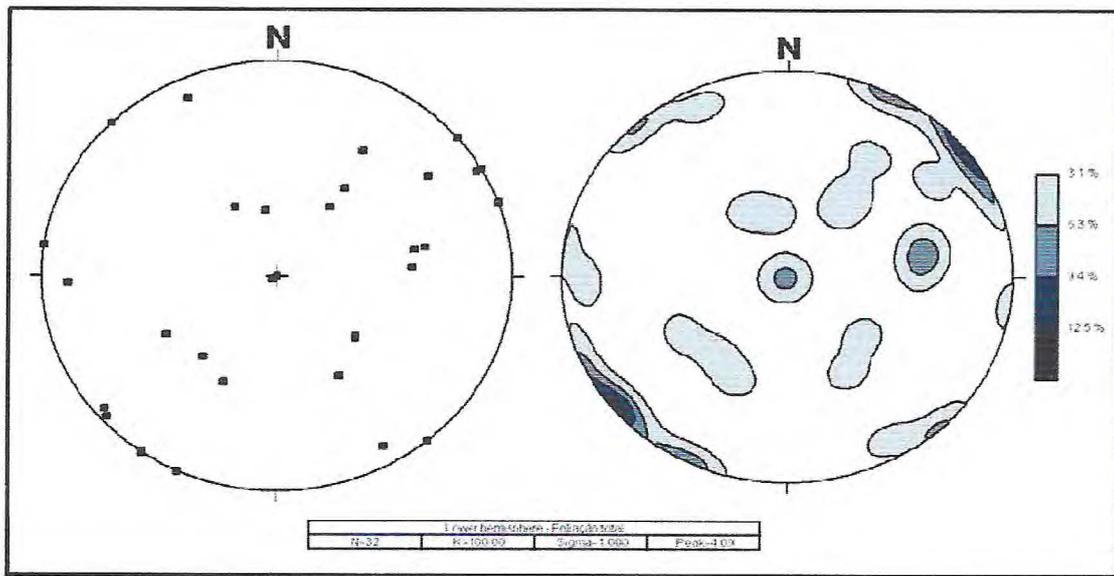
Ao longo de dobras e Zonas de Cisalhamento as rochas do Complexo Granja e do Grupo Martinópolis exibem uma foliação milonítica, em geral, estas são verticalizadas de caráter dúctil.

A foliação  $S_n$  apresenta planos que estão dispostos em uma direção preferencial NE-SW e apresentando atitudes de 30° a 50° para SE e nas proximidades das zonas de cisalhamento, assumem atitudes verticais, e corresponderia a uma foliação milonítica (*Figura 5.2*). De acordo com o diagrama gerado (*Figura 5.2*), é possível observar a atuação de esforços deformacionais na área, onde os litotipos tendendo a uma forte verticalização, que são estes, influenciados pelas Zonas de Cisalhamento, que proporcionam foliações e lineações

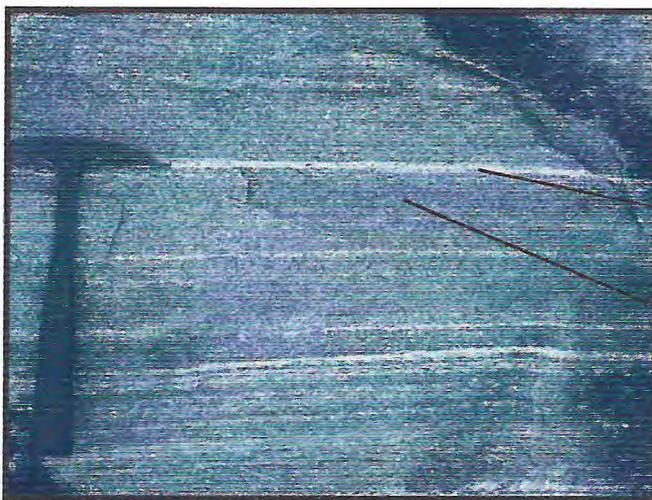
preferenciais tanto nos gnaisses como nos quartzitos e filitos, que também são marcados por uma foliação bem expressiva apresentando-se concordante com o *trend* regional.



**Figura 5.1:** Aspecto estrutural das zonas de cisalhamento transcorrentes destal, com orientação NE-SW, que cortam a área de pesquisa (*imagem Landsat 7*).



**Figura 5.2:** Estereogramas de pontos e contorno para os principais litotipos que apresentam concentrações dos planos de foliação a partir de seus pólos – foliações gerais (32 medidas). Observa-se que a concentração dos planos de foliação possui um *trend* com direção NE-SW, e nota-se que o mergulho destas foliações varia de 30° a 50° e em zonas de cisalhamento assumem atitudes verticais.

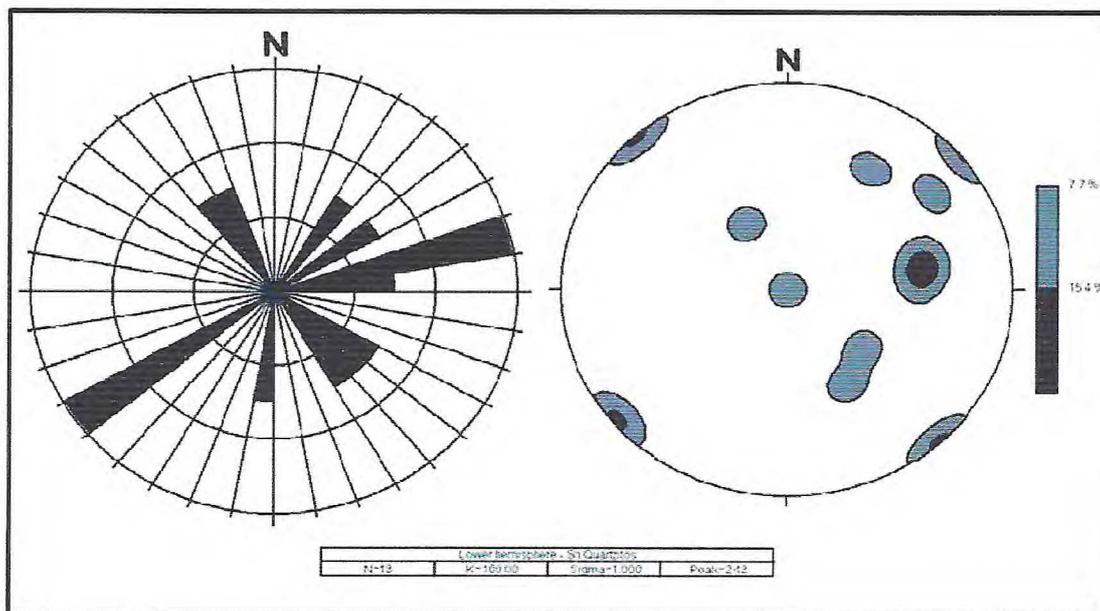


**Banda Félsica** composta por minerais de quartzo, k-feldspato e plagioclásio.

**Banda Máfica** composta por minerais de anfibólio e biotita.

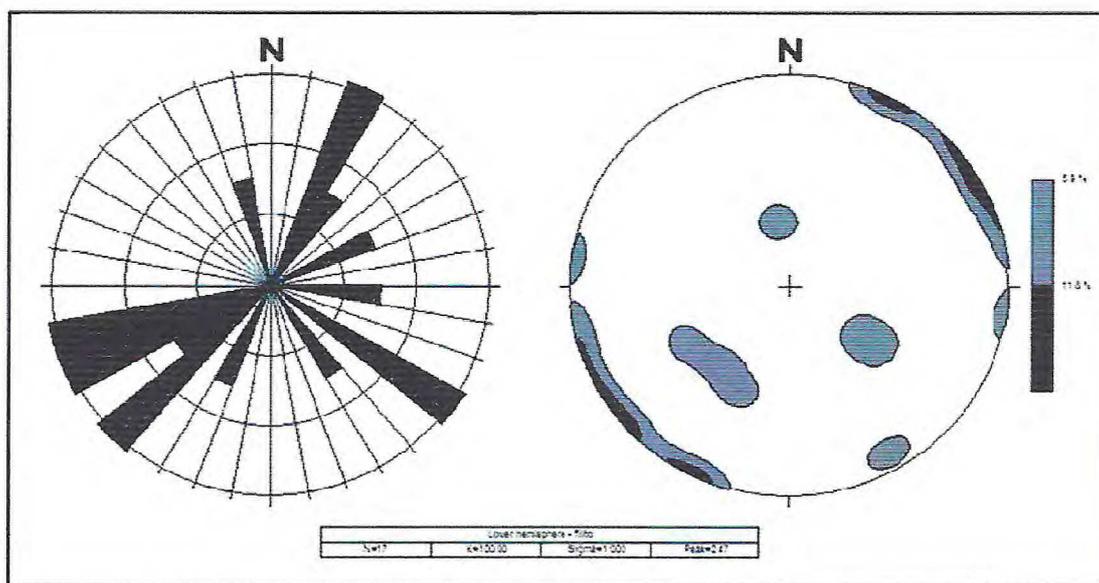
**Foto 5.1 -** Gnaiss do Complexo Granja bastante foliado com um bandamento composicional ( $S_n$ ), onde é notada a alternância entre as bandas félsicas e máficas. (TF-005, Coordenadas UTM: 326218/9633312).

Os quartzitos da Formação São Joaquim são marcados por planos de foliações  $S_{n+1}$  com direções preferenciais NE-SW e seus mergulhos variam de 30 a 60° e em zonas de cisalhamento tendem a verticalização com sentido, nesse intervalo, para SE e para NW (Figura 5.3).

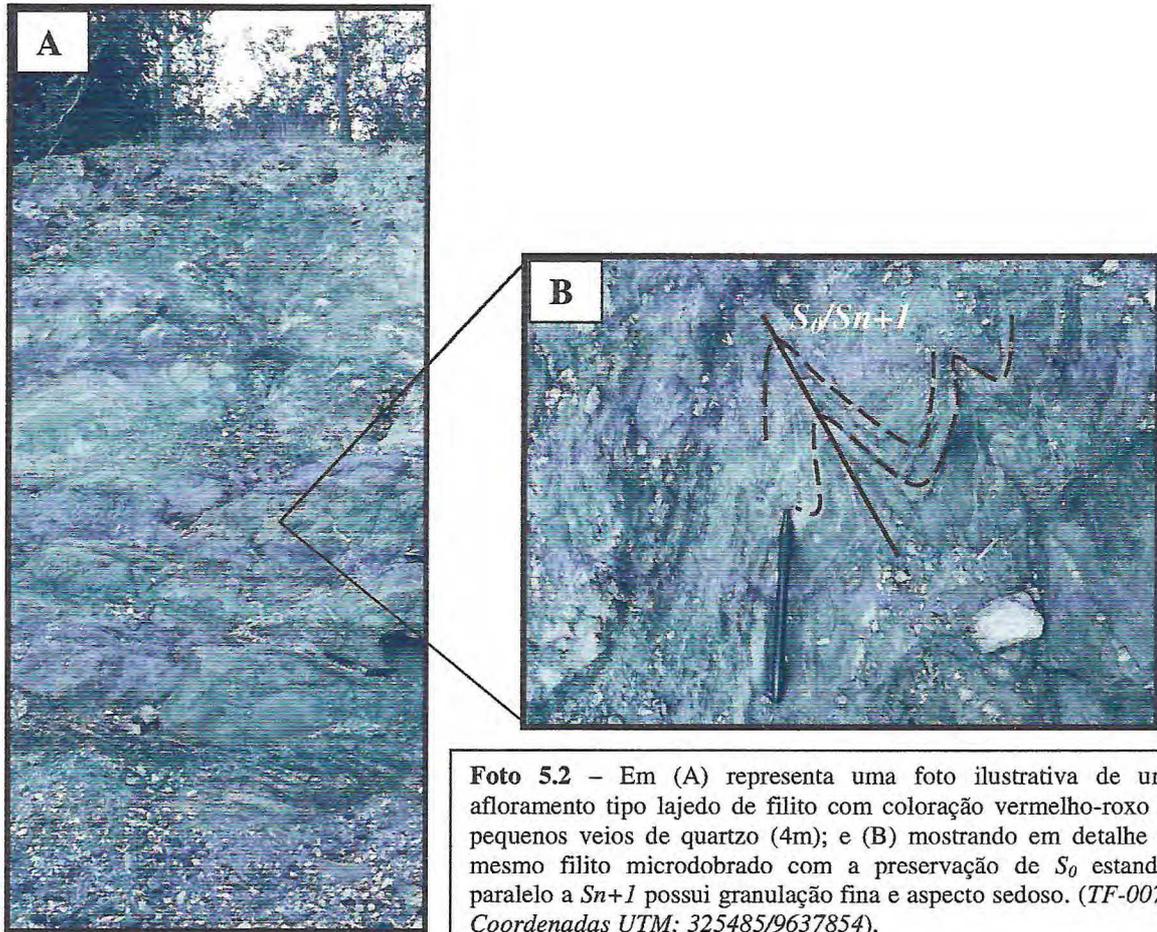


**Figura 5.3** - Em (A) representa o digrama de roseta com direções principais dos planos de foliação mostrando direções preferenciais NE-SW; e em (B) diagrama de contorno do plano para pólo de foliação (13 medidas).

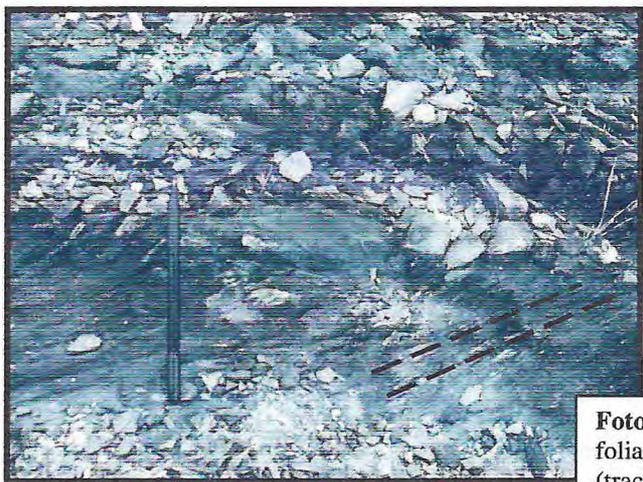
Os filitos da Formação Santa Terezinha apresentam planos fortemente foliados com orientações NE-SW e às vezes, para SE (Figura 5.4). Esses ocorrem microdobrados com a preservação de  $S_0$  estando paralelo a  $S_{n+1}$ , e é notada a presença de foliação marcante de padrão anastomosado (Foto 5.2 e 5.3).



**Figura 5.4** - Em (A) representa o digrama de roseta com as direções principais para planos de foliação com direções preferenciais NE-SW e, às vezes, para SE; e em (B) diagrama de contorno do plano para pólo de foliação (17 medidas).



**Foto 5.2** – Em (A) representa uma foto ilustrativa de um afloramento tipo lajedo de filito com coloração vermelho-rosa e pequenos veios de quartzo (4m); e (B) mostrando em detalhe o mesmo filito microdobrado com a preservação de  $S_0$  estando paralelo a  $S_{n+1}$  possui granulação fina e aspecto sedoso. (TF-007, Coordenadas UTM: 325485/9637854).



**Foto 5.3** – Filito avermelhado apresentando uma foliação bem marcada com orientação NE-SW (tracejado em preto), possui granulação fina. (TF-020, Coordenadas UTM: 324731/9640440).

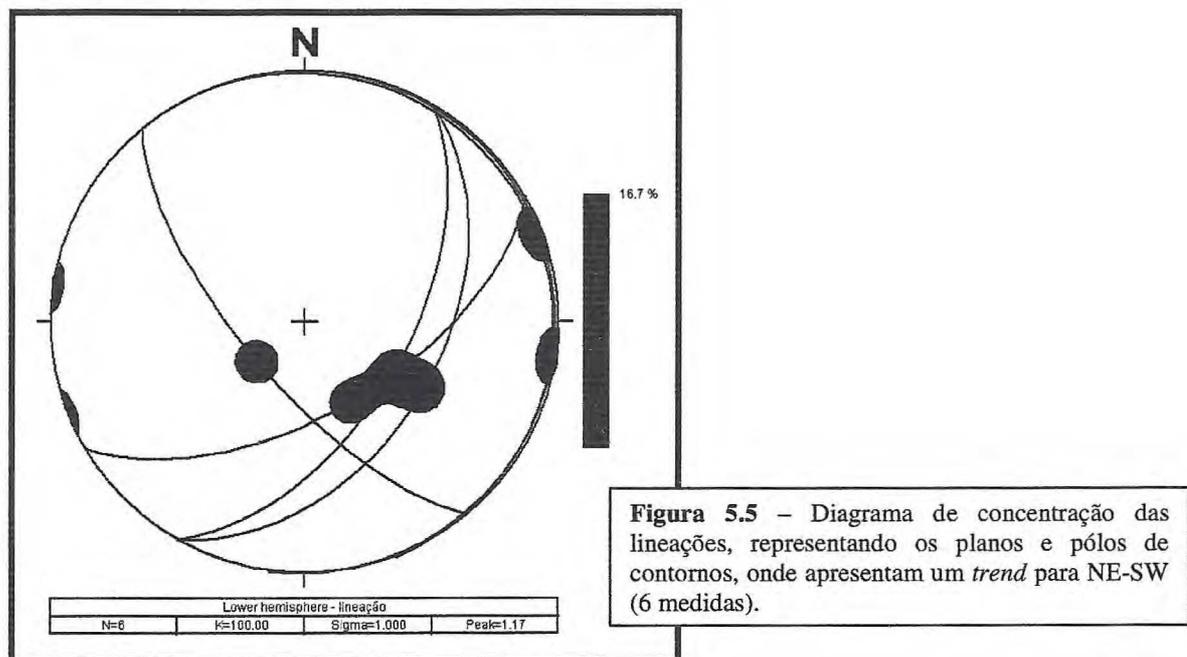
### 5.1.2 Elementos Lineares ( $L_n$ )

As feições lineares estão identificadas nos planos das rochas (foliação  $S_n$  e  $S_{n+1}$ ) podem ser definidas em dois grupos, as lineações minerais e de estiramento mineral.

As lineações minerais correspondem à orientação dos cristais pelo esforço sem que haja grandes mudanças em sua forma, estas são orientadas durante o evento dúctil, mas estão associados ao metamorfismo, onde os minerais por efeito da plasticidade cristalina adquirem uma forma alongada.

O estiramento mineral é evidenciado nas rochas gnáissicas e revelado pelo alongamento de micas (biotitas) e feldspatos.

Essas feições ocorrem em grande parte dos litotipos na área, e são bem marcados pelos minerais como anfibólios, quartzos, feldspatos e micas que estão dispostos sobre os planos de foliação ( $S_n/S_{n+1}$ ) (Figura 5.5).



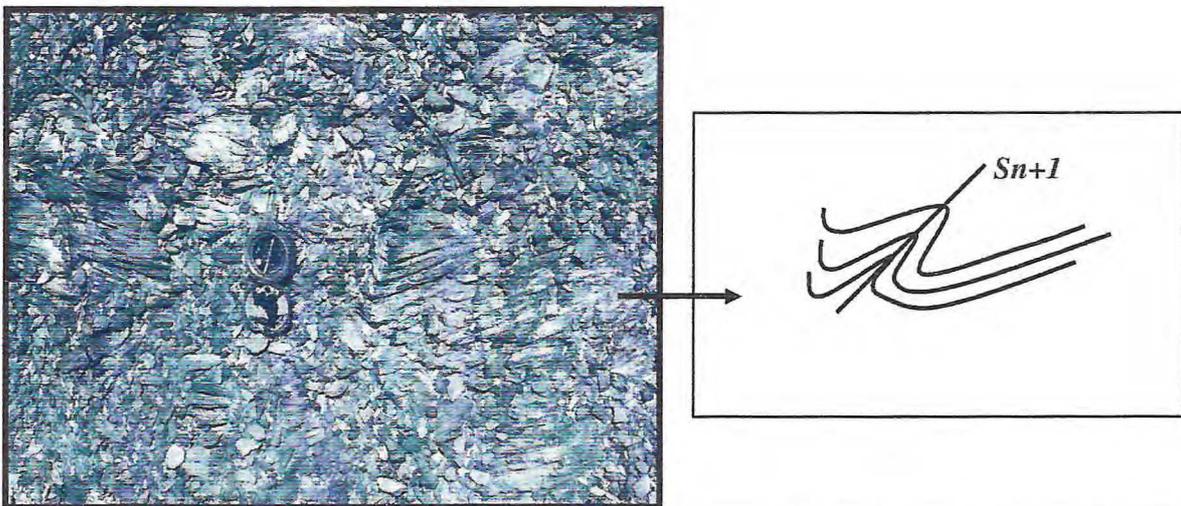
**Figura 5.5** – Diagrama de concentração das lineações, representando os planos e pólos de contornos, onde apresentam um *trend* para NE-SW (6 medidas).

### 5.1.3 Dobras

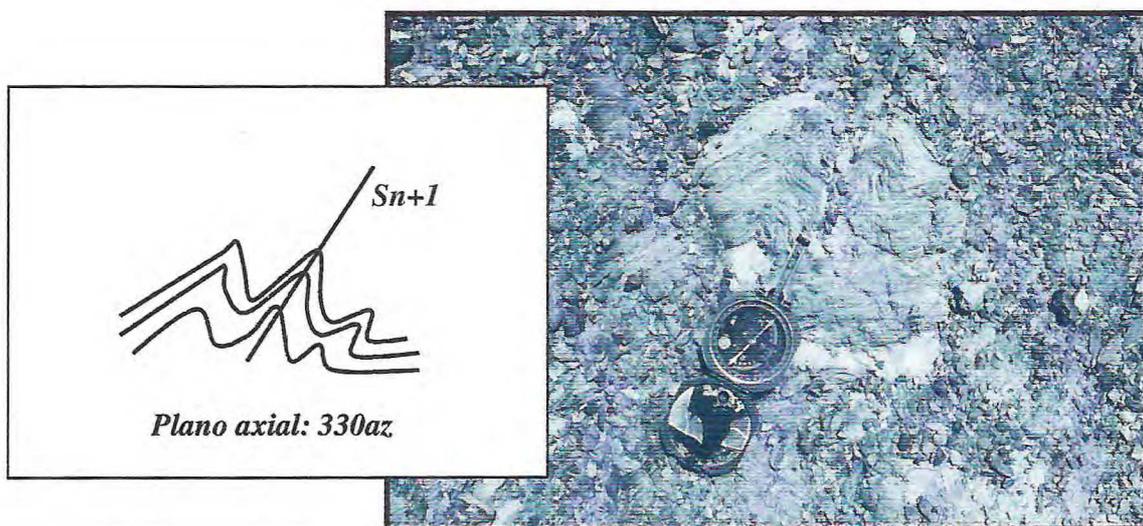
As dobras que ocorrem na área do mapeamento foram geradas em cisalhamento simples e caracterizam nível estrutural inferior, onde a plasticidade das rochas é elevada. Essas dobras se formam à medida que os esforços vão sendo adicionados às rochas, onde são

afetadas por dobras apertadas e isoclinais as quais são transpostas por uma outra foliação que é gerada, em geral plano axial as anteriores, formando por exemplo “bengalas” deformando a foliação  $S_n$ , gerando a foliação  $S_{n+1}$ , caracterizando assim, dobras comuns tais como: intrafoliais, verticais simétricas e assimétricas encontradas nas rochas do Complexo Granja e do Grupo Martinópolis, que pode caracterizar zona de cisalhamento transcorrente.

Em alguns afloramentos são observadas dobras que apresentam seu plano axial paralelo à foliação dos filitos, caracterizando o eixo da maioria das dobras como vertical (*Foto 5.4 e 5.5*).



**Foto 5.4** – Dobra assimétrica gerada em cisalhamento simples representada nos filitos da Formação Santa Terezinha e ao lado, ilustrada no desenho esquemático. (TF-084, Coordenadas UTM: 323091/9640042).

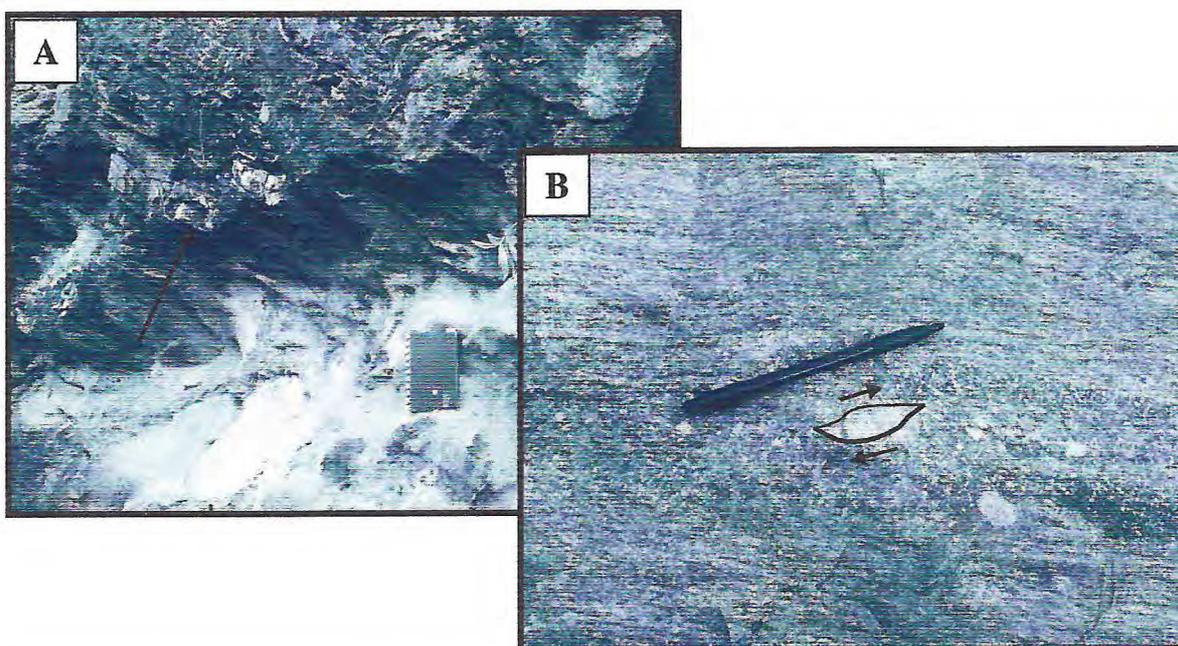


**Foto 5.5** – Dobra assimétrica representada no mesmo filitos da Formação Santa Terezinha, sendo ilustrada no desenho esquemático apresentando seu plano axial. (TF-084, Coordenadas UTM: 323091/9640042).

### 5.1.4 Zonas de Cisalhamento

As zonas de cisalhamento observadas na área de estudo, são representadas pela Zona de Cisalhamento de Uruoca-Tucunduba (ZCUT) com orientação NE-SW, que marca o contato entre os quartzitos do Grupo Martinópolis e o embasamento do Complexo Granja e Zona de Cisalhamento de Xixás. Essas zonas de cisalhamento afetam principalmente os planos  $S_n$ , e assim, fazendo com que esta foliação assumam um caráter milonítico bem marcado pelo estiramento de minerais como quartzo e feldspatos e boudins extremamente estirados nas suas proximidades. É comum o aumento da intensidade do ângulo de mergulho nas proximidades destas zonas.

Alguns elementos cinemáticos foram visualizados em afloramentos, representados por sigmóides de feldspato de potássio evidenciando um movimento local dextral ou mesmo *boudins* rotacionados (Foto 5.6).



**Foto 5.6** – Representação dos elementos cinemáticos (A) é observado *boudins* de quartzo rotacionados em meio aos filito da Formação Santa Terezinha (*seta preta*); e em (B) a presença de sigmóides de k-feldspatos com movimento dextral inserido em um biotita hornblenda gnaisses do embasamento. (TF-075, Coordenadas UTM: 322284/9634258 e TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286).

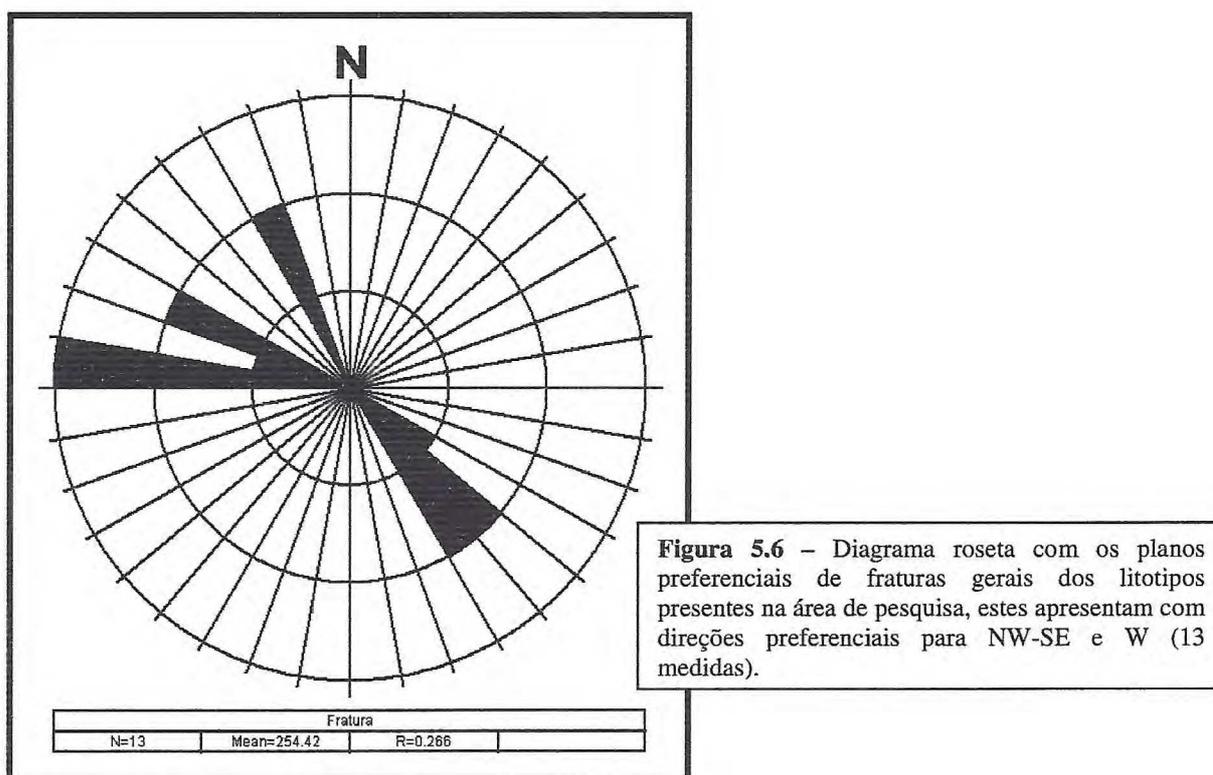
## 5.2 ESTRUTURAS RÚPTEIS

### 5.2.1 Fraturas

As fraturas refletem uma tectônica de cunho rúptil em condições crustais superficiais posterior aos eventos deformacionais dúcteis que atingiram a região. Estas estruturas estão presentes nos gnaisses do Complexo Granja e nos litotipos do Grupo Martinópolis, ocorrendo de forma mais representativa nos quartzitos e filitos.

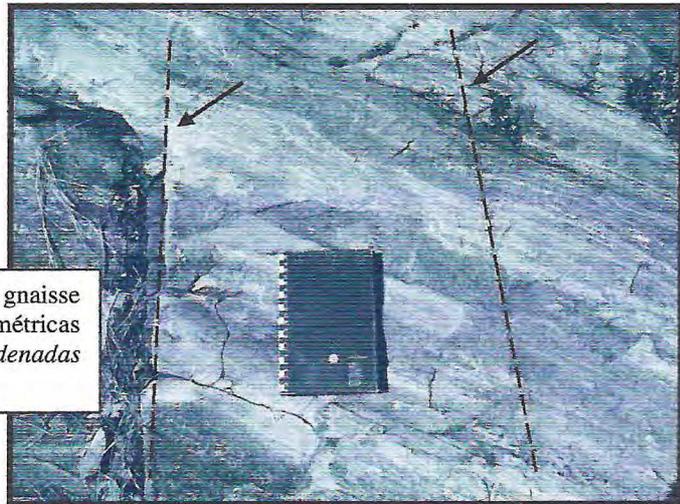
Os planos de fraturas principais que seccionam os litotipos da área exibem direções NW-SE com mergulhos verticais a subverticais (*Figura 5.6*). Nos quartzitos por vezes são observados padrão em par cisalhante (*Foto 5.7*), e nota-se também a presença de sistemas de juntas (*Foto 5.9*).

As fraturas presentes na área apresentam diferentes espessuras, as quais variam desde centimétricas a métricas (*Foto 5.8*). Ocorrem em diversos casos preenchidas por materiais de composição quartzo-feldspática e epidoto, às vezes, são definidas na forma de veios e mobilizados.

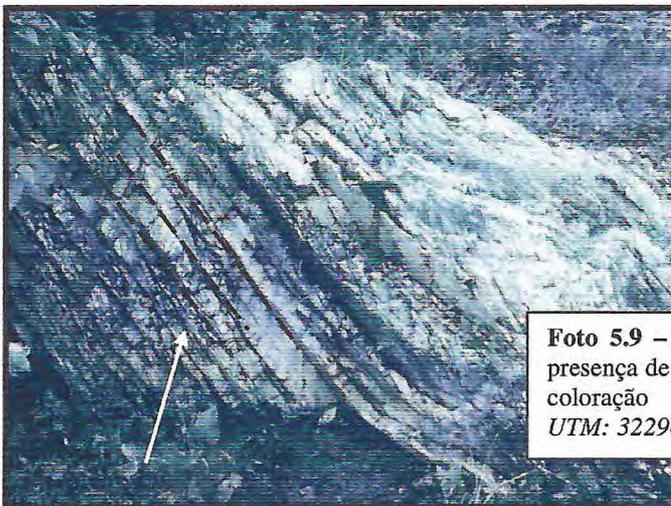




**Foto 5.7** – Representa um quartzito intemperizado com a presença de um padrão em par cisalhantes de fraturas (tracejado em preto). (TF-023, Coordenadas UTM: 322928/9633652).



**Foto 5.8** – Representa um hornblenda gnaiss com a presença de fraturas centimétricas (tracejado em preto). (TF-077, Coordenadas UTM: 326970/9634286).



**Foto 5.9** – Representa um quartzito impuro com a presença de juntas sistemáticas (tracejado em preto) e coloração esbranquiçada. (TF-026, Coordenadas UTM: 322960/9633588).

# Capítulo – VI

## METAMORFISMO

## 6 METAMORFISMO

---

O metamorfismo é definido pelas mudanças que ocorrem nas rochas e minerais quando submetidos a condições de pressão e temperatura diferentes das que prevaleciam durante a sua formação. As mudanças de pressão e temperatura causam reações químicas entre os minerais, formando novas estruturas características de metamorfismo.

A ocorrência dos minerais índices de metamorfismo das presentes nas litologias foram determinados através das descrições petrográficas e das observações feitas em campo. Para tal foram utilizados os dados levantados durante o presente trabalho e os dados de projetos passados, e assim, definir condições de temperatura e pressão em que as rochas foram submetidas e os seus possíveis protólitos.

### 6.1 COMPLEXO GRANJA (Embasamento)

O Complexo Granja é representado na área de estudos pelos seguintes litotipo: Biotita gnaiss e Biotita hornblenda gnaiss, que por vezes, apresentam-se migmatizados (Ver *Geologia Local* – pág. 30), indicando assim, temperaturas mais elevadas.

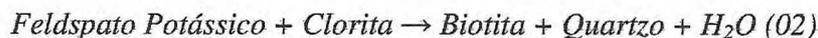
#### 6.1.1 Biotita Gnaiss

A associação mineralógica presente neste litotipo corresponde a:

*Quartzo (Qz) + Feldspato Potássico (Kf) + Plagioclásio (Pl) + Biotita (Bt) + Muscovita (Ms)*

Através desta associação mineral, é sugerido um grau médio para essas rochas, pois apresentam-se migmatizadas, e conforme *Winkler (1977)* os migmatitos são rochas que ocorrem em ambientes de elevadas temperaturas e são bons indicadores de metamorfismo de grau médio a alto.

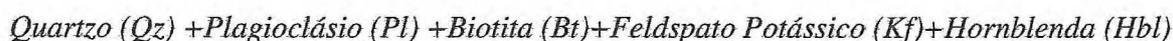
Assim, a associação mineral presente sugere que o metamorfismo atingiu a zona da biotita, e o desenvolvimento deste mineral pode ser explicado pelas reações (*Winkler, 1977; Yardley, 2004*):



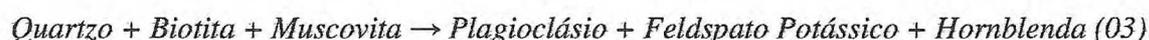
Como essas rochas estão migmatizadas, é possível indicar condições do Fácies Anfibolito, que com o aumento da temperatura iniciou um processo de anatexia.

### 6.1.2 Biotita Hornblenda Gnaiss

Esses litotipos apresentam a seguinte associação mineral:



A reação de surgimento do par *Hbl* + *Pl*, segundo *Yardley (2004)*, pode ser expressa por:



Conforme *Yardley (2004)*, essa associação está inserida em condições metamórfica de médio grau, com temperaturas entre 520° a 680°C e pressão variando de 3 a 7 Kbar, em fácies anfibolito. Portanto a presença de *Hbl* + *Pl* na reação acima, indica estabilidade destas fases minerais em condições metamórficas Fácies Anfibolito.

As rochas que compõem o embasamento do Complexo Granja estão posicionadas no Fácies Anfibolito, sendo assim, consideradas rochas de médio grau metamórfico.

## 6.2 GRUPO MARTINÓPOLE

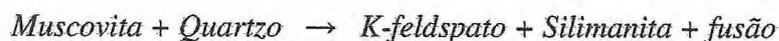
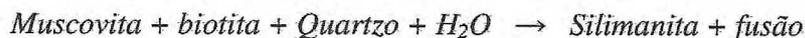
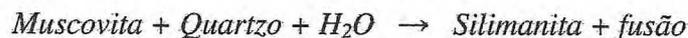
O Grupo Martinópole é representado pela Formação São Joaquim constituída por quartzitos e pela Formação Santa Terezinha formada por filitos (*Ver Geologia Local – pág. 30*).

### 6.2.1 Quartzitos

Os quartzitos da Formação São Joaquim exibem a seguinte associação mineral:

*Quartzo (Qz) + Feldspato Potássico (Kf) + Biotita (Bt) + Silimanita (Sil) + Muscovita (Ms)*

O aparecimento dos minerais de silimanita sugere condições mais elevadas de temperatura para o conjunto, podendo originar as seguintes reações:



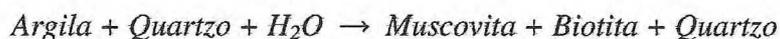
Com base em *Winkler (1977)*, a presença da silimanita indica condições metamórfica ocorrida no Fácies Anfibolito representando a Zona da Silimanita.

### 6.2.2 Filitos

A assembléia mineralógica metamórfica encontrada nos filitos da Formação Santa Terezinha é composta por:

*Quartzo (Qz) + Feldspato (Flds) + Muscovita (Ms) ± Biotita(Bt) + Clorita (Chl)*

Os filitos são rochas pelíticas de grau metamórfico moderado. De acordo com *Yardley (2004)*, esta litologia enquadra-se entre o Fácies Xisto-Verde e Anfibolito, a temperaturas variando de 360° a 520° C e pressão de 2 a 3 Kbar. Sugerindo assim, a seguinte reação para os filitos:



Conforme a reação acima, sugere-se condições metamórficas ocorrida no Fácies Xisto-Verde alto, para a rocha analisada.

Em relação às associações minerais que compõem as rochas do Grupo Martinópolis, foi sugerido que as mesmas, em sua porção basal (Formação São Joaquim), atingiram condições de alta a média temperaturas e baixa pressão (fácies anfibolito), zona da silimanita, conforme atestado pela presença deste mineral, enquanto as unidades de topo da sequência, em níveis crustais mais rasos foram submetidas a condições metamórficas em Fácies Xisto-Verde.

Os gnaisses do Complexo Granja ao seu turno, formados pela associação do par Pl + Hb, atingiram condições de fácies anfibolito com fusão parcial, esta última registrada não apenas pelas associações presentes, como também por feições típicas de migmatização.

Considerando os litotipos presentes e a paragénese mineral que compõem a área, sugere-se que estas rochas foram submetidas a condições de metamorfismo variando do fácies xisto-verde (baixo grau –  $T < 500^{\circ}\text{C}$ ) ao fácies anfibolito (grau médio –  $T 500$  a  $700^{\circ}\text{C}$ ).

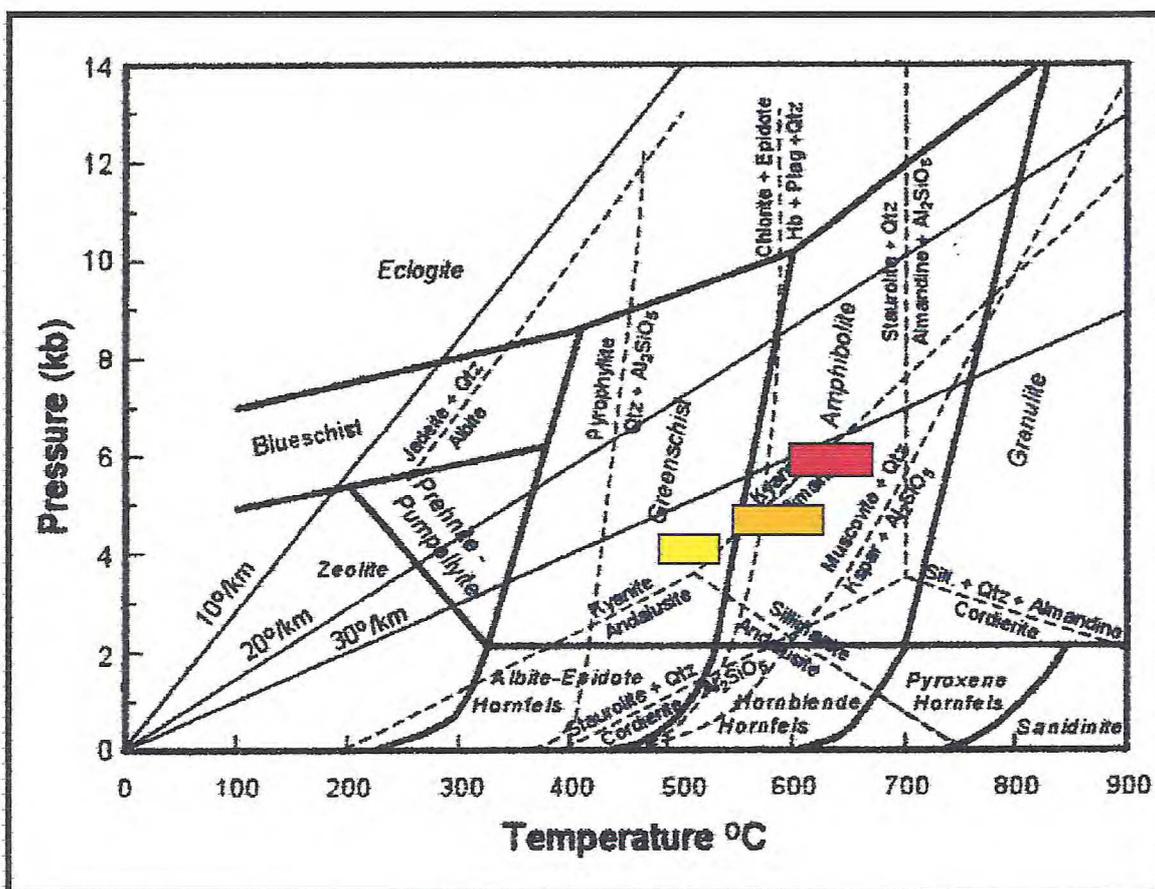


Figura 6.1 – Grid Metamórfico para associação de minerais encontrados nos gnaisses do Complexo Granja (retângulo vermelho) e para os quartzitos (retângulo laranja) e filitos (retângulo amarelo) do Grupo Martinópolis .

O *Grid Metamórfico* apresentado pela (*Figura 6.1*), exibe as condições de metamorfismo do Grupo Martinópolis e Complexo Granja, no qual são observados retângulos (“Box”) representativo do intervalo de “P” e “T”, em consonância com as reações e associações descritas em lâmina. O retângulo amarelo, exibe o intervalo das condições atingidas pelo porção de topo do Grupo Martinópolis, ou seja, filitos da Formação Santa Terezinha, enquanto o retângulo laranja demonstra mais alta temperatura segundo a Zona da Sillimanita para a Formação São Joaquim, base deste grupo. Com relação ao Complexo Granja o metamorfismo é caracterizado como de alta temperatura e pressão intermediária (*temperaturas entre 550° a 680°C e pressão variando de >5 a 6 Kbar*) representado pelo retângulo vermelho.

# Capítulo – VII

## EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

## 7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

---

A história evolutiva da área de pesquisa está diretamente ligada a litoestratigrafia estabelecida na geologia local, onde foram definidas as relações entre os litotipos encontrados e suas idades. Entretanto, é necessário interligar essas informações com o desenvolvimento de cada terreno ao longo dos anos, compondo dessa forma a evolução geológica da região (*Ver mapa geológico, Anexo 2*).

A Província Borborema, e mais especificamente o Domínio Médio Coreaú, possuem sua última arquitetura orogenética ligada à formação de lineamentos Pan Africanos – Brasilianos formados em consequência da convergência e colisão dos Crátons São Luis-Oeste Africano e São Francisco-Congo-Kasai, durante o Neoproterozóico. Uma série de dados de campo e geocronológicos tem ajudado a aprimorar o conhecimento acerca deste arcabouço tectono-estrutural permitindo avaliar não só o fechamento orogenético do Pré-Cambriano, mas também re-avaliar a história pré-colisional Brasileira desta província.

A evolução geológica do Domínio Médio Coreaú é caracterizada em três eventos geotectônicos englobando um tempo geológico situado entre o Paleoproterozóico (Transamazônico/Eburneano) e o Neoproterozóico (Brasiliano/Pan-Africano) (*Santos, 1999*), que podem ser identificados da seguinte forma:

O primeiro evento diz respeito ao desenvolvimento do supercontinente Atlântica (*Roger 1996, e Fetter et al. 2000*) de idade Paleoproterozóica (2.2 – 2.1 Ga). Este supercontinente foi posteriormente deformado durante o final do Paleoproterozóico (1.9 Ga) (*Dantas et al, 1998*).

O segundo evento possui característica tafrogenética, promovendo a quebra e desarticulação do supercontinente Rodínia (950 e 850 Ma Toniano) (*Brito Neves, 1999*). Esta desarticulação gerou margens continentais com típicas sequências vulcano-sedimentares, onde tais rochas dariam origem ao Grupo Martinópolis na sua consolidação durante o Neoproterozóico.

O terceiro evento de caráter colisional (orogênese) ocorreu durante o Neoproterozóico sendo reconhecido como Ciclo Brasileiro ou Pan-Africano/Brasileiro. Este envolveu colagens continentais culminando com a aglutinação dos vários fragmentos do Rodínia e formação de Gondwana.

Na área de estudo são observados registros da atuação de dois principais eventos orogenéticos, o primeiro representado nas rochas do embasamento do Complexo Granja, onde é constituídos por gnaisses diversos que seriam formados por um material de idade situada entre 2.3 e 2.2 Ga (Santos, 1999), apresentam lineações em direções NE-SW, com muitos dobramentos e padrões de interferências, devido a tectônica onde os dobramentos são as feições predominantes. Este embasamento desenvolve uma paragênese metamórfica do fácies anfíbolito alto com a associação de silimanita + granada, às vezes, estão migmatizados, apresentam uma foliação de baixo ângulo, que adquire maior mergulho próximo as grandes zonas de cisalhamento transcorrente de direção NE-SW. Representado como a porção autóctone em relação com pacote alóctone (Sequências Supracrustais) do Grupo Martinópolis.

E o segundo evento seria caracterizado pelas Sequências Supracrustais, que conforme Prado *et al.* (1981), teriam surgido durante o Proterozóico Médio, onde, todo o continente do “Pangea”, teria sido submetido a tensões, e devido os alívio de pressões resultaram numa intensa tectônica que originaram e foram preenchidas por espessa sequências pelítico-carbonática. O Grupo Martinópolis apresenta associações minerais de baixa pressão e alta temperatura (predomínio da silimanita) com comportamento alóctone, são limitados por descontinuidades tectônicas que variam de rampas de cavalgamento em sistema de *nappes* para transcorrências.

As feições estruturais anteriormente analisadas nesse relatório (Rever Cap.III pág. 30) indicam que a área foi afetada por uma tectônica transcorrente dextral, responsável pela verticalização e foliação de alto ângulo presente nos litotipos mapeados.

Partindo de todo o contexto analisado (Figura 7.1), pode-se sintetizar a história evolutiva da área: O Complexo Granja compreende uma faixa de rochas do Fácies Anfíbolito com direção NE-SW, parcialmente migmatizadas, que foram soerguidas durante a tectônica de baixo ângulo, essas rochas ocorrem limitadas por zonas de cisalhamento transcorrentes; e o Grupo Martinópolis que abrange as rochas supracrustais foram submetidas ao metamorfismo de Fácies Xisto-Verde ao Fácies Anfíbolito, essas litologias ocorrem sempre delimitadas por falhas transcorrentes com o embasamento, como exemplo as zonas de cisalhamento Uruoca-Tucunduba e Xixás presentes na área alvo da pesquisa.

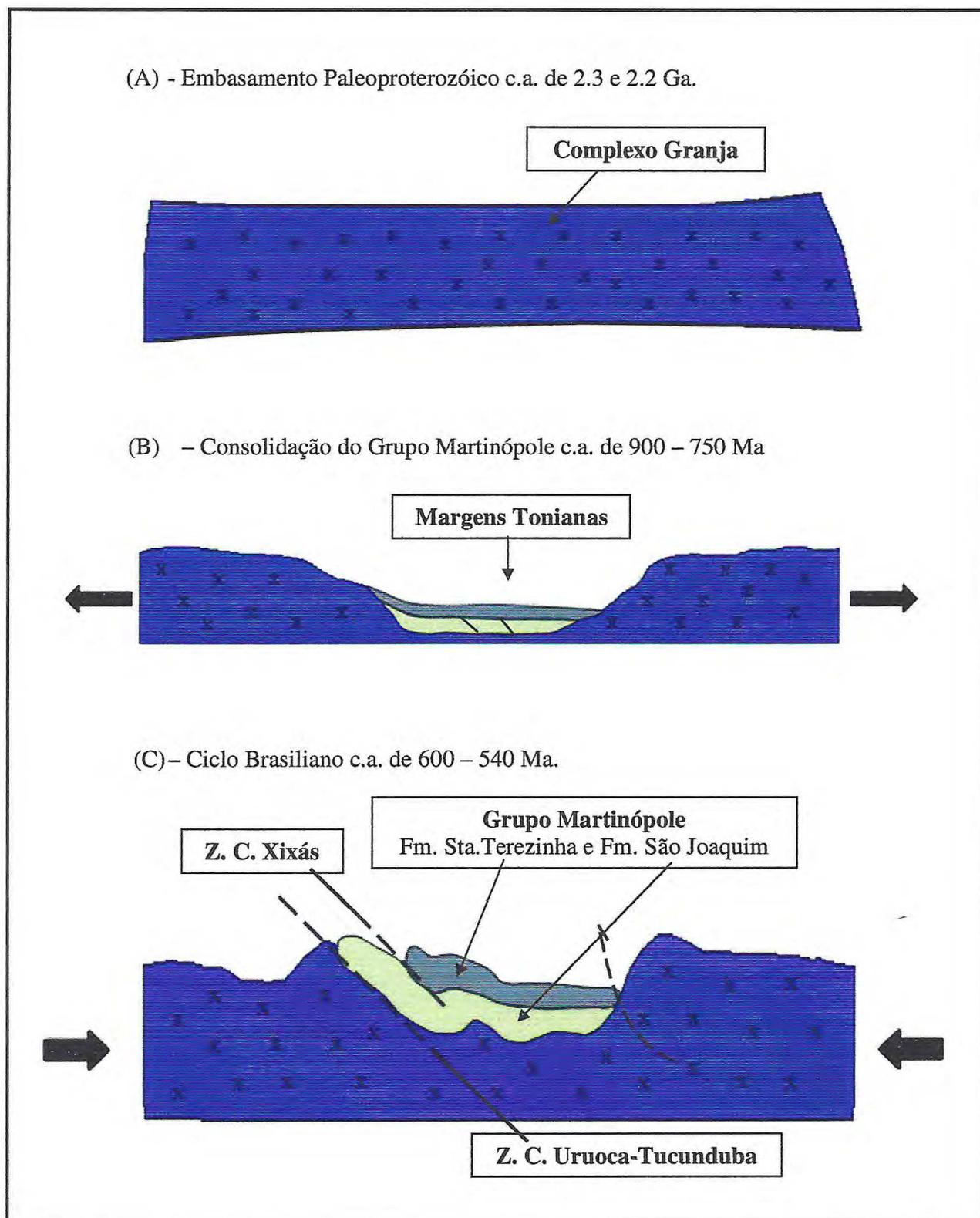


Figura 7.1 – Desenho esquemático ilustrando a evolução geológica da área (Gentil 2010).

# Capítulo – VIII

## CONCLUSÕES

## 8 CONCLUSÕES

---

Através das informações obtidas em campo, a partir do mapeamento geológico em escala 1:25.000, permitiram identificar na área um arcabouço geológico, onde, pode-se concluir que:

- A área de pesquisa enquadra-se na Província Borborema, representando o Domínio Médio Coreau. As principais unidades litoestratigráficas foram identificadas e caracterizadas em três unidades: *i*) Complexo Granja – Embasamento gnáissico; *ii*) Grupo Martinópole – Sequências Supracrustais; e *iii*) Coberturas Sedimentares;
- O embasamento gnáissico é caracterizado por biotita gnaisse e biotita hornblenda gnaisse de coloração cinza escuro, apresentando um bandamento composicional bem marcante, por vezes, ocorrem dobrados, migmatizadas e até milonitizados;
- As Sequências Supracrustais do Grupo Martinópole são representadas por duas Formações: *São Joaquim* com quartzitos puros e impuros, compactos e laminados com silimanita; e quartzitos intemperizados, filito quartzitos e quartzitos que localmente ocorrem milonitizados e cataclasados; *Santa Terezinha* com filitos, muscovita filitos, quartzo-sericita filitos e metasiltitos;
- As estruturas dúcteis presentes na área são foliações, lineações e dobras. As foliações (*Sn*) presentes nos litotipos mostram uma maior concentração dos planos de foliação em um trend com direção NE-SW, com mergulhos verticais a subverticais. As estruturas rúpteis são representadas pelas fraturas, que ocorrem nos litotipos aflorantes da região de pesquisa. Essas fraturas apresentam um trend com direções preferências para NW-SE e com mergulhos verticais a subverticais.

- A área apresenta quatro zonas de cisalhamento onde as principais são representadas pelas Zona de Cisalhamento Uruoca-Tucunduba e Zona de Cisalhamento Xixás, caracterizam transcorrências que verticalizam os planos  $S_n$ , passando esta foliação a assumir caráter milonítico marcado pelo estiramento de minerais como quartzo e feldspatos e boudins extremamente estirados nas suas proximidades. Evidenciando assim, o aumento da intensidade do ângulo de mergulho nas proximidades destas zonas.
- Quanto ao metamorfismo, as rochas do Complexo Granja atingiram condições metamórficas no Fácies Anfibolito e as rochas do Grupo Martinópolis foram submetidas às condições metamórficas que evoluem do Fácies Xisto-Verde para o Fácies Anfibolito, assim, considerando os litotipos presentes e a paragênese mineral que compõem a área.
- De forma sintetizada, a história evolutiva da área corresponde: ao Complexo Granja que compreende uma faixa de rochas com direção NE-SW, parcialmente migmatizadas, que foram soerguidas durante a tectônica de baixo ângulo (porção autóctone em relação ao Grupo Martinópolis), essas rochas ocorrem limitadas por zonas de cisalhamento transcorrentes; e o Grupo Martinópolis que abrange as rochas supracrustais que foram submetidas a um comportamento alóctone e ocorrem sempre delimitadas por falhas transcorrentes com o embasamento, como exemplo as zonas de cisalhamento Uruoca-Tucunduba e Xixás presentes na área alvo da pesquisa.
- O presente trabalho contribuiu significativamente para o conhecimento da geologia do setor NNW do município de Uruoca-CE. Elucidando questões relacionadas à litoestratigrafia e a geologia estrutural da área.
- Por fim, sugere-se que sejam expandidos os estudos geológicos através de mapeamento na área, e assim, objetivar um melhor detalhamento dos contatos entre os litotipos da região, de modo a estabelecer de forma mais precisa o empilhamento litoestratigráfico. E desta forma, enriquecer trabalho futuros e contribuir para o desenvolvimento dos aspectos geológicos da região.

# Capítulo – IX

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ABREU, F. A. M.; HASUI, Y.; GORAYEB, P. S. S. 1993. **Grábens Eopaleozóicos do oeste cearense – considerações sobre as sequências lito-estratigráficas.** In: Simpósio de Geologia do Nordeste. 15. Natal, 1993. Atas..., Bol. Núcleo Nordeste da SBG, v.13. p. 29-31.
- ALMEIDA, F. F. M. de.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de, FUCK, R. A. 1977. **Províncias Estruturais Brasileiras.** In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, Campina Grande, Boletim Resumos, 6: 363-391.
- ATLAS do Ceará. 1997. **CD-ROOM**, editado pelo IPLANCE – Instituto de Planejamento do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação – SEPLAN.
- BIZZI, L. A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R. M., GONÇALVES J. H., 2003, **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil.** Capítulo V: Geotectônica do Escudo Atlântico, CPRM, Brasília, 227-332.
- BRITO NEVES, B. B. **America do Sul: Quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino.** Bahia. VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, SBG, 1999.
- BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J. & VAN, S. W. R. 2000. **Tectonic History of the Borborema Province, Northeastern Brazil.** In: Cordani, U., Milani, E. J., Thomaz F, A. & Campos, D. A. (eds) Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, V. Único p.151-182.
- BRUCHER, K. & FREY, M. 1994. **Petrogenesis of Metamorphic Rocks.** Springer – Verlag, Berlin. 318p.
- CABY, R.; SIAL, A. N.; ARTHAUD, M. & VAUCHEZ, A. 1991. **Crustal evolution and the Brasiliano Orogeny in Northeast Brazil.** In: R. Dallmeyer & P. Lecorché (eds.), Springer-Verlag. p 373-397.
- CASTAING, C.; TRIBOULET, C.; FEYBESSE, J. L. & CHEVREMENT, P. 1993. **Tectonometamorphic evolution of Ghana, Togo and Benin in the light of the Pan-African Brasiliano orogeny.** Tectonophysics, 28. 423-432.
- CAVALCANTE, J. C. 1993. **Estratigrafia Precambriana do Estado do Ceará – Uma síntese.** In: Simp. Geol. do Nordeste. 15. Natal, 1993. Atas... Natal, Boi. Núcleo Nordeste da SBG. v. 13. p. 313-316.

- CAVALCANTE, J. C. & FERREIRA, C. A. 1983. **Mapa geológico do Estado do Ceará.** Escala 1:500.000, MME. CPRM/DNPM.
- CHOUDHURI, A. 2003. **Rochas Metamórficas.** Departamento de Geologia e Recursos Naturais - Instituto de Geociências-UNICAMP. Campinas – SP. 17p.
- COSTA, M. J.; FRANÇA, J. B.; BACCIEGGA, I. F.; HABEKOST, C. R.; CRUZ, W. B. 1973. **Geologia da Bacia Jaibaras; Ceará, Piauí e Maranhão.** Projeto Jaibaras. DNPM/CPRM. Recife. Relatório Final (5 vol).
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2003). **Mapa Geológico do Estado do Ceará.**
- DANA, J. D. 1969. **Manual de Mineralogia -Volumes 1 e 2.** Tradução Rui Ribeiro Franco. Direitos reservados por Livro Técnico S. A.. Rio de Janeiro - Brasil. 642p.
- DANTAS, E. L.; HACKSPACHER, P. C.; VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B. 1998. **Archean accretion in the São José de Campestre Massif, Borborema Province, Northeast Brazil.** Revista Brasileira de Geociências 28(2): 221-228.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. 1966. **Minerais Constituintes de Rochas – Uma Introdução.** Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. Tradução, 558p.
- DORADO, A. C. 1989. **Petrografia Básica: Texturas, Clasificación y Nomenclatura de Rocas.** Editorial Paraninfo S. A., Madrid – España. 139p.
- FETTER, A. H.; SANTOS, T. J. S.; SCHMUS, W. R. V.; HACKSPACHER, P. C.; BRITO NEVES, B. B.; ARTHAUD, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A.; WERNICK, E. 2003. **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, v. 6, n. 2, p. 265-273.
- FETTER, A. H.; VAN SCHMUS, W. R.; SANTOS, T. J. S.; NOGUEIRA NETO, J. A. & ARTHAUD, M. H. 2000. **U/Pb and Sm/Nd Geochronological Constraints On The Crustal Evolution and Basement Architecture Of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications For The Existence Of The Paleoproterozoic Supercontinent “Atlantica”.** São Paulo. Revista Brasileira de Geociências. Vol. 30 (1): 102–106.
- FETTER, A. H. 1999. **U/Pb and Sm/Nd Geochronological Constraints on the Crustal Framework and Geologic History of Ceará State, NW Borborema Province, NE**

- Brazil: Implications for the Assembly of Gondwana.** Department of Geology, Kansas University, Lawrence, Tese de Doutorado, 164p
- FETTER, A. H.; SANTOS, T. J. S.; NOGUEIRA NETO, J. A. & VAN SCHMUS, W. R. 1995. **Geochronologia U/Pb em zircão e Sm/Nd em rocha total do Estado do Ceará – Resultados Iniciais.** XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Anais 6:467-470.
- FUJIMORE, S. & FERREIRA, Y. A. 1987. **Introdução ao Uso do Microscópio Petrográfico.** Centro Editorial e Didático da Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA. 202p.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. 2002. **Boletim diário de Chuvas.** Governo do Estado do Ceará. Fortaleza – CE.
- GENTIL, T. F. C.; SANTOS, F. I. S.; MAGINI, C.; NOGUEIRA NETO, J. A.; PARENTE, C. V. 2009. **Caracterização de Ocorrências de Mantos Lateríticos Associados aos Litotipos do Grupo Martinópole e Complexo Granja – Noroeste no Ceará.** Revista de Geologia - UFC, Vol. 22, n. 2, p. 167-174. Fortaleza-CE.
- HACKSPACHER, P. C.; SANTOS, T. J. S.; LAFON, J. M. 1991. **Evolução geocronológica do Complexo gnáissico-migmatítico do NW Ceará.** XIV Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife, Anais: 268-271.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. **Censo Agropecuário e Contagem da População.** Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2009. **Perfil Básico Municipal – Uruoca.** Governo do Estado do Ceará. Fortaleza - CE.
- JARDIM de SÁ E. F. 1994. **A Faixa Seridó (Província Borborema), NE do Brasil e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Panafricana.** Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado, 803p.
- JARDIM de SÁ, E. F. 1984. **A evolução proterozóica da Província Borborema.** In: Simp. Geol. Nordeste, 11. Natal, 1984. Atas... Recife, SBG. P. 297-316
- JARDIM DE SÁ, E. F. & FOWLER, F. H. 1981. **A Orogênese Brasileira e suas Relações com Faixas Supracrustais no Sudoeste do Ceará.** In: X Simp. Geol. Nordeste, Recife. Atas. Recife: SBG/Nordeste. p. 337-350.
- KRETZ, R. 1994. **Metamorphic Crystallization.** John Wiley & sons, New York. 507p.

- MABESSONE, J. M. **Historia da Província Borborema NE do Brasil**. 2002. Revista de Geologia, Vol.15: 119-129.
- MABESSONE, J. M.; BEURLIN, K.; RAND, H. M. 1971. **Geologia da Bacia de Jaibaras (Ceará)**. Universidade Federal de Pernambuco, Instituto de Geociências. Série B: Estudos e Pesquisas, 2:1-116.
- MACKENZIE, W. S.; ADAMS, A. E. 1997. **Atlas en Color de Rocas y Minerales en Lámina Delgada**. Masson S. A., Barcelona – España. 215p.
- MEDEIROS, M. F.; LIMA, M. A. B.; SILVA, R. J. 2003. **Filitos Cerâmicos de Martinópolis (Ce) - Potencialidade e Aplicações Tecnológicas**. Revista de Geologia, Vol. 16, nº 1, p.49-62.
- NASCIMENTO, D. A.; GAVA, A.; PIRES, J.; TEXEIRA, W. 1981. **Geologia da Folha SA.24-Fortaleza**. In: Projeto RabamBrasil. Rio de Janeiro. DNPM. 21: 23-212.
- NASCIMENTO, D. A. & GAVA, A. 1979. **Novas considerações sobre a estratigrafia da Bacia Jaibaras**. In: Simp. Geol. Nordeste. 9. Natal, 1979. Atas... Natal, Bol. Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Nordeste, v. 7. P. 14-29.
- NOGUEIRA NETO, J. A.; & MAGINI, C.; *et al.*, 2009. **Mapa Geológico Folha Granja SA.24-Y-C-III – Escala 1:100.000**. UFC/CPRM.
- NOGUEIRA NETO, J. A. 2000. **Evolução Geodinâmica das faixas granulíticas de Granja e Cariré, extremo noroeste da Província Borborema**. Tese de Doutorado. IGCE-UNESP inédito 171pp.
- NOGUEIRA NETO, J. A. 1996. **Evolução Metamórfica das Faixas Granulíticas da Granja e Cariré (NW do Ceará)**. In: Seminário de Pós-Graduação em Geociências, Rio Claro, IGCE/UNESP. Res. Exp. p. 328-333.
- NOGUEIRA NETO, J. A.; TORQUATO, J. R.; MACAMBIRA, M. J. B.; ARTHAUD, M. H. 1990. **Avaliação dos dados geocronológicos do Complexo Granja (CE)**. Revista de Geologia-UFC, 3:5-18.
- NOGUEIRA NETO, J. A.; MARQUES Jr., F.; NERI, T. F. O.; PEDREIRA, L. H. S. T. 1989. **Contribuição à geologia do município de Chaval (CE)**. Atas do XIII Simpósio de Geologia do NE. Fortaleza, SBG. 11, 27-28.
- NOVAIS, F. R. G.; BRITO NEVES, B. B. de.; KAWASHITA, K. **Reconhecimento cronoestratigráfico da região noroeste do Ceará**. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 1979, Natal. Resumos. Sociedade Brasileira de Geologia, 1979. p. 93-110.

- OLIVEIRA, D. C. 1992. **Geologia do Gráben Martinópolis, área de Campanário/ Paula Pessoa (Granja-CE). Implicações na evolução litoestratigráfica e tectonomagmática do noroeste do Ceará.** Revista Brasileira de Geociências. n 22 v.2: 143-156.
- PARENTE, C. V.; SILVA FILHO, W. F.; ALMEIDA, A. R. 2004. **Bacias do Estágio de Transição do Domínio Setentrional da Província Borborema (Parte Integrante do Texto Bacias do Estágio da Transição da Plataforma Sul-Americana.** In: Mantoso Neto, V.; Bartorelli, A.; Dal Ré Carneiro, C.; Brito Neves, B. B. (Org.). O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. v. 1, 525 – 536.
- PEDREIRA, L. H. S. T. & TORQUATO, J. R. F. 1991. **Formação São Joaquim. Base do Grupo Martinópolis? Ou Grupo São Joaquim?** Atas do XIV Simpósio de Geologia do Nordeste. Recife. P. 26-29.
- PRADO, E. S.; MENDONÇA, J. C. G. S.; MORAIS, J. B. A.; MEDEIROS, M. E.; ASSUNÇÃO, P. R. S.; ANDRADE, V. A.; MEDEIROS, R. P. 1981. **Geologia da região NW do Estado do Ceará – Projeto Martinópolis.** DNPM/CPRM – Série geologia básica 17 – Brasília – 59 pp, incluindo mapa.
- PROJETO URUOCA – CPRM. 1985. **Relatório Final.** CPRM. Fortaleza.
- ROGERS, J. W. W. 1996. **A History of Continents in the Past Three Billion Years.** Journal of Geology, 104: 91-107.
- SANTOS, F. I. S. 2010. **Mapeamento Geológico de Semi-Detalhe do Grupo Martinópolis ao Norte do Município de Uruoca-CE, Domínio Médio Coreaú, Província Borborema.** Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza – CE. Relatório de Graduação. 85p.
- SANTOS, T. J. S.; FETTER, A. H.; HACKSPACHER, P.; VAN SCHMUS, W. R. & NOGUEIRA NETO, J. A. 2008. **Neoproterozoic tectonic and magmatic episodes in the NW sector of Borborema Province, NE Brazil, during assembly of Western Gondwana.** Journal of South American Earth Sciences (2008) 271-284p.
- SANTOS, T. J. S.; FETTER, A. H.; HACKSPACHER, P.; VAN SCHMUS, W. R. & NOGUEIRA NETO, J. A. 2004. **Structural and geochronological studies of the Médio Coreaú Domain, NE Brazil: Constraints on Brasiliano/Pan-African tectonic evolution in the NW part of the Borborema Province.** In: Weinberg, R.; Trouw, R.; Fuck, R. & Hackspacher, P. (eds) The 750-550 Ma Brasiliano Event of South America. Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, 17, Paper 9.

- SANTOS, T. J. S.; NOGUEIRA NETO, J. A.; FETTER, A. H. & HACKSPACHER, P. 2001. **Petrografia e Litogeoquímica das Rochas do Embasamento Cristalino da Região de Granja – CE.** Revista de Geologia, 14,33-48.
- SANTOS, T. J. S. 1999. **Evolução tectônica e geocronológica do extremo noroeste da Província Borborema.** Curso de Pós-Graduação em Geociências – IGCE/UNESP. Tese de Doutorado, 186p. inédito.
- SANTOS, T. J. S. 1995. **Deformação monocíclica Brasileira/Pan-Africana das seqüências supracrustais do Domínio Médio Coreaú – Região Noroeste do Ceará.** In: V Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1995. p. 81-83 .
- SANTOS, T. J. S. 1993. **Aspectos geológicos de uma área sudoeste de Granja região noroeste do Ceará.** [Dissertação de Mestrado], Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP – Campos de Rio Claro. 159p.
- SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS D. A. 1984. **A Evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas Principais Concentrações Minerais.** In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. Geologia do Brasil. Ministério das Minas e Energia/Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília. p 9-53.
- SIAL, A. N. 1989. **Petrologia, geoquímica de elementos maiores, traço, terras raras e isótopos (Sr, O, H) nos batólitos de Meruoca e Mucambo, Ceará, Nordeste do Brasil.** Tese de Professor Titular do Departamento de Geologia da UFPE.
- SILVA, V. F. 2004. **Proveniência das rochas metassedimentares da Sequência Supracrustal Martinópole – Uma abordagem isotópica Sm/Nd – NW do Ceará.** Universidade Federal do Ceará - UFC, Curso de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza- CE. Dissertação de Mestrado. 80p.
- SMALL, H. L. 1914. **Geologia e Suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará.** Ministério da Viação e Obras Públicas. Inspeção de Obras Contra as Secas. Série I.D. Geologia. Rio de Janeiro. 169p. (Publicação 32).
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; & TAIOLI, F. 2003. **Decifrando a Terra.** 2ª Reimpressão, Oficina de Textos. São Paulo – SP. 558p.
- TORQUATO, J. R. & NOGUEIRA NETO, J. A. 1996. **Historiografia da Região de Dobramentos do Médio Coreaú.** Revista Brasileira de Geociências. Fortaleza – CE. Vol.26(4):303-314.

TORQUATO, J. R.; PEDREIRA, L. H. S. T.; NOGUEIRA NETO, J. A. – 1987- **Projeto Granja – Geologia Local**. CNPq, Relatório Final, Processo, 408206/84-GL. Mimeografado. 81p.

TROMPETTE, R. 1994. **Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma), Pan-Africa-Brasiliano Aggregation of South America and Africa** . Balkema. Rotterdam. NL. xii, 350 p.

VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P. C.; FETTER, A. H.; KOZUCH, M.; DANTAS, E. L.; BABINSKI, M. 1995. **U-Pb and Sm/Nd geochronologic studies os eastern Borborema province, Northeast Brazil: initial conclusions**. Journal South American Earth Sciences, 8 (3/4): 267-288.

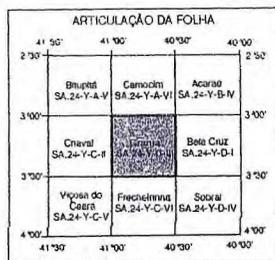
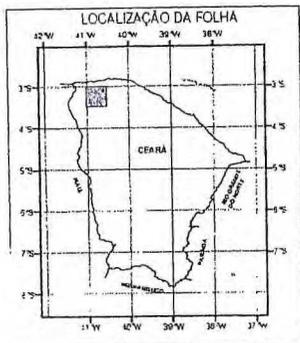
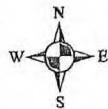
VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P.; FETTER, A. H.; KOZUCH, M.; DANTAS, E. L.; BABINSKI, M. 1997. **The Borborema Province: A Collage of Polycyclic Crustal Domains in NE Brazil**. In: XVII Simp. Geol. NE, Resumos Expandidos. Vol. 15. Fortaleza, SBG - Núcleo Nordeste. p. 115 -120.

WINKLER, H. G. F. 1977. **Petrogenesis de Rocas Metamórficas**. Ed. Espanhola, Tradução Cesar Casquet & Mercedes Peinado. H. Blume Ediciones, Madrid. 346p.

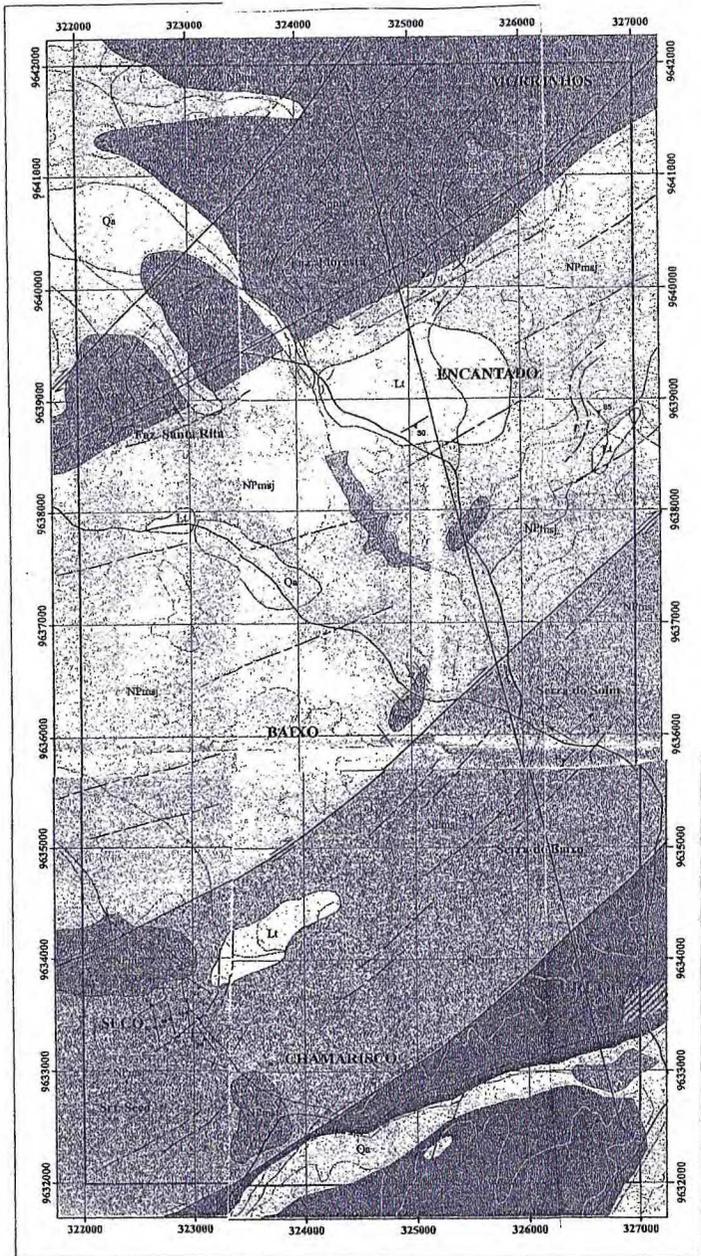
YARDLEY, B. W. D. 1994. **Introdução à Petrologia Metamórfica**. 1ª Edição, Tradução Reinhardt Adolfo Fuck. EDUB, Brasília. 340p.

YARDLEY, B. W. D. 2004. **Introdução à Petrologia Metamórfica**. 2ª Edição, Tradução Reinhardt Adolfo Fuck. EDUB, Brasília. 432p.

# ANEXOS



**DECLINAÇÃO MAGNÉTICA EM 2010  
E CONVERGÊNCIA MERIDIANA  
DO CENTRO DA FOLHA**



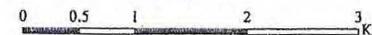
RELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS			
CRONOESTRATIGRAFIA	IDADE (Ma)	FOLHA GRANJA	PRESENTE TRABALHO
QUATERNÁRIO	1,75		Qa
NEÓGENO	23,5	Gr. Barreiros	Li
PALEÓGENO	65		
NEOPROTEROZOICO	540		
III	600		
CRIOGÊNICO		Gr. Martinópolis	Gr. Martinópolis
TONIANO	850		
ESTATERIANO	1000		
OROSIRIANO	1600		
RIACTIANO	2000		
SIDERIANO	2300	Complexo Grajaú	Complexo Grajaú
	3500		

Convenções Geológicas	Convenções Cartográficas
— Perfil Geológico A-A'	□ Área de Pesquisa
- - - Falhação com Mergulho Indicado	○ Ponto Cadeado
- - - Falhação Vertical	— Drenagem
† Pasturo	— Estrada de Ferro
— Linhação	— Estrada Carrossável
— Lincomentos	— Rodovias Pavimentadas
— Zonas de Clatramento Transcorrentes	— Curva de nível
— Contato Geológico Inferido	▲ Açudes
	▲ Município de Urucá

**PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR**

Datum horizontal: WGS84

1:25.000



ANEXO 02  
MAPA GEOLÓGICO  
ÁREA - 50 Km<sup>2</sup> ESCALA - 1:25.000

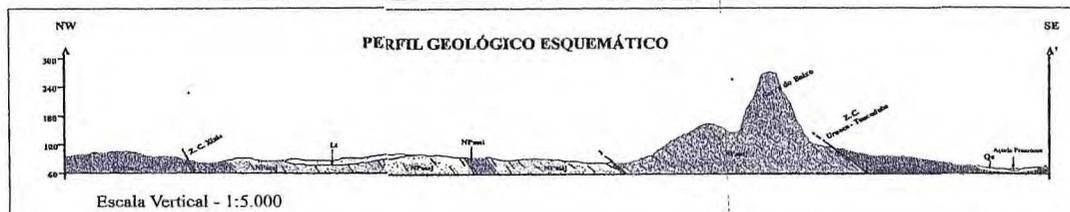
RELATÓRIO DE GRADUAÇÃO

ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS  
DE UMA ÁREA LOCALIZADA A NORTE-NOROESTE (NNW)  
DO MUNICÍPIO DE URUCÁ, DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ - CE.

ORIENTADOR GRADUANDA  
Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto Tullia Forquilha Carvalho Gentil



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GEOLOGIA  
2010



### Convenções Cartográficas

 Área de Trabalho

× Pontos Cotados

Drenagens

 Estrada Carrossável

 Estrada de Ferro

 Rodovias Pavimentada

Curva de Nível

 Cidade

 Açude

### Convenções Litológicas

○ Cobertura Sedimentar

○ Laterita

○ Filito

○ Quartzito

○ Gnaisse

ANEXO 01  
MAPA DE PONTOS  
ÁREA - 50 Km<sup>2</sup> ESCALA - 1:25.000

## RELATÓRIO DE GRADUAÇÃO

ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS  
DE UMA ÁREA LOCALIZADA A NORTE-NOROESTE (NNW)  
DO MUNICÍPIO DE URUOCA, DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ - CE.

ORIENTADOR

Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto

GRADUANDA

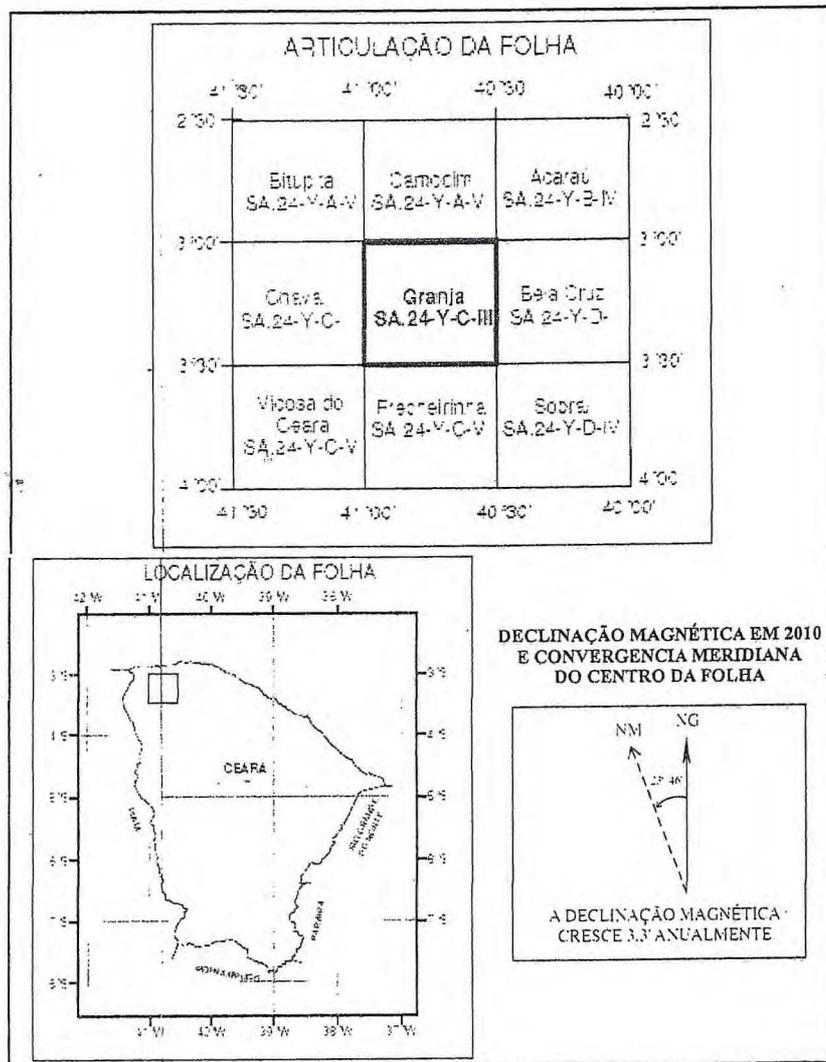
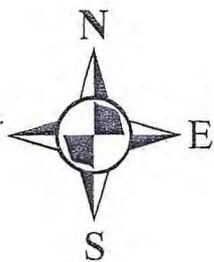
Talita Fernanda Carvalho Gentil



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GEOLOGIA

2010





### PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 39° W Gr.  
Acrescidas as constantes: 10.000 Km e 500 Km, respectivamente.

Datum horizontal: WGS84

**1:25.000**

