



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

**DILLANO RODRIGUES BASTOS XIMENES**  
**HERDIVÂNIA PIRES DE SOUSA**

**GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E**  
**ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2013**

**DILLANO RODRIGUES BASTOS XIMENES**  
**HERDIVÂNIA PIRES DE SOUSA**

**GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E  
ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ**

Relatório de Graduação apresentado ao Curso de Geologia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Geólogo.  
Área de Concentração: Geologia Estrutural e Geotectônica da Província Borborema.

Orientadores: Dr. Christiano Magini.  
Coorientadora: Dr.<sup>a</sup> Irani Clezar Mattos.

**FORTALEZA**

**2013**

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)

---

Ximenes, Dillano Rodrigues Bastos.

Gradiente tectônico da porção sudeste de Ibaretama e adjacências, província Borborema, Ceará / Dillano Rodrigues Bastos Ximenes, Herdivânia Pires de Sousa. – 2006.  
90 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2006.

Orientação: Prof. Dr. Christiano Magini.

Coorientação: Profa. Dra. Irani Clezar Mattos.

1. Província Borborema. 2. Diagrama de Flinn. 3. Grau de Deformação. 4. Zona de Cisalhamento . 5. Senador Pompeu. I. Sousa, Herdivânia Pires de. II. Título.

CDD 551

---

**DILLANO RODRIGUES BASTOS XIMENES  
HERDIVÂNIA PIRES DE SOUSA**

**GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E  
ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ**

Relatório de Graduação apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Geólogo.  
Área de Concentração: Geologia Estrutural e Geotectônica da Província Borborema.

Aprovado em: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_.

~~BANCA EXAMINADORA~~

---

Dr. Christiano Magini  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Sebastián González Chiozza  
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

---

Dr. Afonso Rodrigues de Almeida  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS,  
PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ

---

SOUSA, H. P.; XIMENES, D.R.B.

À Deus, aos nossos pais e familiares.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e criação do nosso laboratório de estudo.

À Universidade Federal do Ceará por proporcionar a oportunidade e financiamento do projeto.

Aos orientadores Christiano Magini e Irani Clezar Mattos, como também ao corpo docente do curso de Geologia da Universidade Federal do Ceará, em especial, ao Clóvis, Wellington, Tereza, Sebastián, Cynthia, Satander, Afonso, Otaciél, Beltrão, Sônia, Neivaldo, Zeca, Itabaraci, Wagner, Cesar Martinelli, César Ulisses, Loreci (*in memorian*), Arthaud (*in memorian*), Jeovah, Paulo Thiers, Gorayeb e Felipe Monteiro, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Valmi, Lobim, Gegê, Leal e as Tias Mara, Verônica e Márcia pelas inúmeras ajudas.

Aos amigos e colegas, Henrique (Clô), Kleyson, Emmanuel Arruda e Laurentino, Renata, Wilkson, Vanessa, Joel, Daniela Godoy, Brenno, Villamar, Josy, Adriano, Xikin, Naedja, Talita, Heury, Oséas, João Henrique, Luiz Allan, Flávio, Erlando, Diego Araújo e Farias, Jean, Jesus, Ana Olívia, Pitombeira, Lucas Barreira, Robson Bôto, Verusca Cabral, Débora Macêdo, Raul C. Gomes e a todos passaram durante nossa vida acadêmica.

Ao guerreiro Perebinha pelos grandiosos momentos de ajuda.

### ***Dillano Rodrigues Bastos Ximenes***

Aos meus pais, Valdir e Francisca e minha irmã Dilly pela paciência, amor, carinho, apoio e esperança de um dia eu ser alguém.

Aos meus avós, Franció, José Osmar, Luiza e Irineu (*in memorian*) e a dezenas de tios, tias e primos e primas espalhados pelo Ceará.

À Vânia por aguentar meu jeito ranzinza de ser, por me proporcionar alegrias, horas de estudos forçados, raivas (que fazem parte), etc.

À todos da Coordenadoria de Acompanhamento Discente (CAD), em especial, a Prof.<sup>a</sup> Sônia, Josy, Chefinha, Célio, Raissa e os meros bolsistas pelos momentos de aperreios e alegrias.

À todos os candidatos que prestaram vestibular para o curso de Geologia no ano de 2008 e não se matricularam, o que permitiu a minha ingresso na penúltima vaga de reopção para as específicas de matemática e física.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram ou não para hoje estar aqui a escrever estas palavras.

### *Herdivânia Pires de Sousa*

Aos meus pais, Edmilson e Germana, às minhas irmãs Lane e Lene pela força e apoio nos momentos mais difíceis. Sem vocês hoje eu não mais existiria.

Aos avós, Germano, Hozana, Edilson (*in memorian*) e Luiza. Aos tios, Jorge, Carminha, Edna, Patrícia, Neo (*in memorian*), Maria (*in memorian*), Edilsa, Helena, Eliane, Hélio, Dilsinho, Evandro, Luciano, João, Jean e Priscila. A todos os meus primos, em especial, Edjane/Jhonny Makis e Marcus Vinícius. Muito obrigada aos meus familiares, que são a base de toda a minha vida.

Ao Dillano pela infinita paciência, calma, amizade, companheirismo, dedicação, cuidado e conselhos no decorrer da jornada.

Aos anjos Dra. Márcia Uchôa, Cristina Frazão, Kátia, Caetano, Regina, Marli Moraes, João Lopes, Marinalva (*in memorian*), Anangêlica (*in memorian*), Lurdes (*in memorian*) pela constante luta enfrentada pela vida. De alguma forma agradeço a vocês a minha.

À Regina Claudia (*in memorian*), Marquito e Andreia, obrigada por todos os ensinamentos, para sempre levarei comigo.

Mais uma vez, a todos os meus sinceros agradecimentos.

GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS,  
PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ

---

SOUSA, H. P.; XIMENES, D.R.B.

“Seu doto, fique ciente, tudo aqui tá bem  
contente proque no sertão chueu.” (Patativa  
do Assaré)



## RESUMO

O mapeamento geológico estrutural teve objetivo de caracterizar o grau de deformação com a aplicação do Diagrama de Flinn. O estudo está inserido nos municípios de Ibareta, Ibicuitinga, Morada Nova e Quixadá na região central do Ceará, no contexto geotectônico Pré-Cambriano da Província da Borborema. A poligonal possui 100km<sup>2</sup>, mapeada em escala de 1:50.000, que se insere nos Domínios Rio Grande do Norte e Ceará Central. O Complexo Jaguaretama e Unidade Acopiara do Domínio Rio Grande do Norte apresentam gnaisses graníticos, biotita gnaisses orto e paraderivados e ocorrências de manganês. A Faixa Orós é composta por sillimanita quartzito intercalado a xistos aluminosos. A Unidade Canindé do Domínio Ceará Central possui biotita a granada gnaisses, com porções migmatizadas, paraderivados. Os Granitos Brasileiros são sienogranitos com ou sem milonitização. O metamorfismo na área, ocorreu de forma progressiva nas unidades até o fácies anfíbolito, o que formou a associação mineral da zona da granada nas unidades Jaguaretama, Acopiara e Canindé e da zona da sillimanita na Faixa Orós, o Granito foi a única unidade não afetada por esse metamorfismo. Ocorre também uma fase de menor grau de origem não conhecida que forma minerais do fácies xisto verde, como clorita e muscovita. A orogenia Brasileira gerou as Zonas de Cisalhamento Transcorrente Dextrais Senador Pompeu e Orós, que intersectam a área e atualmente deixa impressa *trend* Nordeste de foliação ( $S_{n+1}$ ) em todas as unidades mapeadas. Em laboratório foram analisadas os diferentes níveis de deformação, interpretadas em dez amostras orientadas com auxílio de secções delgadas e softwares, baseadas no Diagrama de Flinn. De maneira geral, a deformação resultou em achatamento, dado obtido em seis amostras distribuídas fora das interseção das duas zonas. Nota-se que as rochas que imprimiram resposta constrictiva, encontram-se em zonas que o cisalhamento simples gerou a movimentação entre os blocos.

**Palavras Chaves:** Província Borborema. Diagrama de Flinn. Grau de Deformação. Zona de Cisalhamento Senador Pompeu.

## ABSTRACT

The structural geological mapping has characterized the degree of deformation with the application of the Flinn's diagram. The study is inserted in Ibaretama, Ibicuitinga, Morada Nova and Quixadá in Ceará, in the context Precambrian of the Borborema Province. The area has 100km<sup>2</sup>, mapped on 1:50,000 scale, which to be in the Rio Grande do Norte and Ceará Central Domains. Granitic gneisses, biotite gneisses ortho and paraderivados with manganese occurrences represent the Jaguaretama Complex and Acopiara Unit, of the Rio Grande do Norte Domain. The Orós Belt consists of quartzite sillimanite intercalated with aluminous schists. Canindé Unit, of the Ceará Central Domain has biotite garnet gneisses, with portions migmatized, paraderivados. The Brasilianos granites are syenogranites with or without mylonitization. The metamorphism in the area, occurred progressively in the amphibolite facies, which formed the mineral association of zone grenade in the Jaguaretama Complex, Acopiara and Canindé Units and sillimanite zone in the Orós Belt, the granite was the only unit unaffected by this metamorphism. Also occurred phase of low grade, of the greenschist facies, with minerals such as chlorite and muscovite. The Brasiliano orogeny generated the dextral transcurrent Senador Pompeu and Orós shear zones, that intersect the area and currently have northeast trend of foliation (Sn +1). Laboratory Analysis of the samples expressed levels different of deformation. In ten samples oriented, based on the Flinn diagram, in general, resulted in flattening deformation, as obtained in six samples distributed outside the intersection of the two shear zones. Note that the constrictive response printed rocks, found in the shear zone generated simple movement between the blocks.

**Keywords:** Borborema Province. Flinn Diagram. Deformation. Senador Pompeu Shear Zone.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma de atividades desenvolvidas na pesquisa .....	25
Figura 2: Modelo Digital de Terreno da área de estudo .....	29
Figura 3: Compartimentação tectônica da Província Borborema: DMC (Domínio Médio Coreauá), DCC (Domínio Ceará Central), DRN (Domínio Rio Grande do Norte), DZT (Domínio da Zona Transversal), DS (Domínio Sul), BC (Bacia Costeira). Fonte: Modificado de Santos et al., 2010 .....	39
Figura 4: Mapa de geológico regional simplificado. Fonte: Modificado de Cavalcante et al., 2003 .....	43
Figura 5: Diagrama composicional QAP (Quartzo, Feldspato Alcalino, Plagioclásio) para o sienogranito. Fonte: Streckeisen, 1976.....	61
Figura 6: Delimitação da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP) e Orós (ZCO) na área de estudo, em imagem de radar <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM), com <i>Hillshade</i> de 315°Az e elevação de 45 .....	71
Figura 7: Estereograma de Contorno de Polos e Diagrama de Roseta dos planos de foliação .....	72
Figura 8: Diagrama de Roseta das direções de lineação .....	73
Figura 9: Dobras regionais em bloco diagrama.....	74
Figura 10: Estereograma de Contorno de Polos e Diagrama de Roseta de fraturas.....	75
Figura 11: Fases para obtenção de resultados .....	78
Figura 12: Plotagem das amostras analisadas no Diagrama de Flinn .....	81
Figura 13: Plotagem dos elipsoides de deformação das amostras analisadas no Diagrama de Flinn.....	82

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Cristas Residuais Alinhadas. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 540047 m E, 9455944 m N.....	27
Fotografia 2: Maciço Residual. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 530545 m E, 9469448 m N.....	27
Fotografia 3: Depressão Sertaneja. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 532043 m E, 9455238 m N.....	27
Fotografia 4: Planície Aluvionar. A. Riacho dos Macacos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 529983 m E, 9462954 m N. B. Afluente do rio Palhano. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 542497 m E, 9453024 m N.....	29
Fotografia 5: Solos. A. Argissolos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 530515 m E, 9467374 m N. B. Luvisolos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 535215 m E, 9459250 m N.....	30
Fotografia 6: Solos. A. Neossolos Litólico no quartzito. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 539445, m E, 9458868 m N. B. Neossolos Litólico no xisto. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 539157 m E, 9453614 m N.....	32
Fotografia 7: Riacho dos Macacos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 531673 m E, 9469604 m N.....	32
Fotografia 8: Floresta Caducifólia Espinhosa. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 528764 m E, 9468910 m N.....	34
Fotografia 9: Caatinga Arbustiva Densa. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 533734 m E, 9454786 m N.....	36
Figura 10: Vegetação Antropizada. A. Agricultura de Subsistência. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 531084 m E, 9466222 m N. B. Área reservada para a Pecuária. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 531225 m E, 9464100 m N.....	36

Figura 11: Vegetação Antropizada. A. Distrito de Oiticica. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 530545 m E, 9469448 m N. B. Regeneração da vegetação. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24S): 540047 m E, 9455944 m N..... 37

Fotografia 12: A. Lajedo de Granito Gnaíssico. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N. B. Lineação de estiramento do gnaíse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N. C. Sigmoide sinistral de plagioclásio. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N..... 45

Fotografia 13: A. Amostra DH 30. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 542166 m E, 9454286 m N. B. Visualização da microclina, plagioclásio com seritização, biotita e placas de muscovita secundária..... 46

Fotografia 14: Amostra DH30. A. Porfiroblasto de plagioclásio, textura mimerquítica, quartzo e biotita. B. Biotita alterada para muscovita. C. Cristais de apatita. D. Zircão em biotita, com halos pleocroicos ..... 47

Fotografia 15: A. Biotita Gnaíse *in situ*. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540052 m E, 9449884 m N. B. Dobra em Z. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9449884 m N..... 47

Fotografia 16: A. Amostra DH 25. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540052 m E, 9449884 m N. B. Visão geral da seção delgada. C. Biotita demarca a foliação, com porfiroblasto de plagioclásio pré-tectônico. D. Porfiroblasto de microclina. E. Ilmenita alterada para titanita. F. Cristais de titanita, apatita e biotita..... 49

Fotografia 17: Amostra DH 25. A. Metassomatismo da biotita para clorita e blasto de allanita. B. Calcita em fissura..... 50

Fotografia 18: A. Gnaíse verticalizado da unidade Acopiara. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530417 m E, 9458104 m N. B. Biotita gnaíse porfiroblástica menos deformada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N..... 50

Fotografia 19: A. Biotita gnaíse com indicador cinemático dextral. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 535537 m E, 9466324 m N. B. Biotita gnaíse com granada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532960 m E, 9456340 m N..... 51

Fotografia 20: A. Amostra DH18. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N. B. Biotita contorna os porfiroblastos de plagioclásio. C. Geminação mecânica da microclina. D. Zircão incluso na biotita e apatita..... 52

Fotografia 21: A. Detalhe do litotipo intercalado ao gnaíse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532030 m E, 9458888 m N. B. Variação xistosa do gnaíse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532030 m E, 9458888 m N..... 52

Fotografia 25: Ocorrência de ferro e manganês em veio de quartzo. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 534522 m E, 9460720 m N.....	53
Fotografia 26: Cristas Residuais Alinhadas constituídas de quartzito e xisto intercalados. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m E .....	53
Fotografia 27: A. Foliação verticalizada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m N. B. Rocha <i>in situ</i> altamente fraturada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539157 m E, 9453614 m E.....	54
Fotografia 28: A. Amostra DH22. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m N. B. Quartzo com extinção ondulante, textura granoblástica. C. Sillimanita inclusas no quartzo. D. Amostra DH 24 Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 535835 m E, 9454652 m N. E. Textura milonítica do quartzito. F. Zircão incluso no quartzo .....	55
Fotografia 29: A. Xisto intercalado ao quartzito. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m N. B. Detalhe da rocha <i>in situ</i> . Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540612 m E, 9455170 m E.....	56
Fotografia 30: A. Foliação de médio ângulo do Biotita Gnaiss. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531225 m E, 9464100 m N. B. Banda félsica do gnaiss com granada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. C. Sigmoides dextral no gnaiss. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531084 m E, 9466222 m N. D. Gnaiss migmatíticos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530545 m E, 9469448 m N .....	57
Fotografia 31: A. Amostra DH70. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. B. Visualização geral da lâmina .....	58
Fotografia 32: Amostra DH70. A. Plagioclásio, feldspato potássico, quartzo e muscovita. B. Alteração da biotita para muscovita. C. Granada na matriz da lâmina. D. Cristais de apatita inclusos em quartzo e plagioclásio .....	59
Fotografia 33: A. Muscovita xisto. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 534450 m E, 9466406 m N. B. Biotita xisto. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 534450 m E, 9466406 m N.....	59
Fotografia 34: Maciço residual constituído por sienogranito. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N .....	60
Fotografia 35: A. Litotipo <i>in situ</i> . Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N. B. Sienogranito milonitizado. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N.....	60

- Fotografia 36: A. Amostra DH01. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N. B. Textura mirmequítita no plagioclásio, biotita e quartzo. C. Seritização do plagioclásio, quartzo e biotita. D. Microclina com textura pertítica. E. Alteração da biotita para clorita. F. Zircão incluído na microclina..... 62
- Fotografia 37: A. Blocos soltos do dique diabásico. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 533696 m E, 9464590 m N. B. Detalhe do litotipo. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 533696 m E, 9464590 m N ..... 63
- Fotografia 38: A. Amostra DH 75. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 533696 m E, 9464590 m N. B. Ripas de plagioclásio com alguns cristais com saussuritização ..... 63
- Fotografia 39: Amostra DH 75. A. Anfibólio, opacos, saussuritização e plagioclásio. B. Minerais opacos, clorita, plagioclásio e biotita ..... 64
- Fotografia 40: A. Veio métrico de pegmatito, que corta a foliação do gnaiss da Unidade Canindé. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531084 m E, 9466222 m N. B. Megacristais de plagioclásio nos pegmatitos do Complexo Jaguaratama. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539590 m E, 9452430 m N..... 64
- Fotografia 41: Leito de rio intermitente, com sedimentos mal selecionados. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N..... 65
- Fotografia 42: A. Sedimentos arenosos em leito de rio. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 543294 m E, 9453502 m N. B. Material coluvionar da Serra Azul. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528130 m E, 9469964 m N..... 65
- Fotografia 43: Unidade Acopiara. A. Gnaiss com sigmoide dextral. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532269 m E, 9461590 m N. B. Gnaiss com sigmoide sinistral. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N..... 71
- Fotografia 44: A. Foliação verticalizada da Unidade Acopiara. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530417 m E, 9458104 m N. B. Foliação subverticalizada do Complexo Jaguaratama. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530417 m E, 9458104 m N..... 72
- Fotografia 45: A. Lineação de estiramento do gnaiss da Unidade Canindé. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. B. Lineação no gnaiss da Unidade Acopiara. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 535537 m E, 9466324 m N. C. Deformação por achatamento dos grãos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N. D. Mineral rotacionado. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532960 m E, 9456340 m N..... 73

- Fotografia 46: Dobras locais. A. Tipo M e em Bengala. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. B. Tipo Chevron. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 542497 m E, 9453024 m N..... 74
- Fotografia 47: A. Fraturas. A. Quartzito da Faixa Orós. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539157 m E, 9453614 m N. B. Gnaiss do Complexo Jaguaratama. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539314 m E, 9452248 m N..... 75
- Fotografia 48: Orientação das amostras em coleta de campo. A. Amostra DH18YZ. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N. B. Amostra DH18XY. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N ..... 76
- Fotografia 49: A. Corte da amostra DH18 para confecção das secções delgadas. B. Plano XZ da seção delgada. C. Plano XY da seção delgada. D. Plano YZ da seção delgada ..... 77

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Mapa de Localização.....	21
Mapa 2: Mapa de Geomorfologia.....	28
Mapa 3: Mapa Pedologia.....	31
Mapa 4: Mapa de Hidrologia.....	33
Mapa 5: Mapa de Vegetação .....	35
Mapa 6: Mapa de Pontos .....	66
Mapa 7: Mapa Geológico .....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Coordenadas UTM (Datum SIRGAS 2000, Fuso 24M) dos vértices limítrofes da área de pesquisa .....	20
Quadro 2: Painel Climático Regional. Fonte: IPECE, 2012 .....	26
Quadro 3: Poços tubulares catalogados na área de estudo. Fonte: SIAGAS, 2013.....	34
Quadro 4: Interpretação do Coeficiente de Flinn .....	79
Quadro 5: Resultados obtidos das amostras analisadas.....	79
Quadro 6: Classificação do tipo e elipsoide de deformação.....	80

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	19
1.1 Apresentação .....	19
1.2 Localização e Vias de Acesso .....	19
1.3 Justificativa.....	20
1.4 Objetivos .....	22
1.5 Métodos de Trabalho.....	22
1.5.1 Etapa I: Levantamento de Dados.....	22
1.5.2 Etapa I: Mapeamento Geológico.....	23
1.5.3 Etapa III: Laboratório.....	23
1.5.4 Etapa IV: Integração de Dados.....	24
CAPÍTULO II: ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	26
2.1 Apresentação .....	26
2.2 Climatologia.....	26
2.3 Geomorfologia.....	26
2.4 Pedologia.....	30
2.5 Recursos Hídricos.....	32
2.5.1 Superficiais.....	32
2.5.2 Subterrâneos .....	34
2.6 Cobertura Vegetal.....	34
CAPÍTULO III: CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....	38
3.1 Apresentação .....	38
3.2 Província Borborema.....	38
3.2.1 Domínio Rio Grande Do Norte .....	40
3.2.1.1 Cinturão Jaguaribeano.....	40
3.2.2 Domínio Ceará Central.....	41
3.2.2.1 Embasamento Policíclico .....	41
3.2.2.2 Coberturas Metassedimentares Monocíclicas .....	42

3.2.2.3	Granitos Brasileiros .....	42
3.2.3	Suíte Magmática Ceará-Mirim .....	42
CAPÍTULO IV: LITOESTRATIGRAFIA E PETROGRAFIA.....		44
4.1	Apresentação .....	44
4.2	Domínio Rio Grande do Norte .....	44
4.2.1	Complexo Jaguaretama .....	44
4.2.2	Unidade Acopiara.....	50
4.2.3	Faixa Orós .....	53
4.3	Domínio Ceará Central.....	56
4.3.1	Unidade Canindé .....	56
4.3.2	Granitos Brasileiros .....	60
4.4	Suíte Magmática Ceará-Mirim .....	62
4.5	Pegmatitos .....	64
4.6	Sedimentos Recentes.....	65
CAPÍTULO V: METAMORFISMO.....		68
5.1	Apresentação .....	68
5.2	Associação Metamórfica I.....	68
5.3	Associação Metamórfica II .....	69
5.4	Associação Metamórfica III.....	69
CAPÍTULO VI: ANÁLISE ESTRUTURAL DE DEFORMAÇÃO.....		70
6.1	Apresentação .....	70
6.2	Deformação Dúctil .....	70
6.2.1	Zona de Cisalhamento .....	70
6.2.2	Foliação .....	71
6.2.3	Lineação .....	72
6.2.4	Dobra .....	74
6.3	Deformação Rúptil .....	75
6.4	Análise da Deformação .....	76
6.4.1	Métodos de Trabalho.....	76
6.4.2	Diagrama de Flinn .....	78
6.4.3	Resultados .....	79
CAPÍTULO VII: GEODINÂMICA E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		83
REFERÊNCIAS .....		85

## CAPÍTULO I INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO

O documento apresentado é parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Geólogo, junto ao curso de Graduação do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC).

As informações geológicas obtidas em trabalhos publicados descrevem que, na área de estudo, o embasamento compreende, o Domínio Rio Grande do Norte e Domínio Ceará Central, inseridos na Província Borborema.

O entendimento dos terrenos supracitados é baseado em técnicas de mapeamento geológico, cujos dados dão suporte para a compreensão dos diferentes eventos geológicos, tectônicos, estruturais e litológicos, que deram origem aos diferentes blocos crustais, como também as ocorrências de manganês e ferro.

A partir da análise dos elementos de campo e da microtectônica de amostras orientadas pode-se estabelecer o grau de deformação das rochas, com o auxílio do Diagrama de Flinn, que avalia os mecanismos de deformação nas proximidades das Zonas de Cisalhamento Senador Pompeu e na Faixa Orós, a partir de parâmetros que identificam a forma do elipsoide e a intensidade de deformação.

### 1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área a ser investigada está localizada na porção central do Estado do Ceará, nos municípios de Ibaratama, Ibicuitinga, Morada Nova e Quixadá, inserida na base cartográfica da folha SB-24-X-A-IV-Itapiúna, datada no período de 1967, na escala de 1:100.000, confeccionadas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, em convênio com a Divisão de Cartografia da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste.

A poligonal delimitada dista 183km de Fortaleza e 30km de Quixadá e possui área de 100km<sup>2</sup> (Quadro 1).

**Quadro 1: Coordenadas UTM (*Datum* SIRGAS 2000, Fuso 24M) dos vértices limítrofes da área de pesquisa.**

Vértices	Coordenadas	
	E (m)	N (m)
V01	530.000	9.468.000
V02	544.142	9.453.857
V03	540.606	9.450.322
V04	526.464	9.464.464

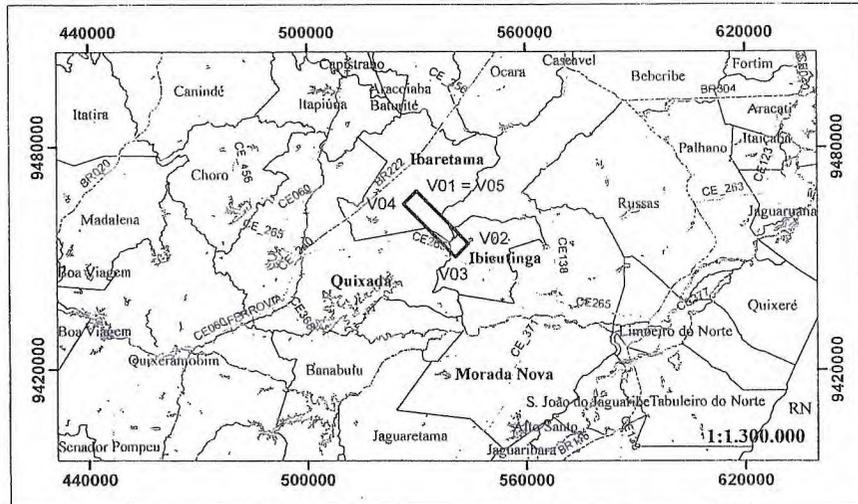
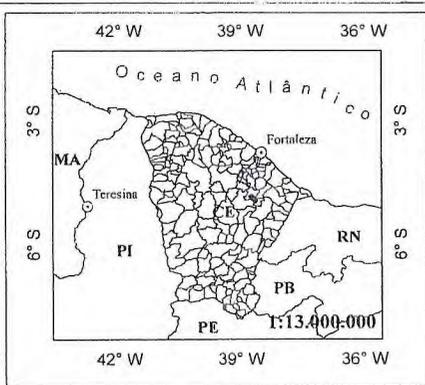
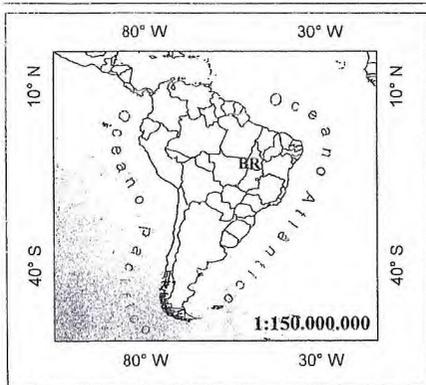
O acesso é realizado da porção sul de Fortaleza, pela BR116, que passa pelos municípios de Aquiraz, Horizonte, Pacajus e Chorozinho, com distância aproximada de 80km da capital. Logo após a sede municipal de Chorozinho segue-se em direção sul pela BR122, por cerca de 60km até o entroncamento com a rodovia CE359, que dá acesso à CE265, a qual proporciona a entrada da área de estudo, nas proximidades do município de Ibicuitinga (Mapa 1).

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós foram regiões tectonicamente ativas durante a orogenia Brasileira. A movimentação de cinemática dextral gerou diferentes níveis de deformação nas rochas pré-cambrianas, em escala quilométrica, cuja intensidade varia com a competência dos litotipos e com a proximidade das zonas de cisalhamento.

A investigação do gradiente tectônico na área delimitada procura fundamentar a intensidade de deformação ao longo de 20km de comprimento por 5km de largura, o que totaliza 100km<sup>2</sup>.

Para isso, emprega-se ferramentas computacionais de processamento, técnicas de mapeamento geológico e laboratoriais, que visam à caracterização da deformação dos eventos geológicos, com base na descrição das associações tectonoestruturais e litoestratigráficas observadas nas unidades e complexos mapeados, como também na interpretação dos elipsoides deformacionais pelo diagrama de Flinn das amostras orientadas coletadas.



**Convenções Geográficas**

- |  |                  |  |                  |  |                         |  |                |
|--|------------------|--|------------------|--|-------------------------|--|----------------|
|  | Área de Estudo   |  | Corpo Aquoso     |  | Drenagem                |  | Curva de Nível |
|  | Municípios sedes |  | Distritos        |  | Edificações             |  | Ferrovia       |
|  | Rodovia Federal  |  | Rodovia Estadual |  | Rodovia Não Pavimentada |  |                |



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CAMPUS DO PICI - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913  
 FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL

Projeto: GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ

Título: MAPA DE LOCALIZAÇÃO

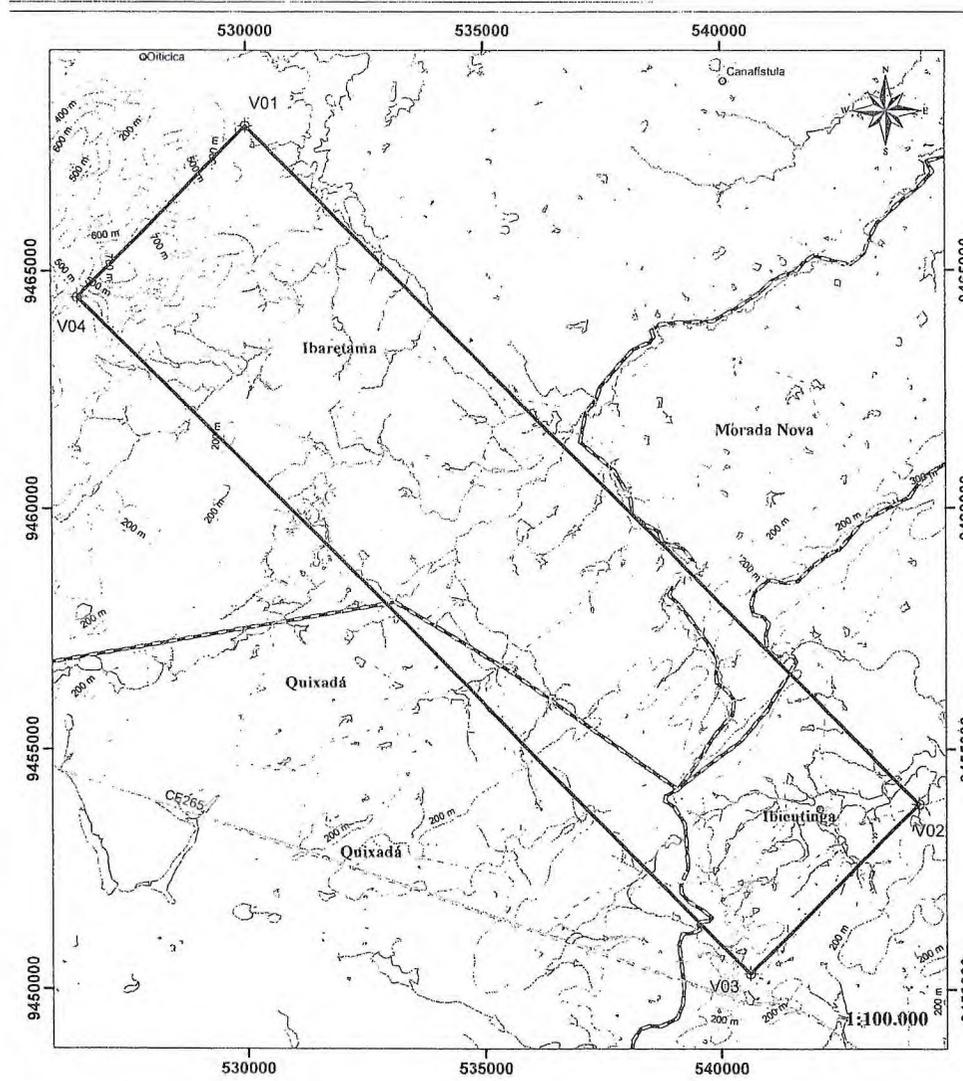
Polygonal: 100 Km<sup>2</sup>

Prancha: 01

Autores: SOUSA & XIMENES

Orientadores: MAGINI & MATTOS

07



**ESCALA GRÁFICA**



Projeção: Universal Transversa de Mercator  
 Meridiano Central: -39° W - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 UTM - Zona 24M  
 Origem da Quilometragem UTM: Linha do Equador e Meridiano 39° W. Gr.  
 Falso Leste: 500.000 - Falso Norte: 10.000.000 - Unidade: Metros

**DECLINAÇÃO MAGNÉTICA**  
 Ponto: Coordenadas Médias  
 Latitude: -4°48'15" S  
 Longitude: 38°45'11" W  
 Declinação Magnética: 21°64'  
 Inclinação ao eixo de rotação: 18°35'  
 Data: 25/05/2013 - Ibaratama/CE  
 Observatório Nacional - MCT

## 1.4 OBJETIVOS

O escopo geral do trabalho consistiu em analisar, identificar e relacionar os diferentes gradientes deformacionais dos blocos tectônicos, através de petrologia, petrografia e estruturas das unidades geológicas. Como objetivos específicos, teve-se:

- i. Caracterização dos tipos de deformações;
- ii. Correlação da deformação em unidades diferentes;
- iii. Determinação petrográfica;
- iv. Discussão sobre geologia local;
- v. Confecção de mapas temáticos;
- vi. Elaboração do relatório técnico-científico.

## 1.5 MÉTODOS DE TRABALHO

O projeto foi dividido em quatro etapas, com intuito de subsidiar os objetivos propostos. Essas são: (I) levantamento de dados, (II) mapeamento geológico, (III) laboratório e (IV) integração de dados.

### 1.5.1 Etapa I: Levantamento de Dados

Na etapa inicial da pesquisa foi realizada a aquisição e compilação de materiais bibliográficos e de dados geológicos, tectônicos, estruturais e imagens de sensores remotos da área averiguada.

A revisão bibliográfica consiste na leitura de revistas e artigos publicados no portal de periódicos da Capes, Revista de Geologia e outros meios de veiculação científica, referentes aos contextos dos Domínios Rio Grande do Norte e Ceará Central, da Província Borborema.

Os mapas temáticos foram confeccionados em plataforma unificada de Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG), em coordenadas Sistema *Universal Transverso de Mercator* (UTM), com *Datum* Horizontal Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000) e fuso 24 hemisfério Sul, com intuito de armazenar planos de informações para futuras consultas. Os principais softwares utilizados foram: *ENVI 4.8*<sup>®</sup> (ITT 2010), *ERMapper 7.01*<sup>®</sup> (ERDAS 2005), *AutoCAD Map 2013*<sup>®</sup> (Autodesk 2012), *ArcScene 10.1*<sup>®</sup> (ESRI 2012) e *ArcGIS 10.1*<sup>®</sup> (ESRI 2012).

Os programas *ENVI 4.8*<sup>®</sup> e *ERmapper 7.01*<sup>®</sup> são *softwares* de processamento e análises de imagens multiespectrais, obtidas a partir de equipamentos orbitais. Neles foram realizados os processamentos das imagens dos satélites *Landsat 5* e *7* de órbita ponto 217/63, com a finalidade de inferir variações dos litotipos, estruturas dominantes, identificação de corpos aquosos e possíveis alvos metalotectos.

O *software ArcScene 10.1*<sup>®</sup> foi utilizado para o tratamento de dados do radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), cuja utilização principal foi a elaboração de modelos digitais de terreno.

Com o auxílio do *plugin Plexearth*<sup>®</sup>, instalado no *software Autocad Map 2013*<sup>®</sup>, foram captadas e digitalizadas imagens de satélites de alta resolução georreferenciadas, disponíveis no programa *Google Earth*, que são gratuitas para visualização. Os planos de informações gerados foram: estradas, caminhos, edificações, pontos de apoio, corpos aquosos, drenagens, entre outros alvos que auxiliam o mapeamento.

A integralização de todas das informações obtidas dos *softwares* foi constituída no *software ArcGIS 10.1*<sup>®</sup>, para o tratamento final e elaboração dos mapas pré-campo, assim como as figuras com dados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

### **1.5.2 Etapa II: Mapeamento Geológico**

O levantamento das informações de campo foi realizado em duas fases, a primeira de três e a segunda de sete dias, com intuito de caracterizar os diferentes tipos litológicos, tectônica, geologia estrutural, metalogenia, dentre outros aspectos físicos expostos na região de estudo.

Os materiais auxiliares durante o mapeamento foram caderneta de campo, *Global Positioning System* (GPS), bússolas de geólogo, lupa de bolso, máquina fotográfica, marreta e martelo geológico.

Como estratégia de campo foram realizados pontos estratégicos, com objetivo de identificar os contatos e os litotipos observados na imagem de satélite. Os diferentes tipos litológicos dispostos em campo foram coletados, orientados e etiquetados para serem utilizados nas fases subsequentes.

### **1.5.3 Etapa III: Laboratório**

As amostras e os dados coletados em campo deram base para uma descrição

petrográfica pormenorizada dos litotipos inseridos.

A plotagem das medidas estruturais coletadas em campo foi realizada no *software OpenStereo* (USP 2010), o que facilitou o entendimento dos eventos estruturais pretéritos. A descrição macroscópica consistiu na investigação da assembleia mineral, estrutura, dentre outras.

A confecção das lâminas se desenvolveu no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia. A serragem das amostras orientadas para a confecção de seções delgadas foi efetuada ao longo dos planos principais da deformação (XZ, YZ e XY).

Para a caracterização das lâminas delgadas foi utilizado o Laboratório de Mineralogia Óptica da instituição, no qual dispõe de microscópios petrográficos a luz transmitida. A descrição se baseou na composição, textura e percentual de minerais essenciais, secundários e acessórios, como também na ordem de cristalização dos minerais, processos deformacionais e as considerações petrogenéticas.

Com a análise da microtectônica pode-se estabelecer os eixos cristalográficos dos minerais pelos parâmetros de Flinn, que teve como objetivo avaliar os mecanismos de deformação dos diferentes blocos crustais. As medidas dos grãos foram efetuadas no software *AutoCAD Map 2013*<sup>®</sup> e, logo após, inseridas em planilhas do *Microsoft Excel 2013*<sup>®</sup>. A deformação foi representada pelo Diagrama de Flinn, a partir de parâmetros que identificam a forma do elipsoide e a intensidade de deformação.

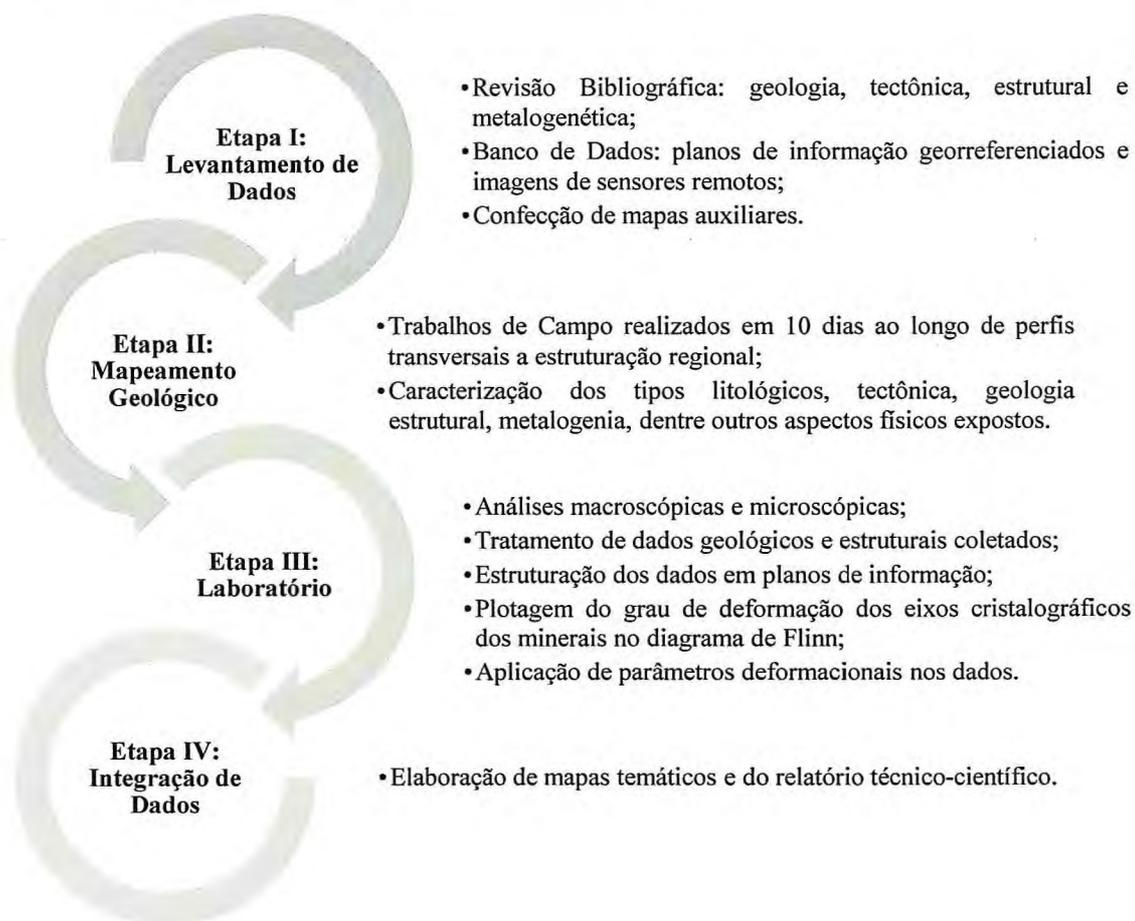
#### **1.5.4 Etapa IV: Integração de Dados**

Os dados foram dispostos em tabelas e planos de informações georreferenciados para tratamento e confecção de mapas temáticos.

O compilado de informações das etapas deu embasamento à elaboração do relatório técnico-científico, no qual atende as exigências da disciplina Relatório de Graduação (CG0449) e obtenção do grau de geólogo pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Desta forma, o fluxograma seguinte sumariza as principais atividades desenvolvidas nesta pesquisa (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma de atividades desenvolvidas na pesquisa.



## CAPÍTULO II ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

### 2.1 APRESENTAÇÃO

A partir da identificação da paisagem natural pode-se interpretar o ambiente em tempos pretéritos. Durante a dinâmica evolutiva há interação das Unidades Geoambientais, o que permite a formação de cenários diferenciados. Dos elementos físicos evidenciados foram descritos o clima, o relevo, o solo, os recursos hídricos e a vegetação.

### 2.2 CLIMATOLOGIA

Os municípios apresentam tipo climático Tropical Quente Semiárido, caracterizado por temperatura alta, que varia entre 26° a 28°C. Os maiores índices pluviométricos ocorrem entre os meses de janeiro a abril e pode atingir 974,4mm em anos chuvosos (Quadro 2) (IPECE, 2012).

Quadro 2: Painel Climático Regional.

Municípios	Clima	Temperatura Média	Período Chuvoso	Pluviosidade Média Anual
Ibaretama	Tropical Quente Semiárido	26° a 28°C	Janeiro a Abril	838,1mm
Ibicuitinga	Tropical Quente Semiárido	26° a 28°C	Janeiro a Abril	974,4mm
Morada Nova	Tropical Quente Semiárido	26° a 28°C	Fevereiro a Abril	742,5mm
Quixadá	Tropical Quente Semiárido	26° a 28°C	Fevereiro a Abril	838,1mm

Fonte: IPECE, 2012.

### 2.3 GEOMORFOLOGIA

As unidades de relevo da área de estudo estão contidas na Província Borborema, cujos sistemas morfométricos são Cristas Residuais Alinhadas, Maciço Residual, Depressão

Sertaneja e Planície Aluvionar (Mapa 2) (Maia et al., 2010).

As Cristas Residuais Alinhadas são localizadas na região a sudeste da área pesquisada (Fotografia 1). Apresentam-se ao longo da Faixa Orós, em direção preferencial NE-SW. Possuem vertente retilínea a côncava e escarpada, topo arredondado e densidade de drenagem alta com padrão que varia de paralelo a dendrítico. São constituídas por xistos e quartzitos.

**Fotografia 1: Cristas Residuais Alinhadas. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N.**



O Maciço Residual é evidenciado na porção noroeste da área e encontra-se situado no distrito de Oiticica, denominado de Serra Azul (Fotografia 2). Tem topo plano e arredondado, drenagem de média a alta densidade, com padrão dendrítico e vales fechados. O litotipo visualizado é o sienogranito, com fácies indeformado e milonitizado.

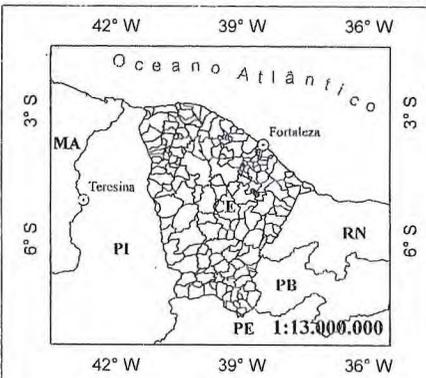
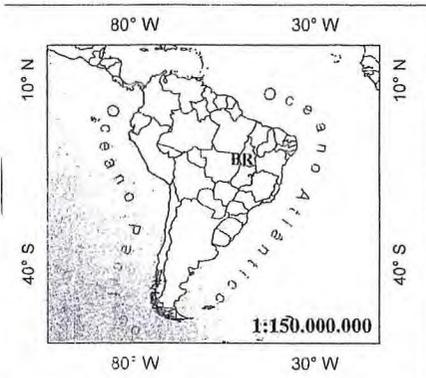
**Fotografia 2: Maciço Residual. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530545 m E, 9469448 m N.**



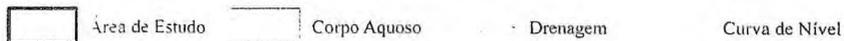
A Depressão Sertaneja está presente em quase toda a extensão da área (Fotografia 3). O relevo é aplainado, suave, pouco dissecado e encontra-se posicionado entre os Maciços Residuais. Constitui-se de xisto, gnaisse, milonito e migmatito.

**Fotografia 3: Depressão Sertaneja. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532043 m E, 9455238 m N.**





### Convenções Geográficas



### Convenções Geomorfológicas

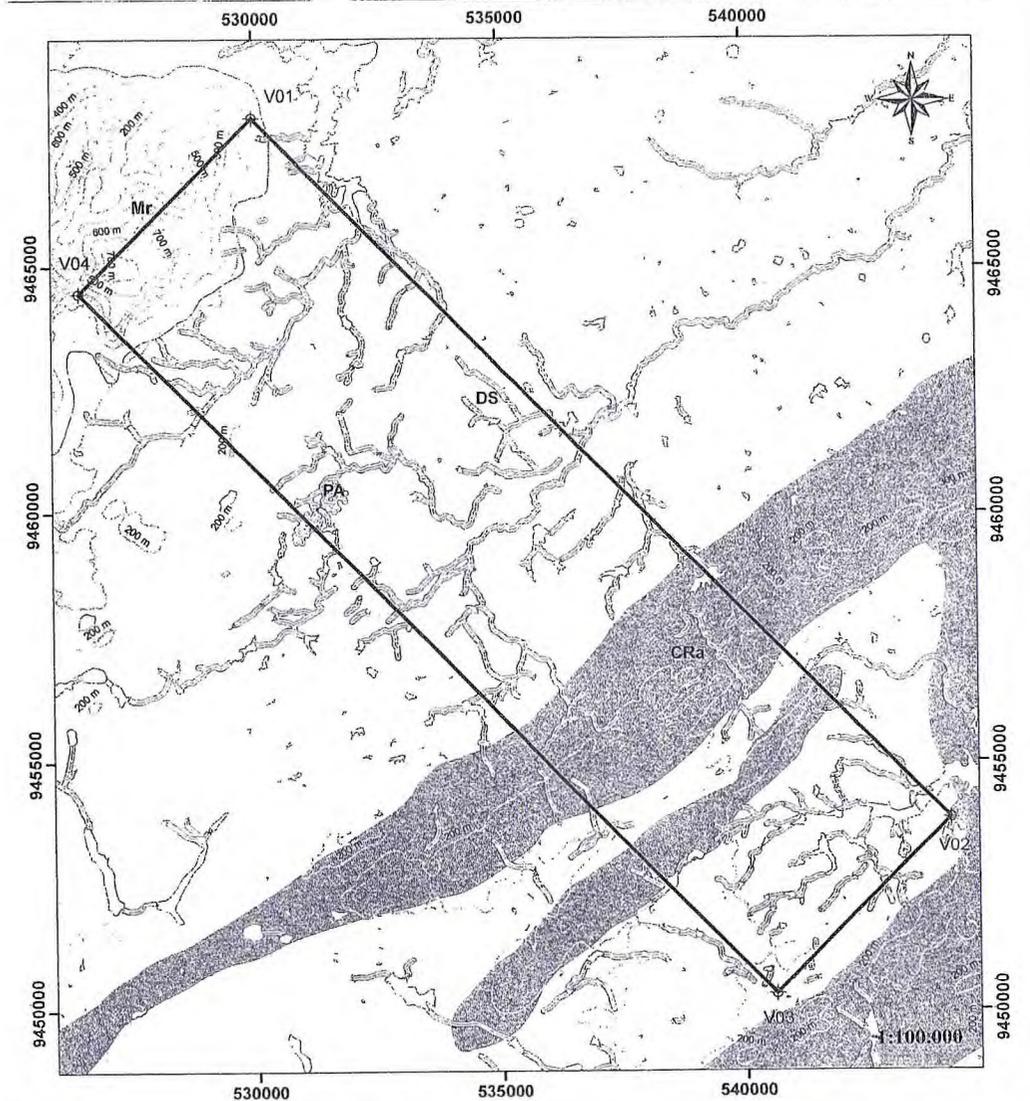
PA	<p><b>Planície Aluvionar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se ao longo do riacho dos Macacos, do Tombador, do Feijão e Palhano, como também nas redes de drenagens secundárias de direção preferencial NE-SW;</li> <li>- Possui superfície sub-horizontal, com gradientes suaves;</li> <li>- A fração granulométrica dos sedimentos disseminados varia de argila a seixo.</li> </ul>
MR	<p><b>Máscio Residual:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se na porção noroeste da área;</li> <li>- Possui topo plano e arredondado, drenagem de média a alta densidade;</li> <li>- O litotipo visualizado é o sienogranito, com fácies indeformado e milonitizado.</li> </ul>
DS	<p><b>Depressão Sertaneja:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se em quase toda a extensão da área, posicionado entre os máscios residuais;</li> <li>- Possui relevo aplainado, suave e pouco dissecado;</li> <li>- Os litotipos constituem-se de xisto, gnaisse, milonito e migmatito.</li> </ul>
GRa	<p><b>Cristas Residuais Alinhadas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se a sudeste da poligonal de estudo, ao longo da Faixa Móvel Orós, em direção preferencial NE-SW;</li> <li>- Possuem vertente retilínea a côncava e escarpada, topo arredondado;</li> <li>- Os litotipos são xistos e quartzitos.</li> </ul>



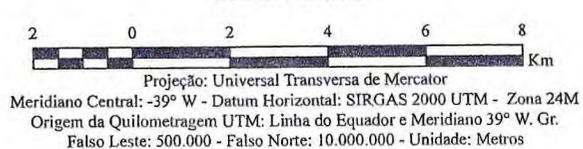
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CAMPUS DO PICI - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913  
 FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL

Projeto: GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ

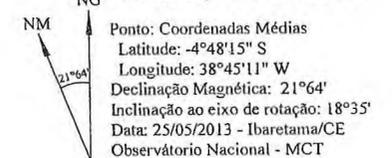
Título: MAPA GEOMORFOLÓGICO	Poligonal: 100 Km <sup>2</sup>	Prancha: 02
Autores: SOUSA & XIMENES	Orientadores: MAGINI & MATTOS	07



### ESCALA GRÁFICA

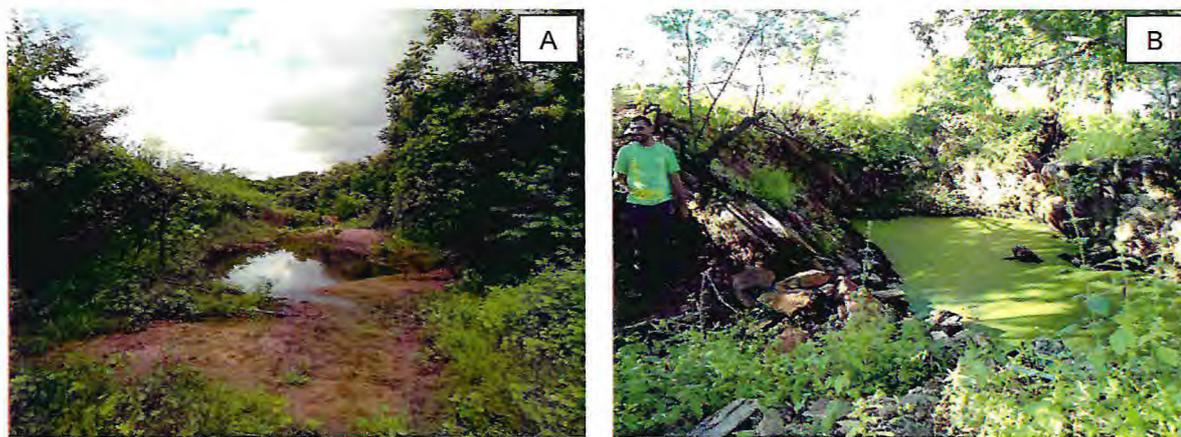


### DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



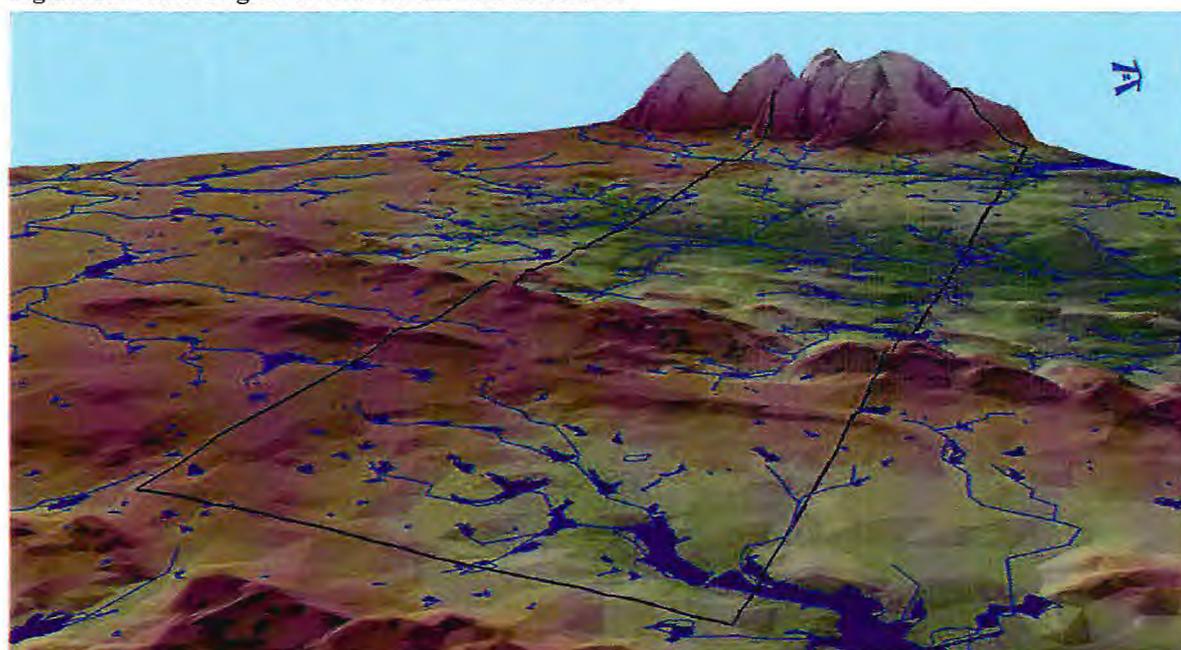
A Planície Aluvionar é visualizada ao longo do riacho dos Macacos, do Tombador, do Feijão e Palhano, como também nas redes de drenagens secundárias (Fotografia 4). Possui superfície sub-horizontal, com gradientes suaves e sujeita a inundações em períodos de maiores índices pluviométricos. As drenagens apresentam direção preferencial NE-SW por acompanhar a estruturação regional. A fração granulométrica dos sedimentos disseminados varia de argila a seixo, o que depende da energia do fluxo aquoso.

**Fotografia 4: Planície Aluvionar. A. Riacho dos Macacos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. B. Afluente do rio Palhano. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 542497 m E, 9453024 m N.**



O Modelo Digital de Terreno (MDT) dos sistemas morfométricos supracitados foi confeccionado com o auxílio das imagens de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), no software *ArcScene 10.1*<sup>®</sup> (Figura 2).

**Figura 2: Modelo Digital de Terreno da área de estudo.**



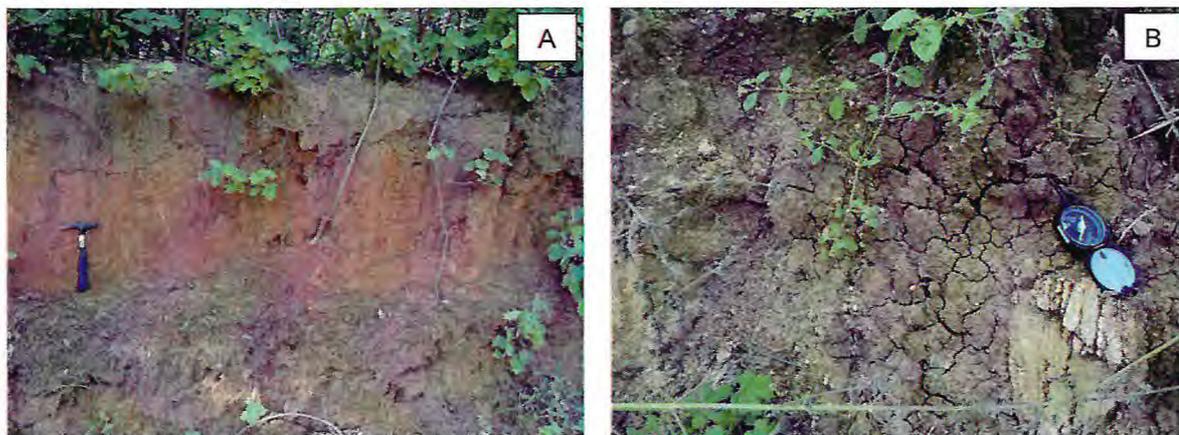
## 2.4 PEDOLOGIA

Os principais fatores formadores do solo da região é o clima, o litotipo e o relevo. Na área de estudo visualizam-se Argissolos, Luvisolos e Neossolos (Mapa 3) (EMBRAPA, 2006).

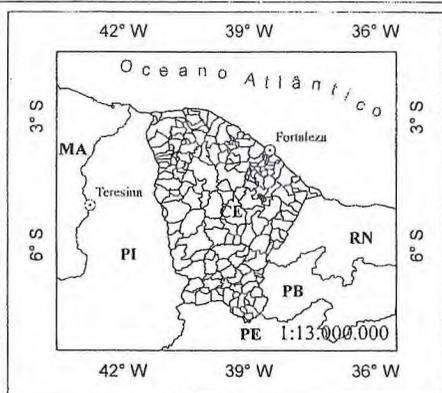
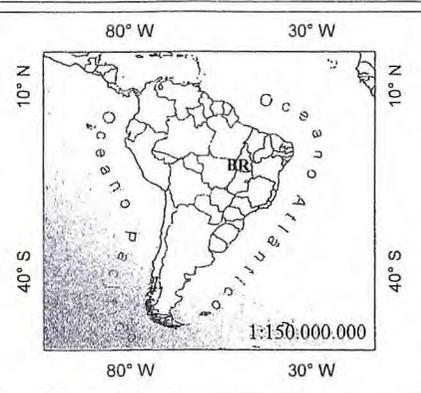
Os Argissolos recobrem a Depressão Sertaneja próximo ao sopé do maciço residual (Fotografia 5A). Encontram-se sobrepostos aos gnaisses da Unidade Canindé e recebem material erodido do sienogranito da Serra Azul (Granitos Brasileiros). Os solos são vermelhos, profundos, possuem Horizonte B textural rico em argila. Possui boa fertilidade natural, o que caracteriza-o como Eutrófico e é explorado para culturas de subsistência, como feijão e milho.

Os Luvisolos são visualizados na Depressão Sertaneja, em relevos planos ondulados, sobre os gnaisses da Unidade Acopiara. São pretos, rasos e apresenta Horizonte B textural com argila (Fotografia 5B). Possuem boa fertilidade natural e é explorado para a agricultura e pastagem.

**Fotografia 5: Solos. A. Argissolos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530515 m E, 9467374 m N. B. Luvisolos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 535215 m E, 9459250 m N.**



Os Neossolos litólicos são eutróficos ou distróficos, encontram-se sobrejacente ao quartzito, xisto e granito. O solo que recobre o quartzito é vermelho, fino a médio, espesso e localiza-se em regiões planas e nas vertentes das cristas. Constitui-se de quartzo e argilominerais (Fotografia 6A). O solo sobre o xisto é médio a grosso, mais espesso e desenvolvido, composto por mica aluminosa, quartzo e argilominerais (Fotografia 6B). O solo sobreposto ao granito é médio a grosso, pouco espesso e encontra-se nas encostas do maciço residual, possui textura arenosa rica em quartzo, feldspato e mica.



### Convenções Geográficas

 Área de Estudo     
  Corpo Aquoso     
  Drenagem

### Convenções Pedológicas

<b>NLe</b>	<b>Neossolos Litólicos Eutróficos</b> - Localiza-se sobre o sienogranito do Maciço Residual, representado pela Serra Azul. - É cinza, raso a espesso, eutrófico, recobertos por vegetação de Caatinga Arbórea; - É médio a grosso, constituído de quartzo, minerais dos grupos dos feldspatos e das micas.
<b>NLed</b>	<b>Neossolos Litólicos Eutróficos e Distróficos</b> - Localiza-se sobre os quartzitos e xistos ao longo das Cristas Residuais Alinhadas; - São vermelhos, espessos e eutróficos sobre o quartzo e cinza, raso e distrófico quando recobre o xisto; - A fração granulométrica do solo varia de argila a seixos de rocha alterada mole.
<b>LAaNL</b>	<b>Luvissolos + Argissolos avermelhado + Neossolos Litólicos</b> - Luvissolos: Localiza-se sobre os gnaisses da Depressão Sertaneja, em relevos planos ondulados; é escuro, argiloso e praticado agricultura de subsistência; - Argissolos avermelhados: Localiza-se os gnaisses nas vertentes do Maciço Residual, na Depressão Sertaneja; São vermelhos, argilosos, profundos e eutróficos. - Neossolos Litólicos: Localizado sobre os xistos na Depressão Sertaneja; É cinza, raso, médio a grosso e distrófico; Constituído de muscovita, quartzo.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CAMPUS DO PICI - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913  
 FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL

**Projeto:** GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ

**Título:** MAPA PEDOLÓGICO

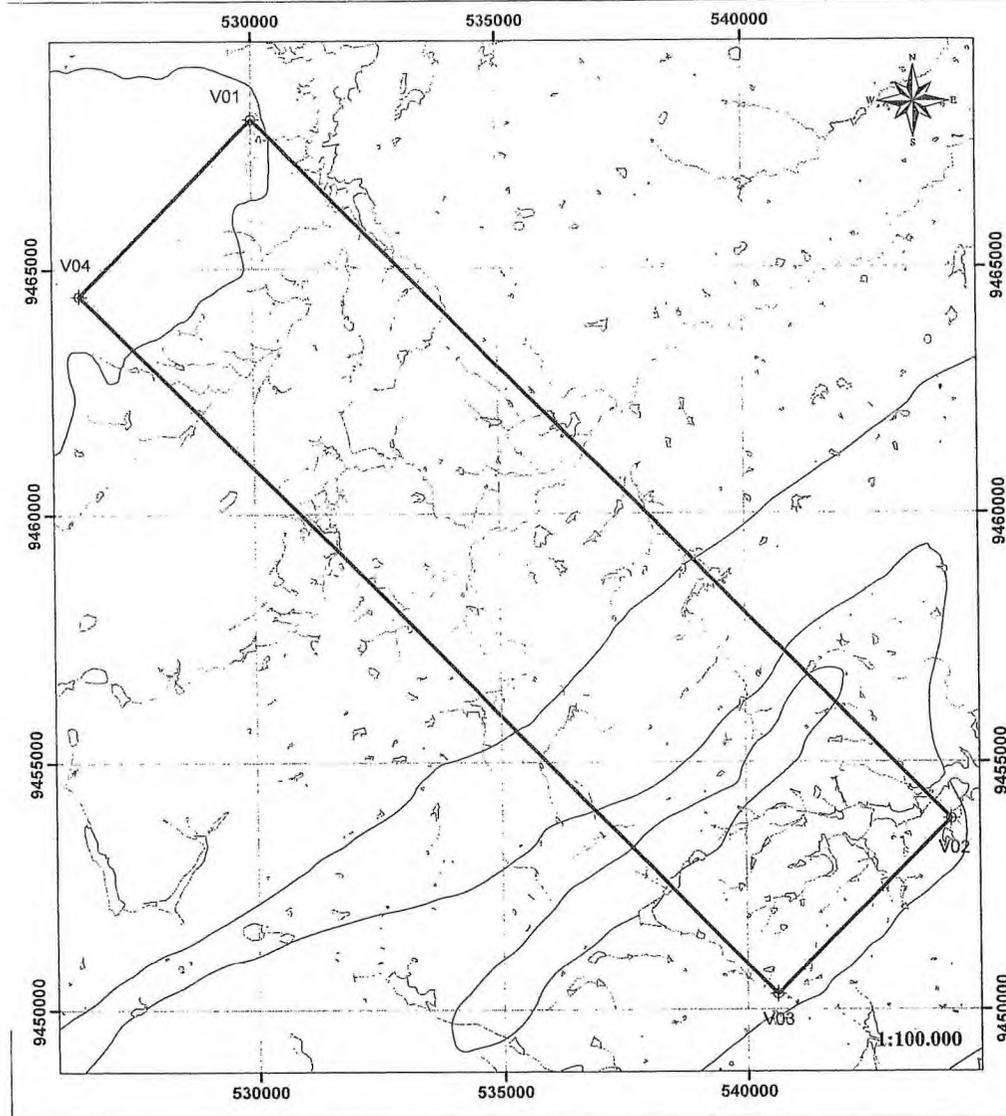
**Polygonal:** 100 Km<sup>2</sup>

**Prancha**  
03

**Autores:** SOUSA & XIMENES

**Orientadores:** MAGINI & MATTOS

07

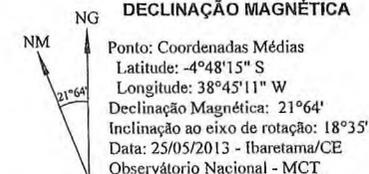


### ESCALA GRÁFICA

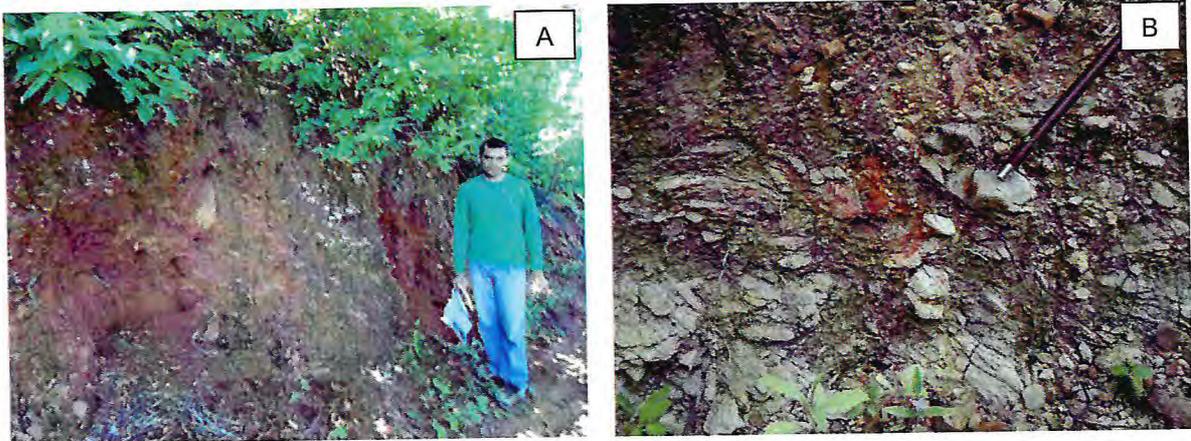


Projeção: Universal Transversa de Mercator  
 Meridiano Central: -39° W - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 UTM - Zona 24M  
 Origem da Quilometragem UTM: Linha do Equador e Meridiano 39° W. Gr.  
 Falso Leste: 500.000 - Falso Norte: 10.000.000 - Unidade: Metros

### DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



**Fotografia 6:** Solos. A. Neossolos Litólico no quartzito. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445, m E, 9458868 m N. B. Neossolos Litólico no xisto. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539157 m E, 9453614 m N.



## 2.5 RECURSOS HÍDRICOS

A região situa-se no polígono das secas, onde no período chuvoso ocorre o acúmulo de água nas anisotropias das rochas cristalinas e em reservatórios antrópicos. O armazenamento hídrico é superficial e subterrâneo.

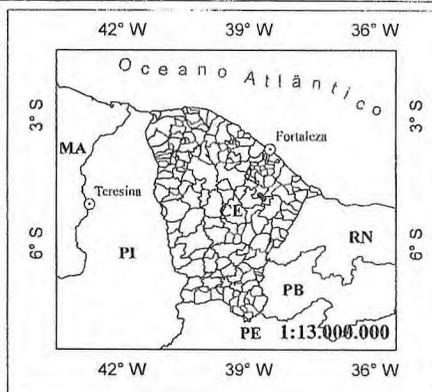
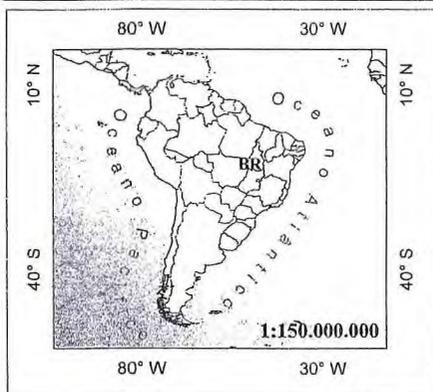
### 2.5.1 Superficiais

Na área de estudo encontram-se as Bacias Hidrográficas do Baixo Jaguaribe, Banabuiú e Metropolitana (IPECE, 2012). Constituído pelos açudes dos Macacos (10.320.337m<sup>3</sup>) e dos Pinheiros, como também o rio Palhano e os riachos do Tombador, Feijão e dos Macacos (Fotografia 7) (SRH, 2013). As redes de drenagens são intermitentes, dendrítica a subdendrítica e apresentam-se controladas pelo fraturamento de direção preferencial NE-SW (Mapa 4).

As sedes municipais são abastecidas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Os distritos armazenam água em cisternas de placas e no período de estiagem é fornecida por carros pipas.

**Fotografia 7:** Riacho dos Macacos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531673 m E, 9469604 m N.





### Convenções Geográficas

	Área de Estudo		Drenagem		Corpo Aquoso
	Municípios sedes		Distritos		Curva de Nível
	Poços Inseridos		Poços		

### Bacias Hidrográficas

<b>BM</b>	<b>Bacia Metropolitana:</b> - Localiza-se nos municípios de Ibaretama, Morada Nova, Quixadá e Ibicuitinga; - Encontram-se os Açude dos Macacos, Riacho dos Macacos e do Feijão. - Existem na área três poços tubulares cadastrados no SIAGAS (2013).
<b>BBJ</b>	<b>Bacia do Baixo Jaguaribe:</b> - Localiza-se nos municípios de Morada Nova e Ibicuitinga; - Encontram-se o Rio Palhano e Açude dos Pinheiros; - Existem na área três poços tubulares cadastrados no SIAGAS (2013).
<b>BB</b>	<b>Bacia do Banabuiú:</b> - Localiza-se nos municípios de Ibaretama, Morada Nova, Quixadá e Ibicuitinga; - Não existem rios e açudes de relevância; - Existem na área três poços tubulares cadastrados no SIAGAS (2013).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
 CAMPUS DO PICI - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913  
 FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL

Projeto: GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ

Título: MAPA RECURSOS HÍDRICOS

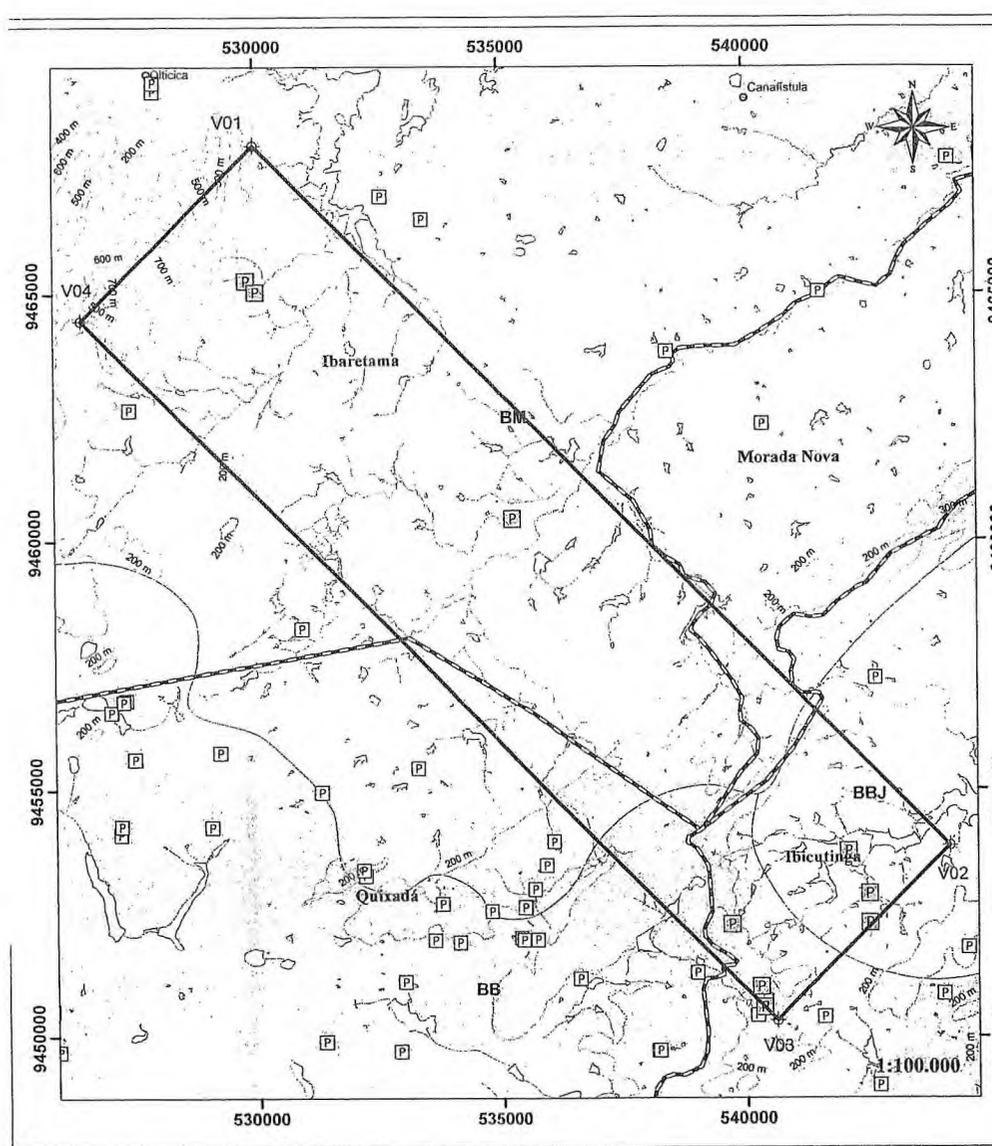
Polygonal: 100 Km<sup>2</sup>

Prancha: 04

Autores: SOUSA & XIMENES

Orientadores: MAGINI & MATTOS

07



### ESCALA GRÁFICA



Projeção: Universal Transversa de Mercator  
 Meridiano Central: -39° W - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 UTM - Zona 24M  
 Origem da Quilometragem UTM: Linha do Equador e Meridiano 39° W. Gr.  
 Falso Leste: 500.000 - Falso Norte: 10.000.000 - Unidade: Metros

### DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

Ponto: Coordenadas Médias  
 Latitude: -4°48'15" S  
 Longitude: 38°45'11" W  
 Declinação Magnética: 21°04'  
 Inclinação ao eixo de rotação: 18°35'  
 Data: 25/05/2013 - Ibaretama/CE  
 Observatório Nacional - MCT

### 2.5.2 Subterrâneos

O aquífero predominante na região é o fissural, próprio das rochas cristalinas fraturadas. Dentro da área de pesquisa têm-se nove poços tubulares catalogados, visualizados três em Ibareta e seis em Ibicuitinga (Quadro 3). Esses apresentam baixa porosidade e permeabilidade, possuem profundidade que varia de 54 a 82 metros, no município de Ibicuitinga (SIAGAS, 2013).

Quadro 3: Poços tubulares catalogados na área de estudo.

Nome dos Poços	Coordenadas		Município
	E (m)	N (m)	
IBA/CE/014	529839	9465272	Ibareta
-	530030	9465045	Ibareta
-	535264	9460437	Ibareta
-	542498	9452296	Ibicuitinga
IBG/CE/001	539705	9452273	Ibicuitinga
IBG/CE/002	542070	9453746	Ibicuitinga
174/1994 - SOHIDRA	542500	9452888	Ibicuitinga
IBG/CE/034	540344	9450589	Ibicuitinga
137/1997 - SOHIDRA	540279	9451007	Ibicuitinga

Fonte: SIAGAS, 2013.

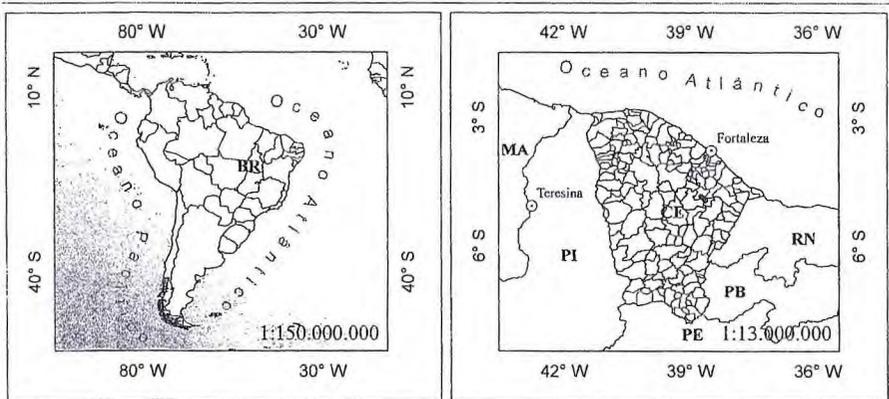
### 2.6 COBERTURA VEGETAL

A área de estudo está inserida no Bioma Caatinga, cujos índices pluviométricos baixos, geram táxons raros e endêmicos. Encontram-se duas unidades fitoecológicas: Floresta Caducifolia Espinhosa e Caatinga Arbustiva Densa (Mapa 5) (IPECE, 2012).

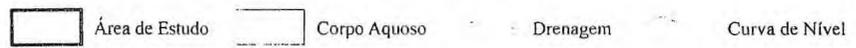
A Floresta Caducifolia Espinhosa ou Caatinga Arbórea é visualizada no Maciço Residual (Fotografia 8). Os indivíduos apresentam porte da ordem de 20m, caules maiores e densidade menor. É representada por *Myracrodruon* (aroeira), *S. Tuberosa* (imbu), *C. Ferrea* (jucá), dentre outros (Leal et al., 2003).

Fotografia 8: Floresta Caducifolia Espinhosa. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N.





**Convenções Geográficas**

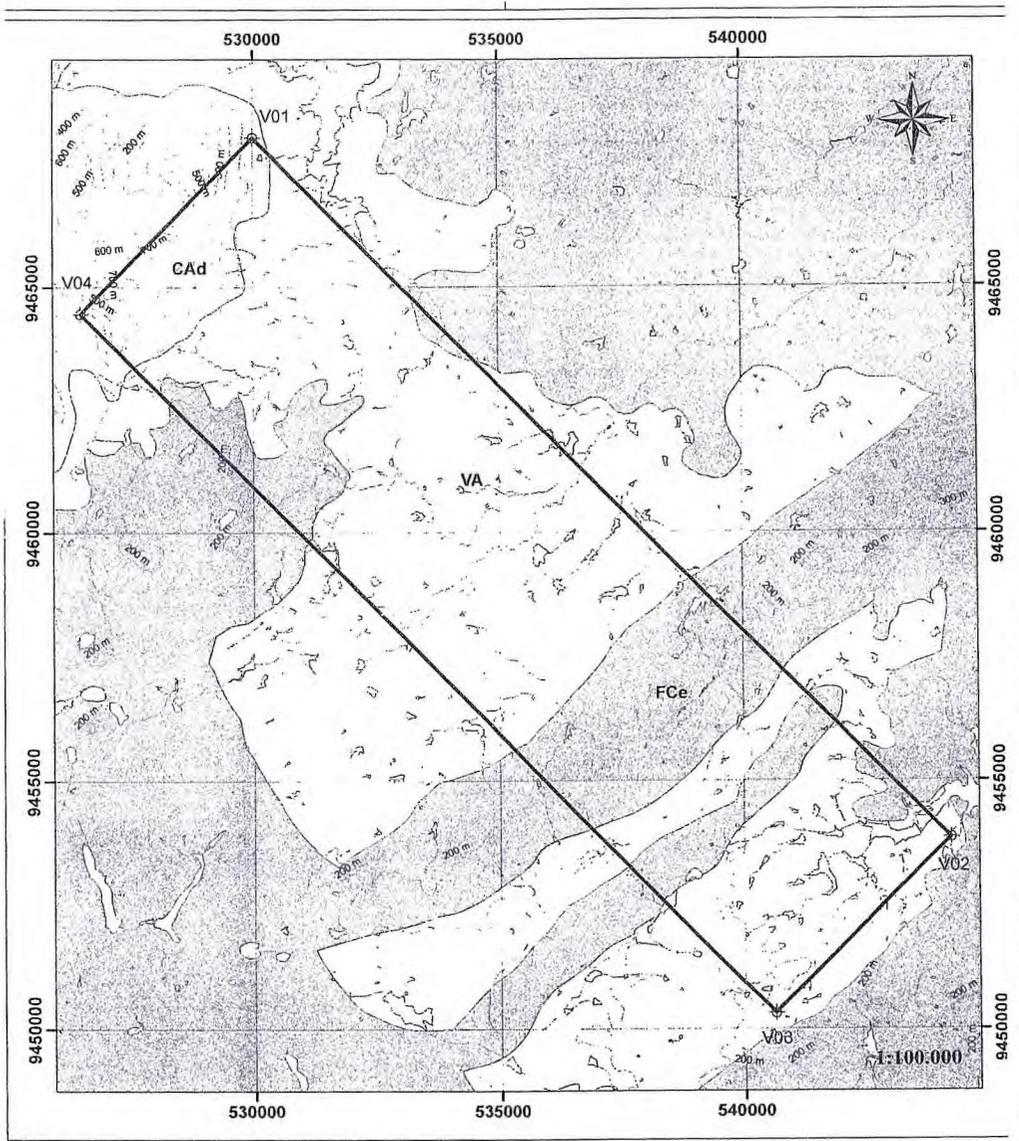


**Cobertura Vegetal**

<b>VA</b>	<p><b>Vegetação Antropizada:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se na Depressão Sertaneja;</li> <li>- A utilização do terreno é voltada para a agricultura de subsistência, pecuária e construção de centros urbanos;</li> <li>- Em algumas porções nota-se sinais de regeneração inicial dos indivíduos vegetacionais</li> </ul>
<b>FCe</b>	<p><b>Floresta Caducifólia Espinhosa ou Caatinga Aberta:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se no Maciço Residual;</li> <li>- Possui indivíduos com portes de ordem de 20 metros, caules maiores em menor densidade;</li> <li>- É representada por Myracrodruon (aroeira), S. Tuberosa (imbu), C. Ferrea (juçá), dentre outros.</li> </ul>
<b>CAd</b>	<p><b>Caatinga Arbustiva Densa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se nas Cristas Residuais Alinhadas e Depressão Sertaneja;</li> <li>- Possui grandes arbustos ramificados e tortuosos;</li> <li>- compostos por Amburana cearenses (imburana), Spondias tuberosa (umbuzeiro), Aspidosperma pyrifolium (pereiro), em uma matriz arbustiva de Caesalpinia pyramidalis (catingueira), dentre outros.</li> </ul>

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DO PICI - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913**  
**FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL**

<b>Projeto:</b> GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ		
<b>Título:</b> MAPA DE VEGETAÇÃO	<b>Poligonal:</b> 100 Km <sup>2</sup>	<b>Prancha:</b> 05
<b>Autores:</b> SOUSA & XIMENES	<b>Orientadores:</b> MAGINI & MATTOS	07



**ESCALA GRÁFICA**

Meridiano Central: -39° W - Datum Horizontal: SIRGAS 2000 UTM - Zona 24M  
 Origem da Quilometragem UTM: Linha do Equador e Meridiano 39° W. Gr.  
 Falso Leste: 500.000 - Falso Norte: 10.000.000 - Unidade: Metros

**DECLINAÇÃO MAGNÉTICA**

Ponto: Coordenadas Médias  
 Latitude: -4°48'15" S  
 Longitude: 38°45'11" W  
 Declinação Magnética: 21°64'  
 Inclinação ao eixo de rotação: 18°35'  
 Data: 25/05/2013 - Ibaretama/CE  
 Observatório Nacional - MCT

A Caatinga Arbustiva Densa apresenta grandes arbustos ramificados e tortuosos, compostos por *Amburana cearenses* (imburana), *Spondias tuberosa* (umbuzeiro), *Aspidosperma pyrifolium* (pereiro), em uma matriz arbustiva de *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira), *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), *Jatropha curcas* (pinhão-manso), *Acacia glomerosa* (espinheiro), dentre outros (Fotografia 9) (Leal et al., 2003).

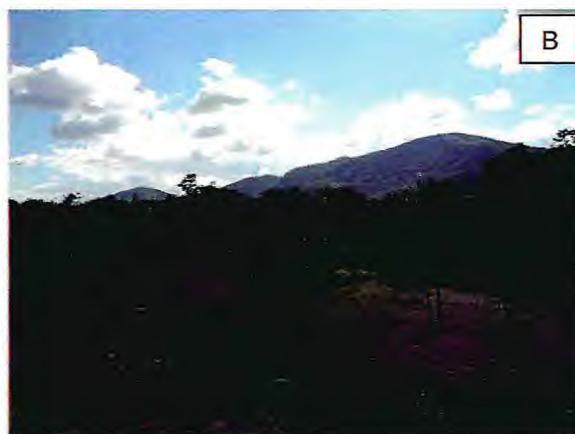
A unidade supracitada está mais preservada ao longo das Cristas Residuais Alinhadas.

**Fotografia 9: Caatinga Arbustiva Densa. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 533734 m E, 9454786 m N.**



A vegetação ao longo da Depressão Sertaneja apresenta-se Antropizada. A utilização do terreno é voltada para a agricultura de subsistência, pecuária (Fotografia 10) e construção de centros urbanos (Fotografia 11A), porém em certos trechos nota-se sinais de regeneração inicial dos indivíduos vegetacionais (Fotografia 11B).

**Figura 10: Vegetação Antropizada. A. Agricultura de Subsistência. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531084 m E, 9466222 m N. B. Área reservada para a Pecuária. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531225 m E, 9464100 m N.**



**Figura 11: Vegetação Antropizada. A. Distrito de Oiticica. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530545 m E, 9469448 m N. B. Regeneração da vegetação. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N.**



## CAPÍTULO III

### CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

#### 3.1 APRESENTAÇÃO

A província tectônica que abrange a área de estudo é alvo de diversos estudos e discussões sobre a sua compartimentação e litoestratigrafia. A Província Borborema engloba vários domínios tectônicos, cujas delimitações representam a principal incongruência encontrada nas bibliografias consultadas. A área de estudo que delimita o estudo é hospedada pelo Domínio Rio Grande do Norte e pelo Domínio Ceará Central, segundo a divisão proposta por Brito Neves et al. (2000), aceita durante o projeto, que apresenta a Zona de Cisalhamento Senador Pompeu como lineamento limitante. Outros autores, como Parente & Arthaud (1995); Arthaud (1998); Medeiros, V. C. (2004); Lima, M. N. (2008), propõem o limite entre os blocos pela Faixa Orós-Jaguaribe.

#### 3.2 PROVÍNCIA BORBOREMA

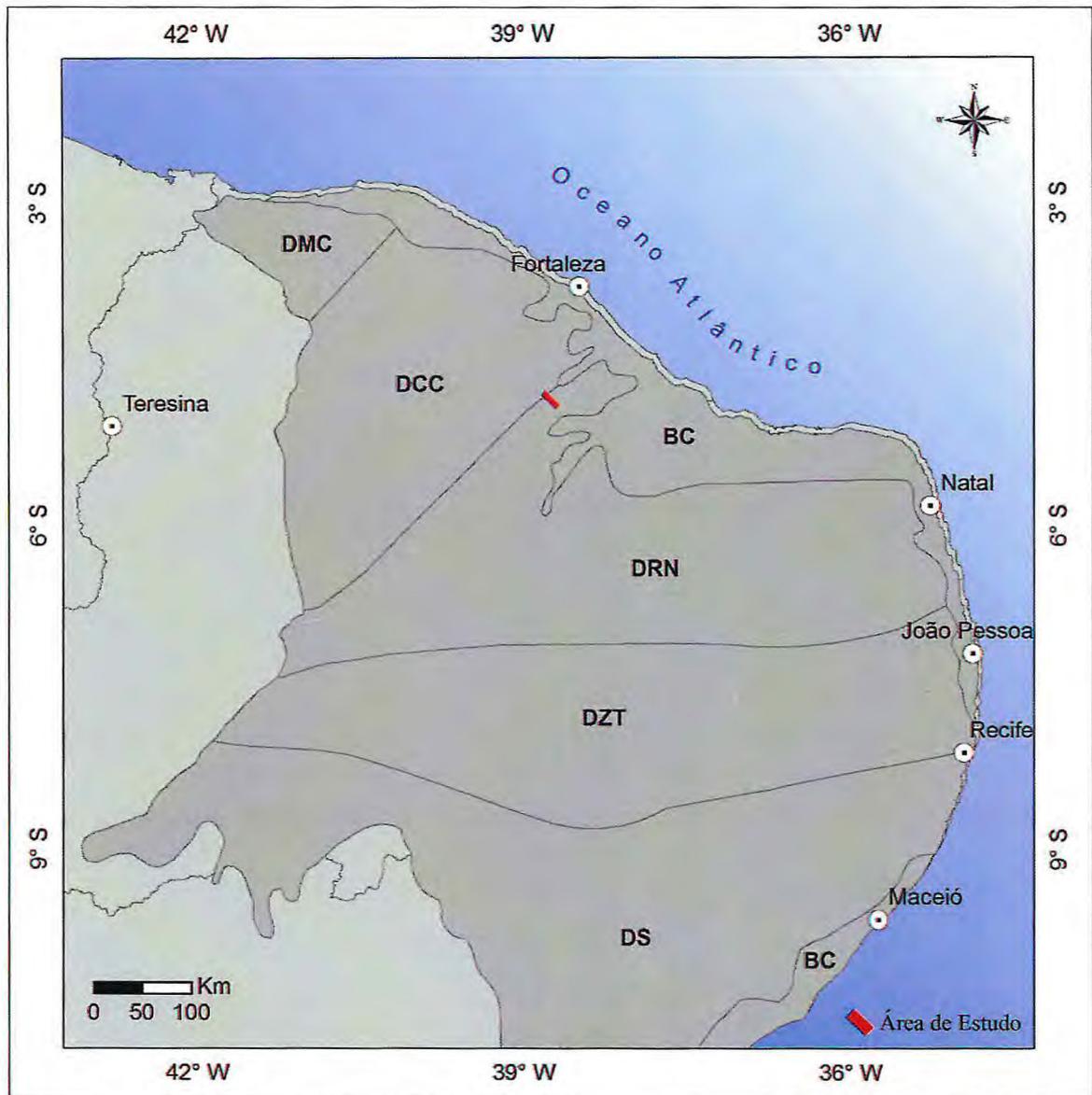
A Província Borborema é parte de um domínio orogênico que abrange o nordeste do Brasil (Neves et al., 2012) e ocupa posição central no oeste do Gondwana, originado pela convergência frontal entre os crátons África-São Luiz, Amazônico e São Francisco-Congo (600Ma) (Almeida et al., 1977, 1981; Trompette, 1994; Jardim de Sá, 1994; Caby et al., 1995; Van Schumus et al., 1995; Vauchez et al., 1995; Brito Neves et al., 2001; Dantas et al., 2004). Possui mais de 80% de rochas metamórficas pré-cambrianas (Arthaud, 2007).

A evolução da província sugere acreção crustal e amalgamação de diferentes terrenos tectonoestratigráficos no final das orogenias Brasileiro/Pan-africano (600Ma) (Almeida et al., 1977, 1981). O regime convergente passou de frontal a oblíquo (590Ma), evidenciado pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento transcorrente dextral/sinistral, com direção NNE-SSW e NW-SE, respectivamente (Brito Neves et al., 2000).

Os lineamentos Patos e Pernambuco, de direção E-W, dividem a província nas sub-províncias Norte, Central e Sul. O Domínio Norte inclui os subdomínios Médio Coreáú,

Ceará Central e do Rio Grande do Norte. O Domínio Central também é denominado de Domínio da Zona Transversal, limitado a norte e a sul pelas zonas de cisalhamento Patos e Pernambuco, respectivamente. O Domínio Sul está entre o Domínio Central e o Cráton São Francisco (Figura 3) (Santos et al., 2010).

**Figura 3: Compartimentação tectônica da Província Borborema: DMC (Domínio Médio Coreauí), DCC (Domínio Ceará Central), DRN (Domínio Rio Grande do Norte), DZT (Domínio da Zona Transversal), DS (Domínio Sul), BC (Bacia Costeira).**



Fonte: Modificado de Santos et al., 2010.

Os Domínios Ceará Central e Rio Grande do Norte, incluídos no Domínio Norte, serão ressaltados por localizar a área de estudo.

### 3.2.1 Domínio Rio Grande do Norte

O domínio está situado entre a lineamentos Senador Pompeu de direção NE-SW e Patos com *trend* E-W (Figura 3). As zonas de cisalhamentos que segmentam o domínio são Picuí-João Câmara (NE-SW) e Portalegre (NE-SW), que apresentam cinemática dextral (Brito Neves et al., 2000).

Divide-se em quatro subdomínios: Maciço São José do Campestre, Maciço Rio Piranhas, Faixa Seridó e Cinturão Jaguaribeano (Brito Neves et al., 2000). A área de estudo está inserida no Cinturão Jaguaribeano.

#### 3.2.1.1 Cinturão Jaguaribeano

É delimitado pela zona de cisalhamento Portalegre e pelo lineamento Senador Pompeu. O terreno é ocupado por faixas supracrustais contínuas e estreitas, separadas por blocos gnáissico-migmatíticos de dimensões variadas, com intercalações de micaxistos, calcissilicáticas, anfíbolitos, quartzitos e mármore, que hospedam granitoides cedo, *sin*, *tardi* e pós-tectônicos, datados do Neoproterozoico ao Cambriano (Cavalcante, 1999). O cinturão é dividido em: Complexo Jaguaretama, Complexo Acopiara e Faixa Orós-Jaguaribe (Gonçalves, 2009). Encontra-se inserido na área de estudo em sua porção sudeste, onde têm-se como unidades geomorfológicas a Depressão Sertaneja (Complexos Jaguaretama e Acopiara) e Cristas Residuais Alinhadas (Faixa Orós-Jaguaribe).

O Complexo Acopiara é constituído por paragnaisses e ortognaisses migmatizados, micaxistos grafitosos, anfíbolitos, calcissilicáticas, metaultramáficas e quartzitos (Cavalcante et al., 2003), datados com idade U/Pb de 2,22Ga e  $T_{DM}$  entre 2,77Ga e 2,11Ga (Parente & Arthaud 1995, Fetter 1999).

O Complexo Jaguaretama possui ortognaisses migmatíticos de composição tonalito-trondjhemito-granodiorito e paragnaisses, datados por Rb/Sr em 2,60Ga e U/Pb em 2,20Ga, com TDM entre 2,73Ga e 2,44Ga (Sá et al. 1988, Macedo et al. 1988, Fetter 1999, Parente & Arthaud 1995).

A Faixa Orós-Jaguaribe é uma zona linear de forma sigmoidal, com extensão de 500km e largura que varia de 15 a 75km, constituída por sequências metavulcanossedimentares separadas por embasamentos. As rochas são divididas pela sua gênese, nas quais se encontram: metassedimentares, metavulcânicas e metaplutônicas (Parente & Arthaud, 1995).

As rochas Metassedimentares (Formação Santarém) são constituídas de materiais pelíticos, com maior representação de xistos aluminosos, com intercalações de quartzitos, mármore calcíticos, dolomíticos e magnesianos, calcissilicáticas e quartzitos carbonosos (Parente & Arthaud, 1995).

As rochas Metavulcânicas (Formação Campo Alegre) são marcantes pela dominância de rochas ácidas com associação de vulcânicas e subvulcânicas de conteúdo máfico a básico subordinado. As félsicas estão associadas às subvulcânicas e ortognaisses facoidais intrusivos nos metapelitos e no embasamento sul e sudeste (Parente & Arthaud, 1995).

As rochas Metaplutônicas (Suíte Magmática Serra do Deserto) são pacotes que recortam o conjunto metavulcanossedimentar. Constituem-se de ortognaisses facoidais e granodioríticos (Parente & Arthaud, 1995).

### **3.2.2 Domínio Ceará Central**

É a unidade geotectônica mais extensa da porção norte da Província Borborema, delimitada entre as zonas de cisalhamento Sobral-Pedro II (lineamento Transbrasiliano) e Senador Pompeu (Brito Neves et al., 2000) (Figura 3).

A divisão desse domínio é realizada em cinco conjuntos: embasamento policíclico, coberturas metassedimentares monocíclicas, complexo anatético-ígneo monocíclico, granitos brasileiros e molassas tardi-brasilianas (Arthaud, 2007). A área de pesquisa engloba embasamento policíclico, coberturas metassedimentares monocíclicas e granitos brasileiros, em sua porção noroeste, cujos litotipos são encontrados ao longo da Depressão Sertaneja.

#### **3.2.2.1 Embasamento Policíclico**

Possui idade arqueana/paleoproterozoica e é dividido em três unidades: Complexo Cruzeta, Suíte Madalena e Unidade Algodões (Arthaud, 2007).

O Complexo Cruzeta possui idade arqueana e constitui-se de ortognaisse bandado de composição diversificada, que varia entre tonalítica e granítica, com predomínio da primeira. São comuns rochas básicas, ultrabásicas boudinadas e resquícios de formações ferríferas bandadas. Em menor quantidade, encontram-se rochas metassedimentares, tais como: quartzito, xisto com granada e cianita grafitoso, dentre outros. Os litotipos são

deformados no fácies anfibolito alto e apresentam bandamento sub-horizontal (Arthaud, 2007).

A Suíte Madalena apresenta idade paleoproterozoica e encontra-se intrudida no complexo gnaiss-migmatito, na forma de corpos de composição tonalítica (Arthaud, 2007).

A Unidade Algodões recobre o Complexo Cruzeta. Constitui-se por intercalações de anfibolito com leucognaisse, que representam tufo, quartzito micáceo, além de raras rochas calcissilicáticas. Apresentam metariolitos na parte superior da unidade. Os tipos litológicos possuem foliação única e sem transposição e, por vezes, não são deformados (Arthaud, 2007).

### **3.2.2.2 Coberturas Metassedimentares Monocíclicas**

É uma sequência descontínua de coberturas metassedimentares, de idades que variam do Arqueano ao Neoproterozoico (Arthaud, 2007).

O conjunto dessas sequências é denominado Grupo Ceará (Arthaud, 2007). A divisão é realizada por ocorrência geográfica, em quatro unidades de características semelhantes: Independência, Canindé, Quixeramobim e Arneiroz (Cavalcante et al., 2003).

As unidades são constituídas por xistos, anfibolitos, gnaisses pelíticos ou semipelíticos e em menor quantidade encontra-se quartzitos, mármore, calcissilicáticas, metagrauvas e leucognaises finos. Os litotipos passaram por deformação no fácies anfibolito alto, o que gerou foliação de baixo ângulo, verticalizadas próximo das zonas de transcorrência dúctil (Arthaud, 2007).

### **3.2.2.3 Granitos Brasileiros**

Localizado na porção noroeste da área de estudo, representa a unidade geomorfológica do Maciço Residual. O plutonismo granítico característico é gerado durante a orogenia Brasileira, no Neoproterozoico. Nesse domínio são encontrados granitos cedo colisionais (630/620Ma), sin-cinemáticos (610/600 e 590/580Ma), tardi-tectônicos (580Ma) e pós-orogênicos (530 e 470/460Ma) (Arthaud, 2007).

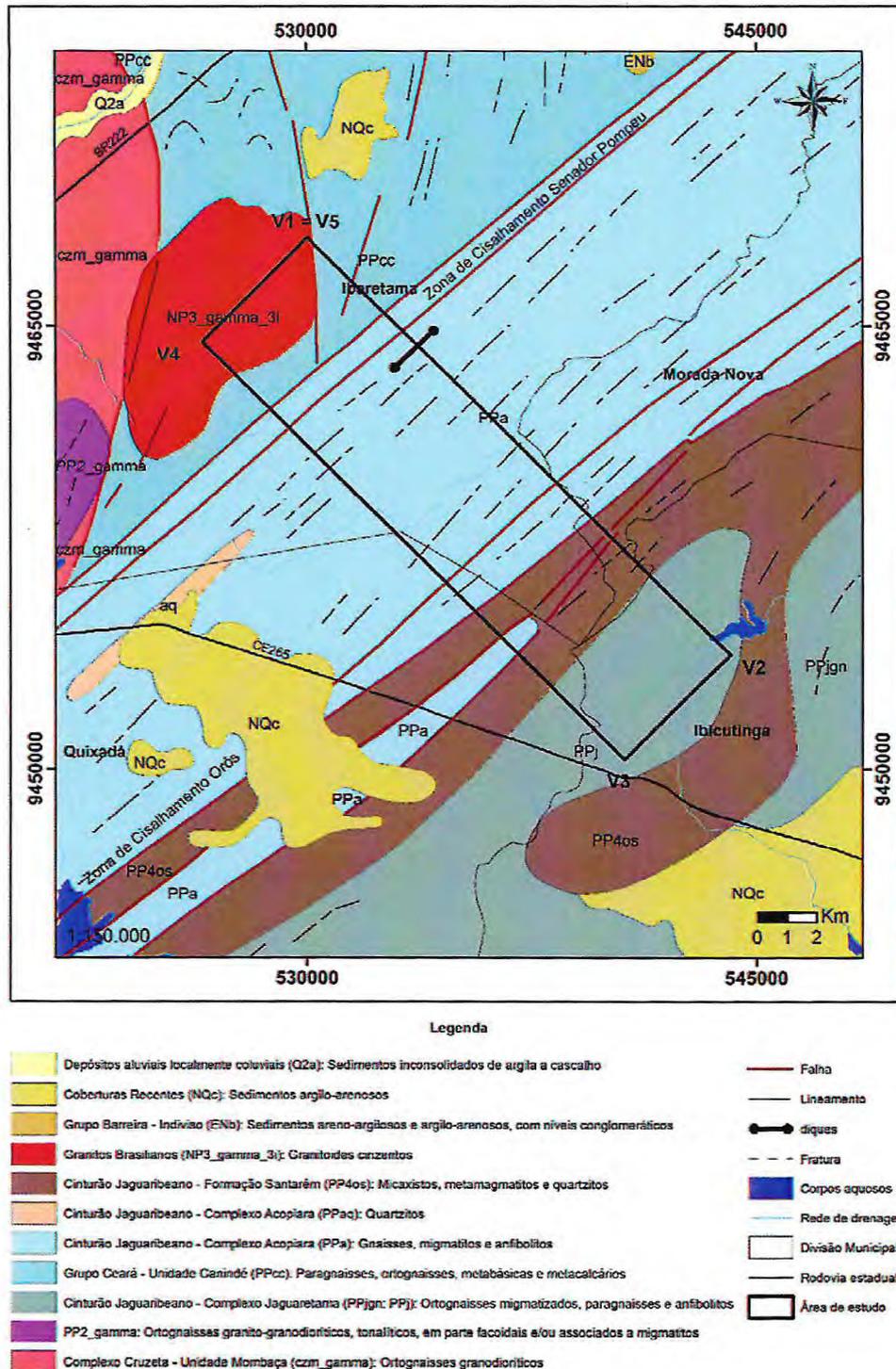
### **3.2.3 Suíte Magmática Ceará-Mirim**

Apresenta jazimentos diqueiformes de diabásio e gabros, de direção preferencial E-W/NE-SW (Oliveira, 1988; Cavalcante, 2003). Datações radiométricas por K-Ar indicam

que as rochas são das épocas Jurássico Médio a Cretáceo Inferior, com idades entre 145-125Ma (Eocretáceo) e 175-160Ma (Mesojurássico) (Gomes et al., 1981).

O mapa geológico adaptado de Cavalcante et al. (2003) simplifica o contexto geológico descrito (Figura 4).

Figura 4: Mapa de geológico regional simplificado.



Fonte: Modificado de Cavalcante et al., 2003.

## CAPÍTULO IV

### LITOESTRATIGRAFIA E PETROGRAFIA

#### 4.1 APRESENTAÇÃO

O contexto geológico da área possui idades que variam do Paleoproterozoico ao Fanerozoico, com diferentes feições petroestruturais e os sedimentos recentes. As rochas são pertencentes ao Complexo Jaguaretama, Unidade Acopiara e Faixa Orós do Domínio Rio Grande do Norte, a Unidade Canindé, os Granitos Brasileiros do Domínio Ceará Central e a Suíte Magmática Ceará Mirim inseridos na Província Borborema. O pacote foi influenciado pela tectônica brasileira e possui direção nordeste, com exceção da Suíte Magmática Ceará Mirim.

O mapeamento geológico local foi realizado na escala de 1:50.000, em coordenadas Sistema *Universal Transverso de Mercator* (UTM), com *Datum* Horizontal Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS 2000) e fuso 24 hemisfério Sul.

Os contatos inferidos entre as unidades foram realizados a partir de descrição de campo e com auxílio de imagens de satélite *Landsat 7*.

#### 4.2 DOMÍNIO RIO GRANDE DO NORTE

Os litotipos encontram-se na porção sudeste da área, ao longo da Depressão Sertaneja. As rochas apresentam-se *in situ* e em blocos soltos, com foliação média a alta de *trend* nordeste e movimentação preferencial dextral. Nota-se que quanto mais distante da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu o mergulho das camadas diminui.

##### 4.2.1 Complexo Jaguaretama

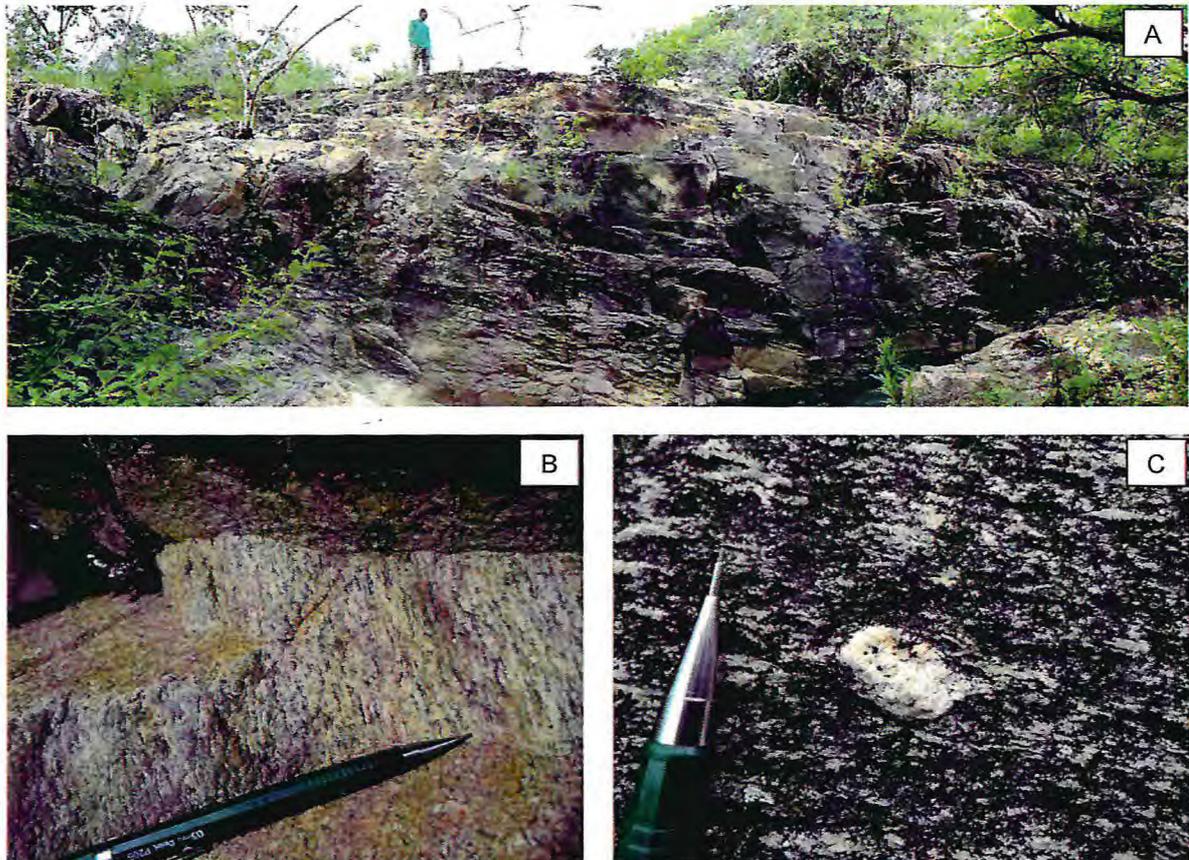
É caracterizado por ortognaisses intercalados a paragnaisses e xistos, cortados por veios de pegmatitos. Esses por vezes exibem porções migmatizadas. Observa-se foliação de baixo a alto ângulo, que varia de 15° a 90°.

Os Gnaisses apresentam variação composicional, no qual podem ser classificados em Granito Gnaíssico e Biotita Gnaisse.

O Granito Gnaíssico apresenta direção de  $180^\circ$  (Fotografia 12.A), exibe foliação verticalizada e lineação de estiramento marcante (Fotografia 12.B). O protólito da rocha é caracterizado como um possível sienogranito.

Os tipos litológicos variam de rosa a cinza, exibem granulação fina a média, com porfiroblastos de plagioclásio rotacionados com cinemática dextral, porém ocorrem indicadores cinemáticos sinistrais (Fotografia 12.C).

**Fotografia 12:** A. Lajedo de Granito Gnaíssico. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N. B. Lineação de estiramento do gnaisse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N. C. Sigmoide sinistral de plagioclásio. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N.



Em seção delgada é visualizada textura granoblástica e foliação anastomosada. Os constituintes minerais são plagioclásio (34%), microclina (25%), quartzo (20%), biotita (14%), muscovita (5%), apatita (1%), zircão (0,5) e opaco (0,5%).

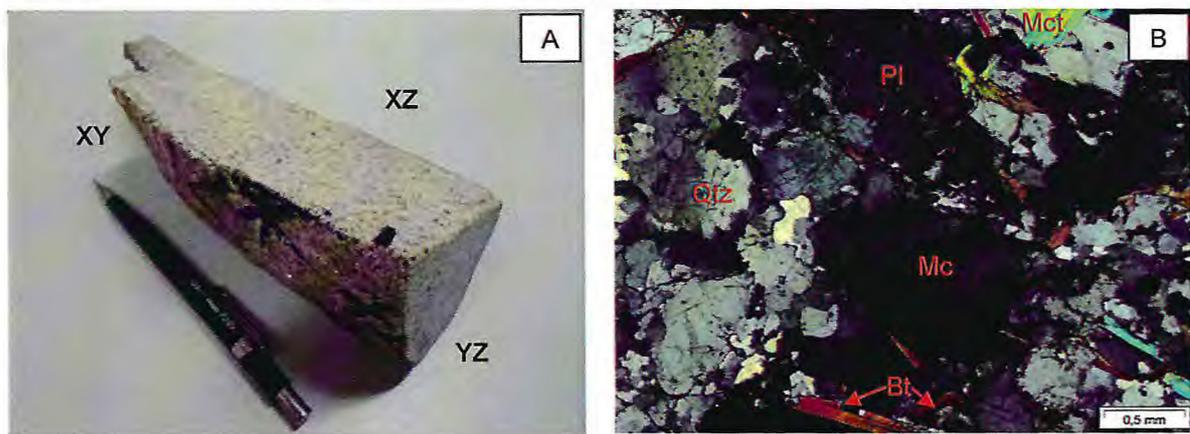
O plagioclásio (Pl) exibe ou não geminação polissintética. Os grãos são xenoblástico a sub-idioblástico. Há variância no tamanho dos cristais, que apresentam dimensões entre 0,20 a 3,00mm. Possui intercrescimento de quartzo, que caracteriza textura

mimerquítica (Mq) e alteração para sericita (Ser) (Fotografia 13.B).

A microclina (Mc) é sub-idioblástica, cujos grãos variam entre 0,10 a 1,20mm. Tem geminação polissintética em duas direções (Fotografia 13.B), intercrescimento de plagioclásio, o que caracteriza a textura pertítica (Pt).

O quartzo (Qtz) encontra-se preservado em cristais maiores estirados ou em subgrãos, de dimensões entre 0,10 a 1,00mm. É xenoblástico e exibe extinção ondulante (Fotografia 13.B).

**Fotografia 13:** A. Amostra DH 30. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 542166 m E, 9454286 m N. B. Visualização da microclina, plagioclásio com seritização, biotita e placas de muscovita secundária.



A biotita (Bt) é verde a marrom, lamelar e possui cristais xenoblásticos a sub-idioblásticos, com dimensões que variam de 0,05 a 1,50mm. Há inclusões de zircão no mineral, que deixa impresso halos pleocroicos (Fotografia 14.D).

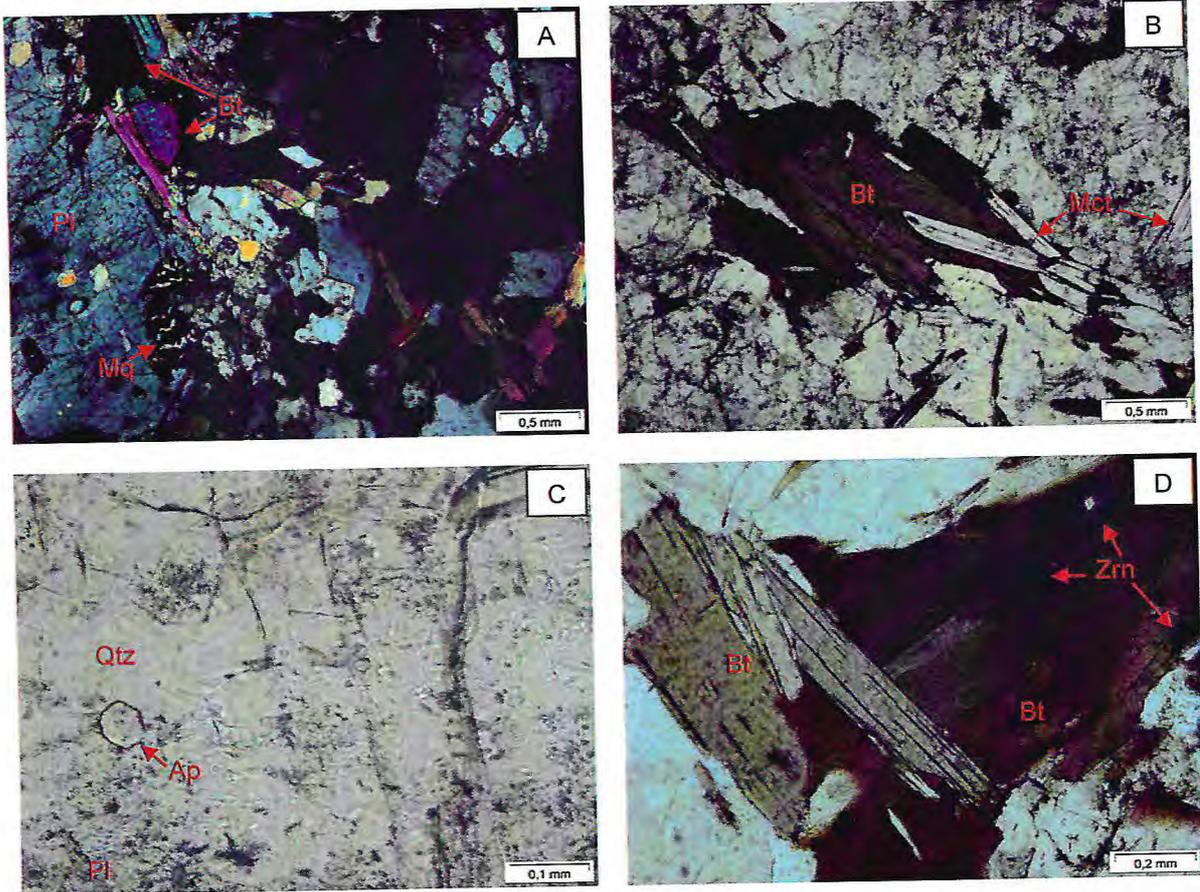
A muscovita (Mct) é gerada da alteração da biotita. O mineral secundário apresenta-se lamelar e com variância de xenoblástico a sub-idioblástico, de dimensões entre 0,05 a 0,80mm (Fotografia 14.B).

A apatita e o zircão são os minerais acessórios representativos.

A apatita (Ap) varia de hexagonal a arredondada, com cristais de dimensões entre 0,01 a 0,07mm (Fotografia 14.C).

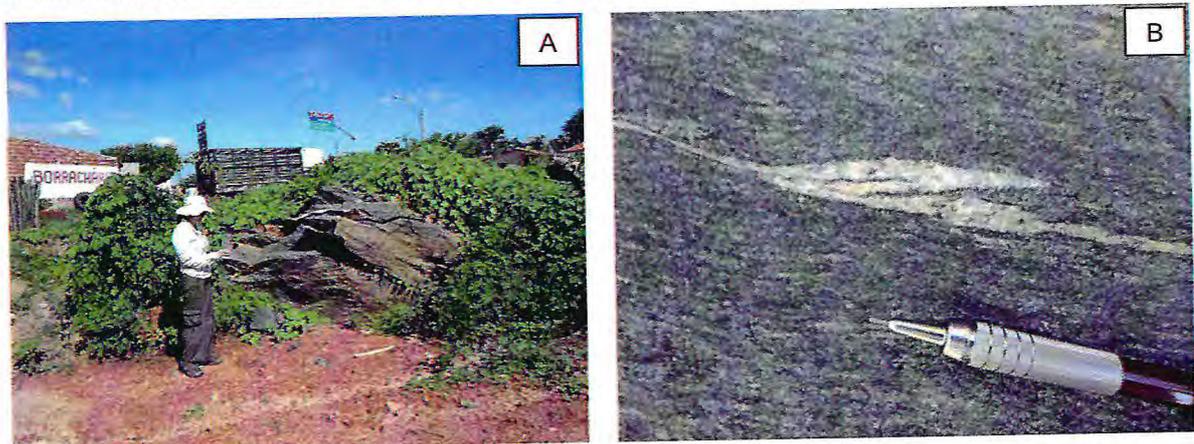
O zircão (Zrn) é xenoblástico a sub-idioblástico e forma halos pleocroicos na biotita (Fotografia 14.D), cujas dimensões variam entre 0,01 a 0,06mm.

Fotografia 14: Amostra DH30. A. Porfiroblasto de plagioclásio, textura mimerquítica, quartzo e biotita. B. Biotita alterada para muscovita. C. Cristais de apatita. D. Zircão em biotita, com halos pleocroicos.



O Biotita Gnaise possui bandamentos irregulares milimétricos. Apresentam mergulho que varia de médio a alto ângulo, entre  $55^\circ$  a  $65^\circ$  (Fotografia 15.A). A rocha é preta, possui granulação média (Fotografia 15.B) e indicadores cinemáticos dextrais.

Fotografia 15: A. Biotita Gnaise *in situ*. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540052 m E, 9449884 m N. B. Dobra em Z. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9449884 m N.



Em seção delgada nota-se textura lepidogranoblástica e foliação anastomosada (Fotografia 16.B), cujos constituintes minerais são biotita (35%), microclina (20%), quartzo (15%), plagioclásio (10%), titanita (9%), ilmenita (9%), allanita (1%), calcita (0,5%), clorita (0,5%), zircão (0,5%) e apatita (0,5%).

A biotita é verde a marrom, lamelar e sub-idioblástico, de dimensões entre 0,05 a 0,10mm (Fotografia 16.C). Possui inclusões de zircão, que geram halos pleocroicos. A alteração hidrotermal do cristal origina a clorita.

A microclina exhibe cristais sub-idioblástico, com cristais de dimensões entre 0,10 a 0,70mm (Fotografia 16.D). Tem geminação polissintética em duas direções e *Carlsbad*, o que caracteriza o processo de microclinitização no ortoclásio.

O quartzo está recristalizado em subgrãos, xenoblástico e apresenta extinção ondulante, característica da deformação no grão. Possui grãos que variam entre 0,01 a 0,40mm.

O plagioclásio é xenoblástico a sub-idioblástico, de dimensões entre 0,05 a 0,30mm (Fotografia 16.D). Encontra-se em cristais bem preservados antiperitita e geminação polissintética.

O mineral opaco representante é a ilmenita (Ilm), que se exhibe de forma sub-idioblástica a idioblástico. Possui variância nos cristais, que podem ter de 0,10 até 0,60mm. A alteração hidrotermal no mineral gera a titanita (Fotografia 16.E).

A titanita (Ttn) possui cristais alongados xenoblásticos a sub-idioblásticos, com grãos entre 0,05 a 0,30mm. (Fotografia 16.F).

Os minerais acessórios são allanita, calcita, clorita, zircão e apatita, apresentam grãos que variam entre 0,05 a 0,10mm.

A apatita (Ap) é hexagonal a arredondada (Fotografia 16.F).

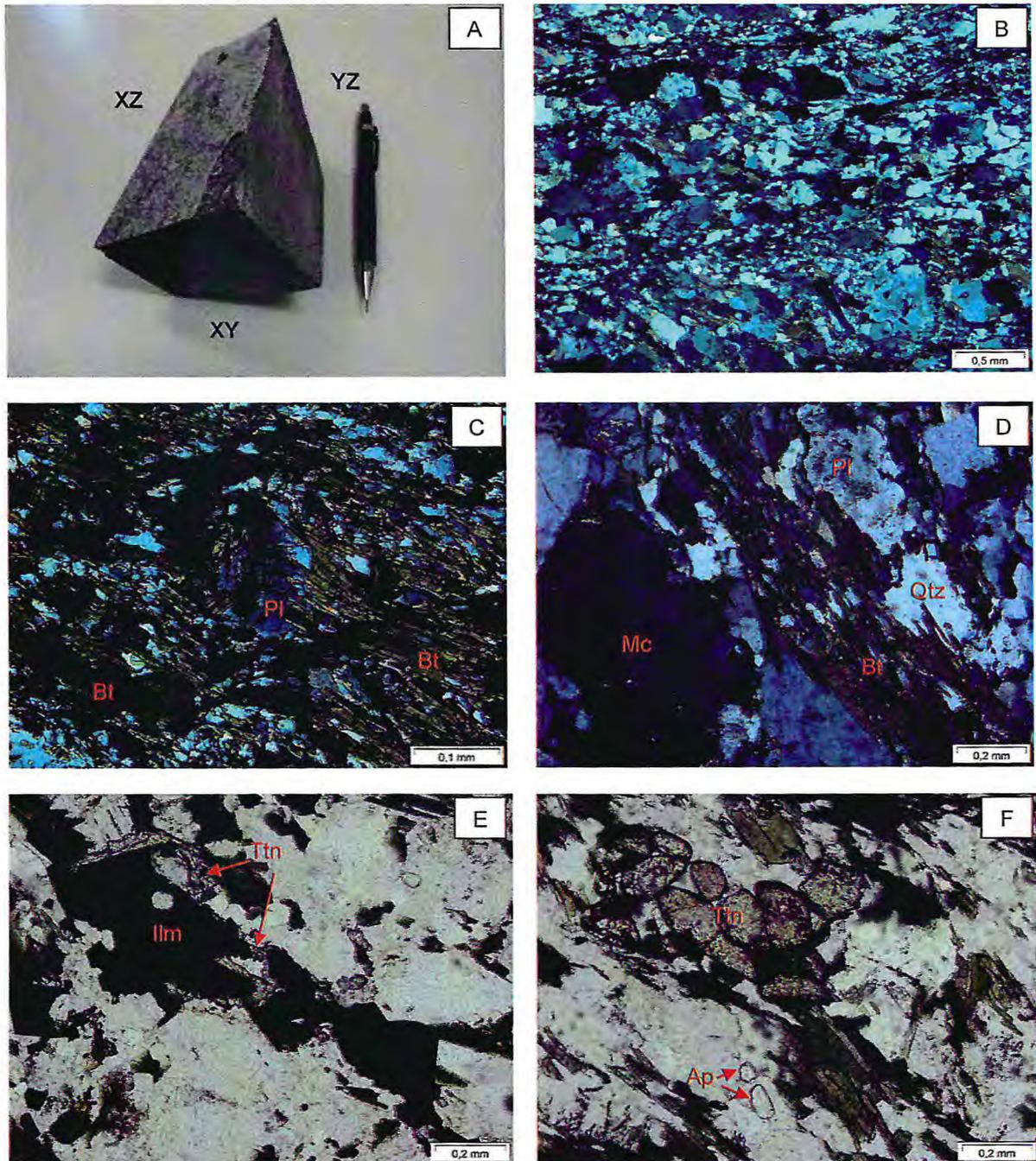
A clorita (Chl) é lamelar e xenoblástica, proveniente da alteração da biotita (Fotografia 17.A).

A allanita (Aln) é prismática e xenoblástica (Fotografia 17.A).

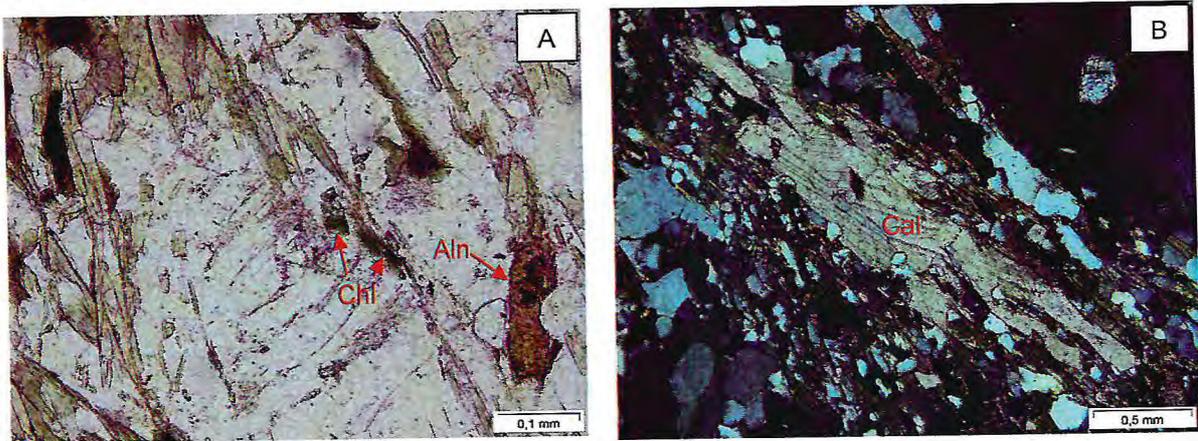
A calcita (Cal) é xenoblástica (Fotografia 17.B).

O zircão (Zrn) é xenoblástico a sub-idioblástico e forma halos de alteração na biotita.

Fotografia 16: A. Amostra DH 25. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540052 m E, 9449884 m N. B. Visão geral da seção delgada. C. Biotita demarca a foliação, com porfiroblasto de plagioclásio pré-tectônico. D. Porfiroblasto de microclina. E. Ilmenita alterada para titanita. F. Cristais de titanita, apatita e biotita.



Fotografia 17: Amostra DH 25. A. Metassomatismo da biotita para clorita e blasto de allanita. B. Calcita em fissura.

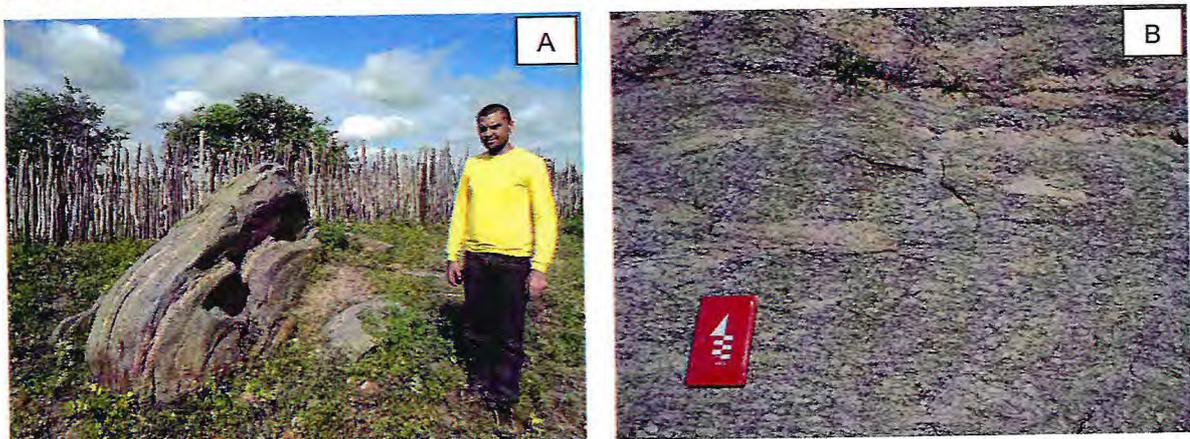


#### 4.2.2 Unidade Acopiara

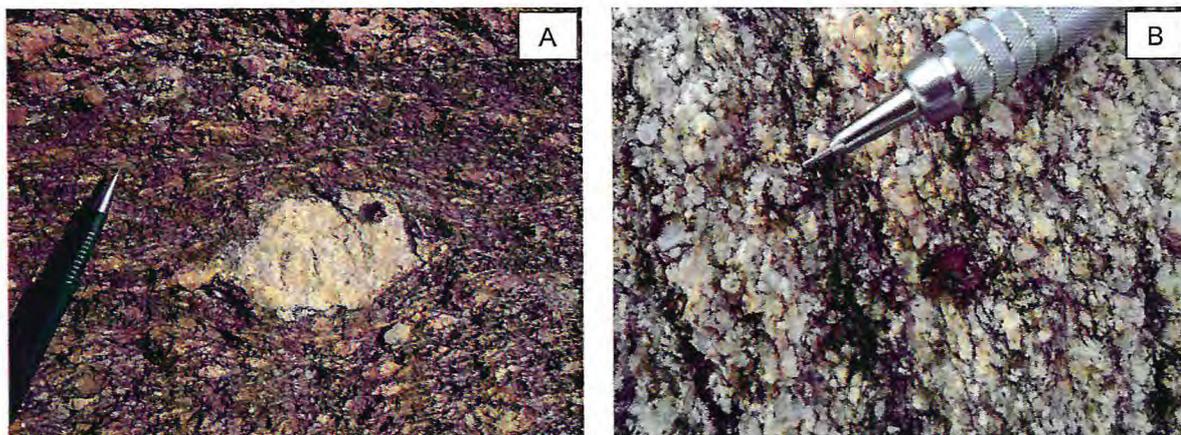
Os tipos litológicos apresentam-se *in situ*, corte de estradas e drenagem. Encontram-se biotita gnaissé paraderivado com variação composicional, lentes xistosas ricas em biotita e ocorrências de manganês associado com ferro. Possuem foliação de alto ângulo, que variam de 65° a 90° (Fotografia 18.A).

Os Biotita Gnaisses são cinza, com bandamentos que variam de retilíneos a anastomosados. Apresentam granulação média a grossa e em alguns afloramentos pode-se perceber porfiroblastos de plagioclásio ou feldspato potássico (Fotografia 18.B). Os indicadores cinemáticos visualizados são *boudins* e sigmoides, que exibem movimentação preferencial dextral e, por vezes, sinistrais (Fotografia 19.A). A origem paraderivada do gnaissé pode ser interpretada pela presença de granada em alguns afloramentos (Fotografia 19.B).

Fotografia 18: A. Gnaissé verticalizado da unidade Acopiara. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530417 m E, 9458104 m N. B. Biotita gnaissé porfiroblástica menos deformada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N.



Fotografia 19: A. Biotita gnaisse com indicador cinemático dextral. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 535537 m E, 9466324 m N. B. Biotita gnaisse com granada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532960 m E, 9456340 m N.



Em lâmina as amostras demonstram diferentes níveis de deformação. A constituição mineralógica básica da rocha é plagioclásio (38 a 50%), quartzo (20 a 25%), microclina (2 a 10%) e biotita (23 a 27%). Outros constituintes acessórios da rocha são os minerais opacos (0,5 a 1%), vermiculita (1%), clorita (1%), allanita (1%), apatita (0,5 a 1%) e zircão (0,5%).

O plagioclásio por vezes apresenta geminação polissintética. É xenoblástico, com cristais que variam entre 0,10 a 4,00mm (Fotografia 20.B). Possui intercrescimento de quartzo vermicular (mimerquita).

O quartzo encontra-se deformado, recristalizado em subgrãos e de dimensões entre 0,05 a 2,00mm. É xenoblástico e apresenta extinção ondulante (Fotografia 20.B).

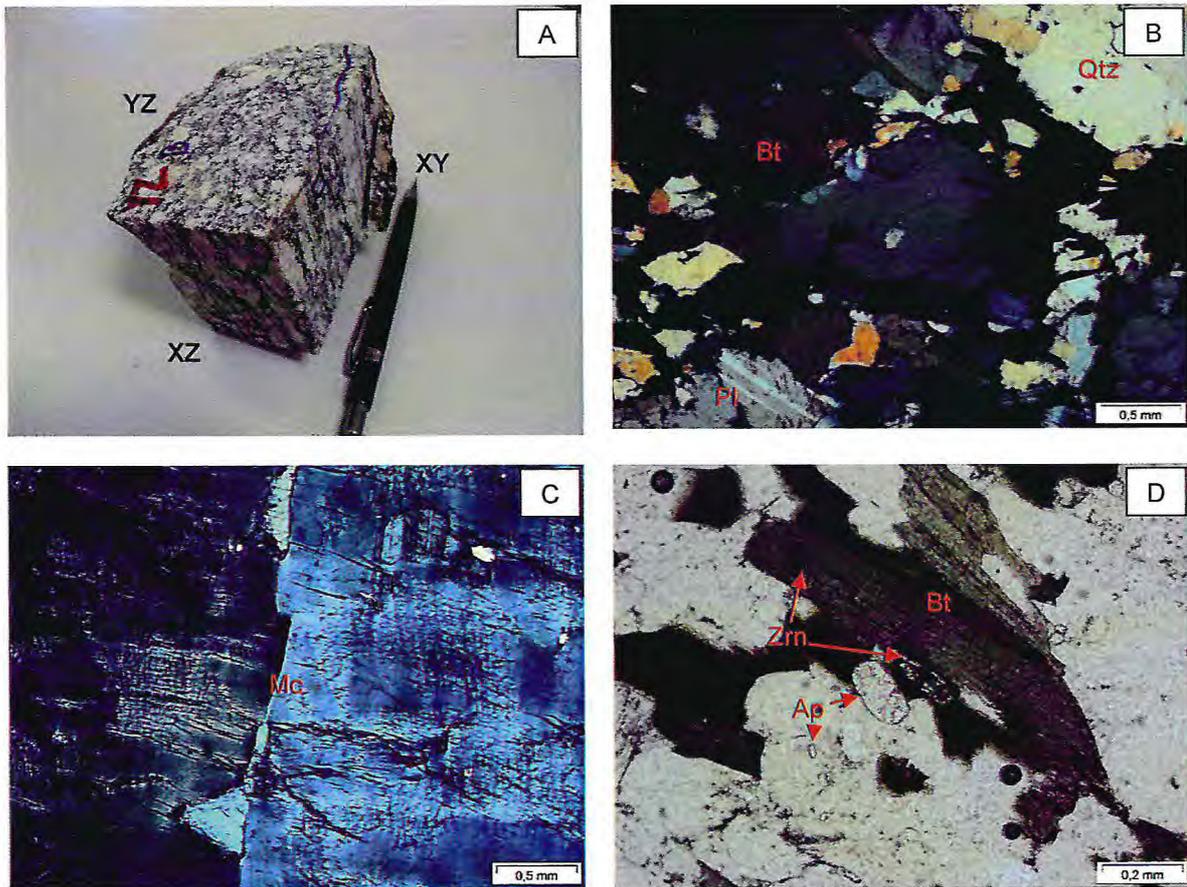
A microclina observada pela geminação *calrsbad* com a polissintética em duas direções. Apresenta-se sub-idioblástica, com grãos que variam entre 0,20 a 4,00mm (Fotografia 20.C).

A biotita é marrom, lamelar, xenoblástico e apresenta grão entre 0,01 a 3,00mm (Fotografia 20.D). A alteração hidrotermal do mineral gera a vermiculita. Também, com a perda do ferro da biotita forma-se a clorita.

A vermiculita (Vrm) é lamelar, sub-idioblástico, de dimensões com variância entre 0,01 a 0,05mm. A clorita é lamelar e sub-idioblástico, com minerais que variam entre 0,01 a 0,50mm.

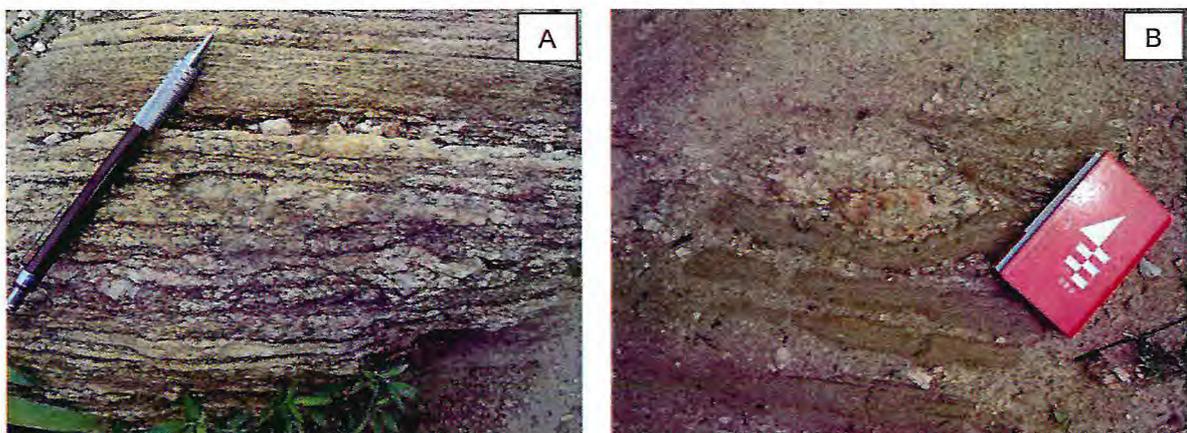
Os minerais acessórios são allanita, apatita e zircão, que apresentam dimensões de 0,01 a 0,10mm. A allanita é granular, sub-idioblástica a xenoblástico. A apatita é incolor, hexagonal a circular (Fotografia 20.D). O zircão (Zrn) é sub-idioblástico e gera halos pleocroicos na biotita (Fotografia 20.D).

Fotografia 20: A. Amostra DH18. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N. B. Biotita contorna os porfiroblastos de plagioclásio. C. Geminação mecânica da microclina. D. Zircão incluído na biotita e apatita.



Os xistos são visualizados em lentes métricas descontínuas intercalados aos gnaisses (Fotografia 21.A). São pretos, xistosos e apresentam granulação fina a média. Constituídos de biotita, quartzo, plagioclásio e feldspato potássico (Fotografia 21.B).

Fotografia 21: A. Detalhe do litotipo intercalado ao gnaisse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532030 m E, 9458888 m N. B. Variação xistosa do gnaisse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532030 m E, 9458888 m N.



A ocorrência de manganês e ferro apresenta-se em forma de lentes, em veios métricos de quartzo, controlados pela foliação do gnaiss (Fotografia 25).

**Fotografia 25:** Ocorrência de ferro e manganês em veio de quartzo. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 534522 m E, 9460720 m N.



#### 4.2.3 Faixa Orós

Situa-se na região sudeste da área de pesquisa. É marcada pelas Cristas Residuais Alinhadas (Fotografia 26), são constituídas por intercalações centimétricas a métricas de quartzitos quase puros e xistos aluminosos. Apresenta inflexão de *trend* ENE-WSW, cujos embasamentos são as rochas do Complexo Jaguaretama e da Unidade Acopiara.

**Fotografia 26:** Cristas Residuais Alinhadas constituídas de quartzito e xisto intercalados. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m E.

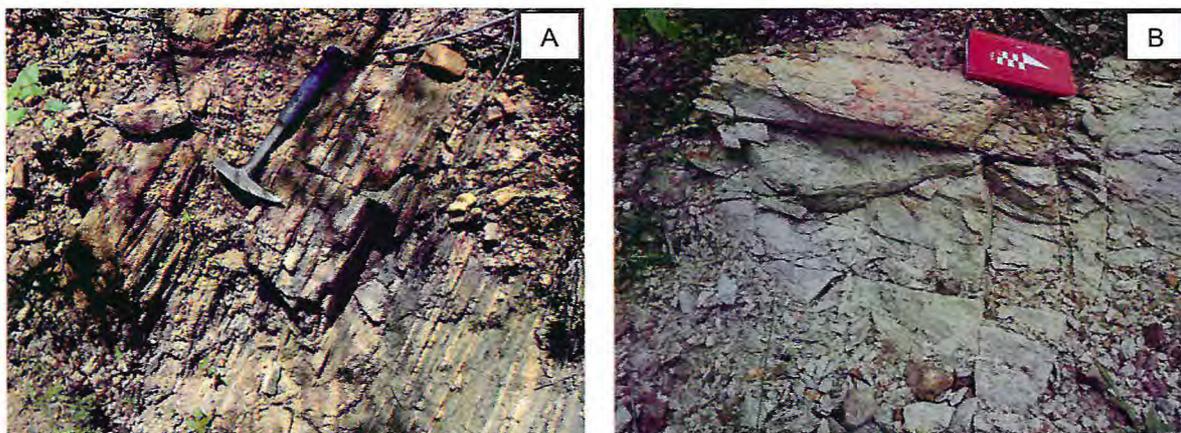


O Sillimanita Quartzito sustenta as Cristas Residuais Alinhadas devido a sua resistência. Encontra-se intercalado ao xisto ou em blocos soltos, visualizados em cortes de estradas transversais ao alinhamento e nas vertentes das cristas. O protólito da rocha é caracterizado como um provável arenito.

O pacote possui foliação que varia entre 80° a 90° (Fotografia 27.A) e pares cisalhantes de fraturas verticais de sentido 260° e 310°Az (Fotografia 27.B). A rocha é branca

a cinza, maciça e, por vezes, preserva o acamamento sedimentar ( $S_0$ ). Tem granulação fina a média.

**Fotografia 27: A. Foliação verticalizada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m N. B. Rocha *in situ* altamente fraturada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539157 m E, 9453614 m E.**



O litotipo em seção delgada possui textura granoblástica nas maciças (Fotografia 28.B) e milonítica nas bandadas (Fotografia 28.E). É composta por quartzo (94%), sillimanita (2%), plagioclásio em processo de alteração para sericita (1%), biotita (1%), opacos (1,5%) e zircão (0,5%).

O quartzo é xenoblástico, fraturado e apresenta dimensões que variam de 0,01 a 0,50mm. Exibe extinção ondulante e tem inclusões de sillimanita e opacos (Fotografia 28.B).

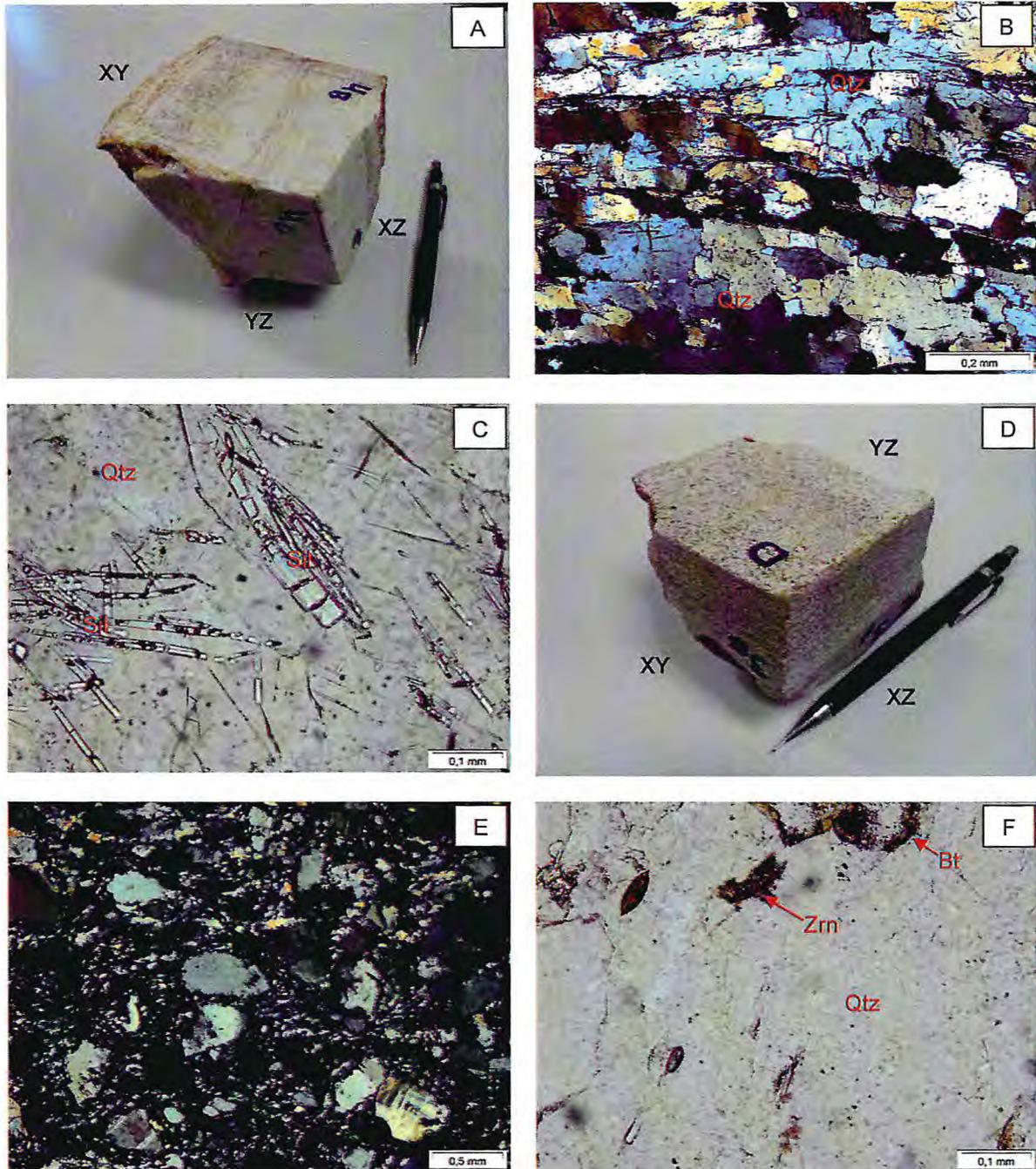
A sillimanita (Sil) é prismática e fibrosa. Apresentam-se de sub-idioblástico a idioblástico, de dimensões que variam de 0,02 a 0,40mm. Os cristais acompanham a foliação preferencial, porém a orientação de alguns grãos é variada (Fotografia 28.C).

O plagioclásio é xenoblástico e passa por processos de sericitização, sem preservar suas características originais. Possui cristais que varia de 0,01 a 0,40mm.

A biotita encontra-se alterada em cristais xenoblásticos. Apresenta dimensões de 0,05 a 0,10mm.

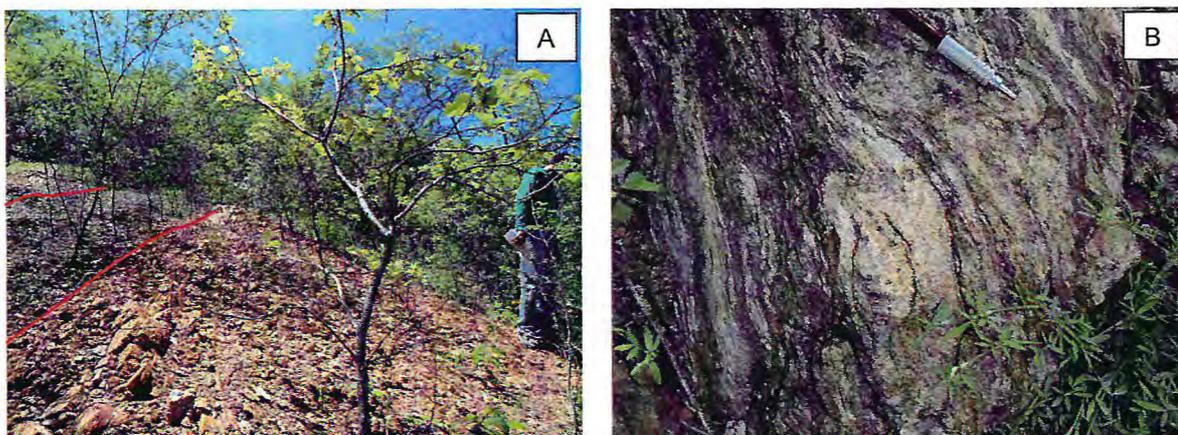
O mineral acessório visualizado é o zircão. É prismático e varia de sub-idioblástico a xenoblástico, com grãos de 0,01 a 0,06mm (Fotografia 28.F).

Fotografia 28: A. Amostra DH22. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m N. B. Quartzo com extinção ondulante, textura granoblástica. C. Sillimanita inclusas no quartzo. D. Amostra DH 24 Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 535835m E, 9454652 m N. E. Textura milonítica do quartzito. F. Zircão incluído no quartzo.



Os xistos apresentam-se intercalados ao quartzito (Fotografia 29.A), com foliação e grau de fraturamento similares ao quartzito. Localmente encontram-se migmatizado. A rocha é cinza, xistosa e possui granulação média a grossa (Fotografia 29.B). Exibe-se friável e intemperizada, cuja assembleia mineral é composta de muscovita, quartzo, plagioclásio, biotita e minerais acessórios.

Fotografia 29: A. Xisto intercalado ao quartzito. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539445 m E, 9458868 m N. B. Detalhe da rocha *in situ*. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540612 m E, 9455170 m E.



### 4.3 DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL

A área do domínio encontra-se posicionada na porção noroeste, inserida na Unidade Canindé, ao longo da Depressão Sertaneja. A unidade é caracterizada por paragneisses e xistos, cortados por veios de pegmatitos. Os litotipos exibem-se *in situ* e em blocos soltos, com foliação de alto ângulo de direção preferencial nordeste e movimentação dextral. O metamorfismo ocorreu no Fácies Xisto Verde a Anfibolito Médio.

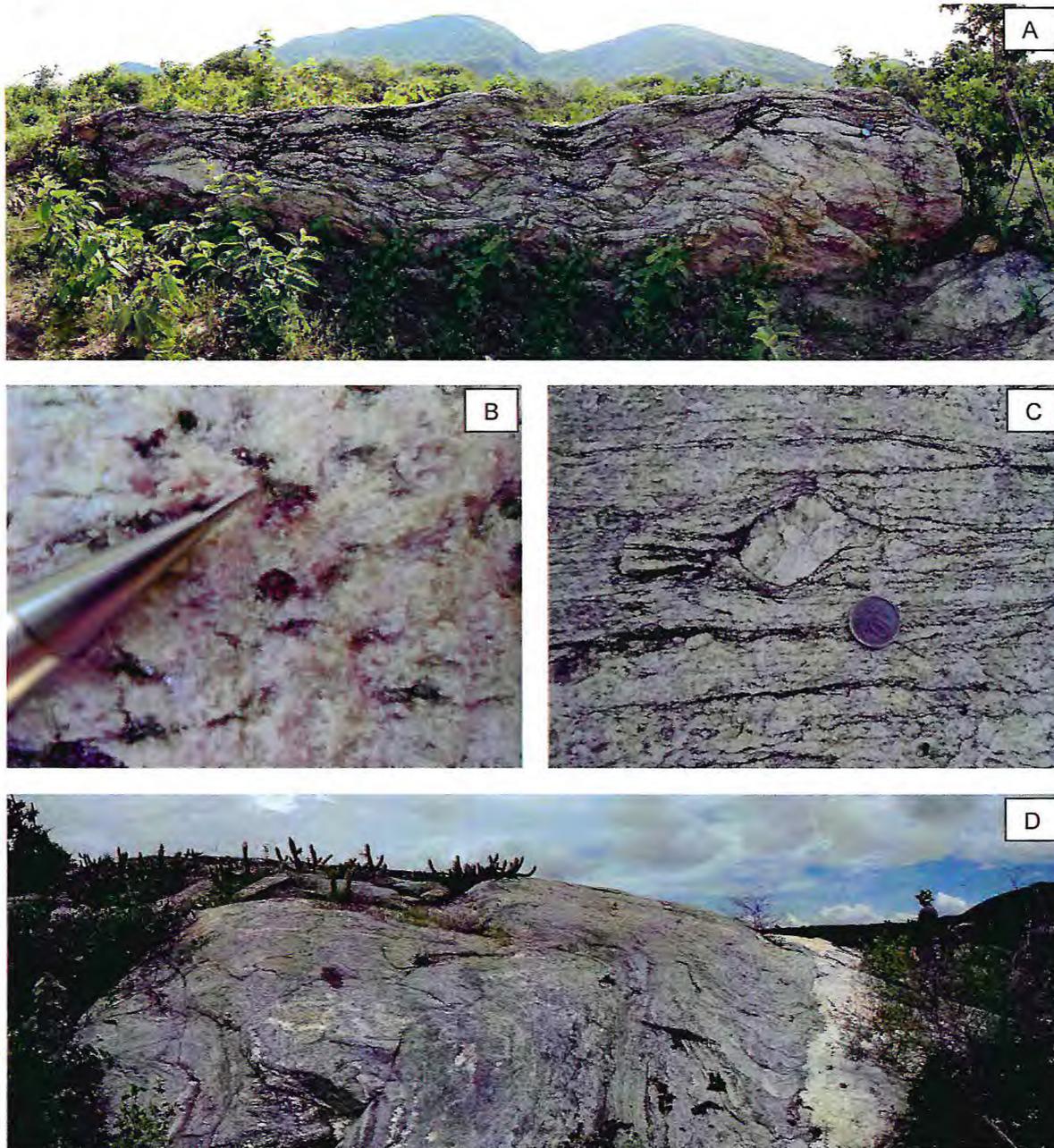
#### 4.3.1 Unidade Canindé

Os afloramentos estão situados em cortes de estradas, perfis de rios e em exposição natural.

O tipo litológico representativo na área de pesquisa é o paragneisse, que varia de granada muscovita a biotita gnaisse com lentes intercaladas descontínuas de xistos muscovíticos e biotíticos. Possuem foliação de alto ângulo, com variância de 70° a 90° (Fotografia 30.A).

Os gnaisses em geral são cinza, com bandamentos rítmicos milimétricos a centimétricos. Apresenta granulação média a grossa e indicadores cinemáticos de movimentação dextral (Fotografia 30.C). Encontra-se porções migmatizadas (Fotografia 30.D).

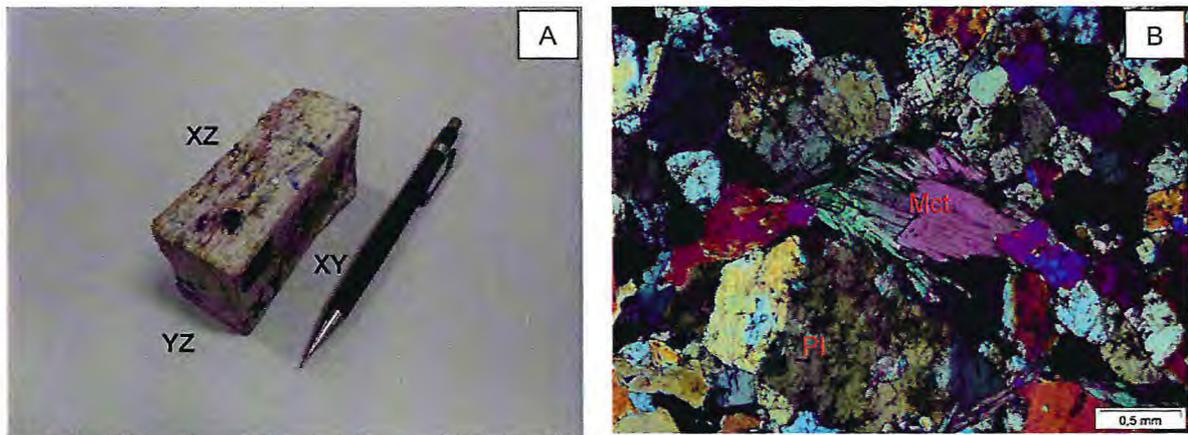
Fotografia 30: A. Foliação de médio ângulo do Biotita Gnaisse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531225 m E, 9464100 m N. B. Banda félsica do gnaisse com granada. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. C. Sigmoide dextral no gnaisse. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531084 m E, 9466222 m N. D. Gnaisse migmatíticos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530545 m E, 9469448 m N.



A seção delgada representa a banda félsica biotita gnaisse, que possui textura granoblástica, cujos minerais constituintes são quartzo (40%), plagioclásio (25%), feldspato potássico (15%), muscovita (15%), granada (3%) e biotita (2%) (Fotografia 31.B).

O quartzo é xenoblástico, com cristais que variam de 0,01 a 1,30mm. Exibe extinção ondulante, como resposta da deformação incipiente (Fotografia 31.B).

**Fotografia 31:** A. Amostra DH70. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. B. Visualização geral da lâmina.



O plagioclásio é xenoblástico, com grãos de dimensões entre 0,05 a 2,00mm (Fotografia 32.A).

Os feldspatos potássicos são representados por microclina e ortoclásio. A microclina apresentam-se xenoblásticos a sub-idioblásticos, cujos cristais podem variar entre 0,05 a 1,00mm. Possui geminação polissintética em duas direções, em pequenos cristais. O ortoclásio caracterizado por ser uma rocha de baixa temperatura, é visualizado em pequenos grãos que variam de 0,05 a 0,80mm. Apresentam ou não geminação *Carlsbad* (Fotografia 32.A).

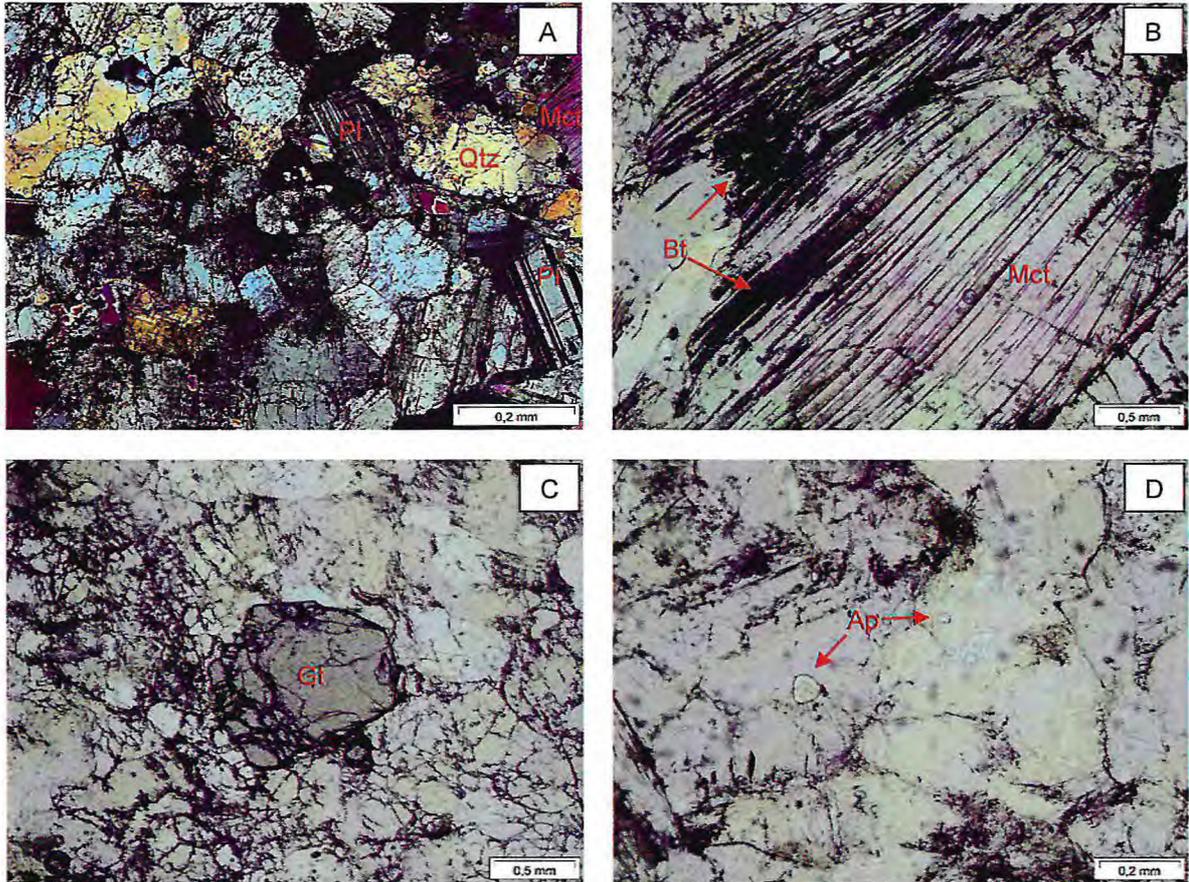
A muscovita é produto de alteração da biotita e do plagioclásio, que possui nas suas clivagens manchas enegrecidas relíquias do ferro da biotita. Exibe-se lamelar, xenoblástica, com cristais entre 0,05 a 0,30mm (Fotografia 32.B).

A granada (Gt) é acircular, isotrópica, sub-idioblástica, com grãos que variam entre 0,02 a 0,70mm (Fotografia 32.C).

A biotita passou por processo de muscovitização e apresenta traços relíquias da mica branca em pequenas lamelas (Fotografia 32.A). É marrom, lamelar, xenoblástico e possui variância de grãos entre 0,05 a 0,40mm.

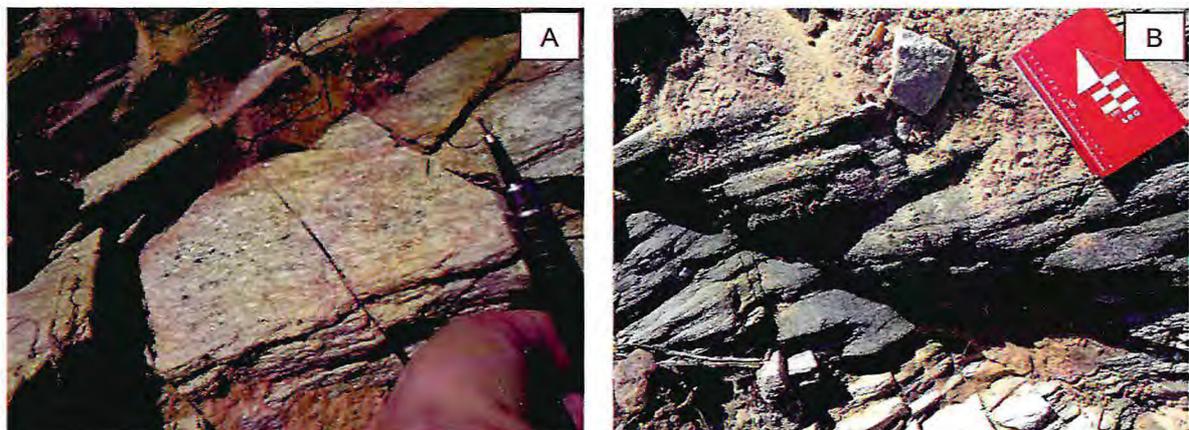
A apatita (Ap) varia de hexagonal a arredondada, com cristais de dimensões entre 0,01 a 0,07mm (Fotografia 32.D).

Fotografia 32: Amostra DH70. A. Plagioclásio, feldspato potássico, quartzo e muscovita. B. Alteração da biotita para muscovita. C. Granada na matriz da lâmina. D. Cristais de apatita inclusos em quartzo e plagioclásio.



Os xistos estão intercalados de maneira descontínua aos paragneisses, em lentes centimétricas a métricas. A coloração dependerá da composição mineralógica e química, que pode ser branca ou preta, quando ricos em muscovita ou biotita, respectivamente (Fotografia 33.A e B).

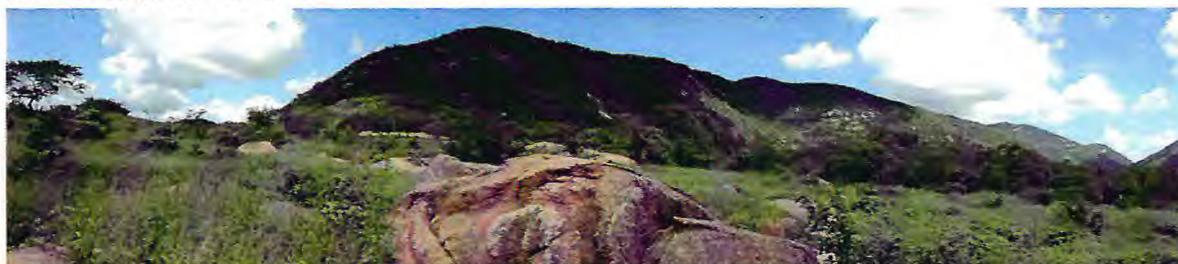
Fotografia 33: A. Muscovita xisto. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 534450 m E, 9466406 m N. B. Biotita xisto. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 534450 m E, 9466406 m N.



### 4.3.2 Granitos Brasileiros

Localizado na porção noroeste da área de pesquisa, representa a unidade geomorfológica do Maciço Residual (Fotografia 34).

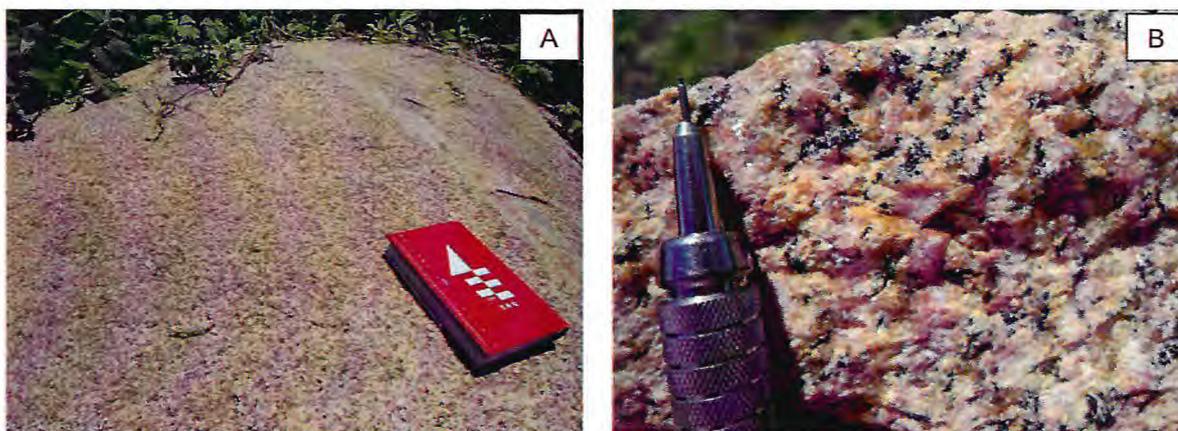
**Fotografia 34: Maciço residual constituído por sienogranito. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N.**



O litotipo é caracterizado por sienogranito, que pode ser encontrado milonitizado ou não. Quando milonitizado exibe estiramento da biotita de *trend* preferencial de 45° e mergulho vertical (Fotografia 35.A).

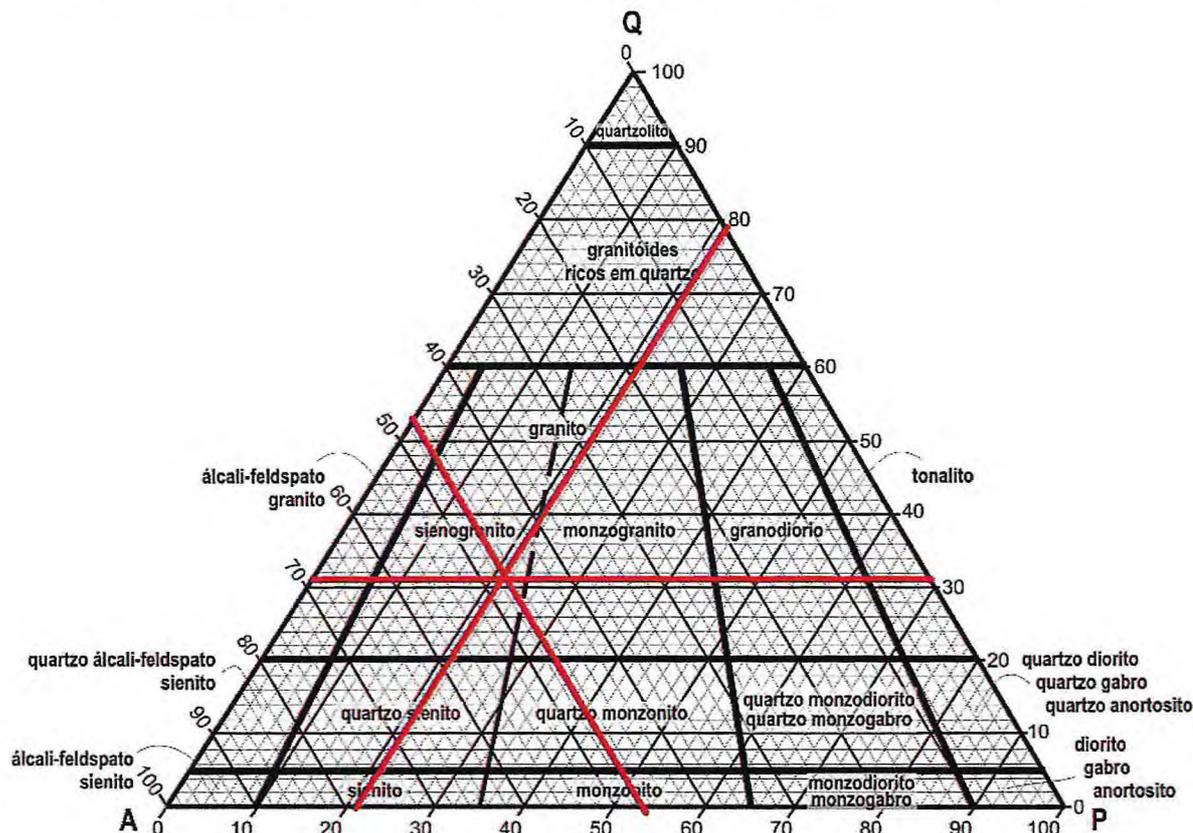
Apresentam-se em exposições naturais, cortes de estradas ou em blocos soltos nas proximidades da vertente. A rocha é rosa, milonitizada ou maciça, possui granulação média a grossa (Fotografia 35.B).

**Fotografia 35: A. Litotipo *in situ*. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N. B. Sienogranito milonitizado. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N.**



O litotipo tem textura inequigranular média e assembleia mineral composta por microclina (45%), quartzo (30%), plagioclásio (20%), biotita (3%), muscovita (0,5%), opacos (1,5%), minerais acessórios como zircão (0,5%) e apatita (0,5%) (Fotografia 38.B). Caracteriza-se como Sienogranito, ao ser plotado a composição modal no Diagrama QAP, proposto por *Streckeisen*, 1976 (Figura 5).

Figura 5: Diagrama composicional QAP (Quartzo, Feldspato Alcalino, Plagioclásio) para o sienogranito.



Fonte: Streckeisen, 1976.

A microclina é sub-idioblástica a xenoblástica, de dimensão que varia de 0,20 a 1,30mm. Apresenta geminação polissintética em duas direções, intercrescimento de plagioclásio com a textura pertítica (Fotografia 36.B).

O quartzo encontra-se preservado em cristais maiores de dimensões que variam entre 0,10 a 1,50mm. É xenoblástico e possui extinção ondulante (Fotografia 36.B).

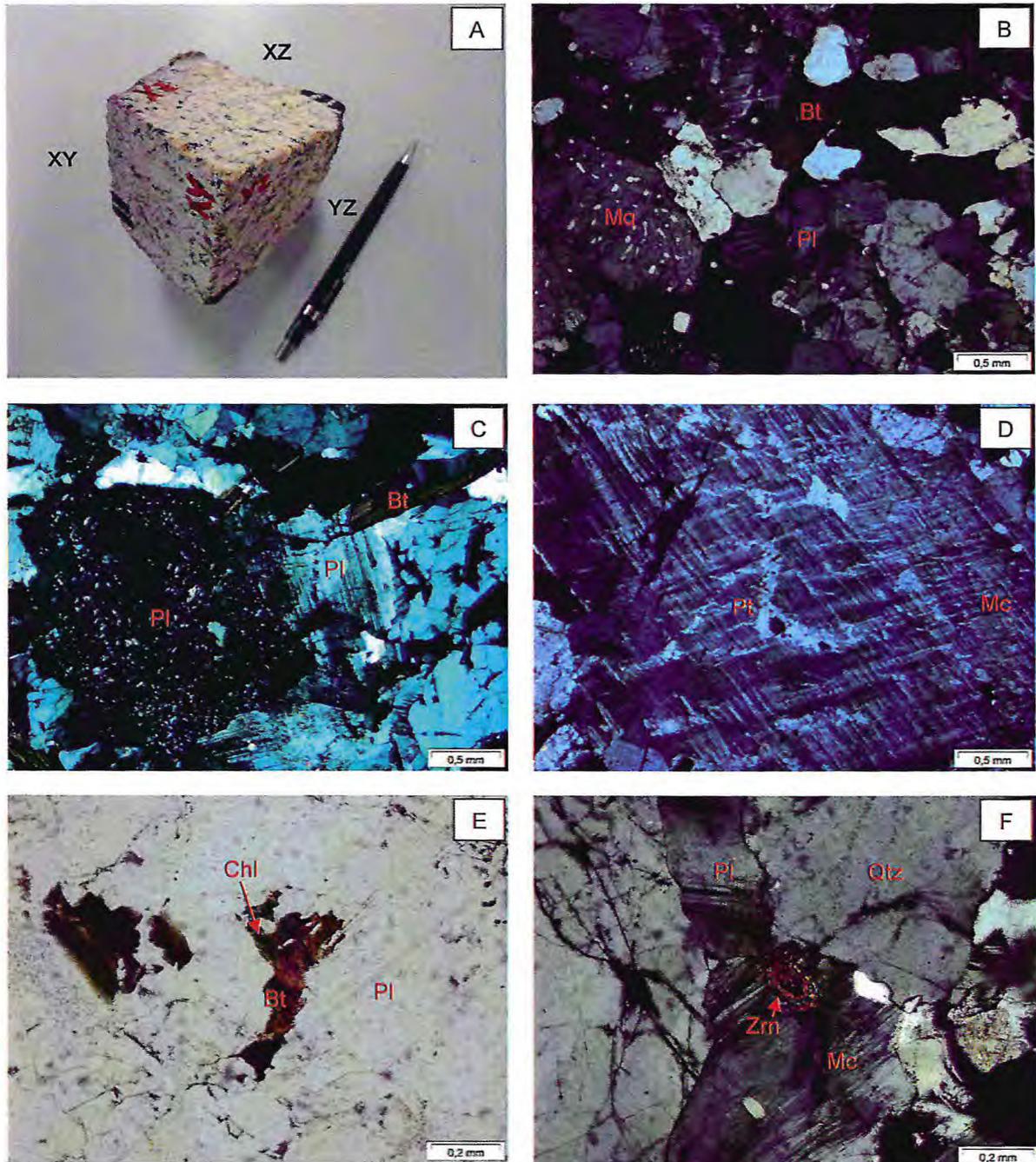
O plagioclásio pode exibir ou não a geminação polissintética. É xenoblástico, com cristais entre 0,05 a 1,2mm. Possui intercrescimento de K-Feldspato (antipertita), quartzo (mimerquita) e alteração para sericita (Fotografia 36.A e B).

A biotita demarca de maneira discreta a orientação da rocha. É verde a marrom, lamelar, xenoblástico, com grãos de dimensões entre 0,03 a 1,20mm. A alteração da biotita origina a muscovita e clorita (Fotografia 36.C).

A muscovita secundária é lamelar e xenoblástica. Há cristais que variam de 0,01 a 0,20mm.

Os minerais acessórios são o zircão e a apatita. O zircão é xenoblástico (Fotografia 36.D). A apatita é incolor, xenoblástico, hexagonal a arredondada.

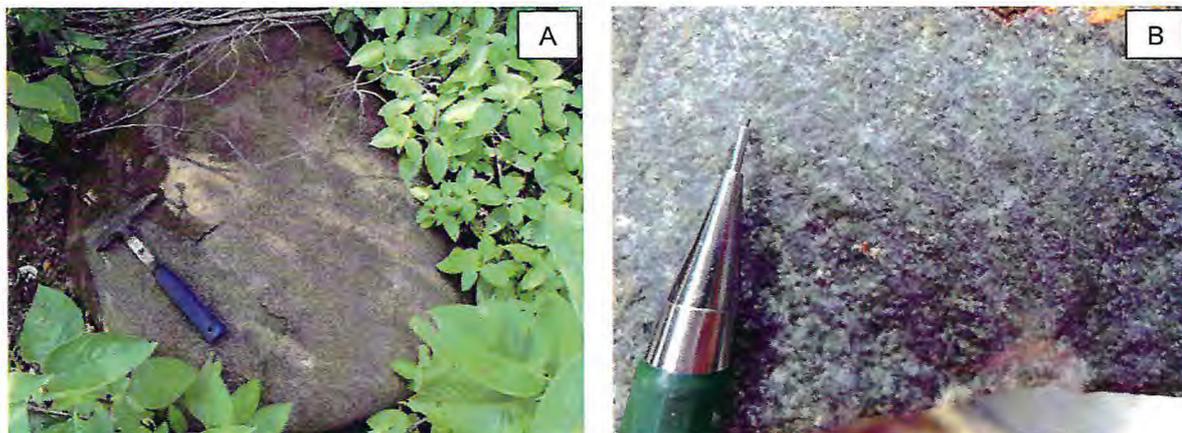
Fotografia 36: A. Amostra DH01. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528764 m E, 9468910 m N. B. Textura mirmequitita no plagioclásio, biotita e quartzo. C. Seritização do plagioclásio, quartzo e biotita. D. Microclina com textura pertítica. E. Alteração da biotita para clorita. F. Zircão incluído na microclina.



#### 4.4 SUÍTE MAGMÁTICA CEARÁ-MIRIM

O Diabásio é encontrado em blocos soltos (Fotografia 22.A), representa os diques máficos de *trend* 55°Az, controlado pela foliação do gnaiss. É preto, maciço e apresenta ripas de plagioclásio de granulação fina a média (Fotografia 37.B).

**Fotografia 37: A. Blocos solto do dique diabásico. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 533696 m E, 9464590 m N. B. Detalhe do litotipo. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 533696 m E, 9464590 m N.**

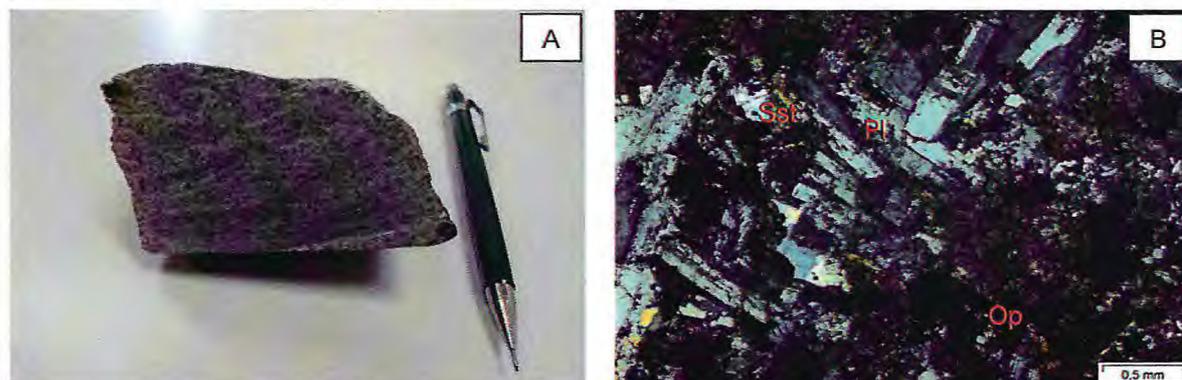


Em seção delgada, observa-se que a amostra esta alterada. É constituída por plagioclásio (65%), anfibólio (15%), opacos (10%), clorita (8%) e biotita (2%).

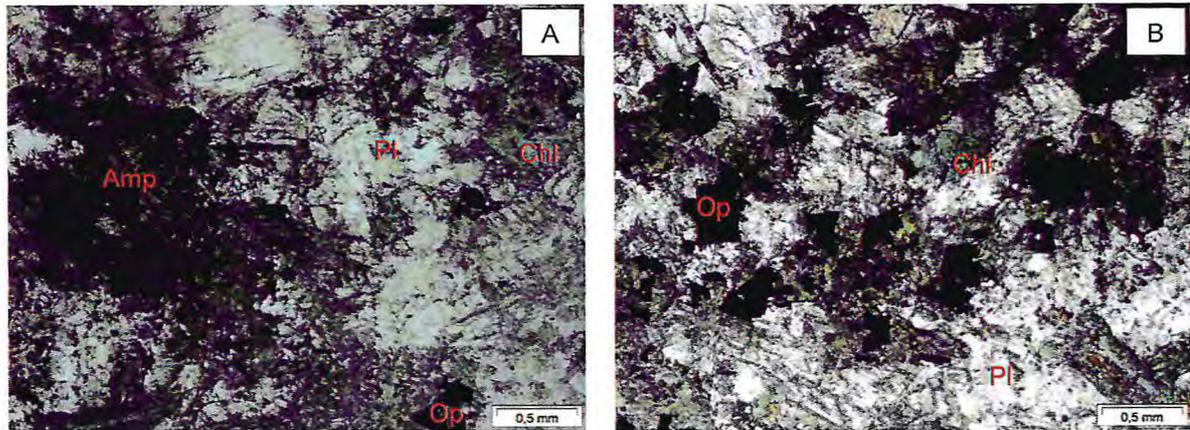
O plagioclásio apresenta geminação polissintética. É subeudral a eudral, com cristais que variam entre 0,10 a 1,20mm. Apresenta-se em ripas (Fotografia 38.B). Passa por processo de saussuritização (Fotografia 38.B).

O anfibólio (Amp) apresenta-se alterado, anédrico, com grãos entre a 0,05 a 0,80mm (Fotografia 39.A). Os mineras opacos são subeudrais a eudrais com cristais entre 0,10 a 0,50mm (Fotografia 38.B e 39.B). A clorita é lamelar, anedral, com grãos entre 0,05 a 0,40mm (Fotografia 39.B). A biotita é castanha, lamelar com minerais que variam entre 0,01 a 0,30mm (Fotografia 39.A).

**Fotografia 38: A. Amostra DH 75. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 533696 m E, 9464590 m N. B. Ripas de plagioclásio com alguns cristais com saussuritização.**



**Fotografia 39: Amostra DH 75. A. Anfibólio, opacos, saussuritização e plagioclásio. B. Minerais opacos, clorita, plagioclásio e biotita.**

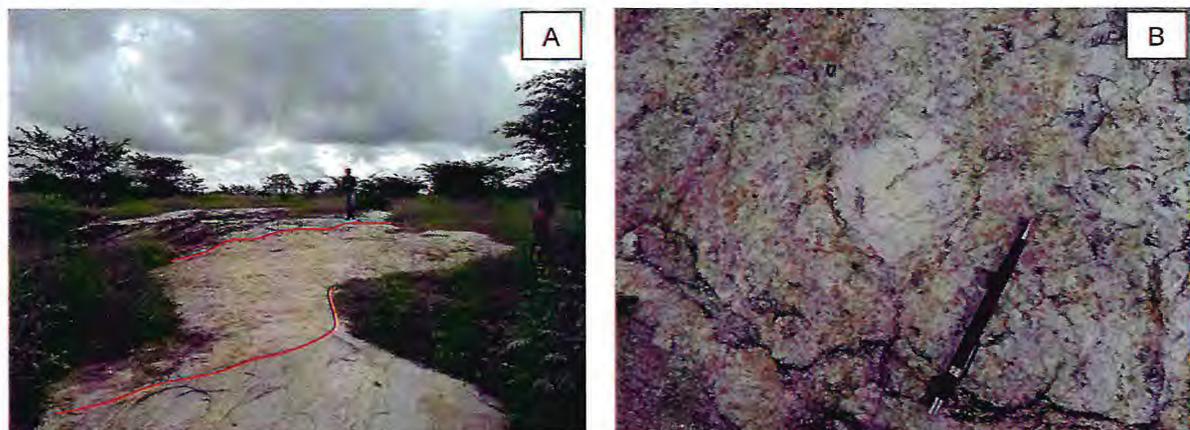


#### 4.5 PEGMATITOS

Os pegmatitos são encontrados em forma de veios, que cortam todas as litologias descritas. As Zonas de Cisalhamento Senador Pompeu e Orós, em sua fase ativa, gerou as fraturas, que funcionou como conduto para a remobilização dos elementos mineralizantes.

Os corpos apresentam-se de formas irregulares e dimensões que variam de centimétricas a métricas (Fotografia 40.A). Os contatos com as encaixantes são transicionais, difusos ou abruptos. Constituídos, de maneira geral na área pesquisada, por megacristais de quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, muscovita, turmalina, berilo, dentre outros (Fotografia 40.B).

**Fotografia 40: A. Veio métrico de pegmatito, que corta a foliação do gnaise da Unidade Canindé. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 531084 m E, 9466222 m N. B. Megacristais de plagioclásio nos pegmatitos do Complexo Jaguaretama. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539590 m E, 9452430 m N.**



#### 4.6 SEDIMENTOS RECENTES

Depositados ao longo da área em leitos de rios, açudes e redes de drenagens secundárias. São gerados pela de degradação das rochas superficiais durante o processo de intemperismo.

Os sedimentos aluvionares bordejam e acompanham os leitos de rios, o que forma regiões de várzea (Fotografia 41). Variam de creme a marrom, fino a grosso, com predominância de areia quartzosa média (Fotografia 42.A).

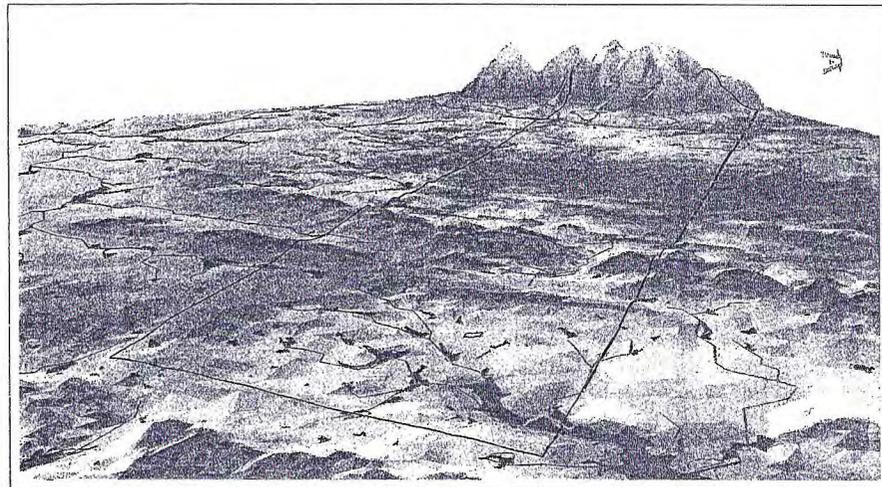
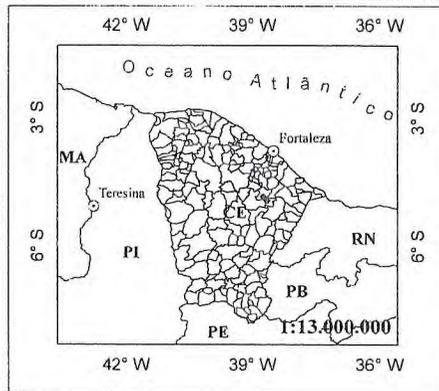
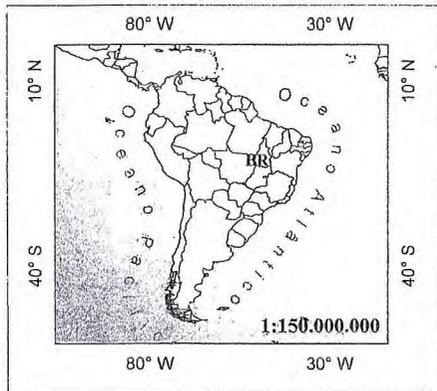
**Fotografia 41:** Leito de rio intermitente, com sedimentos mal selecionados. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 540047 m E, 9455944 m N.



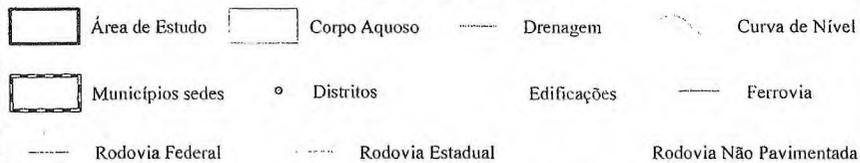
O colúvio advém das Cristas Residuais Alinhadas e do Maciço Residual, depositados no sopé dos morros. O material varia entre fino a médio e blocos rolados, vermelho a marrom (Fotografia 42.B).

**Fotografia 42:** A. Sedimentos arenosos em leito de rio. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 543294 m E, 9453502 m N. B. Material coluvionar da Serra Azul. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 528130 m E, 9469964 m N.





### Convenções Geográficas



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CAMPUS DO PICI - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913  
FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL

Projeto: GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ

Título: MAPA DE PONTOS

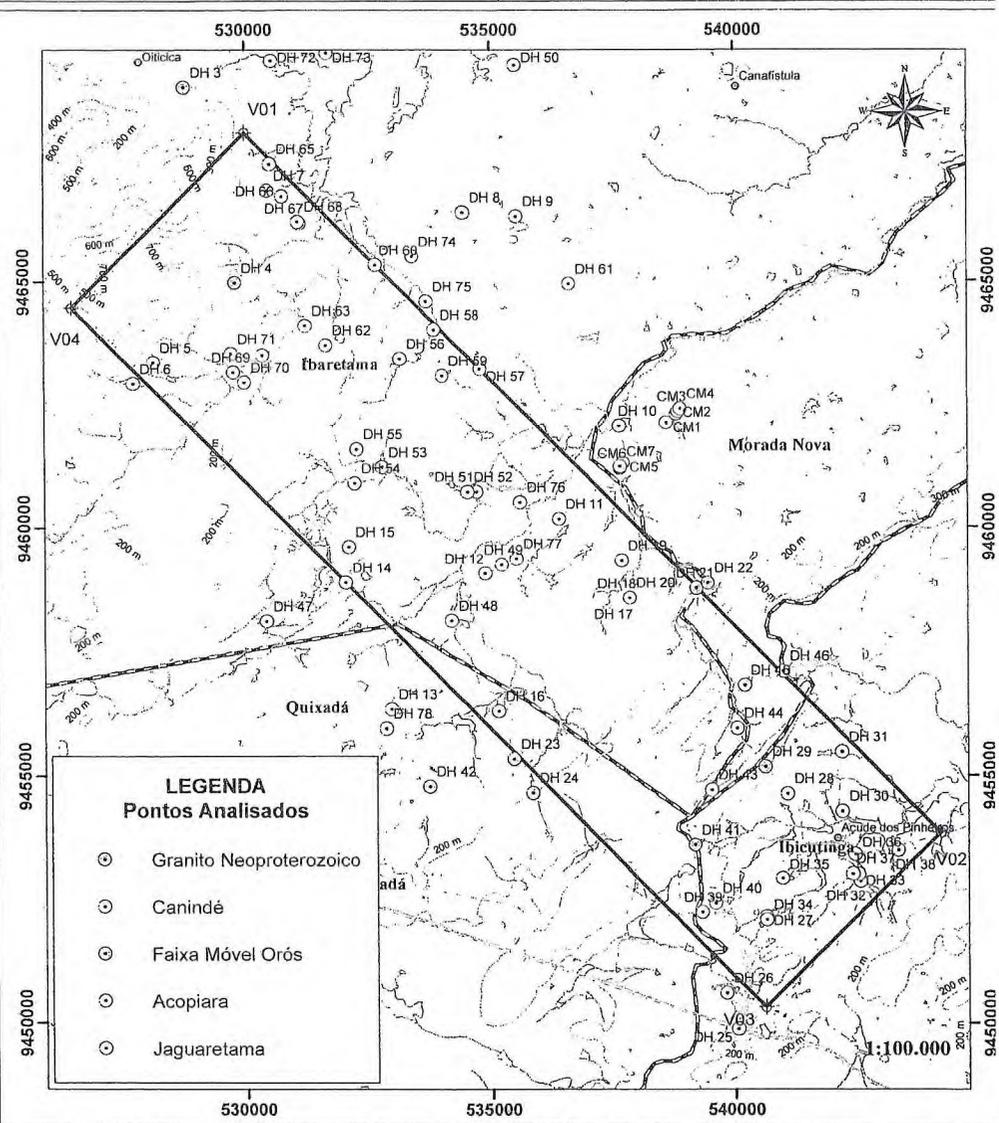
Pollgonal: 100 Km<sup>2</sup>

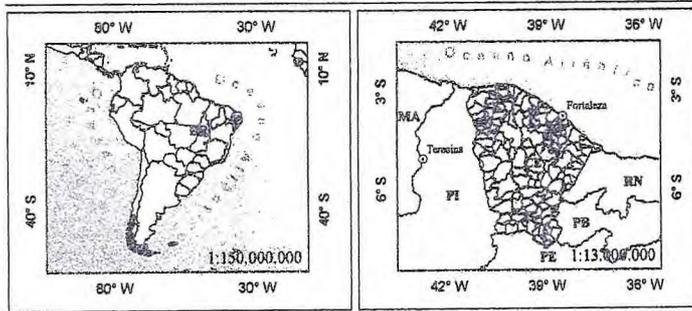
Prancha

Autores: SOUSA & XIMENES

Orientadores: MAGINI & MATOS

06  
07





**Convenções Geográficas**

Área de Estudo    
 Corpo Aquoso    
 Drenagem

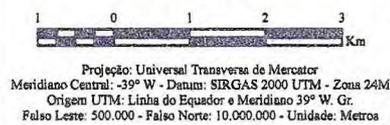
**Convenções Geológicas**

Zona de Cisalhamento    
 Lineação  
 Foliação    
 Milonitização  
 Foliação Vertical    
 Fratura  
 Dique Méfico

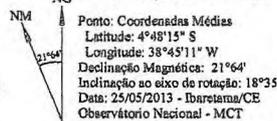
**Convenções Geológicas**

IDADE PANFEROZOICO Coberturas Sedimentares UNID.	 <b>Q2a</b>	<b>Sedimentos Recentes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se ao longo do riacho dos Macacos, do Tombador, do Feijão e Palhano, como também nas redes de drenagens secundárias de direção preferencial NE-SW;</li> <li>- Caracterizado por depósitos aluvionares e coluvionares composto por sedimentos argilosos a cascalhosos.</li> </ul>
Cretáceo	 <b>NP3.731</b>	<b>Suíte Magmática Ceará Mirim: Dique de Diabásio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se na porção noroeste da área, representa os Maciços Residuais;</li> <li>- Caracterizado por sienogranito, milonitizado ou não. A milonitização exibe o estriamento da biotita.</li> <li>- Possui trend NE e mergulho vertical, quando milonitizado.</li> </ul>
IDADE NEOPROTEROZOICO Granitos Neoproterozoicos	 <b>PPec</b>	<b>Unidade Garindé:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se na porção noroeste da área, posicionado na Depressão Sertaneja;</li> <li>- Caracterizado por granada muscovita a biotita gnaisses, com lentes descontínuas de xistos biotíticos e muscovíticos, paraderivados, metamorfizado nos fácies Xisto Verde a Anfíbolito;</li> <li>- Possui trend NE, com foliação de alto ângulo.</li> </ul>
IDADE PALEOPROTEROZOICO Faixa Orla	 <b>PP0a</b>	<b>Faixa Orla:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se a sudeste da polygonal, ao longo das Cristas Residuais Alinhadas;</li> <li>- Caracterizado por sillimanita quartzo a muscovita quartzitos intercalados a xistos aluminosos. Metamorfizados no Fácies Anfíbolito;</li> <li>- Possui trend NE, com mergulhos de médio a alto ângulo.</li> </ul>
IDADE PALEOPROTEROZOICO Domínio Rio Grande do Norte	 <b>PPn</b>	<b>Unidade Açoalana:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se na região central da área ao longo da Depressão Sertaneja;</li> <li>- Caracterizado por biotita a muscovita gnaisses, com estruturas de augen ou bandas rítmicas milimétricas a centimétricas e lentes de biotita xistos intercaladas. Ocorrência de mangenés associado com ferro. Dique de diabásio que acompanha a foliação. Localmente migmatizado. Metamorfizados nos fácies Xisto Verde a Anfíbolito;</li> <li>- Possui trend NE, com foliação de médio a alto ângulo.</li> </ul>
Domínio Rio Grande do Norte	 <b>PPj</b>	<b>Complexo Jaguaratama:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza-se no extremo sudeste da área ao longo da Depressão Sertaneja;</li> <li>- Caracterizado por ortognaisses tonalíticos a graníticos, localmente migmatizado, metamorfizados nos fácies Xisto Verde a Anfíbolito;</li> <li>- Possui trend NE, com foliação de baixo a alto ângulo.</li> </ul>

**ESCALA GRÁFICA**

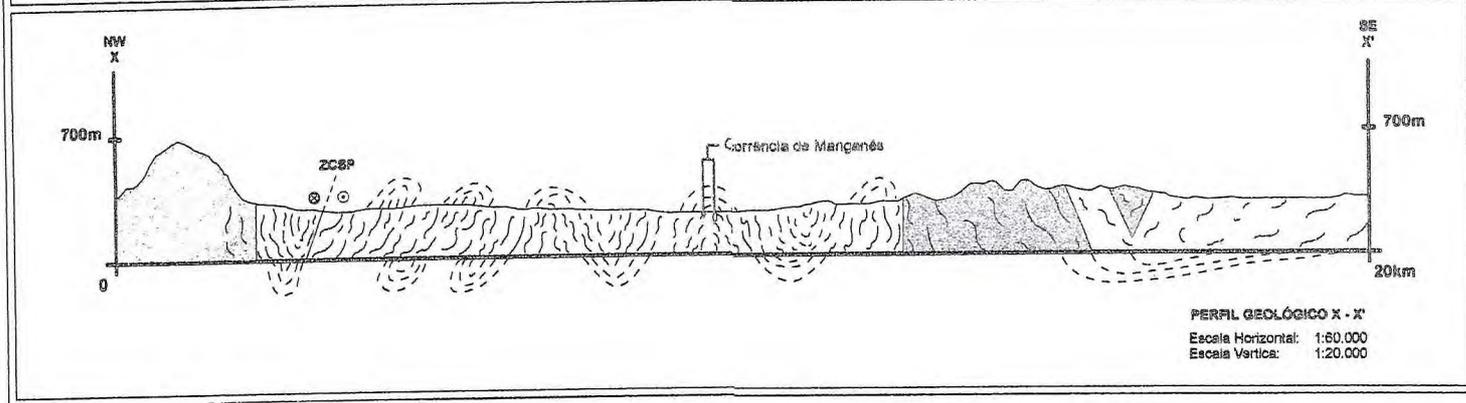
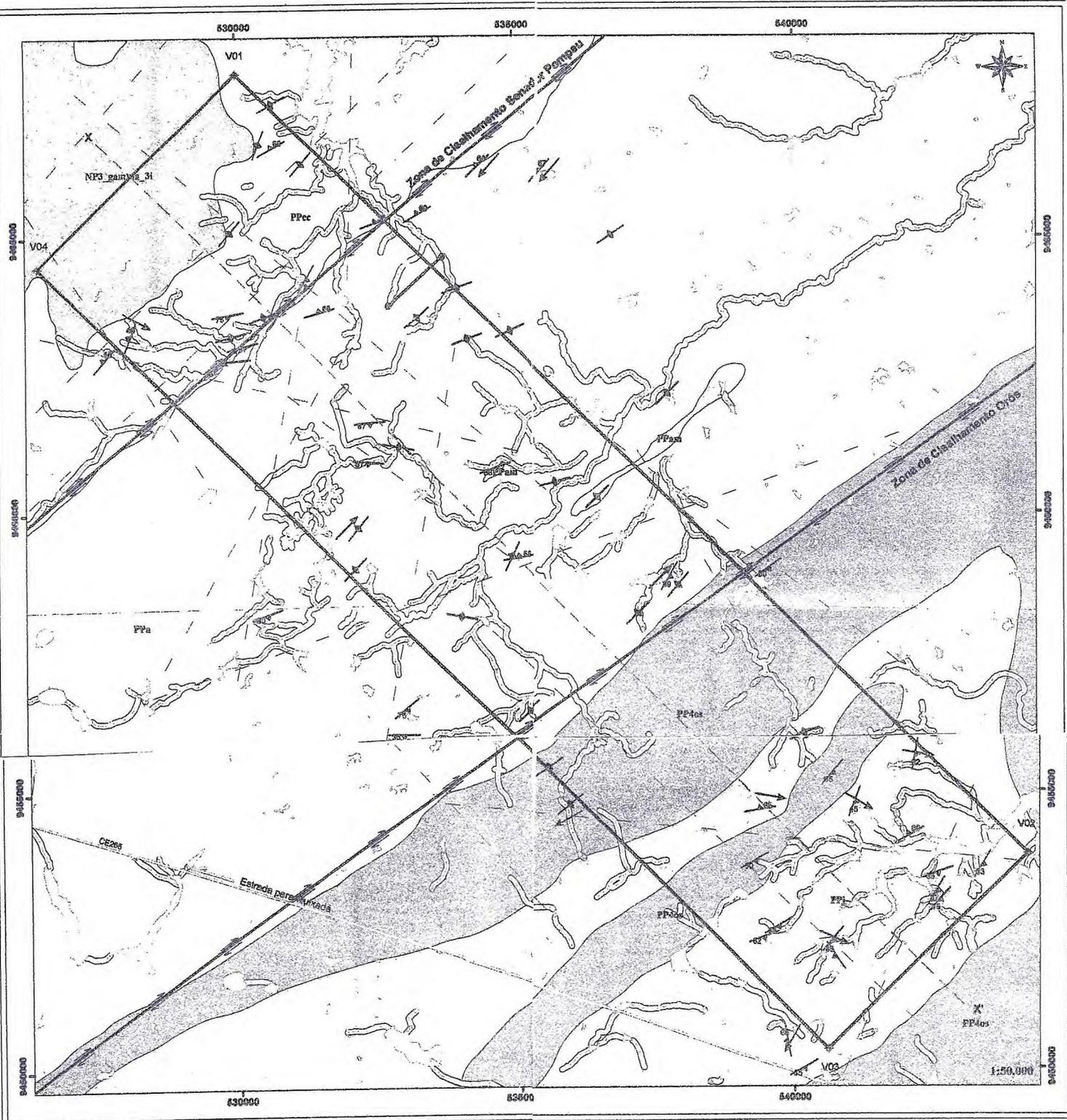


**DECLINAÇÃO MAGNÉTICA**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DO PICI - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913**  
**FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL**

Projeto: GRADIENTE TECTÔNICO DA PORÇÃO SUDESTE DE IBARETAMA E ADJACÊNCIAS, PROVÍNCIA BORBOREMA, CEARÁ		
Título: MAPA GEOLÓGICO	Polígono: 100 Km²	Prancha: 07
Autores: SOUSA & XIMENES	Orientadores: MAGINI & MATTOS	07



**PERFIL GEOLÓGICO X - X'**  
 Escala Horizontal: 1:60.000  
 Escala Vertical: 1:20.000

## CAPÍTULO V METAMORFISMO

### 5.1 APRESENTAÇÃO

O metamorfismo é um processo de transformação *sub-solidus*, em resposta a alteração das condições físicas e/ou químicas da rocha original, com desenvolvimento de texturas e novos minerais.

As associações mineralógicas e estruturais encontradas na área pesquisada denunciam o típico metamorfismo regional, gerado pela movimentação transcorrente dextral responsável pela formação das Zonas de Cisalhamento Senador Pompeu e Orós.

As rochas situadas passaram por diferentes estágios, que foram associadas por semelhanças texturais, mineralógicas e condições de metamorfismo.

### 5.2 ASSOCIAÇÃO METAMÓRFICA I

A assembleia mineral nos biotita gnaisses do Complexo Jaguaratama são constituídos por:

***Quartzo + Albita + Epidoto + Muscovita + Clorita + Titanita + Óxido de Ferro + Biotita***

Essa associação é característica do fácies Xisto Verde Alto de rochas quartzo feldspáticas (Best, 2003). A Titanita é oriunda da reação do Plagioclásio com a Ilmenita, cuja reação ocorre no metamorfismo de rochas granodioríticas (Horlov, 2006):

***Plagioclásio + Ilmenita → Plagioclásio + Titanita + Biotita***

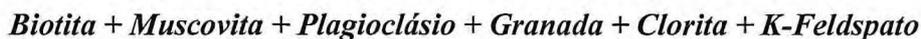
A assembleia mineralógica identificada no Gnaiss Granítico é constituída por:

***Plagioclásio + K-Feldspato + Biotita + Muscovita***

Tal associação é caracterizada por metamorfismo no Fácies Anfibolito (Best, 2003). Assim, nota-se variação do metamorfismo, entre o fácies Xisto Verde Alto a Anfibolito. Em alguns sítios de dilatação há geração de migmatitos.

### 5.3 ASSOCIAÇÃO METAMÓRFICA II

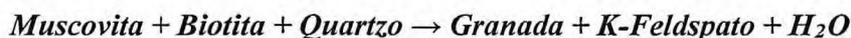
As rochas metassedimentares das Unidades Canindé e Acopiara é caracterizada pela associação mineral:



A assembleia é característica da zona da Granada na transição do fácies Xisto Verde para o Anfibolito (Turner, 1980; Best, 2003; Yardley, 1989). Tal assembleia é explicada por duas reações inseridas no fácies Anfibolito Inferior, onde a primeira marca o início da formação da granada (Adaptado de Chakroborty & Sen, 1967):



A segunda reação consiste na formação da granada associada ao K-Feldspato (Adaptado de Miyashiro, 1981):



A coexistência do K-Feldspato com a Granada é possível pela temperatura alcançada no início do fácies anfibolito (Miyashiro, 1981). A Muscovita caracteriza uma reação retrograda, oriunda da alteração da biotita.

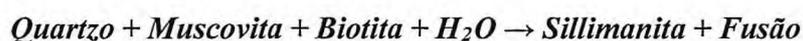
A região passou por deformação compressional e durante o metamorfismo houve a desidratação dos minerais, porém em alguns sítios de dilatação ocorreu fusão parcial com liberação de fluídos magmáticos e geração de migmatitos.

### 5.4 ASSOCIAÇÃO METAMÓRFICA III

A assembleia mineral na porção norte da Faixa Orós, região que situa a área de estudo, é composta por:



A associação caracteriza um metamorfismo na zona da Sillimanita, que possivelmente foi gerada na primeira reação da segunda isógrada da sillimanita sobre pressões moderadas. A reação proposta (Adaptado de Thompsom, 1982):



## CAPÍTULO VI

### ANÁLISE ESTRUTURAL DE DEFORMAÇÃO

#### 6.1 APRESENTAÇÃO

A caracterização estrutural dos litotipos encontrados passa por diferentes comportamentos, influenciados pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu e Orós, que possuem na área de estudo estruturação geral nordeste, características dúctil-rúptil e movimentação dextral.

O comportamento dúctil é originado pelo aumento do gradiente geotérmico regional, que gerou estiramento e orientação preferencial cristalográfica, analisados com o Diagrama de Flinn, que identifica a forma do elipsoide e a intensidade de deformação.

As fraturas impressas nos domínios relatam que subsequente a deformação dúctil houve a frágil, geradas por esforços recentes.

#### 6.2 DEFORMAÇÃO DÚCTIL

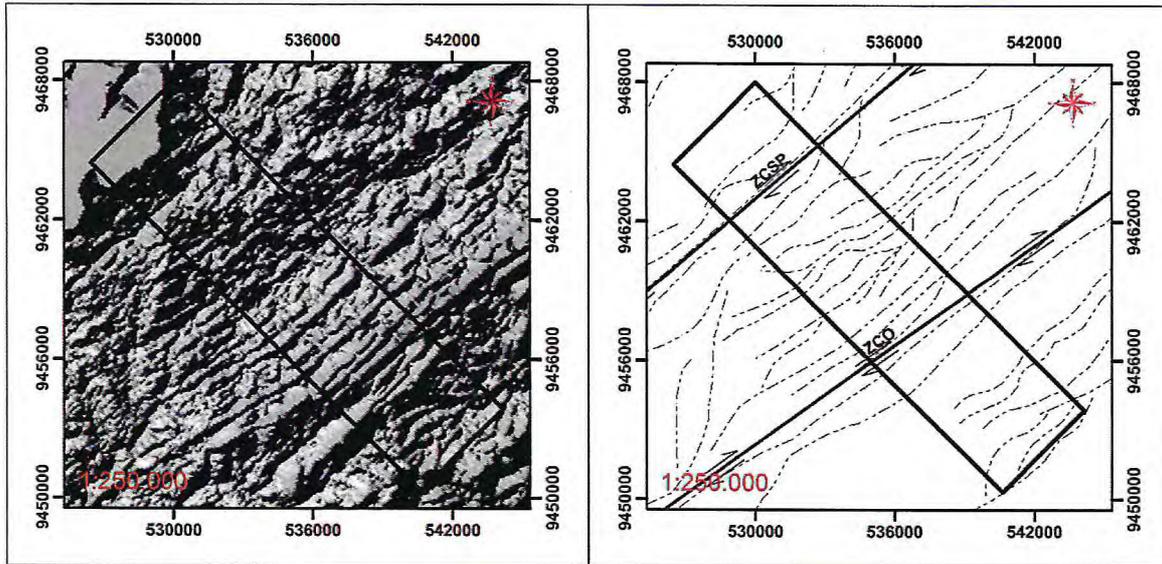
As principais estruturas dúcteis analisadas em campo são zonas de cisalhamento, foliação, plano de cisalhamento, lineação de estiramento e dobra.

##### 6.2.1 Zona de Cisalhamento

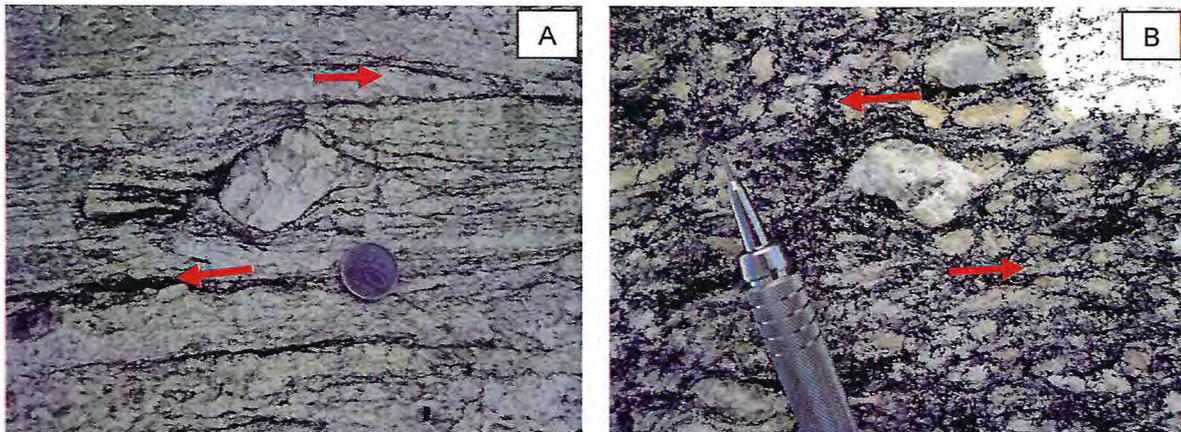
A movimentação dextral das zonas de cisalhamentos Senador Pompeu e Orós ocasionou a deformação das rochas nas unidades inseridas na área de estudo (Figura 6).

A cinemática é observada pelos sigmoides, que são constituídos por porfiroblastos de K-Feldspato, visualizados no plano de deformação XZ. Indicam movimentação dextral, que traduz a orientação do cisalhamento regional em relação ao campo de tensores (Fotografia 43.A). Localmente, há movimentações sinistras, que indica diferentes movimentos relativos (Fotografia 43.B).

Figura 6: Delimitação da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP) e Orós (ZCO) na área de estudo, em imagem de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com *Hillshade* de 315°Az e elevação de 45.



Fotografia 43: Unidade Acopiara. A. Gnaiss com sigmoide dextral. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532269 m E, 9461590 m N. B. Gnaiss com sigmoide sinistral. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N.



## 6.2.2 Foliação

A foliação principal ( $S_n$ ) apresenta *trend* de 80° a 90°Az, observado nos gnaisses e xistos da Unidade Acopiara, originado pelo evento pré-Brasiliano ( $D_n$ ).

Os gnaisses têm bandamentos composicionais marcado pela alternância rítmica centimétrica de bandas máficas ricas em biotita e félsicas com associação de plagioclásio, quartzo e microclina. A xistosidade acompanha a direção preferencial dos gnaisses.

A foliação secundária ( $S_{n+1}$ ) é a principal estrutura macroscópica da área, gerada *sin a tardi-origênia* brasiliana ( $D_{n+1}$ ). Possui direção preferencial entre 40° e 50°Az, com

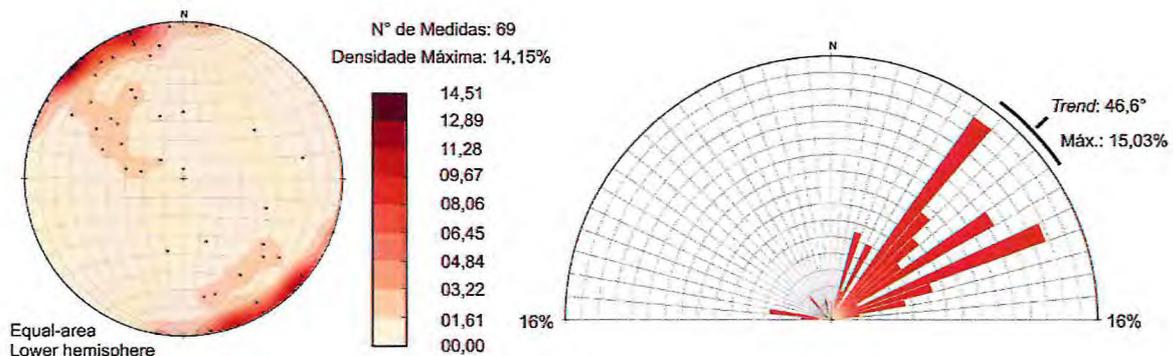
variação da intensidade do mergulho de médio a alto ângulo, aos longo das unidades (Fotografia 44), explicada pelos esforços que geraram as zonas de cisalhamento dúctil. O  $S_{n+1}$  é paralelo ao plano de cisalhamento (C).

**Fotografia 44: A. Foliação verticalizada da Unidade Acopiara. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530417 m E, 9458104 m N. B. Foliação subverticalizada do Complexo Jaguaretama. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 530417 m E, 9458104 m N.**



A confecção do Estereograma de Contorno de Polos e Diagrama de Roseta facilitou na interpretação das medidas de bússola em formato *Clar* efetuadas em campo, como também os *trends* dos planos de foliação (Figura 7).

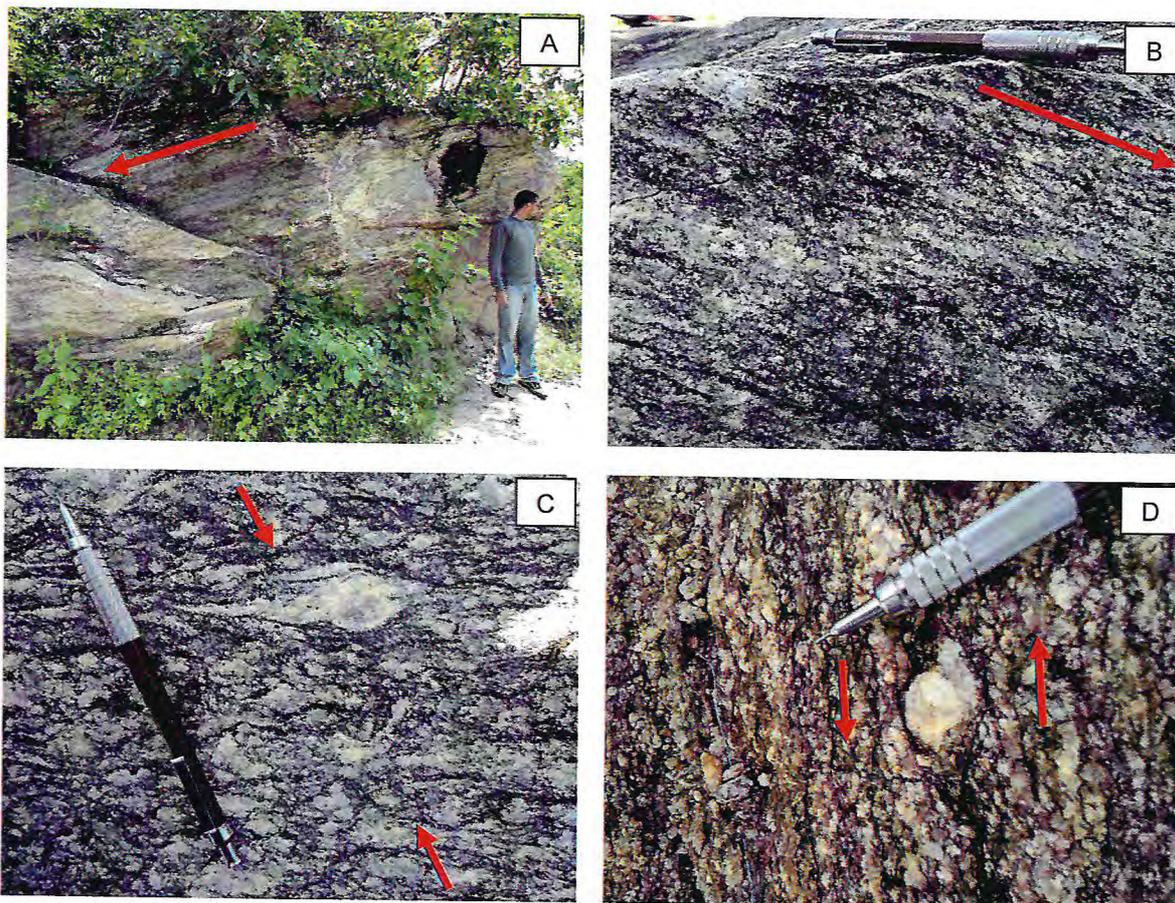
**Figura 7: Estereograma de Contorno de Polos e Diagrama de Roseta dos planos de foliação.**



### 6.2.3 Lineação

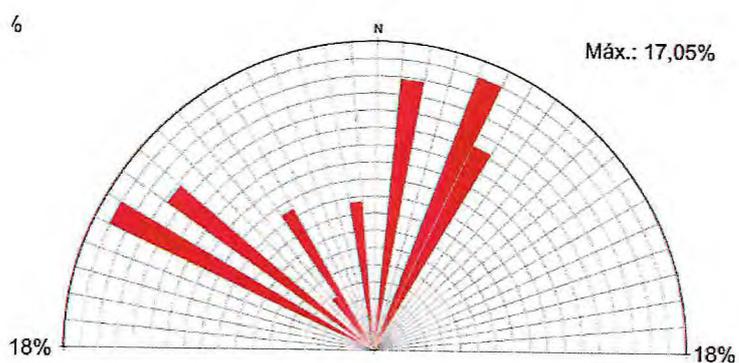
A lineação de estiramento é observada pela orientação alongada e prismática dos cristais recristalizados, partículas e grãos deformados, como também minerais rotacionados (Fotografia 45). São as feições lineares mais disseminadas na área de estudo, associadas ao plano de foliação do cisalhamento, que apresenta *trend* nordeste e mergulho que alterna de baixo a médio ângulo.

Fotografia 45: A. Lineação de estiramento do gnaiss da Unidade Canindé. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. B. Lineação no gnaiss da Unidade Acopiara. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 535537 m E, 9466324 m N. C. Deformação por achatamento dos grãos. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N. D. Mineral rotacionado. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 532960 m E, 9456340 m N.



As medidas de bússola em formato *Clar* de lineação, efetuadas em campo, permitiu a confecção do Diagrama de Roseta (Figura 8).

Figura 8: Diagrama de Roseta das direções de lineação.

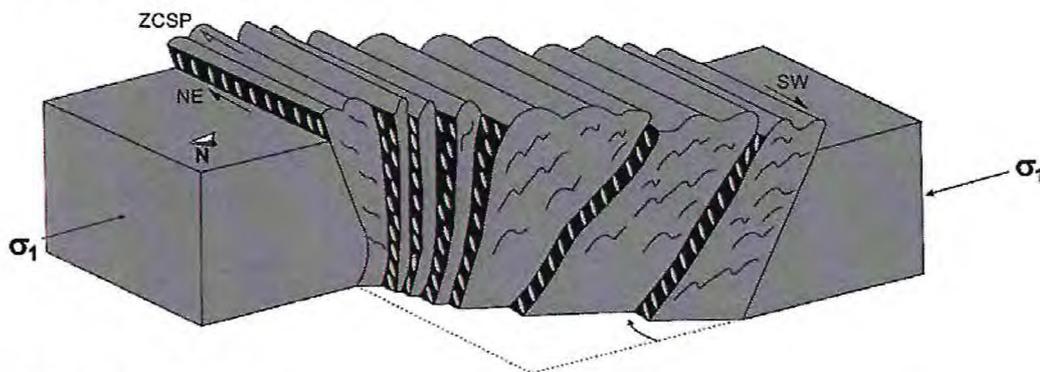


#### 6.2.4 Dobra

As dobras são originadas pela tectônica compressiva em comportamento plástico. Encontram-se dobras regionais e locais.

As dobras regionais são visualizadas a partir das medidas de foliação, com a mudança de sentido dos flancos. Notam-se dobras sinformes e antiformes de primeira ordem, que com a proximidade da zona de cisalhamento a abertura entre os flancos diminui (Figura 9).

Figura 9: Dobras regionais em bloco diagrama.

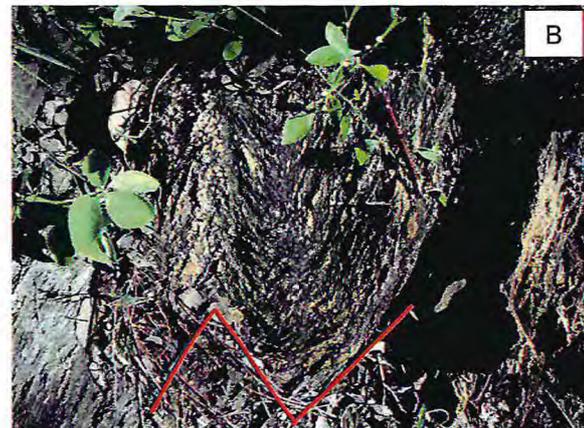


Fonte: Modificado de Lopes, 2003.

As dobras locais são encontradas nos gnaisses das Unidades Acopiara e Ceará Central, de ordens centimétricas. Visualizam-se dobras em M, em bengala e *chevron*.

As dobras em M são originadas na diferença da competência de deformação dos bandamentos. As dobras em bengala é a resposta da foliação de transposição, que passa por regime dúctil-rúptil (Fotografia 46.A). As dobras em *chevron* apresenta-se com charneira angulosa e flanco pouco encurvado (Fotografia 46.B).

Fotografia 46: Dobras locais. A. Tipo M e em Bengala. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 529983 m E, 9462954 m N. B. Tipo Chevron. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 542497 m E, 9453024 m N.

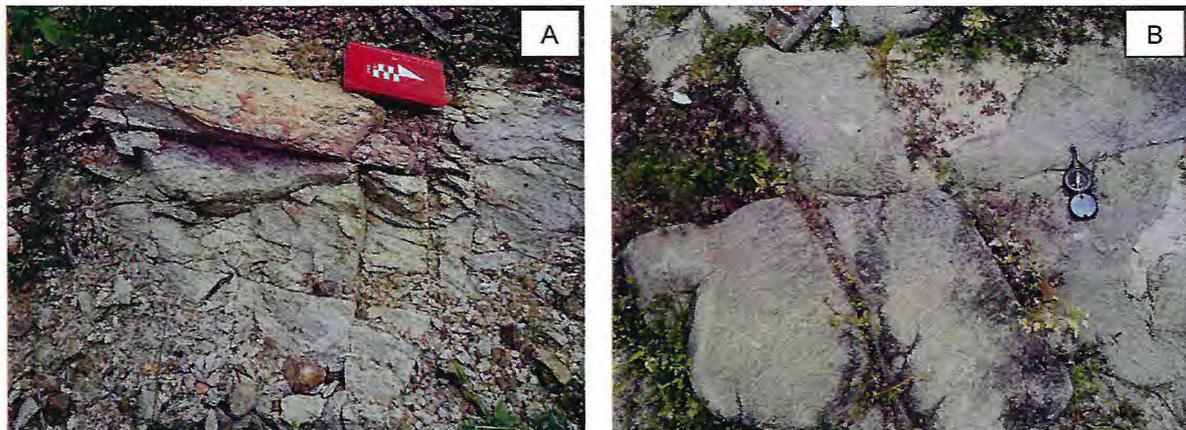


### 6.3 DEFORMAÇÃO RÚPTIL

As rupturas frágeis são geradas por eventos tardios, em condições crustais rasas. São caracterizadas por fraturas, em resposta a acomodação das zonas de cisalhamento, originadas pelo alta competência das rochas.

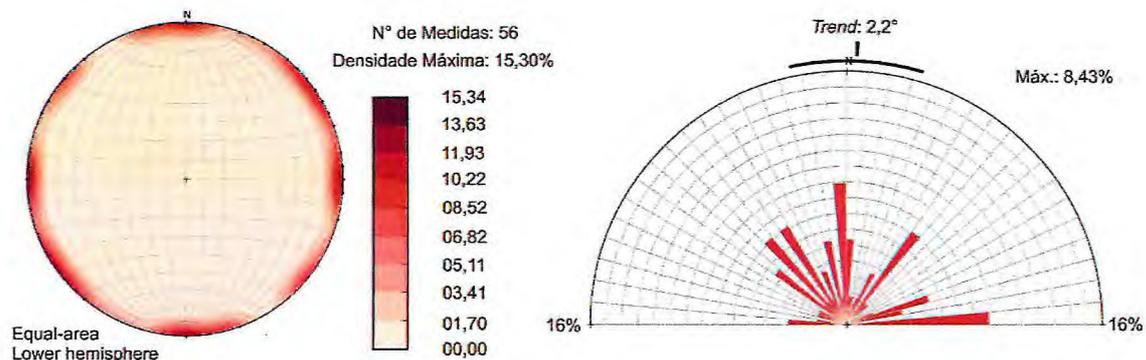
As fraturas são superficiais e apresentam pares ordenados de direção preferencial de 0° e 45°az. Encontram-se dispostas em todos os tipos litológicos locais e determinam a disposição das redes de drenagens conforme o *trend* regional NE/SW, que exhibe concordância com a direção de foliação (Fotografia 47).

**Fotografia 47:** A. Fraturas. A. Quartzito da Faixa Orós. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539157 m E, 9453614 m N. B. Gnaiss do Complexo Jaguaretama. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 539314 m E, 9452248 m N.



A confecção do Estereograma de Contorno de Polos e Diagrama de Roseta permite facilitar na interpretação da disposição das fraturas da região (Figura 10).

**Figura 10:** Estereograma de Contorno de Polos e Diagrama de Roseta de fraturas.



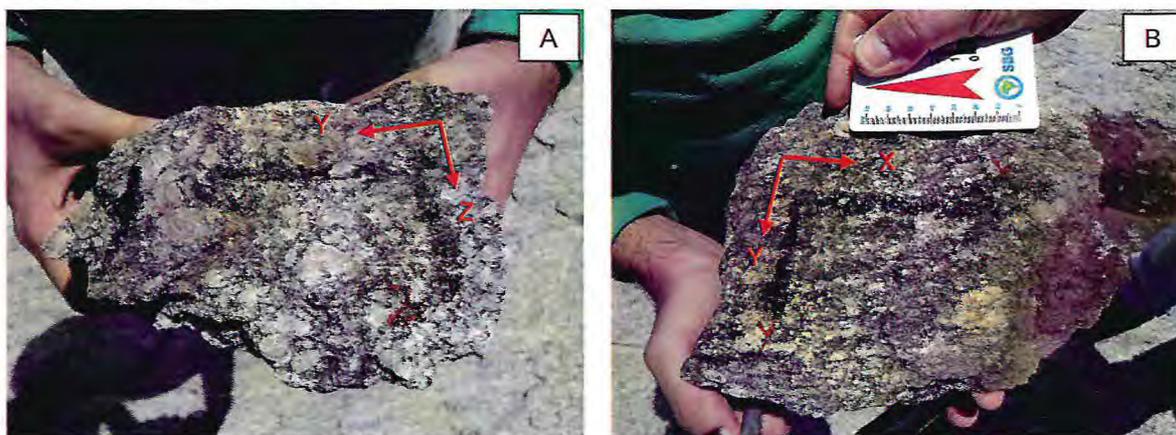
## 6.4 ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO

A análise dos elementos de campo e da microtectônica das amostras orientadas estabeleceu o grau de deformação das rochas, com o auxílio do Diagrama de Flinn. Dessa forma, pode-se avaliar os mecanismos de deformação nas proximidades das Zonas de Cisalhamento Senador Pompeu e Orós, a partir de parâmetros que identificam a forma do elipsoide e a intensidade de deformação.

### 6.4.1 Métodos de Trabalho

Nas amostras orientadas, macroscópicas e microscópicas, foram analisados os planos principais da deformação (XZ, YZ e XY), com intuito de se obter o gradiente tectônico dos domínios, a partir do Diagrama de Flinn. A coleta foi realizada em campo, em afloramentos cuja foliação milonítica e de lineação de estiramento foram bem evidenciadas. Para a orientação da amostra foram medidas e anotadas as atitudes do plano, com a marcação do rumo da direção com uma seta e indicação da direção de mergulho (Fotografia 48).

**Fotografia 48:** Orientação das amostras em coleta de campo. A. Amostra DH18YZ. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N. B. Amostra DH18XY. Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 - 24M): 537733 m E, 9458692 m N.

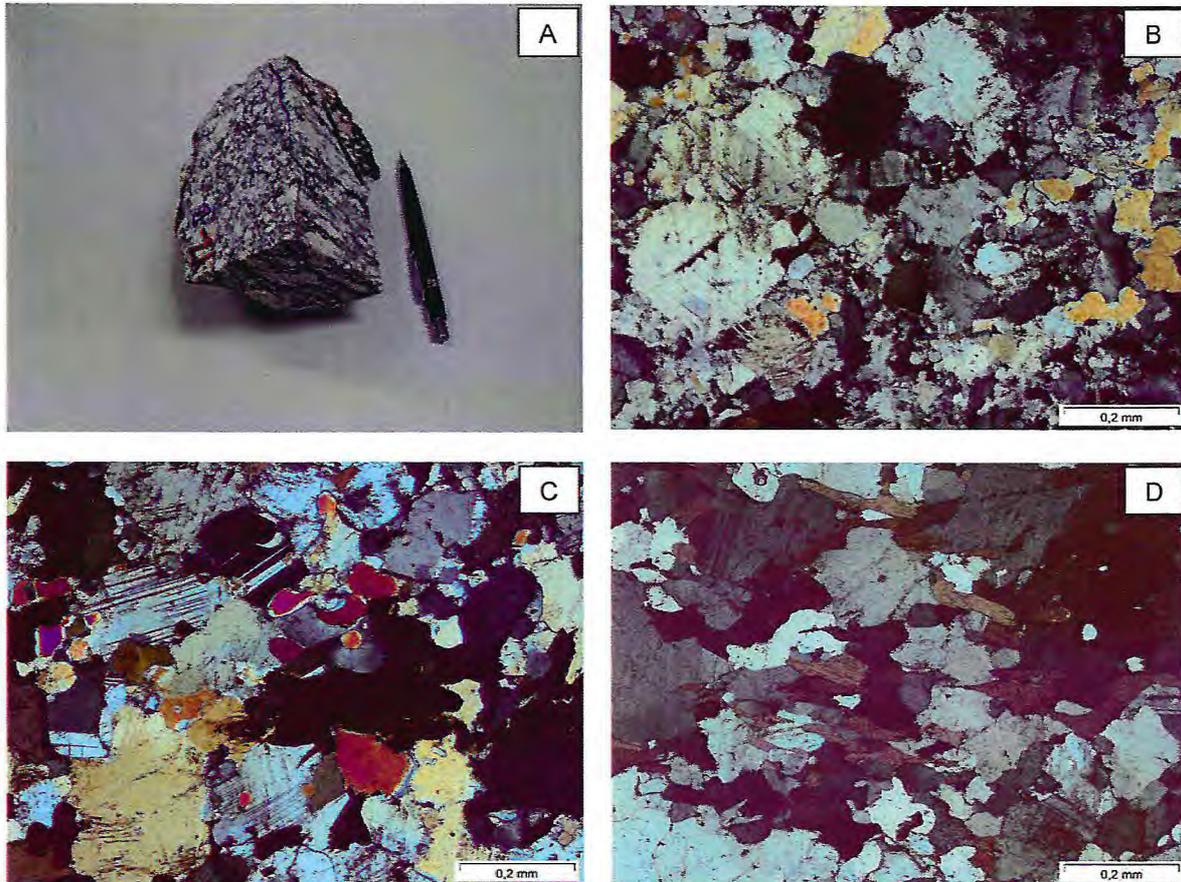


As amostras foram seccionadas em XZ, YZ e XY do elipsoide de deformação e confeccionadas dez combinações de planos deformacionais em seções delgadas, sendo duas de cada unidade geológica encontrada. O corte realizou-se no Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) e a confecção das seções delgadas no Laboratório de Laminação da Universidade Federal do Ceará, no qual foram respeitadas as orientações de campo (Fotografia 49.A).

A análise foi realizada em microscópio petrográfico da marca *Olympus DX41*, a

luz natural e nicol cruzado, disponível no Laboratório de Microscopia da Universidade Federal do Ceará. Durante a averiguação observou-se a mineralogia e o grau de deformação dos grãos. As fotomicrografias geradas a partir do software da câmera *Opticam* acoplada ao microscópio, são adquiridas em escala com dimensões coerentes as objetivas (Fotografia 49. B, C e D).

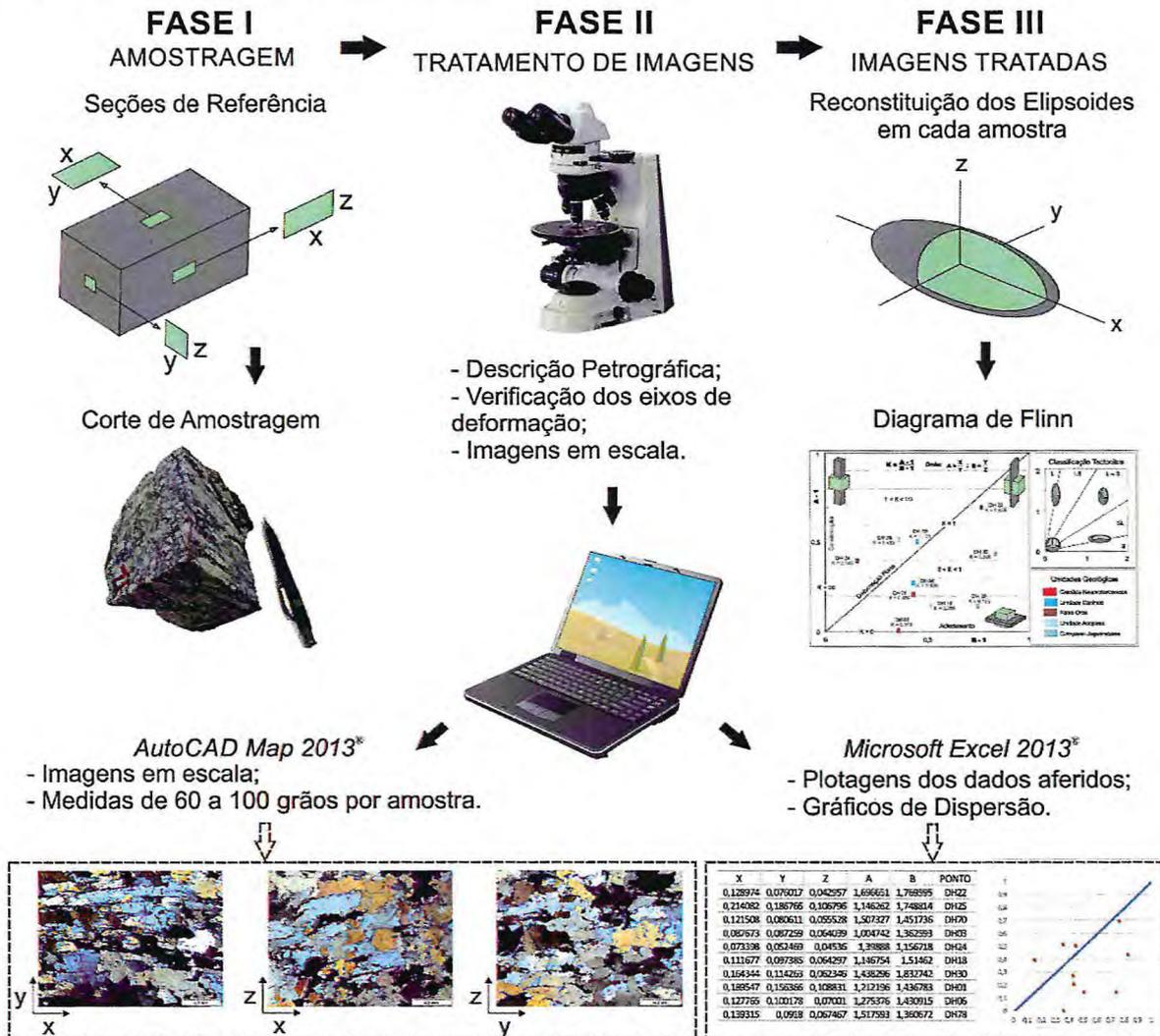
**Fotografia 49:** A. Corte da amostra DH18 para confecção das seções delgadas. B. Plano XZ da seção delgada. C. Plano XY da seção delgada. D. Plano YZ da seção delgada.



As imagens obtidas da análise petrográfica foram colocadas em escala no software *AutoCAD 2013*<sup>®</sup> e medidos de 60 a 100 grãos por eixo (X, Y e Z). No *AutoCAD 2013*<sup>®</sup> foram marcados com o comando *polyline*, os eixos de maior e menor deformação. A medida dos grãos realizou-se no comando *distance*, cujos resultados obtidos foram inseridos em planilhas do *Microsoft Excel 2013*<sup>®</sup>, que gerou a média dos eixos do elipsoide. A análise estatística dessas medidas deu base para a confecção do Diagrama de Flinn, a partir dos gráficos de dispersão de pontos no Excel.

Em síntese, as etapas perpassadas para a obtenção dos resultados durante o processo de análise deformacional, que utiliza como base o Diagrama de Flinn são dispostas na Figura 11.

Figura 11: Fases para obtenção de resultados.



### 6.4.2 Diagrama de Flinn

O Diagrama de Flinn é a representação gráfica dos diferentes estados de deformação pelo qual passou um determinado corpo rochoso. Essa deformação origina os elipsoides de deformação, caracterizados pelo Coeficiente de Flinn (K), calculado pela fórmula:

$$K = \frac{A-1}{B-1} \quad (1)$$

Onde:

$$A = \frac{X \text{ (maior estiramento)}}{Y \text{ (direção intermediária)}} \quad (2)$$

$$B = \frac{Y \text{ (direção intermediária)}}{Z \text{ (maior encurtamento)}} \quad (3)$$

O Coeficiente de Flinn representa diferentes regimes deformacionais e formas do elipsoide, que pode ser interpretado a partir do resultado da análise, explicado no Quadro 4.

**Quadro 4: Interpretação do Coeficiente de Flinn.**

Coeficiente de Flinn	Regime Deformacional	Forma do Elipsoide
$K = 0$	Achatamento Uniaxial	Oblato
$1 < K < 0$	Achatamento Triaxial	
$K = 1$	Deformação Plana	Plano-linear
$1 < K < \infty$	Constricção Triaxial	Prolato
$K = \infty$	Constricção Uniaxial	

Fonte: Arthaud, 1998.

### 6.4.3 Resultados

O tratamento dos dados realizado gerou a razão dos eixos do elipsoide, no qual foi possível determinar o Coeficiente de Flinn (K) para as dez amostras coletadas em campo (Quadro 5).

**Quadro 5: Resultados obtidos das amostras analisadas.**

Amostra	X/Y	X/Y	A-1	B-1	K
DH01	1,2122	1,4368	0,2122	0,4368	0,4858
DH03	1,0047	1,3626	0,0047	0,3626	0,0131
DH06	1,2754	1,4309	0,2754	0,4309	0,6390
DH18	1,1468	1,5146	0,1468	0,5146	0,2852
DH22	1,9106	1,6385	0,9106	0,6385	1,4261
DH24	1,3989	1,1567	0,3989	0,1567	2,5452
DH25	1,1463	1,7488	0,1463	0,7488	0,1953
DH30	1,4383	1,8327	0,4383	0,8327	0,5263
DH70	1,5073	1,4517	0,5073	0,4517	1,1231
DH78	1,5176	1,3607	0,5176	0,3607	1,4351

A interpretação do Coeficiente de Flinn proporcionou a classificação dos elipsoides e do tipo de deformação, ocorridos nas amostras coletadas nas proximidades das zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós.

Dos dez elipsoides de deformação obtidos, um se aproxima de  $K = 0$ , o que sugere uma deformação de achatamento incipiente. A amostra analisada é o granito milonitizado (DH 03), da unidade Granitos Brasileiros. O coeficiente de Flinn indica que os elipsoides apresentam-se prolatos, com forma de lente achatada ou de panqueca, onde predomina o encurtamento, que gera os tectonitos S.

Cinco amostras analisadas encontram-se com deformação entre  $0 < K < 1$ , que indica achatamento triaxial. Os tipos litológicos analisados são os gnaisses do Complexo Jaguaretama (02 unidades), Unidade Acopiara (01 unidade), Unidade Ceará Central (01 unidade) e o granito dos Granitos Brasileiros (01 unidade). Os parâmetros de Flinn sugerem ser provocado por domínio de encurtamento. É caracterizado por elipsoides oblatos, onde há predomínio dos tectonitos do tipo S/L, que demarcam a foliação.

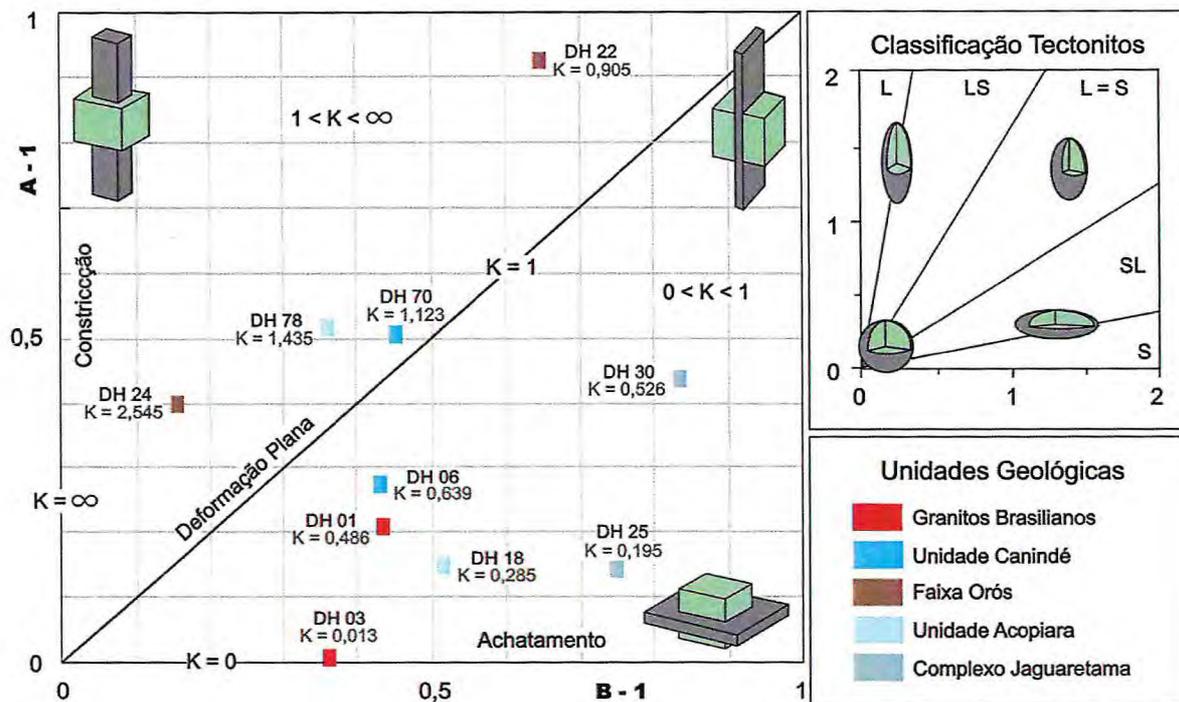
Quatro amostras apresentam deformação entre  $1 < K < \infty$ , que implica deformação de constricção triaxial. Foram averiguadas duas amostras de gnaisses e duas de quartzito. Os gnaisses pertencem as Unidades Acopiara e Canindé e os quartzitos a Faixa Orós. O coeficiente de Flinn indica que os elipsoides são do tipo prolato, com forma alongada ou de charuto. Apresenta forte estiramento, gerado pelo cisalhamento simples dextral. É marcada pela presença de lineação, que caracteriza os tectonitos do tipo L/S.

Os resultados finais da análise são expostos no Quadro 6 e plotados no Diagrama de Flinn (Figura 12).

**Quadro 6: Classificação do tipo e elipsoide de deformação.**

Amostra	Unidade/Complexo	Deformação	Elipsoide
DH01	Granitos Brasileiros	Achatamento	Oblato
DH03	Granitos Brasileiros	Achatamento	Oblato
DH06	Canindé	Achatamento	Oblato
DH18	Acopiara	Achatamento	Oblato
DH22	Faixa Orós	Constricção	Prolato
DH24	Faixa Orós	Constricção	Prolato
DH25	Jaguaretama	Achatamento	Oblato
DH30	Jaguaretama	Achatamento	Oblato
DH70	Canindé	Constricção	Prolato
DH78	Acopiara	Achatamento	Oblato

Figura 12: Plotagem das amostras analisadas no Diagrama de Flinn.



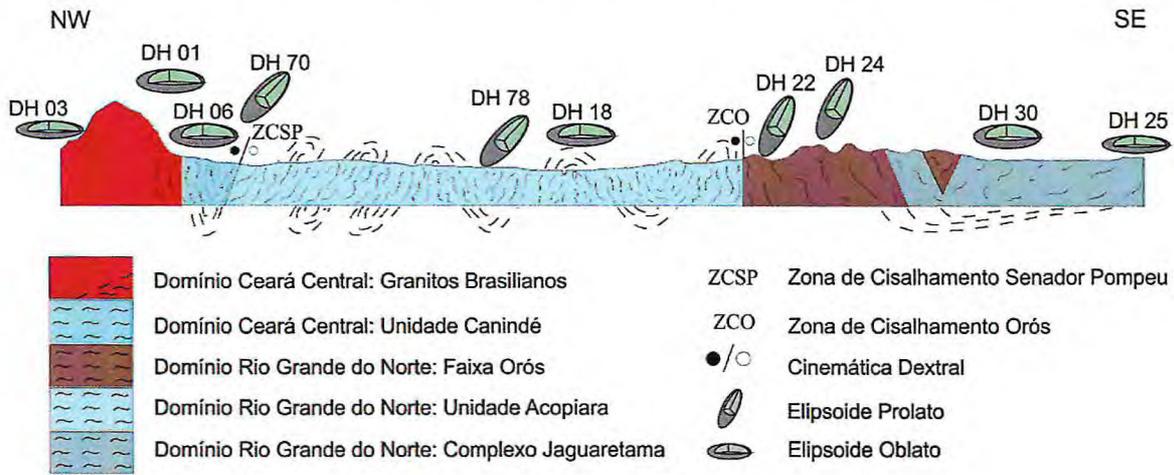
As amostras analisadas apresentam valores de coeficiente de Flinn distintos, o que sugere diferentes tipos de deformação, influenciada pelas zonas de cisalhamento (Figura 13).

As deformações do Complexo Jaguaratama, Unidade Canindé e dos Granitos Brasileiros diminuem com a distância dos lineamentos Orós e Senador Pompeu. Os resultados das amostras  $1 > K_{DH30} > K_{DH25}$  (Complexo Jaguaratama),  $1 > K_{DH06}$  (Unidade Canindé) e  $1 > K_{DH01} > K_{DH03}$  (Granitos Brasileiros) implicam que os esforços impostos nas regiões mais distantes das zonas de cisalhamento foram compressivos, com componente de cisalhamento puro dominante.

Os elipsoides das amostras analisadas representativas da Unidade Acopiara apresentam diferentes significados, que pode ser explicado pela intensa deformação promovida pela interação dos esforços aplicados para a geração das transcorrências.

As amostras coletadas nas proximidades das zonas de cisalhamentos Senador Pompeu e Orós inferidas apresentam resultados constrictivos  $K_{DH70} = 1,1231$  (Unidade Canindé),  $K_{DH22} = 1,4261$  e  $K_{DH24} = 2,5452$ , o que mostra o componente de cisalhamento simples nas zonas de maior deformação.

Figura 13: Plotagem dos elipsoides de deformação das amostras analisadas no Diagrama de Flinn.



## CAPÍTULO VII

### GEODINÂMICA E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização litoestrutural e mapeamento geológico realizado na região de Ibareta e adjacências, em escala de 1:50.000, permitiu a compreensão dos diferentes eventos geológicos, tectônicos, estruturais e litológicos.

A área de estudo corresponde ao contexto geológico do Complexo Jaguaretama e Unidade Acopiara no Domínio Rio Grande do Norte, da Faixa Orós, da Unidade Canindé no Domínio Ceará Central e dos Granitos Neoproterozoicos, inseridos na Província Borborema.

Os litotipos encontrados na Unidade Jaguaretama caracterizam-se por ortognaisses intercalados a xistos, cortados por veios de pegmatitos. A Unidade Acopiara exibe biotita gnaisse paraderivado com variação composicional, lentes xistosas ricas em biotita e ocorrências de manganês associado com ferro. A Faixa Orós é constituída por intercalações centimétricas a métricas de quartzitos quase puros e xistos aluminosos. A Unidade Canindé é composta por paragnaisses e xistos, cortados por veios de pegmatitos. A Suíte Magmática Ceará-Mirim tem como representante diabásio em intrusões tardias em formas de diques.

As rochas supracitadas foram influenciadas pela tectônica Brasiliana, com diferentes níveis de deformação, que varia com a proximidade das Zonas de Cisalhamentos Senador Pompeu e Orós, como também pela competência das rochas. O *strain* apresenta um raio mínimo de alcance de 15km, observado pelas estruturas exibidas em todas as unidades da área pesquisada.

A movimentação transcorrente dextral das zonas de cisalhamento metamorfoisou os tipos litológicos em diferentes estágios. O Complexo Jaguaretama, Unidades Acopiara e Canindé foram metamorfisados na transição do fácies Xisto Verde Alto para Anfibolito. A Faixa Orós indica condições de metamorfismo na zona da Sillimanita, que possivelmente foi gerada na primeira reação da segunda isógrada da sillimanita sob pressões moderadas.

As unidades indicam passar deformação dúctil-rúptil. As estruturas geradas pela deformação dúctil, em escala regional e local, são zonas de cisalhamento, foliações com

direção preferencial NE, lineações de estiramento e dobras. Os indicadores cinemáticos confirmam a cinemática dextral das zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Orós. Em regime rúptil, a deformação gerou fraturas superficiais e tardias.

A interpretação dos dados na análise petrográfica de amostras orientadas, plotados no Diagrama de Flinn, apresentou deformações distintas. Nota-se a predominância da deformação por achatamento nas unidades averiguadas, o que demonstra a dinâmica de cisalhamento puro, gerada pela transpressão da orogenia Brasileira. Em zonas de fraqueza caracterizada pelo contatos das unidades, ocorreram as transcorrências dextrais, o que gerou a deformação de estiramento, comprovada pelas amostras coletadas nas proximidades das zonas de movimentação entre blocos (lineamento Senador Pompeu e Orós). Valores anômalos podem ser encontrado na zona de interferência das deformações das duas zonas de cisalhamento dúctil, cujos resultados acusaram os dois tipos de elipsoides.

O compilado de resultados decorrentes na Faixa Orós e no provável contato entre as Unidades Acopiara e Canindé, confirmam os trabalhos de Parente & Arthaud (1995), Brito Neves (2000), dentre outros, que descrevem a cinemática dextral dos lineamentos durante a orogenia Brasileira.

A evolução regional teve início no Paleoproterozoico com a rochas metamorfisadas no fácies anfíbolito. No Estateriano essas passaram por afinamento crustal e rifteamento, com deposição de sedimentos plataformais ou para-plataformais (Parente & Arthaud, 1995), com a formação da Faixa Orós embasada por rochas paleoproterozoicas. No Neoproterozoico, a orogenia Brasileira aglutinou os blocos e gerou o Supercontinente Gondwana Ocidental. Em resposta a esses esforços compressivos, as rochas passaram por deformação, metamorfismo e configuram o lineamento de direção atual Nordeste. A colisão gerou a granitogênese característica, porém a principal estrutura da área de estudo é a Zona de Cisalhamento Senador Pompeu. Essa descontinuidade litosférica exhibe assinatura gravimétrica que favorece seu registro como uma unidade estrutural de desenvolvimento intracontinental (Cavalcante, 1999).

O potencial metalogenético da área vale destaque, pois apresenta ocorrências de manganês e ferro, que merecem estudos futuros detalhados para sua caracterização e viabilidade econômica.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, F., Brito Neves, B., Fuck, R.A., 1977. **Províncias Estruturais Brasileiras, atas VIII Simpósio de Geologia do Nordeste**, pp. 363e391. (*in portuguese*).
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. **Brazilian structural provinces: an introduction**. Earth Sci. Rev. 17, 1e29.
- Arthaud, M.H. 1998. **A Deformação In: Elementos de Geologia Estrutural**. Universidade Federal do Ceará, 1998.
- Arthaud, M.H. 2007. **Evolução Neoproterozoica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasil, 2007.
- Arthaud, M.H., Vasconcelos, A.M., Nogueira Neto, J.A., Oliveira, F.V.C., Parente, C.V., Monié, P., Liégeois, J.P., Caby, R. & Fetter, A., 1998, **Main structural features of precambrian domains from Ceará (NE – Brasil)**. 14th International Conference on Basement Tectonics, Ouro Preto, 84-85.
- Basei, M. A. S.; Brito Neves, B. B.; Siga Jr, O.; Babinski, M.; Pimentel, M.M.; Tassinari, C. C. G.; Bezerra, M. H. H.; Nutman, A.; Cordani, U. G. **Contribution of SHRIMP U-Pb geochronology to unraveling the evolution of Brazilian Neoproterozoic fold belts**. Precambrian Research, v. 183, n. 1, p. 112-144, 2010.
- Best, M. G. **Igneous and metamorphic petrology**. 2. ed. Malden, Massachussets: Blackwell Publishing, c2003. xxi, 729 p. ISBN 978-1-4051-0588-0 (broch).
- Brito Neves B.B., Santos E.J., Van Schmus W. R. **Tectonic History of the Borborema Province**. In: U.G.Cordani; E.J. Milani; A Thomaz Filho; D.A. Campos (eds.) Tectonic Evolution of the South America. 31st International Geological Congress, 2000, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 151-182, 2000.

Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Fetter, A.H., 2001. **Noroeste da África Noroeste do Brasil (Província Borborema):**Ensaio comparativo e problemas de correlação. Geologia USP. Série Científica 1, 59e78 (in portuguese).

Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Fetter, A.H., 2001. **Noroeste da África Noroeste do Brasil (Província Borborema):**Ensaio comparativo e problemas de correlação. Geologia USP. Série Científica 1, 59e78 (in portuguese).

Caby, R., Arthaud, M.H., Archanjo, C.J., 1995. **Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano belt of Northeast Brazil:** geodynamic implications. J. South. Am. Earth Sc. 8, 235e246.

Cavalcante, J. C. **Limites e evolução geodinâmica do sistema Jaguaribeano, Província Borborema, Nordeste do Brasil.** 1999. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.

Cavalcante, J.C., Vasconcelos, A.M., Medeiros, M.F., Paiva, I.P., Gomes, F.E.M., Cavalcante, S.N., Cavalcante, J.E., Melo, A.C.R., Duarte Neto, V.C. & Benevides, H.C. **Mapa Geológico do Estado do Ceará – Escala 1:500.000.** Fortaleza, Ministério das Minas e Energia/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2003.

Dantas, E.L., Hackspacher, P.C.V., Fetter, A.H., Brito Neves, B.B., Cordani, U.G., Norman, A.P., Williams, I.S., 2004. **The 3.4e3.5 Ga São José do Campestre Massif, NE Brazil:** remnants of the oldest crust in South America. Precambrian Res. 130, 113e137.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: EMBRAPA, 2006.

Fetter, A.H. **U/Pb and Sm/Nd Geochronological constraints on the crustal framework and geological history of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications goes the assembly of Gondwana.** University of Kansas, Thesis of Doutorado, 164 pp, 1999.

Gomes, J. R. C.; Gatto, C. M. P. P.; Souza, G. M. C.; Luiz, D. S.; Pires, J. L.; Teixeira, W., 1981. **Geologia e Mapeamento Regional.** In: Brasil. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro, 1981.

Gonçalves, L. C. **Contribuição geofísica à análise do arcabouço tectônico do domínio Rio Grande do Norte, Província Borborema - NE Brasil.** 2009. xi, 100 f., il. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

Harlov, D., Tropper, P., Seifert, W., Nijland, T., Förster, H.J., 2006. **Formation of Al-rich titanite (CaTiSiO<sub>4</sub>O-CaAlSiO<sub>4</sub>OH) reaction rims on ilmenite in metamorphic rocks as a function of fH<sub>2</sub>O and fO<sub>2</sub>.** Lithos 88, 72–84.

IPECE. Governo do estado do Ceará. **Perfil Básico Municipal – Ibareta**ma – 2012. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2012/Ibareta.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Ibareta.pdf)>. Acesso em: 14 de abril de 2013.

IPECE. Governo do estado do Ceará. **Perfil Básico Municipal – Ibicu**itinga – 2012. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2012/Ibicu.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Ibicu.pdf)>. Acesso em: 14 de abril de 2013.

IPECE. Governo do estado do Ceará. **Perfil Básico Municipal – Ibicu**itinga – 2012. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2012/Quixada.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Quixada.pdf)>. Acesso em: 14 de abril de 2013.

IPECE. Governo do estado do Ceará. **Perfil Básico Municipal – Morada Nova** – 2012. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2012/Morada\\_Nova.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Morada_Nova.pdf)>. Acesso em: 14 de abril de 2013.

Jardim de Sá, E.F., 1994. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana.** Ph.D. thesis, University of Brasília, Brasília, DF, Brazil.

Leal, I.R., M. Tabarelli & J.M.C. Silva. 2003. **Ecologia e conservação da Caatinga.** Editora **Universitária**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Lima, M. N. 2008. **Caracterização litogeoquímica do granito Banabuiú e seu encaixante (Brasil).** Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Departamento de Geociências. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

Lopes, J. L. L. **Contribuição para o conhecimento Tectono-Estratigráfico do nordeste Alentejano.** 2003. Dissertação (Doutorado em Geologia). Universidade de Évora. Évora. 2003.

Macedo M. H. F., Sá J. M., Kawashita K. 1988. **A idade da Faixa Orós: dados preliminares.** Revista Brasileira de Geologia, 18 (3): 362-368.

Maia, R. P.; Bezerra, F. H. R.; Claudino-Sales, V. **Geomorfologia do Nordeste: Concepções Clássicas e atuais acerca das Superfícies de Aplainamento Nordestinas**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set. 2010.

Medeiros, V. C. 2004. **Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, domínio da Zona Transversal, NE do Brasil**. Tese de Doutorado (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

Miyashiro, A. **Metamorphic petrology**. London: UCL Press, 1994. 404p. ISBN 1857280385

Miyashiro, A. **Metamorphism and metamorphic belts**. London: George Allen & Unwin, 1981. 492p.

Neves, S. P.; Monié, P.; Bruguier, O.; Rangel da Silva, J. M. **Geochronological, thermochronological and thermobarometric constraints on deformation, magmatism and thermal regimes in eastern Borborema Province (NE Brazil)**. Journal of South American Earth Sciences, v. 38, p. 129-146, 2012.

Oliveira DC. 1998. **Evolução Magmática da Bacia Potiguar**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40., Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG, p. 102.

Parente, C. V. & Arthaud, M. H. 1995. **O Sistema Orós-Jaguaribe no Ceará-NE do Brasil**. Revista Brasileira de Geociências, 25(4):297-305, 1995.

Sá J. M., Bezerra F. H. R., Macedo M. H. F., Pereira R. 1988. **Middle proterozoic supracrustals and Brasiliano orogeny in the southeast Ceará state: a monocyclic evolution**. In: SBG, Congr. Latino-Americano Geol., 7, Belém, Boletim de Resumos Expandidos, p.35-48.

Santos, E. J.; Van Schmus, W.R.; Kozuch, M.; Brito Neves, B.B. **The Cariris Velhos tectonic event in Northeast Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, p. 61-76, 2010.

Secretaria de Recursos Hídricos. Governo do estado do Ceará. **Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará**. Disponível em: < <http://atlas.srh.ce.gov.br/>>. Acesso em: 17 de abril de 2013.

SIAGAS. Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Disponível em: < [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>. Acesso em: 31 de maio de 2013.

Streckeisen, A.L., 1976, **Classification and nomenclature of igneous rocks**: Earth-Science Reviews, v. 12, p. 1-35.

Thompson A.B. 1982. **Dehydration melting of pelitic rocks during anatexis**. Am. J. Sci., 282:1567-1595

Trompette, R.; Egydio-Silva, M.; Tommasi, A.; Vauchez, A. & Uhlein, A. **Amalgamação do Godwana ocidental no Panafricano-Brasiliano e o papel da geometria do Cráton do São Francisco na arquitetura da Faixa Ribeira**. Revista Brasileira de Geociências, v. 23, p.187-193, 1993.

Trompette, R., 1994. **Geology of Western Gondwana (2000e500 Ma): Pan-African-Brasiliano Aggregation of South America an Africa**. Brookfield, A.A. Balkema, Rotterdam.

Turner, F. J. **Metamorphic petrology**: mineralogical, field, and tectonic aspects. 2nd ed. New York: Hemisphere Pub. Corp., c1981. 524 p. (McGraw-Hill international series in the Earth and planetary sciences) ISBN 089116510X (enc.)

Van Schumus, W.R., Brito Neves, B.B., Hackspacher, P.C., M, M.B., 1995. **U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeast Brazil**: initial conclusions. J. South. Am. Earth Sc. 8 (3/4), 267e288.

Winkler, H.G.F. 1977. **Petrogênese das Rochas Metamórficas**. Edgard Blücher Ltda. 254p.

Yardley, B. W. D. **Introdução à Petrologia Metamórfica**. Tradução Reinhardt Adolfo Fuck, 2ª ed. revista – Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004. 432p.