



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

**FRANCISCO JOSÉ CUNHA DOS SANTOS
FRANCISCO RENATO PAULINO MOREIRA**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DE UMA PORÇÃO DA UNIDADE
INDEPÊNDENCIA DO COMPLEXO CEARÁ LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE
SANTA QUITÉRIA-CE**

**FORTALEZA
2018**

**FRANCISCO JOSÉ CUNHA DOS SANTOS
FRANCISCO RENATO PAULINO MOREIRA**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DE UMA PORÇÃO DA UNIDADE
INDEPÊNDENCIA DO COMPLEXO CEARÁ LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE
SANTA QUITÉRIA-CE**

**Relatório de graduação apresentado ao
Curso de Geologia do Centro de
Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Geologia.**

**Orientador: Prof. Dr. Sebastián
González Chiozza.**

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Biblioteca Central do Campus do Pici Prof. Francisco José de Abreu Matos

-
- S235m Santos, Francisco José Cunha dos.
Mapeamento geológico-estrutural de uma porção da Unidade Independência do Complexo Ceará localizada no município de Santa Quitéria-CE / Francisco José Cunha dos Santos, Francisco Renato Paulino Moreira. – 2018.
64 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Sebastián González Chiozza.
1. Mapeamento geológico - Santa Quitéria (CE). 2. Geologia - Santa Quitéria (CE).
I. Moreira, Francisco Renato Paulino. II. Título.

CDD 551

**FRANCISCO JOSÉ CUNHA DOS SANTOS
FRANCISCO RENATO PAULINO MOREIRA**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DE UMA PORÇÃO DA UNIDADE
INDEPÊNDENCIA DO COMPLEXO CEARÁ LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE
SANTA QUITÉRIA-CE**

Relatório de graduação apresentado ao
Curso de Geologia do Centro de
Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Sebastián
González Chiozza.

Aprovada em 01 / 06 / 2018.

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Sebastián Gonzáles Chiozza
Universidade Federal do Ceará**

**Prof. Dr. Christiano Magini
Universidade Federal do Ceará**

**Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo
Universidade Federal do Ceará**

A Deus,
As nossas mães, familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter nos dado força para vencer essa etapa de nossas vidas. A nossas mães, por sempre acreditarem na tão sonhada e demorada formatura. Sem vosso apoio teria demorado mais ainda. Seu exemplo de garra está intrínseco em nossas personalidades. Sentimo-nos honrados e sortudos por tê-las como nossas mães, Dona Elizabeth e Dona Lêda. Sentimo-nos honrados e sortudos por todos os dias aprender com as senhoras e por tê-las como nossas mães.

À Universidade Federal do Ceará, pelo apoio financeiro necessário a realização deste TCC. Ao nosso Orientador Sebastián González Chiozza, pelo suporte, correções e incentivos. Ao corpo docente e aos funcionários do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, por moldarem nossa formação acadêmica de maneira que nos sentirmos preparados para o mercado de trabalho.

Aos amigos, que compartilharam conosco toda a intensidade, alegria e dissabores que se tem ao cursar fazer graduação em Geologia.

In Memoriam

A todos os nossos parentes que estão em outro plano espiritual, mas que quando estavam conosco presentes, nos apoiaram de inúmeras maneiras.

MUITO OBRIGADO!

"Existe prazer nas matas densas.
Existe êxtase na costa deserta. Existe
convivência sem que haja intromissão no
mar profundo e música em seu rugir.
A humanidade não amo pouco, porém
mais a natureza".

Lord Byron.

RESUMO

O presente relatório é resultado do mapeamento geológico realizado em escala de 1:25.000 no município de Santa Quitéria, a oeste da Jazida Uranífera de Itaitia, na região centro-norte do estado do Ceará. Executado no período de 24 de abril a 06 de maio de 2017, o levantamento geológico estendeu-se por uma área de 64km em formato de polígono não regular. O referido mapeamento possui como principal objetivo interpretar, compreender e definir o ambiente tectônico e evolução geológica da região. A região mapeada pertence ao domínio Ceará Central, localizado na porção setentrional da Província Borborema e está inserida na Subunidade Itaitira (SUI), que pertence à Unidade Independência do Complexo Ceará. Na área mapeada, a SUI é composta por xistos, metatexitos, quartzitos, anfibolitos, mármore, rochas calcissilicáticas e granitos. Os conjuntos litológicos presentes são de idade neoproterozóica formados a partir de rochas paraderivadas metamorfizadas no fácies anfibolito durante o ciclo Brasileiro. Interpreta-se que quando se iniciou esse ciclo, a região estava integrada por uma sequência QPC (quartzitos, pelitos e carbonatos) de plataforma continental. Na orogenia brasileira, essa sequência foi metamorfizada e deformada. O tectonismo deste ciclo originou foliações de baixo ângulo com mergulhos alternando para N e S, que determinam dobramentos cujos eixos estão orientados E-W. A deformação rúptil pós-brasileira está representada na região por fraturas e veios de composição quartzo-feldspática com orientação preferencial para N e S.

Palavras-chave: Domínio Ceará Central, Unidade Independência, Subunidade Itaitira, *Nappes*.

ABSTRACT

The present report address a geological mapping made in 1:25.000 scale in the municipality of Santa Quitéria, west to Itatiaia Uranium Deposit, mid-northern region of the State of Ceará. Executed during the period of April 24 to May 06 of 2017, the geological survey extended for an area of 64 km in a non regular polygon format. The referred mapping has as principal objective to interpret, comprehend and define the region's tectonic environment and geological evolution. The mapped region belongs to the domain Ceará Central, located at the northern region of Borborema province and is inserted in Subunity Itatira (SUI), that belongs in the Independence of Ceará Complex unit. In the mapped area, the SUI is composed by shales, metatexts, quartzites, amphibolites, marbles, calcissilictic rocks and granites. The lithological assemblies found are from Neoproterozoic age formed from metamorphic paraderivate rocks in amphibolite facies during the Brasiliano cycle. It is interpreted that when this cycle began, the region was integrated by a QPC sequence (quartzites, pellets and carbonates) of a continental platform. In the Brasiliano orogeny, this sequence was metamorphosed and deformed until acquired the actual characteristics. The tecnonism of this cycle originated foliations with low angle folds with N and S direction and the bending axis with an E and W direction. The post brasiliano ruptile deformation is represented in the region by fractures and veins of diverse composition with preferential orientation to N and S.

Key-words: Central Ceará domain, Unit Independence, Subunity Itatira, *Nappes*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa de Localização da área no Município de Santa Quitéria.	3
Figura 2. Fluxograma das etapas empregadas.	4
Figura 3. Modelo digital de elevação da área mapeada.	8
Figura 4. Mapa temático de Delimitação da PB a partir das idades mínimas das Eras.	10
Figura 5. Domínios pertencentes a Porção setentrional da PB.	11
Figura 6. Biotita gnaïsse apresentando leucossoma paralelo à foliação.	15
Figura 7. Serra com crista composta por quartzito.	17
Figura 8. Delimitação da área de estudo no contexto geológico regional.	18
Figura 9. Lajedo de biotita-xisto (A). Paredão de biotita-xisto (B).	20
Figura 10. Variação de cores apresentadas pelos diversos tipos de rochas xistosas. Em A xisto com maior abundância de minerais félsicos ocasionando cor alaranjada e em B predomínio da cor cinza dada pela presença de minerais máficos.	21
Figura 11. Lâmina de biotita-muscovita-xisto a nicóis cruzados evidenciando a orientação preferencial das lamelas de biotita.	22
Figura 12. Microfotografia a nicóis cruzados demonstrando os componentes essenciais da rocha xistosa (A). Porfiroblastos de plagioclásio e quartzo (B). porfiroblasto de granada, altamente fraturado, posto entre cristais de quartzo (C).	23
Figura 13. Bioita-siminanita-granada-xisto. Enquanto as lamelas de biotita e silimanita mostram-se foliadas e orientadas, aparecem porfiroblástos milimétricos de granada de maneira indistinta no xisto. Cristais de quartzo e plagioclásio seguem a foliação (A). Camada de xisto apresentando-se sob a forma de lente na rocha quartzítica (B).	23
Figura 14. Paredão de metatextito intercalado com rocha calcissilicática (A). Corpo de metatextito onde a formação do quartzo evidencia o processo de fusão parcial sofrido pela rocha pelítica (B).	25
Figura 15. Afloramento mostrando um diatextito com uma separação difusa e descontínuas entre as bandas máficas e félsicas.	25
Figura 16. Trama de minerais que compõem o metatextito.	26
Figura 17. Anfibolito sem ordenação preferencial em seu arranjo mineralógico.	28

Figura 18. Anfibolito apresentando bandas restíticas compostas por biotita.....	28
Figura 19. Contato gradacional entre os minerais constituintes da rocha anfibolítica.	29
Figura 20. A figura ilustra as duas estruturas encontradas do quartzito. (A) Bloco de quartzito com textura granoblástica (A). Quartzito com textura granular, com foliação média de 341/15 (B).	30
Figura 21. Bloco de quartzito de granulação média apresentando muscovitas e fraturamento com direção N-S (A). Bloco de quartzito com intercrescimento de K-F (B).	31
Figura 22. Lente de xisto dentro do quartzito evidenciando a presença de micas na mineralogia da rocha quartzítica.	31
Figura 23. Representação de Lajedos na presença de blocos de mármore (A). Amostra de mármore calcítico com textura sacaroidal (B).	32
Figura 24. Mármore em contato com o biotita-xisto (A). Mármore puro na presença de feição cárstica evidenciando a foliação mineral existente (B).	32
Figura 25. Textura granoblástica exibida na rocha calcissilicática (A). Rocha calcissilicática intercalada com metapelito (B).	33
Figura 26. Presença de rocha calcissilicática com textura cárstica granular (A). Rocha calcissilicática com granulação fina (B).	34
Figura 27. Cristal de calcita apresentando clivagem comum dos carbonatos, envolto por cristais de diopsídio fraturados e com altas cores de interferência (A). Contato entre quartzito e clinopiroxênio (B). Calcita prismática em meio a fenocristais de plagioclásio (C).	35
Figura 28. Paredão de granito com intercalação de xisto (A). Lajedo de granito com 10x10 metros de comprimento (B).	36
Figura 29. Granito com textura fina (A). Textura pegmatítica na rocha granítica (A).	36
Figura 30. Matacões de albita granito localizados no topo de uma elevação.	37
Figura 31. Veios pegmatíticos recortando biotita-xisto (A). Veios concordantes a foliação do metatexito (B).	38
Figura 32. Lâmina do leucossoma evidenciando a sua formação, em maior parte, constituída por plagioclásio, k-feldspato e quartzo, e a apatita como único mineral acessório.	38

Figura 33. Bandamento composicional entre o mesossoma e o paleossoma marcados no anfibolito (A). Estiramento mineral da silimanita concordante com a xistosidade da rocha (B). Único exemplo de dobras encontradas no metatextito (C).	40
Figura 34. Diagrama com os pólos dos planos da foliação Sn com concentração máxima na porção do central (A). Diagrama de roseta com sentido de mergulho da foliação Sn preferencialmente para norte-sul (B).	41
Figura 35. Diagrama de roseta representando a direção preferencial das fraturas..	42
Figura 36. Metatextito apresentando veios de composição quartzo feldspáticas com família de fraturas.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas dos vértices da poligonal da área mapeada	2
--	---

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Funceme – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GPS – Sistema de Posicionamento Global

INB – Indústrias Nucleares do Brasil

Ipece – Instituto de Pesquisa e Estratégia do Ceará

LAMIN – Laboratório de Mineração

UFC – Universidade Federal do Ceará

MDT – Modelo Digital do Terreno

PB - Província Borborema

QPC – Quartzito Pelito Carbonato

Sirgas – Sistema de Referência Geocêntrico das Américas

UTM – Universal Transversa de Mercator

SUSJG – Sub-unidade São José Dos Guerra

SUL – Sub-unidade Lázaro

SUG – Sub-unidade Guia

SUI – Sub-unidade Itatira

PB – Província Borborema

DCC – Domínio Ceará Central

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	1
1.2 Localização.....	1
1.3 Materiais e Métodos.....	4
1.4 Pré Campo.....	4
1.5 Etapa de Campo	5
1.6 Etapa Pós Campo.....	5
2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	6
2.1 Clima	6
2.2 Relevo	6
2.3 Vegetação.....	7
3 GEOLOGIA REGIONAL	9
3.1 Província Borborema (PB)	9
3.2 Domínio Ceará Central	12
3.2.1 Embasamento Arqueano	12
3.2.2 Coberturas Metassedimentares – Complexo Ceará.....	13
3.2.3 Complexo Tamboril-Santa Quitéria.....	13
3.2.4 Molassas Tardi-Brasileiras.....	14
3.2.5 Granitos Brasileiros.....	14
3.3 Unidade Independência do Complexo Ceará.....	14
3.3.1 Sub-unidade São José Dos Guerra (SUSJG)	15
3.3.2 Sub-unidade Lázaro (SUL)	15
3.3.3 Sub-unidade Guia (SUG).....	16

3.3.4 Sub Unidade Itatira (SUI)	17
4. GEOLOGIA ECONÔMICA.....	19
5. GEOLOGIA LOCAL	20
5.1 Xisto.....	20
5.2 Metatexito	24
5.3 Anfibólito	27
5.4 Quartzito	30
5.5 Mármore	31
5.6 Rocha Calcissilicática	33
5.7 Granito	35
5.8 Veios Quartzo-Feldspáticos	37
6 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	39
6.1 Foliações	39
6.2 Estruturas dúcteis da fase de espessamento crustal (Sn).....	39
6.3 Estruturas rúpteis pós-colisionais.....	42
7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA LOCAL.....	44
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
9 BIB.....	46



1. INTRODUÇÃO

O presente relatório é produto do projeto de mapeamento de uma porção do município de Santa Quitéria. Contou com o apoio técnico do corpo docente e discente da UFC, juntamente do corpo técnico da Indústrias Nucleares do Brasil (INB), que concedeu a acomodação e infraestrutura necessária para a execução dos trabalhos. Com o apoio da INB foi realizado um *workshop* prévio ao mapeamento que envolveu o reconhecimento inicial da área e tratou dos trabalhos executados pela referida indústria e dos impactos causados pela exploração da jazida de urânio na região e seu entorno.

O trabalho realizado está relacionado com a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, ofertada no 10º semestre do curso de Geologia da UFC.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo a confecção de um mapa na escala de 1:25.000 que integra todas as informações geológicas levantadas de uma área de 64km². Tal mapa possui dados sobre a caracterização petrográfica das unidades litoestratigráficas interligadas com a geologia estrutural da região. Tais informações poderão contribuir para o entendimento da evolução geológica da área.

1.2 Localização

A região de estudo localiza-se entre os municípios de Santa Quitéria e Itatira, posicionado no centro/noroeste do estado do Ceará, a cerca de 210 km de distância de Fortaleza. A área do estudo fica próxima as cidades de Santa Quitéria e de Itatira fazendo divisa com os assentamentos Morrinhos, Queimados, e com o Distrito de Lagoa do Mato.

Saindo de Fortaleza tem-se acesso à região onde realizou-se o estudo primeiramente pela BR-020, percorrendo cerca de 166 km de rodovia pavimentada até São José da Macaoca, distrito de Madalena. Nessa localidade segue-se pela CE-366 percorrendo uma distância de 27 km de rodovia pavimentada até chegar ao município de Lagoa do Mato. A partir desse ponto segue-se por um trecho não



pavimentado de 11 km da CE-366 chegando-se à área do mapeamento. A figura 1 ilustra os acessos partindo de Fortaleza até o município de Santa Quitéria.

A área em estudo apresenta a forma de um hexágono irregular que cobre uma superfície de 64 km². A tabela 1 apresenta as coordenadas dos vértices da região, representadas cartograficamente pelo datum Sirgas 2000 e Projeção UTM, zona 24 Sul.

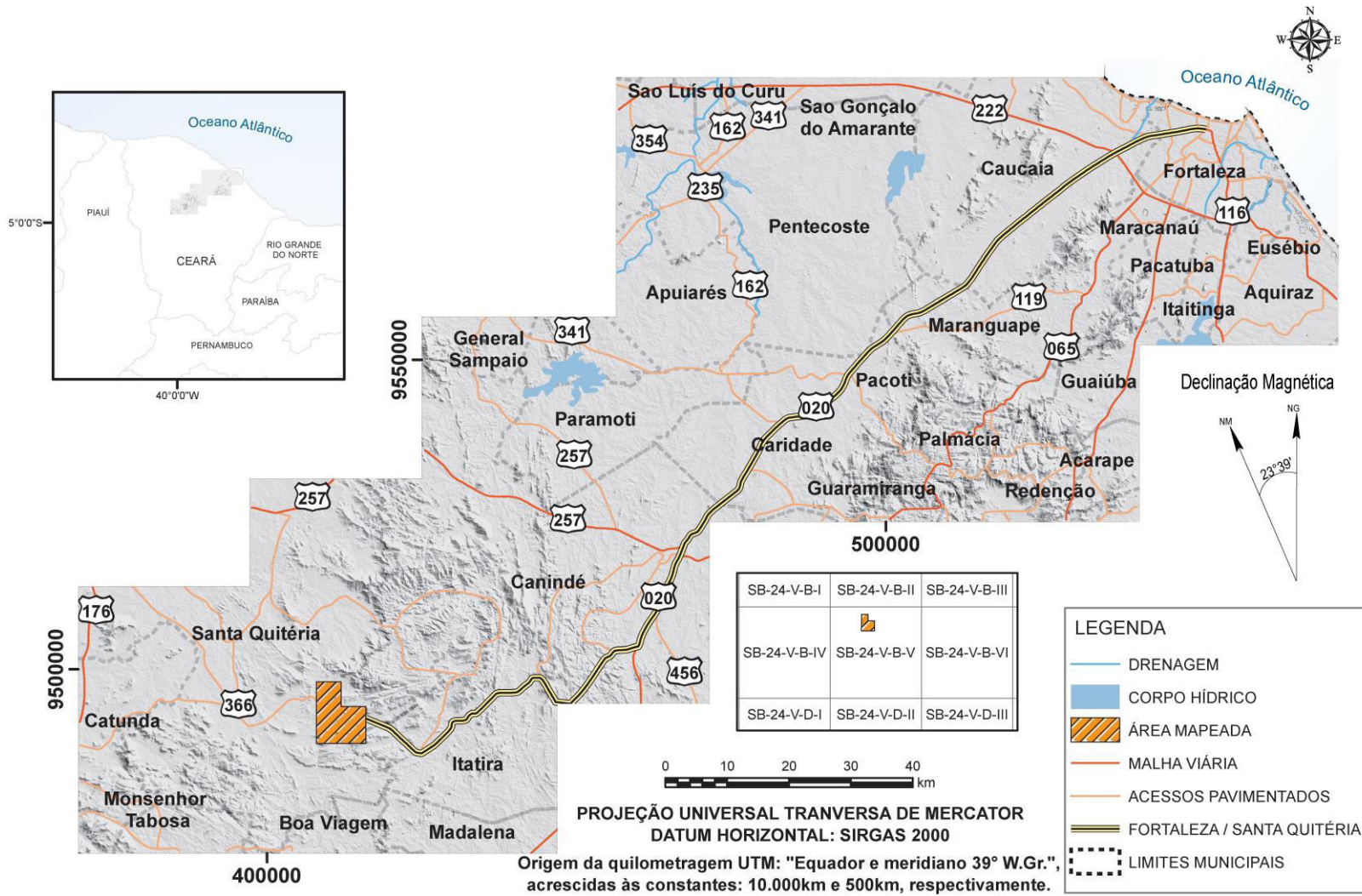
Tabela 1. Coordenadas dos vértices da poligonal da área mapeada

VÉRTICE	E(m)	N(m)
1	412000	9498000
2	412000	9494013
3	416000	9494013
4	416000	9488015
5	407985	9488015
6	407985	9498000

Fonte: Autores.



Figura 1. Mapa de Localização da área no município de Santa Quitéria.



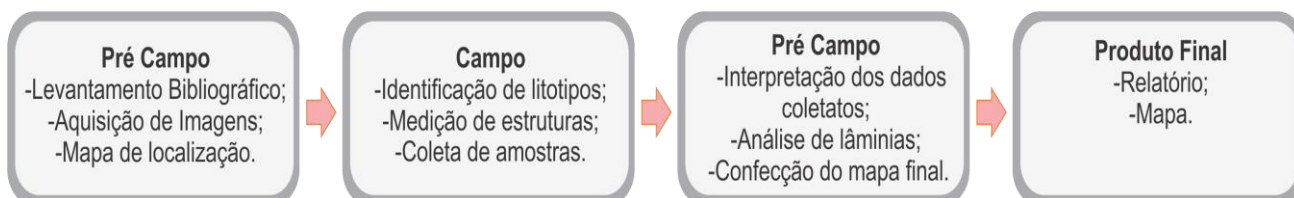
Fonte: IBGE.



1.3 Materiais e Métodos

Para realização deste trabalho, desenvolveram-se um conjunto de atividades as quais foram divididas de acordo com o fluxograma das etapas realizadas (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma das etapas empregadas.



Fonte: Autores.

1.4 Pré-Campo

A etapa pré-campo consistiu do levantamento bibliográfico da área de estudo, com sua geologia regional, além da aquisição de imagens de sensores orbitais, cuja finalidade foi o reconhecimento de área seguido da utilização dessas informações para a confecção de mapas base pré campo. A Folha de Itaira (ALMEIDA *et al.*, 2008) foi a principal base teórica do acervo técnico bibliográfico.

Quanto à confecção do mapa pré-campo, foram utilizados os seguintes *softwares*:

- a. Google Earth Pro, que serviu de auxílio para reconhecimento da área de mapeamento, de forma genérica, para visualização do relevo sem intenção de delimitação das unidades por meio do padrão textural do terreno;
- b. O *software Envi 4.5* serviu para delimitar as unidades texturais através da resposta espectral;
- c. O *Golden Surfer 12* foi utilizado para criação de MDT;
- d. Os *softwares ArcGis 10.4, AutoCad 2012 e Global Mapper 18* foram empregados na confecção dos vetores que correspondem tanto aos acessos, como também rede hidrográfica e delimitadores de unidades texturais;
- e. O aplicativo *Locus Map Pro* foi o repositório que continha os dados vetoriais. No mapeamento, este foi empregado como caderneta digital e *GPS*.



1.5 Etapa de Campo

A atividade de campo foi realizada entre os dias 24 de abril e 06 de junho. Nesta etapa realizou-se o mapeamento da área de interesse. Seguindo uma logística planejada tendo como base o mapa pré-campo, o referido mapeamento visou a identificação das unidades rochosas, identificação mineralógica com a medição das estruturas e coleta de amostras. No total, foram levantados 168 pontos.

Os materiais empregados nos trabalhos de campo foram:

- Bússola, tanto utilizada para caminhamento como também na aquisição das medidas estruturais (foliação, fraturas, lineação), as quais foram registradas no modo CLAR;
- Martelo, marreta e canivete, sendo os dois primeiros empregados na quebra do material rochoso e o último utilizado para verificação da dureza do mineral, ou a retirada do mesmo de maneira mais precisa;
- GPS utilizado como ferramenta para georreferenciamento;
- Lupa, utilizada para identificação de minerais ou estruturas não visíveis a vista desarmada.

1.6 Etapa Pós Campo

Na etapa pós campo foi realizado o processamento e a interpretação dos dados coletados em campo juntamente da confecção de 9 lâminas delgadas produzidas no Laboratório de Mineração (LAMIN), pertencente ao Departamento de Geologia lotado na Universidade Federal do Ceará (UFC), as quais foram analisadas com o auxílio do microscópio petrográfico.

Nesta etapa também foi realizada a interpretação dos dados estruturais com as suas direções e intensidade de mergulho preferenciais (para estruturas planares como falhas, foliação, etc.) utilizando *software stereonet* (GROHMANN AND CAMPANHA, 2011). É nessa etapa onde o mapa final com as informações litológicas da área foi gerado.



2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

2.1 Clima

De acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) o clima da região de Santa Quitéria é o Tropical Quente Semiárido, apresentando uma média pluviométrica de 799,8 mm por ano concentrados entre os meses de fevereiro a abril e temperaturas médias em torno de 27°C com amplitude térmica por volta de 3°C (IPECE, 2011).

2.2 Relevo

De acordo com estudos da Nuclebrás a Depressão Sertaneja e os Planaltos Residuais são as duas grandes unidades morfológicas que caracterizam o relevo da região de Itaitaia.

A Depressão Sertaneja, superfície de degradação esculpida em rochas gnáissico-migmatíticas do escudo Pré-Cambriano, reveste-se de particular interesse porque nela está situada a jazida fósforo-uranífera de Itaitaia (SILVA, 2003).

Os relevos residuais da região são representados por hogbacks de composição quartzítica ou por serrotes isolados, a exemplo do Serrote da Igreja que abriga a jazida de Itaitaia, assim como por algumas cristas compostas por rochas migmatíticas (figura 3). Esses componentes geomorfológicos que fazem contraste com uma paisagem arrasada dos pediplanos da região, não ultrapassam uma cota de 630 metros. (SILVA, 2003)

Os planaltos residuais representam compartimentos de níveis mais elevados da área, com altitudes de 650 a 1.000 metros correspondendo aos maciços montanhosos das serras do Céu, da Cacimba, da Mata Fome, das Laranjeiras e do Trapiá. A serra do Céu é o acidente topográfico mais importante, ocupando todo o setor norte-nordeste. Constitui a principal linha de cumeada onde está situado o ponto culminante da área, com 1.085 metros, servindo também de divisor d'água das bacias hidrográficas dos rios Curu e Groaíras.

Na Figura três temos a parte de coloração verde representando o domínio geomorfológico da Depressão Sertaneja enquanto que os Planaltos Residuais são evidenciados com uma coloração amarela (Figura 3).



2.3 Vegetação

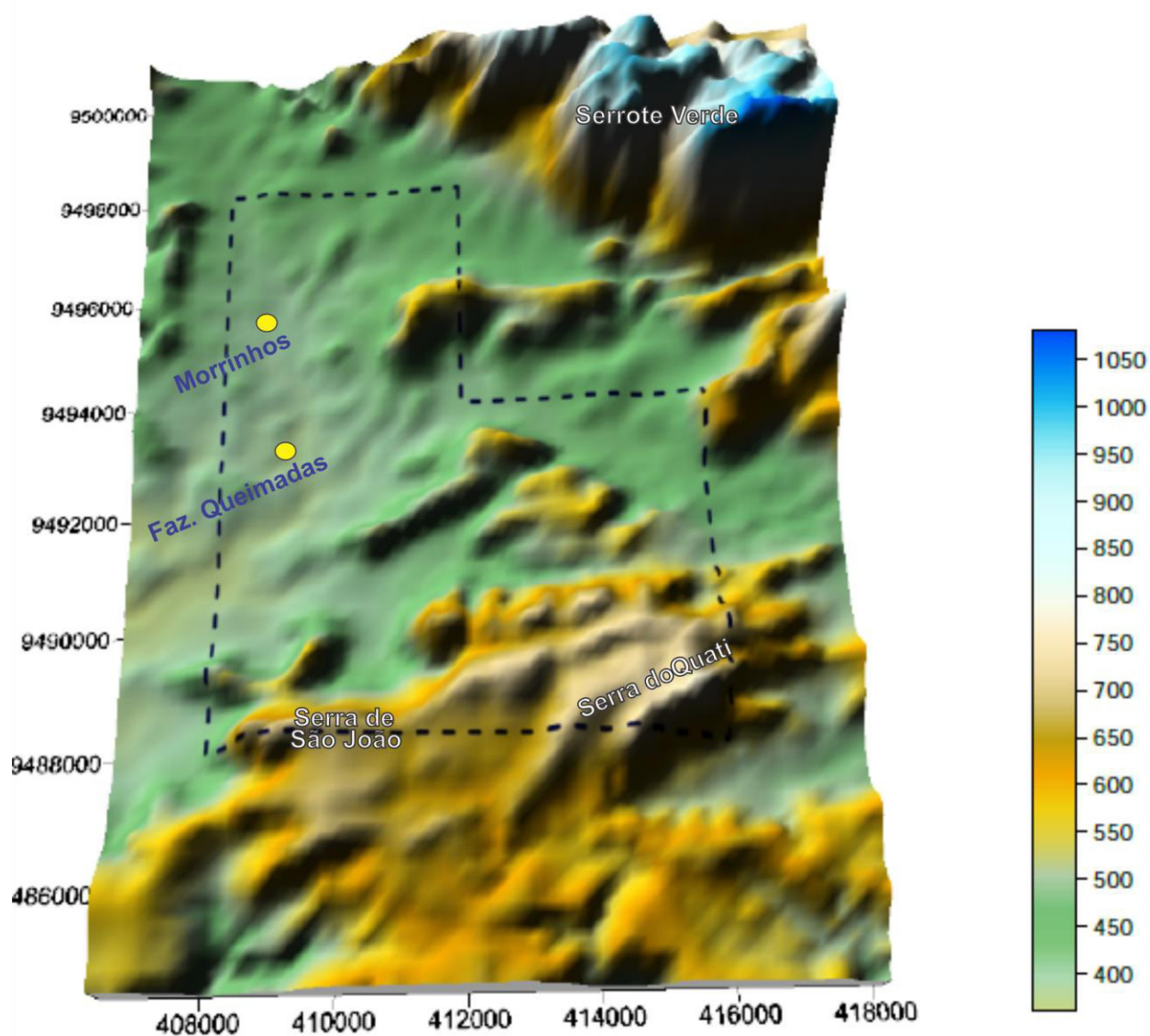
A área de Santa Quitéria está inserida no bioma da caatinga. Encontram-se na região os seguintes tipos de vegetação: Estepe Tropical que são localizados tanto na região dos maciços residuais como nas áreas dissecadas da Depressão Sertaneja; Floresta Caducifólia Espinhosa e Floresta Tropical Pluvial (IPECE, 2018).

A serra do Céu apresenta uma cobertura vegetal mais densa que a do pediplano da depressão circunjacente e é responsável pelas modificações de ordem climática, com temperatura mais amena e taxas pluviométricas mais acentuadas (NUCLEBRÁS, 1984).

A partir do modelo digital de elevação do terreno podemos distinguir os três tipos de vegetação existentes, onde as áreas em verde e amarelo correspondem a terrenos cobertos pela Estepe Tropical e Floresta Tropical Pluvial. A área em azul, fora da polígona mapeada, temos a Floresta Tropical Fluvial (Figura 3).



Figura 3. Modelo digital de elevação da área mapeada.



Fonte: Autores.



3 GEOLOGIA REGIONAL

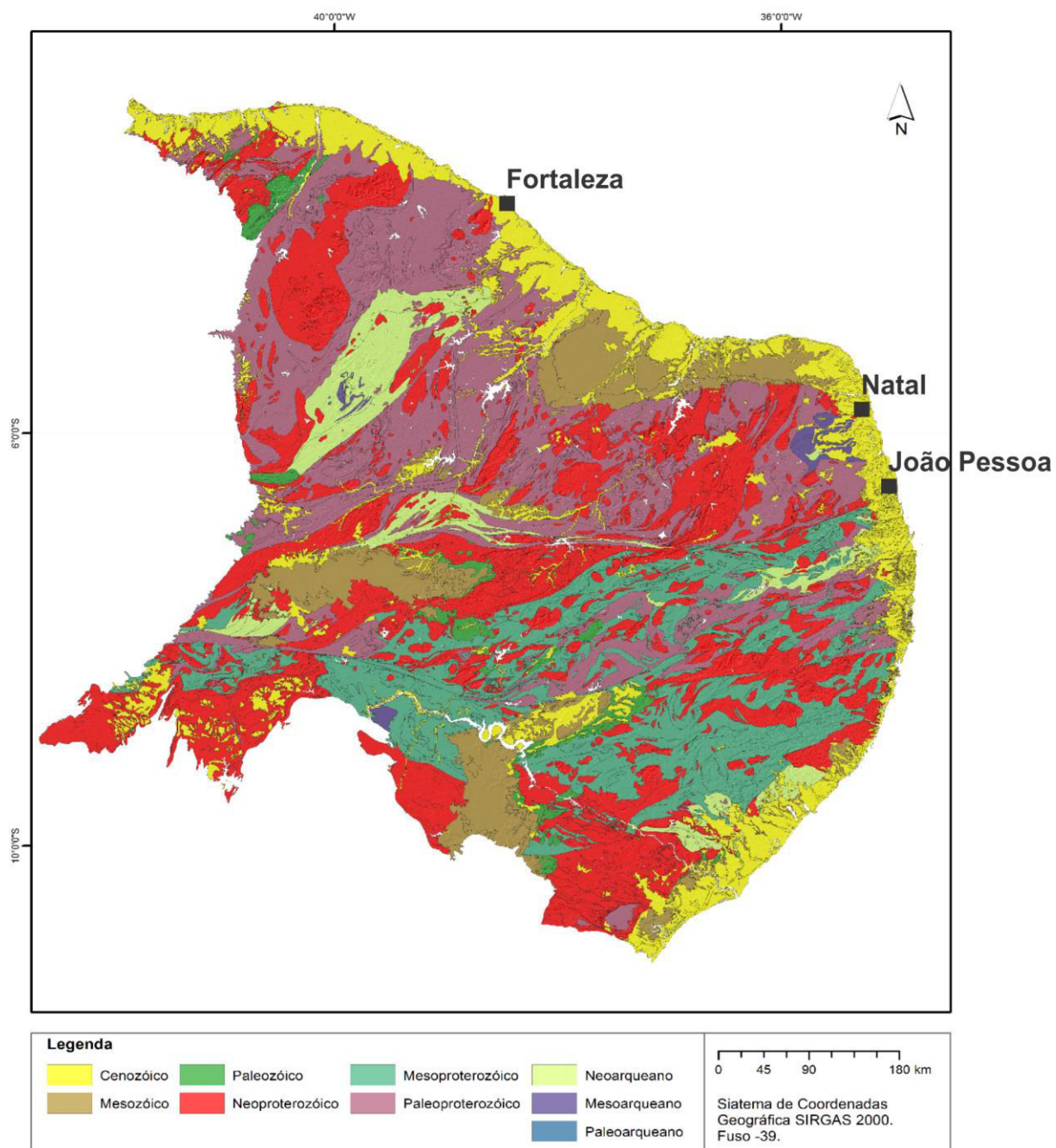
3.1 Província Borborema (PB)

A Província Borborema situa-se na região nordeste do Brasil, abrange uma área de aproximadamente 450.000 Km² (Almeida et. al., 1977), limitada ao sul pelo cráton São Francisco e a oeste pela Bacia do Parnaíba. Foi estruturada a partir da convergência dos crátons Amazônico, São Luís-Oeste Africano e São Francisco (Figura 4.1), por volta de 600 Ma, na intitulada colagem brasileira (Trompette, 1994, Brito Neves 1991).

A Província Borborema corresponde a um aglomerado de porções de microcontinentes e faixas orogênicas que datam do Arqueano ao Neoproterozoico, sendo delimitados por zonas de cisalhamento transcorrentes (Figura 4). Compartimenta-se em 3 setores (meridional, setentrional e transversal) separados pelas zonas de cisalhamento de Pernambuco e Patos, ambas com extensão de centenas de quilômetros e largura de até uma dezena de quilômetros, com movimentação na direção E-W.



Figura 4. Mapa Geológico de delimitação da PB a partir das idades mínimas das eras.



Fonte: CPRM, modificado por autores.



A porção setentrional da PB é dividida em 4 domínios estruturais separados por megazonas de cisalhamento dúctil: Domínio Rio Grande do Norte, Domínio Orós-Jaguaribe, Domínio Ceará Central e Domínio Noroeste do Ceará (ARTHAUD, 2007), sendo o estado do Ceará pertencente a 3 deles, com idades variando do Arqueano ao Cambriano-Ordoviciano (Figura 5). A área de estudo está situada no Domínio Ceará Central que será detalhado a seguir.

Figura 5. Domínios pertencentes a porção setentrional da PB.



Fonte: IBGE.



3.2 Domínio Ceará Central

Em termos geológicos o Domínio Ceará Central é a unidade geotectônica mais abrangente do estado do Ceará, cobrindo cerca de 60% do território cearense. É o domínio onde encontra-se inserida a área de estudo, situado entre os lineamentos Transbrasiliano (a noroeste) e a Zona de Cisalhamento Aiuaba-Orós (sudeste).

De maneira simplificada, o Domínio Ceará Central pode ser dividido em cinco conjuntos: embasamento policíclico, coberturas metassedimentares monocíclicas, complexo anatético-ígneo monocíclico, granitos brasileiros e molassas tardi-brasilianas (ARTHAUD, 2007).

A área de estudo está situada dentro desse domínio geotectônico.

3.2.1 Embasamento Arqueano a Paleoproterozóico.

De acordo com Arthaud (2007), o embasamento do Domínio Ceará Central é composto por rochas que datam do Arqueano e são subdivididas em três unidades: Complexo Cruzeta, Suite Madalena e Unidade Algodões. Ainda segundo o autor é possível fazer a diferenciação de cada uma dessas unidades de acordo com as seguintes características:

Complexo Cruzeta: Trata-se de um complexo gnáissico-migmatítico constituído por gnaisses bandados de origem ortoderivada apresentando diversas composições variando entre tonalítica a granítica. É comum a presença de *boudins* de rochas básicas e restitos de formações ferríferas bandadas. As rochas desse complexo são intensamente deformadas com bandamento gnáissico sub-horizontal e metamorfizadas em condições de fácies anfibolito alto, frequentemente mostrando feições de migmatização. Raramente apresenta rochas metassedimentares.

Suite Madalena: a Suite Madalena é interpretada como um conjunto de rochas juvenis de composição tonalítica que mostram-se intrudidas nas rochas do Complexo Cruzeta.

Unidade Algodões: litoestratigraficamente acima das rochas do Complexo Cruzeta, a Unidade Algodões é constituída essencialmente por uma alternância entre leucognaisses com rochas anfibolíticas. Ao contrário do Complexo Cruzeta, o metamorfismo sofrido pela Suite Madalena e pela Unidade Algodões não apresenta características de fusão parcial.



3.2.2 Coberturas Metassedimentares – Complexo Ceará

Aflorando de maneira descontínua sobre uma grande área do Domínio Ceará Central, as coberturas metassedimentares, denominadas pela alcunha de Complexo Ceará são formadas principalmente por xistos e gnaisses pelíticos ou semipelíticos, com proporção menor de quartzitos, mármore, anfibolitos, rochas calcissilicáticas e raras metagrauvas. (ARTHAUD, 2007).

As unidades do Complexo Ceará se distribuem por todo o Domínio Ceará Central e foram designadas de maneira informal conforme as localidades de suas ocorrências (ALMEIDA *et al.*, 2008). O Complexo Ceará é composto pelas unidades Independência, Quixeramobim, Canindé, Arneiroz e Acopiara. De acordo com dificuldades atuais em se estabelecer uma subdivisão estratigráfica formal do Grupo Ceará (nomenclatura não mais utilizada), foi adotada a terminologia Complexo Ceará, obedecendo a nomenclatura utilizada pela CPRM no mapa Geológico do Ceará - escala 1:500.00 (CAVALCANTE *et al.*, 2003)

As rochas metassedimentares do Complexo Ceará experimentaram condições de metamorfismo no fácies anfibolito alto, sendo comumente acompanhadas de migmatização, apresentando frequentemente foliações de baixo ângulo (ARTHAUD, 2007).

A partir desse contexto, o Complexo Ceará é interpretado como uma sequência de margem passiva associada à abertura do oceano que se iniciou em torno de 850 Ma, sendo a deformação e o metamorfismo componentes de um subsequente fechamento do referido oceano (ARTHAUD, 2007).

Por ser a unidade na qual se insere a área mapeada, a unidade Independência será caracterizada particularmente na seção 3.3.

3.2.3 Complexo Tamboril-Santa Quitéria.

Formado principalmente por diatexitos e metatexitos provenientes da fusão parcial de rochas supracrustais, o Complexo Tamboril-Santa Quitéria é descrito como um conjunto ígneo-anatético onde os migmatitos foram intrudidos por grande volume de magma de composição variando de tonalítica a granítica (ARTHAUD, 2007).



3.2.4 Molassas Tardi-Brasilianas.

As molassas tardi-brasilianas são interpretadas como pequenas bacias que foram preenchidas no intervalo de tempo entre 560-440 ma, possuindo estruturação transtensional controlada pela reativação de algumas zonas de transcorrências dúcteis (ARTHAUD, 2008).

3.2.5 Granitos Brasileiros

Representam o registro do evento orogenético Brasileiro ocorrido na Província Borborema através de significativos eventos de plutonismo granítico. Os granitos brasileiros são classificados em granitos pré-colisionais, apresentando idades de cristalização entre 630 a 620 Ma (BRITO NEVES *et al.*, 2000), granitos sin-cinemáticos que, por sua vez, se dividem em dois grupos: (i) granitos de composição aluminosa contemporâneos a fase de espessamento crustal apresentando uma idade de cristalização em torno de 610 a 600 Ma; (ii) com idades de cristalização em torno de de 580 e 590 Ma descritos como granitos de sin-fase transcorrente (NOGUEIRA, 2004), granitos tardi-tectônicos com idades em torno de 580 Ma (FETTER, 1999) e granitos pós-orogênicos associados às molassas tardi-brasilianas com idade de cristalização de 530 Ma (FETTER, 1999)

3.3 Unidade Independência do Complexo Ceará

O mapeamento da Folha Itatira mostra que a Unidade Independência do Complexo Ceará foi subdividida em quatro sub-unidades informais de acordo com critérios estruturais (pacotes miloníticos internos), metamórficos (condições de pressão e temperatura do pico do metamorfismo) e litológicos (tipo de aluminossilicato presente); tais sub-unidades são: Sub-unidade São José dos Guerra (SUSJG), Sub-unidade Lázaro (SUL), Sub-unidade Guia (SUG) e Sub-unidade Itatira (SUI). O estudo da folha propôs um empilhamento das unidades sem conotação cronológica, obedecendo apenas a critérios geométricos, deixando em aberto a possibilidade de que em futuros estudos na região caibam outras interpretações.



3.3.1 Sub-unidade São José Dos Guerra (SUSJG)

Os estudos realizados nas Folhas Itatira e Boa Viagem (ALMEIDA *et al.*, 2008) mostram que a Sub-unidade São José dos Guerra constitui a base da Unidade Independência. Nos estudos da Folha Boa Viagem o contato da SUSJG com a Unidade Algodões é descrito como sendo um contato tectônico marcado por milonitos retromórficos com granadas arredondadas e grande quantidade de muscovita. Na Região onde realizaram-se os estudos apresentados na Folha Itatira, esse contato com a Unidade Algodões é caracterizado por quartzitos basais apresentando aspecto milonítico com muscovitas recristalizadas.

Acima dessas associações litológicas, os metapelitos são substituídos por biotita gnaisses com raras granadas e apresentam um bandamento migmatítico característico constituído por bandas de um a dois centímetros de leucossoma intercaladas em bandas mais largas de paleossoma (Figura 6).

Uma datação foi realizada na SUSJG e evidenciou idade paleoproterozóica para um biotita gnaisse (ALMEIDA *et al.*, 2008).

Figura 6. Biotita gnaisse apresentando leucossoma paralelo à foliação.



Fonte: Arthaud, 2008.

3.3.2 Sub-unidade Lázaro (SUL)

O mapeamento realizado para a confecção da Folha Itatira (ALMEIDA *et al.*, 2008) caracterizou a Sub-unidade Lázaro como uma lente compreendida dentre as sub-unidades São José dos Guerra e Guia, com as quais apresenta um contato tectônico. É constituída por gnaisses finos com muscovita, pouca biotita e cianita e por biotita gnaisses, ambos migmatíticos. Os autores da Folha Itatira acreditam que



esses gnaisses, muito homogêneos, parecem ser resultados da deformação e metamorfismo de um granito do tipo S. Em volumes menores aflora uma faixa de rochas de composição tonalítica. As datações realizadas pelos autores da Folha Itatira mostraram rochas cujas idades variam do Arqueano ao Paleoproterozóico,

3.3.3 Sub-unidade Guia (SUG)

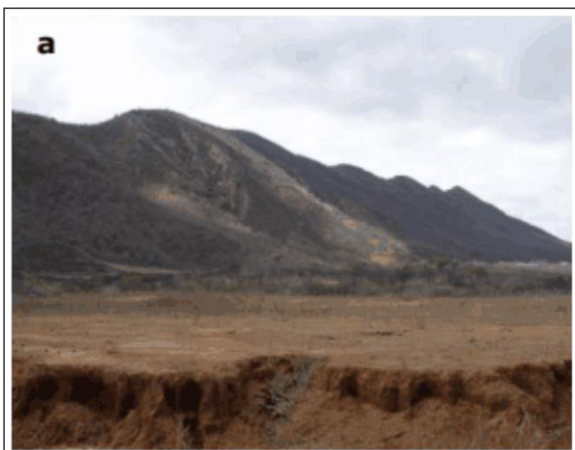
A Sub-unidade Guia está localizada acima da Sub-unidade São José dos Guerra da qual é separada por um contato tectônico. Metapelitos predominam na forma de biotita gnaisses \pm muscovita \pm granada \pm aluminossilicatos (cianita, sillimanita ou ambas), de forma secundária, apresenta, também, quartzitos (as vezes micáceos) sob a forma de barras contínuas formando cristas elevadas (Figura 7). É comum nesses gnaisses a presença de rutilo. O grau de migmatização é variável e é geralmente mínimo nas rochas portadoras de cianita.

Verifica-se também nessa sub-unidade a presença de várias lentes de mármore com largura e extensões variadas, concordantes com a foliação regional, intercaladas na sequência pelítica, geralmente próximas aos quartzitos. Intercalações de anfibolitos, frequentemente associadas a rochas calcissilicáticas, são comuns e devem ser destacados anfibolitos extremamente ricos em granada interpretados como retroeclogitos derivados de sills ou derrames de basaltos (Castro, 2004).

As idades modelo Sm-Nd datadas na SUG indicam, para a proveniência do material detrítico, um predomínio de fontes paleoproterozoicas a arqueanas com contribuição de material mais novo resultando, em uma amostra, num T(DM) mesoproterozoico.



Figura 7. Serra com crista composta por quartzito.



Fonte: Arthaud, 2008.

3.3.4 Sub Unidade Itatira (SUI)

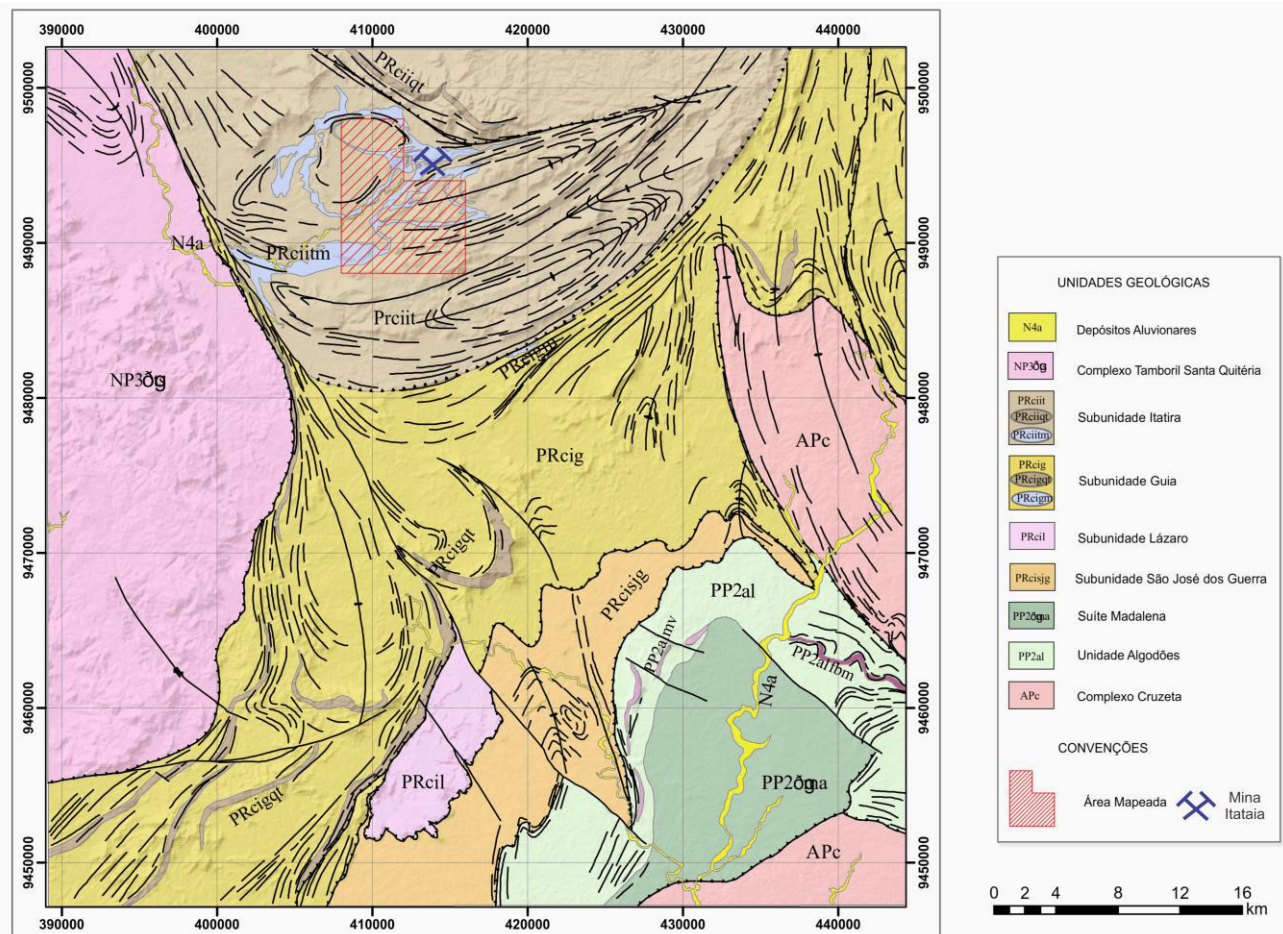
Com composição semelhante à SUG, a SUI é composta por mármore e rochas calcissilicáticas, possuindo, ainda, associação comum entre as rochas calcissilicáticas e rochas anfibolíticas. Também conhecida como Nappe de Itatira, é caracterizada pela presença de uma sola milonítica constituída por rochas clasto-miloníticas que marca o contato basal com a sub-unidade Guia.

Como na SUG, a maior parte das idades modelo T(DM), obtidas em rochas da SUI atestam o predomínio do embasamento paleoproterozoico/arqueano no fornecimento do material detrítico, mas uma idade mesoproterozoica implica na existência de uma mistura com uma fonte de material mais recente. A SUI será descrita com mais detalhes no tópico Geologia Local, pois a região mapeada para a confecção desse relatório se encontra inserida nesta sub-unidade.

A figura 8 representa a delimitação da área de estudo juntamente com o contexto geológico da região.



Figura 8. Delimitação da área de estudo no contexto geológico regional.



Fonte: Modificado a partir da Folha Itatira (ALMEIDA et al., 2008).



4. GEOLOGIA ECONÔMICA

A área de estudo está localizada no contexto geológico da mina de urânio de Itataia. Situada a Nordeste, fora dos limites da área mapeada, trata-se de umas das maiores jazidas fósforo-uraníferas do mundo, onde o minério de urânio poderá ser extraído a partir do colofanito.

Segundo Castro (2004), a origem da jazida uranífera está associada a depósitos de rochas sedimentares oriundos de uma plataforma marinha rasa e/ou restrita. O fosfato proveniente do reservatório oceânico foi transportado para zonas rasas onde houve a sua precipitação e concentração. Interpretado como sendo de fonte terrígena, a origem do urânio estaria relacionada com a lixiviação do embasamento continental preexistente, onde o referido urânio seria depositado em um ambiente marinho confinado. Posteriormente, a ocorrência fósforo-urínifera seria mobilizada durante a diagênese e o metamorfismo com um posterior enriquecimento supergênico (ALMEIDA et al., 2008).

O empreendimento para a extração do colofanito será implementado pelo Consórcio Santa Quitéria, formado por duas empresas: Indústrias Nucleares do Brasil (INB) e Galvani Indústria, Comércio e Serviço S.A. O projeto propõe que a extração do minério de urânio seja realizada a partir de uma mina, duas unidades industriais (Unidade de Fosfato e Unidade de Urânio), uma pilha de estéril, e outra de fosfogesso (um subproduto da indústria de fertilizantes), uma barragem de rejeitos, além de outras estruturas de apoio. O objetivo é que o empreendimento produza anualmente 1.050.000 toneladas de derivados fosfatados, que são fertilizantes e produtos para alimentação animal, e 1.600 toneladas de urânio (BIAZZI, 2014)



5. GEOLOGIA LOCAL

A área de estudo localiza-se na Subunidade Itarita (SUI) que pertence a Unidade Independência, por sua vez, localizada dentro do Complexo Ceará. Na porção mapeada foi registrada a presença de xistos, migmatitos, anfibolitos, quartzitos, mármore, rochas calcissilicáticas e veios de composição granítica *lato sensu*.

5.1 Xisto

O xisto é a litologia predominante, ocupando cerca de 70% da área mapeada, onde aflora sob a forma de lajedos, paredões, blocos e em alguns afloramentos como lentes (Figura 9). A estrutura xistosa é característica fundamental na estruturação desse tipo litológico, com orientação dada de acordo com os filossilicatos presentes. A granulação dos xistos varia de fina a grossa enquanto que a sua coloração varia entre cinza e marrom (cor de terra) de acordo com a presença ou ausência de minerais máficos (biotita) e félsicos (quartzo, plagioclásio) na sua estrutura (Figura 10).

Figura 9. Lajedo de biotita-xisto (A). Paredão de biotita-xisto (B).



Fonte: Autores.



Figura 10. Variação de cores apresentadas pelos diversos tipos de rochas xistosas. Em A xisto com maior abundância de minerais félsicos ocasionando cor alaranjada e em B predomínio da cor cinza dada pela presença de minerais máficos.



Fonte: Autores.

A paragênese mineral que compõe as rochas xistosas é composta, de forma geral, pelos seguintes minerais: biotita + muscovita + quartzo + K-feldspato + granada + silimanita.

De acordo com as condições de metamorfismo experimentadas na área, há variação dos minerais encontrados nas rochas xistosas, possibilitando a classificação dos xistos presentes em quatro tipos de rocha: biotita-xisto, biotita-muscovita-xisto, biotita-muscovita-granada-xisto e biotita-silimanita-granada-xisto.

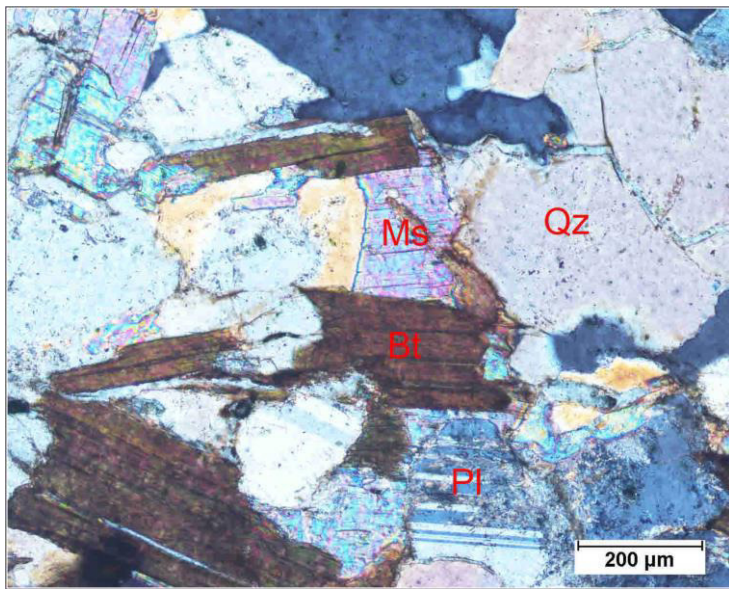
O biotita-xisto é composto, basicamente, por 60% de minerais de biotita e 20% de cristais de quartzo, enquanto que o plagioclásio ocupa 20% dos constituintes totais desse litotipo.

O biotita-muscovita-xisto possui composição onde o quartzo perfaz 30% da rocha, a biotita ocupa 30%, a muscovita 30% e o plagioclásio 10% das amostras. Esta variedade apresenta, em microscópio, textura granolepidoblástica e composição tonalítica, constituída de grãos inequigranulares na qual mostra uma composição de 30% de quartzo, 30% de biotita, 20% de plagioclásio e 10% de muscovita. O quartzo aparece em cristais xenomórficos com forte extinção ondulante e contato gradacional com os demais minerais (Figura 11). As lamelas de biotita aparecem seguindo orientação preferêncial e com grãos de tamanho médio a grande e hipidiomórficos, organizados entre os pórfiros de cristais de quartzo e plagioclásio



formando um contato gradacional com esses minerais. O tamanho dos cristais de plagioclásio varia de pequeno a grande, mostrando-se xenomórficos e com evidentes geminações polissintéticas segundo a lei da albita. A muscovita mostra formas anedrais, relevo médio e cores de interferências intensas.

Figura 11. Lâmina de biotita-muscovita-xisto a nicóis cruzados evidenciando a orientação preferencial das lamelas de biotita.



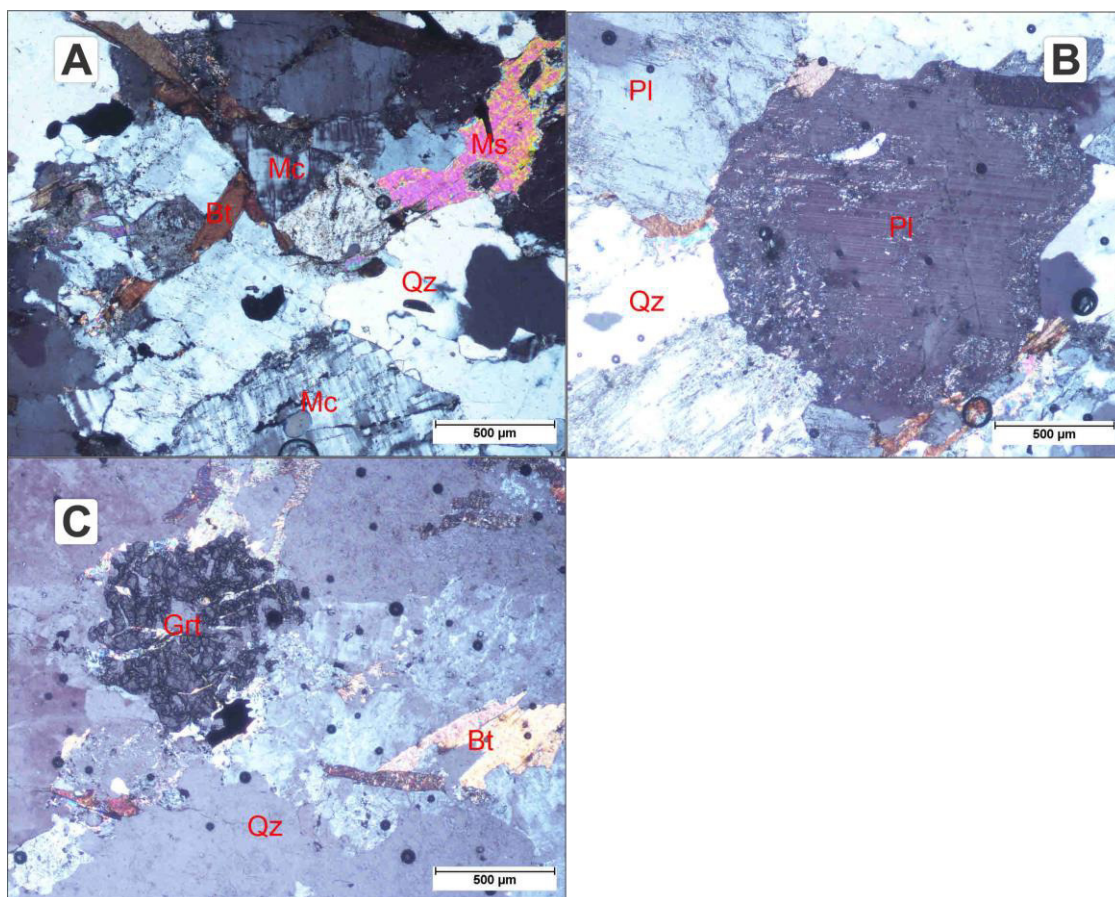
Fonte: Autores.

O silimanita-granada-biotita-xisto tem a biotita ocupando 40% do total dos minerais que integram a rocha, 20% de silimanita, 15% de granada, 15% de plagioclásio e 10% de quartzo.

O granada-muscovita-biotita-xisto é composto por 40% de ortoclásio, 30% de cristais de quartzo, 20% de plagioclásio e 10% de pórfiros de cristais de granada. Ao microscópio apresenta textura granolepidoblástica caracterizada pela presença de pórfiros de cristais de ortoclásio, representando 40% do total de cristais, 30% de cristais de quartzo inequigranulares e xenomórficos apresentando intensa extinção ondulante, 20% de cristais de plagioclásio de tamanho grande e forma arredondada, duas micas (biotita e muscovita) correspondendo a 10% do total da lâmina e pórfiros de cristais de granada, altamente fraturados e opacos como minerais acessórios (Figura 12).



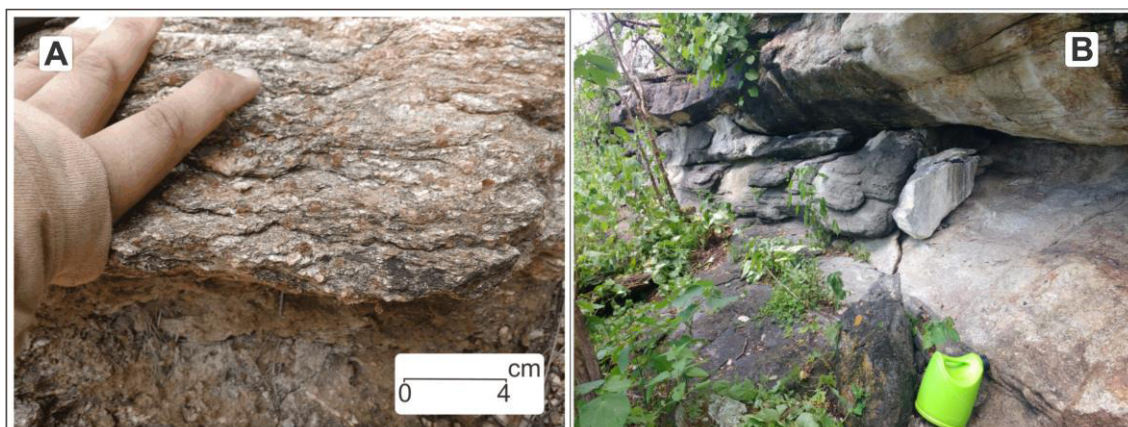
Figura 12. Microfotografia a nicóis cruzados demonstrando os componentes essenciais da rocha xistosa (A). Porfiroblastos de plagioclásio e quartzo (B). porfiroblasto de granada, altamente fraturado, posto entre cristais de quartzo (C).



Fonte: Autores.

A sul da região estudada é comum o predomínio de quartzitos onde foram identificadas algumas lentes de xistos ou até mesmo biotititos em meio à rocha quartzítica (Figura 13).

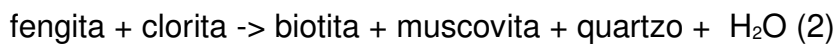
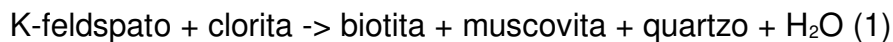
Figura 13. Bioita-siminanita-granada-xisto. Enquanto as lamelas de biotita e silimanita mostram-se foliadas e orientadas, aparecem porfiroblástos milimétricos de granada de maneira indistinta no xisto. Cristais de quartzo e plagioclásio seguem a foliação (A). Camada de xisto apresentando-se sob a forma de lente na rocha quartzítica (B).





Fonte: Autores.

De acordo com Yardley (1994), em relação ao metamorfismo aplicado em rochas pelíticas temos que a formação da biotita marca a zona da biotita enquanto que o seu surgimento é resultado das seguintes reações:



A zona da granada é definida a partir do aumento no grau metamórfico, ao passo que o aparecimento deste mineral dá-se por meio da seguinte reação:



O aumento da temperatura faz com que as rochas experimentem condições de metamorfismo que marcam o início da zona da silimanita, desse modo a presença da silimanita no sistema é explicada pela seguinte reação:



A mineralogia evidenciando a presença da silimanita e da granada nos mostra o pico metamórfico aplicado na região.

5.2 Metatexito

Dispersos em toda a área mapeada, os afloramentos de metatexito apresentam-se sob a forma de lajedos. Geralmente, grãos de tamanho variam de fino a grosso (a depender da porção da rocha analisada), com bandamento migmatítico irregular centimétrico a métrico e foliação preferencial dada por cristais de biotita. A porção leucossomática possui textura que varia de fina a pegmatítica composta por minerais félsicos representados por 30% de quartzo, 20% de feldspato potássico e 10% de plagioclásio. O melanossoma é composto por minerais de granulação fina onde a biotita perfaz 30% do corpo rochoso enquanto que o anfíbolito ocupa 10% da rocha.

Por vezes neste litotipo observa-se a intercalação de rochas calcissilicáticas bem como a presença de restitos de biotita (Figura 14).



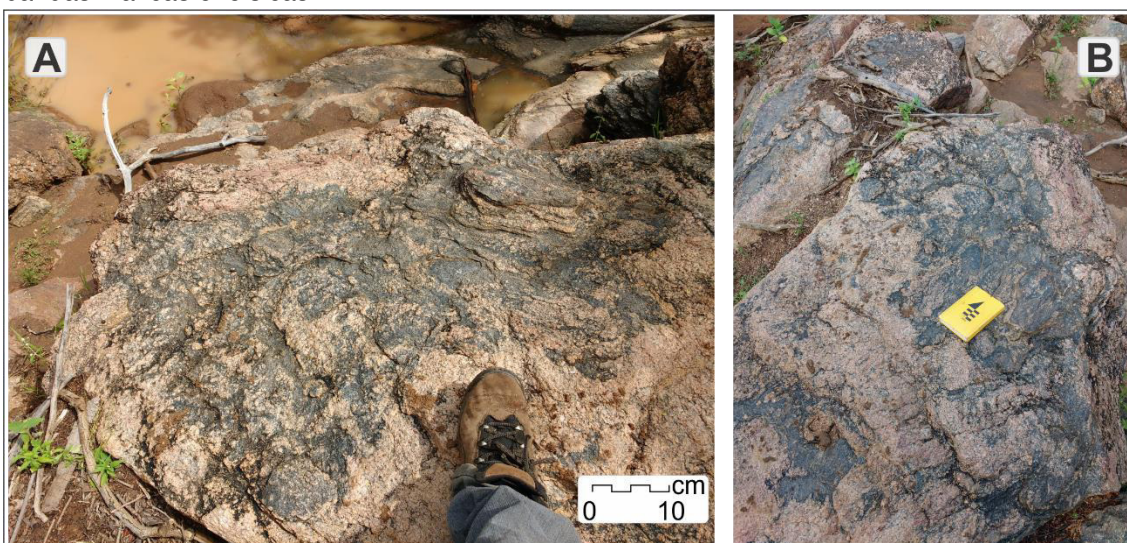
Figura 14. Paredão de metatextito intercalado com rocha calcissilicática (A). Corpo de metatextito onde a formação do quartzo evidencia o processo de fusão parcial sofrido pela rocha pelítica (B).



Fonte: Autores.

As figuras abaixo mostram afloramentos onde a rocha sofreu maior grau de fusão se comparado aos metatextitos, não apresentando uniformidade nas bandas que o formam (textura nebulítica), característica básica de um diatextito. Mineralogia composta por biotita, quartzo, plagioclásio e feldspato potássico associado ao granada-silimanita-biotita-xisto (Figura 15).

Figura 15. Afloramento mostrando um diatextito com uma separação difusa e descontínuas entre as bandas máficas e félsicas.



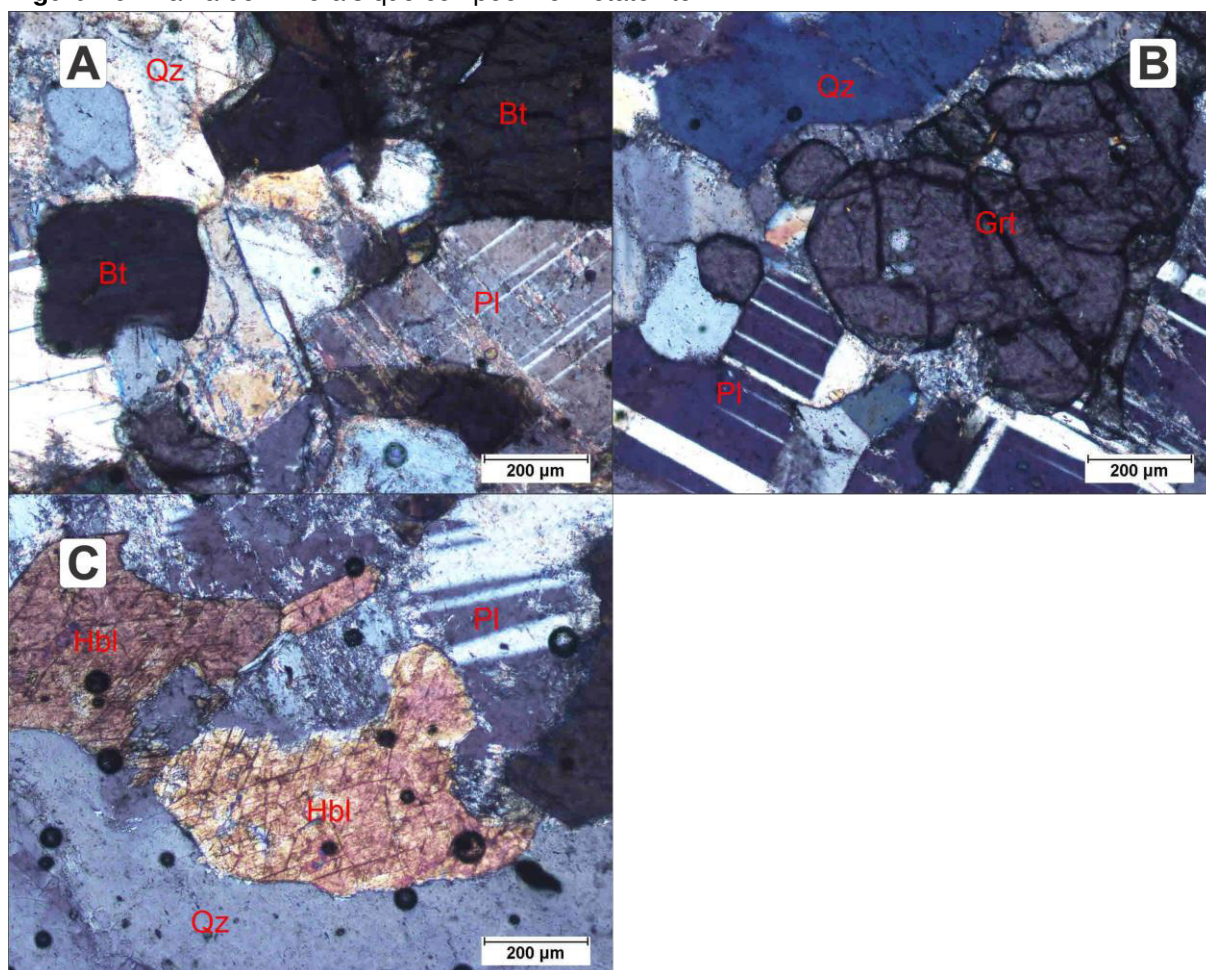
Fonte: Autores.

Em lâmina, a amostra de metatextito denota uma composição definida pela seguinte assembleia mineral: 25% de cristais de quartzo, 25% de plagioclásio, 10% de biotita, 20% de granada, 15% de anfibólio (hornblenda) e 5% de minerais opacos.



A rocha é caracterizada por uma granulação de média a grossa com grãos inequigranulares. Os cristais de quartzo exibem-se xenomórficos, com acentuada extinção ondulante e contatos gradacionais, observando-se que em alguns cristais estão inclusos cristais de zircão. O plagioclásio mostra-se em cristais de tamanho grande, xenomórficos, com maclas polissintéticas segundo a lei da albita. As biotitas apresentam-se alteradas, xenomórficas, com alto grau de fraturamento e extinção completa (Figura 16 A). Os grãos de granada apresentam-se xenomórficamente, sem clivagem, altamente fraturados, e em alguns casos, possuindo inclusões (Figura 16 B). A hornblenda evidencia duas clivagens, relevo médio em relação ao quartzo onde o contato com este mineral é gradacional, mostrando-se xenomórfica e com fraturas (Figura 16 C).

Figura 16. Trama de minerais que compõem o metatexito.



Fonte: Autores.

A partir da comparação da assembleia mineral entre o xisto e o metatexito, e por esses dois litotipos serem comumente encontrados associados na



poligonal de estudo, admite-se que o metatexito é formado a partir da fusão das rochas xistosas. A variação do grau de fusão parcial sofrido pelas rochas permitiu que esse tipo rochoso fosse classificado entre metatexitos e diatexitos.

Em 1976, Winlker demonstra que os metassedimentos começam a fundir em altas temperaturas um pouco acima da zona da silimanita, produzindo um líquido granítico. Uma vez que o xisto com essa mineralogia começa a experimentar altas temperaturas ao ponto de atingir fusão, ocorre a destruição de minerais hidratados, que liberam água, por sua vez dissolvida na fusão:

muscovita + quartzo \rightarrow k feldspato + silimanita + fusão

5.3 Anfibolito

O anfibolito mapeado apresenta-se tanto sob a forma de lajedos como em blocos, podendo exibir estrutura maciça (Figura 17) ou bandamento migmatítico (Figura 18). Neste último caso, o leucossoma se encontra composto por quartzo, plagioclásio, anfibólio e granada e o melanossoma é formado por minerais máficos que, através da análise micropetrográfica, foram identificados como anfibólio e biotita. Às vezes é possível reconhecer o mesossoma, que indica ser a porção não fundida do protólito que deu origem à rocha anfibolítica. É possível, a vista desarmada, a visualização de cristais de granada distribuídos por toda a rocha.



Figura 17. Anfibolito sem orientação preferencial em seu arranjo mineralógico.



Fonte: Autores.

Figura 18. Anfibolito apresentando bandas restíticas compostas por biotita.

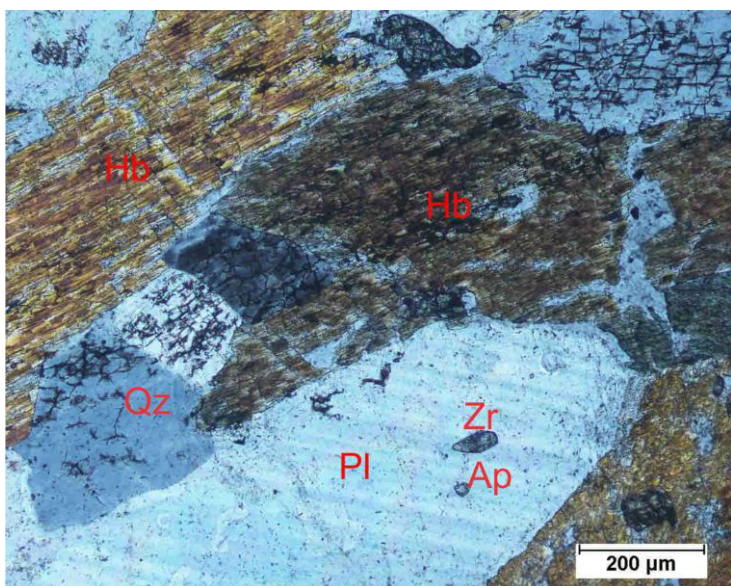


Fonte: Autores.



Analisando ao microscópio vemos que o anfibolito mostra textura nematoblástica onde a hornblenda, plagioclásio e quartzo são os constituintes principais. A hornblenda compõe 42% da rocha, mostra-se em formas subetricas a anédricas, com pelocroismo itenso que varia de verde a marrom/amarelado, relevo alto em relação ao quartzo e plagioclásio, e em duas direções – característica dos anfibolitos- cruzadas entre os ângulos 56° e 124° , apresentando, também, microfraturas. Os cristais de plagioclásio constituem 42% da amostra, são evidenciados a partir de suas maclas segundo a lei da albita, tendo a maioria de seus cristais a forma anedral. O quartzo representa 12% do total de cristais constituintes da rocha, seus cristais são xenomórficos de tamanho médio com extinção ondulante. Os minerais acessórios, compondo 4% do litotipo, são caracterizados por zircões com relevo muito alto, em formato arredondado e com pequenos grãos de apatita incolores, de relevo médio, em forma de hexágonos imperfeitos. Trata-se da sessão basal do mineral (corte perpendicular ao eixo maior do mineral) epídoto, com alto grau de faturamento e cores de interferência de terceira ordem (Figura 19).

Figura 19. Contato gradacional entre os minerais constituintes da rocha anfibolítica.



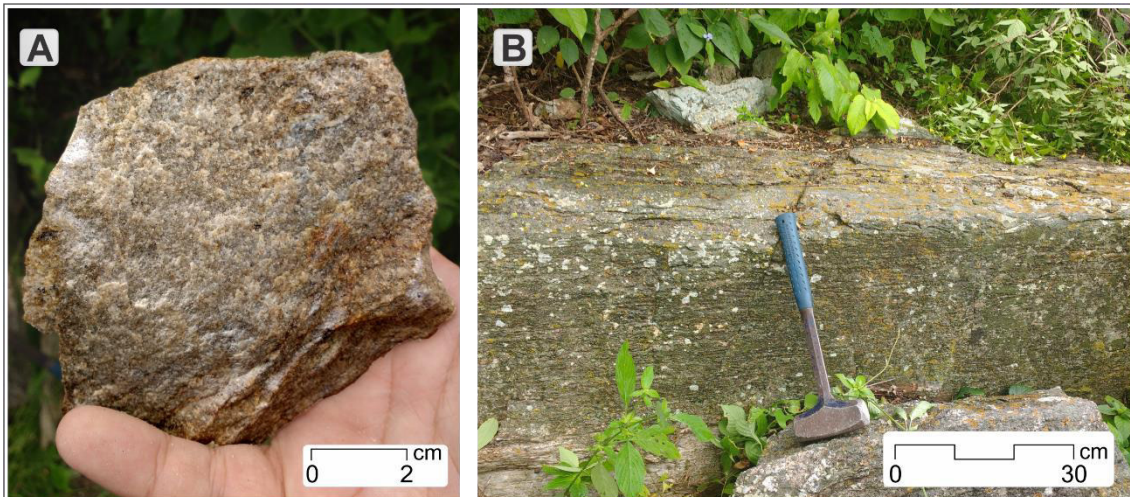
Fonte: Autores.



5.4 Quartzito

Os quartzitos estão localizados na porção sudoeste da área mapeada apresentando a forma de cristas em serrotes de extensão quilométrica formando os maiores níveis altimétricos da área estudada. Encontram-se sob a forma de lajedos ou blocos, variando de centímetros a dezenas de metros de extensão, além da presença de lajedos com dimensões de centenas de metros de comprimento. As rochas apresentam basicamente dois tipos de textura: granoblástica e granolepidoblástica. A variedade granoblástica está integrada majoritariamente por quartzo e plagioclásio, e em menor quantidade anfibólio, biotita e muscovita (Figura 20 A). Já o quartzito granolepidoblástico, apresenta-se com estrutura foliada e granulação gradando desde fina até média (Figura 20 B).

Figura 20. A figura ilustra as duas texturas encontradas no quartzito. (A) Bloco de quartzito com textura granoblástica (A). Quartzito com textura granular, com foliação média de 341/15 (B).

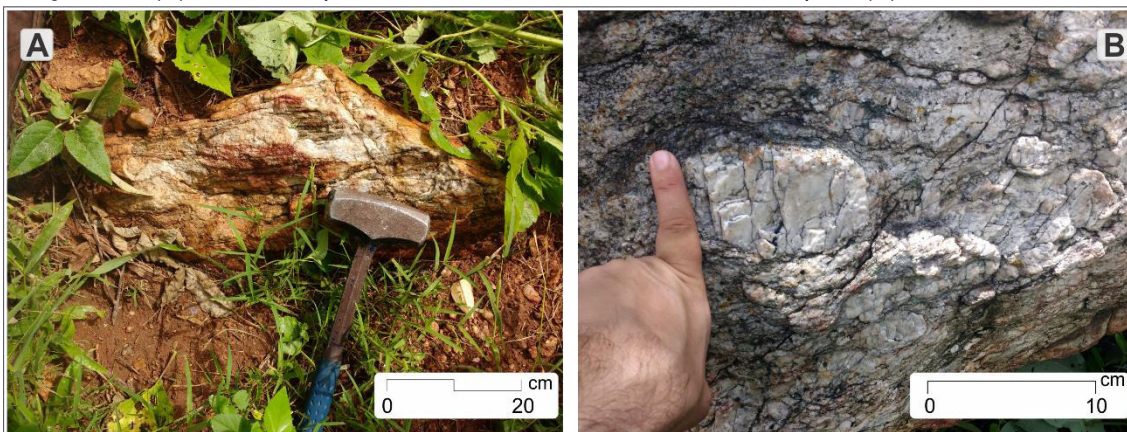


Fonte: Autores.

Em algumas porções o quartzito apresenta maior proporção de muscovita e ocasionais intercrescimentos de feldspato potássico (Figura 21 A e 21 B).



Figura 21. Bloco de quartzito de granulação média apresentando muscovitas e fraturamento com direção N-S (A). Bloco de quartzito com intercrescimento de K-feldspato (B).



Fonte: Autores

Gerados a partir do metamorfismo de arenitos quartzosos, os quartzitos apresentam lentes de xistos, evidenciando mistura de material psamítico com material pelítico (Figura 22).

Figura 22. Lente de xisto dentro do quartzito evidenciando a presença de micas na mineralogia da rocha quartzítica.



Fonte: Autores.

5.5 Mármore

Foram mapeadas pequenas ocorrências de mármore. Localizadas a norte e a oeste da área, o mármore apresenta-se sob a forma de lajedos com dezenas de metros de extensão (Figura 23 A). Como blocos, possuem tamanhos que variam de centimétricos a métricos, com aspecto sacaroidal e textura maciça a foliada. Com uma granulação média, o mármore é composto majoritariamente por cristais de calcita, por vezes apresentando cristais de diopsídio como mineral acessório.



Apresenta coloração branca evidencia o seu alto grau de pureza, sendo classificado como mármore calcítico puro (Figura 23 B).

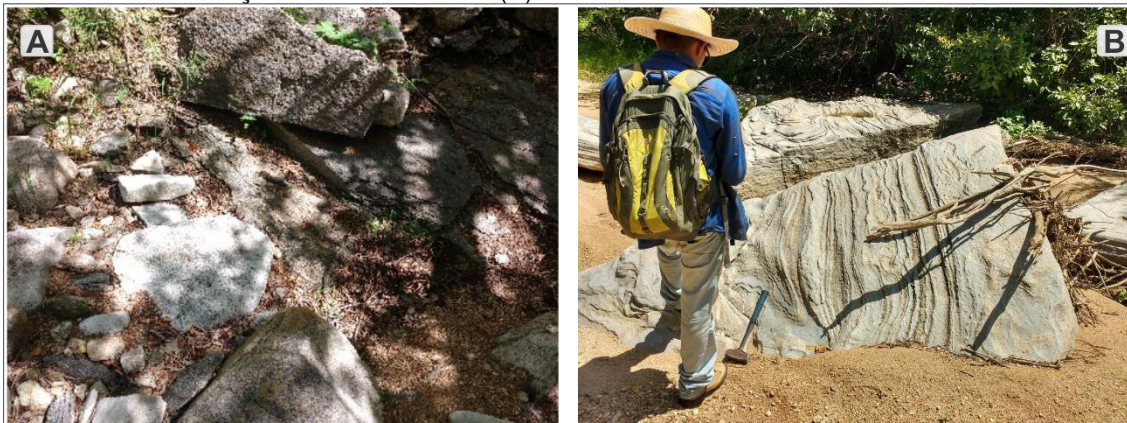
Foi possível verificar o contato entre o mármore e o biotita-xisto (Figura 24 A). A foliação do mármore é evidente a partir de feições de dissolução cárstica que foram esculpidas na rochas obedecendo uma foliação mineral pré-existente (Figura 24 B).

Figura 23. Representação de lajedos na presença de blocos de mármore (A). Amostra de mármore calcítico com textura sacaroidal (B).



Fonte: Autores.

Figura 24. Mármore em contato com o biotita-xisto (A). Mármore puro na presença de feição cárstica evidenciando a foliação mineral existente (B).



Fonte: Autores.



5.6 Rocha Calcissilicática

Foram mapeadas poucas ocorrências de rochas calcissilicáticas. Estas apresentam-se na forma de lajedo, paredão e blocos, podendo-se observar ocasionalmente estruturas de dissecação cárstica. Intercalada com metatexito, essa litologia evidencia textura granoblástica com grãos de tamanho fino a médio (Figura 25).

Figura 25. Textura granoblástica exibida na rocha calcissilicática (A). Rocha calcissilicática intercalada com metapelito (B).

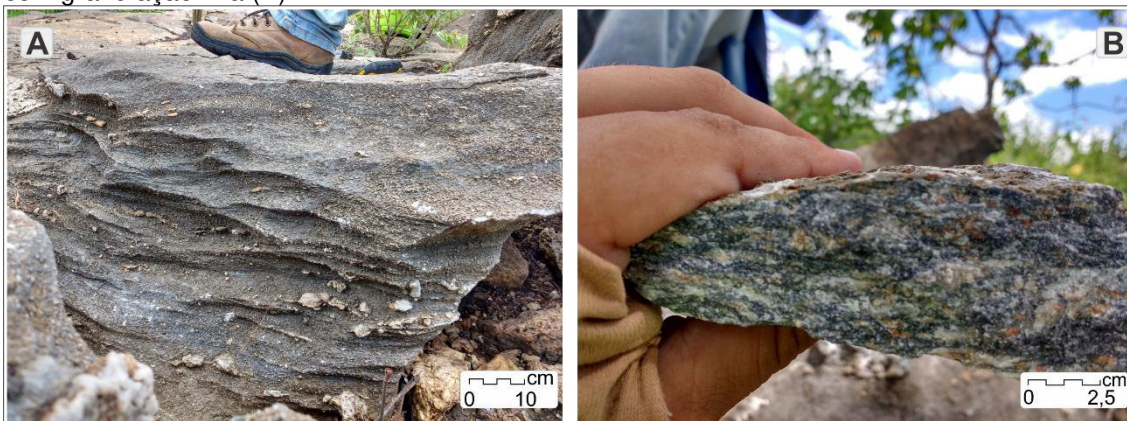


Fonte: Autores.

O processo de metassomatismo, que pode estar associado à formação desta litologia, envolve inúmeros elementos químicos que, por sua vez, podem dar origem a diferentes minerais. Devido a esse fato, a mineralogia das rochas calcissilicáticas pode apresentar diversidade de minerais. As rochas encontradas nos afloramentos da área de estudo apresentam 60% de diopsídio, 15% de epídoto, 15% de calcita, 5% de quartzo e 5% de plagioclásio como componentes principais em sua mineralogia (Figura 26).



Figura 26. Presença de rocha calcissilicática com textura cárstica granular (A). Rocha calcissilicática com granulação fina (B).

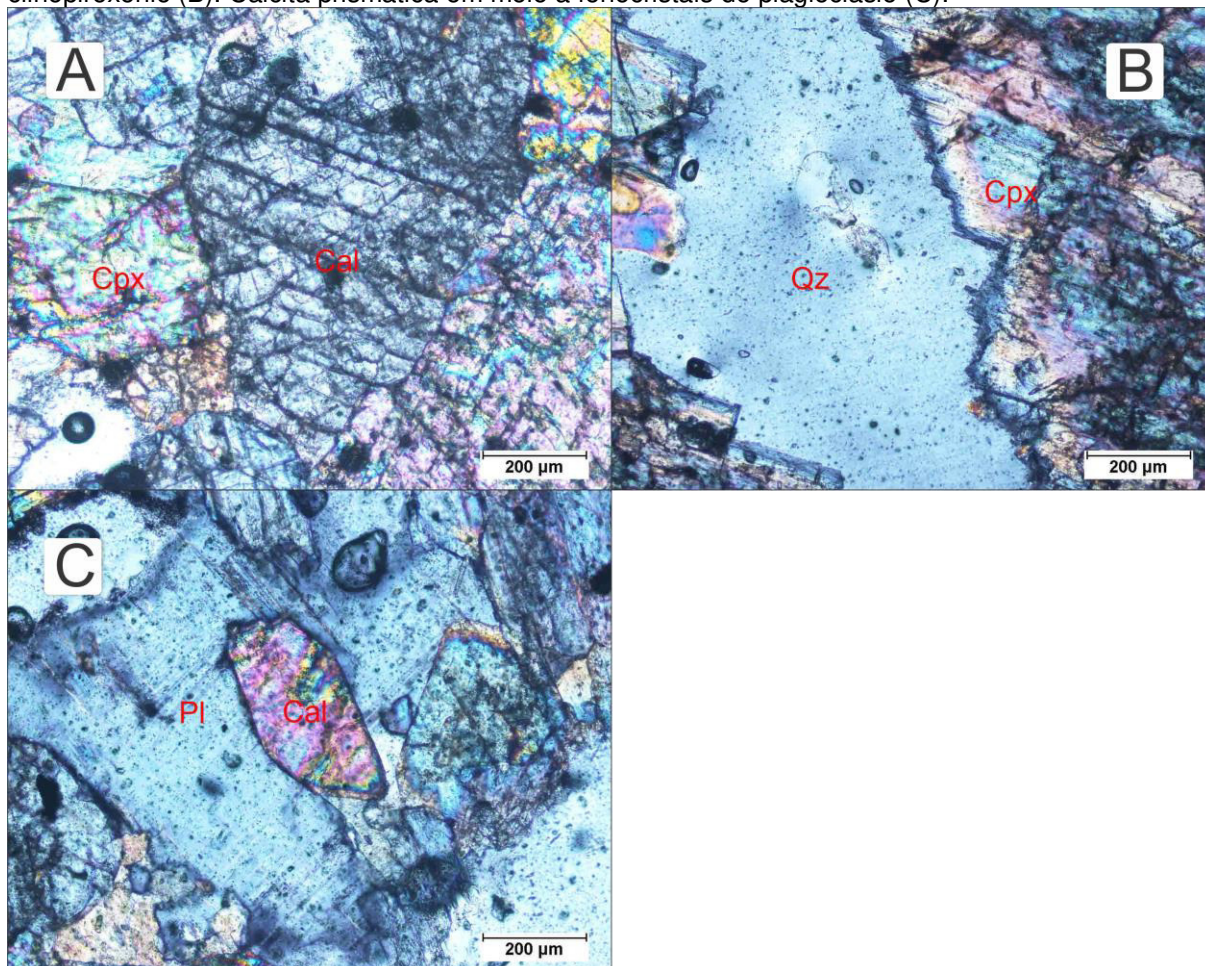


Fonte: Autores.

O estudo microscópico das rochas calcissilicáticas mostrou que as mesmas são constituídas essencialmente por clinopiroxênio (40%), calcita (30%), plagioclásio (10%) e quartzo (10%). Apatita e grafita aparecem na contagem dos minerais acessórios, ocupando 10% do total de cristais da rocha. Os cristais de diopsídio são xenomórficos, com relevo médio e apresentam duas direções de clivagem cruzando em torno de 90° (característica comum nos piroxênios), mostraram-se altamente fraturados e formando contato gradacional com outros minerais. A calcita é encontrada entre os cristais de plagioclásio formando contatos retos e forma variando de prismática a anedral. Observa-se que em alguns grãos a clivagem romboédrica forma ângulos de 60° e 120° (comum nos carbonatos), sendo notória a presença de cores de interferência de alta ordem e alto grau de fraturamento. Os cristais de plagioclásio são xenomórficos, com as geminações segundo a lei da albita pouco evidentes nessa amostra. Cristais inequigranulares de quartzo e com extinção ondulante fraca podem ou não conter pequenas inclusões de zircões, estes, por sua vez, caracterizados pelo relevo muito alto, hábito prismático arredondado, e pelo halo de alteração causado pelo decaimento radioativo do próprio mineral (Figura 27).



Figura 27. Cristal de calcita apresentando clivagem comum dos carbonatos, envolto por cristais de diopsídio fraturados e com altas cores de interferência (A). Contato entre entre quartzo e clinopiroxênio (B). Calcita prismática em meio a fenocristais de plagioclásio (C).



Fonte: Autores.

5.7 Granito

Os corpos graníticos ocorrem disseminados na área de estudo. Mostram-se na forma de paredões, lajedos, e blocos (Figura 28). Sua textura é maciça. (Figura 29). Na maioria das ocorrências as rochas apresentam mineralogia composta basicamente por 45% de cristais de plagioclásio, 45% de cristais de feldspato potássico e 10% cristais de quartzo, apresentando muscovita como mineral acessório. Blocos menores de mármore e anfibolitos aparecem associados ao granito.



Figura 28. Paredão de granito com intercalação de xisto (A). Lajedo de granito com 10x10 metros de comprimento (B).



Fonte: Autores.

Figura 29. Granito com textura fina (A). Textura pegmatítica na rocha granítica (A).



Fonte: Autores.

Matações métricas de quartzo monzonítico apresentam-se em um topo altimétrico associados a blocos centimétricos de anfibolitos, mármore e rochas calcissilicáticas (Figura 30).



Figura 30. Matações de albita-granito localizados no topo de uma elevação.



Fonte: Autores

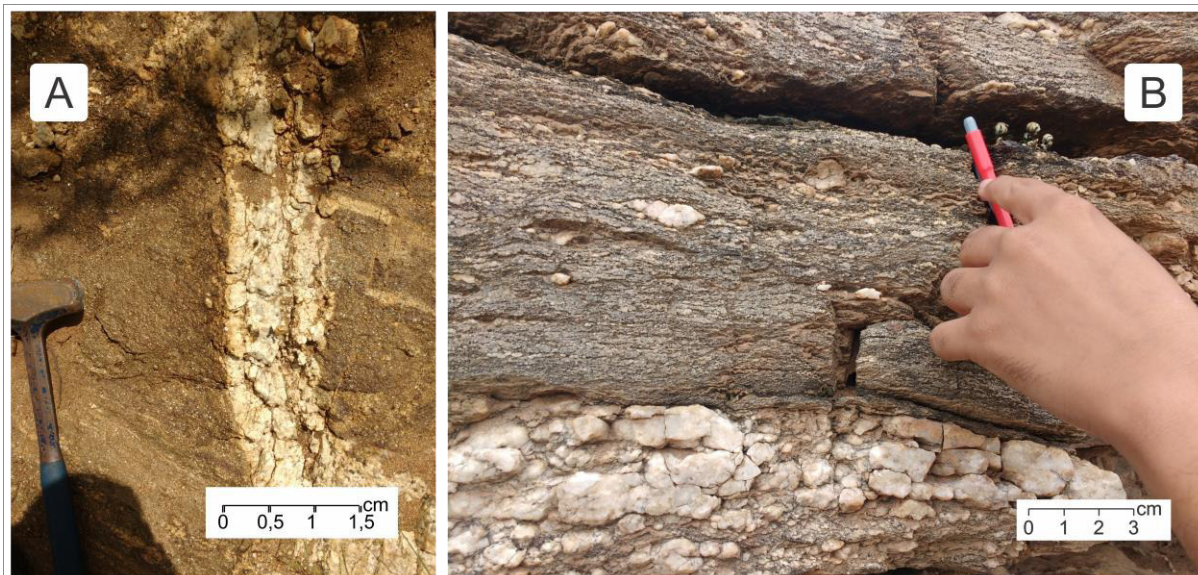
Associados aos xistos, os granitos anatóxicos apresentam granulação fina e textura maciça com 40% de plagioclásio, 30% de feldspato potássico, 20% de quartzo e 10% de minerais máficos.

5.8 Veios Quartzo-Feldspáticos

Os veios quartzo-feldspáticos ocorrem em toda a área mapeada, estando associados ao xisto, anfíbolito e às rochas calcissilicáticas. Composto essencialmente de quartzo e feldspato, apresenta localmente cristais de muscovita com espessuras que variam de centímetros a dezenas de centímetros. Estão dispostos de forma concordante ou não com a foliação da rocha hospedeira, ao passo que sua textura varia de aplítica a pegmatítica. (Figura 31).



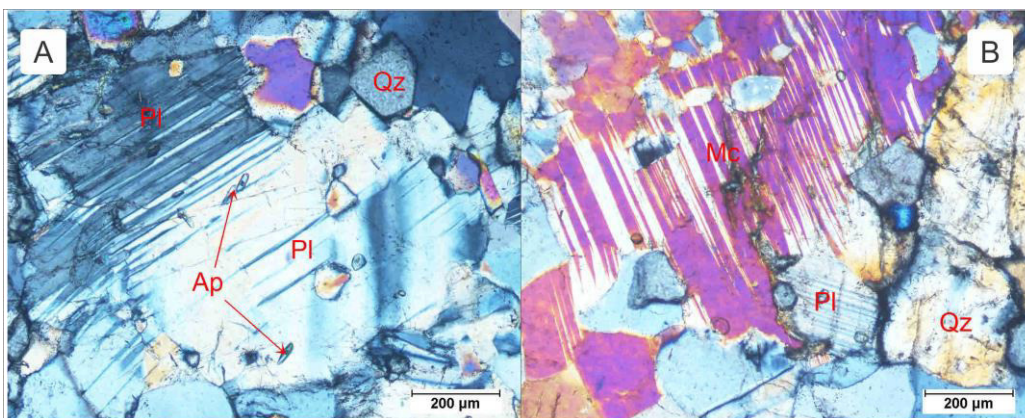
Figura 31. Veios pegmatíticos recortando biotita-xisto (A). Veios concordantes à foliação do metatexito (B).



Fonte: Autores.

Microscopicamente, os veios quartzo-feldspáticos apresentam distribuição onde o plagioclásio perfaz 45% da lâmina ocorrendo em tamanho grande e sob forma de cristais subeudrais, formando contatos retos com os outros minerais (Figura 32 A). 40% da amostra é formada por cristais de K-feldspato onde evidencia-se a macla xadrez que caracteriza esse mineral como sendo a microclina, com cristais de tamanho médio a grande e textura hipodiomórfica (Figura 32 B). O quartzo integra 15% da amostra apresenta extinção ondulante, textura hipodiomórfica e granulometria fina. Pequenos grãos de apatita prismática com relevo alto são classificados como os únicos constituintes de minerais acessórios.

Figura 32. Lâmina do leucossoma evidenciando a sua formação, em maior parte, constituída por plagioclásio, k-feldspato e quartzo, e a apatita como único mineral acessório.



Fonte: Autores.



6 GEOLOGIA ESTRUTURAL

O contexto estrutural da área apresenta estruturas geradas por processos de deformação dúctil e rúptil. As estruturas dúcteis presentes são representadas pela foliação, lineação de estiramento mineral, dobras e bandamento mineral. As estruturas de caráter rúptil consistem em fraturas e veios de composição quartzofeldspática.

6.1 Foliações

O contexto estrutural da região apresenta divisão do padrão da foliação em 1 nível: Sn.

6.2 Estruturas dúcteis da fase de espessamento crustal (Sn)

A fase Sn está relacionada ao evento metamórfico dúctil de espessamento crustal, relacionado ao fechamento do oceano, com o metarmofismo de sedimentos marinhos da plataforma rasa (ARTHAUD, 2007). Os produtos gerados foram xistos, metatexitos, quartzitos, anfibolitos, mármore e rochas calcissilicáticas. A presença dos planos está relacionada ao arranjo direcional dos minerais, como os filossilicatos presentes: biotita, muscovita, e constituintes do xisto, assim como na alternância de bandas paleossomáticas e neossomáticas presentes no metatexito e anfibolito (Figura 33).



Figura 33. Bandamento composicional entre o mesossoma e o paleossoma marcados no anfibolito (A). Estiramento mineral da siliminanita concordante com a xistosidade da rocha (B). Único exemplo de dobras encontradas no metatextito (C).

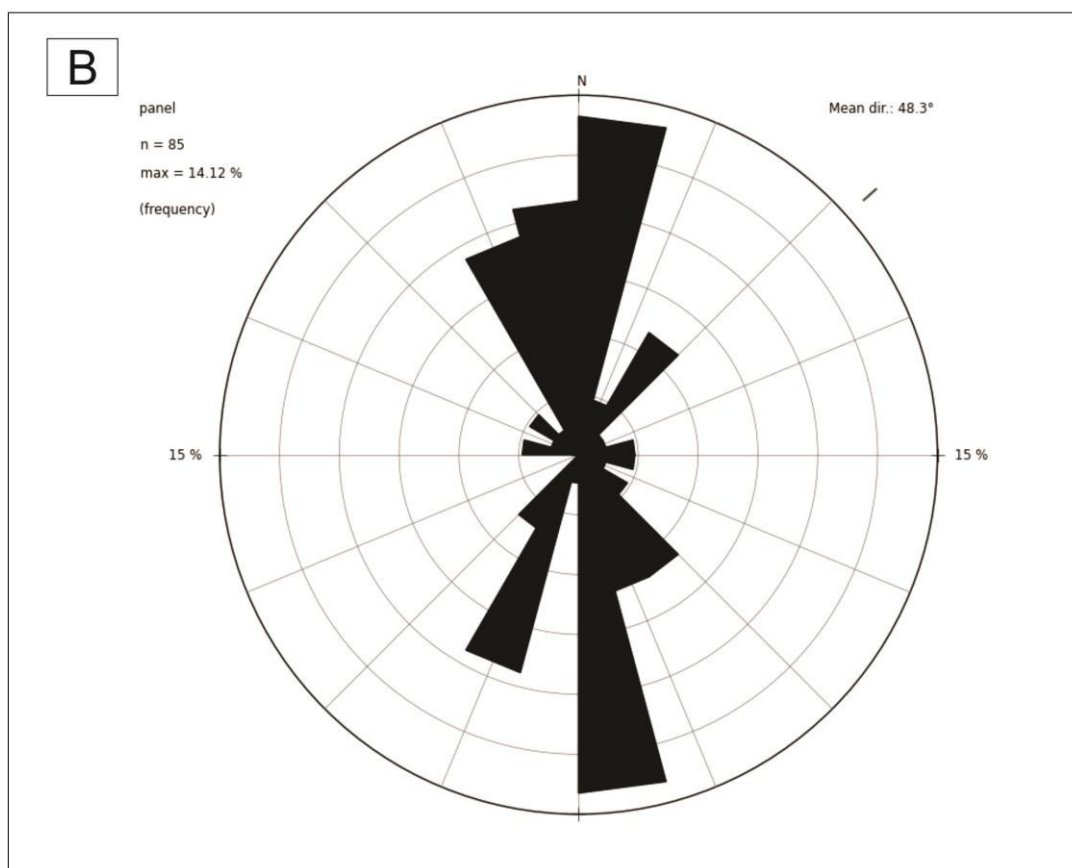
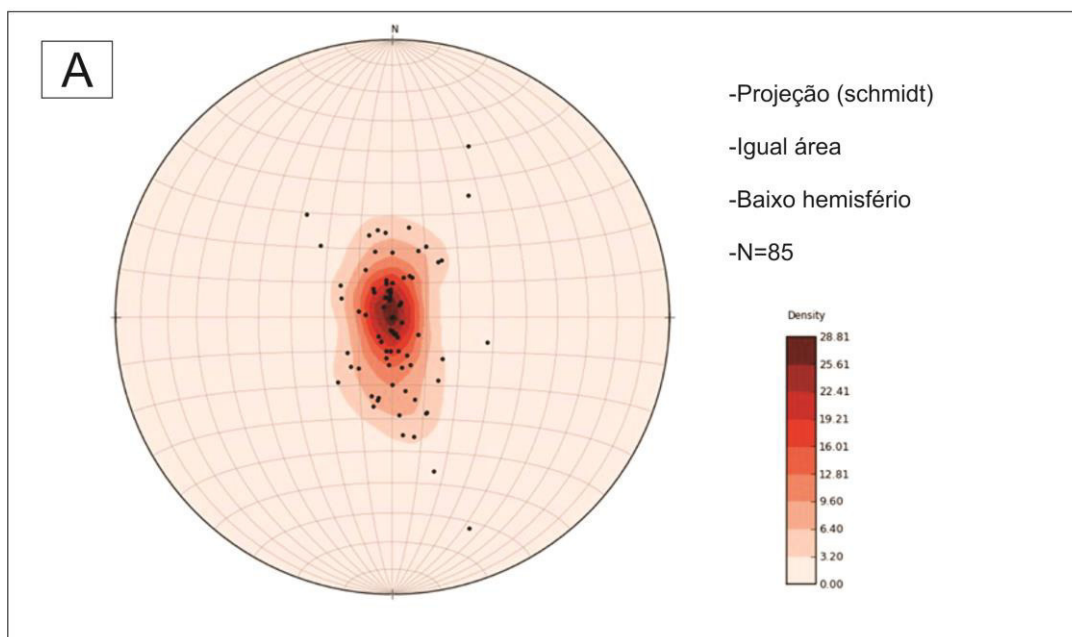


Fonte: Autores

Foram realizadas 85 medidas da foliação S_n para a confecção do diagrama de contorno dos pólos (Figura 34), que apresenta concentração das foliações na porção central, sugerindo um ambiente com desenvolvimento de dobramentos de baixo ângulo com eixo apresentando orientação E-W.



Figura 34. Diagrama com os pólos dos planos da foliação Sn com concentração máxima na porção do central (A). Diagrama de Roseta com sentido de mergulho da foliação Sn preferencialmente para norte-sul (B).



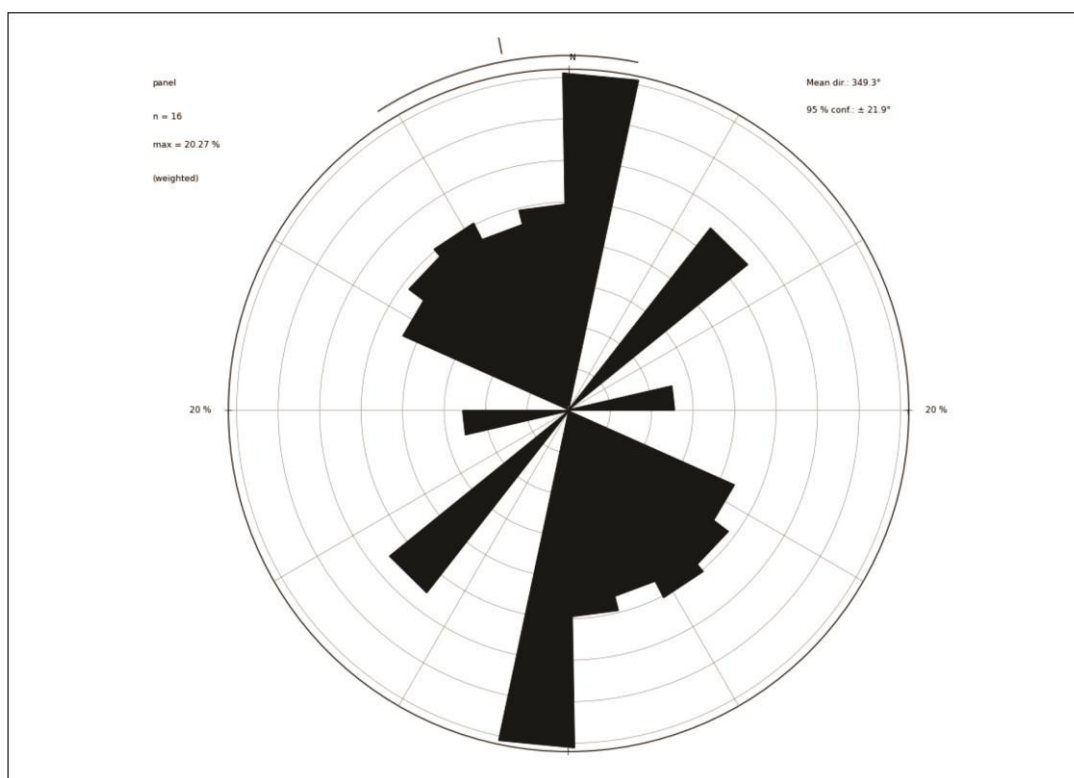
Fonte: Autores



6.3 Estruturas rúpteis pós-colisionais

As feições de caráter rúptil mostram-se de duas maneiras: juntas e veios. Com enorme abrangência geográfica na área de estudo, essas feições estão dispostas sob a maioria dos litotipos encontrados. O conjunto de fraturas apresenta *strike* preferencial para N e S, com variações para NW e SE (Figura 35). Com exceção do mármore, é possível identificar fraturas (preenchidas ou não por material quartzo feldspático) nas rochas anfíbolíticas, xistosas, nos metatexitos, nos granitos e nos quartzitos (Figura 36).

Figura 35. Diagrama de Roseta representando a direção preferencial das fraturas.



Fonte: Autores



Figura 36. Metatexito apresentando veios de composição quartzo feldspáticas com família de fraturas.



Fonte: Autores



7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA LOCAL

A evolução geológica da SUI está relacionada à evolução do pacote tectônico Complexo Ceará, no qual está inserida. Tal processo inicia-se com a formação da PB e termina com a ativação da Falha Rio Groaíras, localizada no entorno da área estudada.

Apresentando uma evolução policíclica, a PB é compreendida como uma compartimentação geotectônica de idade entre o Arqueano e o Neoproterozoico, formada a partir da colisão dos blocos cratônicos São Luis/Oeste Africano e São Francisco/Congo (ARTHAUD, 2007).

Castro (2004) propõe um modelo evolutivo da geodinâmica do Domínio Ceará Central que perpassa os seguintes estágios:

Posteriormente à estabilização do terreno formado a partir da algutinação dos crátons, com a inversão tectônica para um movimento extensional, teve-se então a tafrogênese que gerou um ambiente continental de margem passiva e a deposição de seqüências siliciclásticas e carbonáticas da Unidade Itatira de idade toniana.

O processo de metamorfismo sofrido pela seqüência QPC (arenito, pelito, carbonato) está associado ao Ciclo Orogênico Brasileiro onde foram metamorfizadas as rochas supracrustais juntamente com os granitóides presentes no arco magmático de Santa Quitéria, localizado no entorno da região.

O início do fechamento oceânico ocorrido na região, caracterizando uma tectônica de *nappes*, é evidenciado a partir de medições de foliação e lineamento de mineral marcadas por baixos ângulos de caimento em toda a área mapeada. O desenvolvimento dessa tectônica de *nappes* esteve associado à subducção que gerou o arco magmático de Santa Quitéria e que marcou o pico metamórfico experimentado pelas rochas da região. Tal pico metamórfico é observado a partir da petrografia dos xistos encontrados na área, uma vez que em sua mineralogia é comum a presença de silimanita, mineral formado a partir de elevadas taxas de pressão e temperatura. Essas condições às quais o ambiente plataformal foi submetido, formaram os xistos, quartzitos, mármore e metatexitos, rochas do Complexo Ceará, da Unidade Independência.



8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da interpretação dos dados coletados em campo juntamente com as análises microscópicas, estruturais e litoestratigráficas conclui-se que:

A SUI é composta basicamente por rochas metapelíticas metamorfizadas no fácies anfíbolito, cujos resultador foram: quatro variações distintas de xisto (biotita-xisto, biotita-muscovita-xisto, biotita-muscovita-granada-xisto e o biotita-silimanita-granada-xisto) constituindo-se como uma evidência da variação no grau metamórfico que a região experimentou; migmatitos; blocos e afloramentos de anfíbolito variando entre a forma bandada e maciça; quartzitos que encontram-se no topo das principais elevações da área; mármore, rochas calcissilicáticas e granitos. Com exceção do mármore e do quartzito, as demais litologias apresentam veios de composição quartzo-feldspática que podem estar de forma concordante ou não com a foliação da rocha hospedeira, possuindo uma espessura que varia de centímetros a dezenas de centímetros e uma textura aplítica e, na maioria dos casos, pegmatítica.

Estas rochas encontram-se orientadas com direção preferencial E/W com mergulhos de baixo ângulo, aproximadamente 25°, que variam para N e S, definindo dobras suaves de escala quilométrica. Devido ao baixo ângulo apresentado pelas foliações, a geologia da região é descrita como resultado do processo de tectônica de *nappes*. Padrões de fraturamento com atitude 344/66 são interpretados como resultados de eventos tectônicos tardios.

A partir das informações coletadas em campo foi possível a confecção de um mapa geológico estrutural na escala de 1:25.000, assim como um mapa de caminhamento de mesma escala.



9 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA A.R., PARENTE C.V., ARTHAUD M.H. Folha Itatira SB.24-V-B-V, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Quixeramobim e Boa Viagem. CPRM/Serv. Geol. Brasil. Conv. UFCE/CPRM, 2008.IBGE/IPECE. Perfil Básico Municipal – Itatira, 2008.

ARTHAUD, M. H. Evolução neoproterozóica do grupo ceará ,domínio ceará central, ne brasil): da sedimentação à colisão continental brasiliana.Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2007.

BIAZZI, F. M. Relatório de Impacto Ambiental. Projeto Santa Quitéria CE. 2014.

BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province.In: CORDANI, U. G. ; MILANI, E. J. ; THOMAZ FILHO, A. ; CAMPOS, D.A. (eds). Tectonic Evolution of South America. INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., Rio de Janeiro, p. 151-182, 2000.

CAVALCANTE, J.C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. F.; PAIVA, I. P.; GOMES, F. E. M.; CAVALCANTES, 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. Ministério das Minas e Energia/ Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Fortaleza, 2003.

FETTER, A.H.; U/Pb and Sm/Nd Geochronological Constraints on the Crustal Framework and Geologic History of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the Assembly of Gondwana. 164 f. Thesis. (PhD) - Department of Geology, Kansas University, Kansas, 1999.

Grohmann, C.H., Campanha, G.A.C. and Soares Junior, A.V., OpenStereo: um programa Livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. In: XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. 2011.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica no Estado do Ceará. Disponível em <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em 10/02/2018



NOGUEIRA, J. F. Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu – Ceará Central. 123 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

NUCLEBRÁS. Jazida de Itataia: relatório de pesquisa mineral. Fortaleza: INB, 1984.330 p.

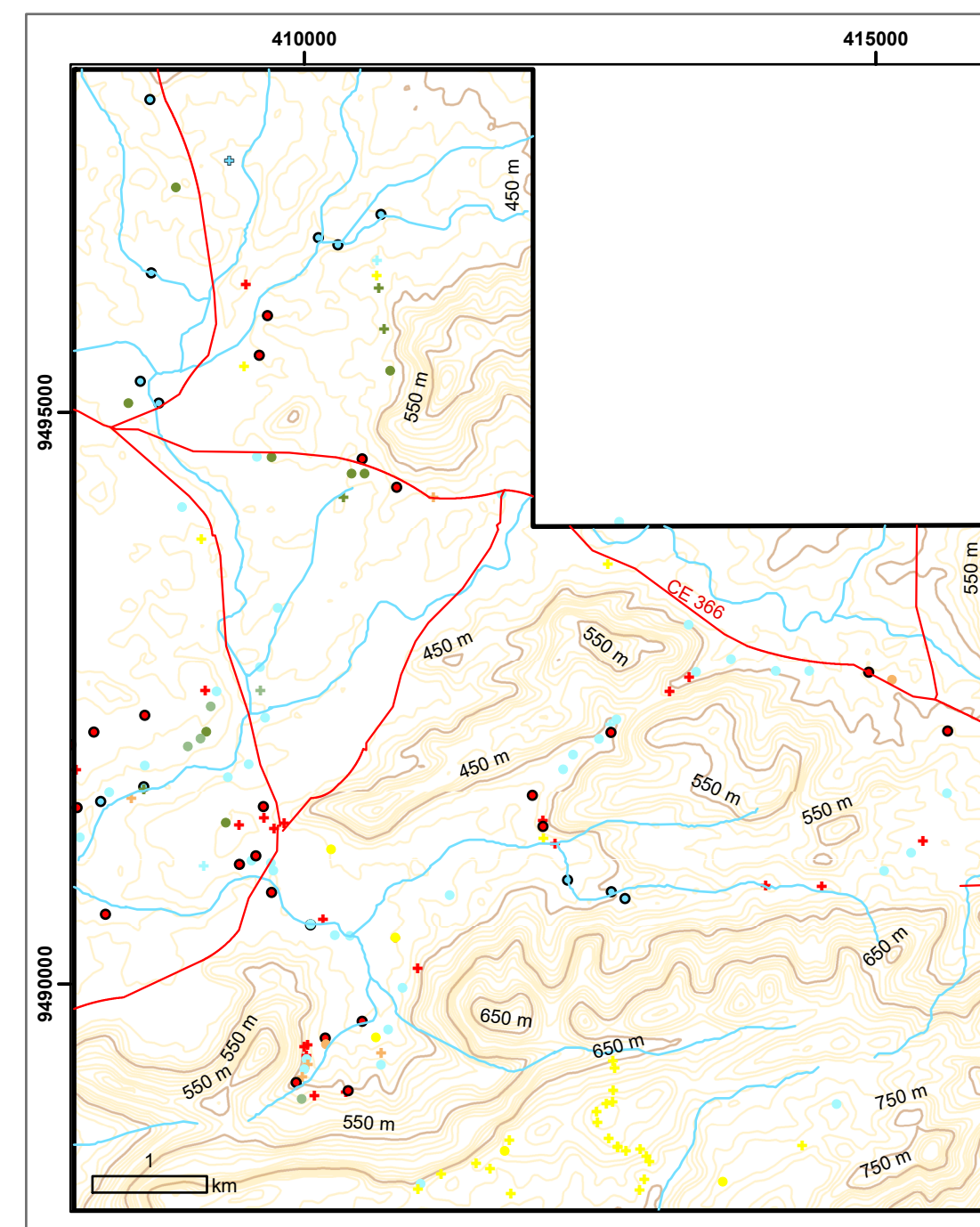
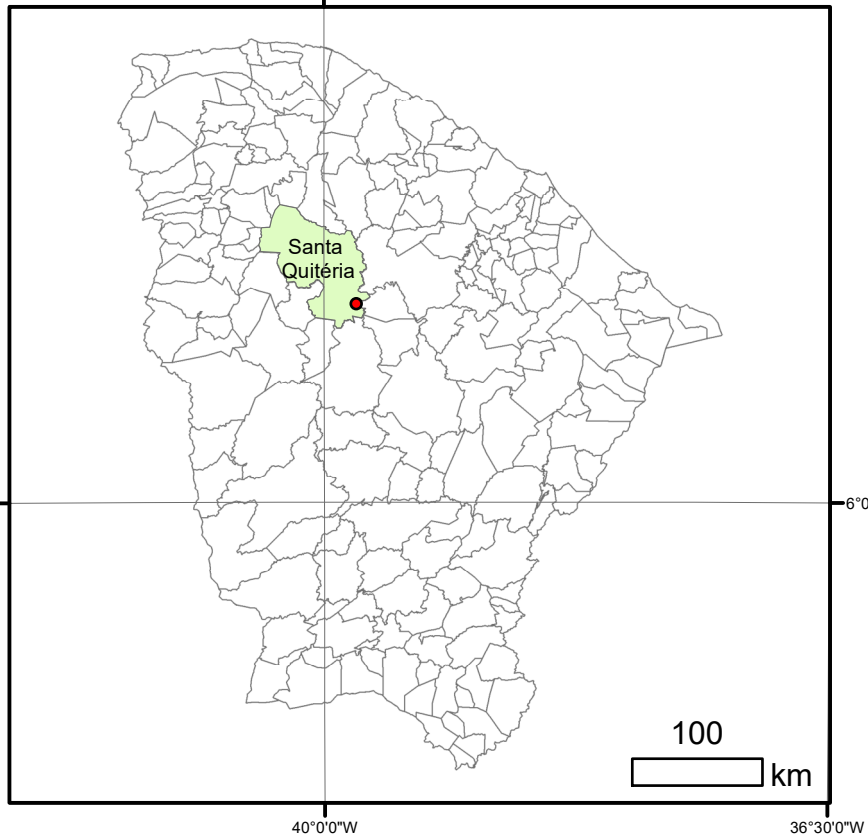
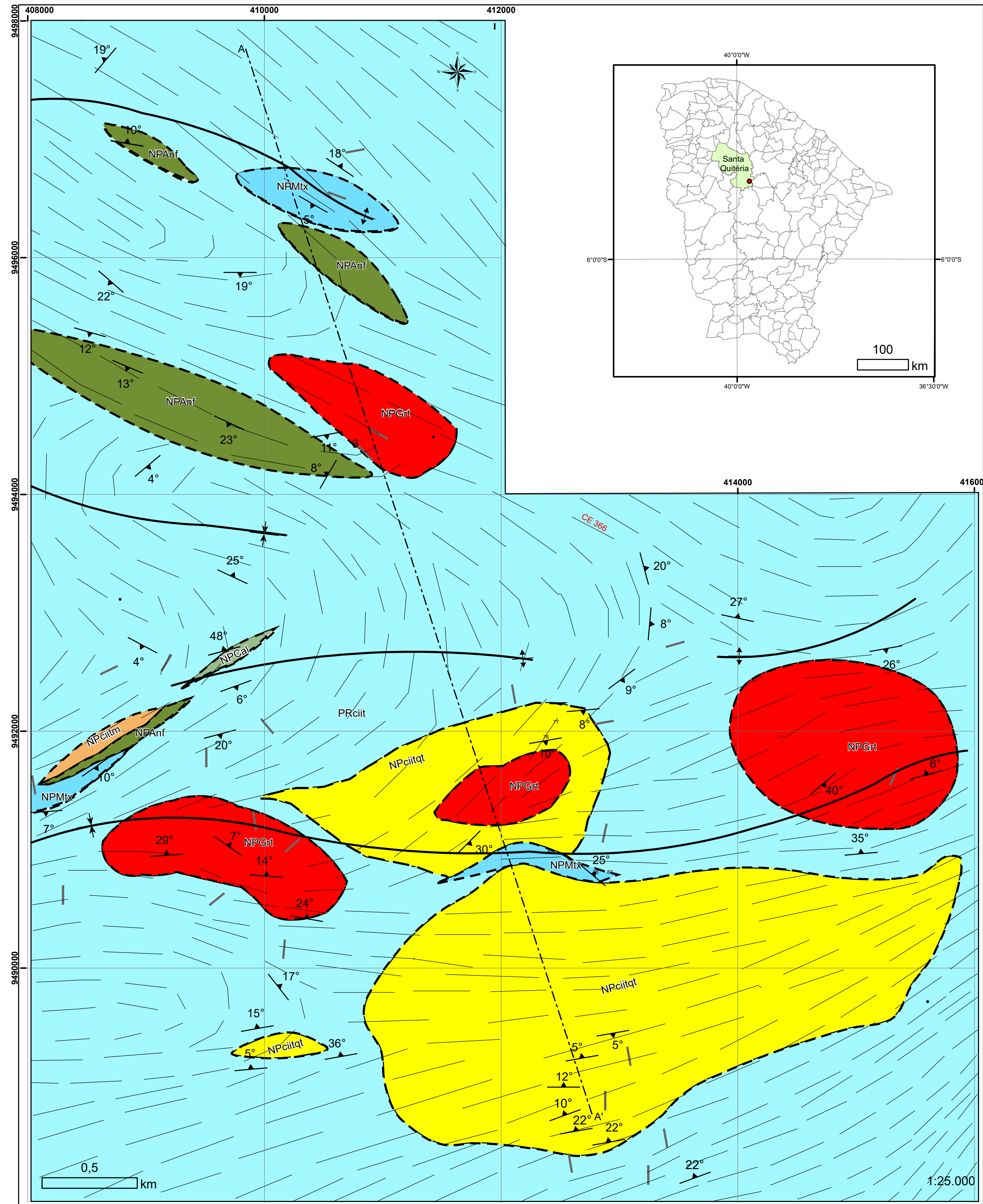
PITOMBEIRA, J.P. Geoquímica e Geocronologia das Rochas Metamáficas e Metaultramáficas do Grupo Novo Oriente-CE, SW do Domínio Ceará Central, 137f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, 2014.

SILVA, J.R. Caracterização Hidrogeológica da Jazida de Itataia-CE. 12 f. Dissertação (Mestrado)- Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, 2003.

TROMPETTE, R. 1994. Geology of the Western Gondwana (2000 - 500 Ma): Pan-African- Brasileiro aggregation of South America and Africa. Rotterdam, 350p.

WINKLER, Helmut G.F. Petrogenese das rochas metamórfica. Editora Edgard Blucher, UFGRS,1977.

YARDLEY, Bruce W.D. 1994. Introdução à Petrologia Metamórfica. Editora Universidade de Brasília.



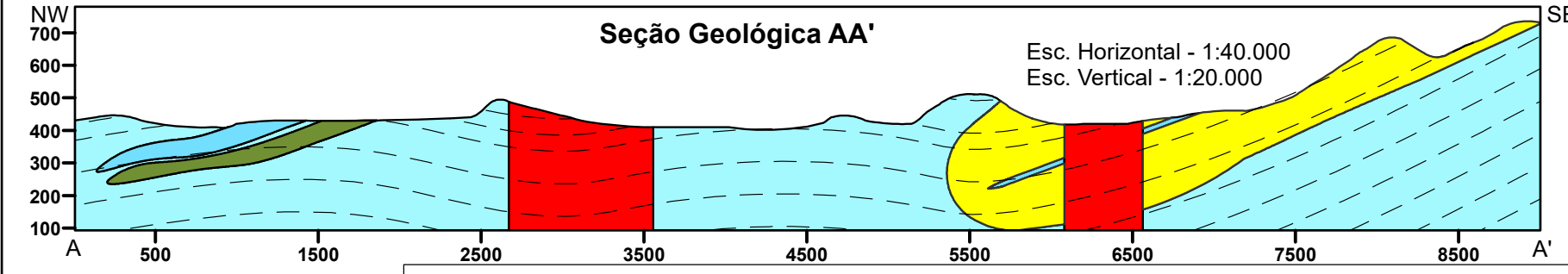
- ANFIBOLITO
- ◆ ANFIBOLITO BLOCO
- CALCISSILICÁTICA
- ◆ CALCISSILICÁTICA BLOCO
- METATEXITO
- ◆ METATEXITO BLOCO
- GRANITO
- ◆ GRANITO BLOCO
- MÁRMORE
- ◆ MÁRMORE BLOCO
- QUARTZITO
- ◆ QUARTZITO BLOCO
- XISTO
- ◆ XISTO BLOCO

NEOPROTEROZOICO	COMPLEXO CEARÁ - UNIDADE INDEPENDÊNCIA	SUBUNIDADE ITATIRA	NPGrt Granito
			NPCal Calcissilicática
			NPAnf Anfibolito
			NPCiitqt Quartzito
			NPMtx Metatexito
			NPCiitm Mármore
			NPCiit Xisto

Convenções Geográficas	
	Poligonal
	Drenagem
	Vias de Acesso
	Curva de Nível (10m)
	Curva de Nível (50m)
	Seção AA'

Símbolos Estruturais	
	Dobra Antiforme
	Dobra Sinforme
	Lineamento
	Fratura
	Foliação
	Contato Inferido

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000, Zona 24 Sul
Falso Leste: 500.000
Falso Norte: 10.000.000
Meridiano Central: -39



	UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CENTRO DE CIÊNCIAS - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - BLOCO 912/913		
	Projeto: Mapeamento Geológico-Estrutural de uma Porção da Unidade Independência do Complexo Ceará Localizada no Município de Santa Quitéria-Ce		
	Título: Mapa Geológico	Poligonal: 64,0 km ²	Prancha: 02
	Autores: SANTOS, F.C. / MOREIRA, F.R.P.		Orientador: SEBASTIÁN CHIOZZA