



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL DE UMA PORÇÃO DA UNIDADE
INDEPENDÊNCIA DO COMPLEXO CEARÁ LOCALIZADA NO DISTRITO DE
SÃO JOSÉ DOS GUERRA, NO MUNICÍPIO DE LAGOA DO MATO - CE**

Breno Pinheiro Carvalho

Fortaleza – CE

2017

Breno Pinheiro Carvalho

Mapeamento geológico-estrutural de uma porção da unidade Independência do Complexo Ceará localizada no distrito de São José dos Guerras, no município de Lagoa do Mato – CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Geologia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia

Orientador: Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo

Fortaleza – CE

2017

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)

C321m Carvalho, Breno Pinheiro.

Mapeamento geológico-estrutural de uma porção da unidade independência do complexo Ceará localizada no distrito de São José dos Guerra, no município de Lagoa do Mato - CE / Breno Pinheiro Carvalho. – 2017.

91 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo.

1. Complexo Ceará. 2. Sequência QPC. 3. Geologia estrutural. I. Título.

CDD 551

Breno Pinheiro Carvalho

Mapeamento geológico-estrutural de uma porção da unidade Independência do Complexo Ceará localizada no distrito de São José dos Guerras, no município de Lagoa do Mato – CE

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Geologia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia

Orientador: Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo

Aprovado em ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Gabriel Berni
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por proporcionar toda sabedoria, paciência e conquistas ao longo da vida.

De forma muito especial meus pais Hugo Jorge Pinheiro Praxedes e Julia Maria Sidrim Carvalho, irmãos, Lucas Pinheiro Carvalho Praxedes e Marcos Pinheiro Carvalho Praxedes, avós Luciano Carvalho e Mirtes Sidrim e familiares por toda a compreensão e apoio nesta jornada.

Ao meu orientador Prof. Dr. César pelo apoio e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho. Ao meu amigo Alan Liupekevicius Carnielli, que contribuiu de forma ímpar para a realização deste trabalho.

Aos professores Prof. Dr. Gabriel Berni e Prof. Dr. Afonso Rodrigo de Almeida pelas colaborações em etapas de campo e disponibilidade para participação da banca avaliadora.

Ao Departamento de Geologia que proporcionou essa tão sonhada graduação e, em especial, a todos os professores do departamento que compartilharam conhecimentos e experiência auxiliando a compreender os complexos mistérios da geologia.

A todos os amigos que nos acompanharam e ajudaram nessa longa jornada de graduação.

Muito obrigado!

RESUMO

O presente relatório corresponde a um mapeamento geológico de escala 1:20.000, em uma área de aproximadamente 60 km², situada no distrito de São José dos Guerra do município de Lagoa do Mato, na porção central do Estado do Ceará e tem como objetivos a confecção de um mapa geológico, um detalhamento macro e microscópico da região, a definição de um ambiente tectônico e a descrição da evolução geológica. A caracterização da área estudada foi concluída a partir do levantamento bibliográfico, mapeamento geológico, levantamento de dados estruturais e análises laboratoriais de petrografia.

Observou-se 2 padrões de foliação Sn, sendo o principal, marcado por um forte bandamento migmatítico com *trend* NNW/SSE, mergulhos variáveis de baixo ângulo, aproximadamente 20° para W, e algumas inflexões para E/W ocasionadas por cisalhamentos locais, com mergulhos altos de até 75°. Os valores de baixo ângulo sugerem claramente uma tectônica de empurrão, gerando *nappes* na porção central da área mapeada e os valores de alto ângulo, não associados a milonitos, sugerem uma tectônica cisalhante transtrativa gerando zonas de cisalhamento dúctil localizadas.

A região é interpretada como um ambiente pretérito uma plataforma continental, formada pela intercalação de rochas areníticas quartzosas, argilosas e carbonáticas, onde o metamorfismo das porções quartzosas geraram quartizitos, das porções argilosas geraram xistos e metatexitos a biotita e as porções carbonáticas com mármore. A ausência de deformação nos leucossomas dos migmatitos sugerem uma idade neoproterozóica para o metamorfismo destas rochas.

As rochas descritas neste relatório compõem, portanto, uma sequência metamórfica clássica, tipo QPC, inserida nas subunidades Guia e São José dos Guerra, que fazem parte da Unidade Independência, localizada no Complexo Ceará, metamórficas, portadoras de feições migmatíticas. Obedecendo a uma ordem cronológica as litologias identificadas em campo são: xistos, mármore, quartizitos, paleoproterozóicas, metatexitos paraderivados, rochas calcissilicáticas e, em menor contribuição, pegmatitos, diques básicos, diques albiticos, e silexitos estas neoproterozóicas. Ocorre também uma intrusão tardi-brasileira de um sienogranito, na porção NE da área mapeada brechado por fluidos tardios que hospedam mineralizações em ametista.

De um modo geral, as unidades reconhecidas na área são paraderivadas e foram metamorfizadas em fácies anfíbolito e deformadas durante a orogenia Brasileira. O metatexito paraderivado é o tipo litológico mais abundante e varia de acordo com uma composição hora mais arcoseana hora mais grauvaqueana, sugerindo a alternância dos tipos de sedimentos que o geraram. Os xistos, biotita xistos, micaxistos, granada biotita xistos e granada cianita biotita xisto, mármore e quartizitos, por sua vez, ocorrem em forma de lentes ou faixas com extensões e larguras variáveis. As rochas calcissilicáticas encontram-se em forma de pequenos blocos e pequenas lentes ou faixas bordejando, preferencialmente, os xistos e mármore. Os corpos magmáticos identificados na área, como o sienogranito, aparecem intrudindo as rochas paraderivadas e exibem características que sugerem uma geração sin a tardiorogênica. Zonas de cisalhamento foram reconhecidas na área e podem ter sido facilitadoras para a intrusão ou alojamento de corpos graníticos (sienogranito, pegmatitos e aplitos) e albiticos, bem como a mineralização em ametista.

Palavras chaves: Complexo Ceará, Sequência QPC, geologia estrutural.

ABSTRACT

The present report corresponds to a geological map on a scale of 1: 20,000, in an area of approximately 60 km², located in the district of São José dos Guerra in the municipality of Lagoa do Mato, in the central portion of the state of Ceará, and it has the goal of making up a geological map, a macro and microscopic detail of the region, the definition of a tectonic environment and the description of the geological evolution. The characterization of the studied area was concluded from the bibliographical survey, geological mapping made in the field, evaluation of structural data and laboratory analyzes of petrography.

It was observed that 2 foliation patterns S_n , S_{n+1} , with S_n being the main one, marked by a strong migmatitic banding with NNW / SSE trend, low angle variable dikes, approximately 20 ° for W, and some inflections for E / W caused by Movement of blocks or local shear portions, plus some extra median points, with high dips of up to 75 °. The low angle values clearly suggest a thrust tectonics, generating nappes in the central portion of the mapped area and the high angle values, not associated with milonites, suggest a transtranspressive shear tectonics in the local ductile shear zones.

The region is interpreted as a continental shelf, formed by the intercalation of quartzous, clayey and carbonate sandstone rocks, where the metamorphism of the quartz portions generated quartzites, from the clayey portions generated shale and metatexts the biotite and the carbonate portions generating marbles. Despite the lack of geochronological data, the absence of deformation in the leucosomes of the migmatites suggests a neoproterozoic age for the metamorphism of these rocks.

The rocks described in this report comprise a classic metamorphic sequence, type QPC, inserted in the Guia and São José dos Guerra subunits, which are part of the Unidade Independencia, located in the Complexo Ceará, undoubtedly metamorphic, with migmatitic features. Owing to a chronological order the lithologies identified in the field are: shales, marbles, quartzites, paleoproterozoic, paraderivados metatexts, calcissilicic rocks and, to a lesser extent, pegmatites, basic dikes, albitic dykes, and neoproterozoic silexes. There is also a late-Brazilian intrusion of a sienogranite, in the NE portion of the mapped area breached by late fluids that host amethyst mineralizations.

In general, the units recognized in the area are parified and were metamorphosed in amphibolite facies during the Brazilian orogeny. The parafoliated metatextite is the most abundant lithologic type and varies according to a composition some times arcoseana some times gradevaqueana, suggesting the alternation of the types of sediments that generated it. Shales, marbles and quartzites, in turn, occur in the form of lenses or bands with varying extensions and widths. The calcissilicic rocks are in the form of small blocks and small lenses or bands bordering, preferably, the shales and marbles. The magma bodies identified in the area, such as the sienogranite, appear intruding the paraderivadas rocks and exhibit characteristics that suggest a generation without the tardi-orogenic. Shear zones were recognized in the area and may have been facilitators for the intrusive processes that generated the albite bodies, the small pegmatites and aplitos, as well as the mineralization in amethyst.

Key words: Ceará complex, QPC sequence, structural geology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE ACESSO ATÉ A ÁREA A PARTIR DA CAPITAL DE FORTALEZA.....	7
FIGURA. 4.1 – RECONSTRUÇÃO DA PORÇÃO OESTE DO GONDWANA	13
FIGURA. 4.2 – PRINCIPAIS DOMÍNIOS CONHECIDOS DA PB	14
FIGURA. 4.3 – PRINCIPAIS DOMÍNIOS TECTÔNICOS DO ESTADO DO CEARÁ.....	15
FIGURA. 4.4 – PARTE DO MAPA GEOLÓGICO DO CEARÁ. COMPREENDE AS UNIDADES INDEPENDÊNCIA (CINZA); CANINDÉ (AZUL); QUIKERAMOBIM E ARNEIROZ (TONS DE MARRON).....	19
FIGURA 5.1.1 – DETALHAMENTO PARA ALTA CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS ALUMINOSOS EM AMOSTRA DE GRANADA MUSCOVITA XISTO QUE AFLORA NO PONTO 15 (X – 421752 – Y – 9475773 – Z – 436M).....	23
FIGURA 5.1.2 – DETALHAMENTO PARA ALTA CONCENTRAÇÃO DE MINERAIS ALUMINOSOS EM AMOSTRA DE BIOTITA XISTO QUE AFLORA NO PONTO 9 (X – 421474 – Y – 9476206 – Z – 407M).....	24
FIGURA 5.2.1 – PRESENÇA DE CIANITANA PORÇÃO LEUCOSSOMÁTICA INTERCALADA NO MUSCOVITA XISTO JÁ EM PROCESSOS DE ANATEXIA	24
FIGURA 5.2.2 - A) LÂMINA BIOTITA XISTO SOB LUZ NORMAL; B) LÂMINA DE BIOTITA XISTO SOB LUZ POLARIZADA EVIDENCIANDO OCORRÊNCIA DE CIANITA.	25
FIGURA 5.2.3 – A) LÂMINA DO XISTO SOB LUZ NORMAL; B) LÂMINA DO XISTO SOB LUZ POLARIZADA EVIDENCIANDO A MINERALOGIA DO XISTO SOB TEXTURA LEIDOBLÁSTICA.....	25
FIGURA 5.3 – A) LÂMINA SOB LUZ NORMAL DE XISTO; B) LÂMINA SOB LUZ POLARIZADA DE XISTO EVIDENCIANDO OCORRÊNCIA DE FLOGOPITA (FLG). OCORRE TAMBÉM TEXTURAS MİRMEQUÍTICAS (MİR), CARACTERÍSTICA DE PROCESSOS DE FUSÃO PARCIAL, QUARTZO (QTZ), GRANADA (GRN) E TITANITA (TTN).....	26
FIGURA 5.4 – PRESENÇA DE TURMALINAS NOS NEOSSOMAS QUARTZO FELDSPÁTICOS NO PONTO 27 (X – 417459 – Y – 9475180 – Z – 471) ONDE VERIFICA-SE UMA PORÇÃO MIGMATIZADA DO XISTO, QUASE METATEXÍTICO.	26
FIGURA 5.4.1 – A) LÂMINA DA PORÇÃO NEOSSOMÁTICA DE XISTO SOB LUZ NATURAL; B) LÂMINA DE XISTO SOB LUZ POLARIZADA INDICANDO OCORRÊNCIA DE TURMALINA (TUR), FELDSPATO (FD), BIOTITA (BTI) E MUSCOVITA (MS).....	27
FIGURA 5.5 – AFLORAMENTO DE METAPELITOS INTERCALADOS COM MÁRMORES NO PONTO 17 (X – 421679 – Y – 9475617 – Z – 404). O AFLORAMENTO PRESERVA FEIÇÕES DE DEFORMAÇÃO ENTRE A ALTERNÂNCIA DE SEDIMENTOS CARBONOSOS PELÍTICOS COMO BOUDAINS NAS CAMADAS MAIS COMPETENTE.....	27
FIGURA 5.6 – AFLORAMENTO DO PONTO 115 (X – 418882 – Y – 9472712 – Z – 464) QUE SE DESTACA POR APRESENTAR COLORAÇÃO MAIS ARROXEADA DE PORÇÃO DO XISTO. MINERAIS ARROXEADOS POR ALTERAÇÃO.....	28
FIGURA 5.7 – BIOTITA XISTO. BIOTITITO ENCONTRADO NO PONTO DE NÚMERO 55B (X – 422248 – Y – 9477772 – Z – 511) EM MEIO A UMA ÁREA DOMINADA POR METATEXITOS.....	28
FIGURA 5.8 – MUSCOVITA XISTO QUE AFLORA NO PONTO 50 (X – 423327 – Y – 9476828 – Z – 445). VERIFICA-SE PORÇÕES COM MENOR QUANTIDADE DE BIOTITA	29
FIGURA 5.9 – PORÇÃO DO GRANADA BIOTITA XISTO. AFLORA NO PONTO DE NÚMERO 88 (X – 422839 – Y – 9473004 – Z – 397) E VERIFICA-SE GRANDE QUANTIDADE DE PORFIROBLASTOS CENTIMÉTRICOS DE GRANADA, PROVAVELMENTE ALMANDINA.	29
FIGURA 5.10 – AFLORAMENTO EM ESCARPA, NO PONTO 30 (X – 420051 – Y – 9476064 – Z – 465) ONDE OS LEUCOSSOMAS QUARTZO FELDSPÁTICOS APRESENTAM BORDAS DE BIOTITAS INDICANDO PROCESSOS ANATÉTICOS.....	30
FIGURA 5.11 – AMOSTRA DO PONTO 177 (X – 424983 – Y – 9474932 – Z – 425M). FEIÇÃO DE DOBRAMENTO POR MIGMATIZAÇÃO.....	31
FIGURA 5.12 – AFLORAMENTO DE METATEXITO EM ESCARPAS.....	32
FIGURA 5.12.1 – SERRA DA GAMELEIRA CONTROLADA POR METATEXITOS	32
FIGURA 5.13 – ALTOS TOPOGRÁFICOS EM FORMA DE HOG BACK COM FLANCOS MENOS ÍNGREMES PARALELOS AO BANDAMENTO REGIONAL DO METATEXITO.	33
FIGURA 5.14 - PORÇÕES DIATEXÍTICAS DO MIGMATITO.	33
FIGURA 5.15.1 – CONTATO DO METATEXITO COM O DIQUE. O DIQUE JÁ BASTANTE INTEMPERIZADO E ALTERADO APARECE CORTANDO O METATEXITO MOSTRANDO A RELAÇÃO DE IDADES ONDE O MAIS JOVEM TRATA-SE DE UM CORPO VULCÂNICO.	34

FIGURA 5.15.2 – CURSO DE DRENAGEM ATUALMENTE SECO, ENCAIXADO NO DIQUE, E ESTE, MAIS SUSCEPTÍVEL AOS PROCESSOS INTEMPÉRICOS.....	35
FIGURA 5.15.3 – PLANO (SW/NE) DO METATEXITO CORTADO POR DIQUE. ALINHA EM VERMELHO MOSTRA O CONTATO APROXIMADO ENTRE O META-TEXITO E O DIQUE E MARCA O COMEÇO DO APARECIMENTO DO DEPÓSITO DE TALUS DOS SEDIMENTOS GERADOS POR ALTERAÇÃO DO DIQUE POR AÇÃO DRENAGEM ENCAIXADA.....	35
FIGURA 5.16 – VEIOS DE CALCITA SECUNDÁRIA CORTANDO O DIQUE. PROVAVELMENTE PRODUTO DA ALTERAÇÃO DOS MINERAIS CÁLCICOS EM MEIO A ÁGUAS METEÓRICAS CARBONATADAS. (HCO ₃ + H ₂ O).....	36
FIGURA 5.17 – PROCESSOS TARDIOS DE EPIDOTIZAÇÃO EM VEIOS QUE PREENCHEM AS FRATURAS DO CORPO, SE OBSERVAM IMPREGNAÇÕES DE ÓXIDOS FERROMANGANESÍFEROS.....	37
FIGURA 5.18 - A) LÂMINA DO META-TEXITO DO PONTO 71 (X – 422051 – Y – 9476049 – Z – 413), SOB LUZ NATURAL; B) LÂMINA DO PONTO 71 SOB LUZ POLARIZADA DO META-TEXITO EVIDENCIANDO A PRESENÇA DE MICROCLINA (Mcl), MUSCOVITA (Ms), QUARTZO (Qtz), PLAGIOCLÁSIO (Pl).....	38
FIGURA 5.19 - PORFIROBLASTOS DE GRANADA PRESENTES NOS LEUCOSSOMAS DO AFLORAMENTO DO PONTO 9 (X – 421474 – Y – 9476206 – Z – 407).....	39
FIGURA 5.20 - ANFIBÓLIOS ASSIMILADOS NO LEUCOSSOMA DOS META-TEXITOS DO PONTO 32 (X – 419648 – Y – 9475424 – Z – 534).....	39
FIGURA 5.21 – AMOSTRA DE BLOCO ROLADO CALCISSILICÁTICA EM MEIO AOS META-TEXITOS DO PONTO 12 (X – 421876 – Y – 9476036 – Z – 412).....	40
FIGURA 5.22 – AFLORAMENTO DO PONTO 128 DE CALCISSILICÁTICA.....	41
FIGURA 5.23 – SERRA DA TRINCHEIRA.....	41
FIGURA 5.24 – PADRÃO DE DOBRAMENTOS E REDOBRAMENTOS NO AFLORAMENTO ONDE VERIFICA-SE MICRO DOBRAS EM “M”, EM VERMELHO, REDOBRADAS EM FLANCOS DE DOBRAS MAIORES, DECAMÉTRICAS, EM VERDE.....	42
FIGURA 5.25 – PELÍCULA DE CARBONATO SECUNDÁRIO PERCOLANDO A FACE DA CAVIDADE DE DISSOLUÇÃO, E BRANQUIÇADA. EFERVECE À ADIÇÃO DE HCl 10%.....	42
FIGURA 5.26 – AMOSTRA DO PONTO 128 (X – 419817 – Y – 9468579 – Z – 474).....	43
FIGURA 5.27 – LÂMINA DE CALCISSILICÁTICA DO PONTO 128 (X – 419817 – Y – 9468579 – Z – 474) - A); C); E) – SOB LUZ NATURAL – E RESPECTIVAMENTE B); D); F), EVIDENCIANDO MINERAIS DE ANFIBÓLIOS (Anf - ACTINOLITA (Act), HORNBLENDA (Hor).....	44
FIGURA 28 – BLOCO IN SITU DE MÁRMORE LOCALIZADO METROS ANTES DO GRANDE LAJEDO QUE ABRIGA A CAVERNA GRUTA CASA DE PEDRA (X – 422048 – Y – 9475540 – Z – 420).....	45
FIGURA 5.29 – LENTE DE MÁRMORE QUE AFLORA NA PLANÍCIE ALUVIONAR, ATUALMENTE SECA, DO PONTO 17 (X – 421679 – Y – 9475617 – Z – 404) APRESENTANDO INTERCALAÇÕES DE METAPELITOS, (TRACEJADO VERMELHO) MAIS RICOS EM MINERAIS SILICOSOS E HIDRATADOS TRANSFORMADOS EM NÓDULOS BOUDINADOS DE ALUMINOSSILICATOS (SETA).....	46
FIGURA 5.30 – ENTRADA PRINCIPAL DA CAVERNA DE MÁRMORE GRUTA CASA DE PEDRA (X – 421996 – Y – 9473762 – Z – 423) LOCALIZADA NA PORÇÃO SW DA GRANDE LENTE DE MÁRMORE DA POLIGONAL MAPEADA.....	46
FIGURA 5.32 – ÁGUAS METEÓRICAS ATUAIS PERCOLANDO AS PAREDES DO MÁRMORE.....	47
FIGURA 5.33 – LÂMINAS DAS AMOSTRAS DE MÁRMORES DA CAVERNA GRUTA CASA DE PEDRA, ONDE VERIFICA-SE EM A) MINERAIS DE TREMOLITA (Tr), DOLOMITA (Dol); B) DIOPSÍDIO (Di), MICAS (Mica), CALCITA (Calc); C) MINERAIS DE FLOGOPITA.....	48
FIGURA 5.34 - AFLORAMENTO DE QUARTIZITO IMPURO FOLIADO VERTICALMENTE QUE OCORRE NA REGIÃO (X - 426502 - Y - 9475964 - Z - 432). POSSUI MUITA MUSCOVITA COMO IMPUREZA.....	49
FIGURA 5.35.1 – AMOSTRA DO PONTO 113 (X – 420595 – Y – 9471750 – Z – 450) DE QUARTIZITO MAIS PURO.....	50
FIGURA 5.35.2 – AMOSTRA DE QUARTIZITO QUE AFLORA NA REGIÃO (X - 426502 - Y - 9475964 - Z - 432), FOLIADO, IMPURO, RICO EM MUSCOVITA.....	50
FIGURA 5.36 - LÂMINAS DE QUARTIZITO QUE AFLORA NO PONTO 133 (X – 420595 – Y – 9471750 – Z – 450) ONDE VERIFICA-SE EM A) LÂMINA SOB LUZ NORMAL EVIDENCIANDO MINERAIS DE QUARTZO (Qtz), Biotita (Btt), e opacos associados; B) LÂMINA SOB LUZ POLARIZADA EVIDENCIANDO MINERAIS DE MUSCOVITA (Ms), QUARTZO (Qtz) e opacos; C) LÂMINA SOB LUZ POLARIZADA EVIDENCIANDO QUARTZO, MUSCOVITA e opacos.....	51
FIGURA 5.37 – AMOSTRA DO PONTO 46 (X – 424198 – Y – 9476491 – Z – 467), SIENOGNITO.....	53

FIGURA 5.38 – AMOSTRA DO PONTO 47 (X-424261 – Y-9476525 – Z-467) DE GRANITO BRECHADO...	53
FIGURA 5.39.1 – AMOSTRA DO PONTO 48 (X-424336 – Y-9476551 – Z-457) DE AMETISTA INTRUDIDA NO SIENOGANITO	54
FIGURA 5.39.2 – AMETISTA CRISTALIZADAS EM VEIOS NO SIENOGANITO	54
FIGURA 5.40 – BURACO ESCAVADO MANUALMENTE NO DIQUE ORIENTADO EM 55° QUE OCORRE A AMETISTA.....	55
FIGURA 5.41 – LÂMINA DO PONTO 46 (X-424198 – Y-9476491 – Z-467) ONDE VERIFICA-SE EMA) MINERAIS DE QUARTZO (QZ), PLAGIOCLÁSIO (PL) E MICROCLINA; B) OPACOS, PLAGIOCLÁSIO (PL), QUARTZO (QTZ), MUSCOVITA (Ms) E PROCESSOS DE SERICITIZAÇÃO (SCTZ); C) MICROCLINA (MCL), AMETISTA (AMTS) E PROCESSOS DE SERICITIZAÇÃO	56
FIGURA 4.42 – AFLORAMENTO EM ALTO TOPOGRÁFICO, PONTO 70 (X-417992 – Y-9477206 – Z-484), DE ALBITITO, CONHECIDO LOCALMENTE COMO SERROTE DA PEDRA BRANCA.	57
FIGURA 4.43 – PROCESSOS DE ALTERAÇÃO SUPERFICIAL NA ROCHA BRANCA.	58
FIGURA 4.44 – ALTERAÇÃO NA COLORAÇÃO NAS FEIÇÕES PENETRATIVAS DO AFLORAMENTO.....	58
FIGURA 5.45 – JAZIMENTO DE STOCKWORK ORJUNDOS DE FLUIDOS SILICOSOS.....	59
FIGURA 5.46 – QUARTIZITO BRECHADO POR FLUIDOS SILICOSOS TARDIOS.	59
FIGURA 5.51.1 - DIAGRAMA DE CONTORNO DE POLOS DOS PLANOS DE FOLIAÇÃO SN COM VETOR PRINCIPAL EM 110°/77° (PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA EM REDE DE IGUAL ÁREA – HEMISFÉRIO INFERIOR).	61
FIGURAS 5.51.1 – DIAGRAMA DE ROSETA PARA AS FOLIAÇÕES AFERIDAS EM CAMPO DESTACANDO-SE UM VETOR PRINCIPAL EM 295°	62
FIGURA 5.51.2 – HISTOGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DAS FOLIAÇÕES AFERIDAS MOSTRANDO DOIS VETORES PRINCIPAIS: EM 037° E EM 295°	62
FIGURAS 5.52.1 e 5.51.2 – ESTEREOGRAMAS REPRESENTADO AS VISÕES DI E TRIDIMENSIONAIS DAS FEIÇÕES ESTRUTURAIS DO PONTO 5	63
FIGURA 5.53 – IMAGEM DO MAPA DA FOLHA ITATIRA, 1:100 000, COMPOLIGONAL ESTUDADA DELIMITADA RESSALTANDO A AUSÊNCIA DE ZONAS DE CISALHAMENTO DÚCTEIS NA REGIÃO ESTUDADA.....	64
FIGURAS 5.54.1 - DIAGRAMA DE ROSETA PARA DIREÇÕES PRINCIPAIS DAS FRAATURAS, MOSTRANDO DIREÇÕES PREFERENCIAIS PARA NE E SW, COM O VETOR MÉDIO DE 12% DAS OCORRÊNCIAS EM 130° Az	65
FIGURA 5.54.2 – HISTOGRAMA PARA AS DIREÇÕES PRINCIPAIS DE FRATURAS	66
FIGURA 5.55 – FRATURAS EM METATEXITO PREENCHIDAS POR FLUIDOS QUARTZOSOS.....	66
FIGURA 5.56 – PAR ORDENADO DE FRATURAS EM AFLORAMENTO DO PONTO 7 (X-421436 – Y-9476365 – Z-426).....	67
FIGURAS 5.57.1 e 5.57.2 – ESTEREOGRAMA REPRESENTANDO PAR ORDENADO DE FRATURAS ONDE EM VERMELHO TEMOS A INDICAÇÃO DO NORTE; EM AZUL TEMOS O PLANO DE FRATURAMENTO EM 150/90; EM VERDE O PLANO DE FRATURAMENTO EM 210/57, EM ROXO O PLANO MÉDIO 180/70 E A LINHA DE TENSOR DE MAIOR ESPORÇO 90°/SUB-HORIZONTAL E EM LARANJA A LINEAÇÃO CONTIDANO PLANO MÉDIO QUE REPRESENTA A DIREÇÃO E CAIMENTO DO TENSOR QUE GEROU O PAR ORDENADO. ESTES TRÊS ÚLTIMOS, CALCULADOS COM AUXÍLIO DO APLICATIVO ON LINE VISIBLE GEOLOGY.	68
FIGURA 5.58 – DIAGRAMA QUE MOSTRA O ESPAÇO PRESSÃO X TEMPERATURA SUBDIVIDIDO EM DOMÍNIOS OU FÁCIES METAMÓRFICAS QUE AGRUPAM CONJUNTOS DE REAÇÕES METAMÓRFICAS. CADA UM DESSES SUBDOMÍNIOS POSSUI O NOME REFERENTE DO TIPO LITOLÓGICO CARACTERÍSTICO.....	69
FIGURA 5.59 – GRADE PETROGENÉTICA PARA SEDIMENTOS DE PELITOS. EM AZUL, ELIPSE MOSTRANDO VALORES MÍNIMOS DE PkT PARA OCORRÊNCIA DE CIANITA	70
FIGURA 5.60 – A) LÂMINA SOB LUZ NORMAL DO PONTO 06 (X-421440 – Y-9476570 – Z-433); B) LÂMINA SOB LUZ POLARIZADA DO MESMO PONTO EVIDENCIANDO OS MINERAIS DE QUARTZO (QTZ), BIOTITA (BTT) E GRANADA (GRN).....	71
FIGURA 5.61 – A) LÂMINA SOB LUZ NORMAL DO PONTO 49 (X-423525 – 9476526 – Z-455); B) FIGURA DA MESMA LÂMINA SOB LUZ POLARIZADA EVIDENCIANDO A GRANADA COMO PRODUTO DA REAÇÃO DA BIOTITA + QUARTZO.....	72
FIGURA 5.62 – A) LÂMINA SOB LUZ NORMAL DO PONTO 12 (X-421876 – Y-9476036 – Z-412); B) LÂMINA SOB LUZ POLARIZADA DO MESMO PONTO EVIDENCIANDO A REAÇÃO DE FORMAÇÃO DO FELDSPATO	73
FIGURA 5.63 – CAVERNA GRUTA CASA DE PEDRA	76
FIGURA 5.64.1 – PERSPECTIVA DO MODELAMENTO 3D DA CAVERNA NO SOFTWARE CAVE X.....	77

FIGURA 5.64.2 – PERFIL DO MODELAMENTO 3D INDICANDO TRÊS PRINCIPAIS PALEO NÍVEIS FREÁTICOS QUE GERARAM DISSOLUÇÕES PROFUNDAS HORIZONTALMENTE. 77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
1.1 APRESENTAÇÃO	3
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	4
2 METODOLOGIA	5
2.1 ETAPA PRÉ CAMPO	5
2.2 ETAPA DE CAMPO.....	5
2.3 ETAPA PÓS CAMPO.....	6
3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	7
3.1 CLIMA.....	7
3.2 VEGETAÇÃO	7
3.3 SOLOS	7
3.4 RECURSOS HÍDRICOS	8
3.5 GEOMORFOLOGIA	8
3.6 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	9
4 GEOLOGIA REGIONAL	10
4.1 PROVÍNCIA BORBOREMA (PB).....	10
4.1.1 SUB DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL (DCC)	12
4.1.2 COMPLEXO CEARÁ.....	15
5 GEOLOGIA LOCAL	19
5.1 PETROLOGIA, PETROGRAFIA E LITOESTRATIGRAFIA	19
5.1.1 XISTOS	20
5.1.2 METATEXITO	27
5.1.3 CALCISSILICÁTICAS	37
5.1.4 MÁRMORE	42
5.1.5 QUARTZITO	46
5.1.6 SIENOGRAFITO.....	50
5.1.7. ALBITITO	54
5.1.8 – SILEXITO	56
5.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	57
5.2.1 ESTRUTURAS DÚCTEIS DA FASE DE ESPESSAMENTO CRUSTAL POR COLISÃO FRONTAL (Sn)	58

5.2.2	ESTRUTURAS FORMADAS NUM REGIME COLISIONAL OBLÍQUOA (S_{n+1})	61
5.2.3	ESTRUTURAS RÚPTEIS PÓS-COLISIONAIS DE IDADE INDETERMINADA	62
5.3	METAMORFISMO	66
5.3.1	XISTO	68
5.3.2	METATEXITO	69
5.3.4	ROCHAS CALCISSILICÁTICAS	71
5.3.5	MÁRMORE	71
5.3.6	QUARTIZITO	71
5.4	RECURSOS ECONÔMICOS	72
5.4.1	CaO	72
5.4.2	AMETISTA.....	72
5.4.3	RUTILO	72
5.5	CAVERNA GRUTA CASA DE PEDRA	73
6	EVOLUÇÃO.....	76
7	CONCLUSÕES	77
8	DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	ANEXO A – MAPA GEOLÓGICO ESTRUTURAL	82
	ANEXO B – MAPA DE CAMINHAMENTO E ACESSOS.....	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O trabalho apresentado a seguir, atende às normas da Universidade Federal do Ceará junto ao Curso de Graduação em Geologia, no qual, faz-se necessário finalizar a disciplina Relatório de Graduação para concluir o curso.

O relatório foi realizado mediante a orientação do Prof. Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo, contando com o subsídio da Universidade Federal do Ceará (UFC), que disponibilizou da ajuda de custo para execução das viagens de campo, confecção de lâminas para descrições petrográficas e todo o apoio de infraestrutura.

Na área escolhida desenvolveu-se o projeto de iniciação científica **Controle Estrutural e Gênese da Caverna Casa de Pedra no município de Madalena, CE** (subitem 5.1.4) que gerou informações de grande importância para o entendimento da região como um todo.

O trabalho se desenvolveu visando a realização do mapeamento geológico, em escala de 1:20.000 em uma área de aproximadamente 90 km², através da descrição e interpretação das unidades litológicas observadas em campo, aferição de medidas e feições estruturais e análise do contexto das paragêneses minerais buscando uma melhor compreensão do contexto geológico da região. A área estudada está localizada no distrito de Lagoa do Mato, Itatira/CE, situada no domínio geológico regional conhecido como Domínio Ceará Central, pertencente a Província Borborema, nordeste brasileiro.

Como base para a elaboração deste, utilizou-se de estudos prévios da folha Itatira, além de monografias e teses que apresentavam maior detalhamento sobre a região.

As rochas mapeadas fazem parte da Unidade Independência, inserida no Complexo Ceará, Domínio Ceará Central (DCC) da província borborema

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo do trabalho foi realizar um estudo geológico integral da área selecionada para geração de um mapa litológico e estrutural de detalhe, um mapa de caminhamento e topográfico, uma seção geológica esquemática, todos na escala de 1:20.000. Como objetivos secundários temos a caracterização petrográfica das unidades litoestratigráficas e a análise das principais estruturas tectônicas, com o intuito de compreender a evolução geológica de área.

1.3 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área determinada foi escolhida por conter as rochas adjacentes à caverna Gruta Casa de Pedra, para a qual foi destinado o capítulo 5.5, no município de Lagoa do Mato, porção Sertão Central do Estado do Ceará, distando 198 km ao sul da capital do estado.

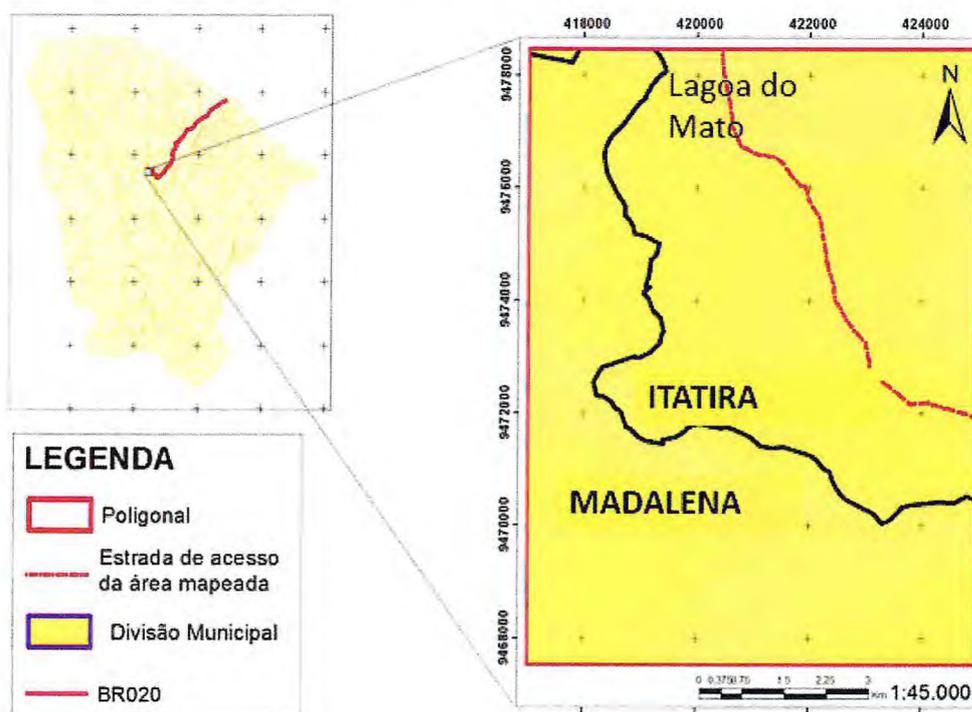
A partir de Fortaleza o acesso ao município, pode ser feito por via terrestre através da rodovia Fortaleza/Canindé (BR-020) e inflexionando a esquerda, posteriormente, pela CE-168. As demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas são acessíveis (com franco acesso a maior parte do ano) através de estradas estaduais, asfaltadas ou carroçáveis. A localidade escolhida como base, fica aproximadamente à 10 km da área de estudo e tem como vértices os pontos coordenados na tabela 1:

Tabela 1 - Coordenadas UTM dos vértices da poligonal (N e E); SIRGAS 2000 - zona 24M

Poligonal	Vértices	Coordenadas X/Y (UTM)	Área (Km ²)
1	Sup. Esquerdo	416995 / 9478268	88
	Sup. Direito	424995 / 9478268	
	Inf. Esquerdo	416995 / 9467268	
	Inf. Direito	424995 / 9467268	

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 1: Mapa de acesso até a área a partir da capital de Fortaleza



Fonte: O autor

2 METODOLOGIA

Visando o alcance do objetivo proposto nesse trabalho, foram realizadas diversas etapas, as quais se desenvolveram segundo a sequência:

2.1 ETAPA PRÉ CAMPO

Nesta etapa foram realizadas pesquisas bibliográficas, coletas do maior número de referências possíveis que pudessem fornecer as informações importantes a respeito da área mapeada. Dentre as referências, destacam-se a tese: **Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): Da Sedimentação à Colisão Continental brasileira**, do Prof. Dr. Michel Henry Arthaud (2007), e a folha de 1:100.000 do Serviço Geológico Brasileiro para região de Itatira. Com informações prévias de litologias, estruturas geológicas, infraestrutura, imagens de satélite de distribuição espacial das anomalias de urânio, tório e potássio, pôde-se confeccionar um mapa pré-campo de caminhamento, feito no software *ARCGIS 10.3*.

2.2 ETAPA DE CAMPO

A etapa de campo se concretizou em quatro momentos, ou quatro viagens para a região. A primeira, com duração de 4 dias, teve como objetivo um reconhecimento geral da área, onde pôde-se observar as principais ocorrências de litologias e estruturas. Na segunda, com duração de 20 dias, pôde-se verificar com maior detalhamento a região, e observar litologias ainda não mapeadas até então. A terceira etapa, com duração de cinco dias, foi realizada após a transferência das informações obtidas, teve como objetivo principal o fechamento de algumas regiões da área não visitadas na etapa passada e o retorno a afloramentos de difícil interpretação. O último e quarto momento se resume no acompanhamento e apoio da disciplina de geologia de campo 3, ofertada pelo Departamento de Geologia.

Foi, portanto, na etapa de campo que pudemos analisar os afloramentos das litologias e seus contatos, composição mineralógica das rochas e suas feições estruturais tendo auxílio de materiais como martelo geológico, marreta, canivete, bússola tipo *brunton*, GPS Garmim 2.0, ácido clorídrico (HCl 10%), lupa de bolso e caderneta de campo.

Ainda nesta etapa foram coletadas amostras dos afloramentos para a elaboração de seções delgadas que, após analisadas, e interpretadas serviram de subsídio para elaboração deste relatório.

2.3 ETAPA PÓS CAMPO

Após a etapa de campo, foram feitas lâminas para estudos microscópicos petrográficos. A incorporação dos dados cartográficos de trabalhos anteriores como o mapa regional da folha Itatira (UFC/CPRM - 2008) e o mapa de relatório de graduação de uma área ao lado da poligonal estudada (Sandino G.A *et. al* 2016), dados obtidos em campo e a representação dos elementos estudados em campo, permitiu a elaboração de um mapa de pontos e um mapa geológico na escala 1:20.000, os quais foram gerados com auxílio do software *ARCGIS 10.3*. A partir do mapa geológico foi confeccionado um perfil geológico, feito no software *AUTOCAD*. Os dados estruturais obtidos em campo foram interpretados nos *softwares STERONET* e o aplicativo *on line Visible Geology*, através da construção de gráficos e diagramas. A junção de todos os dados proporcionou a elaboração deste relatório.

3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.1 CLIMA

A região em estudo apresenta um clima tropical quente semiárido, típico das regiões de caatinga, caracterizado por concentrações de chuvas que ocorrem em dois períodos climáticos bem definidos, sendo um curto período chuvoso de janeiro a abril com uma pluviosidade média de 650 mm³ e um seco de maior duração nos meses restantes. Controlado pela ação de ventos alísios, geralmente esse período chuvoso apresenta pouca ou nenhuma precipitação pluviométrica, de maneira a causar uma conseqüente falta de recursos naturais hídricos tanto para o homem quanto para a fauna e flora locais. A temperatura média de 29°C marca a região com um alto índice de evaporação e evapotranspiração, integrando o denominado polígono das secas, que envolve boa parte dos estados do Nordeste (IBGE/IPECE, 2011).

3.2 VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal é formada basicamente pela floresta subcaducifólia tropical pluvial (FUNCEME/IPECE – 2009) e a caatinga, que é predominante em quase todo domínio semiárido dos sertões cearenses. Esta última, mas não menos importante, pode ser arbustiva aberta (Figura 3.2 e 3.1), ou arbustiva densa. Típica do semiárido brasileiro, consiste de uma flora resistente a longos períodos de estiagem, e é composta por arbustos e árvores espinhosas de pequeno porte sendo caducifólias em sua maioria, perdendo suas folhas no início da estação seca. O substrato pode ser composto de cactáceas, bromeliáceas, havendo, ainda um componente herbáceo de pouca significância, formado por gramíneas, herbáceas. Se destacam na região algumas espécies como Pau Branco, Sabiá, Marmeleiro, Imbuia, Pinhão, Mandacaru, Palma, Pau Ferro, Mufumbo, Cipaúba, Mororó, dentre outras. Essa cobertura vegetal está intimamente relacionada com o clima que em época de chuvas se tornam bem marcadas e verdes, com aspectos de médio porte, enquanto que na seca se comportam com aspectos arbustivos e sem coloração. São mais frequentes nas proximidades das drenagens e circundando maciços.

3.3 SOLOS

Os solos da região são oriundos principalmente da alteração “*in situ*” de migmatitos, mármores, estes gerando os conhecidos como massapê, e compostos de materiais coluviais gerados a partir de outras rochas. Apesar de serem formados por rochas de composições distintas, estes solos apresentam uma profundidade moderada e em determinadas ocasiões a inexistência de alguns horizontes. São classificados como, **bruno não-cálcicos**, **neossolos litólicos** e **argissolos** (RADAMBRASIL, 1981). O solo bruno não-cálcicos compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade alta e horizonte A fraco com coloração que varia de acinzentado escuro a cinzento-avermelhado escuro. Solos litólicos são pouco desenvolvidos, rasos a muito rasos, possuindo, apenas, um horizonte A diretamente sobre a rocha, ou sobre materiais desta rocha em grau mais adiantado de intemperização, constituindo um horizonte C, com muitos materiais primários e blocos de rocha semi-intemperizados, de diversos tamanhos, sobre a rocha subjacente, muito pouco intemperizada ou

compacta (R). Solos do tipo podzólico caracterizam-se como vermelho-amarelados possuem horizonte B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa, devido ao material do solo ser constituído por sesquióxidos, argilas caulinizadas, quartzo e outros materiais resistentes ao intemperismo. Em geral, fortemente ácidos e de baixa fertilidade natural.

Podem ocorrer também, num âmbito regional, solos do tipo planossolo sódico, caracterizados como moderadamente ácidos, com horizonte B textural, normalmente com argila de atividade alta, saturação com sódio entre 6 e 15% nos horizontes B e/ou C. São moderadamente rasos, raramente profundos, sendo de baixa permeabilidade, muito susceptíveis à erosão e apresentando problemas de encharcamento durante o período chuvoso e ressecamento e fendilhamento durante a época seca.

3.4 RECURSOS HÍDRICOS

A hidrogeologia da região é dada pelas sub bacias do Curu e do Banabuiú (Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - 2009). Nelas são encontradas diversas lagoas, entre elas a do Mato e da Bandeira. Existem ainda diversos açudes de pequeno porte: Boqueirão, Magalhães, do Porco, Salgado, entre outros. A bacia do Curu, apresenta uma área de drenagem de 8.534 km², correspondente a 5,76% do território cearense. Essa bacia apresenta uma capacidade de acumulação de águas superficiais de 1.068.355.000 m³ num total de 13 açudes públicos gerenciados pela COGERH. Seu principal reservatório de água é o Açude Pentecoste, também conhecido como Açude Pereira de Miranda. Já a bacia do Banabuiú compreende, essencialmente, os sertões centrais do Ceará mais fortemente submetidos aos rigores da semiaridez. Ela drena uma área de 19.810 km² que equivale a 13% do território cearense. O principal reservatório de água é o açude Banabuiú, um dos maiores do Estado com capacidade de armazenamento de 1.601.000.000 m³. As redes de drenagem são constituídas por cursos de água intermitentes, sazonais, de pequena energia, formando vales e lagos. Os cursos desenvolvem padrões predominantemente dendríticos, localmente estruturados por zonas de cisalhamento, áreas mais fraturadas, contatos geológicos e litologias mais susceptíveis aos processos erosivos.

3.5 GEOMORFOLOGIA

Segundo a proposta de Sousa (1988), a área faz parte do Domínio dos Escudos e Maciços Antigos do Ceará. O relevo da área é subdividido em cinco diferentes sub-unidades e/ou feições geomorfológicas (TORQUATO et al., 1989): **Maciço residual das Serras Guaribas-Macaco; Depressão Central; Agrupamentos de Inselbergs; Áreas de acumulação inundáveis e planícies e terraços fluviais.**

As áreas de acumulação inundáveis correspondem as pequenas depressões de formas semicirculares, periodicamente sujeitas às inundações, posicionadas à jusante das rampas sedimentadas, limitando-se, às vezes, com as planícies fluviais. As planícies e terraços fluviais compreendem as áreas de acumulação de sedimentos aluviais e coluviais que formam as principais planícies fluviais da região.

A região mapeada apresenta um relevo de 201 a 500 m de altitudes, também conhecidos como depressões ou depressão sertaneja, é formada por áreas planas e suavemente onduladas, encontradas entre os maciços e os planaltos sedimentares, com altitudes que não chegam a alcançar mais que 500 m.

A depressão sertaneja corresponde a grandes superfícies de aplainamentos que foram trabalhadas sob condições climáticas semiáridas. Nelas o trabalho erosivo é intenso, rebaixando o relevo, principalmente nas áreas de rochas de maior susceptibilidade erosiva. A grande parte dessa unidade geomorfológica localiza-se sobre terrenos cristalinos, com algumas pequenas exceções de pequenas bacias sedimentares. Nas áreas aplainadas da depressão aparecem, de forma isolada ou em pequenos grupos, alguns relevos residuais como serras, quebrando assim a uniformidade da paisagem sertaneja. Como dito anteriormente, a depressão sertaneja se caracteriza ainda por apresentar longos períodos de estiagem, altas taxas de evaporação, tornando o intemperismo físico como importante agente modificador do relevo.

Verificam-se cursos de drenagens que aproveitam fraturas e charneiras de pequenos dobramentos nos corpos litológicos mapeados.

Os altos topográficos da região são fortemente controlados por litologias mais competentes como migmatitos e quartzitos que exibem afloramentos em íngremes escarpas das serras e serrotes da região como a serra da gameleira, e o serrote da onça (anexo B). Os mesmos altos topográficos tendem a orientar-se no sentido do empurrão que gerou cavalgamentos de *nappes* formando um relevo em forma *hog back* (Figura 5.13) onde o flanco menos íngreme aponta o sentido de cisalhamento.

3.6 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

A maior concentração populacional encontra-se na zona rural. A sede do município dispõe de abastecimento de água potável, fornecimento de energia elétrica, serviço telefônico, agência de correios e telégrafos, serviço bancário, hospitais, hotéis e ensino fundamental e médio. Por outro lado, a região sofre com os dados de saúde e educação, apresentando um quadro de necessidade de maiores investimentos visando uma melhoria das condições básicas satisfatórias. Quanto as atividades relacionadas a geologia temos a mineração de litotipos ornamentais, além da extração de CaO, a partir do mármore, areia e argila para uso diverso na construção civil. A economia local é baseada na agricultura (feijão, milho, mandioca, algodão, cana-de-açúcar, castanha de caju e frutas diversas), na pecuária (bovina, caprina, ovina, suína e avícola) e na apicultura.

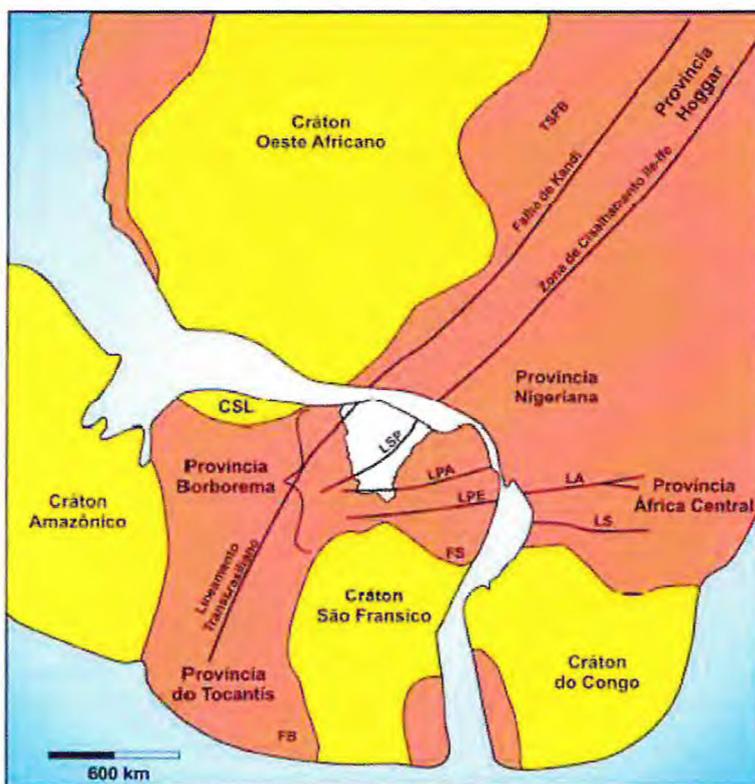
4 GEOLOGIA REGIONAL

Na área mapeada ocorrem litologias da Unidade Independência, importante componente do **Complexo Ceará** no subdomínio Ceará Central (DCC) localizado do grande domínio setentrional da Província Borborema (PB) (Almeida *et al.* 1981) a qual compreende uma extensa sequência metassedimentar tipo QPC.

4.1 PROVÍNCIA BORBOREMA (PB)

Situada na porção nordeste brasileira, trata-se de um grande terreno originado pela colagem de três grandes crátons: Amazônico, São Luís-Oeste Africano e São Francisco (Fig. 4.1) representando uma região marcada pela atuação de fenômenos tectono termiais Neoproterozóicos. Esse evento tectônico ocorreu em quatro pulsos distintos: *i-*) Eocriogeniano (ca. 800 – 700 Ma); *ii-*) Tardicriogeniano-eoediacariano (ca. 660 – 610 Ma); *iii-*) Eo-meso ediacariano (ca. 590 – 560 Ma); *iv-*) Tardicambriano (520 – 500 Ma) e recebeu o nome de colagem brasileira, onde os três primeiros pulsos da colagem representam a maioria das províncias estruturais do Neoproterozóico, em todo Gondwana Ocidental. O último e mais jovem pulso orogênico constitui casos específicos locais registrados na Argentina e no Brasil, no leste do Rio de Janeiro. (Neves *et al.* 2014).

Figura. 4.1 – Reconstrução da porção oeste do Gondwana



Fonte: Amaral 2007

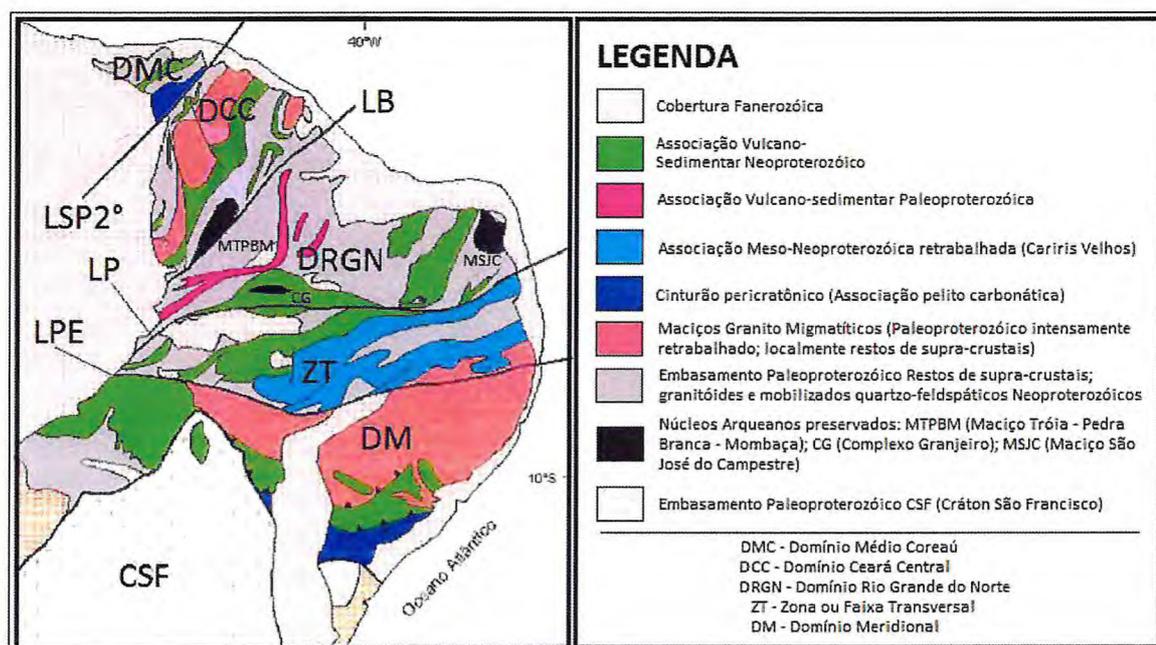
Van Schmus *et. al.* (1995 e 1998) propõem que a PB se trata de um complexo sistema de domínios tectônicos limitados por grandes zonas de cisalhamento, composto de núcleos arqueanos menores e um embasamento gnáissico paleoproterozóico, supracrustais de idades variáveis e granitóides sin a tardi orogênicos.

A PB possui uma abrangência horizontal de aproximadamente 450 000 Km² (Almeida *et. al.*, 1977) e encontra-se limitada ao sul pelo cráton São Francisco e a oeste pela Bacia do Parnaíba.

A principal marca é de movimentos tectônicos orogênicos na PB são as extensas zonas de cisalhamento transtrativas e/ou transpressivas que, provavelmente, desenvolveram-se nestes movimentos transcorrentes gerando uma grande contribuição de material metamórfico, pré-cambriano, e uma grande quantidade de material granítico associado a momentos sin e tardi tectônicos. (Almeida *et. al.*, 1981)

Dentre as zonas de cisalhamento mais importantes podemos citar o Lineamento Patos (LPA), que limita ao sul o grande Domínio Setentrional da PB e ao norte, a Faixa Transversal; o Lineamento Pernambuco (LPE) que limita a Faixa Transversal na sua porção sul e se prolonga até a convergência com o Cráton São Francisco a Oeste (Fig. 4.2). Estes lineamentos dividem a PB nos três principais blocos ou domínios tectônicos encontrados na literatura: Domínios Setentrional, Transversal e Meridional. (Van Schmus *et. al.*, 1995)

Fig. 4.2 – Principais domínios conhecidos da PB



Fonte: Modificado de Castro 2005 apud Van Schmus *et. al.* 1998

Outras zonas de cisalhamento ou lineamentos transcorrentes também são encontradas no interior desses grandes domínios, limitando assim pequenos, mas não menos importantes, domínios ou subdomínios bordejados por rochas miloníticas e migmatíticas (Fig. 4.2). Podemos citar aqui como principais zonas limitadoras de subdomínios o Lineamento Sobral Pedro Segundo (LSP2°) que limita a oeste o DCC e a leste o subdomínio Médio Coreau (DMC) convergindo ao sul com o LPA e o lineamento brasileiro (LB) que limita a leste o DCC e a oeste o subdomínio Rio Grande do Norte (DRGN).

Estes subdomínios estão mapeados no Domínio Setentrional e grande parte dos autores atuais concordam com essa subdivisão referindo-se aos subdomínios como referido acima (ver, p. ex, Brito Neves et al, 2000)

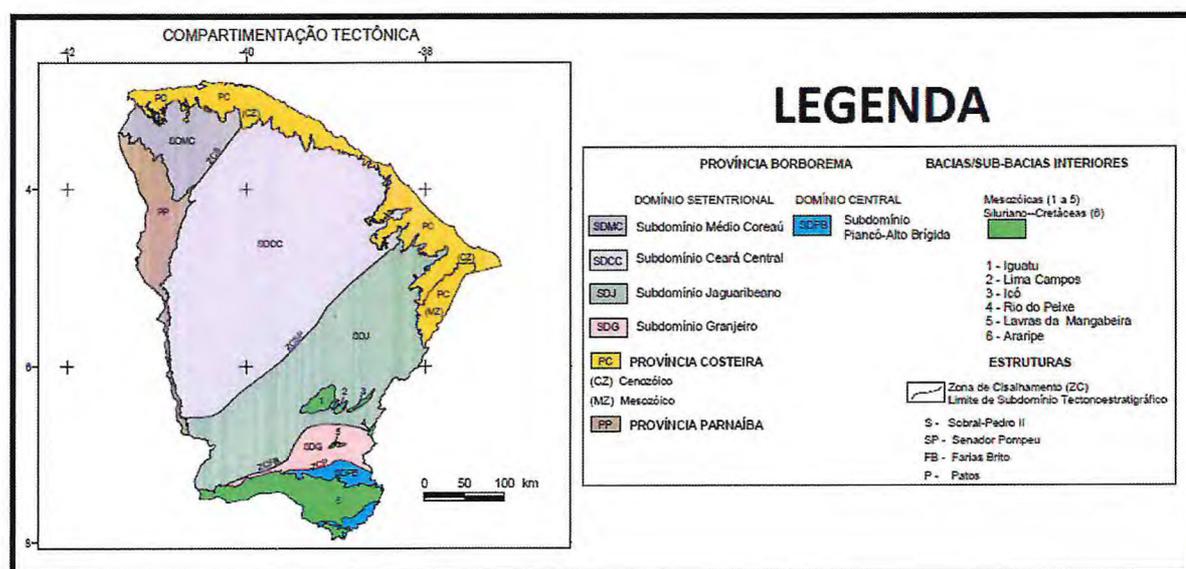
4.1.1 SUB DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL (DCC)

Utiliza-se também o termo Domínio Ceará Central (DCC) para denominar tal unidade tectônica

Este subdomínio abrange a maior porção do domínio setentrional da PB, e distribui-se ao longo de aproximadamente 80 000 Km². Representa o produto de uma longa e complexa história geológica com início na ordem de 2.5 Ga que envolve metamorfismos que variam do fácies eclogito (800°C e 16/17 kbar), passando por condições do fácies granulito de alta pressão (> 850°C e 12,5 kbar) e terminando em condições de fácies anfibolito com início de fusão (650°/700°C e 6/8 kbar).

A unidade limita-se ao norte pela província costeira, a noroeste pela zona de cisalhamento dúctil Sobral-Pedro II (ZCSP), a sudoeste pela Bacia do Parnaíba, a leste pela Zona de Cisalhamento Dúctil Senador Pompeu (Fig. 4.3).

Fig. 4.3 – Principais domínios tectônicos do estado do Ceará



Fonte: Modificado de CPRM 2003

Arthaud *et. al.* (2007) afirmam que o SDCC pode ser dividido em cinco unidades lito-tectônicas: **Embasamento Policíclico; Coberturas metassedimentares monocíclicas; Complexo anatético ígneo monocíclico; Granitos brasileiros e Molassas tardi brasileiras** os quais serão descritos mais sucintamente neste trabalho.

4.1.1.1 EMBASAMENTO POLICÍCLICO

As rochas que compõem esta unidade lito tectônica são datadas do Arqueano/Paleoproterozóico e podem ser divididas em três unidades principais (Arthaud, 2007):

- i) O **Complexo Cruzeta** que aflora na porção sudeste, limitando-se a leste pela zona de cisalhamento dúctil Senador Pompeu, a norte e oeste pelos gnaisses paleoproterozóicos aflorantes nas imediações do município de Madalena até Choró (Amaral, 2008). Essas rochas apresentam idades U-Pb que variam entre 2,65 e 3,27 Ga (Fetter, 1999; Silva *et. al.* 2006) e exibem um complexo gnaiss migmatítico ortoderivados de composições variadas onde encontram-se predominância de bandamentos tonalíticos/granodioríticos sobre bandamentos graníticos.
- ii) A **Suíte Madalena** que exhibe basicamente plutônicas intrudidas no Complexo Cruzeta, de composição quartzo-dioríticas com diques sinplutônicos microdioríticos. De uma forma geral não apresentam indícios migmatíticos e exibem claramente baixa deformação tectônica o que sugere que estas rochas foram intrudidas após o período de deformação do Complexo Cruzeta.
- iii) A **Unidade Algodões** é descrita por conter supracrustais, representadas essencialmente por anfibolitos com intercalações de gnaisses leucocráticos, quartzitos micáceos, metagrauvas, metarcósios e, em menor proporção, calcissilicáticas. Verifica-se na unidade vestígios de um metamorfismo no fácies anfibolito alto, ausente de processos de fusão parcial.

4.1.1.2 COBERTURAS METASSEDIMENTARES MONOCÍCLICAS

Afloram ao longo de toda área do DCC de maneira descontínua e são agrupadas em dois grandes grupos: O **Grupo Ceará**, uma sequência neoproterozóica de margem passiva e a **Unidade Acopiara**.

As relações entre esses vários afloramentos ainda não foram completamente definidas e, portanto, tais sequências receberam denominações com valores locais superiores aos valores de conhecimento lito estratigráficos. Todavia, Cavalcante *et al* (2003) sugerem a divisão dessas unidades de acordo com a área de ocorrência. Para o Grupo Ceará temos as principais unidades: **Independência, Canindé, Quixeramobim e Arneiroz**.

Em comum, as unidades do Grupo Ceará apresentam xistos e gnaisses pelíticos a semipelíticos, quartzitos e mármore, calcissilicáticas e raras metagrauvas. Estão comumente associadas a intercalações anfibolíticas e alguns raros afloramentos de leucognaisses finamente bandados ortoderivados, provavelmente, de protólitos riolíticos e/ou meta-riodacitos datados em aproximadamente 770 Ma (Fetter et al 2003; Castro 2004).

O contexto tectônico estrutural dessas sequências é basicamente de um metamorfismo no fácies anfibolito alto, acompanhado de migmatização. As foliações de baixo ângulo tomam caráter vertical ou subvertical apenas nas proximidades das zonas de transcorrência que cortam o domínio referido.

As idades modelos destas coberturas variam desde o Neoproterozóico até o Arqueano, porém com maior preferência pelo Paleoproterozóico, no intervalo de 1,9 / 2,4 Ga (Fetter, 1999; Santos et al. 2003, 2004; Castro, 2004; Arthaud et al. 2004).

Os trabalhos anteriores (Van Schmus et al. 2003; Neves et al. 2006) utilizando-se de idades U-Pb SHRIMP em amostras de grãos detríticos de zircões extraídos de várias dessas sequências sugerem, para província, um relevante evento magmático de 850/770 Ma interpretado como associação ao rifteamento do embasamento arqueano/paleoproterozóico com a posterior abertura de um oceano. Adicionalmente foram extraídas idades de ortoanfibolitos e meta riolitos da Unidade Independência (Fetter et al. 2000; Castro et al. 2004; Arthaud et al. 2007). Todo o contexto e arcabouço tectônico impresso nessas unidades confere ao Grupo Ceará uma interpretação de uma sequência de margem continental passiva associada a abertura de um oceano em aproximadamente 850 Ma (Arthaud, 2007) e que sofreu um subsequente fechamento envolvendo essa sequência num evento colisional continental o qual foi responsável por sua deformação e metamorfismo.

4.1.1.3 COMPLEXO ANATÉTICO ÍGNEO MONOCÍCLICO

Também conhecido como **Complexo Tamboril – Santa Quitéria**, trata-se de um conjunto ígneo anatético que exhibe principalmente di e metatexitos provenientes de processos de fusão parcial de supracrustais preservando enclaves restíticos de calcissilicáticas e anfibolitos (provavelmente metabásicas). Esses migmatitos exibem corpos intrusivos de composições tonalíticas a graníticas.

A idade U-Pb em zircões destes granitóides varia entre 660 e 614 Ma (Fetter et. al., 2003; Neves et.al., 2003) e suas idades modelo T_{DM} são de aproximadamente 600 ± 3 Ma. Baseados nestes dados e nos aspectos petrográficos Fetter *et. al.*, (2003) sugerem um ambiente de arco magmático continental para gênese dessa unidade.

4.1.1.4 GRANITOS BRASILIANOS

Ao longo de toda a extensão horizontal da PB pode-se encontrar diversos corpos graníticos sugerindo os processos ígneos plutônicos como principal característica da Orogenia Brasileira. (Ferreira *et al.*, 1995)

Na província, os granitos pré colisionais apresentam idades de cristalização que variam entre 630 e 620 Ma pelo método U-Pb em zircões. Uma anomalia nessa média é verificada em um corpo granítico no arco magmático com uma idade de 660 Ma.

Os granitos sin colisionais são divididos em dois grupos de acordo com sua composição e gênese:

- i) Granitos anatóxicos aluminosos contemporâneos ao espessamento crustal com idades de cristalização variando entre 610 e 600 Ma.
- ii) Granitos sin transcorrentes com idades de cristalização entre 580 e 590 Ma (Nogueira, 2004)

Granitos tardi colisionais apresentam idades de cristalização em 580 Ma (Fetter *et al.*, 1999; Brito Neves *et al.*, 2003) e granitos pós colisionais associados às molassas tardi brasileira idade de 530 Ma. (Fetter *et al.*, 1999)

Ocorrem também granitos mais recentes, de idades ordovicianas (470 e 460 Ma), descritos por Castro (2004) e Teixeira (2005).

4.1.2 COMPLEXO CEARÁ

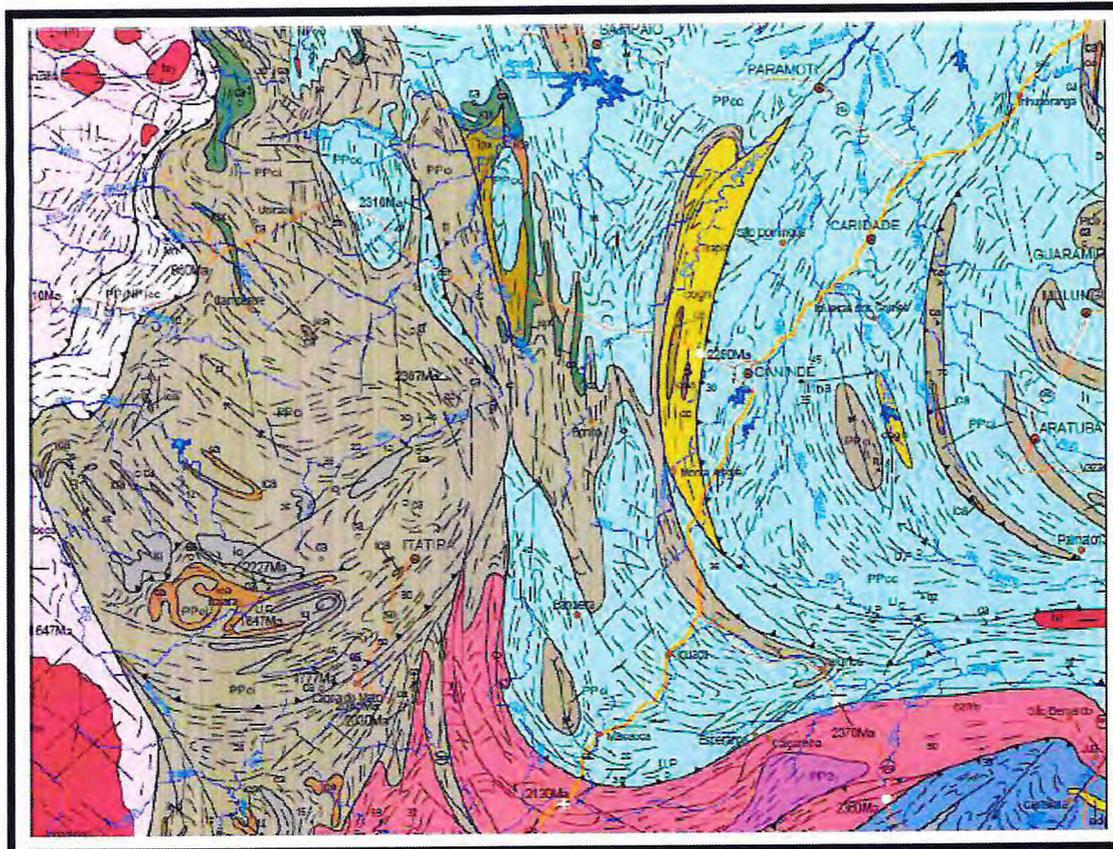
Trata-se da principal unidade tectono estratigráfica abordada neste trabalho. Localiza-se na porção central do DCC (Fig. 4.4) e exhibe claramente as relações de contatos geológicos entre o **Embasamento Paleoproterozóico** a **Unidade Independência**, principal representante do grupo, e o **Complexo Tamboril – Santa Quitéria**.

O Grupo ou Complexo Ceará é interpretado como uma sequência de margem passiva a qual foi formada a partir de esforços tectônicos extensivos de um rifteamento e afinamento do embasamento com posterior abertura de um proto oceano (aproximadamente 850 Ma) e desenvolvimento de um ambiente propício a intensa sedimentação sobre a paleo plataforma continental que posteriormente sofreu inversão dos esforços extensivos para compressivos envolvendo todo esse pacote sedimentar numa violenta colisão continental a qual foi responsável pela intensa deformação e metamorfismo expressos hoje nos afloramentos. (Arthaud *et al.*, 2007). Dados geocronológicos pelo método U-Pb SHRIMP em zircões detríticos de metapelitos sugerem uma idade de sedimentação entre 850 e 750 Ma para a sequência tipo quartzo – pelito - carbonato (QPC) do referido Complexo

As litologias dominantes deste complexo são de natureza essencialmente pelíticas e representadas por cianita-muscovita-biotita gnaisses granadíferos, gnaisses quartzo-feldspáticos, muscovita-biotita gnaisses e biotita gnaisses, podendo ou não ocorrer granada, com contribuições de mármore e calcissilicáticas. Ocorrem associações com finas camadas de quartzitos e lentes de mármore e calcissilicáticas e anfibólitos às vezes com clinopiroxênio e granada indicando uma condição metamórfica do fácies eclogito (Castro, 2004; Garcia & Arthaud, 2004).

A sequência QPC repousa sobre o embasamento paleoproterozóico da Unidade Algodões e o contato entre estas é expresso por uma zona de contato retrogradante milonitizada (Arthaud *et al.*, 2007) onde as foliações de baixo ângulo tipo *nappes* apresentam dobramentos recumbentes e isoclinais preservadas nas lentes de quartzitos.

Fig. 4.4 – Parte do mapa geológico do Ceará. Compreende as Unidades Independência (cinza); Canindé (azul); Quixeramobim e Arneiroz (tons de marrom)



Fonte: CPRM 2003

4.1.2.1 UNIDADE INDEPENDÊNCIA

Esta unidade representa a principal unidade litoestratigráfica deste relatório de graduação apresentando grandes variações litológicas, estruturais e metamórficas. Dividida em subunidades por Arthaud et al., (2007) para melhor compreensão das relações presentes. Destacam-se as Sub-unidades **Guia**; **São José dos Guerra**, **Lázaro**, **Itatira** e **Ematuba** que serão descritas logo abaixo:

- i) Subunidade Guia: É a mais extensa subunidade da área. Constituída predominantemente por biotita gnaisses com granada e às vezes muscovita. Outros aluminossilicatos como cianita e/ou silimanita também são comuns e estão presentes em quase todos os afloramentos dessa subunidade, podendo ou não ocorrerem associados com rutilo. A topografia é marcada por cristas de quartzitos, às vezes aluminosas que se elevam a não mais que 10 metros de altura. É também muito comum encontrar lentes descontínuas de mármore e calcissilicáticas bem como *boudins* ou lentes extensas de anfibolitos às vezes ricos em granada. Observam-se processos de migmatização apenas nos gnaisses à silimanita, tornando-se rara ou ausente nos à base de cianita. Rochas miloníticas marcam o contato com a Unidade Algodões que exhibe milonitos com padrões métricos complexos de dobramentos derivados de leucognaisses finos

interpretados como produto do metamorfismo de riolitos e riolacitos. As rochas provenientes do processo de retro metamorfismo são semelhantes às da Subunidade São José dos Guerra, melhor descrita abaixo, caracterizadas principalmente por milonitos a base de muscovita e biotita recristalizadas finamente e cristais arredondados de granada o que corresponde a uma condição metamórfica do fácies anfíbolito à baixa temperatura.

- ii) Subunidade São José dos Guerra: Caracterizada basicamente por biotita gnaisses com ou sem muscovita, com algumas intercalações de quartzitos e muscovita biotita gnaisses com granada e silimanita e apresenta migmatização incipiente. Os biotita gnaisses são interpretados como derivados de metagrauvas. Uma característica interessante desta subunidade é exposta no contato com a Unidade Algodões onde verifica-se uma sola milonítica caracterizada por fina muscovita recristalizada e grãos arredondados de granada. (Arthaud *et al.*, 2007)
- iii) Subunidade Lázaro: Trata-se de uma escama tectônica intercalada entre as subunidades Guia e São José dos Guerra onde o contato entre estas é expresso por milonitos. Constituída basicamente por muscovita gnaisses com ou sem granada e cianita, metatonalitos em sua porção central interpretados como intrusões sincrônicas e apresenta intensa migmatização próximo as zonas miloníticas.
- iv) Subunidade Itatira: Litologicamente esta subunidade assemelha-se à Guia. As principais diferenças residem nas carbonáticas e calcissilicáticas. Cianitas foram encontradas apenas na base e os anfíbolitos frequentemente associados a calcissilicáticas apresentam alto teor de granada. Porções migmatíticas desta Subunidade mostram preferência por gnaisses com granada e silimanita e jazem sob forma de manchas (*paths*) ou finos veios de leucossoma paralelos à foliação.
- v) Subunidade Ematuba: É a Subunidade que apresenta a maior quantidade de rochas migmatíticas do grupo Ceará. Constituída essencialmente por gnaisses, migmatizados, com intercalações quartzíticas e lentes de mármore e calcissilicáticas. Na parte superior da Unidade intercalações de anfíbolitos são comuns. Corpos intrusivos graníticos aluminosos com muscovita e granada pouco deformados também são frequentes.

4.1.2.2 UNIDADE CANINDÉ, QUIXERAMOBIM E ARNEIROZ

Composta por gnaisses em níveis distintos de metamorfismo e migmatização a Unidade Canindé inclui ortognaisses ácidos, rochas metabásicas, metagabros, anfíbolitos com ou sem granada, e gnaisses dioríticos, associados ou não a enderbitos, metagabros e metaultramáficas serpentinizadas e xistificadas, lentes de quartzitos, metacalcários, rochas calcissilicáticas e formações ferro-manganesíferas.

A Unidade é constantemente interrompida, principalmente durante o Ciclo Brasileiro, por plutons graníticos desde pré-tectônicos a pós-orogênicos ao longo de todo o terreno. Um dos grandes eventos magmáticos locais é o Magmatismo Rio Ceará-Mirim, representado por diques e derrames de basalto (Ferreira *et al.*, 1995). Grandes regimes transcorrentes destrais são decorrentes de mudança cinemática para um regime tectônico colisional oblíquo (590Ma), controlando o alojamento de corpos graníticos e lentes anfíbolíticos ao longo do Complexo Ceará (Nogueira, 2004).

Afloram na Unidade Quixeramobim e Arneiroz basicamente paragnaisses diversos, em parte migmatíticos, e micaxistos aluminosos; níveis subordinados, de dimensões variadas, de quartzitos; metacalcários e rochas calcissilicáticas, bem como anfíbolitos e talcoxistos e metavulcânicas básicas, em níveis distintos de deformação milonítica. (CPRM 2003)

5 GEOLOGIA LOCAL

Neste capítulo serão apresentadas as descrições das principais litologias encontradas na área de estudo, considerando sua nomenclatura, natureza petrológica (ígnea, metamórfica ou sedimentar), aspectos estruturais, modo de jazimento e petrografia em amostras de mão e lâminas. Serão abordados também subcapítulos referentes ao metamorfismo, geologia estrutural e recursos minerais.

A partir da análise dos dados coletados nas etapas de campo e pós campo, embasado pela bibliografia já existente da região foram reconhecidas oito unidades litológicas que representam satisfatoriamente a região: xistos; metatexitos paraderivados divididos em sub-unidades, rochas calcissilicatadas; mármore; quartzitos; granitos; silexitos e albititos.

A distribuição espacial destes corpos litológicos pode ser verificada no mapa em anexo deste relatório.

5.1 PETROLOGIA, PETROGRAFIA E LITOESTRATIGRAFIA

As observações realizadas nas etapas de campo e pré-campo somadas as análises petrográficas e os dados geocronológicos existentes para as unidades litoestratigráficas mostram que as litologias encontradas são produtos do metamorfismo de sedimentos depositados num período de 2.4 a 1.09 Ga (Sm – Nd T_{DM}) (Fetter 1999; Santos *et al* 2003, 2004; Castro *et al* 2003; Castro 2004) e metamorfizadas entre aproximadamente 0.63 e 0.8 Ga (Arthaud, 2007) e encontram-se distribuídas da seguinte forma na coluna estratigráfica:

Tabela 5.1 – Coluna Litoestratigráfica das litologias da área de estudo

IDADE	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIA
Neoproterozóico	Magmatismo Tardi Orogênico	Silexitos
		Albititos
		Sienogranitos
	Subunidade Ematuba	Calcissilicáticas
		Metatexitos Paraderivados
		Quartzitos
		Mármore
		Xistos

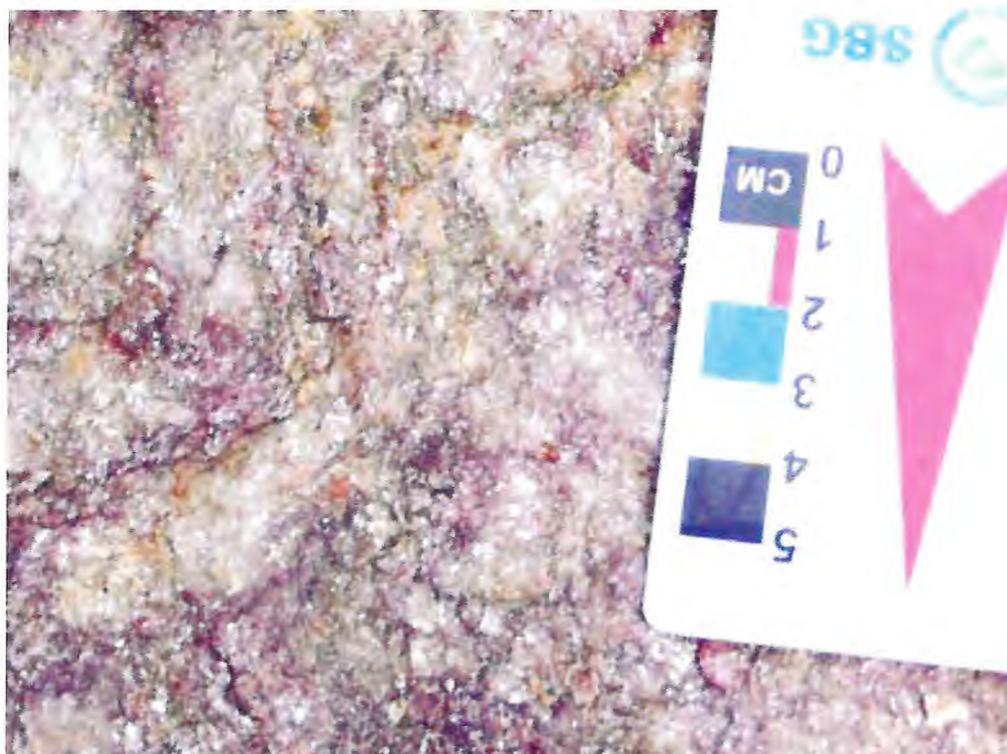
Fonte: O autor

As principais características das litologias presentes na tabela acima serão descritas mais sucintamente a seguir.

5.1.1 XISTOS

O xisto apresenta variações micaxisto (Figura 5.7 e 5.8), granada biotita xisto (Figura 5.9), granada cianita biotita xisto onde a cianita é melhor identificada em lâmina. (Figura 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3) e encontram-se disposto na área de forma amplamente distribuída. Em faixas, ora restíticas, de tamanhos variáveis e correlacionada em contatos bruscos e gradacionais com a maioria das outras litologias regionais. Estruturalmente o xisto encontra-se exibindo uma foliação penetrativa de baixo ângulo para oeste/noroeste, de mineralogia bastante variável apresenta principalmente minerais aluminosos (Figuras 5.1.1; 5.1.2) como biotita, muscovita, pórfiroblastos centimétricos de granada contidas nos planos da xistosidade e alguns afloramentos com ocorrência de cianita (Figuras 5.2.1; 5.2.2 e 5.2.3) que assumem uma textura petrográfica que varia de lepidoblástica a granolepidoblástica.

Figura 5.1.1 – Detalhamento para alta concentração de minerais aluminosos em amostra de granada muscovita xisto que aflora no ponto 15 (X – 421752 – Y – 9475773 – Z – 436m



Fonte: O autor

Figura 5.1.2 – Detalhamento para alta concentração de minerais aluminosos em amostra de biotita xisto que aflora no ponto 9 (X – 421474 – Y – 9476206 – Z – 407m)



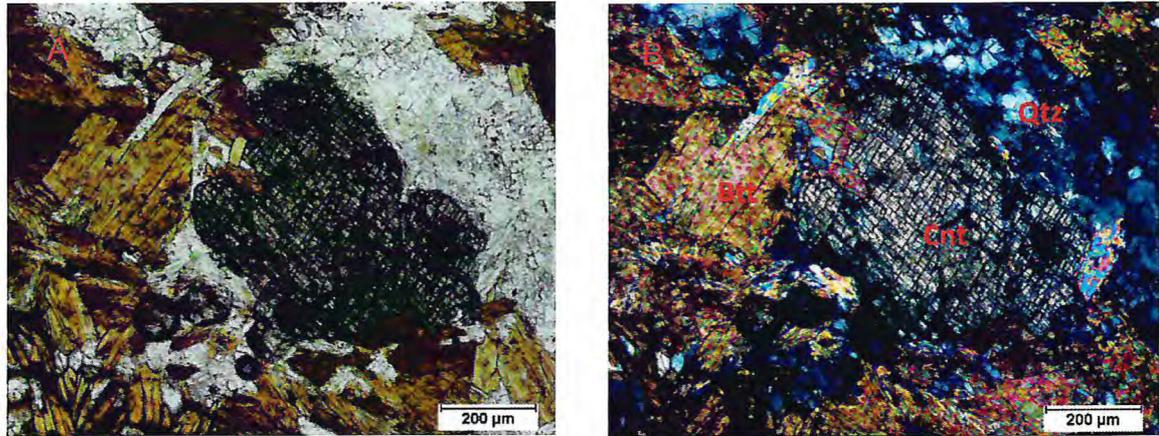
Fonte: O autor

Figura 5.2.1 – Presença de Cianita na porção leucossomática intercalada no muscovita xisto já em processos de anatexia



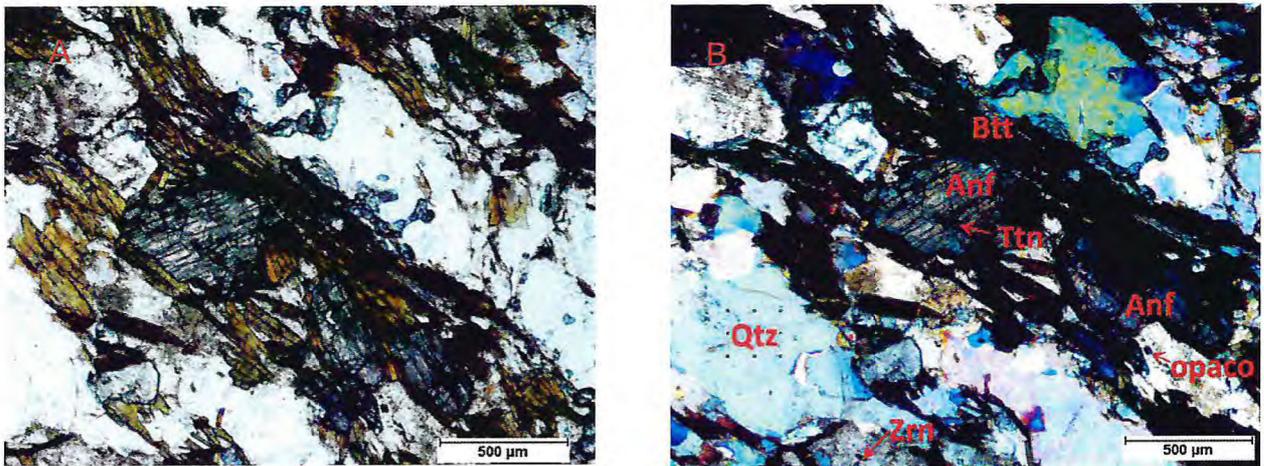
Fonte: O autor

Figura 5.2.2 - a) Lâmina biotita xisto sob luz normal; b) lâmina de biotita xisto sob luz polarizada evidenciando ocorrência de cianita.



Fonte: O autor

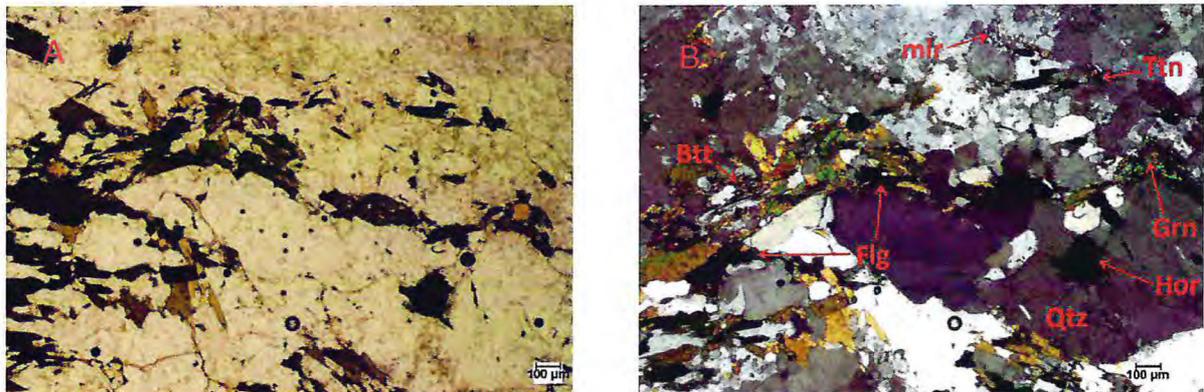
Figura 5.2.3 - a) Lâmina do xisto sob luz normal; b) Lâmina do xisto sob luz polarizada evidenciando a mineralogia do xisto sob textura lepidoblástica.



Fonte: O autor

É possível verificar em algumas porções das lâminas delgadas a ocorrência de flogopita (Figura 5.3); granada e próximo as zonas de transição com mármore passa a predominar flogopita com alguma granada

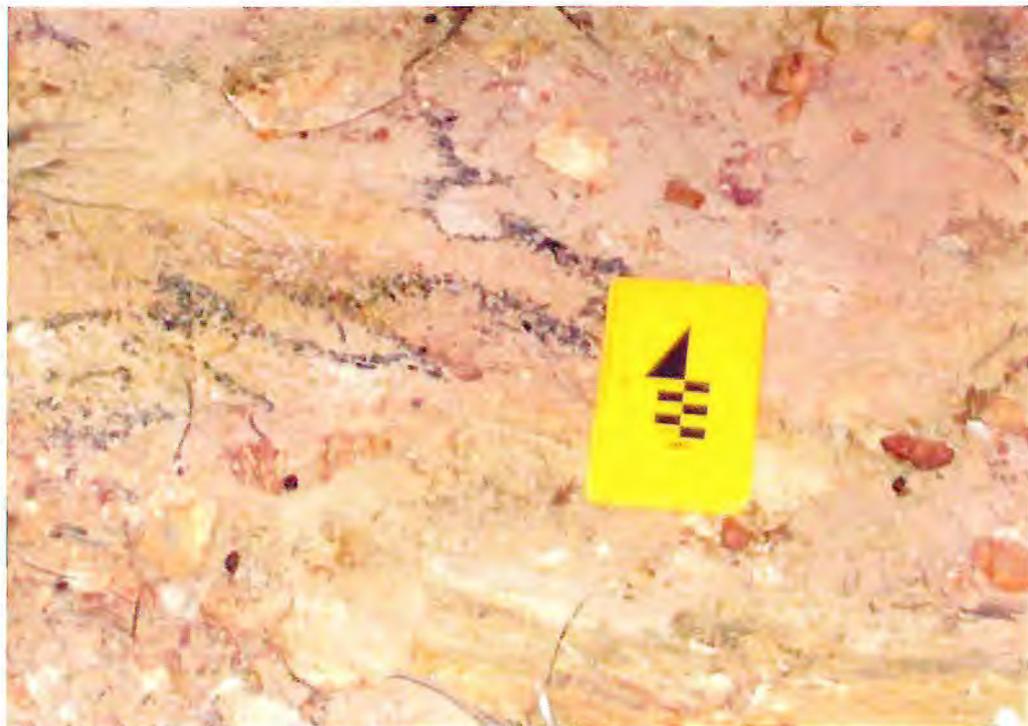
Figura 5.3 – a) Lâmina sob luz normal de xisto; b) Lâmina sob luz polarizada de xisto evidenciando ocorrência de flogopita (Flg). Ocorrem também texturas mirmequíticas (mir), característica de processos de fusão parcial, quartzo (Qtz), granada (Grn) e titanita (Ttn)



Fonte: O autor

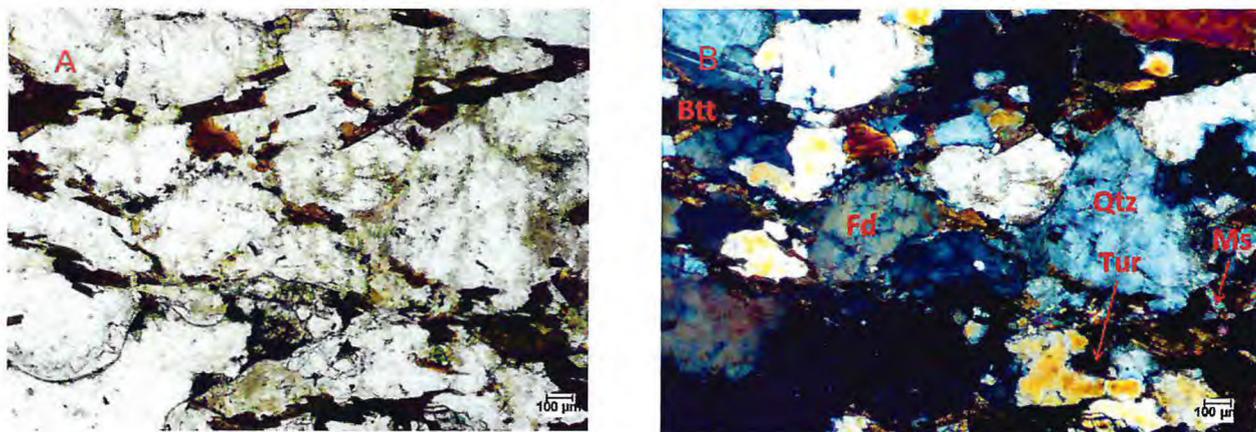
Encontra-se bandado e algumas porções parcialmente fundidas exibindo neossomas quartzo/feldspáticas ou quartzosos, contendo plagioclásios e turmalinas subordinadamente (Figuras 5.4; Figura 5.4.1) e nos paleossomas, restíticos, preferencialmente biotitas, com titanita e anfibólios (tremolita/actinolita e hornblenda). Regionalmente ocorre intercalado com lentes de mármore (Figuras 5.5) e com quartzitos impuros.

Figura 5.4 – Presença de turmalinas nos neossomas quartzo/feldspáticos no ponto 27 (X – 417459 – Y – 9475180 – Z - 471) onde verifica-se uma porção migmatizada do xisto, quase metatexitico.



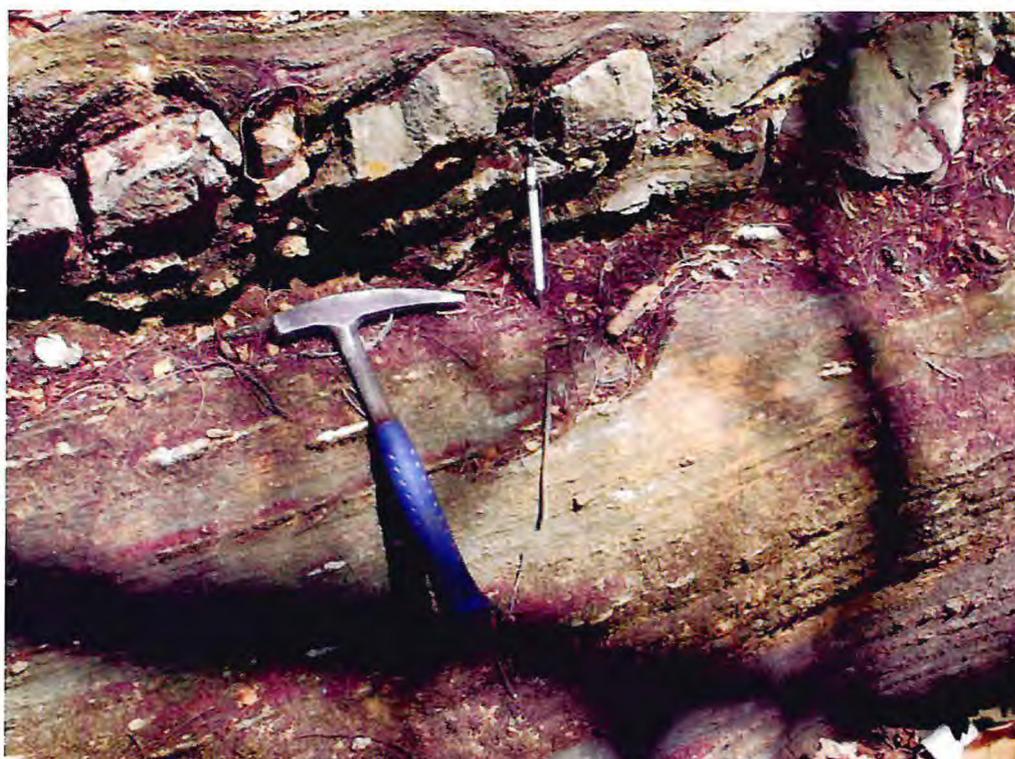
Fonte: O autor

Figura 5.4.1 – a) Lâmina da porção neossomática de xisto sob luz natural; b) lâmina de xisto sob luz polarizada indicando ocorrência de turmalina (Tur), feldspato (Fd), biotita (Btt) e muscovita (Ms).



Fonte: O auto

Figura 5.5 – Afloramento de Metapelitos intercalados com mármore no ponto 17 (X – 421679 – Y – 9475617 – Z – 404). O afloramento preserva feições de deformação entre a alternância de sedimentos carbonosos/pelíticos como boudains nas camadas mais competente.



Fonte: O autor

Ocorrem porções bem intemperizadas, oxidadas com processos de desferrificação e fraturadas. Em um afloramento específico do ponto de número 115 (X – 418882 – Y – 9472712 – Z – 464) encontram-se níveis de alteração arroxeados (Figura 5.6) nos planos de foliação.

Figura 5.6 – Afloramento do ponto 115 (X – 418882 – Y – 9472712 – Z – 464) que se destaca por apresentar coloração mais arroxeada de porção do xisto. Minerais arroxeados por alteração.



Fonte: O autor

Figura 5.7 – Biotitito encontrado no ponto de número 55B (X – 422248 – Y – 9477772 – Z – 511) em meio a uma área dominada por metatexitos.



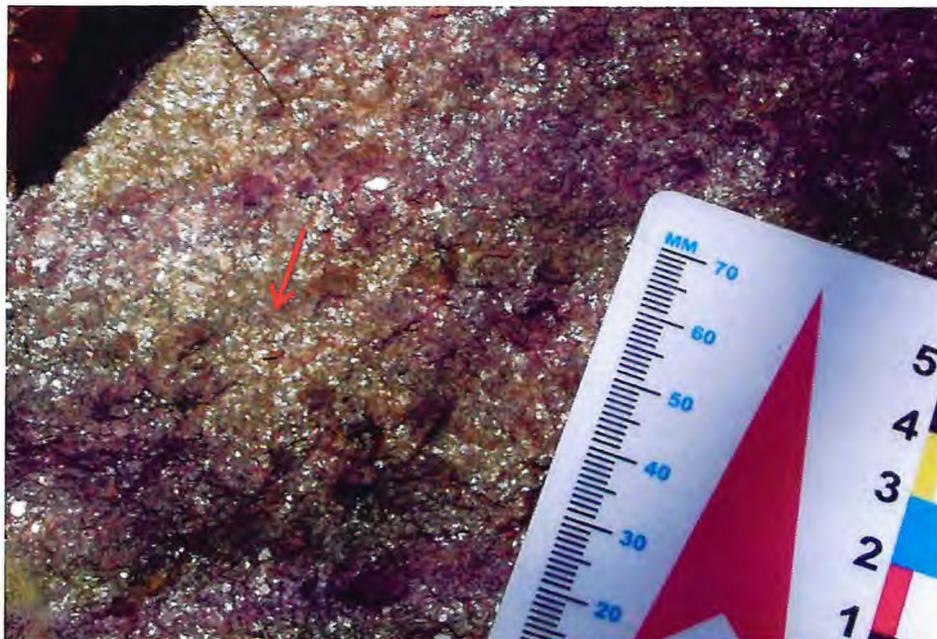
Fonte: O autor

Figura 5.8 – Muscovita xisto que aflora no ponto 50 (X – 423327 – Y – 9476828 – Z – 445). Verifica-se porções com menor quantidade de biotita



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5.9 – Porção do granada biotita xisto. Aflora no ponto de número 88 (X – 422839 – Y – 9473004 – Z – 397) e verifica-se grande quantidade de porfiroblastos centimétricos de granada, provavelmente almandina.



Fonte: O autor

5.1.2 METATEXITO

Esta é a litologia mais representativa da área mapeada (Figura 5.11). Aflora em aproximadamente 70% da poligonal estudada. Dificilmente pôde se observar contatos bruscos desta litologia com o xisto e pode ocorrer intercalado com bandas ou faixas calcissilicatadas.

Trata-se de um corpo litológico híbrido, ígneo e metamórfico, que exhibe leucossomas quartzo feldspáticos, com bordas de biotitas restíticas aos processos de fusão (Figura 5.10)

Figura 5.10 – Afloramento em escarpa, no ponto 30 (X – 420051 – Y – 9476064 – Z - 465) onde os leucossomas quartzo feldspáticos apresentam bordas de biotitas indicando processos anatéticos



Fonte: O autor

Encontra-se preferencialmente bandada ou foliada apresentando *trend* NNE e em baixos ângulos de mergulho para direções que variam de 250° a 300° Az. Porém em alguns afloramentos como o do ponto específico de número 143 (X - 424674 – Y – 9467758 – Z – 370) verifica-se foliações com maior intensidade de mergulho. Este ponto está próximo ao contato entre as subunidades Guia e São José dos Guerras do mapa regional da folha de Itatira e este alto ângulo de mergulho pode estar relacionado com cisalhamentos que limitam as subunidades do Complexo Ceará. (Anexo mapa)

De um geral os afloramentos do metatexito estão mais bem preservados que o xisto, porém pode se observar um padrão de fraturamento com média de distribuição em 130° Az (Figura 5.54.1), e nas drenagens uma forte lixiviação dos máficos presentes no corpo. Zonas muito afetadas pelo metamorfismo mostram-se mais fraturadas e mais alteradas.

Figura 5.11 – Amostra do ponto 177 (X – 424983 – Y – 9474932 – Z – 425m). Feição de dobramento por migmatização



Fonte: O autor

Os altos topográficos da região são fortemente controlados por esta litologia aflorando em íngremes escarpas (Figura 5.12) dos morros e morrotes da região como a serra da gameleira (Figura 5.12.1), e o serrote da onça. Os mesmos altos topográficos tendem a orientar-se por sentido de cavalgamento de *nappes* formando um relevo em forma *hog back* (Figura 5.13) onde o flanco menos íngreme aponta o sentido de cisalhamento de ESE para WNW, assim como a maioria dos planos de foliação onde desenvolvem-se os leucossomas deste corpo, e o flanco mais íngreme hospeda os afloramentos de escarpa havendo rupturas nas zonas das charneiras. Ocorrem também intercaladas nestas rochas faixas quartzíticas as quais podem ter mesmo efeito de preservação de altos topográficos.

Figura 5.12 – Afloramento de metatexito em escarpas.



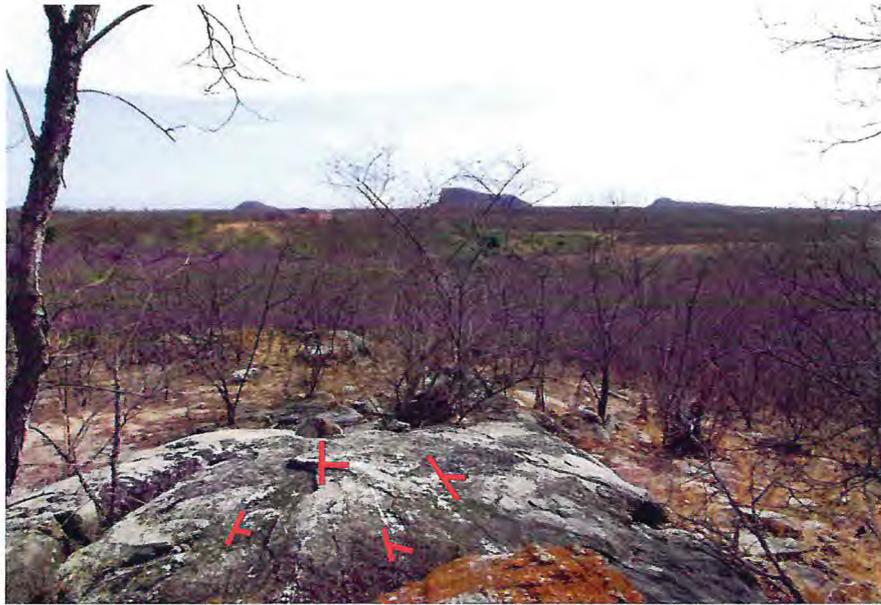
Fonte: O autor

Figura 5.12.1 – Serra da Gameleira controlada por metatexitos



Fonte: O autor

Figura 5.13 – Altos topográficos em forma de hog back com flancos menos íngremes paralelos ao bandamento regional do metatexito.



Fonte: O autor

Figura 5.14 - Porções diatexiticas do migmatito.



Fonte: O autor

No ponto de número 12 (X – 421876 – Y – 9476036 – Z - 412), verifica-se cortando bruscamente a foliação (Figura 5.15.1) deste corpo, uma drenagem (Figura 5.15.2), hoje abandonada, controlada pela alteração de um litotipo diferente, mais máfico, que exhibe a estrutura de um dique (Figura 5.15.3), tardio e intrusivo no metatexito já formado. Este dique esverdeado escuro, bastante alterado e intemperizado, possui uma mineralogia basáltica, basicamente anfibólios cálcicos e clinopiroxênios. Pode-se verificar processos tardios de alteração neste dique que está cortado por pequenos veios de calcita (Figura 5.16).

Figura 5.15.1 – Contato do metatexito com o dique no ponto 12 (X – 421876 – Y – 9476036 – Z - 412). O dique já bastante intemperizado e alterado aparece cortando o metatexito mostrando a relação de idades onde o mais jovem trata-se de um corpo vulcânico.



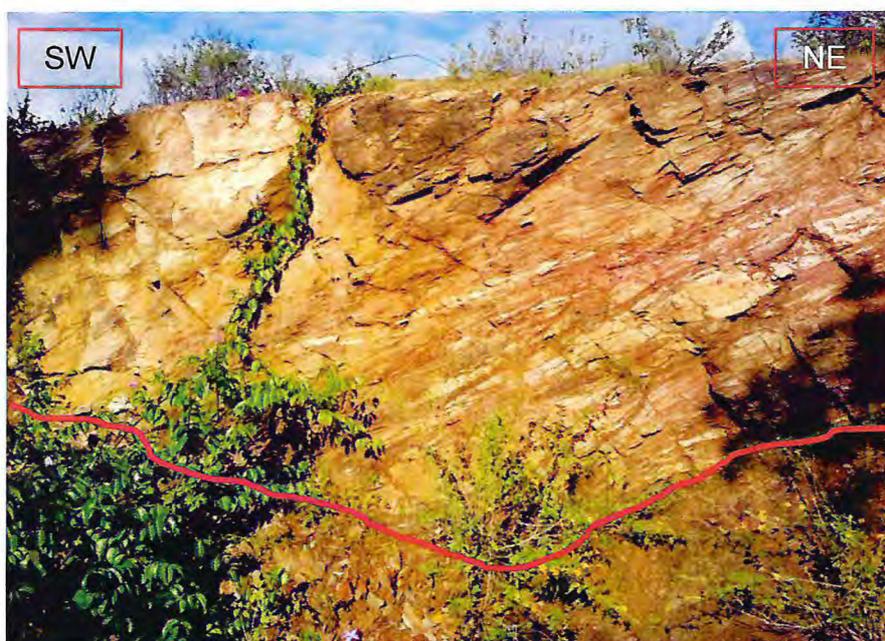
Fonte: O autor

Fonte 5.15.2 – Curso de drenagem atualmente seco, encaixado no dique, este, mais susceptível aos processos intempéricos.



Fonte: O autor

Figura 5.15.3 – Plano (SW/NE) do metatexito cortado por dique. A linha em vermelho mostra o contato aproximado entre o metatexito e o dique e marca o começo do aparecimento do depósito de talus dos sedimentos gerados por alteração do dique por ação drenagem encaixada



Fonte: O autor

Figura 5.16 – veios de calcita secundária cortando o dique. Provavelmente produto da alteração dos minerais cálcicos em meio a águas meteóricas carbonatadas. ($\text{HCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$).



Fonte: O autor

Em algumas porções fraturadas do metatexito do ponto 7 (X – 421436 – Y – 9476365 – Z – 426) verifica-se processos de epidotização em veios, preenchidos tardiamente por sílica e plagioclásio, provavelmente sódico pois o ponto está localizado perto do afloramento de diques albíticos (Figura 5.17) e oxidações ferro manganésíferas

Figura 5.17 - Processos tardios de epidotização em veios que preenchem as fraturas do corpo, se observam impregnações de óxidos ferromanganesíferos.

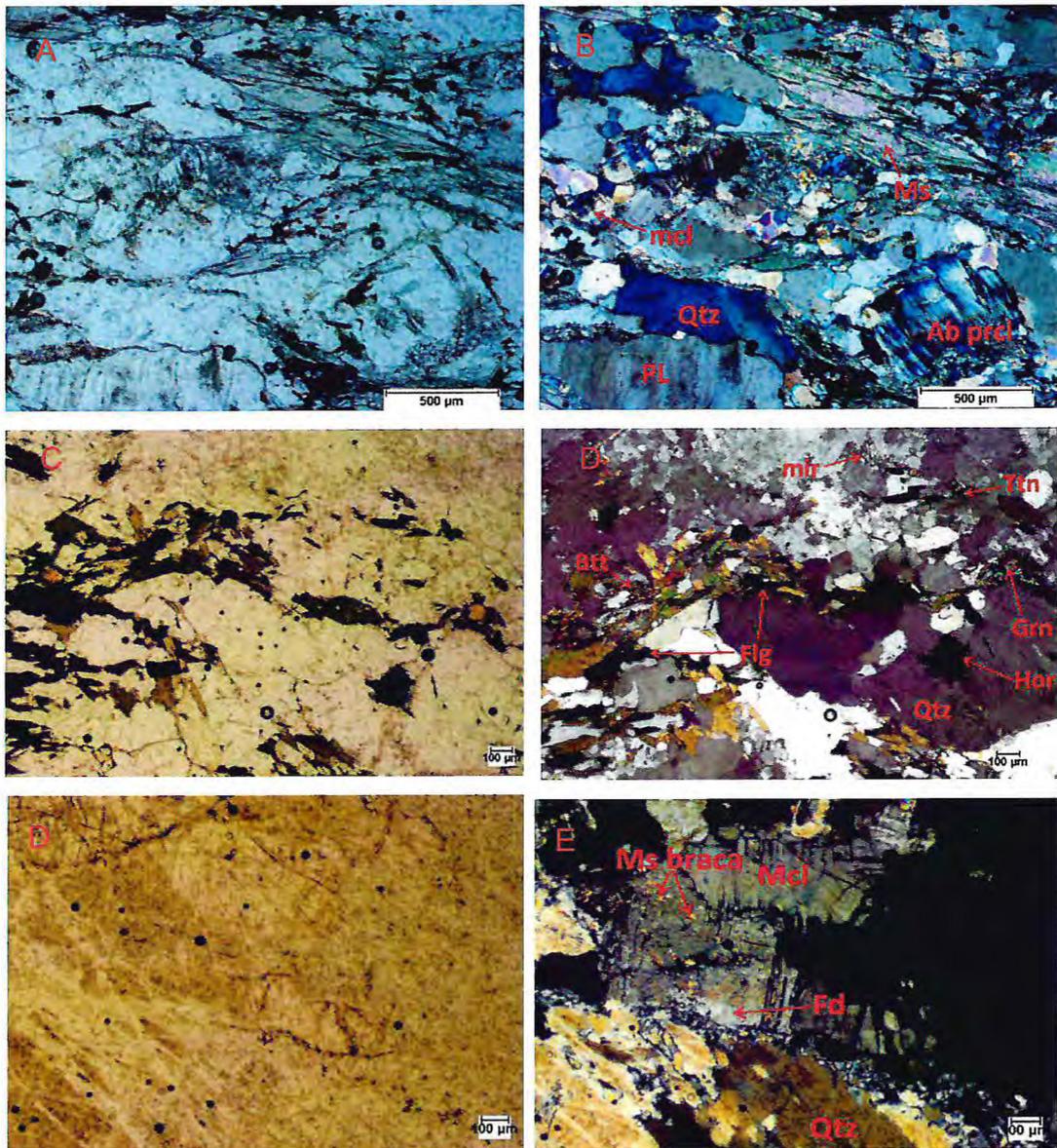


Fonte: O autor

Quanto a mineralogia deste corpo destaca-se duas porções principais que afloram na região. A primeira rica em félsicos, provavelmente produto do metamorfismo de porções arcoseanas nos metassedimentos e a segunda mais enriquecida em máficos como biotita e anfibólios oriundas do metamorfismo de porções mais pelíticas. Destaca-se quartzo, biotita e muscovita, feldspatos potássicos como microclina (Figura 5.18), plagioclásios e granada, ora como pórfiros (Figura 5.19) ora, em pequenos minerais, ora ausente. Apatita e opacos como acessórios. Anfibólios (Figura 5.20) em alguns afloramentos (Figuras 5.18 C e D,) e porções pegmatíticas com megacrístais de turmalina e muscovita.

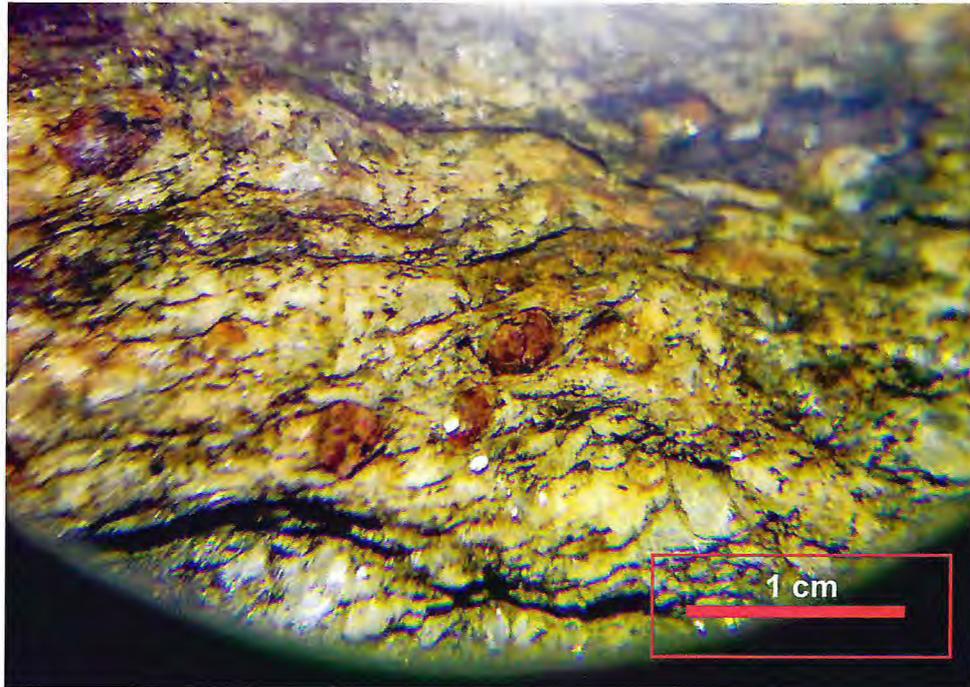
A biotita pode estar bastante alterada gerando alguns opacos e a muscovita pode variar de bastante concentrada a concentrações da ordem de 5%. Em lâminas delgadas pode-se observar processos de fraturamento gerando planos de menor pressão litostática facilitando a migração de fluidos quartzosos para estes planos que preenchem espaços intersticiais (Figura 5.18 D). As texturas mirmequíticas e que variam de granoblástica a granolepidoblástica sugerem a atuação de processos anatóticos.

Figura 5.18 - a) Lâmina do metatexito do ponto 71 (X – 422051 – Y – 9476049 – Z – 413), sob luz natural; b) Lâmina do ponto 71 sob luz polarizada do metatexito evidenciando a presença de microclina (Mcl), muscovita (Ms), quartzo (Qtz), plagioclásio (Pl)



Fonte: O autor

Figura 5.19 - Porfiroblastos de granada presentes nos leucossomas do afloramento do ponto 9 (X - 421474 - Y - 9476206 - Z - 407)



Fonte: O autor

Figura 5.20 - Anfibólios incorporados no leucossoma dos metatexitos do ponto 32 (X - 419648 - Y - 9475424 - Z - 534)



Fonte: O autor

5.1.3 CALCISSILICÁTICAS

Na região estudada, caracterizada pelos mesmos metassedimentos marinhos, ocorrem calcissilicáticas intercaladas em meio aos metatexitos, xistos e mármore, como bandas ou faixas. Encontram-se blocos rolados (Figura 5.21). Como características principais temos uma coloração esverdeada característica, estrutura maciça e elevada coesão entre os minerais da rocha.

Figura 5.21 – Amostra de bloco rolado calcissilicática em meio aos metatexitos do ponto 12 (X – 421876 – Y – 9476036 – Z - 412)



Fonte 1 autor

Mineralogicamente essa litologia apresenta quartzo, feldspatos, plagioclásio, diopsídio e granada (Figura 5.22) e em seções delgadas essas rochas apresentam minerais de anfibólios actinolita/tremolita, hornblenda (45%), quartzo (25%), plagioclásio (15%) diopsídio e titanita (15%).

No específico ponto 128 (X – 419817 – Y – 9468579 – Z – 474) observa-se um afloramento (Figura 5.22) de um no meio da Serra da Trincheira (Figura 5.23) onde ocorre uma calcissilicática

Este afloramento apresenta feições de carstificação como cavidades de dissolução além de capas de reprecipitação de carbonatos (Figura 5.25) dissolvidos da rocha. Encontra-se extremamente dobrado e redobrado (Figura 5.24) gerando foliações de que variam nos flancos das dobras, no caso recumbentes, obedecendo um padrão de caimento de 20 a 30 graus para W/NW com linhas de charneiras inclinadas aproximadamente 25 graus para 315° Az.

Figura 5.22 – Afloramento do ponto 128 de calcissilicática



Fonte: O autor

Figura 5.23 – Serra da Trincheira.



Fonte: O autor

Figura 5.24 – Padrão de dobramentos e redobramentos no afloramento onde verifica-se micro dobras em “M”, em vermelho, redobradas em flancos de dobras maiores, decamétricas, em verde



Fonte: O autor

Figura 5.25 – Película de carbonato secundário percolando a face da cavidade de dissolução, esbranquiçada. Efervesce à adição de HCl 10%



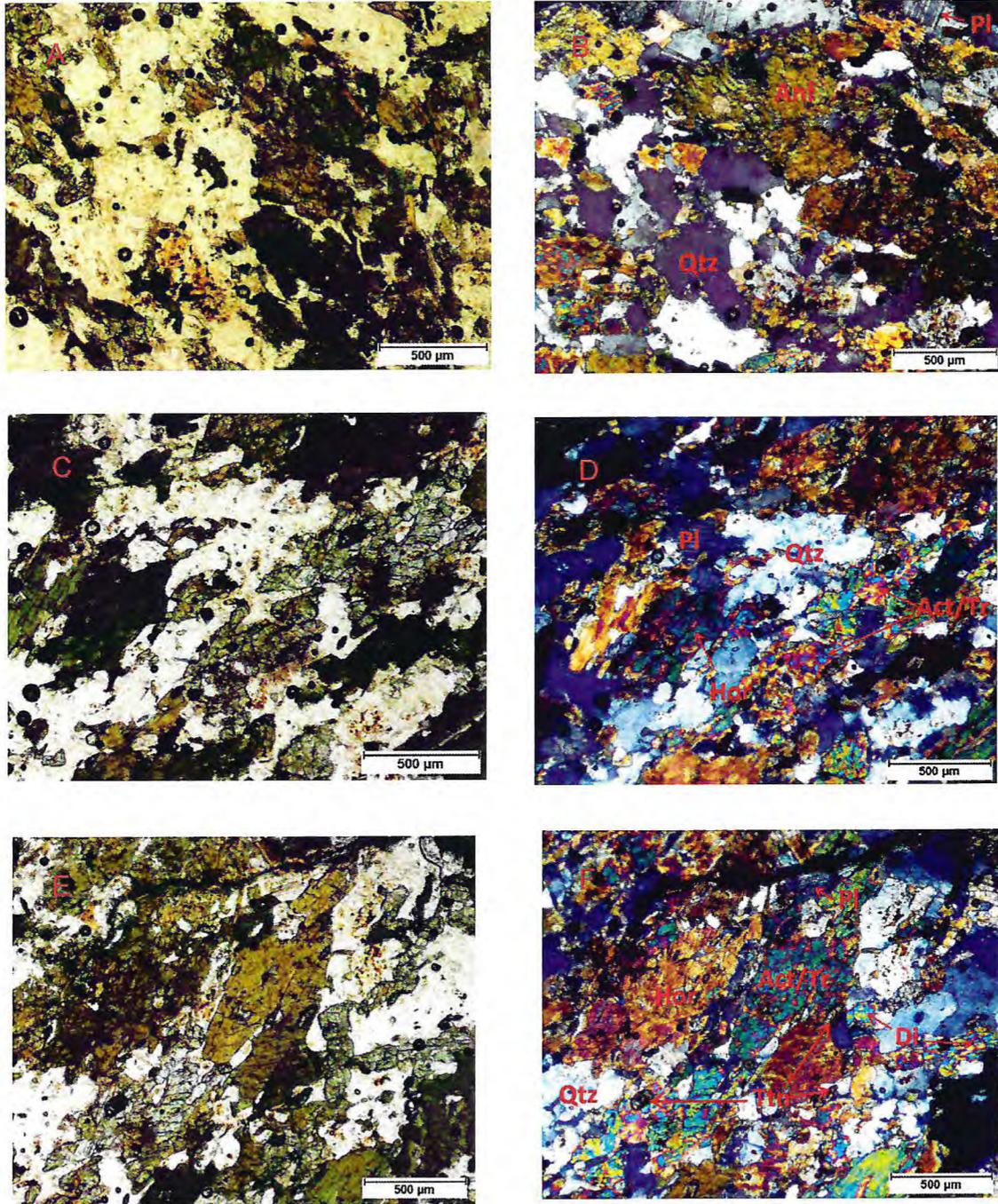
Fonte: O autor

Figura 5.26 – Amostra do ponto 128 (X – 419817 – Y – 9468579 – Z – 474)



Fonte: O autor

Figura 5.27 – Lâmina de calcissilicática do ponto 128 (X – 419817 – Y – 9468579 – Z – 474) - a); c); e) – Sob luz natural – e respectivamente b); d); f), evidenciando minerais de anfibólios (Anf - actinolita (Act), hornblenda (Hor)



Fonte o Autor

5.1.4 MÁRMORE

Os mármore da região ocorrem em diferentes tamanhos, extensões e formas. Basicamente verifica-se lajedos, blocos *in situ* de tamanhos variados (Figura 28) lentes e faixas intercaladas com os xistos (Figura 5.29), porém, algumas ocorrências intercaladas com os metatexitos. Ocorre também uma grande lente de mármore que ocupa aproximadamente 20% da poligonal mapeada (mapa geológico em anexo) na qual está inserida a caverna conhecida como Gruta Casa de Pedra (Figura 30), nas proximidades do limite do município de Itatira, localidade de São José dos Guerra. Esta gruta será descrita mais sucintamente no item 5.5.

Figura 28 – Bloco in situ de mármore localizado metros antes do grande lajedo que abriga a Caverna Gruta Casa de Pedra (X – 422048 – Y – 9475540 – Z - 420)



Fonte: O autor

Figura 5.29 – Lente de mármore que aflora na planície aluvionar, atualmente seca, do ponto 17 (X – 421679 – Y – 9475617 – Z - 404) apresentando intercalações de metapelitos, (tracejado vermelho) mais ricos em minerais silicosos e hidratados transformados em nódulos boudinados de aluminossilicatos (seta)



Fonte: O autor

Figura 5.30 – Entrada principal da caverna de mármore Gruta Casa de Pedra (X – 421996 – Y – 9473762 – Z - 423) localizada na porção SW da grande lente de mármore da poligonal mapeada.



Fonte: O autor

As observações realizadas na etapa de campo nos mostram que os pacotes sedimentares paleoproterozóicos carbonáticos foram metamorfizados no fácies anfibolito alto e sofreram processos de carstificação e dissolução química pela ação de águas meteóricas acidificadas, percolando as estruturas geradas nas condições dúcteis e rúpteis do metamorfismo. (Figura 5.32)

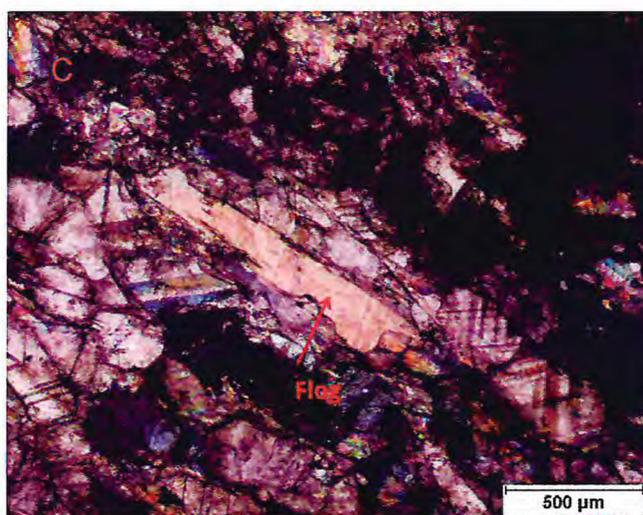
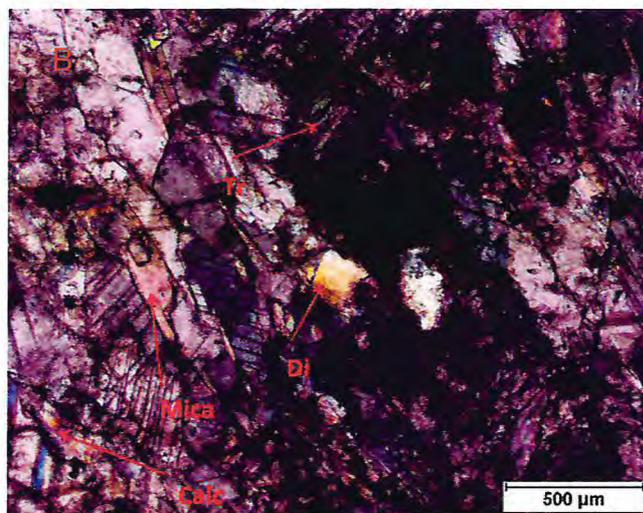
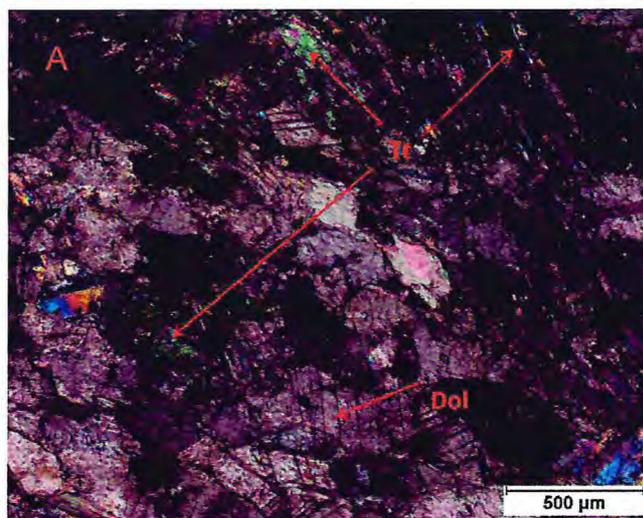
Figura 5.32 – Águas meteóricas atuais percolando as paredes do mármore



Fonte: O autor

A mineralogia é basicamente expressa por dolomita e calcita. Podem ocorrer nas porções mais impuras micas e quartzo, bem como anfibólios (actinolita/tremolita), estes, produtos do metamorfismo de argilas dessas porções impuras. Em lâminas delgadas observa-se minerais de tremolita, dolomita, calcita, diopsídio micas. (Figura 5.33).

Figura 5.33 – Lâminas das amostras de mármore da caverna Gruta Casa de Pedra, onde verifica-se em a) minerais de tremolita (Tr), dolomita (Dol); b) diopsídio (Di), micas (Mica), calcita (Calc); c) minerais de flogopita.



Fonte: O autor

5.1.5 QUARTZITO

Os quartzitos mapeados encontram-se distribuídos na área em forma de lentes ou faixas de tamanhos variáveis, centimétricos a métricos, intercalados com os xistos e mármore. Não demonstram padrões de anatexia assumindo foliações mais verticalizadas e tabulares (Figura 34) e de modo geral apresentam variações de estrutura maciça (Figuras 5.35.1 e 5.35.2) a foliada, granulação fina a média e texturas que variam de granoblástica a granolepidoblástica no caso dos quartzitos mais micáceos. Observa-se em lâminas delgadas (Figura 5.36) minerais de biotita, muscovita, titanita e opacos como acessórios.

Figura 5.34 - Afloramento de quartzito impuro foliado verticalmente que ocorre na região (X - 426502 - Y - 9475964 - Z - 432). Possui muita muscovita como impureza



Fonte: O autor

Figura 5.35.1 – Amostra do ponto 113 (X – 420595 – Y – 9471750 – Z – 450) de quartzito mais puro.



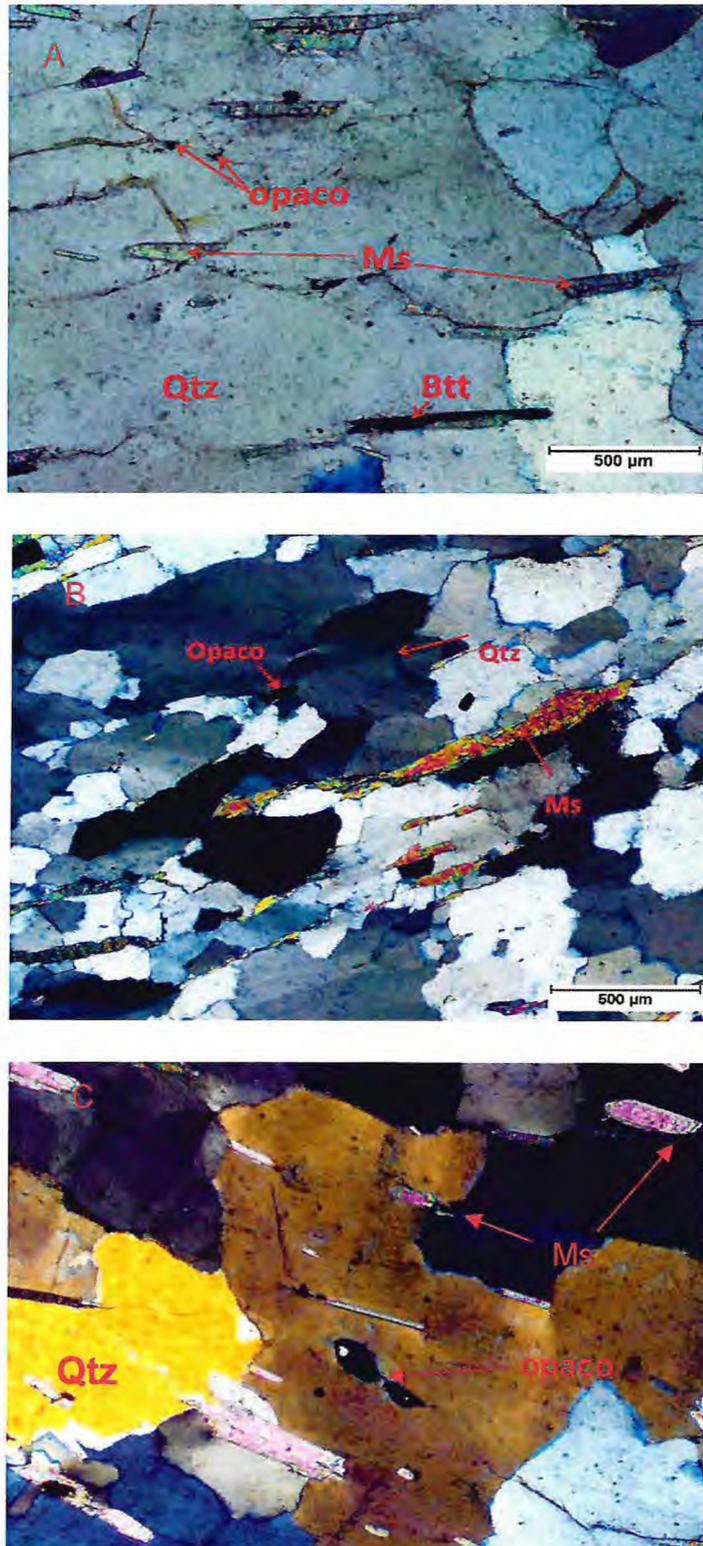
Fonte: O autor

Figura 5.35.2 – Amostra de quartzito que aflora na região (X - 426502 - Y - 9475964 - Z - 432), foliado, impuro, rico em muscovita



Fonte: O autor

Figura 5.36 - Lâminas de quartzito que aflora no ponto 133 (X – 420595 – Y – 9471750 – Z – 450) onde verifica-se em a) Lâmina sob luz normal evidenciando minerais de quartzo (Qtz), biotita (Btt), e opacos associados; b) Lâmina sob luz polarizada evidenciando minerais de muscovita (Ms), quartzo (Qtz) e opacos; c) Lâmina sob luz polarizada evidenciando quartzo, muscovita e opacos



Fonte: O autor

Os afloramentos parecem controlar alguns altos topográficos pois verifica-se muitos blocos e seixos rolados e angulosos do quartzito indicando a ocorrência de lentes sob a cobertura sedimentar autóctone nesses morros e morrotes. Verificou-se poucos afloramentos *in situ* desta litologia que se mostra, preferencialmente, em pequenas faixas dificultando o traçado de seus contatos

Alguns processos intempéricos como impregnações ferruginosas puderam gerar alterações alaranjadas nestes corpos.

Verifica-se uma mineralogia siliciclástica, geralmente com impurezas como muscovita e granada subordinadamente. Podem conter feldspato potássico.

5.1.6 SIENOGRANITO

Esta litologia foi verificada nos pontos de número 46 (X – 424198 – Y – 9476491 – Z – 467), 47 (X – 424261 – Y – 9476525 – Z – 467) e 48 (X – 424336 – Y – 9476551 – Z – 457). Trata-se de uma intrusão de corpo granítico no pacote sedimentar. Não foi possível identificar o contato entre as litologias intrusiva e encaixante pois a área de jazimento está em parte sob cobertura sedimentar.

Foi verificado a ocorrência de um corpo ígneo rico em félsicos distribuídos em: sílica (aprox. 25%), feldspato potássico (aprox. 65%) e pouco plagioclásio (aprox. 10%). Como máficos podemos identificar basicamente biotita e alguns opacos manganésíferos e/ou ferríferos (Figura 5.37).

Figura 5.37 – Amostra do ponto 46 (X – 424198 – Y – 9476491 – Z – 467), Sienogranito



Fonte: O autor

No ponto 47 observa-se processos de brechamento deste corpo (Figura 5.38) que acaba admitindo quartzo leitoso na forma de veios.

Figura 5.38 – Amostra do ponto 47 (X – 424261 – Y – 9476525 – Z – 467) de granito brechado



Fonte: O autor

Verifica-se no ponto de número 48 uma mina abandonada de Ametista. Trata-se de um corpo cristalizado a partir de fluidos silicosos tardios, leitosos e enriquecidos em cromatógrafos responsáveis pela coloração arroxeadada no quartzo, provavelmente o Fe no estado de oxidação 4^+ (Figuras 5.39.1 e 5.39.2). O jazimento de ametista em forma de dique, orientado em 055° Az, com ramificações de veios para ambas as direções perpendiculares por dentro do sieno granito, permitiu que a prospecção desta gema fosse realizada por escavações manuais. (Figura 5.40)

Figura 5.39.1 – Amostra do ponto 48 (X – 424336 – Y – 9476551 – Z – 457) de ametista intrudida no sienogranito



Fonte: O autor

Figura 5.39.2 – Ametista cristalizadas em veios no sienogranito



Fonte: O autor

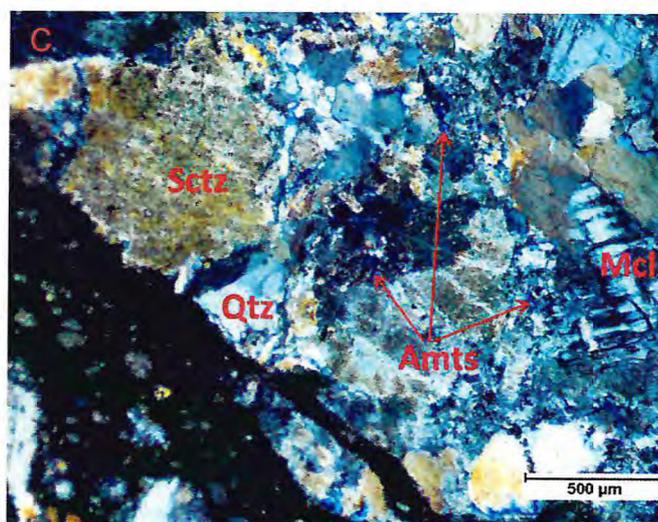
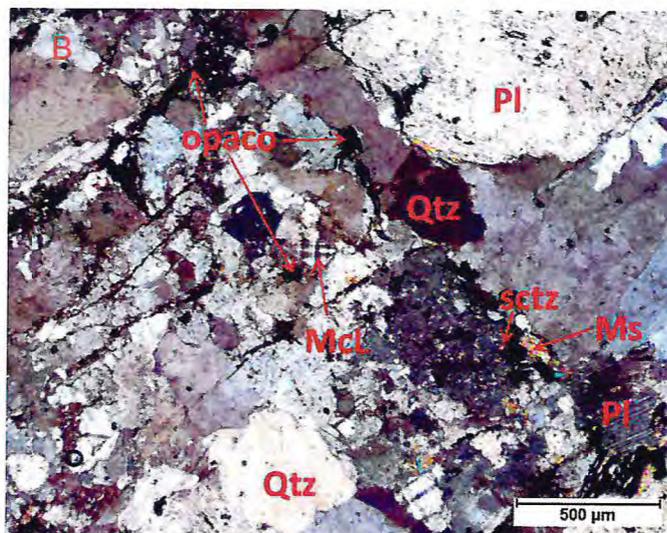
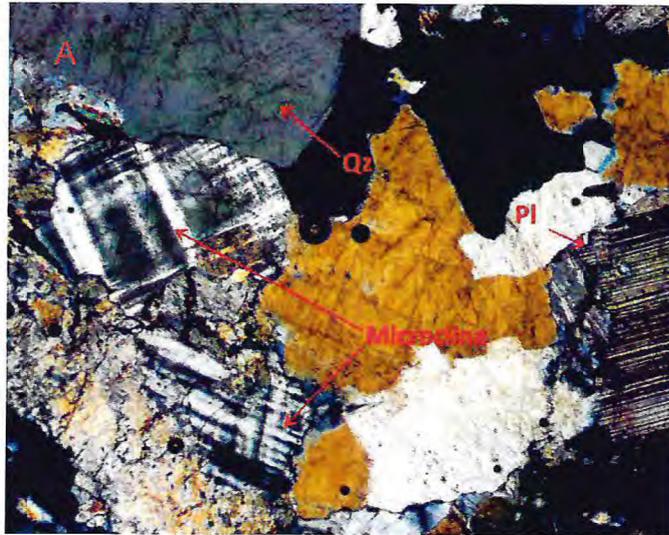
Figura 5.40 – Buraco escavado manualmente no dique orientado em 55° que ocorre a ametista



Fonte: O autor

Em seções delgadas desta rocha observa-se minerais de quartzo, ametista, plagioclásio, microclina, muscovita e opacos. Observa-se um padrão sub euédricos dos minerais desta litologia. (Figura 5.41)

Figura 5.41 –Lâmina do ponto 46 (X – 424198 – Y – 9476491 – Z – 467) onde verifica-se em a) minerais de quartzo (Qz), plagioclásio (Pl) e microclina; b) opacos, plagioclásio (Pl), quartzo (Qtz), muscovita (Ms) e processos de sericitização (sctz); c) microclina (Mcl), ametista (Amts) e processos de sericitização



Fonte: O autor

5.1.7. ALBITITO

Ocorre em um dos altos topográficos da região, no ponto 69 (X – 481815 – Y – 9477343 – Z – 442), uma litologia conhecida pela população local como pedra branca (Figura 4.42). Iniciou-se um caminhamento para o Serrote Branco onde inferiu-se o contato do metatexito descrito anteriormente com uma litologia com alto teor de plagioclásio. No ponto de número 70 (X – 417992 – Y – 9477206 – Z – 484) um afloramento de um corpo ígneo, em jazimento de um grande dique orientado em $120^\circ Az$, de um albitito. Além de fraturas em 190° e 105° /subvert (*brunton*) verifica-se também processos de alteração superficial na rocha branca (Figura 4.43) e à medida que se penetra na rocha a coloração migra para uma bege, típica de feldspato potássico (Figura 4.44). Trata-se de uma rocha bastante alcalina composta basicamente por feldspato potássico e albita.

Figura 4.42 – Afloramento em alto topográfico, ponto 70 (X – 417992 – Y – 9477206 – Z – 484), de albitito, conhecido localmente como Serrote da Pedra Branca.



Fonte: O autor

Figura 4.43 – Processos de alteração superficial na rocha branca.



Fonte: O autor

Figura 4.44 – Alteração na coloração nas feições penetrativas do afloramento.



Fonte: O autor

5.1.8 – SILEXITO

Ocorrem encaixados nas fraturas e contatos das litologias regionais. Um afloramento de grande importância é o visitado no ponto 44 (X – 421270 – Y – 9476359 – Z – 439). Trata-se de corpo oriundos de sílica remobilizada, esbranquiçados em jazimento de *stockwork* (Figura 5.45) encaixados como veios, ou entre as, litologias xistosas e metatexíticas, que aparecem brechadas (Figura 5.46)

Figura 5.45 – jazimento de stockwork oriundos de fluidos silicosos



Fonte: O autor

Figura 5.46 – Quartizito brechado por fluidos silicosos tardios.



Fonte: O autor

5.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL

Este capítulo está dedicado às abordagens das principais características das estruturas tectônicas dúcteis e rúpteis identificadas na área de estudo obtidas através de levantamentos bibliográficos e visitas de campo aos afloramentos. São comumente encontradas nos corpos litológicos inseridos na poligonal de estudo estruturas desenvolvidas nestes regimes, tais como foliações, lineações de estiramento e deslize e fraturas.

Podemos identificar eventos tectônicos em níveis crustais distintos e diferenciar três grupos estruturais nas litologias regionais: Estruturas dúcteis geradas por “n” eventos metamórficos nos pacotes sedimentares, aceitos como de ambiente marinho de margem continental passiva, e expressas pela última orogênese (brasílica/pan-africana – 610 a 540 Ma) que teve como característica principal uma colisão frontal em 610 Ma gerando espessamento crustal por empilhamento de *nappes* e metamorfismo dos sedimentos envolvidos Sn+1; Embora não muito expressivas na poligonal mapeada verifica-se a presença de estruturas formadas em torno de 590 Ma onde o regime frontal muda para um de colisão oblíqua desenvolvendo zonas de cisalhamento de caráter continental, geralmente destrais de *trend* NNE/SSW, como aflora a sudoeste do vértice SW (416995 / 9467268) da poligonal a Falha do rio Groaíras de caráter sinistral responsável pela geração dos milonitos descritos nos trabalhos regionais (Figura 5.53). O terceiro e último grupo tectônico é caracterizado por um conjunto de estruturas rúpteis pós-colisionais de idade indeterminada ocorrendo fraturas, carstificadas nos corpos carbonáticos, juntas, preenchidas por quartzo leitoso e/ou feldspato potássico diques e veios discordantes às foliações regionais. As estruturas de indícios da distribuição sedimentar inicial (Sn) como intercalações das lentes de pelitos, areias quartzosas e carbonáticas e a distribuição espacial entre elas foram perdidas durante os eventos metamórficos.

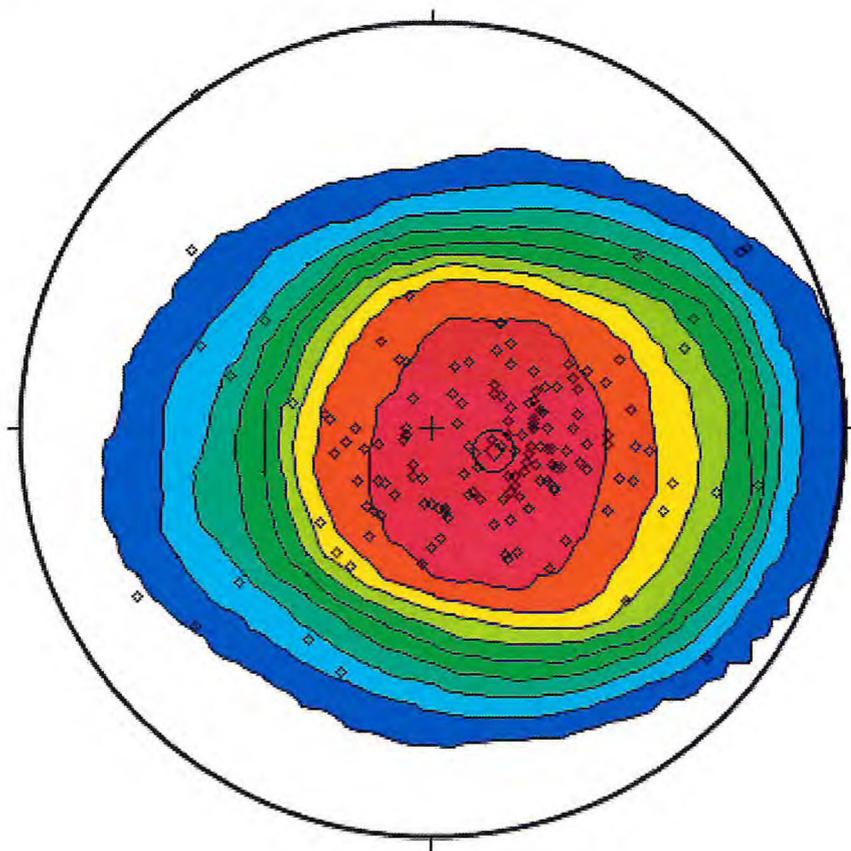
A fase de espessamento crustal da área, descrita por Arthaud *et al.* (2007), é desenvolvida nos eventos metamórficos de diferentes magnitudes em terrenos pré-cambrianos com idades variado entre o Arqueano e o Neoproterozóico. O último metamorfismo orogênico da Província Borborema termina no final do Neoproterozóico e configura todos estes terrenos pré-cambrianos num arcabouço tectono-estrutural resultante da colisão entre os crátons São Luís/Oeste Africano e São Francisco/Congo finalizando a amalgamação da porção ocidental do supercontinente Gondwana. (Arthaud 2007)

De acordo com Brito Neves (2000), eventos mais recentes, pós colisionais, datados do Mesozóico, foram interpretados como reativação de grandes falhas e fraturamentos e estes caracterizam o terceiro grupo tectônico definido na área estudada.

5.2.1 ESTRUTURAS DÚCTEIS DA FASE DE ESPESSAMENTO CRUSTAL POR COLISÃO FRONTAL (Sn)

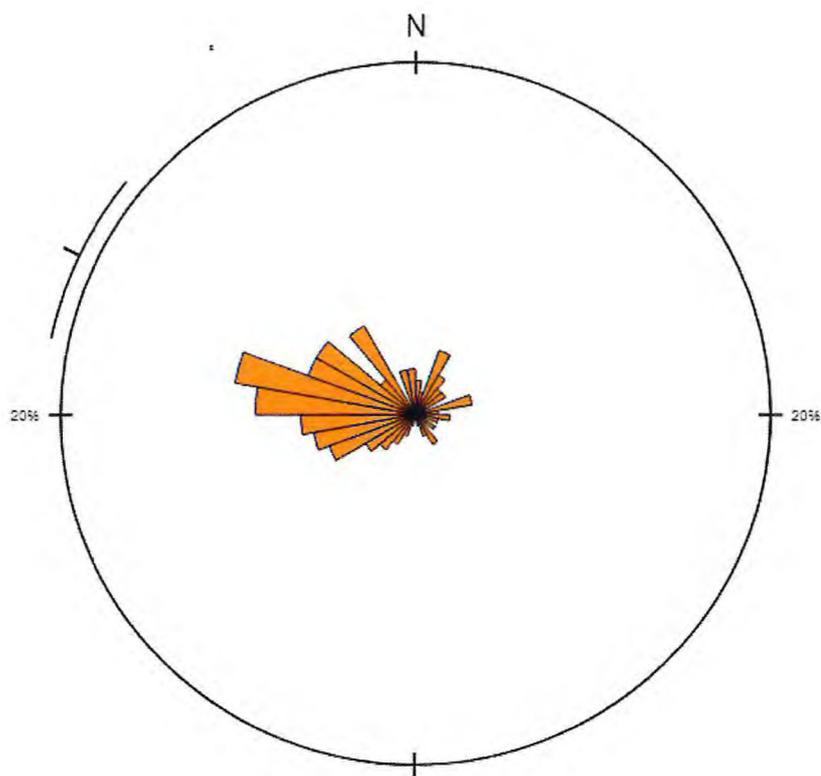
Os eventos metamórficos dúcteis da fase de espessamento crustal em sedimentos marinhos de plataforma rasa, produziram os xistos assim como as intercalações concordantes de metatexitos, quartzitos, mármore, e rochas calcissilicáticas com foliação regional Sn, cuja atitudes dos planos encontram-se representadas estatisticamente na figura 5.51.1. Foram realizadas 155 medidas de foliação Sn, as quais foram usadas para gerar o diagrama, onde observa-se o vetor médio dos polos das foliações no quadrante SE (110°), mostrando uma orientação média dos planos em NNE com mergulhos em torno de 23° para NW. Pode se verificar a distribuição da frequência das foliações nos diagramas de roseta (Figura 5.51.2) e histograma (Figura 5.51.3).

Figura 5.51.1 - Diagrama de contorno de polos dos planos de foliação Sn com vetor principal em $110^\circ/77^\circ$ (projeção estereográfica em rede de igual área – hemisfério inferior).



Fonte: O autor

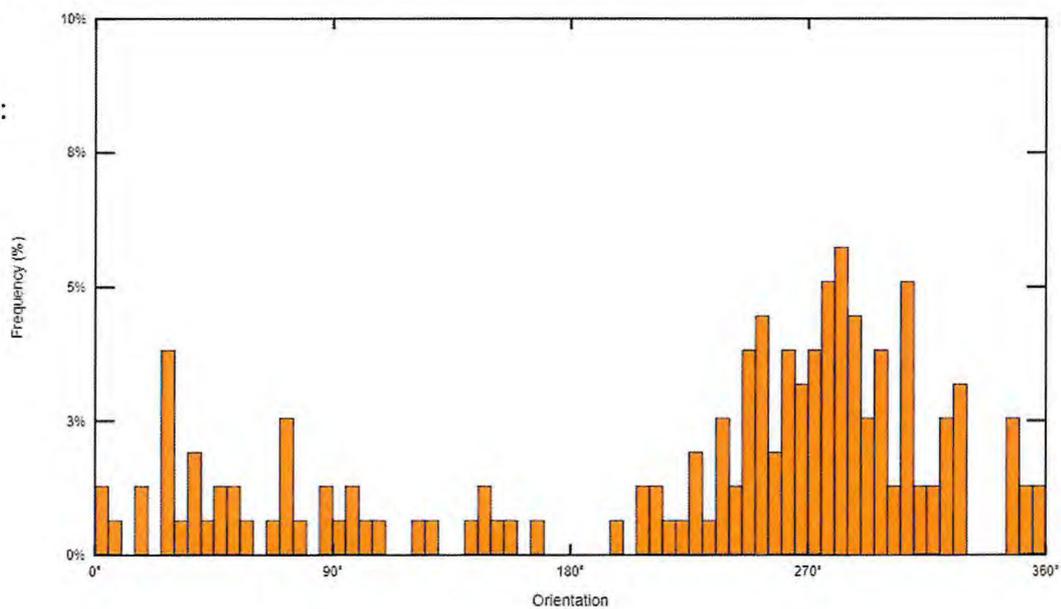
Figuras 5.51.1 – Diagrama de roseta para as foliações aferidas em campo destacando-se um vetor principal em 295°



Fonte: O autor

Figura 5.51.2 – Histograma de distribuição das foliações aferidas mostrando dois vetores principais: em 037° e em 295°

Fonte:

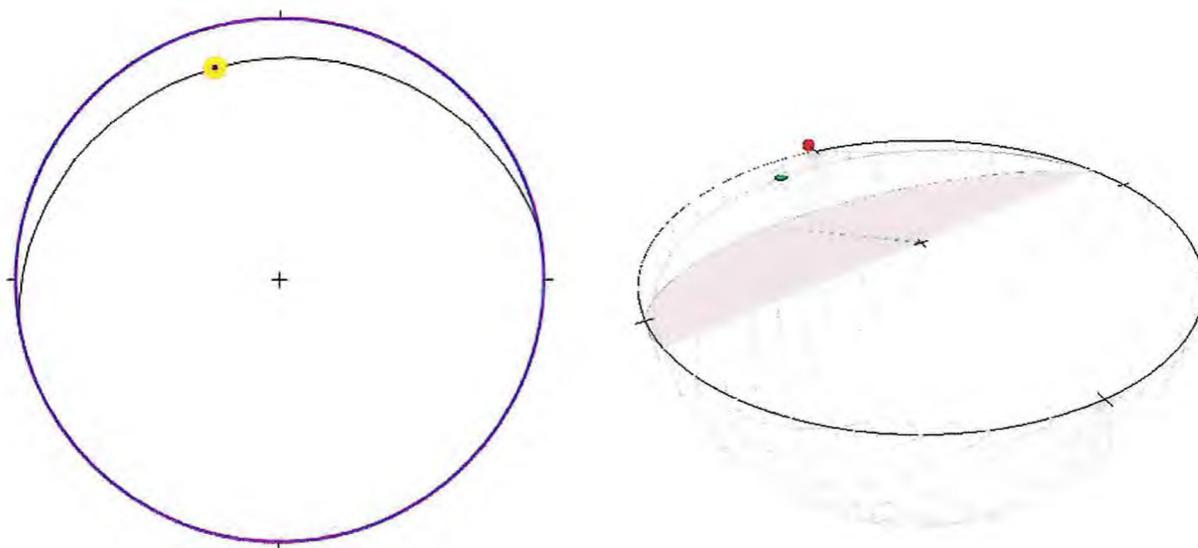


Fonte: O autor

Os planos de foliação são caracterizados nos xistos pela orientação dos minerais lamelares como biotita e muscovita, nos metatexitos pela alternância dos paleo e neossomas de espessuras variáveis e nos quartzitos e mármorees pelo bandamento plano paralelo de estrutura tabular ou maciça.

Verifica-se na visita ao ponto 05 (X – 421372 – Y 9477343 – Z – 439) algumas feições de estiramento mineral ($L_n = 343^\circ/21^\circ$) semiparalelas aos planos de mergulho máximo ($350^\circ/17^\circ$). No caso deste afloramento, como o espelho de falha é de baixo ângulo, 17° , distribuição normal para o bandamento migmatítico regional, pressupõe-se um movimento colisional formado em uma rampa de deslizamento de uma falha inversa. Esta rampa assemelha-se às *nappes* conhecidas da região e descritas em alguns nos modelos de evolução geológica para o Complexo Ceará. Lineamentos minerais dessa natureza são formados por processos de deformação dúctil, em uma direção preferencial e dentro do plano da foliação. Os dados aferidos em campo puderam fomentar a construção de um estereograma di e tridimensional para representação geométrica desta feição (Figuras 5.52.1 e 5.52.2)

Figuras 5.52.1 e 5.51.2 – Estereogramas representado as visões di e tridimensionais das feições estruturais do ponto 5



Fonte: O autor

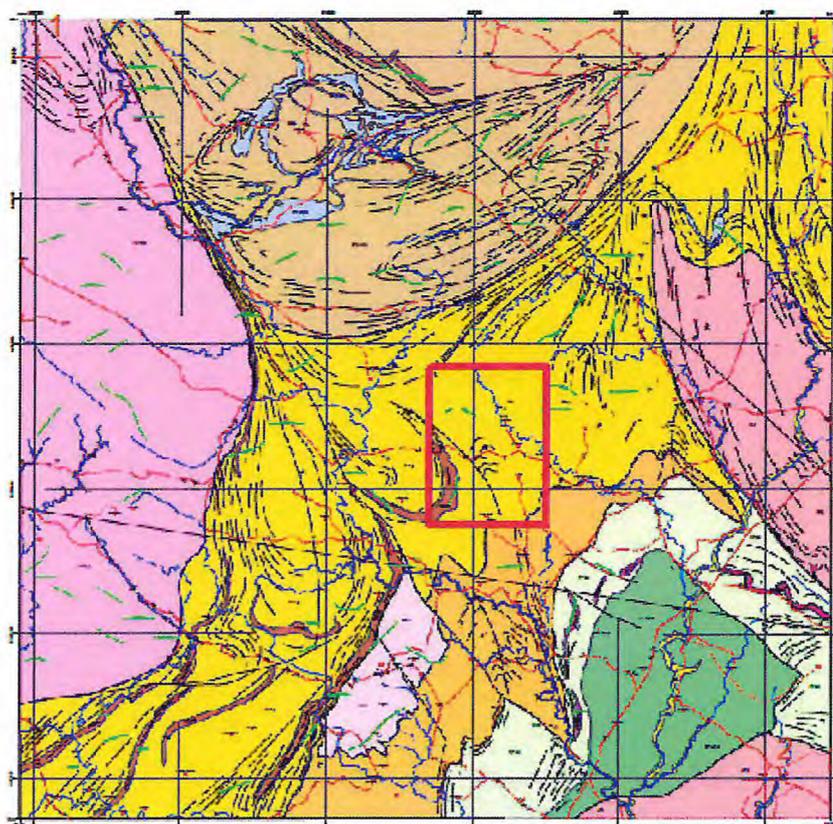
Algumas informações aferidas nos corpos migmatíticos como dobras, foliações mais inclinadas ou zonas de cisalhamento locais são feições distintas e discrepantes da média. Essas diferenças podem estar relacionadas com diferentes graus metamórficos sofridos pela rocha, ou com a sua composição, já que alguns minerais podem apresentar um ponto de fusão diferente do outro e por isso foram filtradas e não computadas no diagrama.

5.2.2 ESTRUTURAS FORMADAS NUM REGIME COLISIONAL OBLÍQUOA (S_{n+1})

A partir da análise dos dados foi possível perceber que no território mapeado não há fortes impressões do arcabouço deste grupo tectônico. Esta informação é reforçada ao plotarmos a poligonal estudada no mapa de 1:100 000 da folha Itatira (UFC/CPRM 2008) e verificarmos que as principais estruturas formadas por este grupo estão mapeadas fora da área. (Figura 5.53). Todavia zonas de cisalhamento locais são verificadas aflorantes em alguns pontos da poligonal. (Ver mapa estrutural)

Próximo, porém, fora da área de estudo ocorre uma importante falha conhecida como falha do Rio Groaíras de caráter transcorrente sinistral, direção NW-SE e idade não determinada. Em trabalhos anteriores, verificou-se que a falha afeta rochas que apresentam uma foliação milonítica verticalizada e alguns espelhos de falha e pode esta apresentar alguma influência nos corpos litológicos inseridos na poligonal.

Figura 5.53 – Imagem do mapa da Folha Itatira, 1:100 000, com poligonal estudada delimitada ressaltando a ausência de zonas de cisalhamento dúcteis na região estudada



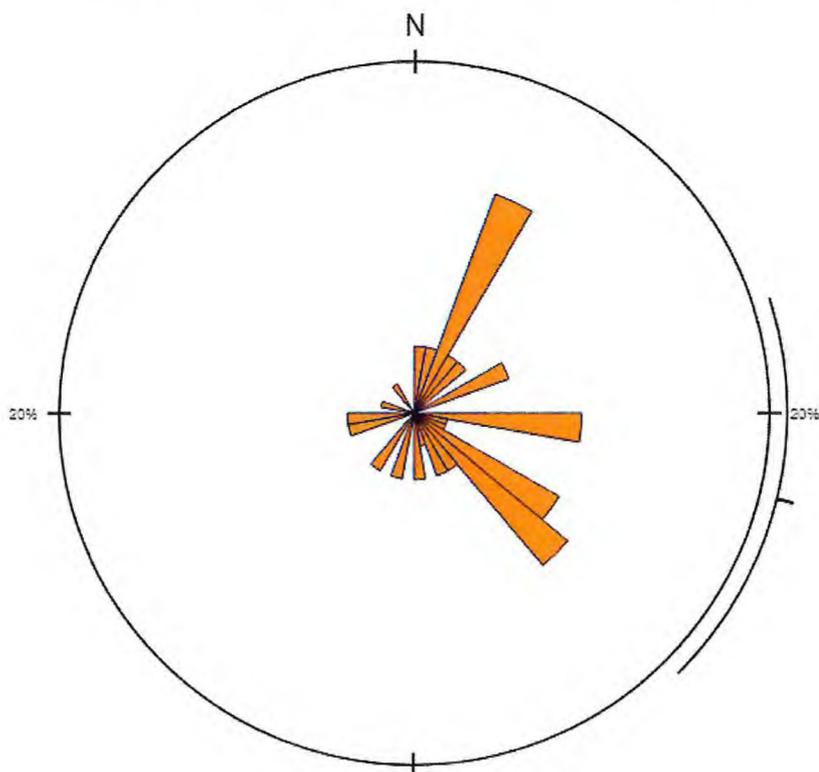
Fonte: Modificado de UFC/CPRM – 2008.

5.2.3 ESTRUTURAS RÚPTEIS PÓS-COLISIONAIS DE IDADE INDETERMINADA

As evidências que marcam o grupo tectônico tardi orogênicos são estruturas rúpteis formadas posteriormente a deformação dúctil, com tamanhos variáveis, centimétricos a métricos. Estão presentes em todas as litologias e são observadas principalmente nas rochas carbonáticas (Figura 5.32) dissolvidas por águas meteóricas, por vezes acidificadas, que percolaram, e percolam, as paredes espelho dos fraturamentos, nas intrusões quartzo feldspáticas tardias, preferencialmente nos metatexitos, ora epidotizadas (Figura 5.17), nos preenchimentos de grandes fraturas em forma de dique nos pontos 44 (Figura 5.15.2) e 70 (Figura 5.46) e no preenchimento das fraturas do corpo granítico com ametista (Figura 5.43).

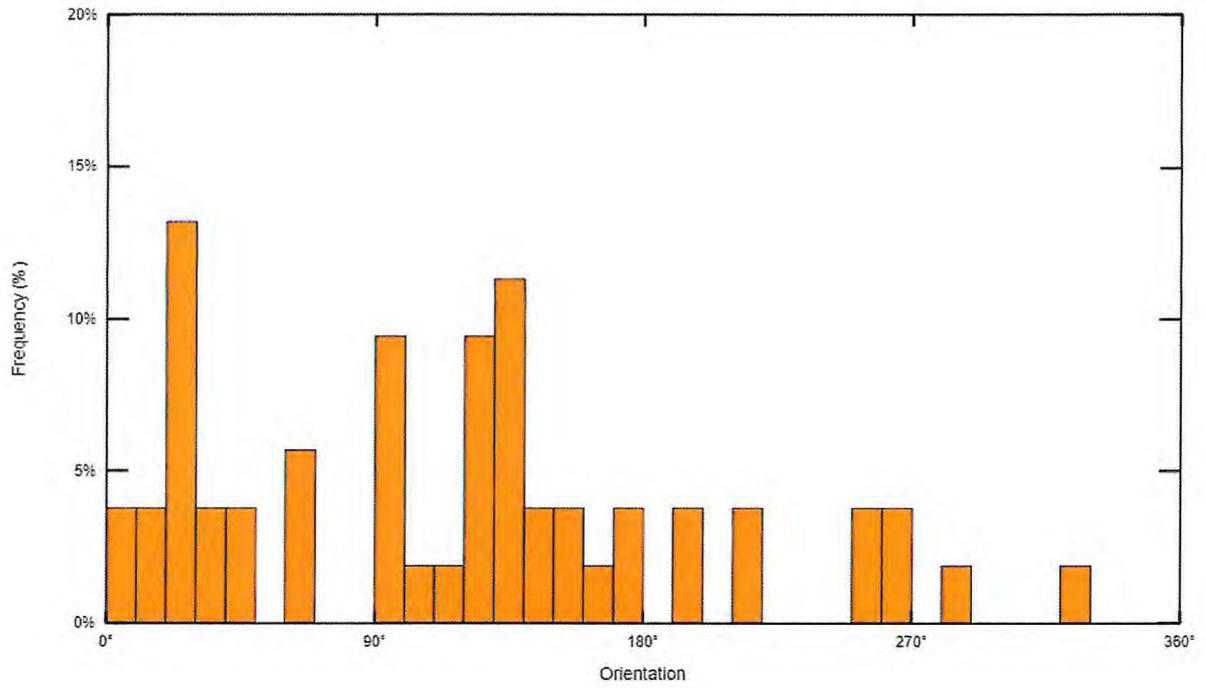
As fraturas extensionais são o tipo mais frequente de estruturas rúpteis fazendo-se presentes em quase todos os afloramentos visitados. Tratam-se de fraturas com o maior eixo de propagação paralelo aos tensores de maior esforço. As fraturas destas rochas encontram-se num padrão vertical e em diferentes direções de propagação, sendo preferenciais em $103^\circ Az$ (Figuras 5.54.1 e 5.54.2) e podem estar preenchidas com diques quartzo feldspáticos (Figura 5.55), minerais que aparecem por vezes em maior grau cristalográfico no contato com a rocha encaixante indicando um gradiente termal elevado nos contatos com o veio.

Figuras 5.54.1 - Diagrama de roseta para direções principais das fraturas, mostrando direções preferenciais para NE e SW, com o vetor médio de 12% das ocorrências em $130^\circ Az$



Fonte: O autor

Figura 5.54.2 – Histograma para as direções principais de fraturas



Fonte: O autor

Figura 5.55 – Fraturas em metatexito preenchidas por fluidos quartzosos.



Fonte: O autor

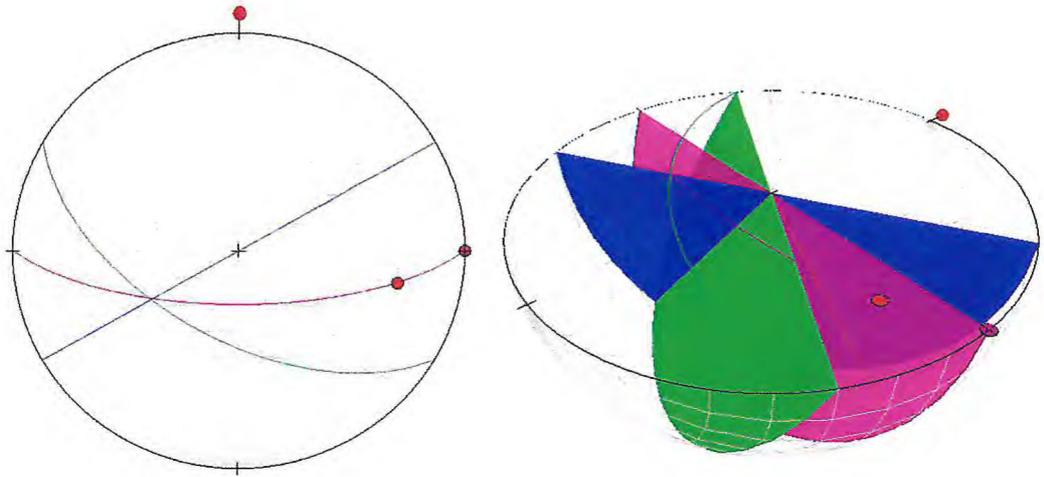
Pares ordenados de fraturas, (Fraturas Ridel) são tipos de fraturas pouco observadas, ocorrem de escalas centimétricas a métricas, localmente em pontos como o de número 07 (X – 421436 – Y – 9476365 – Z – 426) (Figura 5.56). São respostas dos corpos litológicos de alto estado reológico ao tensor que forma estes pares de fraturas não paralelas (60° entre si), onde a direção do tensor de maior esforço encontra-se, geralmente, entre elas formando um ângulo de 30° com cada fratura individualmente. O tratamento dos dados obtidos em campo permitiu a confecção de um estereograma para representação deste. (Figuras 5.57.1 e 5.57.2)

Figura 5.56 – Par ordenado de fraturas em afloramento do ponto 7 (X – 421436 – Y – 9476365 – Z – 426)



Fonte: O autor

Figuras 5.57.1 e 5.57.2 – Esterograma representando par ordenado de fraturas onde em vermelho temos a indicação do Norte; em azul temos o plano de fraturamento em 150/90; em verde o plano de fraturamento em 210/57, em roxo o plano médio 180/70 e a linha de tensor de maior esforço 90/sub-horizontal e em laranja a lineação contida no plano médio que representa a direção e caimento do tensor que gerou o par ordenado. Estes três últimos, calculados com auxílio do aplicativo on line Viseble Geology.



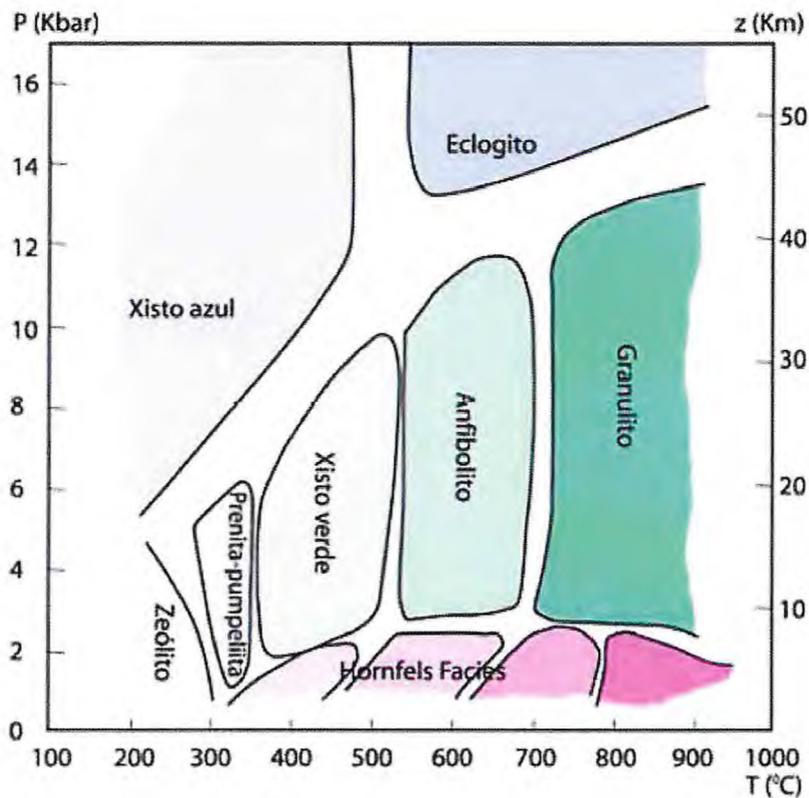
Fonte: O autor

5.3 METAMORFISMO

Este capítulo trata da descrição das paragêneses minerais, texturas e desenvolvimento metamórfico das litologias existentes na área. De um contexto geral todas as rochas existentes na região são de natureza metamórfica, com exceção os sienogranito, albitito e dique máfico, todavia os principais litotipos que apresentam minerais neoformados durante o último evento tectono metamórfico (Orogenia brasileira/Pan Africana) são os xistos e metatexitos paraderivados, quartzitos e mármore.

A área compreende metapelitos com mineralogia de alto grau metamórfico onde afloram rochas de alta pressão com texturas penetrativas, orientadas ou não. As paragêneses minerais aqui descritas enquadram-se no fácies anfibolito do diagrama PxT de (Arthaud, 2008) (figura) com pressões que variam de 7 a 12 kbar e temperaturas da ordem de 600°C. Produzidas na orogenia Brasileira/Pan-Africana neoproterozóica, de caráter compressivo as rochas metamórficas associadas a esse contexto caracterizam mais de 90% da área de estudo.

Figura 5.58 – Diagrama que mostra o espaço pressão x temperatura subdividido em domínios ou fácies metamórficas que agrupam conjuntos de reações metamórficas. Cada um desses subdomínios possui o nome referente do tipo litológico característico.



Fonte: Bonin et al., 1997 - modificado

5.3.1 XISTO

Trata-se do produto metamórfico de pelitos da região. A alta ocorrência de minerais aluminosos confere a estas rochas uma textura lepidoblástica com a orientação dos minerais micáceos paralelas aos planos de foliação. A associação mineral (Figuras 5.2.2; 5.2.3; 5.3; 5.4.1) que caracteriza este litotipo é constituída por:

Sedimentos >> Biotita + Quartzo + Granada ± Cianita ± Muscovita ± Flogopita ± Titanita ± Anfibólio ± Zircão

A presença de granada sugere graus metamórficos mais elevados que a biotita, sendo formada pela seguinte reação (Figura 5.60):

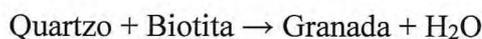
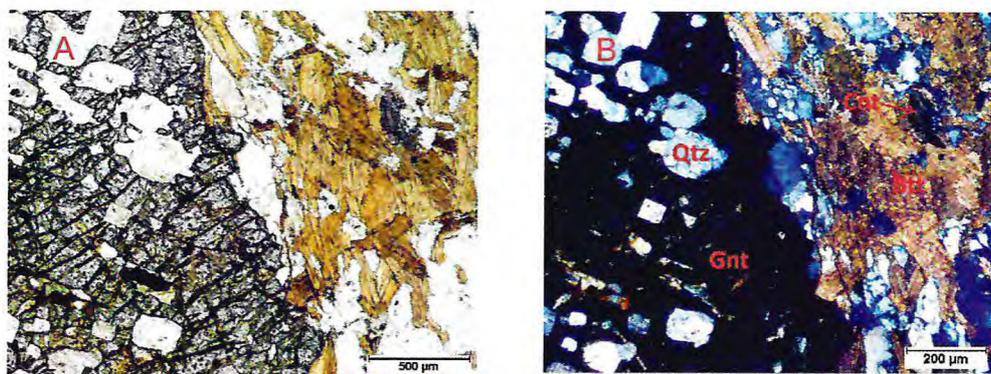


Figura 5.60 – a) Lâmina sob luz normal do ponto 06 (X – 421440 – Y – 9476570 – Z – 433); b) Lâmina sob luz polarizada do mesmo ponto evidenciando os minerais de quartzo (Qtz), biotita (Btt) e Granada (Grn)



Fonte: O autor

A fase aluminosa do xisto é marcada pela presença de muscovita, biotita e cianita. (Figuras 5.2.2; 5.2.3; 5.3; 5.4.1) e está relacionada a presença de argilo minerais no sedimento.

A partir das paragêneses apresentadas, sugere-se que o metamorfismo do xisto ocorreu em condições de fácies Anfibolito com temperaturas superiores a 450°C e pressões maiores ou iguais a 6 Kbar. Estes valores mínimos estão balizados pela presença de cianita (Figura 5.59).

5.3.2 METATEXITO

A associação mineral desta rocha, híbrida, e as observações de campo sugerem que os metatexitos são produtos da fusão parcial dos xistos. Tratam-se de rochas com feições ígneas e metamórficas como migração de fluidos intersticiais, mirmmequitização, e textura granoblástica poligonal. Os metatexitos apresentados na área A associação mineral desta litologia é composta por:

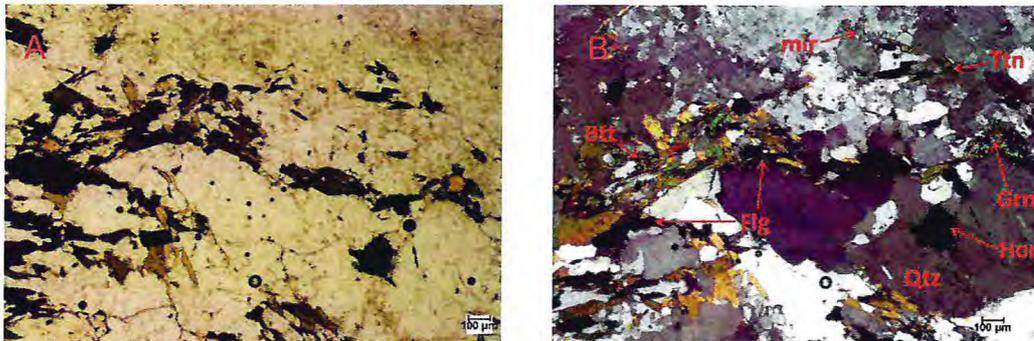
Xistos >> Quartzo + Plagioclásio + Biotita + Muscovita + K-feldspato ± Granada ± Anfibólio

Podem ocorrer as seguintes reações de fusão:

i) Biotita + Quartzo → Granada + K-feldspato + líquido (Figura 5.61)

A granada foi formada pelo produto da reação da biotita com quartzo.

Figura 5.61 – a) Lâmina sob luz normal do ponto 49 (X – 423525 – 9476526 – Z – 455); b) Figura da mesma lâmina sob luz polarizada evidenciando a granada como produto da reação da Biotita + Quartzo.

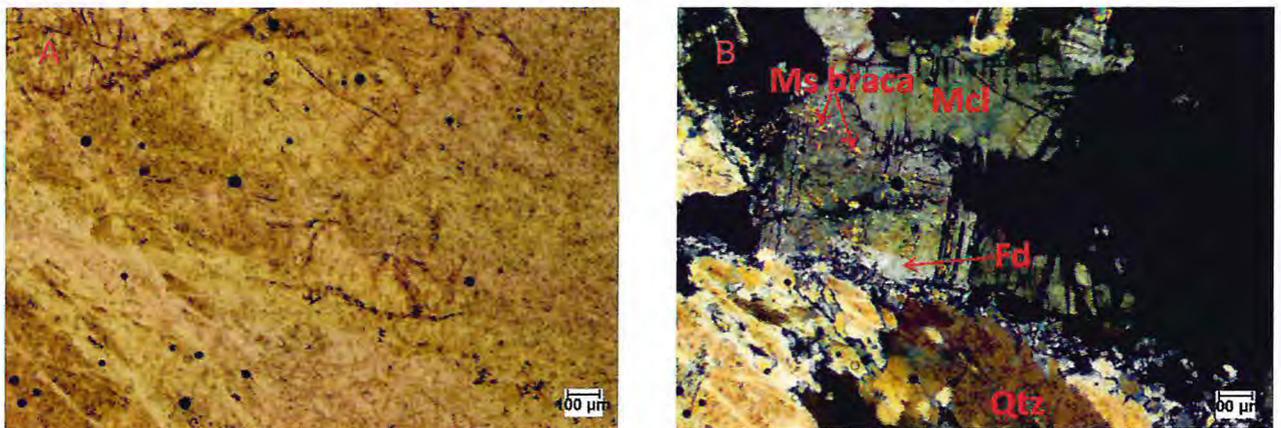


Fonte: O autor

ii) Biotita + Quartzo \rightarrow K-Feldspato + liquido (Figura 5.62)

O feldspato potássico foi formado a partir da reação da muscovita com o quartzo no processo de fusão. (Figura 5.62)

Figura 5.62 – a) Lâmina sob luz normal do ponto 12 (X – 421876 – Y – 9476036 – Z - 412); b) Lâmina sob luz polarizada do mesmo ponto evidenciando a reação de formação do feldspato



Fonte: O autor

iii) Biotita + Quartzo + Plagioclasio \rightarrow K-Feldspato + liquido

iv) Biotita + Plagioclasio + Quartzo \rightarrow K-Feldspato + Granada + Biotita + liquido

5.3.4 ROCHAS CALCISILICÁTICAS

As rochas calcissilicáticas encontradas na região podem ser formadas a partir do metassomatismo de mármore ou pela fusão parcial dos anfibolitos, que ocorrem descritos na região. Embora ocorram anfibolitos nas subunidades mapeadas as relações de campo observadas na poligonal estudada sugerem que essas calcissilicáticas tenham sido geradas pelo metassomatismo dos sedimentos pelíticos/margosos. Possuem associação mineral composta por (Figura 5.27):

Xistos e migmatitos >> Anfibólio + Plagioclásio + Quartzo + Diopsídio ± Titanita

5.3.5 MÁRMORE

Ocorrem na região como lentes ou faixas geradas no metamorfismo regional. Têm o protólito basicamente formações calcárias intercaladas com margas. Os processos metamórficos geraram uma assembleia mineral composta por (Figura 5.33):

Calcário >> Calcita + Dolomita + Anfibólio + Diopsídio ± Muscovita

5.3.6 QUARTIZITO

No mesmo contexto regional esta litologia ocorre intercalada aos xistos e mármore descritos embora se verifique uma distribuição horizontal significativamente menor em relação aos outros metassedimentos. Produtos do metamorfismo de arenitos, apresentam uma assembleia mineral composta basicamente por quartzo. Podem ocorrer micas e opacos nos planos de foliação. Verifica-se poucas variações na textura que vai de granoblástica nas porções mais puras a granolepidoblástica nas porções impuras.

Sedimentos >> Quartzo ± Muscovita ± Opacos

5.4 RECURSOS ECONÔMICOS

A região estudada é caracterizada por um ambiente tectônico que sofreu bastante transformação metamórfica e orogênica. Ambientes deste tipo podem agrupar diversos tipos de mineralizações. Porém as rochas encontradas no mapeamento possuem uma assembleia mineral que indica uma profundidade de metamorfismo da ordem de 12 Km, ou seja, embora o ambiente tectônico tenha sido favorável a geração de importantes mineralizações, estas ter-se-iam formado em porções mais rasas da crosta, e hoje estão completamente erodidos e transportados.

De qualquer forma ainda é possível verificar a exploração de alguns materiais na região como:

5.4.1 CaO

Proveniente do mármore, explorado artesanalmente em caieiras espalhadas pela região com preferência das áreas que ocorrem os afloramentos mais puros da grande lente de mármore que aflora na parte centro norte da poligonal. Destaca-se uma caieira abandonada próximo à entrada da caverna Gruta Casa de Pedra.

5.4.2 AMETISTA

Apesar de atualmente não existir nenhuma atividade mineral no afloramento, os moradores da região afirmam que antigamente este era explorado, também artesanalmente, como matéria prima para a produção de gemas. Esta ocorre encaixada num sieno granito localizada no NE da poligonal mapeada e, embora sejam necessários mais estudos desta ocorrência, podemos sugerir que esta mineralização ocorre associada contaminação de Fe^{4+} , presente na biotita do sienogranito e provavelmente na encaixante metassedimentar deste, do fluido quartzoso, tardio, responsável pelo brechamento do corpo ígneo;

5.4.3 RUTILO

Ocorre em frações cascalhosas perto dos contatos das lentes de quartzito com o xisto da porção NW da poligonal. Nada muito anômalo, mas os moradores da região também afirmam que antigamente o rutilo era usado como moeda na troca de alimentos. Ocorre associado com cascalhos magnéticos, e bem alterados. Verificou-se a ocorrência deste no ponto de número 112 (X – 420433 – Y – 9471733 – Z – 454).

5.5 CAVERNA GRUTA CASA DE PEDRA

Este subitem é destinado a ocorrência e estudo da caverna Gruta Casa de Pedra (Figura 5.34) que contou com o auxílio da bolsa de iniciação científica (PIBIC) **Controle Estrutural e Gênese da Caverna Casa de Pedra no município de Madalena, CE** que serviu de importante contraproposta para o começo dos estudos na região mapeada e teve por objetivo, mapear as faixas carbonáticas, a confecção de um modelo tridimensional (Figuras 5.35.1 e 5.35.2) e estudar os condicionantes estruturais (dúcteis e rúpteis) de carstificação e formação da Gruta Casa de Pedra situada no município de Madalena, CE. Alguns dados obtidos em etapas de campo específicas para espeleologia da área serão descritos aqui.

O projeto de iniciação científica contou com o apoio do Ministério Público Estadual (MPE) através do Conselho de Políticas e Gestão do meio Ambiente, Urbanismo, Paisagismo e Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural CAOMACE, o qual vem coordenando as ações de criação de um grupo de trabalho com objetivo de tratar das ações de proteção do Patrimônio Espeleológico no Estado do Ceará. O grupo, consolidado ao final do ano passado, inclui pesquisadores e técnicos vinculados a órgãos federais, estaduais e entidades de classe, entre eles o CONPAM, SEMACE, IPHAN, DNPM, CPRM e DEGEO-UFC, e tem por finalidade tomar o devido conhecimento das mais de quarenta cavernas conhecidas no Estado do Ceará, algumas delas como a Casa de Pedra, contendo vestígios arqueológicos que precisam ser estudados e preservados.

Figura 5.63 – Caverna Gruta Casa de Pedra



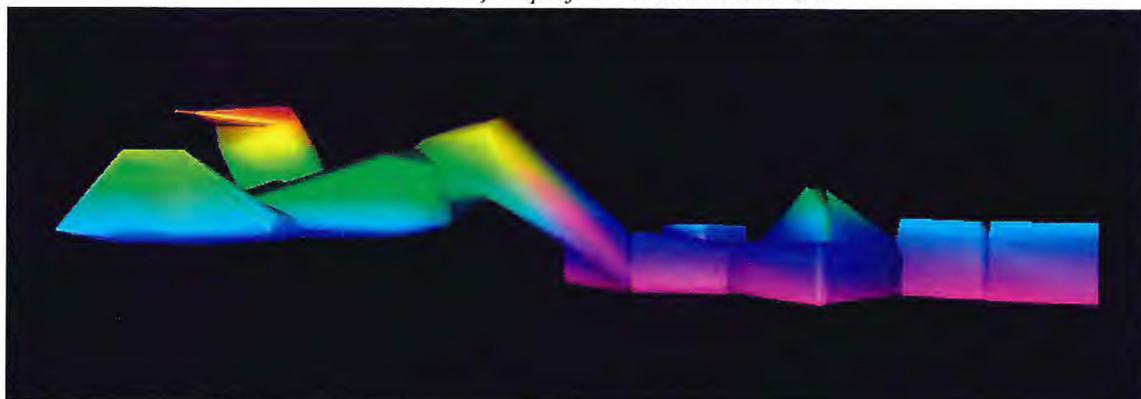
Fonte: O autor

Figura 5.64.1 – Perspectiva do Modelamento 3D da caverna no software CaveX



Fonte: O autor

Figura 5.64.2 – Perfil do modelamento 3D indicando três principais paleo níveis freáticos que geraram dissoluções profundas horizontalmente.



Fonte: O autor

A gruta Casa de Pedra foi selecionada pelo MPE como estudo de caso em função de sua importância como patrimônio espeleológico estadual, por conter registros de arte rupestre, e pelo seu estado atual de depredação. Este projeto de iniciação científica propõe dar continuidade aos estudos espeleológicos no estado do Ceará incluindo um novo argumento: realizar pesquisas em carstes pré-cambrianos, mais antigos que 0.66 Ga, onde os processos de dissolução podem ter sido condicionados por estruturas geradas em fases distintas de deformação desenvolvidas em condições dúcteis e rúpteis, formadas antes mesmo das fases mais novas de formação do relevo e exposição das rochas às intempéries superficiais.

A caverna Gruta Casa de Pedra está localizada (UTM X = 422 000; Y = 9475 540) entre o município de Madalena e o distrito de Lagoa do Mato, Itatira/CE (anexo mapa), inseridas na Unidade independência, Subunidade Guia (MAPA GEOLÓGICO FOLHA ITATIRA SB.24-V-B-V ESCALA 1:100.000 - UFC/CPRM - 2008) no extremo Norte/Noroeste da Província Borborema. Verificou-se por material bibliográfico e observações de campo que esta é caracterizada por metassedimentos marinhos gerados a partir de um embasamento Paleoproterozóico, com contribuição arqueana ou não, no domínio tectônico Ceará Central da Província Borborema, no nordeste brasileiro. Estes metassedimentos caracterizam uma sequência metamórfica QPC (quartzo; pelito; carbonato) na qual desenvolveram-se, principalmente, paragnaisse, micaxistos, quartizitos, metatexitos e mármore. Esta última representa o litotipo no qual desenvolveu-se o terreno cárstico por meio da dissolução química nos carbonatos pela ação da água intempérica, em parte acidificada, percolando estruturas geradas nas condições dúcteis e rúpteis do metamorfismo, 1700 a 700 Ma, que acabaram por gerar um complexo de galerias e salões interconectados, que configuram a atual geometria interna da Gruta Casa de Pedra.

6 EVOLUÇÃO

A área estudada é interpretada como um paleo ambiente marinho de plataforma continental rasa formada pela intercalação de rochas areníticas, argilosas e carbonáticas (Torres 2006) geradas, provavelmente, por intemperismo e transporte de sedimentos de rochas paleoproterozóicas continentais, onde após a sedimentação os processos metamórficos geraram, respectivamente, quartzitos, xistos e mármore. Estas rochas foram formadas, provavelmente, no mesmo período geológico e sofreram os mesmos eventos de transformações ao longo do tempo.

Os processos metamórficos de alto grau, anfibolito alto, provocaram fusão parcial no xisto gerando metatexitos a biotita e granada, portadores de cianita, indicando pressões que variam de 7 a 12 kbar e temperaturas da ordem de 600°C. Os metatexitos encontram-se em contato gradacional com os xistos o que sugere que foram formados a partir deste e bandados sob baixo ângulo mergulhando para preferencialmente para WNW aproveitando feições preexistentes de cavalgamento (*nappes*), resquícios da fase de espessamento crustal. A anatexia generalizada sugere que o metamorfismo regional teve seu pico metamórfico no fácies Anfibolito alto e Granulito onde as pressões variam de 4 a 12 Kbar e as temperaturas de 650 a 850° C.

As calcissilicáticas e contribuições anfibolíticas verificadas na área ter-se-iam formado por metassomatismo de mármore ou porções carbonáticas intercaladas no xisto.

Tais litologias provavelmente foram formadas durante um mesmo evento tectônico, o Ciclo Brasileiro, e possuem diferentes respostas a este metamorfismo.

O período final desta orogênese, ou ainda mais recente, foi marcado por intrusões graníticas, falhamentos e fraturamentos com preenchimento de fluidos quartzo feldspáticos tardios. A ausência de deformação nos leucossomas dos metatexitos sugere mais fortemente que estas rochas foram formadas no período Neoproterozóico.

7 CONCLUSÕES

Com a finalização deste relatório de graduação pudemos constatar a eficiência dos procedimentos empregados nas etapas pré campo, campo e pós campo aplicadas ao mapeamento geológico estrutural de uma **porção de aproximadamente 60 km² da Unidade Independência do Complexo Ceará localizada próxima ao distrito de São José dos Guerras, no município de Lagoa do Mato, CE.**

Concluimos que na área escolhida estão inseridos os quartzitos, xistos e mármore, migmatitos e calcissilicáticas, um corpo de sienogranito, dois diques de albitito e um dique máfico na subunidade Guia e, em menor proporção, metatexitos na subunidade São José dos Guerra. Estas rochas encontram-se orientadas num *trend* preferencial NNE/SSW com caimentos de baixo ângulo, aproximadamente 25°, para WNW. As informações estruturais também mostram um pico de distribuição de direções de caimento para N, relacionadas a variações locais do bandamento migmatítico.

São litologias que compõem uma sequência metassedimentar, de ambiente marinho raso de margem passiva. Esses sedimentos foram gerados por processos intempéricos em plataformas continentais paleoproterozóicas e depositados na bacia oceânica juntamente com a precipitação de carbonatos. Foram transformados no evento metamórfico no final do Proterozóico, aproximadamente 600 Ma, onde a orogenia brasiliana/pan-africana retrabalhou todo esse pacote recristalizando assembleias minerais em equilíbrio para o fácies anfíbolito.

Eventos tectônicos tardios teriam proporcionado a geração de dois padrões de fraturamento orientados NE/SW e NW/SE. Estas apresentam-se por vezes preenchidas por veios e diques quartzosos.

O estudo integral da área selecionada subsidiou a geração de um mapa geológico estrutural na escala de 1: 20.000, um mapa de caminhamento de mesma escala e uma seção lioestratigráfica, também de mesma escala, de 9,5 km de extensão que representa os contatos entre a maioria dos litotipos aflorantes.

8 DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo trata das considerações, exposição de ideias e argumentos para interpretações das feições geológicas observadas em nas etapas pré campo, campo e pós campo. São realizadas aqui algumas recomendações para enriquecimento do conhecimento da região.

Primeiramente, a região estudada possui poucos estudos de detalhe, o que dificulta a compreensão das relações litoestratigráficas e metamórficas da unidade Independência. Embora autores anteriores tenham descrito subunidades principais que se diferenciam entre si principalmente por critérios de localização também são estabelecidos padrões litológicos para a definição dos contatos entre estas subunidades tornando mais fácil a cartografia do Grupo Ceará.

De uma forma geral temos nas subunidades Guia e São José dos Guerras (unidades que afloram na área escolhida de acordo com mapa da folha Itatira – CPRM/UFC - 2008) (Figura 5.53):

- i) Subunidade Guia: Biotita gnaisses com granada e as vezes muscovita, aluminossilicatos são comuns (cianita/silimanita) e podem estar associados com rutilo; cristas de quartizitos também são comuns; lentes descontínuas de mármore e calcissilicáticas bem como *boudins* ou lentes extensas de anfibolitos as vezes ricos em granada (Arthaud, 2008).
- ii) Subunidade São José dos Guerras: Biotita gnaisses com ou sem muscovita; intercalações de quartizitos e muscovita biotita gnaisses com granada e silimanita e apresenta migmatização incipiente. Os biotita gnaisses são interpretados como derivados de metagrauvas. Uma característica interessante desta subunidade é exposta no contato com a Unidade Algodões onde verifica-se uma sola milonítica caracterizada por fina muscovita recristalizada e grãos arredondados de granada. (Arthaud, 2008)

Diferentemente do descrito no item 4.1.2.1 observa-se processos de migmatização relacionados apenas aos xistos.

As observações de campo sugerem que o xisto seja produto do metamorfismo de sedimento fino, aluminoso, como grauvas por exemplo, com planos de xistosidade semi paralelos a estruturas de rampas de deslizamento, *nappes*. De mineralogia bastante hidratada e variada o xisto é conhecido por ser uma rocha fértil em relação aos processos anatéticos, podendo gerar a maioria, ou todos, dos metatexitos encontrados em contato com ele. Os contatos gradacionais entre os metatexitos e os xistos sugerem mais fortemente ainda que o xisto foi responsável pela geração dos metatexitos mapeados.

A presença de turmalinas nos leucossomas do xisto encontrados no ponto 27 (X – 417459 – Y – 9475180 – Z – 471) sugere a presença de flúor no sedimento fortalecendo a ideia de um paleo ambiente marinho de sedimentação desses argilo minerais.

Assim como os mármore, xistos e quartizitos, os metatexitos encontram-se orientados NNE/SSW com mergulhos de baixos ângulos para WNW. Estas estruturas sugerem fortemente a ideia de estruturas relacionadas a rampas de deslizamento da fase de espessamento crustal do pacote sedimentar. Estas rampas de deslizamento de falhas inversas numa tectônica de empurrão são regiões anisotrópicas das rochas, onde a pressão litostática é rebaixada fortemente facilitando a anatexia e provocando a formação de migmatitos

Os metatexitos dispostos na área apresentam variações composicionais. Principalmente em relação à biotita que aparece ora em altas concentrações, ora em baixa. As altas concentrações de biotita ocorrem com minerais da série dos plagioclásios e anfibólios, enquanto que as porções empobrecidas em biotita agrupam preferencialmente minerais quartzo feldspáticos.

As observações de campo sugerem que essa variação mineralógica do metatexito pode estar relacionada a diferentes regiões da bacia sedimentar ora mais grauvaqueana, rica em alumínio, ora mais arcoseana, rica em argilo minerais feldspáticos e quartzosos.

Ocorre nos metatexitos porfiroblastos de granada. Estas granadas, que ocorrem também no xisto, podem ter sido geradas pelo metamorfismo regional que gerou os metatexitos. Porém as altas concentrações de granadas nas franjas de biotita sugerem que elas são restíticas. Ou seja, juntamente com a mobilização de biotita por anatexia, ter-se-iam migrado as granadas buscando a preferência nos contatos do neo e paleossomas.

Os processos tectônicos tardios que geraram fraturas, ora preenchidas por material quartzo feldspático, recortam a área como um todo, indicando que estes eventos são mais novos.

No ponto 12 (X – 421876 – Y – 9476036 – Z - 412) aflora um ótimo exemplo de injeção de material tardio em relação ao período de formação da rocha encaixante, no caso, migmatítica. O problema é que a composição máfica desse dique se diferencia da mineralogia padrão dos diques e veios da região fazendo-se necessário mais estudos neste afloramento para definir a origem dessa ocorrência máfica.

Uma importante característica relacionada aos processos de fraturamento tardios da área é a ocorrência de ametistas nos veios que preenchem as fraturas no sienogranito. A ametista é uma variação de quartzo, de coloração arroxeada por influência de cromatógrafos de Fe^{4+} . Uma hipótese corrente e discutida em campo para a geração desta ocorrência é que o íon Fe^{4+} estaria presente tanto nos metassedimentos regionais quanto nos minerais férricos do granito. Esta hipótese é fortificada ao observarmos impregnações de opacos ao se aproximar da mina abandonada. Uma vez que a sílica, de fonte desconhecida, foi remobilizada para zonas de menor pressão litostática, fraturas, ela teria carregado consigo contaminações ferríferas e cristalizado ametista. Apesar de necessários estudos de maior detalhe para este caso, não pudemos deixar de explanar este ponto, que caracteriza a área como possível reserva mineral.

Ocorre também na região silexitos. Estes representam simplesmente a cristalização tardia de sílica em regiões fraturadas ou de baixas pressões como contatos litológicos e planos de foliação e não levam em consideração a origem da sílica.

De qualquer forma as observações de campo sugerem hipóteses para a origem desse material sendo de fluidos hidrotermais silicosos produzidos pelos eventos metamórficos e anatéticos da região; geração de fluidos silicosos por riqueza em álcalis, que auxiliam na remobilização de silício; ou simplesmente contaminação de fluidos meteóricos nos processos metamórficos.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves S.G. *et al* – 2016 - Mapeamento geológico-estrutural de uma porção da unidade Independência do Complexo Ceará localizada no município de Boa Viagem-CE.

Ancelmi F.M. *et al* - Geologia da Faixa Eclogítica de Forquilha, Domínio Ceará Central, noroeste da Província Borborema

Arthaud M.H. *et al*, 1995 - Lithostratigraphy and petrostructural characterization of supracrustal units in the Brasiliano Belt of Northeast Brazil: geodynamic implications

Arthaud M. H. - 2007 - Mapeamento geológico-estrutural de uma porção da unidade Independência do Complexo Ceará localizada no município de Boa Viagem-CE.

Arthaud M.H. *et al* - The Neoproterozoic Cear_a Group, Cear_a Central domain, NE Brazil: Depositional age and provenance of detrital material. New insights from UePb and SmeNd geochronology

Capistrano J.P. 2016 - MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE PARTE DAS UNIDADES CANINDÉ E INDEPENDÊNCIA NO DISTRITO DE MANOEL PEREIRA, MUNICÍPIO DE CANINDÉ – CE

Castro G. L. *et al* – 2005 - ISÓTOPOS DE CARBONO E OXIGÊNIO DOS MÁRMORES ASSOCIADOS COM O DEPÓSITO FÓSFORO URANÍFERO DE ITATAIA, CEARÁ

Castro N. A. 2004 – Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taparuaba, Domínio tectônico ceará central (Província Borborema)

CPRM/UFC – 2008 - Folha Itatira

Fetter A. H. *et al* – 2002 - Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of West Gondwana

Garcia M.G. *et al* - Caracterização de trajetórias *P-T* em *nappes* brasileiras: região de Boa Viagem/Madalena – Ceará Central (NE Brasil)

Neves B.B. 1988 - The cambro-ordovician of the borborema province

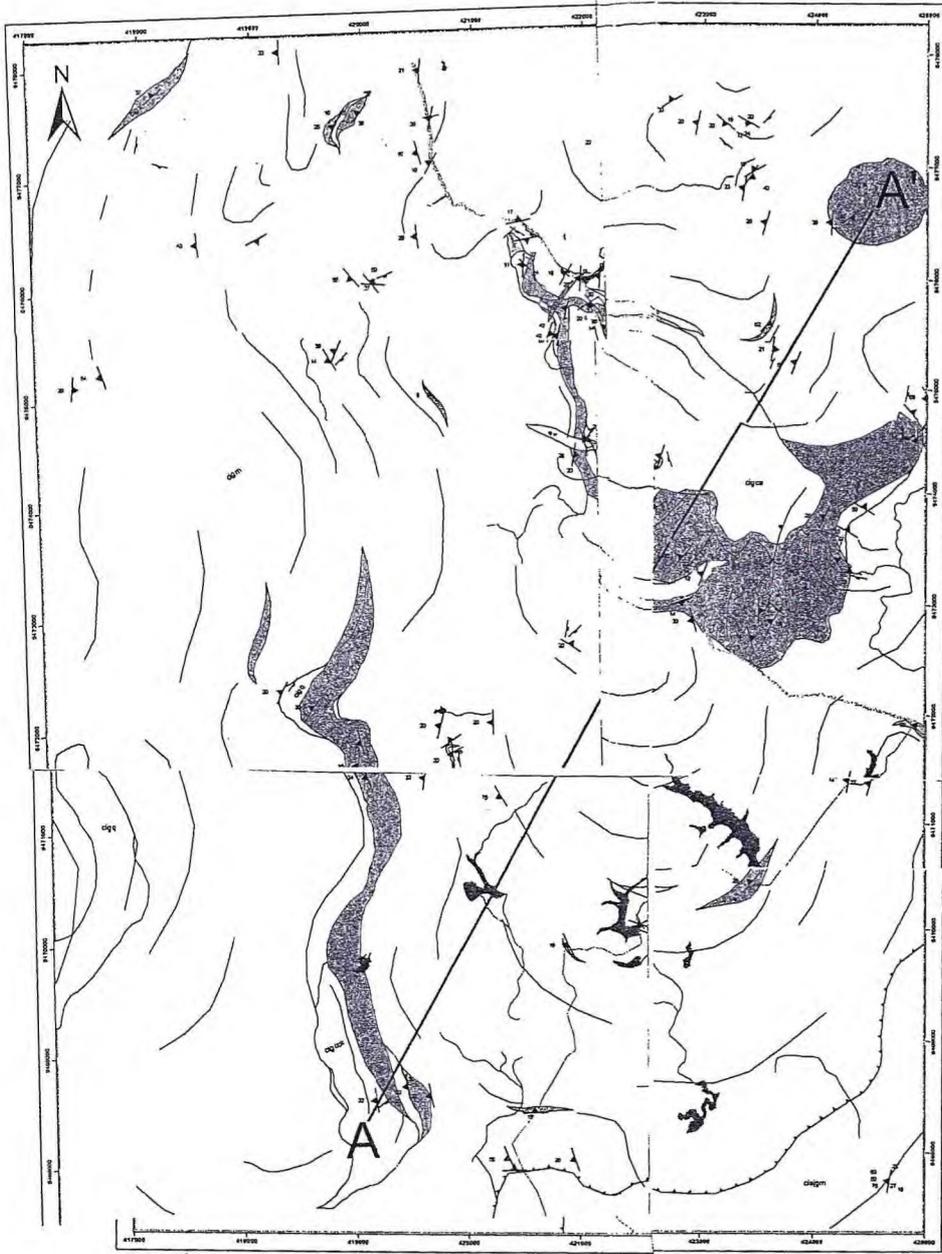
Neves B.B. *et al* - A colagem Brasileira na América do Sul: uma revisão

Santos T.J.S. *et al* - Provenance of metasedimentary rocks from the Cear_a Central Domain of Borborema Province, NE Brazil: implications for the significance of associated retrograded eclogites

Veríssimo C.U. *et al* – 2016 - The Itataia phosphate-uranium deposit (Ceará, Brazil) new petrographic, geochemistry and isotope studies

ANEXO A – MAPA GEOLÓGICO ESTRUTURAL

ANEXO B – MAPA DE CAMINHAMENTO E ACESSOS



MAPA GEOLÓGICO
 PORÇÃO DA UNIDADE INDEPENDÊNCIA
 DISTRITO DE SÃO JOSÉ DOS GUERRAS/CE
 ESCALA 1:20 000 - CARVALHO B.P. - 2017

UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA / LITOLOGIA

NEOPROTEROZÓICO
 COMPLEXO CEARÁ
 UNIDADE INDEPENDÊNCIA
 SUBUNIDADE GUIA

- Silxito
- Albitito
- Dique máfico
- Sienogranito
- Calcissilicática
- Metaxisto
- Quartzito
- Mármore
- Xisto

SUBUNIDADE SÃO JOSÉ DOS GUERRAS

Metaxisto

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS / CARTOGRÁFICAS

- Direção e Mergulho da Foliação
- Fraturas
- Contornos Estruturais e Contatos Inferidos
- Corpos Hídricos
- Acessos principais
- Seção Geológica A - A'
- Falha de Empurrão

MAPA GEOLÓGICO
 ESCALA 1 : 20 000



PROJEÇÃO UNIVERSAL
 TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem UTM:
 Equador e Meridiano Central 39°W

DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000

