



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

MESSIAS BEZERRA BONFIM

***MAPEAMENTO DE UMA ÁREA A LESTE DO  
ARCO MAGMÁTICO DE SANTA QUITÉRIA,  
REGIÃO DE TURURU-CE.***

FORTALEZA - CEARÁ

2016

MESSIAS BEZERRA BONFIM

***MAPEAMENTO DE UMA ÁREA A LESTE DO  
ARCO MAGMÁTICO DE SANTA QUITÉRIA,  
REGIÃO DE TURURU-CE.***

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO  
APRESENTADA AO CURSO DE GEOLOGIA  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENÇÃO DO GRAU DE GEÓLOGO.

Orientador: Prof. Dr. CHRISTIANO MAGINI

FORTALEZA-CEARÁ  
2016

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)

---

- B696m Bonfim, Messias Bezerra.  
Mapeamento de uma área a leste do arco magmático de Santa Quitéria, região de Tururu-CE. /  
Messias Bezerra Bonfim. – 2016.  
111 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,  
Curso de Geografia, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Christiano Magini.
1. Geologia. I. Título.

CDD 910

---

MESSIAS BEZERRA BONFIM

**MAPEAMENTO DE UMA ÁREA A LESTE DO ARCO  
MAGMÁTICO DE SANTA QUITÉRIA, REGIÃO DE TURURU-CE.**

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

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

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Christiano Magini.

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Profa. Msc. Naedja Vasconcelos Pontes.

Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Doutoranda Débora Macêdo do Nascimento Freire.

Universidade Federal do Ceará - UFC

Fortaleza-Ceará

2016

Aos meus pais, esposa e filhos,  
irmãos, amigos e familiares que  
deram força, incentivo ou qualquer  
outro apoio em meus momentos  
difíceis.

## AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus por sua benção, pela minha saúde e vigor, por todas as oportunidades, inclusive por a vida concebida a este ser. Agradeço ainda ao criador pelo o espaço terreno onde cresci e por todos ali colocados por ti ao meu redor. Principalmente, por meus pais, orgulho e razão de minha existência.

A meus pais, **Salvador Bezerra Bonfim e Ernestina Bezerra Bonfim**, meu eterno e profundo agradecimento, que com muito amor, dedicação, carinho e muitos esforços me criaram e educaram para a vida. Agradeço, em igual intensidade, por todo o amor, dedicação e afabilidade de meus avós “meus Avohais”, tios e tias que juntos contribuíram imensuravelmente para minha formação. Obrigado pelo o apoio motivacional de meus irmãos, sobrinhos, sogros, cunhados, primos e amigos.

Em especial, meus agradecimentos, a minha admirada esposa, **Isabele Batista Coelho Bonfim**, por seu apoio, por ser minha principal incentivadora, tornou-se também minha fiel testemunha dos obstáculos vencidos por mim no decorrer deste curso e, de quanto me dediquei à geologia. Com sua fortaleza inabalável, disposição, paciência e compreensão, resistiu e foi vitoriosa em todos os momentos difíceis; como mãe e companheira, pois nosso rebento e bem-aventurada filha nos foi presenteada por Deus durante essa minha batalha em busca desta graduação acadêmica em Geologia. Portanto, minha parceira e querida venerada:

**“tu és divina e graciosa, estátua majestosa do amor, por Deus esculpada”. Meu amor, minha flor.**

Aos meus queridos e amados filhos **Ivna Mell Batista Bonfim e Ian Kalel Batista Bonfim**, razão de todas as minhas forças desprendidas nesta e em quaisquer empreitada; descendentes de minha gênese, meu maior e mais valioso tesouro, enriquecido de tudo que mais amei nesta terra “minha Esposa, meu Pai, minha Mãe, minha Avó, meu Avô e a este planeta, incluindo as ROCHAS”.

Agradeço ao professor Doutor Cristiano Magini, meu orientador, que me orientou e acompanhou durante as atividades teóricas em sala e também nos trabalhos de campo, com muito saber, paciência e destreza em seus ensinamentos de um competente mestre, me incentivando sempre a melhorar, inclusive na realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos a todos aos meus professores que integram o Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (DEGEO/UFC) que com competência me instruíram durante suas aulas e com profissionalismo contribuíram com o avanço de meus conhecimentos teóricos e práticos, essenciais à minha formação acadêmica, são eles: Michel (*In memoriam*), Cidrim, Otaciel, Tereza, Cajaty, Wellington, Loreci, Afonso, Itabaraci, Cristiano, Zeca, César, Satander, Mariano e Enéas, Beltrão, Sônia, Adilson, Gutemberg, Neivaldo, Marcelo Maranhão, Irani, dentre outros.

Aos meus colegas de turma, inesquecíveis, que me toleraram durante esses cinco anos de curso e pelos bons momentos de descontração em sala de aula e me acompanharam nas difíceis caminhadas em campo, sempre unidos Júnior, Levi, Bento e em especial ao Jairo Eberson e Francinaldo Sindeaux.

Ao secretário Leal, que sempre nos forneceu material para uso em campo, e também ao Valmir que sempre esteve à disposição na coordenação do curso.

Aos motoristas da universidade, em especial ao “Barbosa”, que sempre nos conduziram com segurança nas viagens de campo.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a elaboração e concretização desse relatório conclusivo, obrigado!

## RESUMO

O trabalho em apreço resulta de um mapeamento geológico realizado no município de Tururu-CE em escala de 1: 25.000, numa área de 50km<sup>2</sup> pertencente ao Domínio Ceará Central (DCC), parte central da Província Borborema setentrional.

O DCC é limitado pela zona de cisalhamento a NW - Sobral-Pedro II, a SE pela zona de cisalhamento Senador Pompeu e a SW-W fica coberto pelos sedimentos da bacia do Parnaíba. As principais unidades litoestratigráficas na área são da base para o topo: i) gnaisses; ii) biotita granito e iii) granitos, sendo o embasamento do Grupo Ceará (Toniano 750 Ma) e granitos do Arco Magmático de Santa Quitéria (Neoproterozóico 1000-540 Ma) e cobertura do Cenozóico.

Estruturalmente, a área de estudo reflete uma tectônica de influência do ciclo Brasileiro Neoproterozóico/Pan-Africano, determinando uma foliação gnáissica com NNE-SSW marcando grandes transcorrências que bordejam a leste o Arco Magmático, na fase deste ciclo de caráter tardi-tectônico, ocorreu deformação em um regime fraco marcado por uma lineação mineral subparalela a foliação e o fraturamento em várias direções.

O Neoproterozóico teve início com as deposições de idades, entre 900 e 750 Ma (Toniano), sob a influência de um regime extensional que seria encerrado com o início do Ciclo Brasileiro. O Ciclo Brasileiro, compreendido entre 600-540 Ma, foi marcado por metamorfismo em condições de fácies anfíbolito marcando o nível crustal de pelo menos 10 km de profundidade ou mesozonal e intenso Magmatismo. Os granitos Brasileiros desenvolveram-se por anatexia de metapelitos e rochas do embasamento entre 620-580 Ma (NOGUEIRA, 2004).

## ABSTRACT

The work in question results from a geological mapping realized in county of Tururu-CE at 1:25.000 scale in an area of 50km<sup>2</sup> inboard Central Ceará Domain (DCC), centric portion of the Borborema Province northern.

This DCC is limited to the NW shear zone Sobral-Pedro II, the SE by the Senador Pompeu shear zone and SW-W gets covered by the sediments of Parnaíba basin. The main lithostratigraphic units in the area are the base to the top: i) gneisses; ii) quartzite iii) biotite granite e iv) granite, being the foundation of the Ceará Group (Tonian 750 Ma) and granites of the Magmatic Arc of Santa Quitéria (Neoproterozoic 1000-540 Ma) and Cenozoic cover.

Structurally, the studied area reflects a tectonic influence of the cycle Brasiliano / Pan-African Neoproterozoic, determining a gneissic foliation with NNE-SSW marking major transcurrent bordering the east Magmatic Arc, in and phase of this cycle in character tardi-tectonic occurred deformation in a weak regime marked by mineral lineation subparallel to foliation and fracturing in several directions.

The Neoproterozoic began with the deposition of the sediments between 900 and 750 Ma (Tonian), under the influence of an extensional regime that would be terminated with the onset of Brasiliano Cycle. The stage of the Brasiliano Cycle, understood, 600-540 Ma, was marked by metamorphism in amphibolite facies conditions marking the crustal level of at least 10Km depth or mesozonal and intense magmatism. Brasiliano granites developed by anatexis of metapelites and basement rocks between 620-580 Ma (NOGUEIRA, 2004).

## LISTA DE FIGURAS

Figuras-1.1: Localização, vias de acesso e mapa planialtimétrico da área .....	22
Figura-1.2: Aspecto da vegetação da área .....	25
Figura-1.3: Caatinga em período de estiagem .....	26
Figura-1.4: Caatinga verde em épocas chuvosas .....	26
Figura-1.5: Solos - Latossolo Vermelho-Amarelo .....	27
Figura-1.6: Depressão sertaneja e maciços residuais graníticos .....	29
Figura-2.1: Subdivisão da Província Borborema Setentrional .....	32
Figura-2.2: Compartimentação geotectônica da Província Borborema .....	33
Figura-2.3: Principais Domínios dos Terrenos Pré-Cambriano do Ceará .....	34
Figura-2.4: Subdivisão do Domínio Ceará Central .....	35
Figuras-3.1: Bandamento clássico dos paragneisses - porções máficas devido a presença de biotita e félsicas, devido o quartzo e feldspato potássico .....	46
Figura-3.2: Ortogneisses de composição tonalítica a granodiorítica, com crescimento de clastos feldspáticos .....	50
Figura-3.3: Ortogneisse tonalítico a granodiorítico, com veios de quartzo .....	50
Figura-3.4: Biotita granito, com orientação de minerais máficos concordante à foliação e veios de quartzo .....	51

Figuras-3.5 e 3.6: Biotita granito com textura hipidiomórfica equigranular e granulação fina a média .....	52
Figura-3.7: Rocha quartzomonzonítica - Protomilonito com foliação dada pela orientação dos porfiroclastos de feldspatos, quartzo e biotita .....	56
Figura-3.8: Diagrama de classificação de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989), mostrando a classificação como quartzomonzonito (Amostra - RGM-53).....	58
Figura-3.9: Rocha monzogranítica - Protomilonito de porfiroclastos de feldspatos rosados e deflação de biotita e quartzo.....	59
Figura-3.10: Diagrama de classificação de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989), mostrando a classificação como monzogranito (Amostra - RGM-59). .....	61
Figura-3.11: Rocha sienogranítica, porfirítica com megacristais de feldspatos.....	62
Figura-3.12: Diagrama de Le Maitre, (1989), mostrando o campo de plotagem da rocha (Amostra – RMG-38). .....	64
Figura-3.13: Rocha quartzo-sienítica, porfirítica de tonalidade cinza-rosado, granulação grossa, com megacristais de feldspatos alongados e orientados na direção da foliação .....	65
Figura-3.14: Rocha quartzo-sienítica de coloração cinza-clara com tons rosados, constituída de minerais quartzo-feldspáticos e minerais máficos.....	67
Figura-3.15: Diagrama de Le Maitre, (1989), mostrando o campo de plotagem da rocha (Amostra – RMG-05). .....	70
Figura-3.16: Rocha granítica, porfirítica com mineralização bem desenvolvida em megacristais de feldspato potássico.....	71
Figura-3.17: Rocha granítica, fanerítica com textura hipidiomórfica inequigranular e megacristais de feldspato potássico.....	73
Figura-3.18: Diagrama QAP para caracterizar as rochas plutônicas.....	76
Figuras-4.1: Biotita Paragneisse com foliação de transposição $S_n$ representa o <i>trend</i> regional NE e paralela a foliação principal $S_0$ preservada. Eixo das dobras com sentido NE ( $S_{n+1}$ ) e falhamento destrai.....	79
Figura-4.2: Biotita granito cortado por veio de quartzo.....	79

Figura-5.1: Diagrama de contornos, ilustrando através de isolinhas concentrações máximas dos planos de foliação, exibindo um trend com direção preferencial para NE, e mergulho médio de 45° para NW, sendo a foliação principal (So) .....	86
Figura-5.2: Minerai s alongados para NE e estruturas por lineações minerai s de estiramento (Ln), geradas por processos deformacionais de caráter dúctil .....	87
Figura-5.3: Feição natural em rocha granítica "Tanque", ação conjunta do intemperismo e da composição mineralógica susceptível, como os feldspatos e as micas .....	88
Figura-5.4: Diagrama de Roseta - Demonstra a direção das fraturas nos granitos aflorantes da área pesquisada. Três famílias de fraturas, 02 principais NW-SE (S1) e NE-SW (S2) e uma secundária N-S (S3) .....	89
Figura-5.5: Leuco-granito com fraturas perpendiculares nas direções NW e NE .....	89
Figura-5.6: Falhamento dextral nos granitos com direção preferencial NE, truncamento de veio de quartzo, acompanhado de um movimento paralelo ao plano de ruptura, demonstrando um comportamento dúctil.....	90
Figura-6.1: Diagrama P e T para o metamorfismo. Linhas de reação e nomes dos minerai s que reagem.....	97

## LISTA DE FOTOMICROGRAFIAS

Fotomicrografia-3.1: Muscovita (Ms) inclusa no feldspato potássico (Kf). Quartzo (Qz) recristalizado. Biotita (Bt) lamelares levemente orientadas assim como a muscovita (Ms) .....	47
Fotomicrografia-3.2: Quartzo (Qz) recristalizado e incluso no feldspato potássico (Kf). Plagioclásio (Pl) com contatos irregulares e curvos .....	47
Fotomicrografia-3.3: Biotita (Bt), Quartzo (Qz) e Feldspato Potássico (Kf) recristalizados .....	48
Fotomicrografia-3.4: Plagioclásio (Pl), Muscovita (Ms) e apatita (Ap) incluso no quartzo (Qz). Opacos (Op) bordejando a muscovita .....	48
Fotomicrografia-3.5: Muscovita (Ms) e biotita (Bt) levemente orientadas. Plagioclásio (Pl) bordejado por biotita (Bt) e apatita (Ap) .....	48
Fotomicrografia-3.6: Quartzo (Qz) recristalizado e muscovita (Ms) levemente orientadas. Feldspato potássico (Kf), Apatita (Ap) inclusa na Muscovita (Ms) e na biotita (Bt) .....	49
Fotomicrografia-3.7: Micropertita Mimerquita (Mim) refletindo intercrescimento entre fases quartzo feldspáticas. Muscovita (Ms) orientadas .....	49
Fotomicrografias-3.8: Biotita (Bt) com hornblenda (Hbl) circundando o plagioclásio (Pl) .....	50
Fotomicrografia-3.9: Biotita (Bt) inclusa no plagioclásio (Pl) e quartzo (Qz) recristalizado .....	53
Fotomicrografia-3.10: Clorita (Cl) fruto da alteração da biotita (Bt) e ambas levemente orientadas .....	53

Fotomicrografia-3.11: Hornblenda (Hbl), biotita (Bt), quartzo (Qz) e opacos (Op) inclusos no feldspato potássico (Kf) .....	54
Fotomicrografia-3.12: Quartzo (Qz) recristalizado. Biotita (Bt) lamelares levemente orientadas e feldspato potássico (Kf) apresentando geminação albita Carlsbad .....	54
Fotomicrografia-3.13: Epidoto e Titanita (Tit) inclusa no quartzo (Qz). Biotita (Bt) lamelares levemente orientadas.....	54
Fotomicrografia-3.14: Textura granoblástica formada por megacristais de feldspato potássico e plagioclásio em uma matriz de quartzo-feldspática.....	57
Fotomicrografias-3.15: Inclusões de zircão formando halos pleocroícos.....	58
Fotomicrografia-3.16: Biotita exibindo pleocroísmo castanho-escuro e pardo-escuro, associada a opacos.....	61
Fotomicrografia-3.17: Textura formada por porfiroclastos de feldspato potássico, envoltos por biotita, opacos e uma matriz de feldspatos e quartzo recristalizados ...	61
Fotomicrografia-3.18: Orientação e forma dos cristais da Biotita, inclusão da Apatita e a associação com os opacos .....	63
Fotomicrografia-3.19: Textura predominante de cristais de feldspato potássico sobre os cristais de plagioclásio, de quartzo e de biotita. Inclusão do plagioclásio no feldspato potássico.....	64
Fotomicrografia-3.20: Megacristais de feldspato potássico, são peritéticos e com geminação Carlsbad. Exibem em suas bordas albita com mirmequita .....	66
Fotomicrografia-3.21: Megacristais de feldspato potássico, apresentando uma textura granoblástica a partir de uma matriz constituída por feldspatos potássico, plagioclásio, quartzo e biotita .....	67
Fotomicrografias-3.22: Textura granoblástica formada pelo feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda e acessórios: opaco (ilmenita) titanita, apatita, zircão e allanita. Exibe mineralização da clorapatita .....	69
Fotomicrografias-3.23: Zircão formando cristais prismáticos, associados à biotita ...	70
Fotomicrografia-3.24: Muscovita (Ms) e biotitas (Bt) associadas .....	72

Fotomicrografia-3.25: Biotita (Bt) inclusa no plagioclásio (Pl) e no quartzo (Qz). Quartzo (Qz) recristalizado nas bordas do plagioclásio (Pl) e incluso no feldspato potássico .....	74
Fotomicrografia-3.26: Apatita (Ap) inclusa no plagioclásio (Pl), Muscovita (Ms) e biotita (Bt) levemente orientadas .....	75
Fotomicrografias-3.27: Quartzo (Qz) recristalizado nas bordas do plagioclásio (Pl) e inclusão de opacos (Op) no plagioclásio (Pl) .....	75
Fotomicrografia-3.28: Quartzo (Qz) recristalizado e com contatos curvos e irregulares. Actinolita tremolita (Trm) altera para anfibólio .....	75
Fotomicrografia-6.1: Titanita recristalizada a partir de opacos .....	95
Fotomicrografia-6.2: Presença de clorita e biotita evidenciando o retrometamorfismo.	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela-1.1: Coordenadas GPS em UTM da área de pesquisa .....	21
Tabela-4.1: Coluna estratigráfica proposta para a área .....	83

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO .....	20
1.1 Apresentação .....	20
1.2 Justificativa .....	20
1.3 Objetivos .....	21
1.4 Localização e acesso .....	21
1.5 Metodologia .....	23
1.5.1 Etapa de escritório .....	23
1.5.2 Etapa de campo .....	23
1.5.3 Etapa de laboratório .....	24
1.5.4 Etapa final .....	24
1.6 Aspéctos fisiográficos .....	24
1.6.1 Clima .....	25
1.6.2 Vegetação .....	25
1.6.3 Solos .....	27
1.6.4 Hidrografia .....	28
1.6.5 Geomorfologia .....	28
1.7 Aspectos sócio-econômicos .....	30

## **CAPÍTULO II**

2. GEOLOGIA REGIONAL .....	32
2.1 Província borborema .....	32
2.1.1 Domínio ceará central (DCC) .....	35
2.1.1.1 Complexo cruzeta, unidades pedra branca e tróia .....	37
2.1.1.2 Terrenos acrecionários paleoproterozóicos: sequência choró-algodões.....	39
2.1.1.3 Grupo ceará .....	40
2.1.1.4 Arco Magmático Continental Santa Quitéria.....	40
2.1.2 Grupo barreiras e coberturas colúvio-eluvionares indiferenciadas .....	42
2.1.3 Aluviões.....	42

## **CAPÍTULO III**

3. GEOLOGIA LOCAL.....	44
3.1 introdução.....	44
3.2 Petrografia.....	45
3.2.1 Biotita paragnaisse .....	45
3.2.2 Ortognaisses .....	49
3.2.3 Biotitagranito .....	51
3.2.4 Protomilonitos.....	55
3.2.4.1 Quartzomonzonito .....	55
3.2.4.2 Monzogranito.....	59
3.2.5 Sienogrânito .....	62
3.2.6 Quartzoc sienito porfiro .....	65
3.2.7 Quartzo-sienito .....	67
3.2.8 Granito porfirítico .....	71

3.2.9 Granito .....	72
3.2.10 Diagrama - QAP .....	76

## **CAPÍTULO IV**

4. LITOESTRATIGRAFIA .....	78
4.1 Embasamento .....	78
4.1.1 Biotita paragnaisse .....	78
4.2 Rochas plutônicas .....	79
4.2.1 Biotita granito .....	79
4.2.2 Protomilonitos.....	80
4.2.2.1 Quartzomonzonito .....	80
4.2.2.2 Monzogranito.....	80
4.2.3 Sienogranito .....	80
4.2.4 Quartzo-sienito .....	80
4.2.5 Granito.....	81
4.2.5.1 Granito porfirítico .....	81
4.3 Coberturas colúvio-eluvionares .....	81
4.4 Sedimentos flúvio-aluvionares.....	82
4.5 Coluna estratigráfica.....	83

## **CAPÍTULO V**

5. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	85
5.1 Feições cíclicas .....	85
5.1.1 Elementos planares.....	85

5.1.2 Elementos lineares .....	86
5.1.3 Dobras .....	87
5.2 Feições rúpteis .....	87
5.2.1 Fraturas .....	87
5.2.2 Falhas .....	90

## **CAPÍTULO VI**

6. METAMORFISMO .....	92
6.1 Reações metamórficas .....	92
6.1.1 Biotita gnaisse .....	93
6.1.2 Granitos .....	97
6.2 Diagrama P e T para o metamorfismo .....	97

## **CAPÍTULO VII**

7. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA .....	99
-----------------------------	----

## **CAPÍTULO VIII**

8. CONCLUSÃO .....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	107
ANEXOS .....	112
Mapa de pontos .....	113
Mapa geológico .....	114

## **Capítulo I**

# **INTRODUÇÃO**

## CAPITULO I

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1. Apresentação

Este trabalho foi concretizado através de mapeamento geológico em uma área de 50km<sup>2</sup>, localizada no município de Tururu, litoral oeste do Estado do Ceará, com intuito de um melhor entendimento do contexto geológico da região.

O relatório em destaque visa também atender às normas previstas para a Disciplina de Relatório de Graduação, do Curso de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará.

#### 1.2. Justificativa

Um mapeamento geológico de uma área, em escala de detalhe, possibilita maior conhecimento das unidades litoestratigráficas (rochas, datações, mineralogia etc...), estruturas e mineralizações de interesse econômico/científico existentes.

Com o conteúdo de dados apanhados na área em foco, envolvendo o Domínio Ceará Central por nele está inserida, torna-se possível o estabelecimento de distintas relações entre as unidades, construindo assim um acréscimo na discussão evolutiva geológica de uma pequena porção da região denominada Província Borborema. Os resultados deste trabalho fomentam informações necessárias e complementares às realizações científicas, prestando-se ao melhor desenvolvimento de pesquisas e disponibilizando informações construtivas à sociedade.

### 1.3. Objetivos

Este trabalho teve seu foco principal na execução de um mapeamento geológico na escala 1: 25.000 de uma área com 50 km<sup>2</sup>, situada ao Sul do polígono que delimita o município de Tururu-CE, localizado a Leste do Arco Magmático de Santa Quitéria. O estudo consistiu em identificar e diferenciar os principais tipos litológicos e suas respectivas relações de contatos, caracterizando-os em unidades litoestratigráficas, bem como reconhecer as principais estruturas tectônicas, definindo assim uma evolução geológica para a região.

Objetivando, num contexto final, fazer uso das informações apuradas para confecção de um mapa geológico (em anexo) na escala 1: 25.000, atendendo as exigências da disciplina curricular Relatório de Graduação.

### 1.4. Localização e Acesso

A área em ênfase estudada está inserida no município de Tururu, na Macrorregião do Litoral Oeste do Estado do Ceará, distando 111 km a oeste de Fortaleza-CE.

Baseando-se pela folha de São Luís do Curú (1972) publicada pela SUDENE na escala de 1: 100.000, datum WGS-84, meridiano 39° W. GR. foi realizado o mapeamento da área, cujos vértices possuem as seguintes coordenadas (Tabela 1.1):

Tabela 1.1 - Coordenadas em UTM (Datum WGS-84) da área de pesquisa.

VÉRTICES	COORDENADAS (UTM)
1	453.000 E / 9.606.000 S
2	458.000 E / 9.606.000 S
3	458.000 E / 9.596.000 S
4	453.000 E / 9.596.000 S

Fonte: UFC (2016)

Saindo de Fortaleza-CE em direção à área num percurso de 111 Km, o melhor acesso se dar tomando rumo a BR-020 até o anel viário a partir do qual, dar seguimento para direita pela BR-222, pelo município de Caucaia-CE no qual transpassa distritos como Primavera e Catuana, e ainda pela BR-222 passa-se por Umarituba e Croatá, ambos os distritos pertencentes ao Município de São Gonçalo do Amarante-CE e em seguida pelas duas últimas sedes municipais, São Luís do Curú e Umirim, nesta segue por curta distancia e à direita abandonando-se a BR-222 dar-se seqüência pela CE-402, chega-se então, na sede do município de Tururu-CE (Figura-01), que a partir desta as vias a serem tomadas para área de estudo, destino e objeto final deste trabalho, são compostas por estradas carroçáveis pertencentes ao município, dirigindo-se em maior abrangência para Leste e Sudeste da cidade.

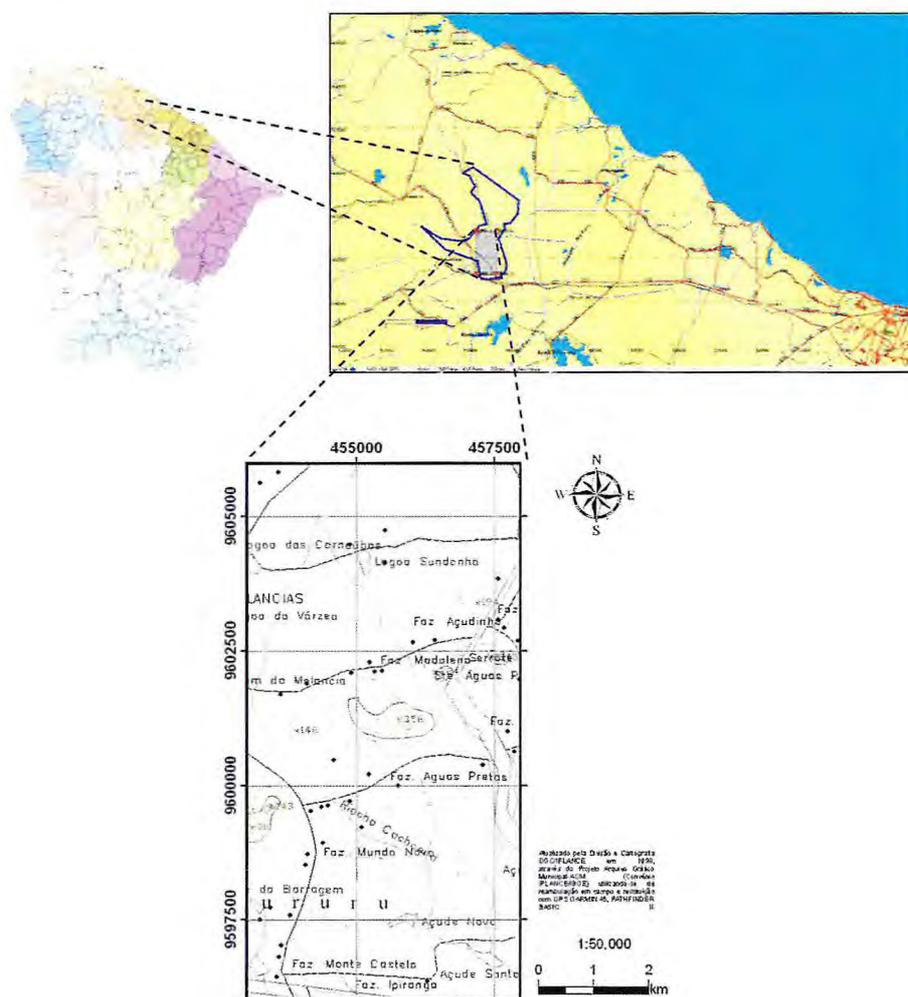


Figura-1.1– Localização, vias de acesso e mapa planialtimétrico da área. Fonte: IPLAN-CE - 1998.

## 1.5. Metodologia

Na elaboração deste trabalho quatro etapas foram consideradas indispensáveis, comumente aplicadas em pesquisa de uma área ou execução de um projeto, sendo então essenciais a maior aproximação de resultados positivos e a emissão de um relatório final, são elas:

### 1.5.1. Etapa de Escritório

Foi realizado levantamentos bibliográficos atinentes a área, possibilitando uma melhor compreensão do contexto geológico regional, com uso do software ArcGis foi elaborado um mapa base preliminar na escala 1: 25.000, utilizando da fotogeologia na escala de 1: 50.000 (arquivo IDACE e CPRM), interpretação de imagens de satélite LandSat-7 e utilização da folha de São Luis do Curú (1972), publicada pela SUDENE, na escala 1: 100.000.

### 1.5.2. Etapa de Campo

Nesta etapa se fez uso de perfis geológicos transversais às unidades litoestratigráficas da área e em seguida, foram os litotipos observados e descritos em campo, tipos de solo, correlações de contatos e de elementos estruturais, assim como, cuidadosamente aferidas medidas de atitude de estruturas e realização de coletas de amostras para análises petrográficas em laboratório.

### 1.5.3. Etapa de Laboratório

Devidamente identificadas ainda em campo no momento da coleta, as amostras chegam ao laboratório de laminação da Universidade Federal do Ceará – UFC, depois de confeccionadas as lâminas foram encaminhadas ao laboratório de microscopia petrográfica, onde tiveram suas análises mineralógicas e petrográficas realizadas.

### 1.5.4. Etapa Final

Todo o apanhado de dados coletados em campo e obtidos em laboratório é organizado, analisados e interpretados. Atividades como, aferições de medidas dos elementos estruturais anotadas em caderneta de campo, plotadas e analisadas no software StereoNet, como também, confecção do mapa de pontos da área estudada e do mapa geológico da mesma (Anexos), que foram elaborados utilizando o software ArcGis 10.2. Assim, dessa forma, após tudo acima descrito e apurado efetua-se nesta fase final a emissão de um Relatório conclusivo, o qual para este feito denominou de “Monografia Conclusiva do Curso de Graduação em Geologia”.

## 1.6. Aspectos fisiográficos

Em uma maior abrangência, a área pesquisada, encontra-se a sudeste da sede estabelecida ao Sul do Município de Tururu, porção territorial composta na Mesorregião Norte Cearense e Macrorregião de Planejamento do Litoral Oeste (Território do Litoral Oeste do Ceará), na qual agrupam-se quatorze municípios, os quais relaciono a frente: Pentecoste, Apuiaries, Tejuçuoca, São Luis do Curu, Umirim, Uruburetama, Itapajé, Tururu, Paraipaba, Paracuru, Trairi, Itapipoca, Miraíma e Amontada.

Municípios limítrofes de Tururu: ao Norte Itapipoca e Trairi; ao Leste Trairi e Umirim; ao Oeste Itapipoca e Uruburetama e ao Sul Umirim e Uruburetama (IPECE 2015).

*MAPEAMENTO DE UMA ÁREA A LESTE DO ARCO MAGMÁTICO DE SANTA QUITÉRIA, REGIÃO DE TURURU-CE.*

BONFIM, M.B.

### 1.6.1 CLIMA

Caracteriza-se o clima da região como tropical quente semi-árido e tropical quente semi-árido brando, de regime térmico de baixas amplitudes anuais, menor que 5°C, e elevadas temperaturas, tendo como média anual variando entre 26°C e 28°C. A pluviosidade fica em torno de 897,5 mm/ano com chuvas no período de janeiro a maio, de precipitações mais intensas nos meses de março e abril, e um período de seca de junho a dezembro (IPECE 2015).

### 1.6.2 VEGETAÇÃO

Predomina a Caatinga Arbustiva Aberta com áreas isoladas de uma caatinga arbustiva mais densa com floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial e floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular (Figura-1.2) (IPECE 2015).



Figura-1.2 – Aspectos da vegetação da área.

O que se observa em campo é a predominância em uma vasta amplitude de vegetação de pequeno porte, rala e diversificada, assim como as caducifólias espinhosas componentes da caatinga arbórea, que nas épocas chuvosas apresentam-se vigorosas e de folhagem verde, diferentemente do período de estiagem que as vemos desfolhadas e acinzentadas de aparência mórbida numa tentativa de resistência ao tempo da seca, que somente nos intermitentes cursos d'águas e proximidades de suas margens percebem-se algumas espécies mais frondosas de copa verdejante (Figuras-1.3 e 1.4).



Figura-1.3 – Caatinga desfolhada e cinza no período de estiagem.



Figura-1.4 – Caatinga verde em épocas chuvosas.

Comumente as espécies mais encontradas na área são: *Cereus jamacaru* (Mandacaru) e *Encholirium espetábile* (Macambira de lajero) encontradas com freqüência sobre os afloramentos rochosos, *Mimosa caesalpina* (Sabiá), *Mimosa hostilis* (Jurema Preta), *Pithecellobium dumosum* (Jurema Branca), *Aspidosperma pyrifolium* (Pereiro), *Piptademia macrocarpa* (Angico), *Copernícia cerífera* (Carnaúba), e como vegetação antrópica os cajueiros, mangueiras, entre outras.

### 1.6.3 SOLOS

Em Tururu-CE, os solos são classificados como: Solos Litólicos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo e Regossolos. (IPECE 2015).

Existem áreas de cobertura sedimentar, que ocorrem principalmente em margens de rios, terrenos de característica plana, localmente essas planícies são denominadas baixios, as quais constituem as aluviões.



Figura-1.5 – Solo Latossolo Vermelho-Amarelo.

Os Litólicos são solos pouco desenvolvidos mostrando-se inadequados para fins agrícolas, por ser um solo pedregoso, deficiente em água e de pouca espessura.

Os Regossolos eutrófico e distrófico compreendem aos solos profundos a moderadamente profundos, muito arenosos.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelo eutrófico e distrófico são solos profundos e moderadamente profundos, raramente rasos, com textura variando de média a argilosa, geralmente bem drenados, porosos e variando as cores de vermelho para amarelo.

Os solos da área são oriundos de granitos ou de materiais coluviais mobilizados a partir de litotipos do embasamento cristalino (IPLANCE, 2015).

#### 1.6.4 HIDROGRAFIA

O município de Tururu-CE está inserido nas Bacias Hidrográficas Vale do Curu e Litorânea, sua hidrografia é bastante distinguível pela característica de seus rios não se interligarem. A topografia apresenta alguns desnivelamentos ocasionados pela existência de fraturas no sentido NE–SW que por elas percorrem pequenos cursos d'água que passam a dominar a paisagem.

A drenagem da região é bem definida quando observada em imagens de satélites ou por análise de fotografias aéreas, apresenta um padrão dendrítico, com controle estrutural, constituído por afluentes de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordens.

Pelas características e feições dos cursos d'água da região percebe-se que o regime hidrológico é condicionado pela irregularidade das chuvas, auxiliado por outros fatores. No município em maior destaque podemos citar o Rio Mundaú, Rio Trairi e Riacho Cachoeira. Há também, visto na área pesquisada, alguns reservatórios d'água, tais como: Açudinho, Açude Novo e Açude Velho; Lagoa das Carnaúbas, Lagoa Sundonha e Lagoa da Várzea.

No município possui, dentre muitos não identificados, 43 poços tubulares cadastrados; destes, 10 poços foram construídos pela SOHIDRA, 01 construído pela Secretaria de Recursos Hídricos e 01 pela empresa PMD, em sua maioria não há identificação de seus executores, talvez os poços particulares em menor quantidade, foram perfurados por empresas particulares, estes dados foram obtidos na CPRM/SIAGAS (2016).

#### 1.6.5 GEOMORFOLOGIA

Geomorfologicamente, a área se caracteriza como uma depressão sertaneja que se compõe de pequenas planícies entre inselbergs, ou seja, áreas

pequenas de solos rasos e maciços residuais (Figura-1.8) representados por granitos que predominam na paisagem da região. A ocorrência abrangente de grandes extensões de rochas cristalinas em uma área é um dos principais fatores que predisponos aos baixos índices de infiltração e recarga d'água na zona freática do subsolo. Promovendo, conseqüentemente, desconsideráveis volumes de armazenamento de água subterrânea. Resultando inclusive, na repentina permanência de água no leito dos rios durante a estiagem em decorrência da fácil evaporação e do rápido escoamento das águas. Na depressão sertaneja os corpos hídricos têm caráter sazonal, ou seja, intermitentes: cheios nos períodos chuvosos e secos na estiagem.



Figura-1.6 - Depressão sertaneja vegetação rala e espinhosa com maciços residuais graníticos.

O sistema de drenagem das áreas mais elevadas se caracteriza por apresentar uma forma em “V”, resultado de processos tectônicos associados aos condicionantes climáticos, que proporcionam em um curto espaço de tempo, uma acentuada energia acarretada pelo grande volume de água.

## 1.7 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

O município de Tururu, pertencente ao Estado do Ceará, oriundo de Uruburetama-CE, foi criado em 1987, por meio da Lei 11.334, fica localizado no semi-árido nordestino o qual possui área territorial de 192,54 km<sup>2</sup> e População no ano de 2015 estimada em 15.594 habitantes, com densidade demográfica de 71,23 hab/ km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e um índice de desenvolvimento municipal de 29,14, segundo PNUD e IPECE-2012. Caracterizado pela não regularidade da estação chuvosa, que influencia direta ou indiretamente os aspectos sócio-econômicos da região, os longos períodos de estiagem castigam a zona rural, ocasionando fome à grande parte da população e dos rebanhos.

O município conta com serviços de infra-estrutura de apoio básicos como: energia elétrica (COELCE-2010) presente em 97,51% dos domicílios e coleta de lixo em 52,92%, abastecimento de água encanada (CAGECE-2014) em área urbana 99,11% dos domicílios e esgoto sanitário em 36,16%. No ensino apresenta taxa de escolarização do ensino médio em 2014 de 61,64% da população e ainda serviços bancários, de telefonia e correios (IPECE, 2015).

A agricultura é caracterizada pela produção de feijão, milho, algodão e caju. Essas culturas têm um caráter de subsistência, pois o solo arenoso e a escassez de água são fatores limitantes ao seu pleno desenvolvimento. Como atividades complementares de sobrevivência registram-se a caça de pequenos mamíferos e pássaros, além de coleta de mel de abelhas e a pesca. Na pecuária destacam-se criações de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves. O extrativismo vegetal sobressai-se com a fabricação de carvão vegetal, extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, além de extração da palha da carnaúba.

## **Capítulo II**

# **GEOLOGIA REGIONAL**

MAPEAMENTO DE UMA ÁREA A LESTE DO ARCO MAGMÁTICO DE SANTA QUITÉRIA, REGIÃO DE TURURU-CE.

BONFIM, M.B.





Orós-Jaguaribe (C); Granjeiro (B); e Piancó–Brigida (A), segundo Arthaud *et al.* (1998). Esses domínios são limitados por expressivas descontinuidades crustais materializadas por megazonas de cisalhamento.

Esta pesquisa será direcionada ao estudo de uma área inserida no Domínio Ceará Central e aos seus granitóides aflorantes.

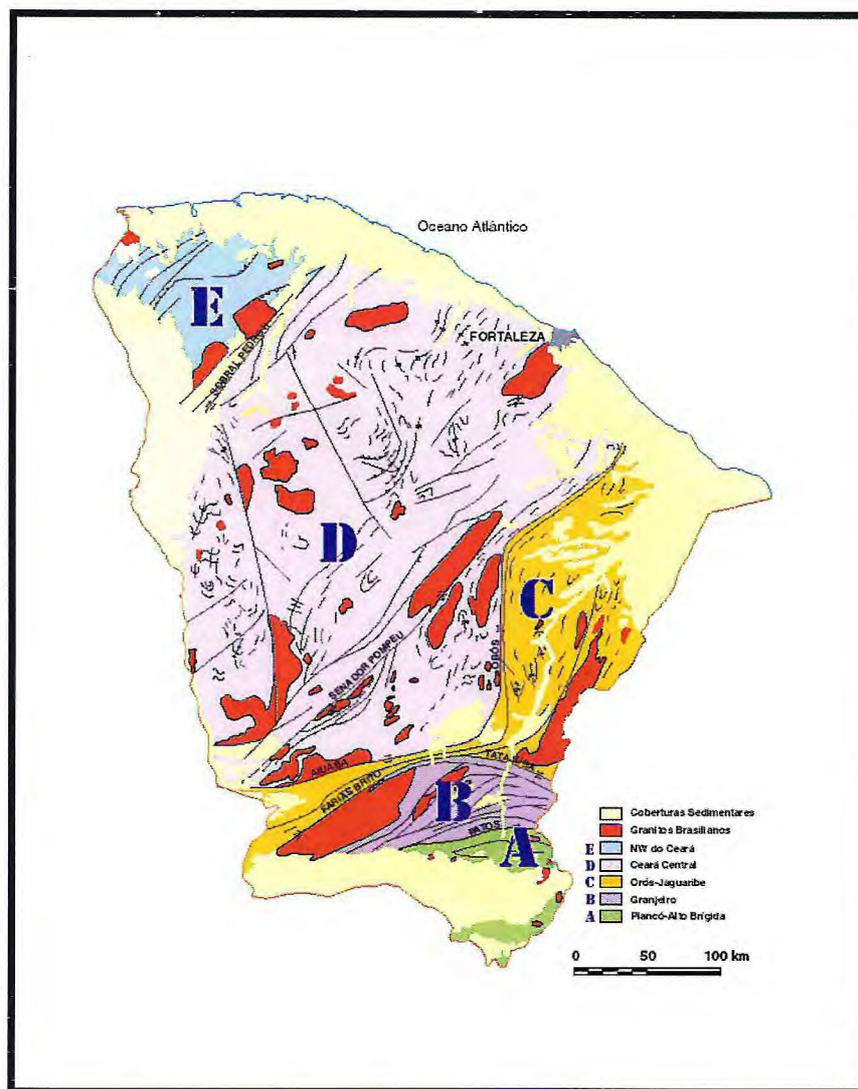
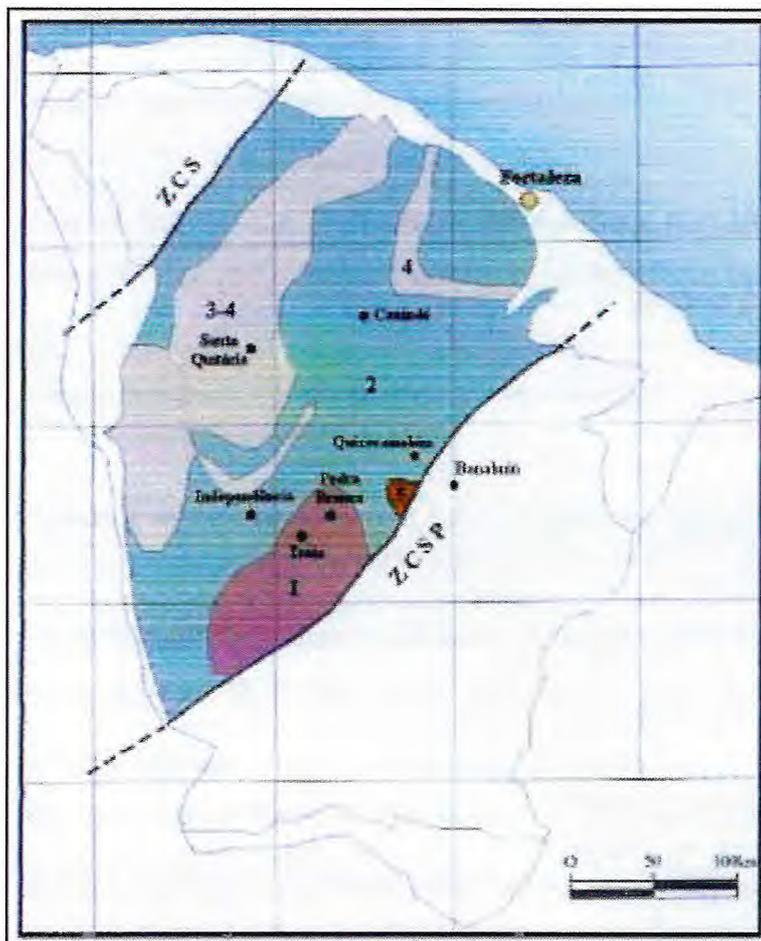


Figura-2.3 – Domínios Pré-Cambriano do Ceará: (A) - Piancó-Alto Brigida; (B) - Granjeiro; (C) - Orós-Jaguaribe; (D) - Ceará Central e (E) - NW do Ceará. (Segundo ARTHAUD *et al.*, 1998).

### 2.1.1 DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL (DCC)

Esse Domínio é delimitado a NW pela zona de cisalhamento Sobral-Pedro II (Lineamento Transbrasiliano), a SE pela zona de cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP) (Figura-2.4), e a SW-W é encoberto pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba, Van Schmus *et al.* (1995) e modificado por Fetter *et al.* (2003).

O Domínio Ceará Central é subdividido em maciços gnássico-migmatítico-graníticos de Tróia e Santa Quitéria e sistemas de Dobramentos Jaguaripeana, conforme Brito Neves *et al.* (1975), onde a maioria expõe terrenos do embasamento fortemente retrabalhados, superpostos, em algumas áreas, por faixas de rochas supracrustais.



**Figura 2.4** (Fetter (1999) - Subdivisão do Domínio Ceará Central: (1) Embasamento Arqueano Tróia – Pedra Branca; (2) Terrenos Acrescionários do Paleoproterozóico; (3 - 4) Terreno Santa Quitéria e Coberturas Meso-Neoproterozóicas.

A porção central desse Domínio é descrita por Souza & Braga (1984) em três unidades litoestratigráficas, sendo a *primeira* representada pelo embasamento cristalino de idade transamazônica, constituída por litotipos gnáissico-migmatíticos, que englobam restos de corpos básicos/ultrabásicos, ortognaisses, quartzitos, anfíbolitos e lentes de mármore; a *segunda*, uma cobertura dobrada, que está representada por uma seqüência vulcano-sedimentar cujo posicionamento no Proterozóico Médio é feito em relação ao Grupo Martinópolis, de Prado *et al.* (1979). É uma *terceira unidade* que é composta por uma associação magmático-plutônica do Neoproterozóico caracterizada por corpos granitóides de dimensões batólíticas, com representantes das fases sin, tardi e pós-tectônica do Ciclo Brasileiro.

Os grandes lineamentos do Ceará são referenciados por Caby e Arthaud (1986) como zonas de cisalhamento dúctil recortando os terrenos Pré-Cambrianos na porção sul do estado com sistemas ramificados de extensões regionais. Já na porção centro-norte os terrenos arqueanos sobrepõem aos Proterozóicos.

Caby e Arthaud (1986) classificam os terrenos Pré-Cambrianos do Estado do Ceará em três tipos: terrenos arqueanos com retrabalhamento no Brasileiro, seqüências supracrustais monocíclicas, deformadas e metamorizadas no Ciclo Brasileiro e os Complexos Graníticos Brasileiros.

Arthaud *et al.* (1998), divide o Domínio Ceará Central como caracterizado por grandes *nappes* recumbentes bem preservadas que envolvem o embasamento policíclico e as rochas supracrustais e relata para o conjunto um metamorfismo de alta pressão associado ao empilhamento de *nappes*, evoluindo em direção a um metamorfismo de alta temperatura, com descompressão de *nappes*, enquanto condições de mais baixas pressões afetaram o embasamento para-autóctone. Subseqüentemente, dominaram processos transpressionais ao longo da zona de cisalhamento Senador Pompeu, através dos quais conjuntos alongados de plutons foram intrudidos.

Em descrição mais atual Arthaud (2008) reclassifica estas quatro unidades, subdividindo-as em: a) embasamento policíclico (Complexo Cruzeta e Seqüência Choró-Algodões); b) coberturas metasedimentares monocíclicas (Grupo Ceará); c) complexo anatético-ígneo monocíclico (Complexo Tamboril-Santa Quitéria); d) granitos brasileiros e molassas tardi-brasileiras.

### 2.1.1.1 COMPLEXO CRUZETA, UNIDADE PEDRA BRANCA E UNIDADE TRÓIA

Conotação utilizada por Cavalcante *et al.* (2003) em substituição ao termo Complexo Pedra Branca usado para caracterizar a associação polimetamórfica (GOMES *et al.*, 1981) de formato elipsoidal, cujo eixo maior, na opinião destes autores, estende-se desde as proximidades de Tauá ao distrito de Ibuçu, 30km a oeste da cidade de Madalena.

Litologicamente é constituído por gnaisses migmatíticos apresentando bandamento complexo a partir de protólitos vulcano-sedimentares e de rochas ígneas granodioríticas/tonalíticas, alternando níveis de composição variável, com predomínio de componentes granodioríticos sobre os componentes tonalíticos e graníticos. São comuns, ainda, a ocorrência de rochas básicas e ultrabásicas, como metahornblenditos, anfibolitos, talco-xistos e formações ferríferas bandadas (BIF's). As rochas do complexo são intensamente deformadas em condições de metamorfismo de fácies anfibolito alto até a anatexia, produzindo em toda sua extensão feições migmatíticas. Sua deformação ocorreu em pelo menos dois eventos: (i) um de baixo ângulo com tectônica de *nappe* (Transamazônico) e (ii) outro de alto ângulo onde ocorreu o predomínio de movimentos transcorrentes (Brasiliano).

As idades modelo (Sm/Nd - TDM) apresentados pelos protólitos das rochas do Complexo Cruzeta variam de 2,3 a 3,2 Ga, indicando uma forte influência arqueana com contribuição de crosta paleoproterozóica. Já datações U/Pb em zircão de ortognaisses tonalíticos, no município de Quixeramobim, registraram idade de 1.87 Ga (FETTER, 1999).

Os dados TDM mostram que no complexo encontram-se fontes tanto de rochas arqueanas como paleoproterozóicas. As ocorrências de ferro destacam-se na topografia local formando pequena morraria alongada na direção NNE-SSW, onde o topo é sustentado por rocha *in situ* e as encostas contêm blocos e fragmentos angulosos resultantes da desagregação e intemperismo das formações ferríferas. Em Boa Viagem as BIF's ocorrem como lentes dentro dos gnaisses, formando uma crista alongada na direção NE-SW de aproximadamente 1 km e largura de 150 m, com mergulho sub-verticial em torno de 85 graus para NW. Nas proximidades de

Quixeramobim as BIF's formam pequenos lajedos de extensões decamétricas, configurando pequenas colinas e ondulações no relevo. Em ambas as ocorrências as rochas apresentam-se compactas, são e exibindo típica estrutura bandada, alternando bandas milimétricas a centimétricas de minerais opacos (hematita, magnetita, martita) com bandas de quartzo + anfibólios. Em amostra de mão a rocha é densa, tem coloração cinza escura à avermelhada, foliada e com forte orientação dos planos na direção N-S. As BIF's sofreram uma história deformacional englobando dois eventos: o primeiro com deformação dúctil tangencial em sistema de Nappes que afetou todo o Complexo Cruzeta (ARTHAUD 2007 e HAMELACK et al., 2007) durante o mesoproterozóico. A segunda com deformação dúctil/rúptil com zonas de cisalhamentos transcorrentes, verticalizando as BIF's durante o neoproterozóico (Brasiliano) formando lineamentos regionais e continentais.

A área insere-se no Maciço Tróia-Pedra Branca, que compreende um conjunto de segmentos crustais de provável idade arqueano-paleoproterozóica, precedente à sedimentação da Bacia Ceará. Apresenta como unidade litoestratigráfica predominante o Complexo Cruzeta, Cavalcante et al., (2003)

O Complexo Cruzeta apresenta as unidades Tróia, Pedra Branca e Mombaça como unidades litoestratigráficas, Cavalcante et al. (2003). A Unidade Tróia constitui um terreno do tipo granito-greenstone belt, Pessoa & Arcanjo (1984) e Pessoa et al. (1986), formado por rochas metavulcânica básicas, metagabros, metadacitos e metarriolitos intercamadados com metassedimentos, representados por quartzitos, xistos grafitosos, metacalcários e metachertes e formações ferríferas bandadas. Inclui, ainda, associações com corpos de leucogranitoides e metatonalitos da Suíte Intrusiva Cedro. Terreno juvenil, de idade arqueana, desenvolvido em um domínio oceânico. As rochas metaultramáficas presentes nessa unidade é de maior interesse pois constituem lentes boudinadas, onde estão reunidos termos petrográficos classificados como serpentinitos, clorita-talco xistos, clorititos, tremolítitos, piroxenitos e serpentinitos mais subordinados. Essas lentes formam dois trends principais de direção aproximada SSW-NNE. A Unidade Pedra Branca ocorre intimamente associada à seqüência anterior e é constituída basicamente por orognaisses TTGs primitivos, típicos de crosta juvenil gerada em ambiente de arco magmático. A Unidade Mombaça (MEDEIROS et al., 1996), é

formada por ortognaisses graníticos a granodioríticos, gnaisses diversos e restos de paraderivadas.

### 2.1.1.2 TERRENOS ACRESCIONÁRIOS PALEOPROTEROZÓICOS: SEQUÊNCIA CHORÓ-ALGODÕES

Arthaud & Landim (1995) foram os primeiros a descrever a Seqüência Algodões como um conjunto de anfibolitos de granulações diversas, associados a rochas metaplutônicas gabróicas e dioríticas. Segundo estes autores, sua estruturação é simples, com mergulhos das foliações inferiores a 45° para E-SE. Na Seqüência Algodões, Martins et al. (1996) reconheceram dois tipos de associações litológicas: 1) *associação anfibolítica-ortognáissica máfica-intermediária* formada por anfibolitos finos a grossos associados com granadaanfibolitos finos a grossos, intercalados com biotita-gnaisses róseos, ortognaisses máfico-intermediários grossos e diques máfico-intermediários a félsicos; e 2) *associação paragnáissica* encontrada na Serra do Estevão, formada por paragnaisses biotíticos finos de coloração cinza com intercalações restritas de metapelitos impuros, raros anfibolitos e diques de composição intermediária.

Na região do Açude Choró Limão, município de Choro, Torquato & Santos (1998) identificaram duas unidades lito-estratigráficas: 1) *Choró*, formada por micaxistos, quartzitos, paragnaisses, rochas calcissilicáticas e metaconglomerados associados a rochas anfibolíticas, meta-ultrabásicas e ortognaisses graníticos; e 2) *Algodões*, constituída essencialmente por anfibolitos, lentes de rochas meta-ultrabásicas e ortognaisses graníticos. Como definido por Martins (2000), a SMAC agrega um conjunto de rochas metamórficas de natureza paraderivada e ortoderivada, aflorante nos municípios de Quixeramobim, Quixadá e Choró, no Domínio Ceará Central da Província Borborena. Esta suíte é composta pelas seguintes unidades: Anfibolito Algodões, Metasedimentos Choró e Ortognaisses Cipó.

### 2.1.1.3 GRUPO CEARÁ

O Grupo Ceará é composto por gnaisses, quartzitos, mármore e calcissilicáticas. Os gnaisses compõem-se essencialmente de quartzo, plagioclásio, biotita, muscovita, granada, sillimanita, e k-feldspato; e como acessórios, turmalina, opacos, zircão, allanita, apatita, carbonato, epidoto e clorita (TORQUATO *et al.*, 1989).

Os quartzitos mais representativos estão localizados na base da seqüência do Grupo Ceará. Estas rochas servem como horizonte-guia, localizando-se na parte basal da seqüência que se completa com paragneisses, xistos, filitos e intercalações de mármore e rochas calcissilicáticas. Mineralogicamente, além do quartzo, estão presentes a muscovita e microclina (TORQUATO *et al.*, 1989).

Os mármore e as rochas calcissilicáticas ocorrem intercalados aos gnaisses sob a forma de lentes ou camadas. Os mármore são de coloração branca a cinza esbranquiçada, mas em alguns níveis pode-se observar uma coloração verde acinzentado, devido a presença de diopsídio e tremolita (TORQUATO *et al.*, 1989).

### 2.1.1.4 ARCO MAGMÁTICO CONTINENTAL SANTA QUITÉRIA

A denominação é recente (VAN SCHMUS *et al.*, 1997; FETTER *et al.*, 1997, FETTER *et al.*, 2003), porém derivada do termo "Complexo ou Maciço de Santa Quitéria" (BRITO NEVES, 1975; SANTOS & BRITO NEVES, 1984; CAVALCANTE *et al.*, 1983). Formado por migmatitos tonalíticos a granodioríticos, Fetter (1999), obteve idade U-Pb em zircão de 622 Ma e idades modelos  $T_{DM}$  variando entre 0,990 a 1,16Ga. Tais dados foram interpretados como uma mistura de material juvenil do Ciclo Brasileiro/Pan Africano com materiais mais antigos do embasamento num ambiente de arco magmático continental de idade pré-brasiliana. Neste modelo, materiais supracrustais circundantes às rochas plutônicas podem corresponder a sedimentos derivados do arco e depositados em bacias do tipo ante e retro-arco (*fore-arc/back-arc basin*) (FETTER *et al.*, 2003).

O Batólito de Santa Quitéria inclui uma grande variedade de litotipos dioríticos e graníticos sendo flanqueado por sedimentos de *fore-arc* e *back-arc* (vulcanoclástico e rochas calcissilicáticas), segundo Fetter *et al.* (2003).

No Arco Magmático Continental foram distinguidos quatro tipos principais de granitóides associados ao desenvolvimento desse arco, segundo Fetter *et al.* (2003). São eles:

- i) – pré-colisional tipo I, rocha dioríticas, granodioríticas, interpretadas como representantes de uma fase mais primitiva de magmatismo do arco. As rochas dominantes dessa seqüência granodioritos cinzentos megaporfíricos, fortemente deformadas, metamorizadas (Fácies Anfibolito) durante a fase posterior ao desenvolvimento do arco, sendo representados por xistos, gnaisses e migmatitos com estruturas variadas;
- ii) - o segundo tipo de granitóide, consiste de um migmatito mais evoluído rosa-cinzeno, com estruturas nebulíticas e homofánicas, constituindo o mais alto grau de deformação das seqüências dioríticas e granodioríticas pré-colisionais, são autóctones ou alóctones, localmente contém grandes enclaves de gnaisses dioríticos e anfibolíticos;
- iii) - o terceiro grupo de granitóides, inclui granitóides cinza megaporfíricos pouco deformados e monzogranitos. Localmente estas rochas contém quantidades variáveis de quartzo, enclaves dioríticos, sem sinais de interação com o magma, correspondendo a uma fase de alojamento do granito, associada a efeito distensivo regional durante desenvolvimento do arco;
- iv) - uma fase de desenvolvimento final do arco magmático é caracterizada pelo posicionamento de granitos megaporfíricos e subordinadamente granitóides com alto-K e baixo-Ca equigranulares, de composição variando entre monzogranítica e álcali feldspato granítica (FETTER *et al.*, 2003).

Considerando a evolução proposta por Fetter *et al.* (2003), para o arco magmático de Santa Quitéria, a “Suíte” granulítica Macaco poderia corresponder à porção mais profunda do arco (“Raiz do Arco”), representante dos primeiros estágios de formação do mesmo, exurnado por efeito tectônico.

No Domínio Ceará Central ainda pode ser individualizado, além do conjunto pré-cambriano, unidades mais jovens Terciária/Tércio-Quartenárias e

Quartenárias, que correspondem ao Grupo Barreiras, Coberturas Colúvio-Eluvionares Indiferenciadas e Aluviões.

### 2.1.2 GRUPO BARREIRAS E COBERTURAS COLÚVIO-ELUVIONARES INDIFERENCIADAS

Grupo Barreiras - Seqüência sedimentar formada por material de varias granulometrias, composta de clásticos finos a grossos que ocorrem na região litorânea. Os grãos e seixos variam de bem arredondados a sub-angulosos, constituídos predominantemente de quartzo, com feldspatos e argilas subordinadas. A matriz é argilosa de natureza caulínica e o cimento comumente encontrado é composto por material argilo-ferruginoso (CPRM, 2003).

Coberturas - Esta unidade forma tabuleiros dispersos, aplainados com suaves ondulações, gerados por dissecação lenta através dos sistemas de drenagens. São constituídos de um material areno-argiloso grosseiro esbranquiçado, de pouca espessura, sem estratificação, em que o quartzo é o mineral dominante.

Ela recobre os sedimentos do Grupo Barreiras e as rochas do embasamento cristalino.

### 2.1.3 ALUVIÕES

São sedimentos inconsolidados formados por blocos e seixos de rochas, associados às areias quartzosas grossas a médias. Podendo apresentar granulometria mais fina como areia, silte e argila, quando presentes nas planícies de inundação.

## **Capítulo III**

# **GEOLOGIA LOCAL**

MAPEAMENTO DE UMA ÁREA A LESTE DO ARCO MAGMÁTICO DE SANTA QUITÉRIA, REGIÃO DE TURURU-CE.

BONFIM, M.B.

## CAPITULO 3

### 3. GEOLOGIA LOCAL

#### 3.1 INTRODUÇÃO

A área estudada é composta por uma associação petrográfica, formada por rochas ígneas e metamórficas, sendo estas de baixa representatividade. Porém, todos os litotipos foram agrupados segundo suas origens e composições mineralógicas.

No Arco Magmático Continental de Santa Quitéria, se constata quatro tipos principais de granitóides associados ao desenvolvimento desse arco, Fetter et al., (2003).

i – pré-colisional tipo I, *rocha dioríticas, granodioríticas*, representantes de uma fase mais primitiva de magmatismo do arco. As rochas dominantes dessa seqüência apresentam granodioritos cinzentos megaporfíricos, fortemente deformadas, metamorizadas (Fácies Anfibólito) durante a fase posterior ao desenvolvimento do arco, sendo representados por xistos, gnaisses e migmatitos com estruturas variadas;

ii - o segundo tipo de granitóide consiste de um *migmatito* mais evoluído rosa-cinza, com estruturas nebulíticas e homofánicas, constituindo o mais alto grau de deformação das seqüências dioríticas e granodioríticas pré-colisionais, são autóctones ou alóctones, localmente contém grandes enclaves de gnaisses dioríticos e anfibolíticos;

iii - o terceiro grupo de granitóides inclui *granitóides* cinza megaporfíricos pouco deformados e *monzogranitos*. Localmente estas rochas contém quantidades variáveis de quartzo, enclaves dioríticos, sem sinais de interação com o magma, correspondendo a uma fase de alojamento do granito, associada a efeito distensivo regional durante desenvolvimento do arco;

iv - uma fase de desenvolvimento final do arco magmático é caracterizada pelo posicionamento de *granitos* megaporfíricos e subordinadamente *granitóides* com alto-K e baixo-Ca equigranulares, de composição variando entre monzogranítica e alcali feldspato granítica.

## 3.2 PETROGRAFIA

Neste capítulo os aspectos macroscópicos e microscópicos serão descritos, assim como, os litotipos percebidos e identificados na área pesquisada bem como as observações realizadas nas diferentes secções delgadas. Para tanto, destaca-se no rol a ser comentado o embasamento marcado pelos paragneisses e os granitos do Arco Magmático Continental de Santa Quitéria.

Na área pesquisada, no que diz respeito à tectônica, além dos raros testemunhos de paragneisses, foram constatados afloramentos de diversos granitóides, tais como: biotita-granitos, quartzomonzogranitos, sienitos e granitos porfiriticos, esses bem mais representativos em toda a extensão da área, os quais possuem uma mineralogia composta por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita, sendo que o biotita-granito apresenta hornblenda, e como minerais acessórios clorita, titanita e epidoto; já o granito apresenta muscovita e como mineral acessório apatita e actinolita tremolita.

### 3.2.1 BIOTITA PARAGNAISSE

O metamorfismo durante a fase posterior ao desenvolvimento do arco magmático é percebido na área basicamente por rochas migmatíticas de estruturas variadas e gnáissicas, que se distingue por seu bandamento característico de coloração alternada dos minerais em tons claros e escuros, ora orientados ora dispersos. Na área em foco, o biotita paragneisse se apresenta bastante restrito próximo a parte central, e, com certa freqüência, apesar de não muito comum, em setores a sudoeste da mesma.

Macroscopicamente, os biotitas paragneisses apresentam tonalidade cinza escuro e granulação fina a média, são compostos por quartzo, plagioclásio, e biotita, estão em parte, migmatizados, com presença de enclaves, dobras pitigmáticas, veios quartzosos, não raramente também encontramos nos gnaisses veios pegmatitos e “boundins” (Figuras – 3.1).



Figuras - 3.1: Biotita Paragnaisse, migmatizado, porções félsicas compostas de quartzo e feldspatos e, minerais máficos devido a biotita, titanita e opacos.(Afl. RGM-23 UTM 455.932/ 9.600.403).

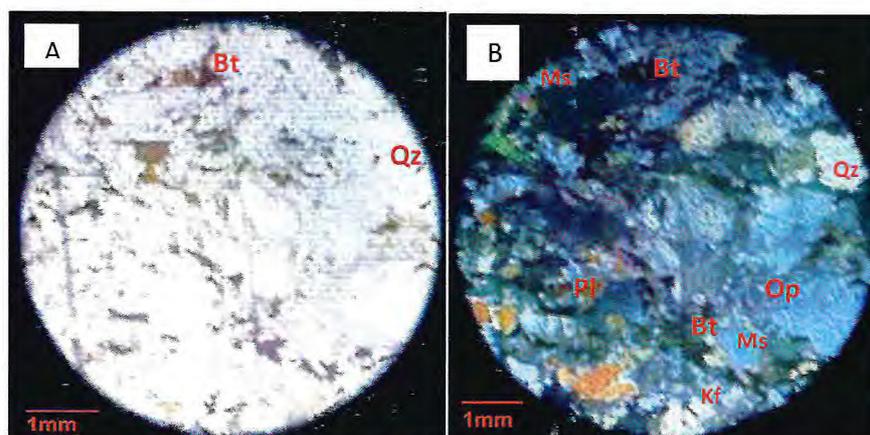
Microscopicamente apresentam textura granolepdoblástica, cuja mineralogia é possível ser composta de quartzo (25%), plagioclásio (25%), biotita (35%), feldspato potássico (5%), muscovita (4%), hornblenda (3%), como minerais acessórios podem apresentar a granada, titanita, apatita, muscovita, zircão e opacos (3%).

Os minerais de quartzo exibem cristais xenomórficos e com extinção ondulante, de contatos curvos e irregulares, formando bandas de deformação com estiramento dos cristais (*Fotomicrografia 3.1AB, 3.2AB, 3.3B, 3.4AB e 3.5AB*).

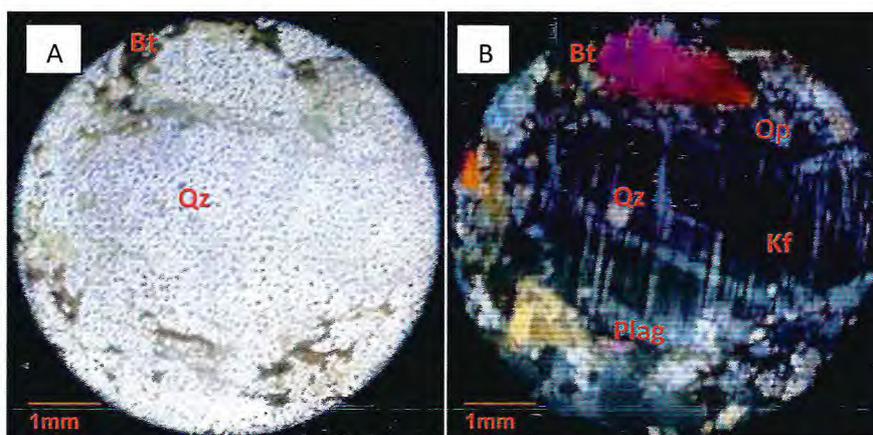
Os minerais de plagioclásio exibem formas eudrais a subeudrais, se apresentam com algumas inclusões de biotita. Há geminação em Albita ou Albita-Carlsbad, não demonstra indícios de alteração à argilominerais, seus cristais são xenoblásticos de contato irregular e curvo com seus adjacentes (*Fotomicrografia 3.1B, 3.2B, 3.4B e 3.6B*).

Quanto a biotita, apresenta hábito lamelar, ou seja, seus cristais tem formas tabulares com pleocroísmo castanho-escuro e pardo-escuro, associada ao opaco e a titanita, apatita e zircão, apresenta orientação conforme a foliação da rocha. Os cristais de biotita se alteram para muscovita, que por sua vez se integram ao meio dos cristais de quartzo (*Fotomicrografia 3.1B, 3.5AB e 3.6B*).

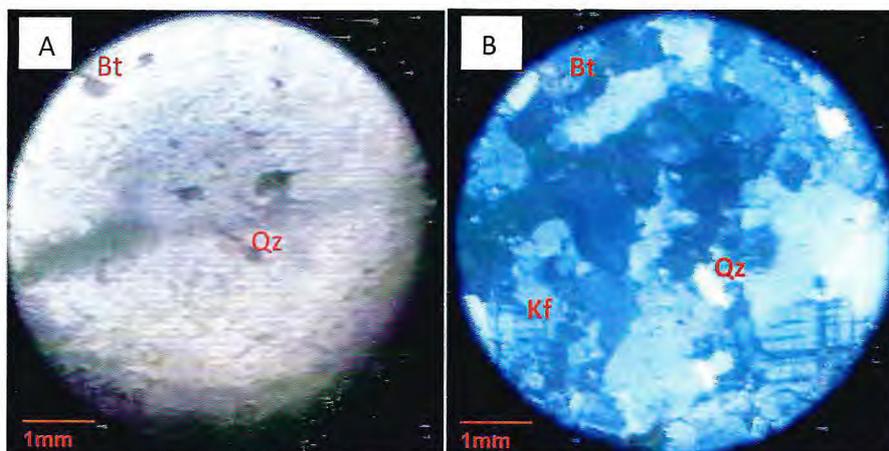
Os cristais de opaco (ilmenita) são em sua maioria anédricos, quase sempre associados à biotita. Alguns dos cristais de opaco mostram-se substituídos por titanita. Zircão forma pequenos cristais anédricos, prismáticos e subarredondados, metamicticos, associados ao opaco e a biotita. Os acessórios presentes são apatita e o Zircão, apresentam a forma de cristais anédricos e subarredondados, associados à biotita e ao opaco (*Fotomicrografia 3.4B e 3.6B*).



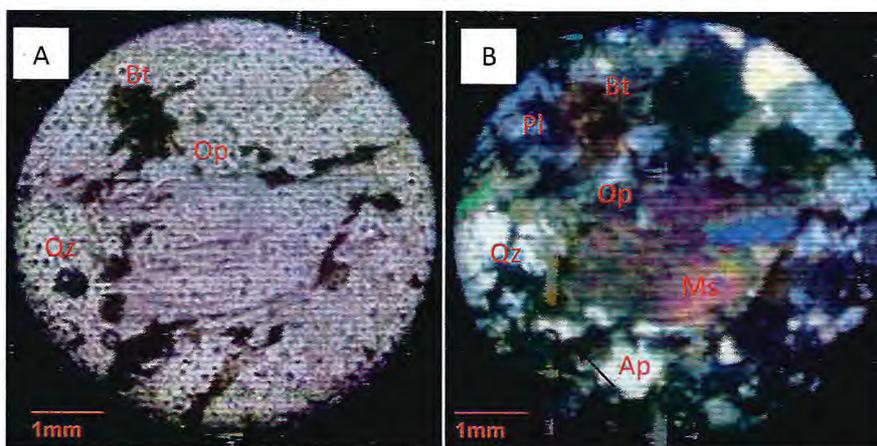
**Fotomicrografia: 3.1** – A-Biotita (Bt) lamelares levemente orientadas. B-Muscovita (Ms) levemente orientada inclusa no feldspato potássico (Kf). Quartzo (Qz) recristalizado. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 4x).



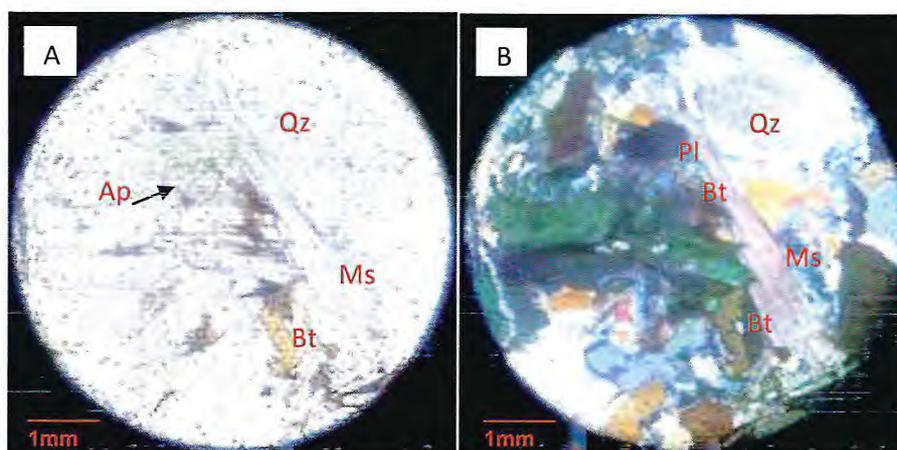
**Fotomicrografia: 3.2** – A- Biotita (Bt) lamelares levemente orientadas. B - Quartzo (Qz) recristalizado e incluso no feldspato potássico (Kf). Plagioclásio (Pl) com contatos irregulares e curvos. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 10x e 4x).



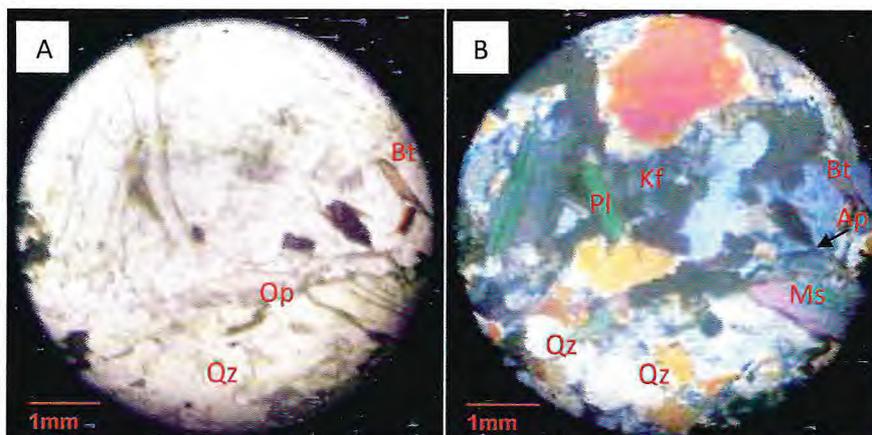
**Fotomicrografia: 3.3 – AB** - Biotita (Bt), Quartzo (Qz) e Feldspato Potássico (Kf) recristalizados. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada).



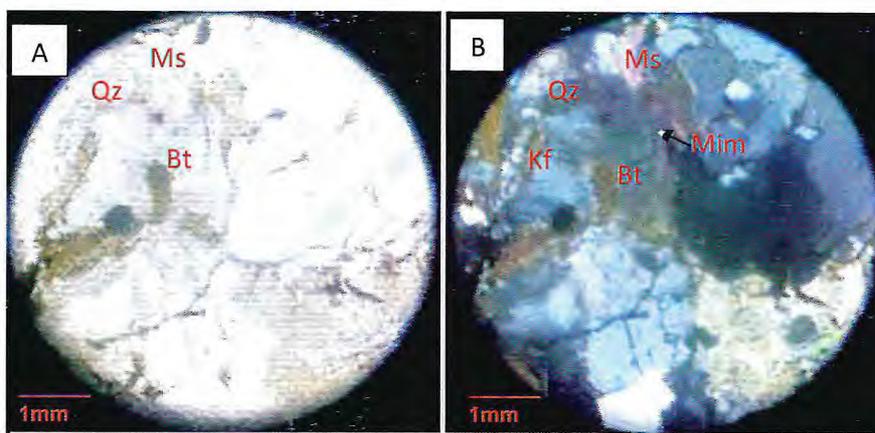
**Fotomicrografia: 3.4 – AB**- Plagioclásio (Pl), Muscovita (Ms) e apatita (Ap) incluso no quartzo (Qz). Opacos (Op) bordejando a muscovita. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 4x).



**Fotomicrografia: 3.5 – AB**-Muscovita (Ms) e biotita (Bt) levemente orientadas. **B**-Plagioclásio (Pl) bordejado por biotita (Bt) e apatita (Ap). (LO e LNP) (objetiva 4x).



**Fotomicrografia: 3.6** – A-Quartzo (Qz) recristalizado e B-muscovita (Ms) levemente orientadas. B- Feldspato potássico (kf), Apatita (Ap) incluída na Muscovita(Ms) e na biotita(Bt). (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 4x).



**Fotomicrografia: 3.7** – A-Biotita (Bt), Quartzo (Qz) recristalizado e muscovita (Ms) levemente orientadas. AB-Muscovita (Ms) orientadas, Microperthite Mimerquite (Mim). (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 4x).

### 3.2.2 ORTOGNAISSES

Constituído tipicamente de rochas máficas com fenocristais de feldspatos bem desenvolvido. Apresenta cristais orientados ou mesmo dispersos. (Figura-3.2 e Figura-3.3 ).

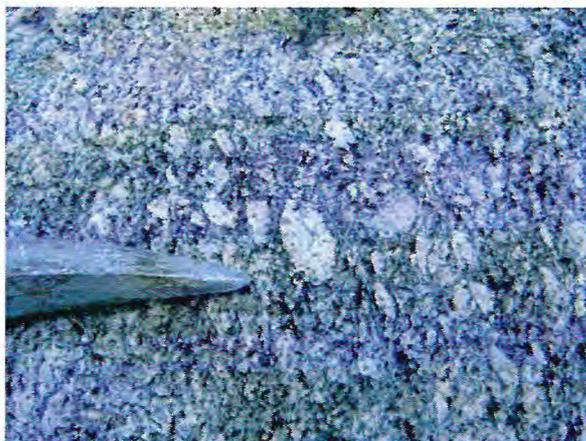


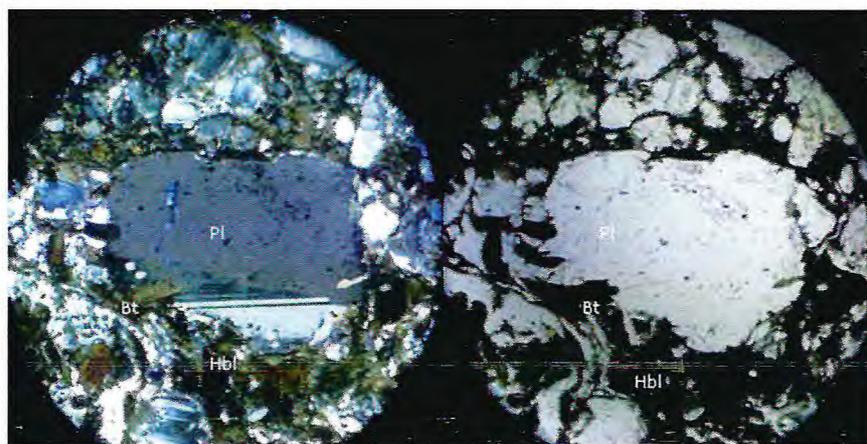
Figura - 3.2: Ortognaisses de composição tonalítica a granodiorítica, com crescimento do feldspato (Afl.RGM-31 UTM 453.911 / 9.598.115)



Figura 3.3: Ortognaisses tonalíticas, com veio de quartzo (Afl.RGM - 30 UTM 454.231/9.598.179)

Microscopicamente apresentam textura granolepdoblástica, cuja mineralogia é composta de por quartzo (23%), plagioclásio (34%), hornblenda (25%), biotita (12%), ortopiroxênio (3%), como minerais acessórios a apatita, zircão e opacos (3%).

Os plagioclásios com a hornblenda correspondem aos minerais mais abundantes na rocha (Fotomicrografia 3.8).



**Fotomicrografias 3.8:** Biotita (Bt) com hornblenda (Hbl) circundando o plagioclásio (Pl) (Luz ortoscópica e Luz natural)

Os cristais de feldspato estão distribuídos de forma eudral a subeudral exibindo geminação Albita-Carlsbar. O contato é reto inclusive entre os outros minerais.

As hornblendas estão orientadas conforme a direção da foliação. À luz natural estes minerais apresentam coloração verde escuro e forma alongada.

As Biotitas apresentam hábito lamelar, associadas às hornblendas. À luz natural apresentam cor marrom, e estão orientadas conforme a direção da foliação.

Os quartzos, orientados e recristalizados formando mosaicos granoblásticos, ocupando os interstícios dos plagioclásios.

Os ortopiroxênios apresentam-se bastante fraturados, dispersos e entre as biotitas.

### 3.2.3 BIOTITA GRANITO

Essa rocha é percebida com maior representatividade na porção sudeste da área, com alguns exemplares mais precisamente na Fazenda CIALNE, os afloramentos em forma de matacões e blocos com dimensões métricas, comumente com fraturas e veios de quartzo e uma nítida foliação (Figuras - 3.4, 3.5 e 3.6).



Figura-3.4: Biotita granito, com orientação de minerais máficos concordante à foliação e veios de quartzo (Afloramento RGM-08 UTM 456.791 / 2.597.559).



**Fig. 3.5** -Biotita granito (Afl. RGM-12 UTM 455.902 / 9.599.348 ) **Fig. 3.6** -Biotita granito (Afl. RGM-16 UTM 456.327/ 9.597.759)

São rochas plutônicas de foliação bem expressiva e textura macroscópica equigranular mesocrática de granulação fina a média, coloração variando do cinza a cinza escuro, e uma suave orientação preferencial dos minerais planares (biotita) concordante com a foliação.

Microscopicamente apresenta textura inequigranular e cristais com geometria hipidiomórfica e contato entre cristais adjacentes irregular. Composta por minerais essenciais de: plagioclásio (27%), quartzo (20%), feldspato potássico (8%), biotita (28%) e hornblenda (12%), e como minerais acessórios apatita (1%), titanita (1%), zircão, clorita, epidoto e opacos (3%).

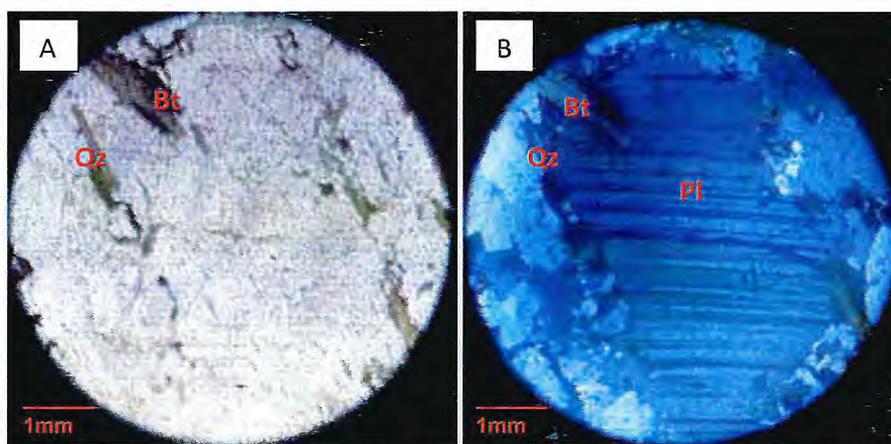
As biotitas ocorrem na tonalidade acastanhada, com suas lamelas levemente orientadas idiomórficas (Fotomicrografia 3.10AB, 3.12AB e 3.13AB). As biotitas apresentam contatos laterais planos e terminações irregulares, alguns dos minerais apresentam bordas com alteração para a hornblenda (Fotomicrografia 11) conseqüentemente para muscovita. Percebe-se a inclusão de biotitas em anfibólios e plagioclásios.

O plagioclásio cálcico possui forma subeudral, hipidiomórfica, com contatos retos e irregulares, com geminação albita Carlsbad e possui inclusão de pequenos minerais de biotita (Fotomicrografia 3.9AB).

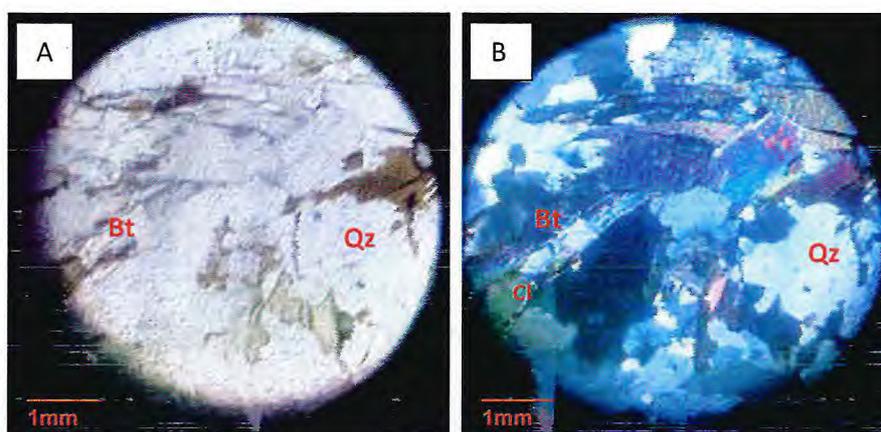
O feldspato potássico é representado por microclina anedral, com geminação albita Carlsbad e muito sericitizado, alterado, e com inclusão de quartzo, biotita e hornblenda (Fotomicrografia 3.11AB e 3.12AB).

O quartzo apresenta minerais xenomórficos de contatos que variam de planos a curvos e irregulares, extinção ondulante e pouco fraturados, encontra-se como inclusões parcialmente recristalizados (Fotomicrografia 3.09AB, 3.10AB, 3.11B, 3.12B e 3.13AB).

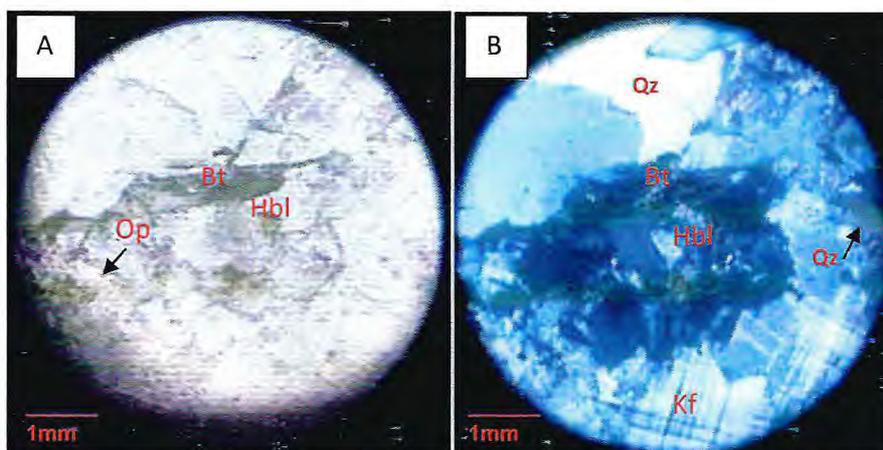
A clorita ocorre como acessório oriundo da alteração da biotita, de contatos irregulares e curvos (Fotomicrografia 3.10B). A hornblenda junto a biotita com suave orientação, se ver inclusa no feldspato (Fotomicrografia 3.11AB e 3.12B). A titanita, muito pouco presente em algumas porções da lâmina, apresenta muitas fraturas. Com contatos regulares e forma alongada e idiomórfica (Fotomicrografia 3.13B). O epidoto muito inexpressivo, porém presente incluso nos cristais de quartzo (Fotomicrografia 3.13A).



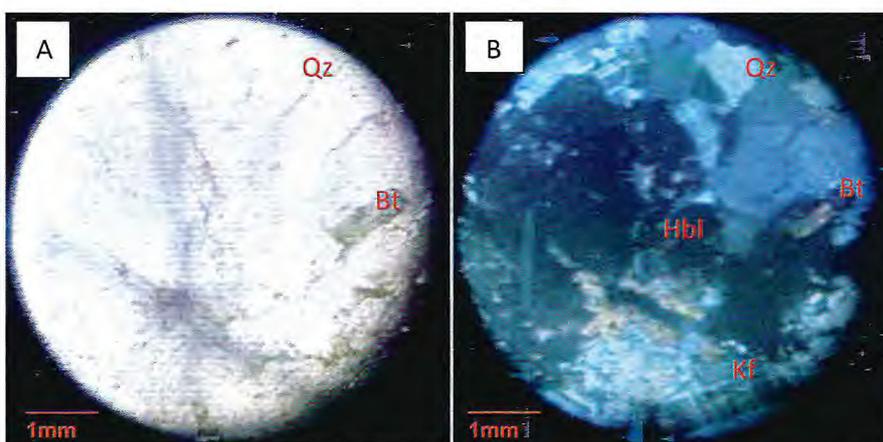
**Fotomicrografia: 3.9 – AB-Biotita (Bt) inclusa no plagioclásio (Pl) e quartzo (Qz) recristalizado. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 10x).**



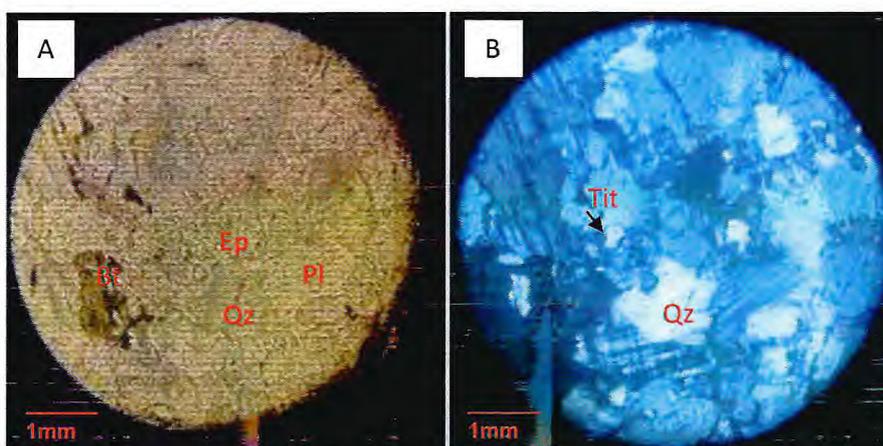
**Fotomicrografia: 3.10 – A- Biotita (Bt), Quartzo (Qz) B- Clorita (Cl) fruto da alteração da biotita (Bt) e ambas levemente orientadas. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 10x).**



**Fotomicrografia: 3.11** – A-opacos (Op) inclusos no feldspato potássico (Kf) e AB-Hornblenda (Hbl), biotita (Bt), quartzo (Qz). (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 10x).



**Fotomicrografia: 3.12** – AB-Quartzo (Qz) recristalizado, Biotita (Bt) lamelares levemente orientadas e B-Feldspato potássico (Kf) apresentando geminação albita Carlsbad. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 4x).



**Fotomicrografia: 3.13** – AB-Epidoto e Titanita (Tit) inclusa no quartzo (Qz). B-Biotita (Bt) lamelares levemente orientadas. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 10x e 4x).

### 3.2.4 - PROTOMILONITOS

O Milonito rocha de metamorfismo dinâmico, fortemente triturada, mas com tendência a comportamento mais dúctil do que o cataclasito por apresentar componentes minerais como clorita, sericita, epidoto, actinolita. que podem apresentar-se orientados definindo uma foliação milonítica.

A formação de cataclasito ou de milonito é comandada pelas propriedades reológicas da rocha que variam, também, com a menor ou maior pressão de H<sub>2</sub>O e com as condições termodinâmicas no momento da tensão. A rocha anidra (com pequena % de minerais hidroxilados como as micas e cloritas) é geralmente mais quebradiça, tendendo a se transformar em cataclasito quando tensionada.

Os prefixos proto e ultra para os termos CATACLASITO e MILONITO referem-se, respectivamente, a percentagem de matriz quebrada/triturada da rocha, definindo-se assim, segundo Sibson (1977):

- protomilonito (10-50%);
- milonito (50-90%) e,
- ultramilonito (>90%).

#### 3.2.4.1 QUARTZOMONZONITO

Apresenta-se macroscopicamente como uma rocha intrusiva de coloração cinza com tons rosado, granulação grossa, os porfiroclastos ocelares de feldspatos e de quartzo e biotita determinam através de sua orientação o sentido da foliação (Fotografia-3.7).

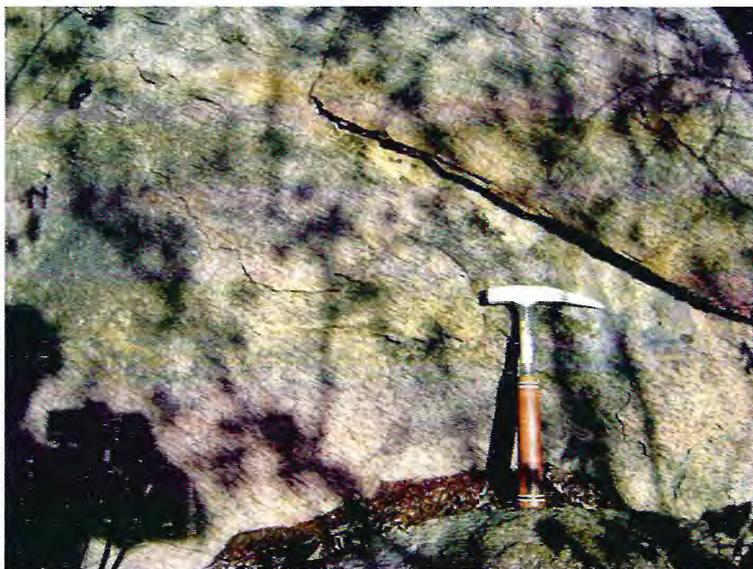


Figura 3.7: Protomilonito com foliação dada pela orientação dos porfiroclastos de feldspatos, quartzo e biotita. (RGM 53 - UTM – 457.422/9.604.599).

A textura rochosa desses protomilonitos, em microscópio, classifica-se como granoblástica a milonítica, megacristais formam o feldspato potássico e o plagioclásio numa matriz quartzo-feldspática (Fotomicrografia 3.14).

Mineralogicamente é composta essencialmente por quartzo (35%), feldspato potássico (25%) "ortoclásio, microclínio", plagioclásio (20%) "oligoclásio a andesina", biotita (14%), muscovita (2%), tendo opaco (2%), zircão (1%), apatita (1%) e outros minerais acessórios, como o óxido de ferro "allanita(Tr)".

O quartzo apresenta cristais anédricos, as vezes alongados e recristalizados, com extinção ondulante.

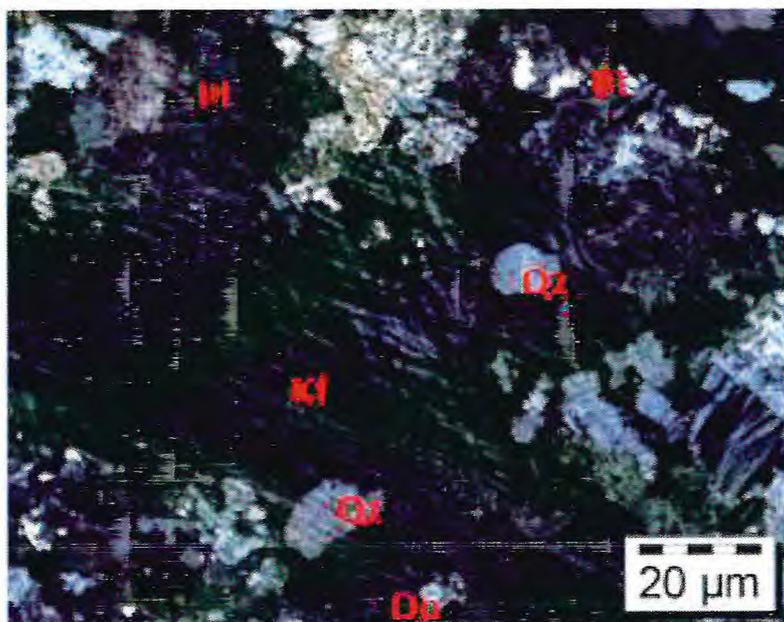
Os plagioclásios (Albita –Oligoclásio) são xenoblásticos, seus cristais variam de 0,1 a 0,8 mm de comprimento, raros os geminados em Albita-Carlsbad e são alterados para argilominerais. Apresentam inclusões de biotita e restos de microclínio, neste último caso indicando ser albita por substituição. Intercrescem com quartzo nas bordas de alguns dos cristais de feldspato potássico e forma mirmequita.

A alteração dos feldspatos e da biotita resulta na muscovita. Os feldspatos potássicos são hipidiomórficos a xenoblásticos, variando seus cristais de 0,1 a 1,0 cm de comprimento, com geminação da Albita-Periclina do microclínio, micropertíticos e pertíticos em barras de deformação, que por vezes associam-se a geminação Carlsbad. Comumente apresenta inclusões de forma aleatória de

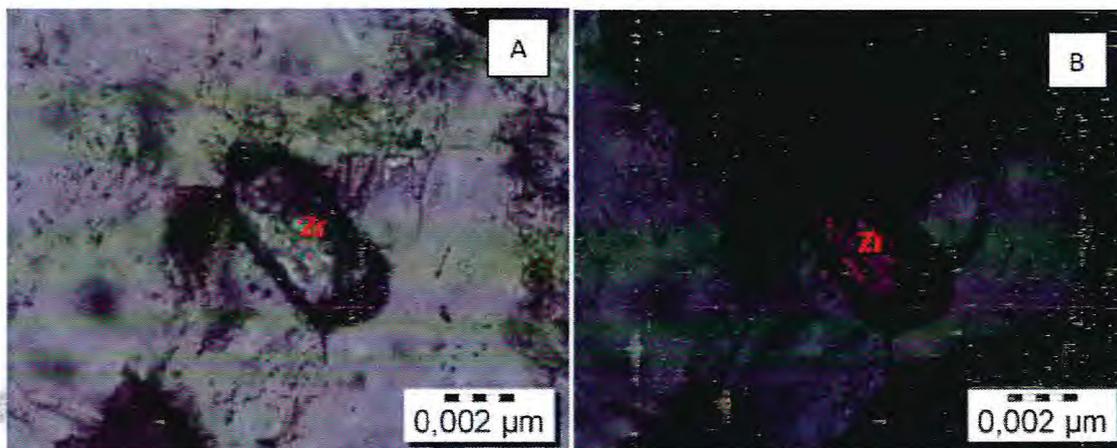
plagioclásio de hábito colunar e tabular e até mesmo de microclínio e de mirmequita, apontando a um desenvolvimento do mineral. Destacam as bordas corroídas por albita e envoltas por plagioclásio e quartzo, recristalizados, assim como pela biotita. Resulta numa alteração para a muscovita-sericita.

A biotita com cristais tabulares e lamelares, oxidados, com pleocroísmo castanho-escuro a pardo-escuro, alterando-se para muscovita com liberação de opaco.

Os opaco são anédricos e quase sempre associados à biotita. Pequenos cristais de zircão aparecem inclusos na biotita, formando halos pleocroícos e grãos anédricos, subarredondados, metamicticos, associados e por vezes inclusos aos feldspatos e na biotita (Fotomicrografias 3.14 e 3.15). Apatita apresenta-se em cristais anédricos, juntos aos feldspatos e a biotita. Um único cristal anédrico de allanita é percebido associado à biotita.



**Fotomicrografia 3.14:** Textura granoblástica formada por megacristais de feldspato potássico e plagioclásio em uma matriz de quartzo-feldspática. (LO. Objetiva de 2x).



**Fotomicrografias 3.15: AB** - Inclusões de zircão formando halos pleocroicos. A-(LNP /Objetiva de 10x) e B-( LO/Objetiva de 10x).

Segundo o diagrama de classificação de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989) caem no campo dos monzogranitos (Figura 3.8).

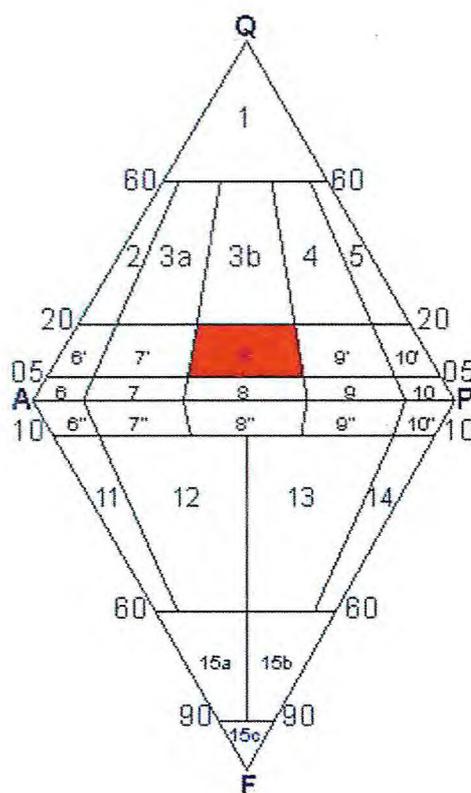


Figura 3.8 – Diagrama de classificação de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989) mostrando a classificação como quartzomonzonito (Amosira - RGM-53).

### 3.2.4.2 - MONZOGRANITO

Rocha plutônica que contém quantidades quase iguais de plagioclásio e feldspato potássico com anfibólio e/ou piroxênio.

Estes protomilonitos estão localizados do centro até o norte com abrangência para o Noroeste da área pesquisada, presentes também com afloramentos a NE, onde a olho nu, a rocha apresenta coloração cinza-clara com tons rosados, granulação média a grossa, porfirítica, exibindo megacristais de feldspato potássico e plagioclásio constituindo uma foliação de fluxo, além da presença de enclaves máficos, os porfiroclastos de feldspatos rosados apresentam um rotacionamento com alongamento e ainda deflação de biotita e de quartzo em torno destes, definindo assim a foliação (Figura-3.9).



Figura 3.9: Protomilonito de porfiroclastos de feldspatos rosados e deflação de biotita e quartzo em torno deles. (RGM 59 - UTM – 455.642 9.603.461).

A textura é granoblástica a milonítica inequigranular hipidiomórfica a porfirítica com porções protomiloníticas, grandes porfiroclastos de feldspato potássico envolvidos por biotita e opacos e uma matriz de feldspatos e quartzo recristalizados são determinantes na sua formação (Fotomicrografia 3.17).

Macroscopicamente são compostos por feldspato potássico (27%), quartzo (20%), plagioclásio (27%), biotita (10%), anfibólio (10%). Minerais acessórios como opaco (2%), titanita (2%), apatita (1%), zircão (1%) também se fazem presentes.

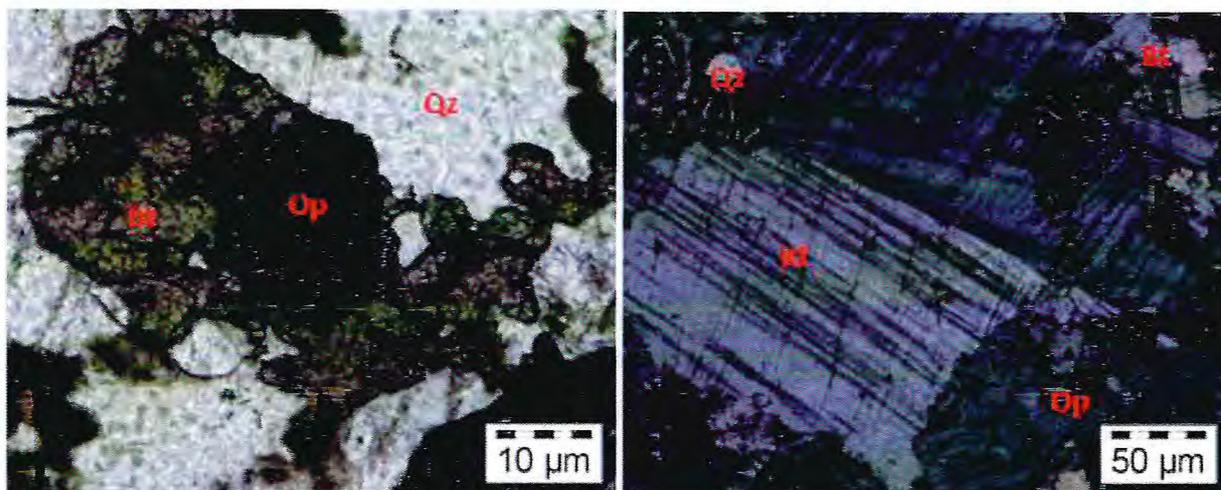
O quartzo forma cristais anédricos, com extinção ondulante por vezes formando *ribons* orientados segundo a foliação, compõem com plagioclásio e feldspato potássico bandas quartzo-feldspáticas.

O plagioclásio compõe-se pela albita-oligoclásio, são xenoblásticos, recristalizados em subgrãos envoltos dos porfiroclastos de feldspatos potássico, apresentam-se como fenocristais geminados em Albita-Carlsbad, alterados para argilominerais e intercrescidos no quartzo, formando mirmequita.

A biotita encontra-se deformada e alongada em conjunto com anfibólios formando a foliação. Apresenta cristais lamelares e tabulares, orientados e contornando os porfiroclastos, em suas bordas, a alteração parece dá origem a hornblenda envolvida por bandas compostas por quartzo, plagioclásio e feldspato potássico. Apresentam pleocroísmo castanho-escuro e pardo-escuro, associada a opacos (ilmenita e magnetita), titanita e apatita (Fotomicrografia 3.16). Ocorrem pequenas inclusões de apatita e ainda que mais rara, mas, também há inclusões de zircão.

Minerais acessórios como opacos (ilmenita e magnetita) são anédricos, associados geralmente a biotita e a cristais anédricos de titanita. Apresenta cristais de opaco como a titanita.

Apatita compõe-se de pequenos cristais anédricos, bem formados, associados e inclusos no quartzo, no feldspato potássico e nas biotitas, além de titanitas que se apresentam nas bordas de hornblendas. O zircão, em grãos anédricos, subarredondados e metamicticos, costuma está associados à biotita, aos opaco e a titanita.



**Fotomicrografia 3.16:** Biotita exibindo pleocroísmo castanho-escuro e pardo-escuro, associada a opacos. (LNP/Objetiva de 10x).

**Fotomicrografia 3.17:** Textura formada por porfiroclastos de feldspato potássico, envoltos por biotita, opacos e uma matriz de feldspatos e quartzo recristalizados. (LO/Objetiva de 4x).

Segundo o diagrama de classificação de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989) caem no campo dos monzogranitos (Figura 3.10).

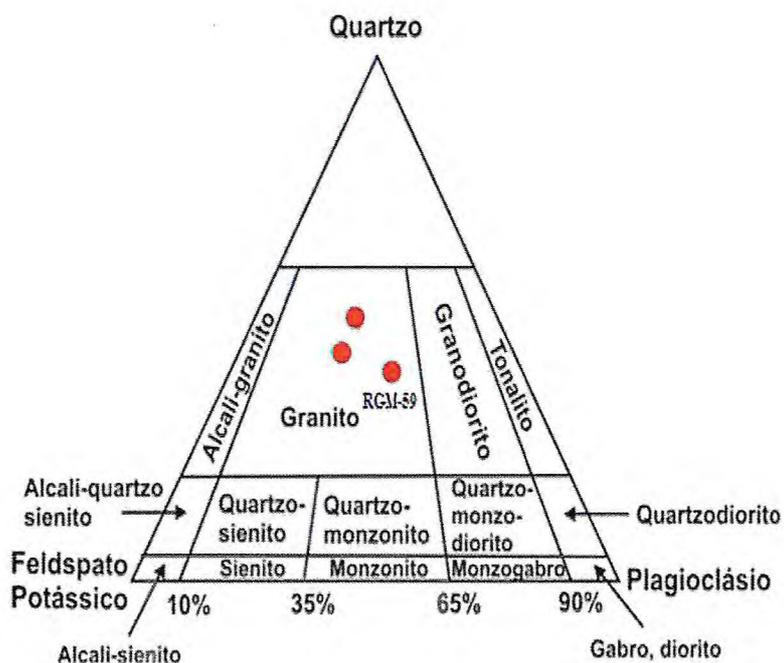


Figura 3.10 – Diagrama de classificação de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989), mostrando a classificação como monzogranito (Amostra - RGM-59).

### 3.2.5 - SIENOGRANITO

Visualmente, desprovido de aparato óptico, a amostra dessa rocha se apresenta com coloração cinza-rosada, granulação média a grossa, porfírica, inequigranular, foliada, com megacristais de feldspatos (Figura - 3.11). variando de 0,1 mm a 3cm.



Figura 3.11: Metasyenogranito pórfiro com megacristais de feldspatos. (RGM 38 - UTM - 453.620/9.601.817).

No âmbito da lâmina petrográfica analisada destacou-se apenas uma porção feldspática, composta por aglomerados de cristais de feldspato potássico, onde predomina uma matriz quartzo-feldspática recristalizada em derredor desses cristais. O feldspato potássico em maior teor sobre o plagioclásio, assim como se sobressai quanto ao quartzo e a biotita. Entre os minerais acessórios destacam-se: opaco (ilmenita), titanita, apatita, allanita e zircão.

O feldspato potássico apresenta cristais hipidiomórficos a xenoblásticos, com maclas em Albita-Periclina típica do microclínio, micropertítico e pertíticos em barras e em filetes. Constata-se também inclisões de plagioclásio, quartzc e biotita. A matriz é constituída por cristais de plagioclásio; que são xenoblásticos, dificilmente geminados em Albita-Carlsbad, desenvolvidos juntamente com o quartzo, bordejando o feidspato potássico, resultando então na formação de mirmequita.

Pequenas inclusões de quartzo sob a forma de exsoluções é comumente percebidas.

O quartzo, se apresenta em níveis envolvendo as porções feldspáticas; são cristais anédricos e por vezes alongados com leve extinção ondulante. Como subgrãos acabam localmente se recristalizando. Os cristais de quartzo absorvem pequenas porções feldspáticas em seus envoltórios, sinalizando uma cristalização posterior a estes.

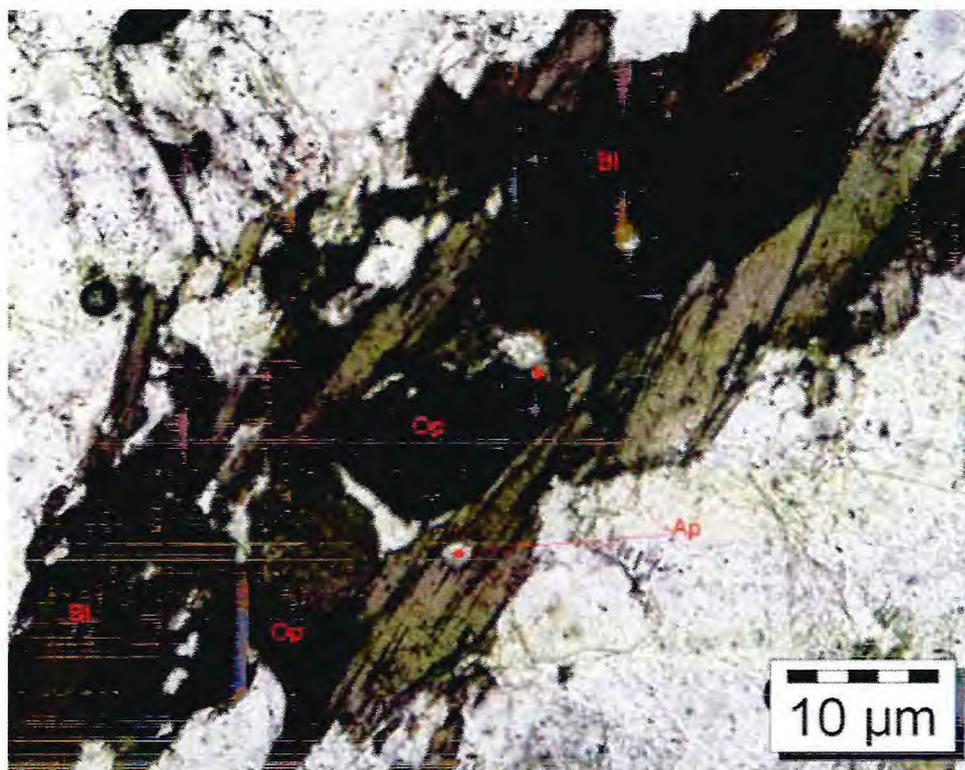
A biotita, com sua característica peculiar apresenta cristais tabulares e lamelares, orientados, com pleocroísmo castanho-escuro a claro a pardo-escuro, se associam costumeiramente aos opaco e por vezes a apatita.

Os opaco (ilmenita) são cristais anédricos, com fina borda de titanita.

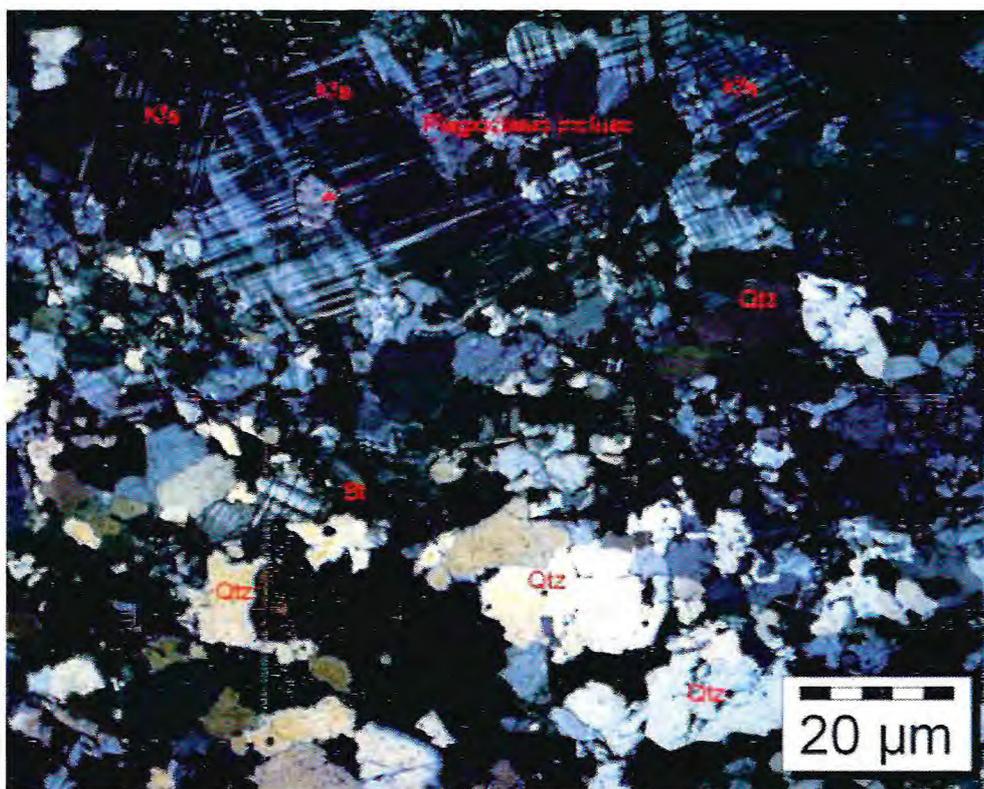
O zircão, também de cristais anédricos, subarredondados, associados ao opaco e a biotita.

A titanita, composta por diminutos cristais anédricos, se associa à biotita e as estreitas bordas em opaco.

Apatita, também em pequenos cristais anédricos, associa-se por inclusão à biotita.



**Fotomicrografia 4.19:** Orientação e forma dos cristais da Biotita, inclusão da Apatita e a associação com os opacos. (Lente /Objetiva de 10x).



**Fotomicrografia 3.19:** Textura predominante de cristais de feldspato potássico sobre os cristais de plagioclásio, de quartzo e de biotita. Inclusão do plagioclásio no feldspato potássico. (LO/Objetiva de 10x).

Segundo a classificação modal de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989) caem no campo dos sienogranitos (Figura 3.12).

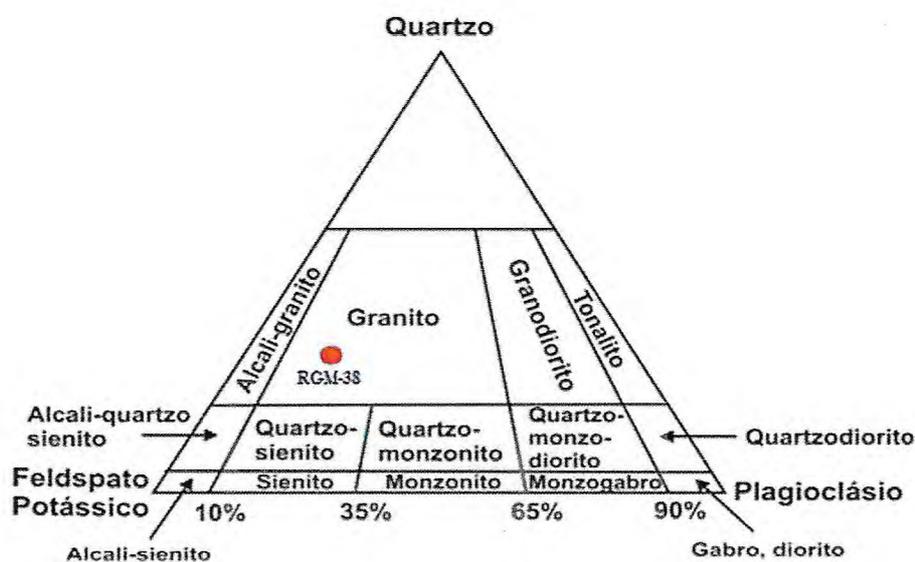


Figura 3.12 – Diagrama de Le Maitre, (1989), mostrando o campo de plotagem da rocha (Amostra -- RGM-38).

### 3.2.6 - QUARTZO-SIENITO PÓRFIRO

Observada a amostra, a olho nu, ou seja, macroscopicamente sua tonalidade apresenta-se cinza-rosado de granulação grossa, porfirítica, com megacristais de feldspatos alongados e orientados segundo a direção de foliação (*Figura 3.13*). Os cristais bem desenvolvidos de feldspatos atingem até 3 cm de comprimento.

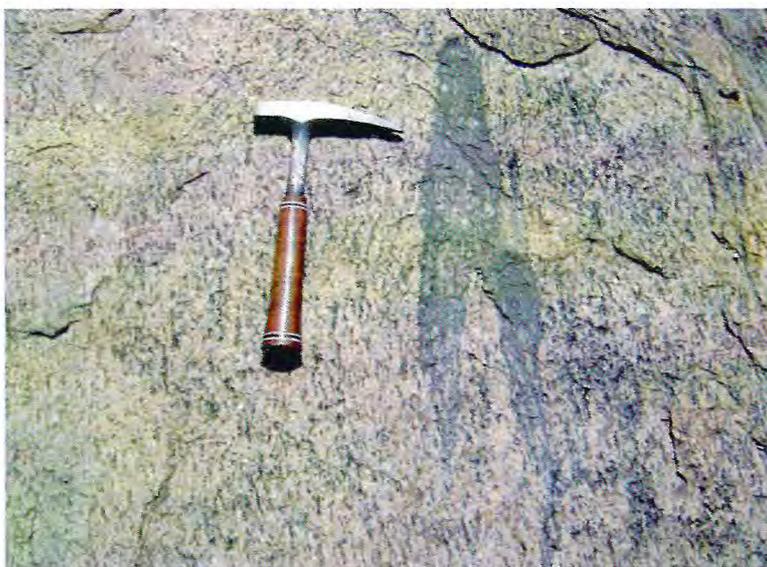


Figura 3.13: Metaquartzo-Sienito pórfiro, com tonalidade cinza-rosado, granulação grossa, com megacristais de feldspatos alongados e orientados na direção da foliação. (F.GM 56 - UTM - 453.454/9.603.992).

Em lamina ou seção delgada, foi possível constatar uma textura granoblástica formada por cristais bem desenvolvidos de feldspato potássico em uma matriz recristalizada e constituída por feldspatos potássico (30%) e plagioclásio (20%), quartzo (25%) e biotita (15%). Como acessórios tem-se (10%) envolvendo a titanita, opaco (ilmenita), apatita, zircão e clorita (Tr). Clorita produto de alteração da biotita (Fotomicrografia 3.21).

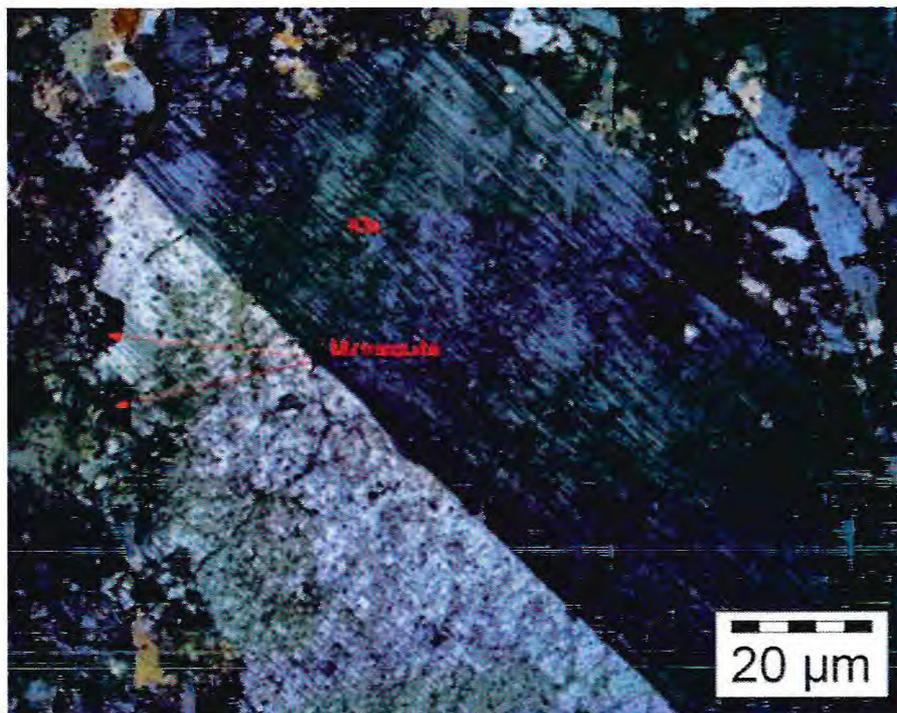
Os feldspatos potássicos são perfitos e apresentam geminação *Carlsbad*, seus megacristais exibem em suas bordas albita com mirmequita (Fotomicrografia 3.20). São cristais xenoblásticos, com mioclina em Albita-Periclina (xadrez) do

microclínio. Como matriz tem-se alguns de seus cristais associados aos cristais de plagioclásio, sem geminação e com indícios de alteração para argilominerais.

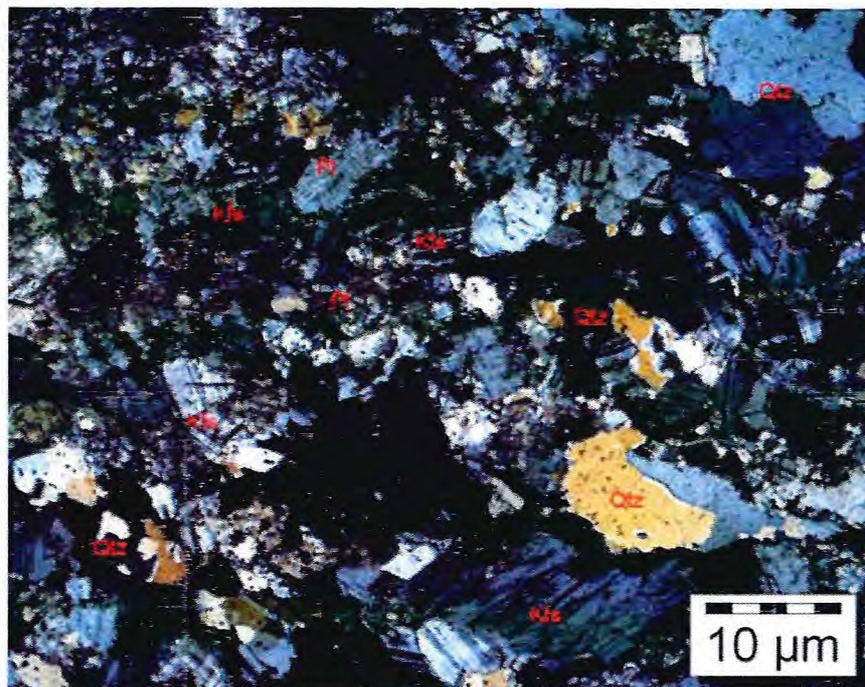
O quartzo, apresenta cristais anédricos e alongados, com leve extinção ondulante. A biotita, ocorre de forma costumeira, ou seja, tabular e lamelar, seus cristais orientados com pleocroísmo castanho-escuro e pardo escuro, a biotita encontram-se associada a titanita e ao opaco. Percebe-se inclusões de apatita, opaco e de zircão formando halos pleocroícos. A qual, altera-se para a clorita.

A titanita, apresenta cristais anédricos e quase sempre associados à biotita e ao opaco. Os de opaco são: ilmenita ou titanomagnetita, devido a fina borda de titanita.

Apatita, se apresenta em diminutos cristais anédricos, associados à biotita. Zircão, também na forma de cristais pequenos e anédricos, se ver inclusos na biotita.



**Fotomicrografia 3.20:** Megacristais de feldspato potássico, são periticos e com geminação Carlsbad. Exibem em suas bordas albita com mirmequita. (LO. Objetiva de 2x).



**Fotomicrografia 3.21:** Megacristais de feldspato potássico, apresentando uma textura granoblástica a partir de uma matriz constituída por feldspatos potássico, plagioclásio, quartzo e biotita. (LO/Objetiva de 10x).

### 3.2.7 - QUARTZO-SIENITO



**Figura 3.14:** Quartzo-Sienito - Rocha granítica leucocrática de coloração cinza-clara com tons rosados, constituída de minerais quartzo-feldspáticos e minerais máficos. (RGM 05 - UTM - 457.919/9.600.650).

Em amostra de mão, visualizando a olho nu sem recurso óptico algum, percebe-se uma rocha granítica de estrutura compacta e coloração cinza-clara com tons rosados, granulação fina a média, com incipiente foliação, constituída de minerais quartzo-feldspáticos e minerais máficos, como a biotita e opacos. O quartzo sienito associa-se a plutons sienitóides ou dioritóides tardi-orogênicos ou anorogênicos diferenciados.

Já quando analisada microscopicamente, a rocha mostra-se com textura granoblástica a xenoblástica, composta por feldspato potássico (40%) "Ortoclásio, Microclínio", plagioclásio (15%) "Albita, Oligoclásio", quartzo (25%), biotita (10%) e hornblenda (3%) podendo ainda conter Piroxênio. E ainda, opaco (ilmenita) (3%), titanita (1%), apatita (1%), zircão (1%) e allanita (1%) como acessórios. Podem ocorrer óxidos de ferro "Magnetita" e sulfetos "Rutilo". Destaca-se, que mediante a alteração do opaco é que possibilita a formação da Titanita.

O feldspato potássico se supera aos cristais de plagioclásio; são xenoblásticos, apresenta geminação Albita-Periclina (xadrez) típica do microclínio, não muito comum, mas micropertíticos e pertíticos são percebidos em barras. As bordas com albita e a recristalização em subgrãos, inclusive as inclusões de plagioclásio e quartzo, ainda que bastante restritas.

O plagioclásio (Albita-Oligoclásio), também xenoblásticos, com baixa ocorrência de geminação Albita-Carlsbad, intercrescem com o quartzo nas bordas dos cristais de feldspato potássico, formando assim cristais de mirmequitas.

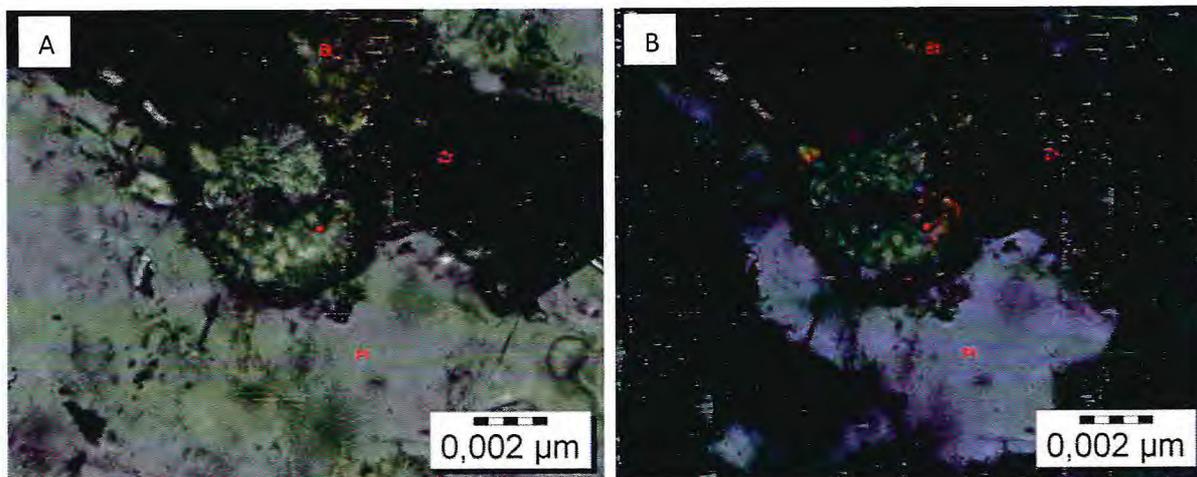
Os cristais de quartzo, anédricos e intercalados aos feldspatos, apresentando uma leve extinção ondulante.

A biotita, com seus característicos cristais tabulares e lamelares, podem ser de origem primária ou secundária, formadas a partir da hornblenda. Apresentam um pleocroísmo castanho-claro e pardo-escuro quando primárias ou um pleocroísmo castanho-esverdeado a pardo-esverdeado quando secundárias. Comumente associadas as hornblendas, aos opacos e a titanita.

A hornblenda, exibe cristais prismáticos com pleocroísmo verde-escuro a claro, com alteração para biotita secundária com liberação de opaco.

Os cristais de opaco (ilmenita), associam-se à biotita e a titanita, são anédricos e apresentam finas bordas de titanita. Também, é a partir do opaco que se dá a formação dos anédricos cristais de titanita.





**Fotomicrografias 3.23:** Zircão formando cristais prismáticos, associados à biotita. **A**-(LNP /Objetiva de 40x) e **B**-(LO/Objetiva de 40x).

Segundo a classificação modal de rochas plutônicas de Le Maitre, (1989) caem no campo dos sienogranitos (Figura 3.15).

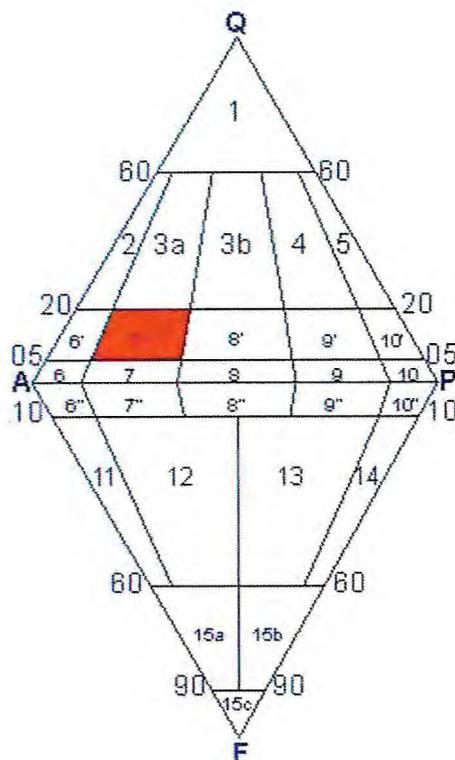
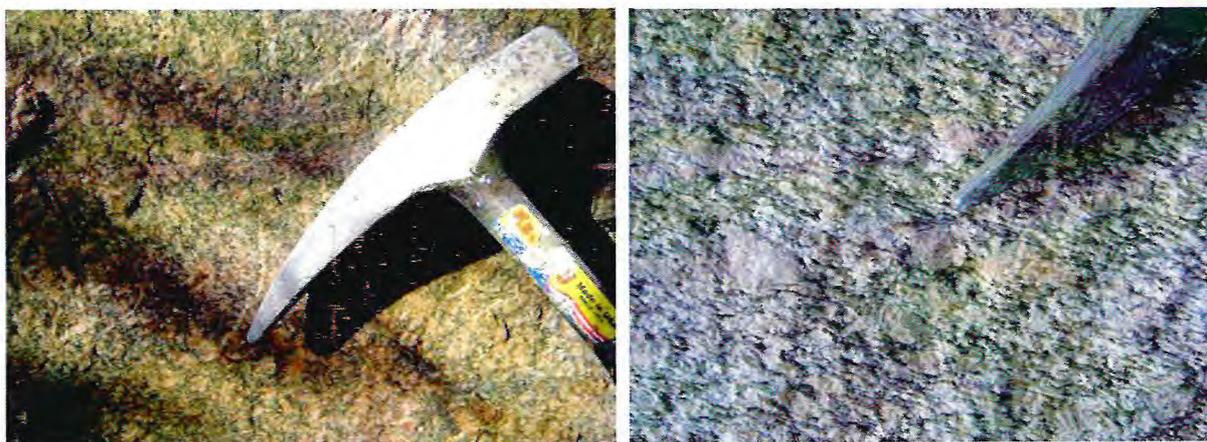


Figura 3.15 – Diagrama de Le Maitre, (1989), mostrando o campo de plotagem da rocha (Amostra – RMG-05).

### 3.2.8 GRANITO PORFIRÍTICO

São litotipos que ocorrem na porção centro-norte da área na forma de matacões. São rochas de granulação porfirítica com matriz fanerítica. A mineralogia macroscópica é formada de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, muscovita e biotitas (Figuras-3.16).



Figuras-3.16: Granito porfirítico com mineralização bem desenvolvida em megacristais de feldspato potássico (Afloramento RGM-45 UTM 454.645 / 9.605.432).

Em observação microscópica estes apresentam uma textura hipidiomórfica à porfirítica com minerais de quartzo (33%), plagioclásio (22%), feldspato potássico (25%), biotita (10%), muscovita (5%), apatita e minerais acessórios e opacos (5%).

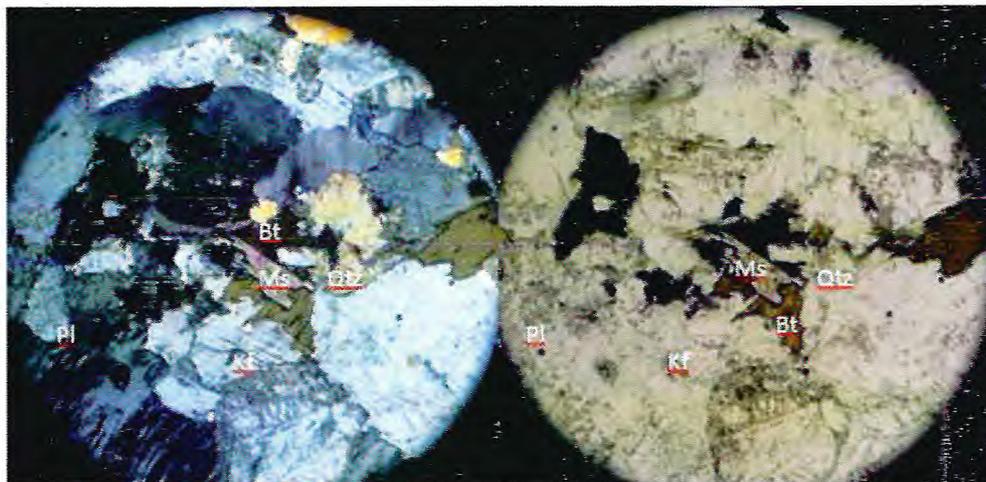
Os minerais de quartzo são anedrais de contato irregular com extinção ondulante. E em pontos isolados formam mosaicos devido à recristalização.

Os feldspatos, tanto os potássicos quanto os alcalinos, se apresentam como megacristais, percebe-se também a presença de textura mimerquítica.

Os cristais de muscovita apresentam hábito lamelar e uma direção de clivagem bem visível.

As biotitas em baixa representatividade se alteram para muscovita.

Como acessórios estão presentes apatita e opacos, onde a apatita encontra-se incluída em minerais de plagioclásio.



**Fotomicrografia 3.24** – Muscovita (Ms) e biotitas (Bt) associadas (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 4x).

### 3.2.9 - GRANITO

Rocha plutônica composta basicamente por quartzo, feldspatos e micas. Na área pesquisada, ocorrem na forma de matacões, sendo mais representativo a partir do centro-leste com extensão abrangente ao N-NW. Macroscopicamente possuem granulação porfírica variando de fina a média e matriz fanerítica, sob efeito do intemperismo os afloramentos apresentam aspecto de alteração. De tonalidade leucocrática apresentam-se rosado, cinza e tons de branco. Composição cristalina denominada holocristalina devido a sua alta cristalinidade que fica em torno de 90% (*Fotomicrografia 3.25AB, 3.26AB e 3.28AB*).

Seus cristais são perceptivos a olho nu, classifica-se então como fanerítica (Figura-3.17).

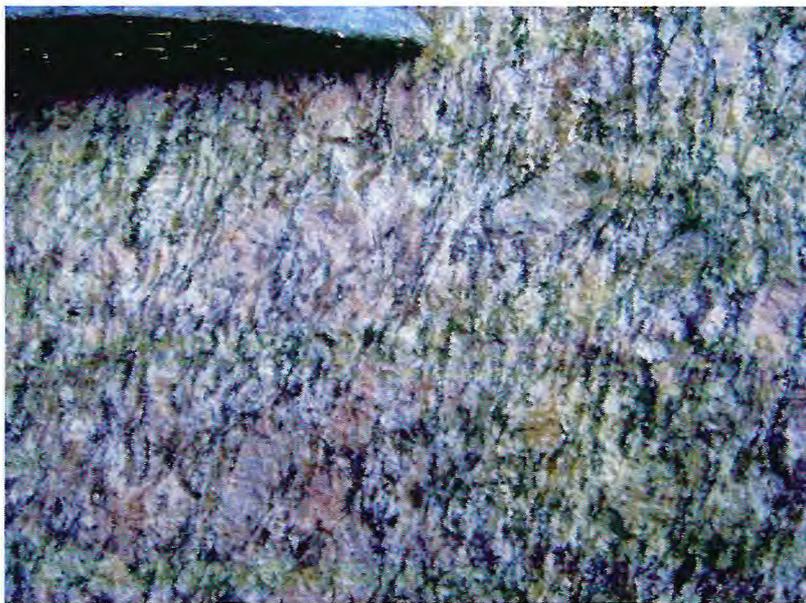


Figura - 3.17 – Granito - Rocha fanerítica com textura hipidiomórfica inequigranular. (Afloramento RGM- 45 UTM - 454.645 / 9.605.432).

Seu padrão de textura granítica característico classifica-se como hipidiomórfica inequigranular a porfirídica (*Fotomicrografia 3.27B*), no entanto a distribuição dos cristais nas zonas de maior deformação forma um agregado com forte tendência a um bandamento gnáissico de composição granítica, dando origem a uma textura granolepidoblástica. Trata-se de um bandamento típico de um gnaisse, com alternância de bandas ricas em mica e bandas ricas em um agregado quartzo-feldspático.

Em observação microscópica a rocha é composta por feldspato potássico (36%) "ortoclásio ou microclínio", plagioclásio (26%) "normalmente oligoclásio", quartzo (20%), muscovita (5%), biotita (10%) podendo conter hornblenda (riebechita, arfvedsonita) como constituintes principais. Além de apatita, zircão, e opacos, como componentes acessórios (3%). Esse percentual em composição, ao aplicar no diagrama QAP classifica a rocha como um sienogranito. Nos granitos peralcalinos podem ocorrer piroxênios (egirina, egirina-augita) e anfibólios; nos peraluminosos granada, muscovita, sillimanita e turmalina.

Os minerais de quartzo quebradiços são anedrais de contatos irregulares e extinção ondulante. As inclusões de muscovita e biotita ocorrem comumente no quartzo (*Fotomicrografia 3.25AB e 3.26AF*).

Os feldspatos, tanto os potássicos quanto os alcalinos costumam apresentar megacristais de aproximadamente 3mm, textura mimerquítica e exibem forma variando de subidiomórfica a xenomórfica, com contatos irregulares e geminação tipo microclina (*Fotomicrografia 3.25B*).

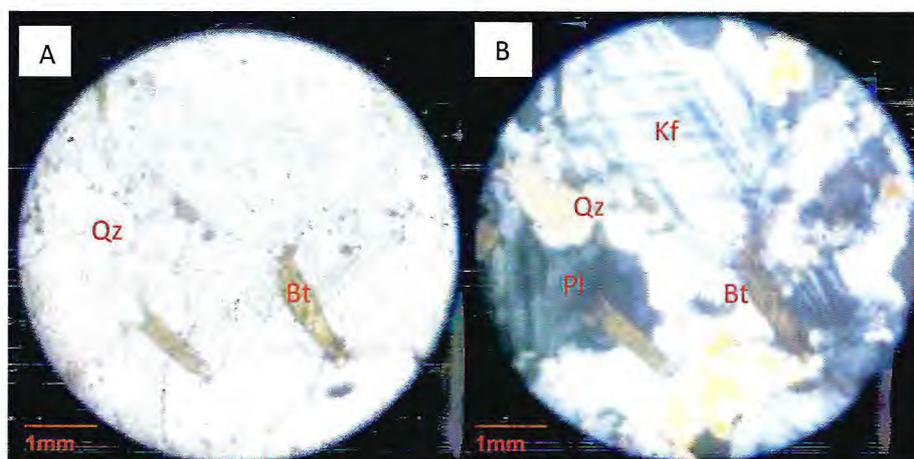
O plagioclásio, ao contrário do feldspato potássico, só ocorre na forma de grãos muito pequenos, geralmente menores que um 1 mm, apresenta geminação do tipo albita-carlsbar (*Fotomicrografia 3.25B*) e contatos irregulares com outros minerais.

A biotita é subidiomórfica e também possui hábito lamelar e forma euédrica (*Fotomicrografia 3.25AB, 3.26AB e 3.27AB*). Ocorrem como inclusões no quartzo e apresenta orientação preferencial (*Fotomicrografia 3.25AB*). Em alguns cristais percebe-se indícios do processo de alteração (*Fotomicrografia 3.28B*).

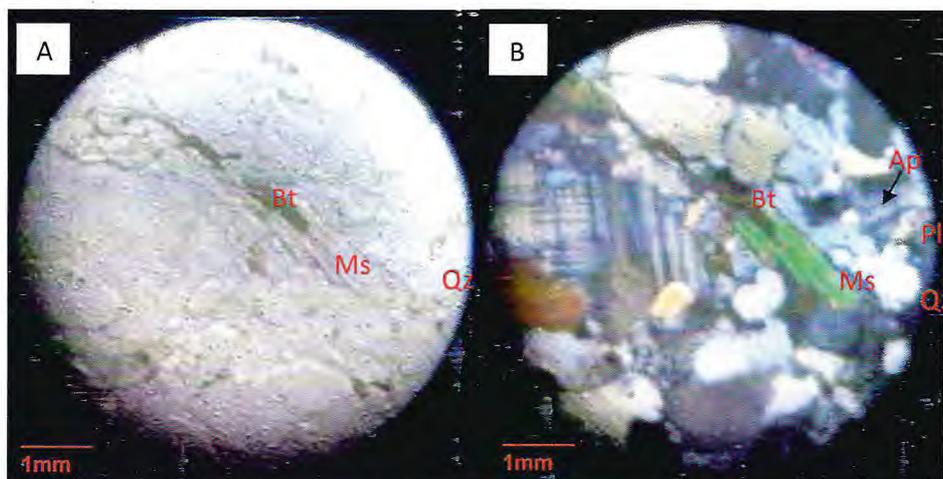
Os cristais de muscovita apresentam hábito lamelar e direção de clivagem determinante (*Fotomicrografia 3.26AB*). Seus contatos variam de irregular a reto e sua forma é denominada xenomórfica e de orientação preferencial característica de foliação magmática.

Nos minerais acessórios e opacos, apresentam-se como inclusões diminutas, menores que 0,5 mm, com formas subeuédricas, prismáticos, alongados ou aciculares. A apatita encontra-se incluída em minerais de plagioclásio (*Fotomicrografia 3.26B e 3.27AB*).

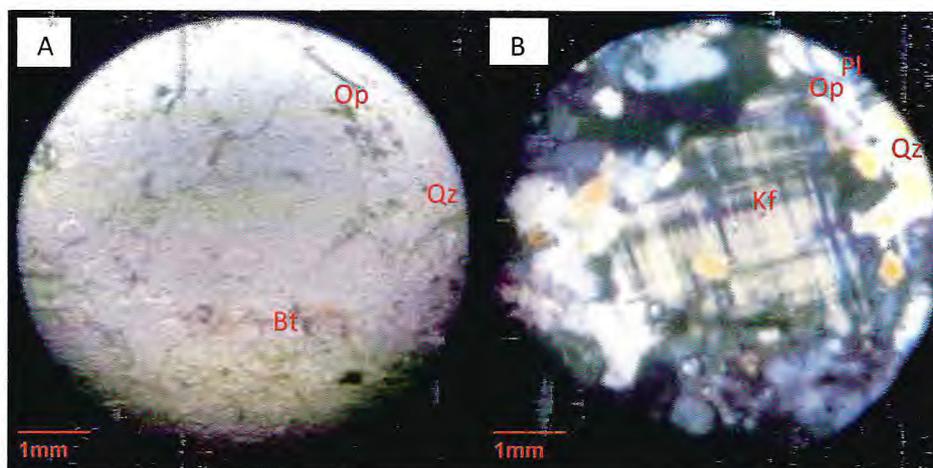
A actinolita tremolita é vista em tons de cor alaranjada e forma irregular (*Fotomicrografia 3.28A*).



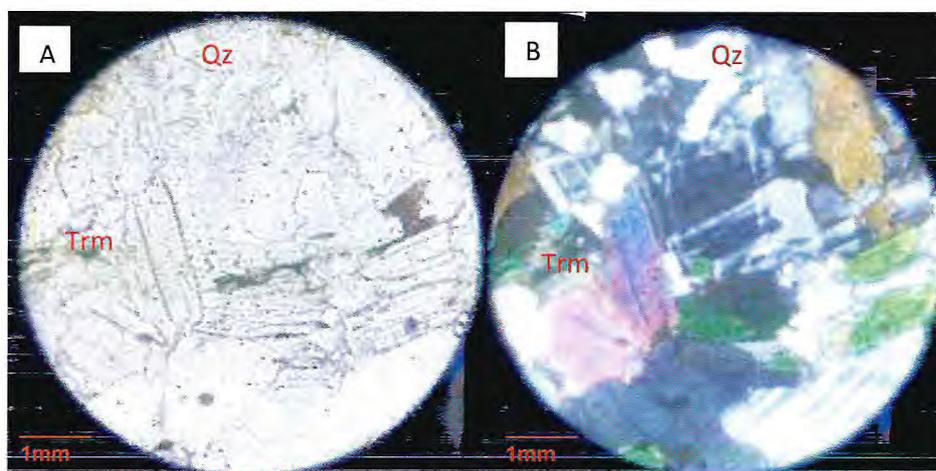
**Fotomicrografia: 3.25** – A-Biotita (Bt) incluída no plagioclásio (Pl) e no quartzo (Qz). B-Quartzo (Qz) recristalizado nas bordas do plagioclásio (Pl) e incluído no feldspato potássico (Kf). (Luz ortoscópica e Luz natural)



**Fotomicrografia: 3.26** – B-Apatita (Ap) incluída no plagioclásio (Pl), AB-Muscovita (Ms) e biotita (Bt) levemente orientadas. (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 10x).



**Fotomicrografia: 3.27**– AB-Quartzo (Qz) recristalizado nas bordas do plagioclásio (Pl) e inclusão de opacos (Op) no plagioclásio (Pl). (Luz ortoscópica e Luz natural polarizada) (objetiva 4x).



**Fotomicrografia: 3.28** – A -Quartzo (Qz) recristalizado e com contatos curvos e irregulares. AB -Actinolita + tremolita (Trm) altera para anfibólio. Luz ortoscópica e Luz natural polarizada (objetiva 10x).

3.2.10 - As rochas plutônicas referidas neste trabalho são caracterizadas pelo Diagrama abaixo. Com base em percentuais médios obtidos a partir da análise dos granitóides encontrados na área pesquisada, tornou-se possível determinar no diagrama QAP suas devidas localizações.

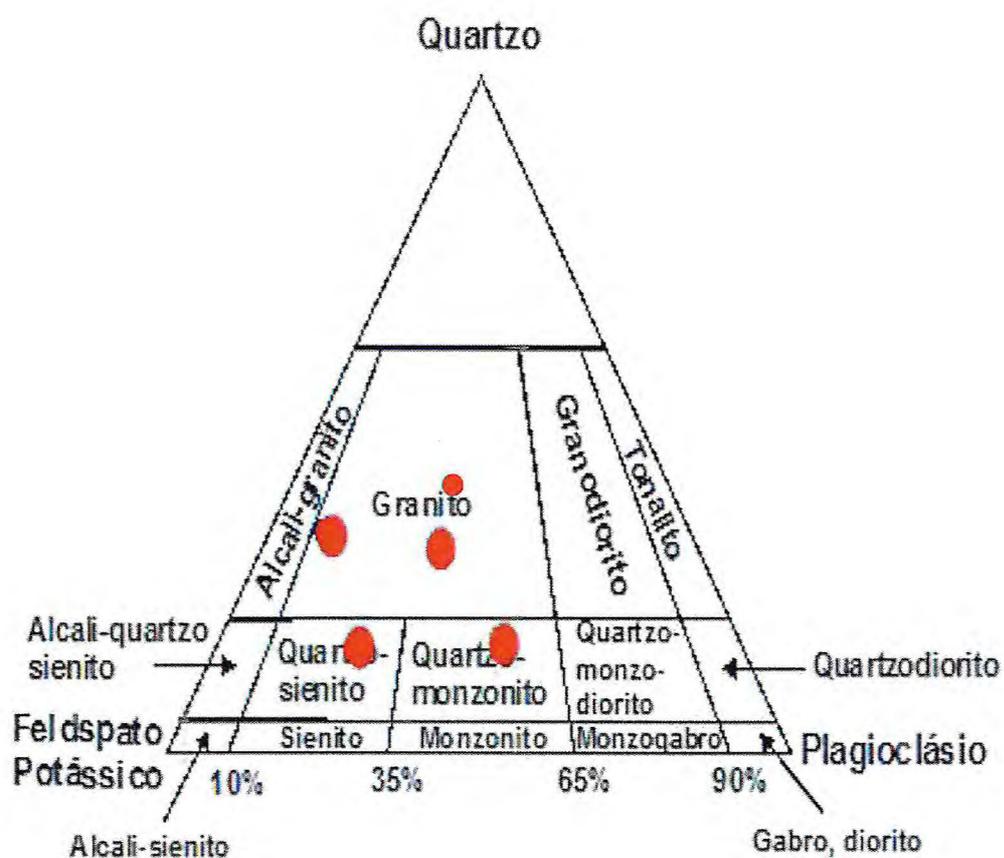


Figura - 3.18: Diagrama QAP - Classificação dos granitos e rochas Plutônicas.  
(Fonte: STRECKEISEN, 1967).

## **Capítulo IV**

# **LITOSTRATIGRAFIA**

## CAPITULO 4

### 4. LITOESTRATIGRAFIA

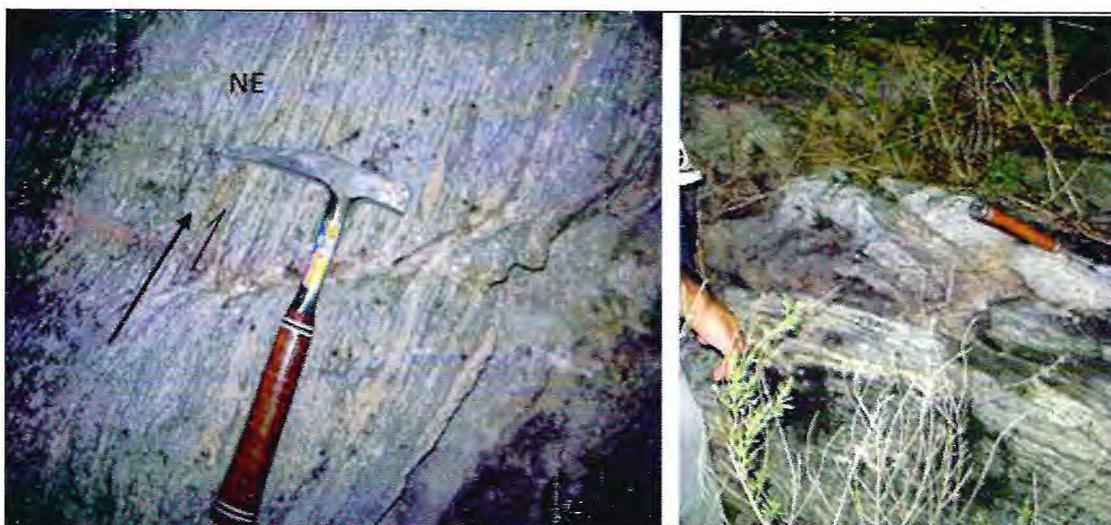
É determinada a partir dos dados colhidos e anotados no levantamento de campo durante o mapeamento da área pesquisada, os quais permitem montar uma malha do comportamento de atitudes estruturais da geologia local, que em conjunto com as análises petrográficas de amostras coletadas possibilita a elaboração de perfís estratigráficos.

A estratigrafia considerada no âmbito pesquisado, vista da base para o topo, apresentou três unidades em seu corpo estratigráfico, sendo do Proterozóico, as *intrusões pluviônicas (representantes da era neoproterozóica - 600Ma )* e o *embasamento do Período Toniano- 750Ma* e a última e mais recente do Fanerozóico (*representada pelas coberturas colúvio-eluvionares*).

#### 4.1 EMBASAMENTO

##### 4.1.1 BIOTITA PARAGNAISSE

Encontrados com maior representatividade ao Sul e Sudeste com abrangência ao SW da área estudada, numa faixa transversal de SW-NE, a qual, não excede o limite central da área. O embasamento é representado por um tipo litológico: os paragnaisse que se apresentam bandados, com mineralizações alongadas e por vezes porfiríticas. alguns testemunhos exibem porções migmatizadas e dobradas (Figura-4.1). A foliação  $S_n$  é disposta em uma direção preferencial em média  $50^\circ$  para NE e com mergulho médio  $60^\circ$  para NW.



Figuras-4.1: Paragneisse com foliação de transposição  $S_n$  representando o *trend* regional NE e paralela a foliação principal  $S_0$  preservada . Eixo das dobras com sentido NE ( $S_{n+1}$ ) e falhamento dextral. (Afloramento RGM-23 UTM 455932/ 9600403).

## 4.2 ROCHAS PLUTÔNICAS

### 4.2.1 BIOTITA GRANITO

Com maior representatividade na porção SE e parte central da área e em alguns afloramentos são fraturados e cortados por veios de quartzo na direção norte sul e leste oeste (Figura-4.2), cor cinza claro a escuro, sua granulação é fina a média, textura equigranular e índice de coloração mesocrático, representa cerca de 3% da área (Figura-4.2).



Figura-4.2: Biotita granito cortado por veio de quartzo nas direções N-S e W-E. (Afloramento RGM 09 UTM 456926/ 959793)

## 4.2.2 PROTOMILONITOS

### 4.2.2.1 QUARTZOMONZONITO

Ocorrem na porção central, abrangendo a parte Norte da área como matacões que se estendem para Leste, além dos limites da área em foco até as proximidades do Serrote Bringel, apresenta coloração cinza com tons rosado, granulação grossa, os porfiroclastos ocelares de feldspatos e de quartzo e biotita.

### 4.2.2.2 MONZOGRANITO

Se apresentam também sob a forma de lajedos e matacões, estes protomilonitos estão localizados do centro até o norte com abrangência inclusive para o Noroeste da área pesquisada, presentes também em afloramentos rochosos à NE. Apresenta coloração cinza-clara com tons rosados, granulação média a grossa, exibindo megacristais de feldspato potássico e plagioclásio.

## 4.2.3 SIENOGRANITO

São rochas de coloração rosa-esbranquiçada, granulação média a grossa, inequigranular, foliada, com megacristais de feldspatos variando de 0,1 mm ou mais de 3cm. Este litotipo encontram-se distribuídos em dois setores, na porção Central e Nordeste da área, sob forma de matacões e lajedos.

## 4.2.4 QUARTZO-SIENITO

Visto alguns exemplares ao Norte e Nordeste, os quais se apresentam também a Oeste da área. Exibem coloração cinza-clara com tons rosados, granulação média a grossa, com megacristais de feldspatos alongados e orientados

segundo uma direção de foliação. Rocha granítica com incipiente foliação, constituída de minerais quartzo-feldspáticos.

#### 4.2.5 GRANITO

##### 4.2.5.1 GRANITO PORFIRÍTICO

São litotipos que ocorrem na porção centro-leste da área na forma de matacões. São rochas de granulação porfírica com matriz fanerítica.

Na área pesquisada, ocorrem praticamente em 70% do território, principalmente na forma de matacões, sendo mais representativo a partir do centro-leste com extensão abrangente ao N-NW. Possui granulação extremamente variada, de fina a grossa e apresentam tons leucocráticos, que varia do cinza-claro ao rosado esbranquiçado. Compostos de uma mineralogia diversificada como por exemplo o quartzo, o feldspato, o plagioclásio, a muscovita e a biotita.

#### 4.3 COBERTURAS COLÚVIO-ELUVIONARES

Na região central com ligeira expansão para o Sul da área estudada é predominante a presença de cobertura coluvionar, onde há uma convergência e maior deposição de sedimentos carregados de topografias mais elevadas. Cobertura coluvionar caracteriza-se por sedimentos inconsolidados, arenosos, de composição quartzosa localmente areno-siltosos, bem selecionados, de granulometria fina, coloração esbranquiçada, quando quartzosos, e marrom clara, quando areno-siltosos.

#### 4.4 SEDIMENTOS FLÚVIO-ALUVIONARES

São depósitos sedimentares de origem fluvial ou lacustres recentes. São distribuídos em faixas alongadas, estreitas e sinuosas, depositadas nas calhas dos rios.

A região, pertencente a área mapeada, propicia ao transporte sedimentar não é territorialmente tão significativa, mas é composta por alguns açudes e lagoas e pequenos riachos, porém as principais ocorrências estão representadas pelas aluviões do riacho Cachoeira e do riacho da Sela, há mais alguns pequenos afluentes e contribuintes do rio Mundaú - curso d'água maior a Oeste e bem próximo da divisa da área pesquisada. Esses córregos e riacho formam lençóis de areias quartzosas com granulação média a fina e cascalhos. Possuem cores variando de esbranquiçadas a amareladas.

#### 4.5 COLUNA ESTRATIGRÁFICA

Com base nas informações obtidas da região em apreço, foi desenvolvida a coluna litoestratigráfica (*Tabela-4.1*), proposta para a área mapeada, com suas unidades dispostas do topo pra a base da seguinte forma:

Tabela 4.1 – Coluna estratigráfica proposta para a área.

IDADE		UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGIAS
PRÉ - CAMBRIANO	FANEROZÓICO	Cenozóico	Coberturas
	PROTEROZÓICO	Neoproterozóico III (600) Ma	Intrusões plutônicas
	550 a 600 Ma		Granito Quartzo-Sienito Sienogranito Protomilonitos Biotita Granito
	Ciclo Brasileiro		
	700 Ma		
	Toniano (750) Ma	Embasamento cristalino	Biotita Paragnaisse
	750 Ma		

## **Capítulo V**

# **GEOLOGIA ESTRUTURAL**

MAPEAMENTO DE UMA ÁREA A LESTE DO ARCO MAGMÁTICO DE SANTA QUITÉRIA, REGIÃO DE TURURU-CE.

BONFIM, M.B.

## CAPITULO 5

### 5. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Nesta etapa serão descritas as feições observadas "in-loco" na área pesquisada, correspondem aos indícios de um comportamento deformacional, enfatizando as feições estruturais rúpteis, onde destaca-se os fraturamentos e as estruturas dúcteis, referindo-se às foliações.

Estruturas dúcteis, são geradas em condições crustais profundas e caracterizadas por foliações das rochas ( $S_{n-1}$ ,  $S_n$  e  $S_{n+1}$ ), por lineação de estiramento mineral ( $L_n$ ) e pelas dobras. Enquanto que as estruturas rúpteis, representadas por falhas e fraturas, sinalizam condições crustais superficiais e que se apresentam de forma sobrepostas às feições dúcteis evidenciando um evento ocorrido num momento posterior.

#### 5.1 FEIÇÕES DÚCTEIS

##### 5.1.1 ELEMENTOS PLANARES ( $S_{n-1}$ , $S_n$ e $S_{n+1}$ )

Estruturas deste tipo apresentam uma foliação de transposição ( $S_n$ ) numa direção preferencial NE (Figura-5.1), correspondem a foliação magmática no granito, marcada pela organização planar de minerais como biotitas e muscovitas. Apresentam um mergulho médio de  $45^\circ$  para NW, sendo a foliação principal. Em alguns afloramentos percebe-se a atuação de esforços deformacionais na área pela presença de indicadores cinemáticos, como *boudins* e dobras intrafolias.

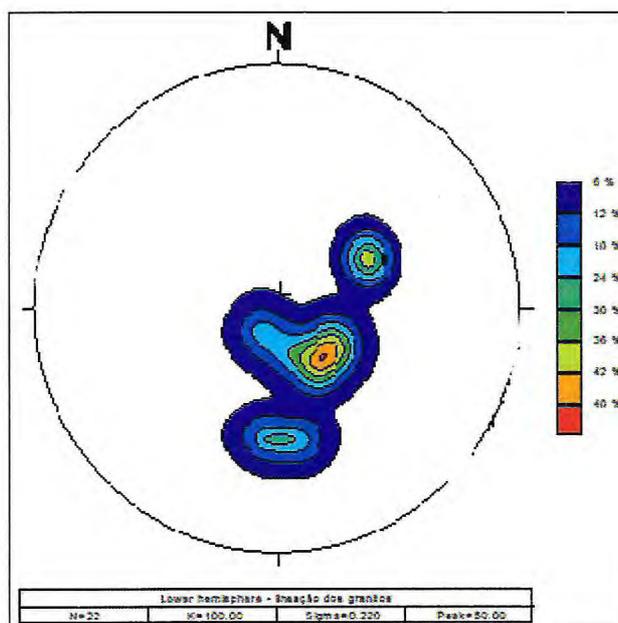


Figura-5.1: Diagrama de contornos ilustrando através de isolinhas concentrações máximas dos planos de foliação dos granitos, exibindo um trend com direção preferencial para NE.

### 5.1.2 ELEMENTOS LINEARES ( $L_n$ )

Estruturas geradas por processos deformacionais de caráter dúctil e representados por lineações minerais de estiramento ( $L_n$ ), que devido a plasticidade desses minerais assumem uma forma alongada, conforme a direção do transporte tectônico. Nesta pesquisa, caracteriza-se como regime transcorrente, projetando o transporte tectônico na direção NE (Figura-5.2). Regime esse que se configura pela orientação alinhada dos minerais originados na rocha que sofreu o processo deformativo. Tais feições ocorrem em biotita granitos e granitos, apresentam inclinações sub-horizontais e se dispõem concordantes com a foliação.



Figura-5.2: Minerais alongados para NE. Estrutura por lineações devido ao alongamento ou estiramento ( $L_n$ ) de minerais, são geradas por processos deformaçõais de caráter dúctil. (Afloramento RGM-23 UTM 455932/ 9600403)

### 5.1.3 DOBRAS

São estruturas originadas em zonas de cisalhamento simples e de nível estrutural inferior, cuja plasticidade das rochas é elevada. A ocorrência de dobramentos em regiões intensamente deformadas não necessariamente apresentam dimensões expressivas.

Na área estudada foi encontrado alguns tipos de dobras, de tamanhos variados, delas até centimétricas, tais como: intrafoliais, verticais simétricas e assimétricas, com eixo inclinado, fechadas e normais.

## 5.2 FEIÇÕES RÚPTEIS

### 5.2.1 FRATURAS

São feições estruturais originárias tanto de processos ou esforços adiabáticos (primários), ou seja, não tectônicos (ex. juntas de resfriamento) quanto

diastróficos (secundários) juntas de origem tectônica, provenientes de uma estruturação regional de caráter rúptil em níveis crustais superficiais, ou seja, que se desenvolvem sobrepostas às feições dúcteis a partir de um evento geológico posteriormente ocorrido.

Na área em ênfase ocorrem em afloramentos graníticos expostos a revelia, onde, de forma mais intensa concentram-se na porção Leste, expandindo-se para o Norte e abrangendo também o NW do espaço pesquisado. As fraturas exercem um forte controle estrutural nas drenagens, inclusive com a formação de "Tanques" (Figura 5.3), feição encontrada somente em rochas graníticas, seu desenvolvimento e evolução é possível em decorrência de associação da composição mineralógica com o tipo de intemperismo atuante, sendo os feldspatos e as micas mais susceptíveis ao início desse processo.



**Figura-5.3:** Feição natural em rocha granítica "Tanque" decorrente da ação conjunta do intemperismo e a composição mineralógica susceptível, como os feldspatos e as micas, ao início desse processo.(Afloramento RGM-12 UTM 455.902/9.599.348)

No estereograma a seguir foi possível observar três famílias de fraturas, sendo duas principais com direção NW-SE e NE-SW e uma secundária com direção preferencial N-S de menor frequência (Figura-5.4).

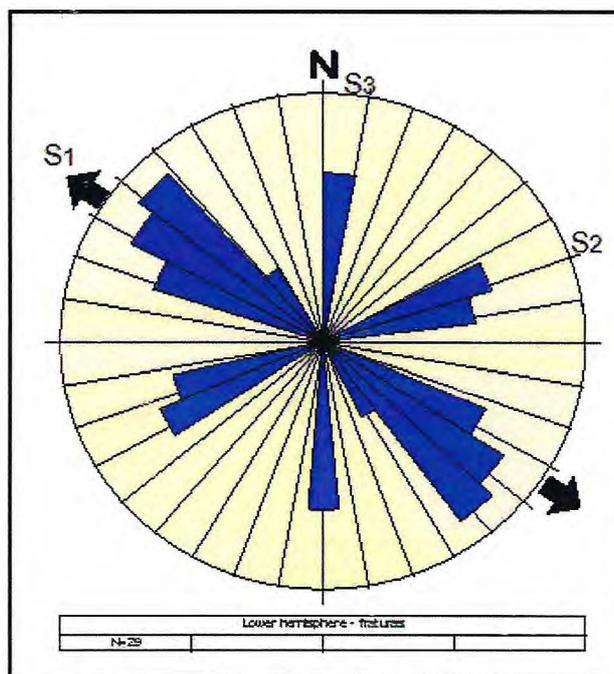


Figura-5.4: Diagrama de Roseta - Demonstra a direção das fraturas nos granitos aflorantes da área pesquisada. Três famílias de fraturas, 02 principais NW-SE (S1) e NE-SW (S2) e uma secundária N-S (S3).

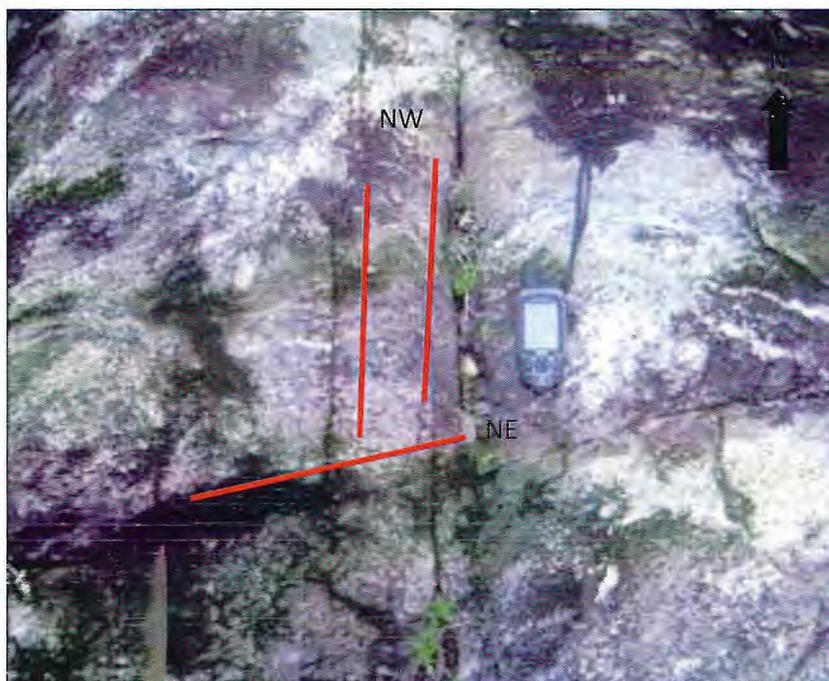
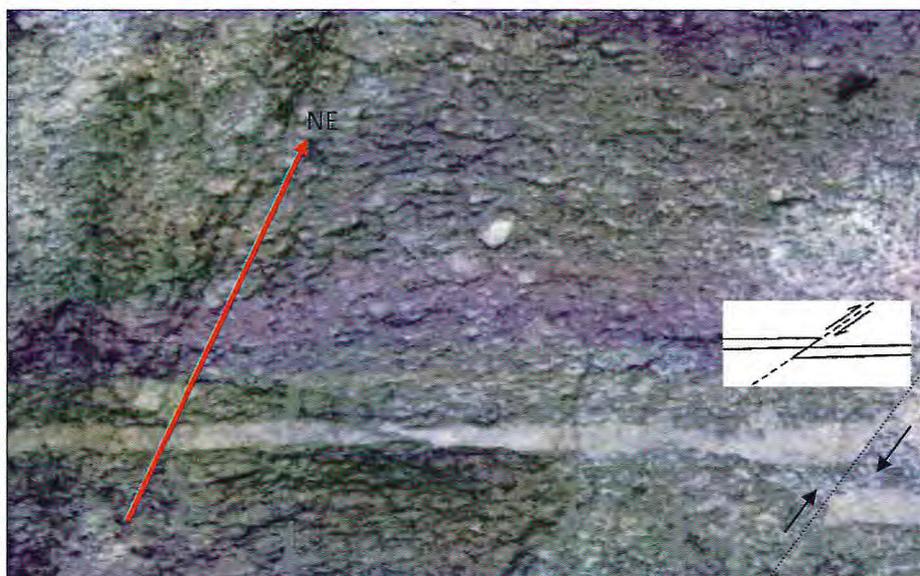


Figura-5.5: Leuco-Granito com famílias de fraturas perpendiculares nas direções NW e NE. (Afloramento RGM-59 UTM 455.642 / 9.603.461)

## 5.2.2 FALHAS

Foram encontradas na área pesquisada com uma frequência predominante nos granitos. São feições estruturais rúpteis, apresentando comportamentos destrais e de pequena escala, com orientação para NE (Figura-5.6). Tais estruturas são caracterizadas por deformações, acompanhadas de um movimento paralelo ao plano de ruptura, demonstrando, assim, seu comportamento rúptil (Figura-5.6) em nível estrutural superior.



**Figura-5.6:** Falhamento destral nos granitos com direção preferencial para NE, materializado pelo truncamento de veio de quartzo, acompanhado de um movimento paralelo ao plano de ruptura, demonstrando um comportamento rúptil. (Afloramento RGM 54- UTM- 457649/9604719).

## **Capítulo VI**

# **METAMORFISMO**

## CAPITULO 6

### 6. METAMORFISMO

#### 6.1 - Reações Metamórficas

É o processo pela qual as rochas e minerais se alteram, os quais a partir de condições diferentes de pressão, temperatura e deformação se submetem a novos estágios de equilíbrio assumindo características diferentes das que prevaleciam durante a sua formação.

Reações químicas provocadas por mudanças de pressão e temperaturas ocorrem entre os minerais, enquanto que a deformação nas estruturas pré-existentes nas rochas, em conjunto com as reações químicas, é essencialmente mecânica. As quais, causam distorção, formando novas estruturas características de metamorfismo.

No mapeamento geológico desta área, constatou-se o predomínio de rochas ígneas, o que implica dizer que o apanhado de dados sobre o metamorfismo não são aplicáveis a esses litotipos, pelo o outro lado, obviamente, as ocorrências de paragneisses se apresentam com baixa expressividade.

Neste trabalho, foram levantadas informações, com base nas descrições petrográficas, sobre as associações minerais e texturais dos litotipos encontrados na região, objetivando caracterizar o fácies metamórfico e suas respectivas condições de pressão e temperatura em que as rochas foram submetidas.

Na região, o metamorfismo decorre do evento tectônico ou ciclo orogênico brasileiro. Após a sedimentação do Grupo Ceará os metassedimentos platformais entram em processos de compressão devido ao fechamento da Bacia/Oceano. Esta deformação é seguida de aumento de temperatura e no seu clímax ocorre a fusão das rochas. Nesta fusão estão envolvidas rochas do embasamento e principalmente os sedimentos do Grupo Ceará produzindo magmas secundários tipicamente cálcio alcalinos.

### 6.1.1- Biotita gnaisse

As associações minerais presentes nos gnaisses e paragnaisses do Grupo Ceará mostram, inclusive quando há uma fusão hidratada, poderá formar as seguintes reações:

#### Associação 1:

Litotipos compostos de : Biotita + Feldspato potássico + Quartzo + Plagioclásio + Hornblenda.

Tal associação, considerando a hornblenda, seu surgimento pode ter sido através da reação metamórfica seguinte:

$$\text{Quartzo} + \text{biotita} + \text{muscovita} \leftrightarrow \text{plagioclásio} + \text{feldspato potássico} + \text{hornblenda}$$

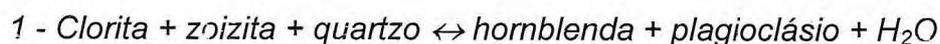
A associação mineral, sugere ainda que o metamorfismo atingindo pelo menos na zona da biotita, pode assim, segundo Holdaway (1971) in Yardley (1994) formar a seguinte reação.

$$\text{Feldspato Potássico} + \text{Clorita} \rightarrow \text{Biotita} + \text{Muscovita} + \text{Quartzo} + \text{H}_2\text{O}$$

O aparecimento do anfibólio hornblenda revela um grau metamórfico mais elevado, já que é muito rara sua presença em graus baixos. Segundo Yardley (1994) existem reações que podem levar ao início do fácies anfibolito, tais como:

$$\text{Clorita} + \text{epidoto} + \text{quartzo} \leftrightarrow \text{hornblenda} + \text{anortita} + \text{H}_2\text{O}$$

A hornblenda e o plagioclásio, apresentados na reação como produto podem expressar:



A reação (2) gera um componente de plagioclásio cálcico, o qual combinado com albita irá produzir oligoclásio, além de contribuir com o crescimento de hornblenda (Yardley, 2004).

### **Associação 2:**

Recristalizados ricos em: Feldspato potássico, Plagioclásio, Biotita, Muscovita, Hornblenda, Opacos e Titanita.

*Isógrada da Titanita*, que é atingida em  $T > 600^\circ\text{C}$ .

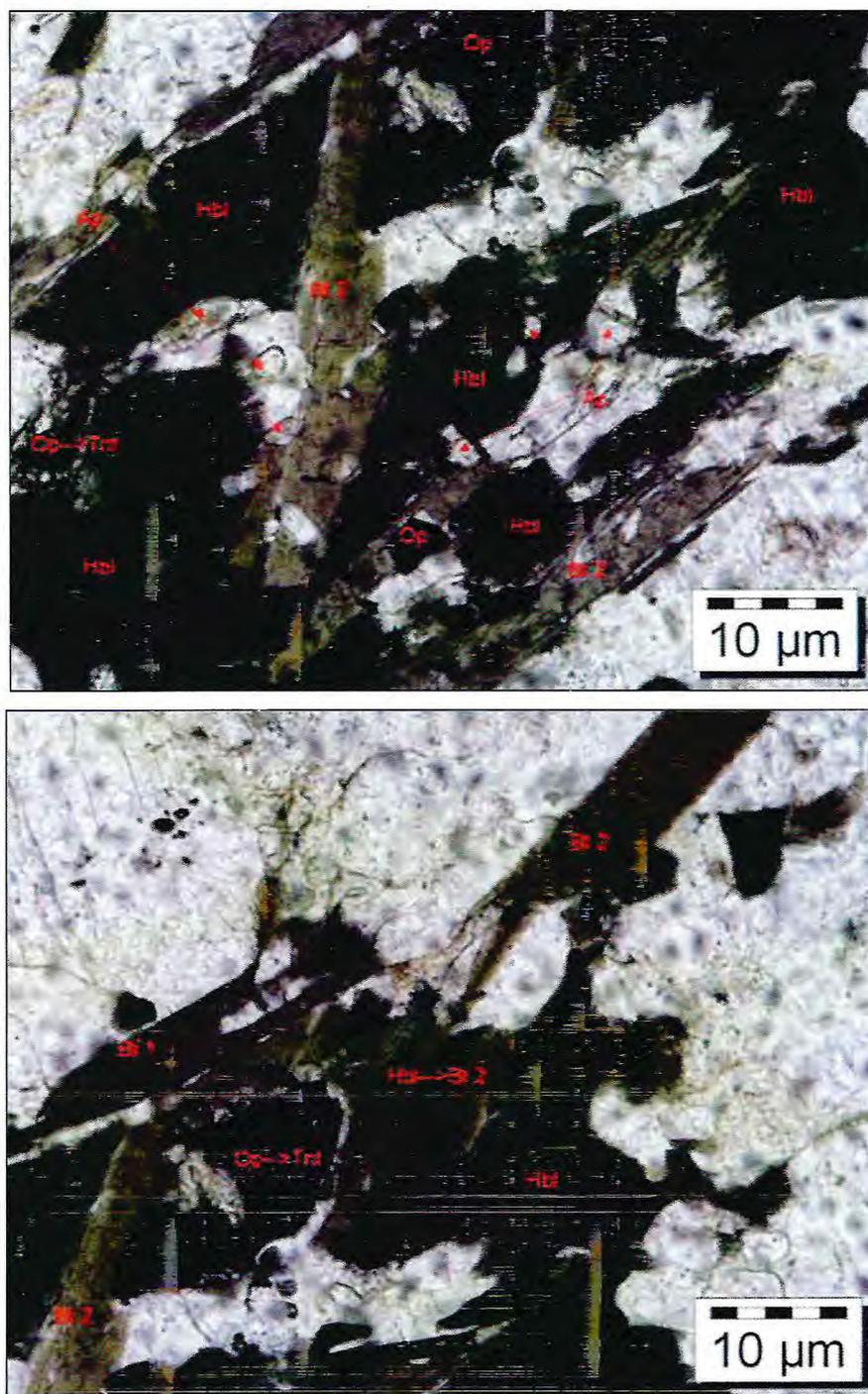
*Isógrada do Plagioclásio* - Temperatura de  $630^\circ\text{C}$  e pressão de 7Kbar.

Então, nas duas associações acima, percebe-se que possuem variação apenas na aparição da Titanita, esta por sua vez, é recristalizada a partir de opacos.

A hornblenda, também se mostra como um bom marcador das condições de P e T, marcando um gradiente térmico entre  $530^\circ\text{C}$  a  $690^\circ\text{C}$  e pressão abaixo de 4 kbar. Estas condições mais a aparição da titanita e com a enorme geração de fundido estimamos um pico metamórfico de  $630^\circ\text{C}$  graus para uma pressão de 7 kbar.

Com base nas associações de minerais de composições tonalíticas apresentadas e suas condições de T e P as quais foram submetidas, podemos

considerar que seus protólitos correspondem a rochas ígneas intermediárias a básicas, o que leva a concluirmos que as alterações mineralógicas ocorridas estão associadas aos planos de deformação Sn/Mn, cujo metamorfismo é regional em **fácies anfibolito**.



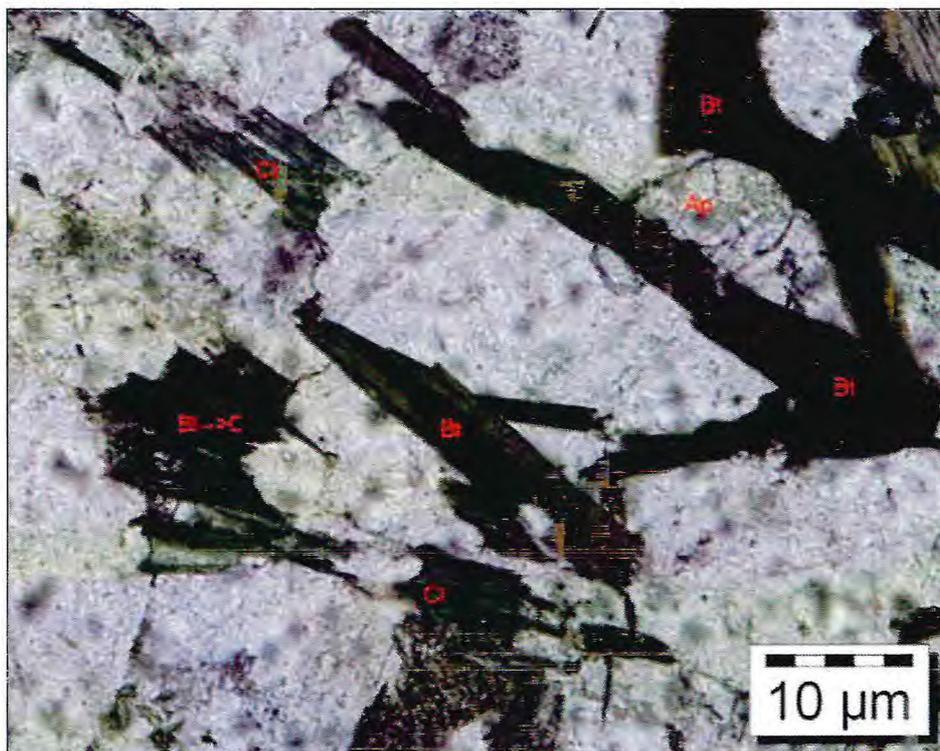
**Fotomicrografias 6.1:** Titanita recristalizada a partir de opacos (LNP /Objetiva de 10x)

Após o pico metamórfico as condições de pressão e temperatura passam a ser decrescentes. O retrometamorfismo é evidentemente confirmado pela presença de muscovita (sin-tectônica), biotita e clorita, visíveis em campo e confirmada nas lâminas petrográficas dos granitos. Temos granitos a duas micas e também a re-hidratação nos gnaisses do Grupo Ceará. Podemos caracterizar a seguinte associação de retrometamorfismo.

### Associação 3:

K-feldspato + Plagiocásio + Hornblenda + Titanita + Opacos ----- ±  
Muscovita ± Biotita ± Clorita.

Este retrometamorfismo atuou em condição de Temperatura entre 450° C e baixa pressão menor que 4 kbar.



**Fotomicrografia: 6.2:** Presença de clorita e biotita evidenciando o retrometamorfismo (LNP /Objetiva de 10x).

### 6.1.2 - Granitos

Os granitos por tratarem-se de rochas ígneas os dados obtidos sobre o metamorfismo não são aplicáveis. Esses litotipos distribuem-se por toda a área mapeada e encontram-se intercalados aos granulitos e outros granitos presentes. Possuem uma mineralogia composta por quartzo, plagioclásio, biotita, feldspato potássico e anfibólio.

A hornblenda ocorre como cristais prismáticos, de cor verde escuro por vezes com uma cor marrom escura. São comuns a ocorrência com biotita, plagioclásio e titanitas.

O plagioclásio apresenta-se subédrico, geminado e fraturado em contato com quartzo, biotita, hornblenda e feldspato potássico.

### 6.2 Diagrama P e T para o metamorfismo.

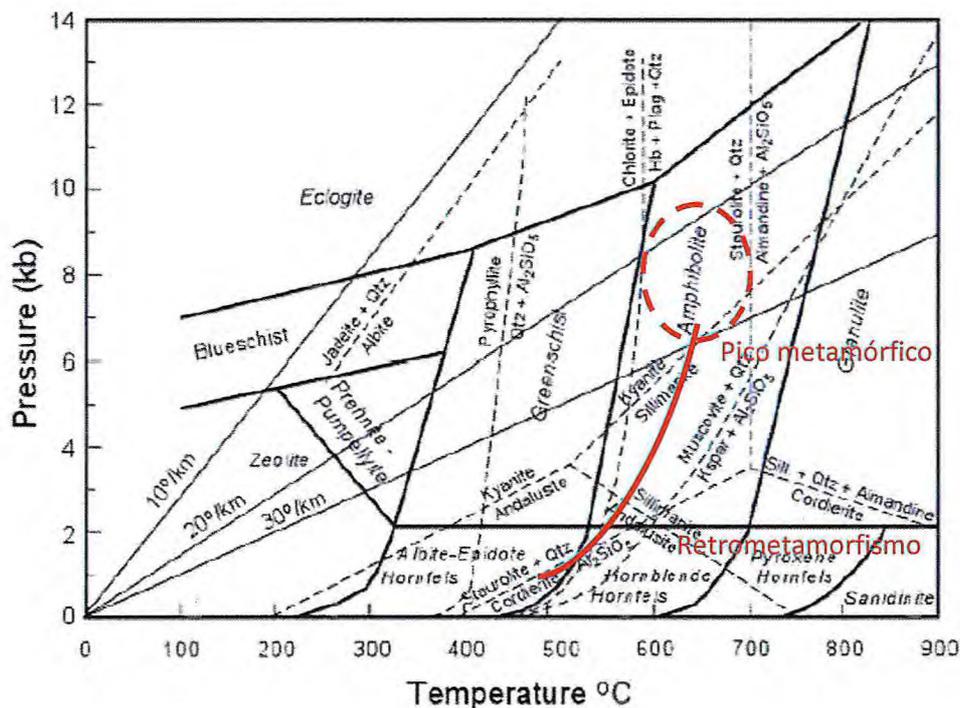


Figura-6.1: Diagrama P e T para o metamorfismo. Exemplo de grade metamórfica simples. Ao longo das linhas de reação estão anotados os nomes dos minerais que reagem (Speer 1993).

## **Capítulo VII**

# **EVOLUÇÃO GEOLÓGICA**

## CAPITULO 7

### 7. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

Em escala global numa correlação abrangente, aborda-se aqui de forma parcial assuntos que dizem respeito ao trabalho desenvolvido, como o tectonismo do cinturão panafricano/brasiliano no NW africano, que representa a colisão entre a margem ativa de um grupo de placas incluindo os atuais escudos Benino-Nigeriano e Tuareg com a margem continental passiva do cráton W-Africano, compreendendo três unidades:

- (i) *nappes* externas lançadas sobre o cráton contendo sedimentos neoproterozóicos de margem continental passiva;
- (ii) *nappes* intermediárias compostas por rochas metassedimentares e ortognaisses, e rochas máficas/ultramáficas (anfíbolitos, eclogitos e granulitos máficos) configurando uma paleossutura e,
- (iii) *nappes* internas compreendendo gnaisses anatécnicos brasileiros e rochas mais antigas.

Assim sendo, com essa convergência de colisões em sucessivos episódios tectometamórficos e demais acontecimentos, como: formação de granitos de subducção, colisão, embricamento tectônico e retrometamorfismo, transcorrências, anatexia, magmatismo granítico pós-tectônico e depósitos vulcano-sedimentares molássicos, resulta num contexto denominado - Arco Magmático de Santa Quitéria (AMSQ), que compreende a uma associação litológica diversificada incluindo gabros, tonalitos, granodioritos, monzogranitos e granitos.

Situado a leste com o cráton São Luis/W-Africa, o AMSQ representa a margem ativa desenvolvida durante a convergência de uma placa cratônica, sua posição a leste do lineamento Transbrasiliano e sua correlação com os granitos cálcio alcalinos dos cinturões Dahomey e Farusian, torna-se questionável a correlação do lineamento Transbrasiliano com as falhas Kandi e 4°50', portanto

sendo mais plausível a correlação dessas falhas com o Lineamento Senador Pompeu, Fetter *et al.* (2000); Castro, (2004); Arthaud *et al.* (2007).

A área estudada, reflete uma tectônica de influência do ciclo Brasileiro/Pan-Africano do Neoproterozóico, que teve início com as deposições das coberturas entre 900 e 750 Ma (Toniano), sob influência de um regime extensional que evolui até meados de 640 Ma, encerrado com o início do Ciclo Brasileiro. O estágio do Ciclo Brasileiro, compreendido de 600 a 540 Ma, foi marcado por regime compressional e convergência entre o cráton Oeste Africano e São Francisco/Congo, de 640 a 620 Ma, sendo que a granitogênese Brasileiro iniciou com instalação de arcos magmáticos, no caso o Arco Magmático de Santa Quitéria - AMSQ corresponderia a este período. O Ciclo Brasileiro também foi marcado por um metamorfismo de Fácies Anfibolito e intenso magmatismo granítico. Sobretudo, no final do Proterozóico Superior conjuntamente ao Domínio Ceará Central, estariam submetidos ao regime tectônico transpressivo (Nogueira Neto *et al.*, 1995).

A evolução culmina com a intrusão de granitos tardios equivalentes aos granitos pós-tectônicos ainda no Neoproterozóico. O complexo granitóide Santa Quitéria - um arco magmático continental em metassedimentos brasileiros que se instalou, por subducção, na placa cavalgante representada pelo DCC, cujo embasamento é composto por terrenos arqueanos (associação TGG) e ortognaisses félsicos de alto grau metamórfico, fácies anfibolito, juvenis e paleoproterozóico e as rochas do Grupo Ceará.

Os granitos brasileiros desenvolveram-se por anatexia de metapelitos e rochas do embasamento entre 620-580 Ma (NOGUEIRA, 2004); determinando uma foliação gnáissica com direção NNE-SSW cujas Zonas de Cisalhamentos atuantes são: Sobral Pedro II e Senador Pompeu. Já em fase final desse ciclo em caráter tardi-tectônico ocorreu uma deformação no regime dúctil marcada por lineação mineral, observada nos granitos e biotita granitos, subparalela a foliação e fraturamentos dos mesmos em diversas direções. Também se observa em suas foliações indícios de que são associadas a fases de empurrão e transcorrência tardia.

Os minerais presentes, caracterizaram um grau moderado de metamorfismo, com temperaturas entre 530-690°C e pressão de 3-7 Kbar, tais condições marcam o nível crustal de pelo menos 10Km de profundidade ou

mesozonal. O Ciclo Brasileiro finaliza em regime compressivo transcorrente dextral, transicionando para formação de bacias intracratônicas no início do Cambriano.

Partindo-se do princípio que a história evolutiva de uma área ou região da crosta terrestre está explicitamente ligada a litoestratigrafia estabelecida na geologia local, a qual define relações entre os litotipos encontrados e suas idades. Conclui-se então, que os esforços nas análises e interpretação dos dados referentes a área estudada, simplesmente atestam a mencionada tectônica de regime compressivo transcorrente dextral em feições estruturais encontradas, a qual é também responsável pela foliação de alto ângulo presente nos litotipos gnáissicos.

E por fim, observando num contexto geral este trabalho, pode-se sintetizar em poucas linhas a história evolutiva da área envolvida na pesquisa, na forma seguinte; gnaisses do embasamento, que foram submetidos à fusão parcial e que deram origem às rochas metamórficas, e que estas evoluíram para formar por anatexia os granitos do tipo S e intrusões tardias do Arco Magmático Santa Quitéria.

## **Capítulo VIII**

## **CONCLUSÕES**

## CAPITULO 8

### 8. CONCLUSÃO

Com base em todo o conteúdo de dados coletados na área estudada, juntamente aos obtidos na literatura previamente disponível, em conjunto com os produtos resultantes de análises e interpretações de ensaios laboratoriais para o desenvolvimento desse relatório, concluiu-se que:

✓ A área pesquisada é formada por um conjunto litológico de rochas do paleoproterozóico (gnaisses e paragnaisses), neoproterozóico (biotita granito, granito porfirítico, monzogranito, leucogranito) que representam cerca de 60% da área, além de cobertura colúvio-aluvionares representando 40 % da área.

✓ O espaço estudado enquadra-se na Província Borborema, dentro do Domínio Ceará Central – Arco Magmático de Santa Quitéria. Unidades litoestratigráficas foram identificadas e caracterizadas, conforme segue:

- i) embasamento policíclico;
- ii) coberturas metassedimentares monocíclicas (Grupo Ceará);
- iii) complexo anatético-ígneo monocíclico (Arco Magmático de Santa Quitéria) e,
- iv) granitos brasileiros e molassas tardi-brasilianas (560 Ma).

✓ O embasamento é composto basicamente por paragnaisses, e biotita gnaisses, representando o Grupo Ceará, respectivamente presentes numa baixa e restrita representatividade, e, o outro já bem mais representado e visíveis em afloramentos dispersos em toda a parte Sul, com abrangente expansão até o centro da área de estudo.

✓ Os granitos correspondem aos litotipos que ocupam 60% da área mapeada, sua composição principal lhe classifica como um monzogranito do tipo S, conhecido como granito a duas micas.

✓ As estruturas dúcteis presentes na área são foliações, lineações e dobras.

- **As foliações ( $S_n$ )** presentes nos litotipos mostram uma maior concentração dos planos de foliação em um trend com direções NE-SW, com mergulhos verticais a subverticais.

- A foliação principal ( $S_n$ ) é representada pela foliação magmática no granito, enquanto que o evento anterior ( $S_{n-1}$ ) é representado pelas dobras intrafoliais.
- Os gnaisses e paragneisses apresentam uma foliação ( $S_n$ ) com uma direção preferencial NE e mergulho médio de 45° para NW.

- **As lineações ( $L_n$ )** correspondem ao estiramento mineral segundo uma direção preferencial NE-SW, tendendo a N-S, e caimentos subhorizontais indicando regime transcorrente, e as dobras são em sua maioria intrafoliais apresentando seu plano axial paralelo à foliação  $S_n$ .

✓ As estruturas rúpteis presentes na área são fraturas e falhas, que ocorrem nos granitos aflorantes na região, onde a direção preferencial das suas fraturas mostra um *trend* com direções NE-SW e NW-SE e outra família de menor importância para N-S.

✓ Quanto ao metamorfismo ocorrido, as rochas foram submetidas às condições metamórficas do fácies anfibolito, considerando os litotipos presentes e a paragênese mineral que compõem a área.

✓ Resumidamente a história evolutiva da área corresponde ao embasamento que foi submetido à fusão parcial dando origem por anatexia aos granitos do tipo S.

✓ Como sugestão, a porção Norte da área mapeada a partir de sua região central, é aparentemente viável sua exploração. Para tanto, recomendo que haja um refinamento das informações apresentadas nesse trabalho, tais como: datações geocronológicas, determinação de cubagens dos granitos para que sejam explorados de forma, inclusive ornamental. Contribuindo, dessa forma, para o desenvolvimento social e econômico da região.

✓ Com um possível início da lavra, espera-se alguns impactos ambientais na região, adotadas as devidas medidas de controle, os impactos ambientais adversos poderão ser minimizados, com isto serão reduzidos de maneira significativa ou mesmo eliminados, tornando assim o empreendimento viável ambientalmente.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. de.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. 1976 **The Upper Precambrian of South America**. Boletim. Instituto de Geociências US. São Paulo, v.7, p. 45-80. Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia do Nordeste, 7, Campina Grande, Atas, 363-391.

BRITO NEVES, B. B. 1975. **Regionalização Geotectônica do Pré-cambriano Nordestino**. Inst. De Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 198p (inédito).

Caby R., Sial A.N., Arthaud M.H., Vauchez A. 1991. **Crustal evolution and the brasiliano Orogeny in Northeast Brazil**. In: Dallmeyer R.D, & Lécorché J.P. (eds.) *The West African Orogens and Circum-Atlantic Correlatives*. Springer-Verlag, Berlin. p. 373-397.

SANTOS, E. J. & BRITO NEVES, B. B. 1984. **A Província Borborema**. In: ALMEIDA, F. F. M. & HASUI, Y. (eds), **O Pré-Cambriano do Brasil**. Ed. Edgard Blucher, São Paulo – SP, p. 123 – 186.

Fetter, A.H. 1999. **U/Pb and Sm/Nd Geochronological Constraints On The Crustal Framework and Geologic History Of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications For The Assembly Of Gondwana**. Department Of Geology, Kansas University, Lawrence, Tese de Doutorado, 164p.

VAN SCHMUS, W.R.; BRITO NEVES, B.B.; HACKSPACHER, P.C.; BABINSKI, M. 1995. **U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeast Brazil: Initial conclusions**. Jour South Amer Farth Sci 8 (3/4), 267 – 288.

VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P.C.; FETTER, A. H.; KOZUCH, M.; DANTAS, E. L.; BABINSKI, M. 1997. **The Borborema Province: A Collage of Polycyclic Domains in NE Brazil**. 17º Simpósio de Geologia do Nordeste, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 115 – 120.

ARTHAUD, M. H.; VASCONCELOS, A. M. ; NOGUEIRA NETO, J. A. ; OLIVEIRA, F. V. C. ; PARENTE., C. V.; MONIÉ, P. ; LIÉGEOIS, J. P. ; CABY, R. ; FETTER, A. H. 1998. **Main Structural Features of Precambrian Domains from Ceará (NE Brazil)**. In: DEGFO/UFOP-IBTA, International Conference on Basement Tectonics, 14th, Ouro Preto, Abstracts, 84-85.

ARTHAUD, M. H. 2007. **Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE do Brasil): Da Sedimentação à Colisão Continental Brasileira**. Tese de Livre Docência. Universidade de Brasília. 133p.

ARTHAUD, M. H.; VASCONCELOS, A. M.; NOGUEIRA, J.A.; OLIVEIRA, F. V. C.; PARENTE, C. V.; MONIE, P.; LIEGEOIS, J. P.; CABY, R. & FETTER, A. 1998. **International Conferences on Pre-Cambrian and Craton Tectonics**. Ouro Preto. International Basement Tectonics Association, 84-85p.

ARTHAUD, M.H.; CABY, R.; FUCK, R.A.; DANTAS, E.L.; PARENTE, C.V. Geology of the Northern Borborema Province, NE Brazil and its correlation with Nigeria, NW Africa. In: PANKHURST, R.J., TROUW, R.A.J.; BRITO NEVES, B.B.; DE WIT, M.J. (Orgs.), 2008. **West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region**. Londres: Geological Society of London, 1a. ed., v. 294, p. 49-67.

Arthaud, M.H. & Landim, D.F., 1995, *Relações da Sequência Metassedimentar de Quixeramobim com seu embasamento*. 16º Simpósio de Geologia do Nordeste, 1: 125-128.

CABY, R. & ARTHAUD, M. H. 1986. **Major Precambrian Nappes of the Brazilian Belts, Ceará, Northeast Brazil**. *Geology*, 14:871 – 874.

CAVALCANTE, J. C. & FERREIRA, C. A. 1983. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Escala: 1: 500.000, MME. CPRM/DNPM.

Castro, D.L., Castelo Branco, R.M.G., Martins, G. & Castro, N.A., 2002, Radiometric, magnetic, and gravity study of the Quixadá batholith, central Ceará domain (NE Brazil): evidence for Pan-African/Brasiliano extension-controlled emplacement. *Journal of South American Earth Sciences*, 15 (5): 543–551.

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

Fetter, A. H.; Santos, T. J. S.; Schumus, W. R. V.; Hackspacher, P. C.; Neves, B. B. B.; Arthaud, M. H. ; Nogueira Neto, J. A.; Wernick, E. 2003. **Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of West Gondwana**. *Gondwana Research*. V. 6 (2): 265- 73.

FERNANDES NOGUEIRA, J.; MORALES, N. NOGUEIRA NETO, J. A.; SOUZA MANSUETO, M. 2005. **Termobarometria dos monzonitos de Quixadá – Ceará Central**,

**nordeste do Brasil.** VIII Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. Vol.1. 247 – 250. Aveiro – Portugal.

FETTER, A. H. ; VAN SCHMUS, W. R. ; SANTOS, T. J. S. ; ARTHAUD, M. H. ; AND NOGUEIRA NETO, J. A. 1997. **Geology History and Framework of Ceará State: NW Borborema Province, NE Brazil.** Extended abstracts of South-American Symposium on Isotope Geology, Campos do Jordão, São Paulo, 1: 112 – 114.

FETTER, A. H. 1999. **U/Pb and Sm/Nd Geochronological Constraints on the Crustal Framework and Geologic History of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of Gondwana.** Department of Geology, Kansas University, Lawrence, Tese de Doutorado, 164p.

HAMELACK, G.M.S.; AZEVEDO, L.R.P. DE; NOGUEIRA NETO, J.A.; MAGINI, C. Relações Petrogenéticas dos Gnaisses da Região de Pedra Branca (Domínio Ceará Central), Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO GEOQUÍMICO DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 9, 2008, Cabo Verde. **Boletim de Resumos...** Portugal: Universidade de Aveiro/Universidade de Cabo Verde, 2008, p. 110.

Medeiros, M. de F.; Cavalcante, J. C.; Souza, E.M. de. 1993 (orgs.) . Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil Catarina, Folha SB.24 -Y-B-II, Estado do Ceará, Escala 1:100.000, Texto Explicativo. Brasília, DNPM/CPRM, 170 p.

Martins, G., Oliveira, M.I., Oliveira, E.P., Souza, C.R. & Arthaud, M.H., 1996, A Geologia da Sequência Anfibolítica Algodões e suas Implicações para o Quadro Tectono-Estratigráfico da Região Central do Ceará. XVII Simpósio de Geologia do Nordeste, Resumos Expandidos, Fortaleza, Boletim 15: 61-65.

NOGUEIRA NETO, J. A. 2004. **Evolução geodinâmica das faixas granulíticas de Granja e Cariré, extremo noroeste da Província Borborema.** Tese de doutorado. Curso de Pós-graduação da Universidade Estadual Paulista – Rio Claro. 171p.

Nogueira, J.F. 2004. Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu – Ceará Central. Tese de doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro.

PESSOA, R. R. & ARCHANJO, C. J. 1984. **Tectônica de Empurrões na Região de Tróia – CE.** Anais 33º Congresso Brasileiro de Geologia, 4: 1721 – 1728.

PESSOA, R. R., BRITO NEVES, B. B., KAWASHITA, K., PESSOA, D. A. R. 1986. **Contribuição ao Estudo da Evolução Geocronológica do Maciço de Tróia.** Atas do 12º Simpósio de Geologia do Nordeste, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 75 – 93.

PRADO, F. da S.; MEDEIROS, M. de F.; MORAIS, J. B. A. de *et al.*, 1979. **Projeto Martinópolis – Ceará**: DNPM/CPRM. Relatório Final, v. 1.

SANTOS, A. A. 2003. **Caracterização Litoestrutural e Geocronológica da Região Fósforo-uranífera de Itaitaia – CE**. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Tese de Mestrado, 100p.

SOUZA, E. M. & BRAGA, A. P. 1984. **Projeto Mapeamento Geológico, Escala 1:100.000, folha SB.24-X-A-IV (Itapiúna)** – Convênio INB/CEMINAS. P. 76.

Torquato, A.M.P. & Santos, J.S.O., 1998, Mapeamento geológico da região de Choró Limão (CE). Relatório de Graduação, Departamento de Geologia, UFC, 78 p.

KEGEL, W. 1965. **A Estrutura Geológica do Nordeste do Brasil**. Bol. Div. Geol. Mineral, Rio de Janeiro, 227: 1 - 52.

GOMES, J. R. C. *et al.* **Projeto Radam Brasil, Folhas SB. 24/25- Jaguaribe/Natal (Geologia/Mapeamento Regional)**. Rio de Janeiro, 1981. v 23, p. 27-176.

CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, F. E. M. 2003. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala 1/500.000, MME. CPRM/DNPM.

DANA, J. D. 1969. **Manual de Mineralogia** -Volumes 1 e 2. Tradução Rui Ribeiro Franco. Direitos reservados por Livro Técnico S. A.. Rio de Janeiro - Brasil. 642p.

SUDENE - 1972. **Folha Planialtimétrica de São Luiz do Curu (SA-24-Y-D-VI-2-SO)**, escala 1:100.000.

IPECE, 2015. Acessado em 05 de setembro de 2016. [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm2015/Tururu\\_Br\\_office.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm2015/Tururu_Br_office.pdf)

IBGE, 2015. Acessado em 05 de setembro de 2016. <http://www.ibge.gov.br/home/>

**Atlas do Ceará**, 1997. CD-ROOM, editado pelo IPLANCE – Instituto de Planejamento do Ceará, Secretaria do Planejamento e Coordenação – SEPLAN.

**ATLAS DIGITAL DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO CEARÁ**. 2003. Mapas na Escala 1:500.000 - CPRM .

## **ANEXOS**

## ANEXOS

- Mapa de pontos.
- Mapa geológico.