



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Geologia



Instituto de Geociências

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)**

EDIANE BATISTA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E PETROGRÁFICA  
DOS GABROS MASSAPÊ E SUA RELAÇÃO COM AS  
ROCHAS ADJACENTES, NA REGIÃO DO NW DO  
CEARÁ.**

**GEOCIÊNCIAS**  
U F P A

BELÉM

2011

EDIANE BATISTA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E PETROGRÁFICA  
DOS GABROS MASSAPÊ E SUA RELAÇÃO COM AS  
ROCHAS ADJACENTES, NA REGIÃO DO NW DO  
CEARÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Geologia do  
Instituto de Geociências da Universidade  
Federal do Pará – UFPA, em cumprimento  
às exigências para obtenção do grau de  
Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rosemary da Silva  
Nascimento.

BELÉM

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

C586c Silva, Ediane Batista da

Caracterização geológica e petrográfica dos gabros massapê e sua relação com as rochas adjacentes, na região do NW do Ceará / Ediane Batista da Silva; Orientador: Rosemery da Silva Nascimento – 2011  
78 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Petrologia. 2. Rochas gabróicas. 3. Suíte Parapuí. 4. NW do Ceará. I. Nascimento, Rosemery da Silva, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20 ed.: 552.098131

---

EDIANE BATISTA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E PETROGRÁFICA  
DOS GABROS MASSAPÊ E SUA RELAÇÃO COM AS  
ROCHAS ADJACENTES, NA REGIÃO DO NW DO  
CEARÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Geologia do  
Instituto de Geociências da Universidade  
Federal do Pará – UFPA, em cumprimento  
às exigências para obtenção do grau de  
Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rosemery da Silva Nascimento - Orientadora  
Doutora em Geologia e Geoquímica  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Dr. Cláudio Nery Lamarão - Membro  
Doutor em Geoquímica e petrologia  
Universidade Federal do Pará



---

Hilton Túlio Costi  
Doutor em Geologia e Geoquímica  
Museu Paraense Emílio Goeldi

Dedico a minha família pelo apoio durante esse longo período, em especial a minha mãe e ao meu pai.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar forças para vencer todos os obstáculos e momentos difíceis ao longo da minha vida.

Aos meus queridos e amados pais (Rosiana e Edmilson) pela dedicação, compreensão, amor e carinho.

Aos meus irmãos (Cristiane, Junior e Josi) pela convivência, respeito e amor.

Aos meus queridos sobrinhos (Juliana, Gabriel e Ângelo) tão amados e tão queridos.

As minhas colegas de curso (Amanda, Ana Cláudia, Marilucia, Keila e Rose) que conviveram comigo durante essa longa caminhada.

A minha Orientadora Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Rosemery da Silva Nascimento pela orientação e desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Gorayeb pelas discussões na construção e elaboração de mapas e pela ajuda com a petrografia.

Ao suporte técnico da Disciplina Estágio de campo II, durante a etapa de campo.

Aos estagiários, Mauricio Jorge, Joana Queiroz, Renato Medeiros, Diego Romani, Iara Santos e Luiz Rodrigues pela ajuda na campanha de campo.

A geóloga Márcia Valadares pela amizade e ajuda durante o Estágio de Campo II, que foi de extrema importância para minha formação acadêmica e profissional.

A todos que direta ou indiretamente passaram pela minha vida nestes cinco anos de curso e de certa forma acrescentaram algo valioso e relevante para o meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

## RESUMO

As rochas gabróicas da Suíte Parapuí, possuem uma área aflorante de aproximadamente 2,5 km<sup>2</sup>, localizada na porção noroeste da cidade de Massapê no Estado do Ceará, intrusivas em rochas calcissilicáticas, gnaisses calcissilicáticos, mármore e quartzitos pertencentes ao Grupo Martinópole. O Trabalho apresenta os resultados de mapeamento geológico (Escala 1:30.000 e 1:10.000) e análise petrográfica dessas rochas gabróicas. As observações de campo e os estudos petrográficos permitiram definir melhor os contatos entre as unidades, assim como avançar na classificação dos tipos petrográficos das rochas gabróicas da região em questão. O corpo intrusivo gabróico possui uma variação na granulação, sendo o centro de granulação mais grossa e a borda de granulação média a fina, refletindo estágios de resfriamento do corpo. A petrografia das rochas gabróicas permitiu a identificação dos seguintes tipos: hornblenda gabro, piroxênio-hornblenda gabro, leucogabro, microgabro e microgabro granofírico. São rochas faneríticas, mesocráticas com textura predominantemente intergranular, com variações ofítica a sub-ofítica, compostas essencialmente de plagioclásio (An<sub>45-54</sub>), anfibólio (hornblenda) e piroxênio (augita). O k-feldspato do tipo ortoclásio é comumente observado em intercrescimento com quartzo, caracterizando textura gráfica, sugerindo contaminação crustal com assimilação de rochas encaixantes ricas em sílica. Os contatos com as rochas encaixantes são bruscos e com formação de brechas magmáticas. As rochas gabróicas encontram-se alteradas, sendo as principais alterações da labradorita para sericita, epidoto e carbonato, e da augita em clorita e tremolita-actinolita.

Palavras-chave: Petrologia. NW do Ceará. Suíte Parapuí.

## ABSTRACT

The gabbroic rocks of the Parapuí Suite, have an outcrop area of about 2.5 km<sup>2</sup>, located in the northwest portion of the Massapê city in the Ceará state. The rocks intrusive in calcissilicatic, calcissilicatic gneisses, marbles and quartzites belonging to the Martinópolis Group. This work presents the results of geological mapping (scales 1:30.000 and 1:10.000) and petrographic analysis. Field observations and petrographic studies allowed a better definition of contacts between the units, and further classification of the petrographic types of gabbroic rocks of the region in question. The gabbroic intrusive body has a variation in grain, and the center of the body is coarse grit edge while a medium to fine grained reflecting refriamento stages of the body. The petrography of gabbroic rocks led to the following classification of petrographic types: hornblende gabbro, pyroxene-hornblende gabbro, leucogabro, and microgabbro microgabbro granofiric. Phaneritic are rocks, and has mesocratic predominantly intergranular texture having a variation of textures ophitic sub-ophitic, composed mainly of plagioclase (An<sub>45-54</sub>), amphibole (hornblende) and pyroxene (augite). The k-feldspar orthoclase type are commonly observed intergrowth with quartz that features graphic texture, suggesting contamination with crustal assimilation of rocks rich in silica. The contacts with the surrounding rocks are sharp and with the formation of magmatic breccias. Intesa rocks are altered, the main changes to labradorite to sericite, epidote and carbonate, and augite in chlorite and tremolita-actinolite.

Keywords: Petrology. NW of Ceará. Suíte Parapuí

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1-** Mapa de localização da região de Massapê, destacando-se a área de ocorrência das rochas gabróicas.....14
- FIGURA 2 -** Mapa Geológico regional da Província Borborema apresentando os grandes domínios estruturais.....18
- FIGURA 3 -** Mapa geológico simplificado da região de Sobral e Massapê dentro do Domínio Médio Coreaú.....20
- FIGURA 4 -** Mapa geológico da área de estudo em destaque o corpo intrusivo gabróico.....27
- FIGURA 5 -** Rochas calcissilicáticas com vênulas de calcita dobradas paralelas à foliação.....28
- FIGURA 6 -** Contatos irregulares entre a brecha ígnea e o gnaiss calcissilicático.....28
- FIGURA 7 -** Blocos de gabros da área de estudo, ocorrem fraturados e intensamente alterados.....30
- FIGURA 8 -** Modo de ocorrência das brechas magmáticas. Observa-se blocos de microgabros com xenólitos de gnaiss calcissilicático e principalmente de quartzitos.....30
- FIGURA 9 -** Xenólitos de quartzitos em microgabro. Percebe-se bordas corroidas e enegrecidas devido a transmissão de calor do corpo gabróico no momento da intrusão.....31
- FIGURA 10 -** Xenólitos de quartzitos inclusos em uma rocha essencialmente constituída de plagioclásio e piroxênio.....31

**FIGURA 11** - Em (A) amostra de hornblenda gabro, nota-se a presença de concentrados de massas cinza- esverdeadas fibrosas de tremolita-actinolita e os opacos com bordas corroídas. Em (B) e (C) nas fotomicrografias são evidenciados respectivamente os opacos com aspectos esquelético e os concentrados de tremolita-actinolita formando pequenos cristais prismáticos, produto da uralitização das augitas..... 34

**FIGURA 12**- Imagem de elétrons retroespalhados e espectros composicionais da amostra Mass-13, determinando que os minerais opacos são ilmenita.....35

**FIGURA 13**- Imagem de elétrons retroespalhados e espectros composicionais da amostra Mass-07a, mostrando o aspecto fibroso da tremolita-actinolita.....35

**FIGURA 14** - Fotomicrografia da textura gráfica em hornblenda gabro, representada pelo intercrescimento de quartzo e k-feldspato sugerindo contaminação crustal com assimilação de rochas encaixantes ricas em sílica.....36

**FIGURA 15** - Aspectos macroscópico e microscópico do piroxênio-hornblenda gabro. Observam-se cristais subédricos de labradorita entre as augitas parcialmente uralitizada, formando textura intergranular (luz natural e nicóis cruzados).....38

**FIGURA 16** - Cristal reliquiar de clinopiroxênio bordejado por hornblenda, definindo a textura coronítica.....39

**FIGURA 17** - Plagioclásios parcialmente inclusos em cristais de piroxênio, formando tipo de texturas intergranular e subofítica em leucogabros.....41

**FIGURA 18** - Minerais opacos exsolvidos em leucogabros, provavelmente alteração de minerais máficos.....41

**FIGURA 19** - Fotografia macroscópica dos microgabros, mostrando os pequenos xenólitos de rochas calcissilicáticas.....43

<b>FIGURA 20</b> - Fotografia macroscópica mostrado em (A) aspecto geral, em (B) as bordas enegrecidas constituídas principalmente anfibólio e piroxênio.....	45
<b>FIGURA 21</b> - Fotomicrografia mostrando a alternância de leitos com anfibólio e piroxênio e leitos quartzo-feldspáticos e carbonato finos em gnaiss calcissilicático.....	47
<b>FIGURA 22</b> - Textura granoblástica poligonal definida por cristais com ponto tríplice em quartzito puro.....	48
<b>FIGURA 23</b> - Em (A) Fotografia macroscópica do aspecto geral do mármore com vênulas preenchidas por calcita. Em (B) Fotomicrografia de cristais de calcita em arranjo granoblástico.....	48
<b>FIGURA 24</b> - Estrutura xenolítica caracterizada pelos xenólitos angulosos dos quartzitos englobados no momento da intrusão do corpo gabróico.....	50
<b>FIGURA 25</b> - Em (A) e (B) xenólitos de quartzitos em microgabro com bordas enegrecidas. (C) Fotomicrografia do contato entre os xenólitos de quartzitos e o microgabro formando franjas de piroxênio e anfibólio.....	51
<b>FIGURA 26</b> - Principais texturas das rochas gabróicas. (A) Intergranular. Cada interstício da malha fechada de ripas de plagioclásio que se tocam é ocupado apenas por um cristal de piroxênio. (B) Subofítica. Vários interstícios da malha fechada são ocupados por um mesmo piroxênio.....	52
<b>FIGURA 27</b> - Desenvolvimento de textura ofítica pelo crescimento simultâneo, mas a taxas de nucleação diferentes de piroxênio e plagioclásio. Cristais de Plagioclásio aumentam de tamanho no sentido dos piroxênios....	53
<b>FIGURA 28</b> - Texturas granofírica e gráfica em microgabro granofírico. Formas vermiculares, dendríticas, triangulares e irregulares.....	53

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	13
1.2	LOCALIZAÇÃO E ACESSO A ÁREA.....	13
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.4	ATIVIDADES E MÉTODOS.....	15
2	<b>CONTEXTO GEOLÓGICO</b> .....	17
2.1	LITOESTRATIGRAFIA DO DOMÍNIO MÉDIO COREAÚ.....	18
2.1.1	<b>Complexo Granja</b> .....	19
2.1.2	<b>Grupo Martinópole</b> .....	20
2.1.3	<b>Grupo Ubajara</b> .....	21
2.1.4	<b>Grupo Jaibaras</b> .....	22
2.1.5	<b>Suíte Parapuí</b> .....	23
2.1.6	<b>Granito Meruoca</b> .....	24
2.1.7	<b>Formação Aprazível</b> .....	25
3	<b>GEOLOGIA DOS GABROS MASSAPÊ E ROCHAS ADJACENTES</b> .....	26
3.1	ROCHAS ENCAIXANTES.....	26
3.2	GABROS DA REGIÃO DE MASSAPÊ.....	29
4	<b>PETROGRAFIA</b> .....	32
4.1	HORNBLENDA GABRO.....	32

4.2	PIROXÊNIO-HORNBLENDA GABRO.....	36
4.3	LEUCOGABRO.....	39
4.4	MICROGABRO.....	42
4.5	MICROGABRO GRANOFÍRICO (Brecha magmática).....	43
4.6	ROCHAS ENCAIXANTES.....	45
4.6.1	<b>Gnaise calcissilicático</b> .....	45
4.6.2	<b>Quartzito</b> .....	47
4.6.3	<b>Mármore</b> .....	48
5	<b>ANÁLISE ESTRUTURAL E TEXTURAL</b> .....	49
5.1	ESTRUTURAS DAS ROCHAS GABRÓICAS.....	49
5.1.1	<b>Estrutura xenolítica</b> .....	49
5.1.2	<b>Bordas de resfriamento</b> .....	50
5.2	TEXTURAS DAS ROCHAS GABRÓICAS.....	51
6	<b>DISCUSSÕES E RESULTADOS</b> .....	54
7	<b>CONCLUSÃO</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57
	<b>ANEXOS</b> .....	61
	<b>ANEXO A - MAPA GEOLÓGICO DOS GABROS DE MASSAPÉ</b> .....	62
	<b>ANEXO B - MAPA DE PONTOS</b> .....	63
	<b>ANEXO C - FICHAS PETROGRÁFICAS</b> .....	64
	<b>ANEXO D – LISTA DE PONTOS COM COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b> .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO

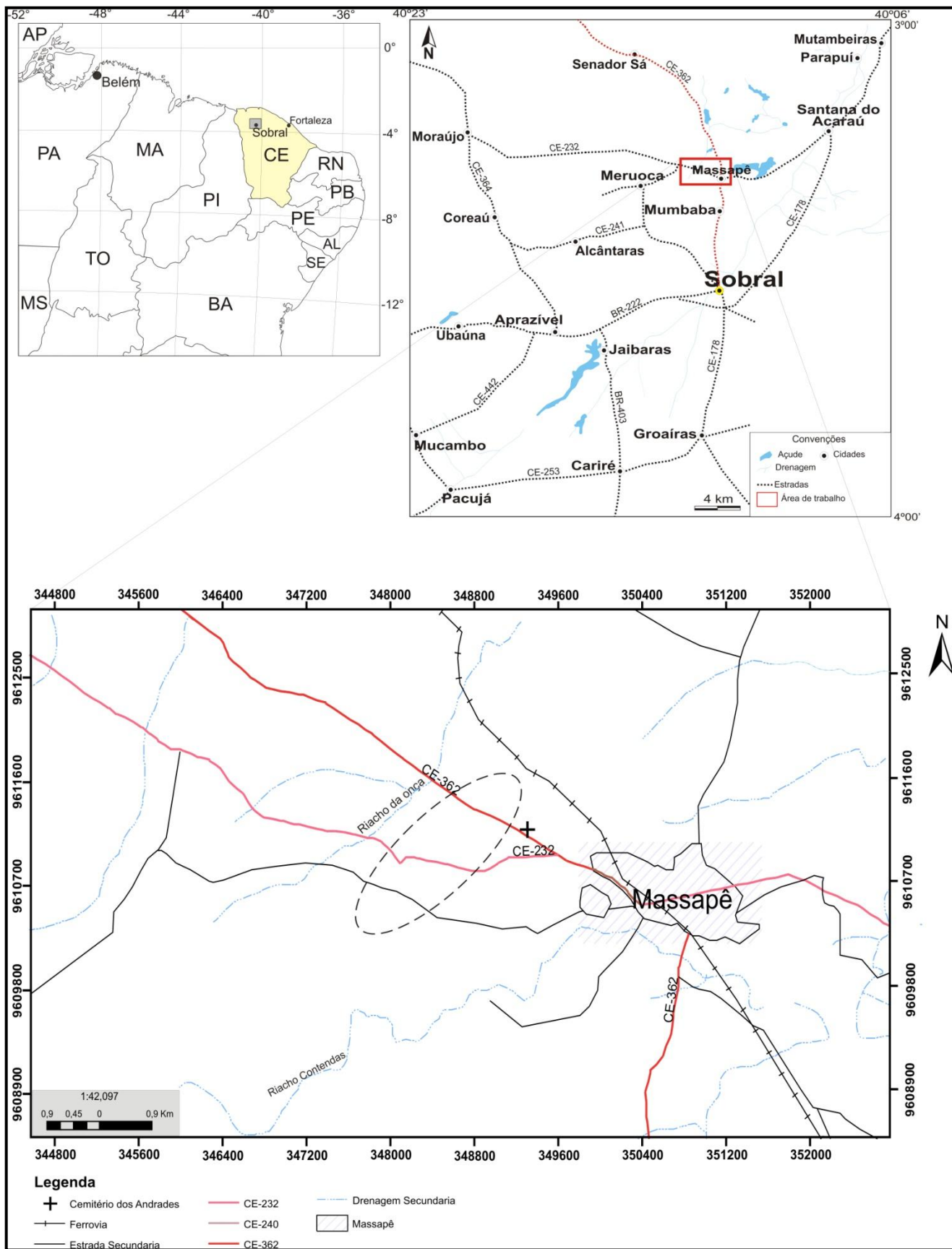
A presente pesquisa corresponde ao Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), disciplina ofertada pela Faculdade de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), que foi desenvolvido no período de agosto de 2009 a dezembro de 2010. O trabalho contou com o suporte técnico da disciplina Estágio de Campo II (Estágio Ipú-Ipueiras), ofertada no período de agosto de 2009.

Este estudo enfoca os gabros aflorantes na região de Massapê situados a 8 km a norte da cidade de Sobral no Estado do Ceará dentro da unidade descrita na literatura como Suíte Parapuí (GORAYEB *et al.*, 1988, NASCIMENTO; GORAYEB, 2004). São intrusivos em rochas calcissilicáticas, gnaiss calcissilicático, mármore e quartzitos do Grupo Martinópolis, formando brechas magmáticas com blocos angulosos em geral de quartzitos. Estes corpos ígneos apresentam pouca expressão topográfica e uma área de aproximadamente 2,5 km<sup>2</sup>.

Este trabalho vem apresentar dados cartográficos e petrográficos dos gabros da região de Massapê, assim como suas relações de contato com as rochas encaixantes que fazem parte do contexto litoestratigráfico do Domínio Noroeste do Ceará ou Domínio Médio Coreaú. Uma vez que os dados de mapeamento das rochas gabróicas da Suíte Parapuí são de reconhecimento regional, sem detalhamento petrográfico.

### 1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO A ÁREA

A área estudada está situada na região nordeste do Brasil, especificamente no noroeste do Estado do Ceará, às proximidades da cidade Massapê, no setor meridional da unidade geotectônica denominada Graben de Jaibaras, borda do granito Meruoca, ocupa porções da Folha Sobral (SA. 24-Y-D-IV) em escalas de 1:30.000 e 1:100.000 e abrange uma área de aproximadamente 2,5 km<sup>2</sup> (Fig. 1). O acesso à área, a partir de Belém, pode ser feito pela rodovia BR-316 até à cidade de Teresina (Piauí) interligando-se as rodovias BR – 222 e CE – 241 que levam até Sobral e Massapê, respectivamente.



**Figura. 1-** Mapa de localização da região de Massapê, destacando-se a área da ocorrência das rochas gabróicas.

Fonte: modificado de Santos (2006).

### 1.3- OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é definir a cartografia e os tipos petrográficos dos gabros aflorantes na região de Massapé, Estado do Ceará e avançar no entendimento do magmatismo básico das rochas que constituem a Província Borborema, especificamente no Gráben Jaibaras, como parte da Suíte Parapuí. Muitos estudos (GORAYEB *et al.*, 1988, NASCIMENTO; GORAYEB, 2004, ALMEIDA; ANDRADE FILHO, 1999, NASCIMENTO *et al.*, 1981, COSTA *et al.*, 1979, CORREA, 1997) já foram realizados na Suíte Parapuí e enfocaram a petrografia e a litoquímica dos basaltos.

Assim, o estudo apresenta o detalhamento da cartografia e análise petrográfica dos gabros da Suíte Parapuí, buscando definir as relações de contato com as rochas adjacentes, a fim de avançar no entendimento dos processos magmáticos que ocorreram nessa região dentro da Província Borborema, no NW do Ceará.

### 1.4- ATIVIDADES E MÉTODOS

A metodologia aplicada nesse trabalho envolveu quatro etapas principais de estudo: a primeira foi o levantamento bibliográfico em livros, textos, artigos, teses, dissertações sobre o conhecimento da área em questão; a segunda envolveu o levantamento cartográfico e de acervos de mapas da disciplina Estágio de Campo II; a terceira constou de expedição de campo com mapeamento geológico e coleta sistemática de amostras para petrografia; e a quarta, a confecção do mapa geológico da área de estudo, análise petrográfica detalhada e elaboração do relatório final das atividades.

O levantamento bibliográfico foi realizado principalmente na biblioteca do Instituto de Geociências da UFPA (Biblioteca Raimundo Montalvão), com referências no âmbito da geologia regional da área em questão, assim como livros didáticos que tratam da origem e evolução de rochas gabróicas.

O levantamento cartográfico foi realizado no acervo de mapas do Laboratório de Cartografia Geológica (GEOCART-IG-FAGEO), onde foi realizada uma triagem dos relatórios de Estágio de Campo II, que enfatizavam a problemática cartográfica e geológica da área estudada.

O mapeamento geológico foi realizado a noroeste da cidade de Massapé com o suporte técnico do estágio de Campo II realizado no período de 01 a 20 de agosto de 2009 dentro do projeto Ipueiras-Ceará. Durante esse trabalho foram utilizados equipamentos básicos como GPS, bússola, marreta e martelo. Foi adotada técnica de mapeamento sistemática em três linhas principais de caminhamento da parte central para borda do corpo, delimitando os seus contatos principais, onde foram estudados 18 pontos de afloramento, sendo a distância entre um ponto e outro variando de 5 a 6 m. Essa etapa de trabalho envolveu a descrição dos afloramentos, além da coleta sistemática de amostras para estudos petrográficos, incluindo coleta de dados estruturais do corpo gabróico e das rochas encaixantes.

A elaboração do mapa geológico da área de estudo contou com a utilização de imagem de satélite, mapas do acervo do Laboratório de Cartografia Geológica (GEOCART-IG-FAGEO) e carta planialtimétrica da área de estudo. Foi utilizado o softwares *Arc Gis 9.3* e *CoreDRAW X3* para confecção dos mapas.

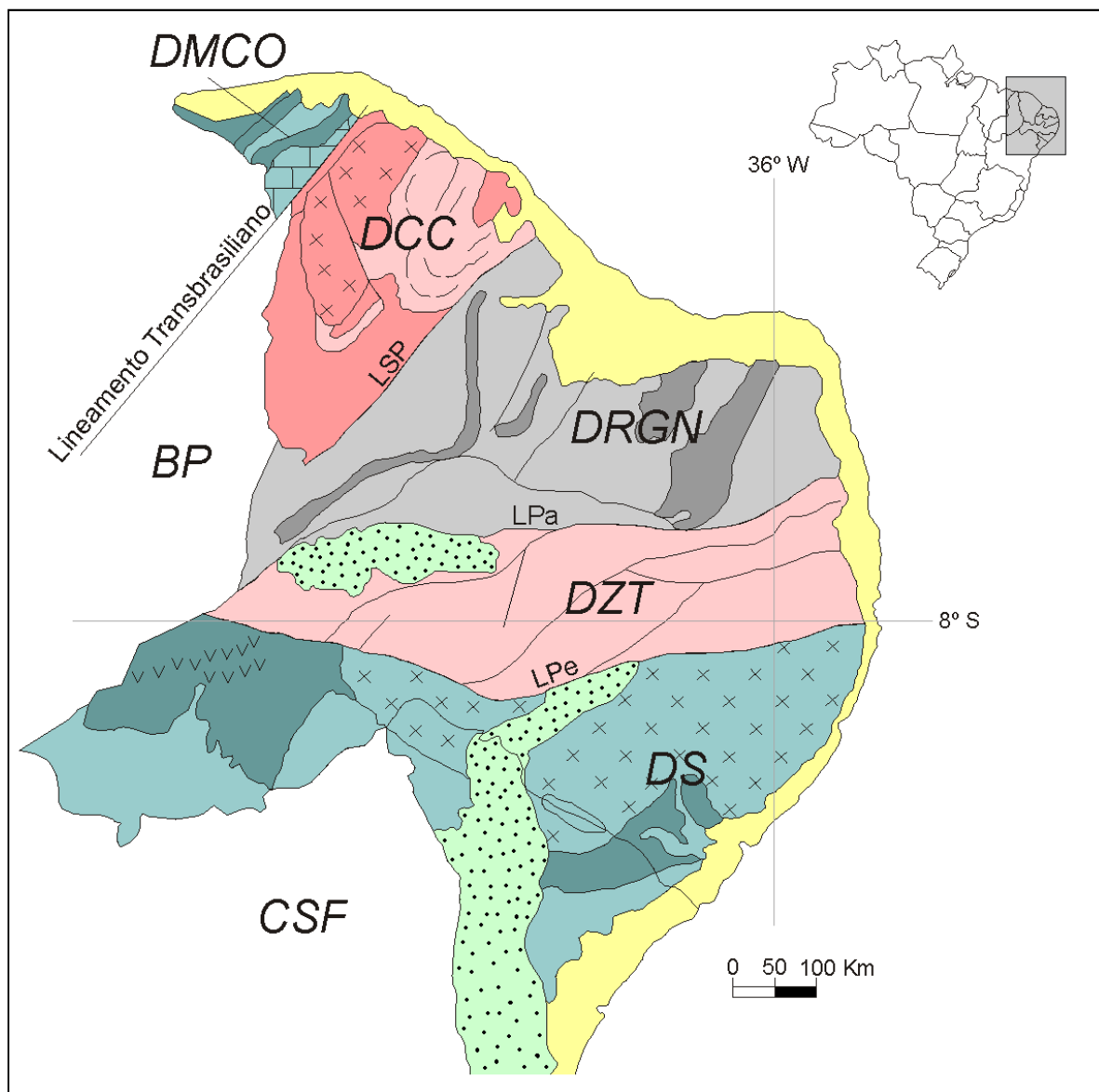
A análise petrográfica foi realizada em quinze amostras de mão e lâminas delgadas, sendo cinco dessas lâminas são polidas para identificação dos minerais opacos em microscópio de luz refletida e para realização de microscopia eletrônica de varredura (MEV). A classificação dos tipos petrográficos seguiu os princípios e metodologia utilizados por Streckeisen (1975), Mackenzie *et al.* (1982), Deer *et al.* (1992) no estudo das rochas ígneas plutônicas.

O estudo de MEV foi realizado no laboratório de microscopia eletrônica de varredura-LABMEV da UFPA. Foram utilizadas duas lâminas polidas, metalizadas previamente com platina. As análises químicas semiquantitativas foram realizadas através de EDS (Energy Dispersive Spectrometry). As condições de análise foram: voltagem de aceleração= 20 kv, distancia de trabalho= 15 mm, tempo de análise= 30s.

## 2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Província Borborema corresponde à parte leste da região nordeste da plataforma Sul Americana. É caracterizada como uma complexa região do ponto de vista geológico, onde ocorreram importantes eventos tectônicos, termais e magmáticos, de idade neoproterozóica, relacionadas ao Ciclo Brasileiro (ALMEIDA *et al.*, 1977). A Província Borborema cobre uma área de mais de 450.000 km<sup>2</sup>, estendendo-se por baixo da Bacia do Parnaíba e com extensões africanas situadas ao norte do Cráton São Francisco – Congo (TROMPETTE, 1994). Com base em estudos geofísicos, geológicos e geocronológicos, foi possível estabelecer cinco domínios tectônicos contíguos que constituem a Província Borborema: *Domínio médio Coreaú (MCO)*, *Domínio Ceará Central (CC)*, *Domínio Rio Grande do Norte (RGND)*, *Domínio Central ou Domínio de Zona Transversal (TZ)* e *Domínio Sul (DS)*, (Fig.2). Importantes evidências mostram que esses domínios crustais obtiveram a configuração atual antes do final do Cambriano, seguindo uma significativa fase de deslocamento transcorrente no fim do Brasileiro (BRITO NEVES *et al.*, 2001).

O Domínio Médio Coreaú, onde esta inserida a área de estudo, localiza-se na porção noroeste do Estado do Ceará e na porção nordeste do estado do Piauí, entre a margem retrabalhada do Cráton São Luís-Oeste Africano e o Lineamento Transbrasiliano/Kandi. O embasamento do Domínio Médio Coreaú consiste de rochas de alto grau metamórfico juvenis com idade de 2.35Ga (Pré - Transamazônico) e segmentos capturados de cinturões vulcano-sedimentares Neoproterozóicos (Grupo Martinópole) e pelitos-carbonáticos (Grupo Ubajara) que podem ser partes separadas do cinturão móvel principal Trans-Sahariano. Ao longo do Lineamento Transbrasiliano, há ocorrência de uma série de bacias transtensionais e plútons pós-orogênicos que ocupam espaços separados, onde existe cobertura de rochas sedimentares Fanerozóicas da Bacia do Parnaíba (BRITO NEVES, *op cit*).



**Figura. 2-** Mapa Geológico regional da Província Borborema apresentando os grandes domínios estruturais: Domínio Médio Coreau (DMCO), Domínio Ceará Central (DCC), Domínio de Zona Transversal (DZT), Domínio Sul (DS). Os principais Lineamentos: Lineamento Transbrasiliano (Sobral-Pedro II), LSP-Lineamento Senador Pompeu, LPa-Lineamento Patos, LPe-Lineamento Pernambuco. A BP-Bacia do Parnaíba e o CSF-Cráton do São Francisco.  
Fonte: Modificado de Brito Neves *et al.*, (2001).

## 2.1 LITOESTRATIGRAFIA DO DOMÍNIO MÉDIO COREAU

O Domínio Médio Coreau compreende principalmente as rochas do Complexo Granja e Grupo Martinópolis-Ubajara, constituintes de fatias crustais, limitadas por zonas de cisalhamento transcorrente-transpressivas de direção NE-SW onde está inserido o Gráben Jaibaras (OLIVEIRA, 2001) e as principais unidades

litoestratigráficas: Formação Jaibaras, Suíte Parapuí, Granito Meruoca e Formação Aprazível (Fig.3).

### 2.1.1 Complexo Granja

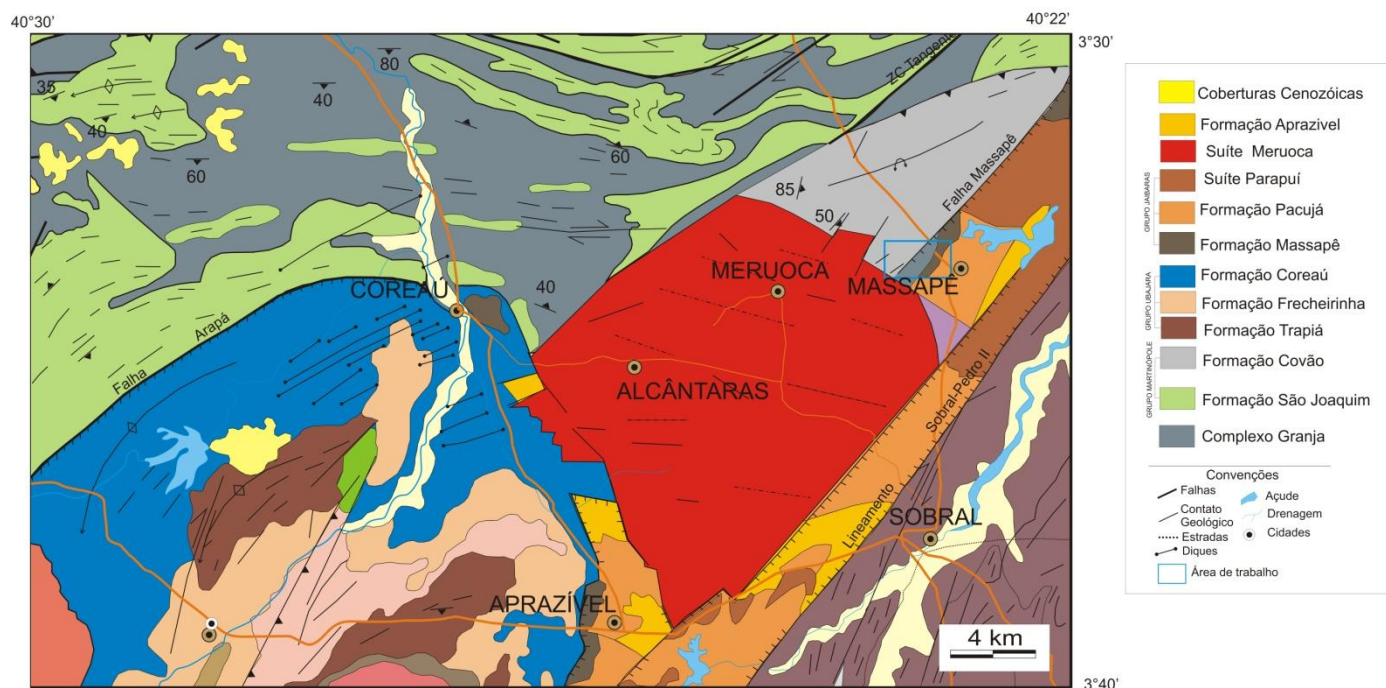
O Complexo Granja considerado a unidade mais antiga da Faixa Martinópolis–Ubajara é constituído por um complexo de ortognaisses, gnaisses kinzigíticos, granulíticos, migmatitos e, subordinadamente, quartzitos e anfibolitos. A maior parte das rochas dessa seqüência é classificada como biotita gnaisses e anfibólio gnaisses, com coloração cinza claro a cinza escuro. A deformação nessas rochas nem sempre é intensa, apresentando em alguns locais uma foliação bem incipiente. Corpos anfibolíticos ocorrem intercalados concordantemente ao pacote gnaíssico. De forma geral, nos gnaisses a foliação (bandamento gnaíssico) é dada principalmente pela alternância de minerais como biotita e anfibólio com quartzo e feldspato (SANTOS *et al.*, 2001).

Os migmatitos bandados e estromáticos distribuídos neste embasamento, que apresentam leucossoma de composição granítica, com relativa quantidade de anfibólio, indicando ter ocorrido grande percolação de fluídos e alta temperatura durante o cisalhamento (SANTOS, 1993).

Os muscovita-quartzitos que ocorrem nesta unidade são fortemente milonitizados e cataclasados, correspondem a uma litologia que se destaca por sua associação com as zonas de alta deformação. Esta feição leva à interpretação dessa rocha como sendo resultante de gnaisses, cujo processo de milonitização é responsável pela transformação dos feldspatos em muscovita e concentração de fluidos silicosos nas zonas de maior deformação. A seqüência granulítica é formada por granulitos máficos, gnaisses enderbíticos, e silimanita-granada gnaisses (kinzigitos/kondalitos). (SANTOS *et al.*, 2004).

Santos (1999) com base em idades U-Pb, Sm-Nd e Pb-Pb, consideraram as rochas metaplutônicas como representativas de uma crosta juvenil gerada em ambiente de arco magmático durante o Sideriano (2,30 a 2,50 Ga), retrabalhada nos eventos Transamazônico e Brasileiro. Determinações U-Pb em titanita nos migmatitos e isócrona mista Sm-Nd nos granulitos forneceram valores variando entre 553 e 557 Ma, o que permite supor que a granulitização e a migmatização do

Complexo Granja ocorreram no Neoproterozóico (BIZZI *et al.*, 2003). Gaudette *et al.* (1993) pelos métodos Rb-Sr, Pb-Pb e U-Pb em zircão, relacionaram a evolução do Complexo Granja ao Paleoproterozóico.



**Figura. 3** – Mapa geológico simplificado da região de Sobral e Massapé dentro do Domínio Médio Coreaú.

Fonte: Modificado de Santos (2003).

### 2.1.2 Grupo Martinópolis

Segundo Neves (1975), o Grupo Martinópolis representa uma sequência metassedimentar incluindo xistos, quartzitos puros ou sillimaníticos/cianíticos, paragneisses, mármore e rochas calciossilicáticas. A idade do Grupo Martinópolis não está definida, no entanto a maioria dos autores o situa no Proterozóico Médio a superior.

Fetter *et al.* (2003) sugeriram que o Grupo Martinópolis pode representar uma bacia frente arco que se formou durante o crescimento no Neoproterozóico Inferior do complexo continental do Arco de Santa Quitéria, situado ao sudeste no domínio Ceará Central.

Segundo BIZZI *et al.* (2003) O Grupo Martinópolis é dividido em três formações: *São Joaquim*, *Covão* e *Santa Terezinha*.

A *Formação de São Joaquim* é constituída por quartzitos, com intercalações menores de xistos, rochas calssicilicáticas e de rochas metavulcânicas (metariolito). Os minerais metamórficos nesta formação incluem a cianita, sillimanita, muscovita e a estauroлита, indicando o metamorfismo intermediário de fácies anfibolito de baixa pressão. Metariolitos são intercalados com quartzitos dando forma de budinagen. Os metariolitos são fortemente deformados e mostram texturas ultramiloníticas e miloníticas.

A *Formação Covão* é uma seqüência compreendida por muscovita-xisto, em parte com cianita e feldspato, muscovita-albita-clorita-xisto e de camadas menores do quartzito. A paragênese mineral (clorita-quartzo- mica branca) e as características microtectônicas do quartzo (lamelas e faixas de deformação, limite de subgrão) nos quartzitos sugerem condições de fácies xisto-verde.

A *Formação Santa Terezinha* consiste de xistos ricos em quartzo, metapelitos, carbonatos (dolomitas e calcários) com associações de grauvacas, ritimitos, quartzitos e metariolitos intercalados contendo fenocristais de quartzo.

### **2.1.3 Grupo Ubajara**

O termo Ubajara foi proposto por Nascimento e Gava (1979) para englobar os metassedimentos que ocorrem na região de Frecheirinha-Aprazível em substituição a denominação de Grupo Bambuí. Segundo Hackspacher *et al.* (1988) o Grupo Ubajara é a unidade basal do sistema deposicional Ubajara-Jaibaras, dividido, da base para o topo, em três formações: Formação Trapiá, Formação Caiçaras e Formação Frecheirinha. Sendo toda a seqüência interpretada como de ambiente flúvio-marinho.

A Formação Trapiá é constituída por uma intercalação de metassiltitos, metarenitos e mais raramente lentes e metaconglomerado. Os metarenitos são dominantes, possuem composição subarcoseana, coloração cinza a marrom arroxeadado, com tonalidades esverdeadas, creme a castanho podendo chegar até verde escuro. Geralmente, sua granulometria é fina, mas estão presentes como camadas métricas de arenitos grosseiros e arenitos microconglomeráticos. As principais estruturas sedimentares são as estratificações cruzadas de pequeno porte

e plano-paralela. Estas estruturas encontram-se dobradas e em certos locais é possível visualizar uma incipiente foliação nos arenitos.

A Formação Caiçaras é composta por ardósias intercaladas a níveis de metarenitos, em contato gradacional com as rochas da Formação Trapiá. As ardósias são de coloração vermelho arroxeadado, apresentam uma foliação bem desenvolvida cortada geralmente por veios de quartzo ora concordantes ora discordantes.

A Formação Frecheirinha é formada predominantemente por metacalcários com termos conglomeráticos e termos impuros (margosos) intercalados. Seu contato inferior com a Formação Caiçaras é gradacional e é evidenciado pela presença na base de intercalações de bancos carbonáticos com níveis impuros. Os metacalcários têm cor cinza azulada a cinza escuro, granulação fina e estão bastante compactados e recristalizados. Possuem estratificação plano-paralela, com alternância de camadas carbonáticas puras e camadas carbonáticas ricas em argilo-minerais.

#### **2.1.4 Grupo Jaibaras**

O Grupo Jaibaras está dividido nas formações Massapê e Pacujá, consideradas cronoequivalentes e formadas essencialmente por conglomerados polimíticos, arenitos arcoseanos e siltitos. A Formação Massapê é composta por brechas e metaconglomerados polimíticos intercalados a arenitos arcoseanos finos. Sobreposta a esta, em contato transicional, jaz a Formação Pacujá, está por sua vez é constituída de rochas psamíticas: metarenitos arcoseanos, grauvacas, metasiltitos (com lentes conglomeráticas) de cores avermelhadas e esverdeadas, ocorrendo esporadicamente folhelhos micáceos e, mais raramente, rochas carbonáticas. Os sedimentos estão estratificados predominantemente em bancos finos e médios, plano-paralelos (Gorayeb *et al.*, 1988).

O ambiente deposicional do Grupo Jaibaras compreende um sistema de cones aluviais, com canais e planícies fluviais associados e sua deposição se deu em um clima seco. A sua área de ocorrência está intimamente relacionado com o lineamento Transbrasiliano em um contexto de bacia “*pull apart*” (Gorayeb *et al.*, *op cit*). Várias propostas tem sido apresentada para o empilhamento estratigráfico das unidades que compõe o chamado Gráben Jaibaras, como os encontrados em

Hackspacher *et al.* (1988), Gorayeb *et al.* (1988), Torquato; Nogueira Neto (1996), Oliveira (2001). Recentemente a Formação Aprazível foi colocada no Grupo Jaibaras em trabalhos de Torquato e Nogueira Neto (1996) e Oliveira (2001).

### 2.1.5 Suíte Parapuí

A Suíte Parapuí constitui uma unidade vulcânica, provavelmente do final do Neoproterozóico/início do Paleozóico, que se encontra inserida no Gráben Jaibaras, situada no noroeste do Estado do Ceará; representa uma importante atividade vulcânica basáltica, predominantemente, da porção noroeste da Província Borborema. Esta Suíte compreende quatro grupos de rochas, incluindo basaltos (labradorita/andesina basaltos, traquibasaltos e magnetita-ilmenita basaltos), gabros (hornblenda gabro, piroxênio-hornblenda gabro, leucogabros e microgabros) intrusivos nas rochas do Grupo Martinópole (citados nesse trabalho), riolitos e rochas vulcanoclásticas que ocorrem intercaladas a arenitos arcossianos do Grupo Jaibaras. Os basaltos e traquibasaltos, tipos mais abundantes da Suíte Parapuí, ocorrem em sucessões de extensos derrames de lavas maciças e amigdaloidais, com características holocristalinas, hipovítreas e raramente holovítreas, e texturas porfíricas, seriadas ou afíricas e fluidais. Os minerais principais compreendem labradorita com variações para andesina, titanogaugita e, subordinadamente, olivina, albita, sanidina, magnetita/ilmenita, pirita, titanita e apatita (NASCIMENTO; GORAYEB, 2004).

Esta suíte magmática instalou-se sob um regime vulcânico intenso durante a tectônica extensional que originou a Bacia do Jaibaras (Gráben) em seu estado de rífte; ou seja, consistiu em um magmatismo intracontinental explosivo e efusivo sobreposto a um substrato paleoproterozóico (NASCIMENTO; GORAYEB, *op cit*).

As rochas plutônicas objeto deste estudo está inserida na Suíte Parapuí e aparecem com destaque na secção mediana da bacia, de Aprazível para sul, na forma de possantes *sills* e diques de gabros ofíticos, geralmente uralitizados. A oeste de Ararius, estas intrusivas adquirem formas grosseiramente elípticas, sugerindo uma estrutura do tipo lopólito. Merecem destaque ainda, os plutões gabrodioríticos que ocorrem a sul de Massapê e se estendem até o cemitério dos Andrades, em afloramentos rasteiros e descontínuos (ALMEIDA; ANDRADE FILHO, 1999).

Gorayeb *et al.* (1988) descreveram relações intrusivas entre o Granito Meruoca e rochas do Grupo Jaibaras e observaram a presença de xenólitos de vulcânicas, parcialmente assimilados pelo granito Meruoca, o que levou a posicionar estratigraficamente a Suíte Parapuí e o Grupo Jaibaras abaixo da Suíte Meruoca, concluindo que a idade dessas unidades deve ser Proterozóica Superior ou no mínimo Cambriana.

### **2.1.6 Granito Meruoca**

O Granito Meruoca é um batólito com uma forma quadrada, que ocupa uma área de aproximadamente 400 km<sup>2</sup>. Seus contatos são dados principalmente por zonas fraturadas e falhadas. Apresenta xenólitos de dimensões variadas de metaconglomerados e metarenitos parcialmente assimilados. O granito Meruoca apresenta três fácies petrográficas: faialita-ortoclásio granito; biotita-hornblenda-ortoclásio granito e microgranitos (GORAYEB, *et al.*, *op cit*).

A fácies faialita-ortoclásio granito é constituída por uma rocha de coloração cinza com tons esverdeados, leucocrática, de granulação grossa, composta essencialmente de ortoclásio perítico, quartzo e teores reduzidos de faialita e plagioclásio.

A fácies biotita-hornblenda-ortoclásio granito distingue-se da primeira pela cor marrom típica, pela presença de biotita e hornblenda, sendo esta a fácies predominante no corpo.

A fácies microgranitos corresponde fácies de borda de resfriamento e corpos tardios (diques, pequenos corpos), que seccionam as outras fácies deste corpo intrusivo. É constituída por rochas de cor branca a cinza claro, por vezes, levemente rosadas, leucocráticas, de granulação média, localmente porfiríticas.

### **2.1.7 Formação Aprazível**

A Formação Aprazível guarda grandes similaridades em relação à Formação Massapê, sobretudo em termos de ambientes sedimentares e controle tectônico. É constituída de ortoconglomerados polimiticos de aspecto brechóide, compostos por seixos de tamanhos variados, angulosos e levemente imbricados. Os seixos são

principalmente de fragmentos líticos, incluindo metarenitos, metacalcários, filitos, quartzitos, xistos, vulcânicas e granitos. Estão envolvidos em matriz arenosa, mal selecionada, granulação variando de média a grossa, constituída de quartzo, feldspato e fragmentos líticos. Em adição, pedaços oriundos dos plutons e da Suíte Parapuí, autorizam a inclusão dessa unidade como estratigraficamente a mais nova na coluna do Gráben Jaibaras (Gorayeb *et al.*, 1988, Oliveira, 2001).

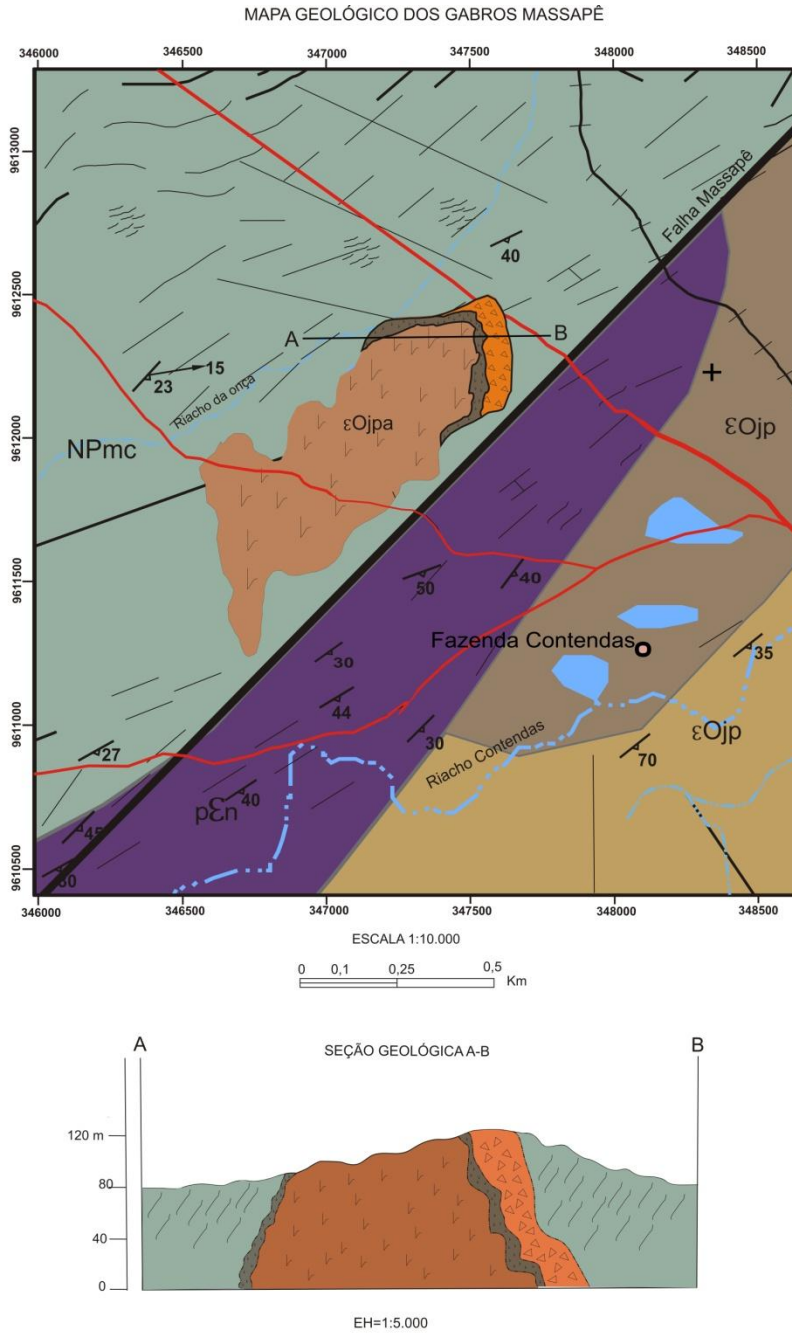
### 3 GEOLOGIA DOS GABROS MASSAPÊ E ROCHAS ADJACENTES

As rochas gabróicas intrusivas da área estudada que compõem a Suíte Parapuí ocorrem em uma região com relevo atual aplainado, intensa alteração e presença de falhas e fraturas que obliteraram suas formas e estruturas originais. Entretanto é possível observar uma aparente forma grosseiramente elíptica, com uma área de aproximadamente 2,5 km<sup>2</sup>.

Neste item serão discutidas as relações e feições de campo das rochas gabróicas da Suíte Parapuí e suas encaixantes (Fig.4), destacando o corpo que ocorre a noroeste da cidade de Massapê, nas proximidades do cemitério dos Andrades, afim de definir na área os limites do corpo intrusivo.

#### 3.1 ROCHAS ENCAIXANTES

As rochas encaixantes fazem parte do Grupo Martinópolis, mais especificamente da Formação Covão. São rochas calcissilicáticas que ocorrem em geral como blocos muitas vezes com dobras em chevron de dimensões centimétricas a métricas, apresentam coloração cinza esverdeada de granulação fina a média, com alternância de leitões milimétricos de coloração esverdeada, ricos em minerais máficos (piroxênio e anfibólio) e leitões de coloração esbranquiçada formada por carbonato e quartzo (Fig. 5). Gnaisses calcissilicáticos bandados com lentes de quartzo concordantes com dobras recumbente de dimensões métricas são fortemente crenuladas ocorrem com contatos irregulares entre as brechas magmáticas (Fig. 6). Mármore de coloração negra, granulação fina, com veios de calcita são restritos às proximidades do cemitério dos Andrades sob a forma de lajedos e blocos; não aparecem em contatos diretos com o corpo gabróico. Quartzito de coloração branca, por vezes com aspecto leitoso, é o principal litotipo constituintes das brechas magmáticas sob forma de xenólitos angulosos, intrudidos por microgabros, apresentando bordas de corrosão (Figs. 8, 9 e 10).



ERA PERÍODO	UNIDADES LITOLÓGICAS	DESCRIÇÕES
PALEOZOICO CAMBRIANO-ORDOVICIANO	SUÍTE MERUOCA $\epsilon y 4m$	GRANITO VERMELHO DE GRANULAÇÃO GROSSA E MACIO. SIENOGRANITO DE COLORAÇÃO ESBRAQUIÇADA
	SUÍTE PARAPUÍ FM. PACUJÁ $\epsilon Ojpa$	SUÍTE PARAPUÍ: ROCHAS VULCÂNICAS A SUBVULCÂNICAS, BÁSICA A INTERMEDIÁRIA (BASALTOS, GABROS E DIQUES ASSOCIADOS)
NEOPROTEROZOICO CRIOGENIANO	GRUPO JABARAS FORM. PACUJÁ $\epsilon Ojp$	GRUPO JABARAS: FORMAÇÃO PACUJÁ - ARENITO FINO, ARCOSIANO, MICACÉO, CINZA COM ESTRATIFICAÇÃO PLANO PARALELA - ARENITO FINO, ARCOSIANO MACIO, MICACÉO, CREME A CINZA ESBRAQUIÇADO, ARENITO FINO, ARCOSIANO, COM LAMINAÇÃO CRUZADA TABULAR ANGULAR
	GRUPO MARTINOPOLE FORM. MASSAPÊ $\epsilon Ojm$	FORMAÇÃO MASSAPÊ: CONGLOMERADOS POLIMITICOS BRECHOIDES COM MATRIZ ARENOSA FINA, ARCOSIANO E DE COLORAÇÃO VERMELHO CARNE
ARQUEANO	GRUPO MARTINOPOLE FORM. COVÃO NPmc	GRUPO MARTINOPOLE: FORMAÇÃO COVÃO: QUARTZITOS PUROS A MICACIOS E LAMINADOS, CALCISILICÁTICAS, GNAISSES CALCISILICÁTICOS E MÁRMORES
	COMPLEXO GRANJA $p\epsilon n$	GNAISSES DE COMPOSIÇÃO TONALÍTICA, CINZA ESBRAQUIÇADO GRANULAÇÃO FINA A MÉDIA, DESENVOLVIMENTO QUARTZO-FELDSPÁTICO

**Legenda**

- + Ferrovias
- Estrada Secundária
- CE-232
- CE-362
- Drenagem Secundária
- Brecha Magmática
- Microgabro
- Gabro
- Açude
- Fratura
- Acamamento com indicação
- Foliação
- Foliação e lineação com indicação de mergulho
- Alinhamento estrutural
- Cemitério dos Andrades

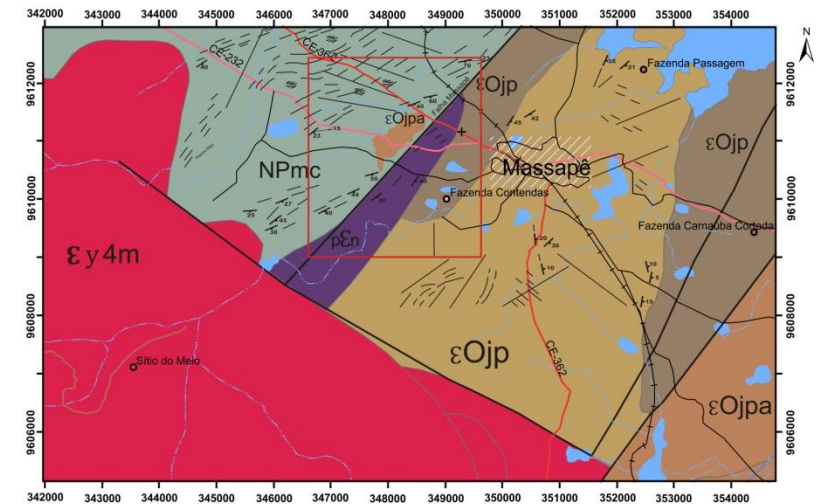
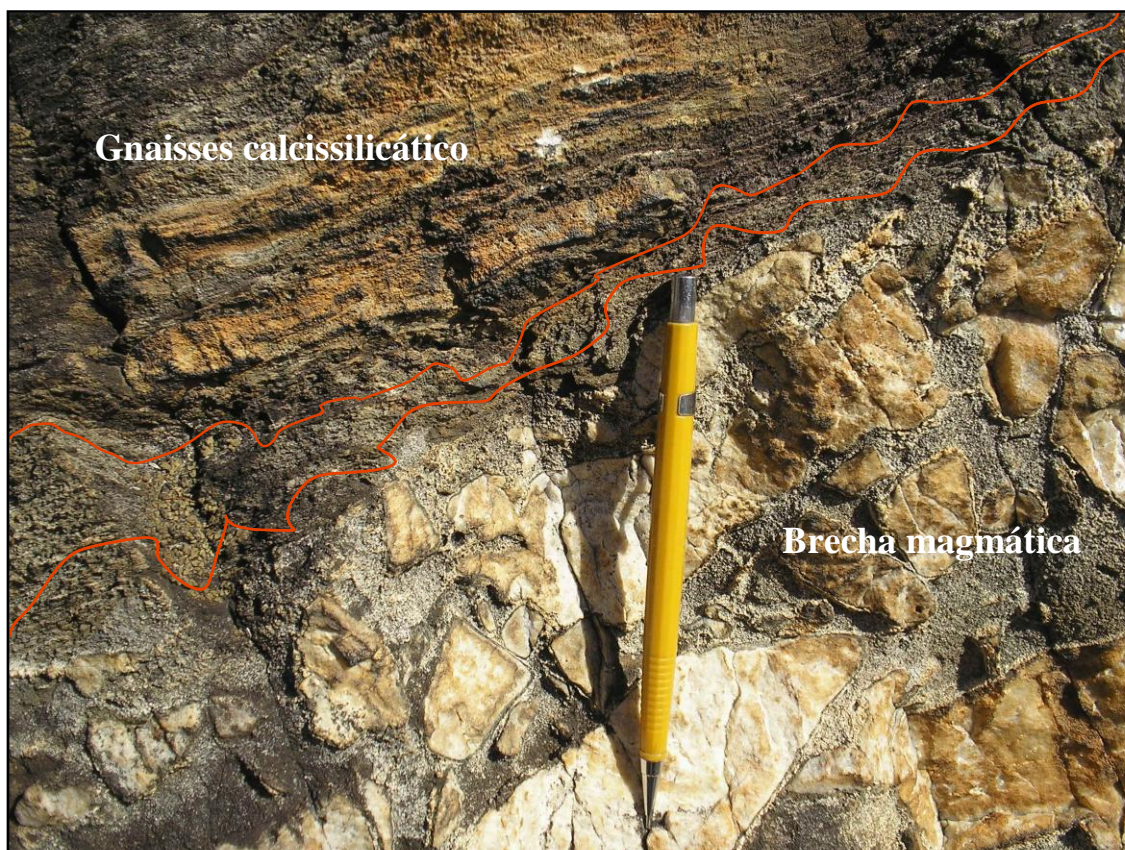


Figura.4- Mapa geológico da área de estudo em destaque o corpo intrusivo gabróico



**Figura. 5** - Rochas calcissilicáticas com vênulas de calcita dobradas paralelas a foliação.



**Figura.6** – Contatos irregulares entre a brecha ígnea e o gnaise calcissilicático.

### 3.2 GABROS DA REGIÃO DE MASSAPÊ

As rochas gabroicas da Suite Parapuí tem sua área de ocorrência principal a noroeste da cidade de Massapê, próximo ao cemitério dos Andrades (anexo A), constituem um corpo intrusivo alongado de direção NE-SW que acompanha as principais direções de estruturas regionais como foliações, falhas e fraturas. Este corpo de rochas gabroicas está a 2 km a SW do Granito Meruoca e ocupa uma área de aproximadamente 2,5 km<sup>2</sup> na forma grosseiramente elíptica, cortando diversas litologias do Grupo Martinópole como gnaisses calcissilicático, rochas calcissilicáticas, mármore e quartzitos. Em geral os gabros formam afloramentos com pouca expressão topográfica atingindo no máximo 100m de altitude (Fig.7).

São rochas faneríticas, mesocráticas, equigranulares de granulação grossa, apresentando cor marrom esverdeada. A rocha é maciça composta essencialmente de plagioclásio, anfibólio e piroxênio, muitas vezes observa-se a presença de epidoto e clorita. A sua relação de contato é intrusiva com rochas do grupo Martinópole com a formação de brechas magmáticas, com xenólitos de rochas calcissilicáticas, gnaisses calcissilicáticos e principalmente de quartzitos (Fig. 8).

Há uma variação na granulação dessas rochas. A parte central do corpo gabroico possui uma granulação mais grossa e a medida que se afasta do centro para a borda a granulação cada vez mais fina até chegar nas brechas magmáticas que são compostas de xenólitos angulosos de rochas calcissilicáticas e principalmente quartzitos, sendo que as bordas desses xenólitos encontram-se enegrecidas (Fig. 9). Esses xenólitos encontram-se em uma matriz predominantemente ígnea composta essencialmente de plagioclásio e piroxênio, formando brechas magmáticas. Muitos desses xenólitos chegam a medir 10 cm de comprimento por 6 cm de largura (Fig. 10).



**Figura. 7** – Blocos de gabros da área de estudo, ocorrem fraturados e intensamente alterados



**Figura.8** – Modo de ocorrência das brechas magmáticas. Observa-se blocos de microgabros com xenólitos de gnaiss calcissilicático e principalmente de quartzitos.



**Figura.9-** Xenólitos de quartzitos em microgabro. Percebe-se bordas corroidas e enegrecidas devido a transmissão de calor do corpo gabróico no momento da intrusão.



**Figura.10-** Xenólitos de quartzitos inclusos em uma matriz essencialmente constituída de plagiocásio e piroxênio.

## 4 PETROGRAFIA

O estudo petrográfico foi realizado no laboratório de petrografia do Instituto de Geociência da UFPA em quinze amostras de rochas gabróicas, brechas magmáticas e as rochas encaixantes (gnaisse calcissilicático, mármore e quartzito) e também contou com auxílio do microscópio eletrônico de varredura (MEV) e microscópio de luz refletida para identificação dos minerais opacos. As amostras de gabros correspondem aos pontos 2009/Mass-05, 2009/Mass-13, 2009/Mass-14 e 2009/Mass-16b. Os microgabros são 2009/Mass-07a, 2009/Mass-07b, 2009/Mass-15a, 2009/Mass-07c e 2009/Mass-16<sup>a</sup>. Os gnaisses calcissilicáticos 2009/Mass-01, 2009/Mass-11, 2009/Mass-06 e 2009/Mass-17. Mármore 2009/Mass-18a e quartzito 2009/Mass-12. Todos localizados no mapa de pontos (anexo B).

### 4.1 HORNBLENDA GABRO

Macroscopicamente são rochas faneríticas, holocristalinas, melanocráticas a mesocráticas, equigranulares, de granulação grossa, apresentando coloração cinza esverdeada. A rocha possui massas fibrosas cinza-esverdeadas de tremolita-actinolita separando os plagioclásios e hornblenda (Fig. 11).

Microscopicamente são representadas predominantemente por plagioclásio e hornblenda e em menor proporção de minerais opacos, apatita, piroxênio, biotita, k-feldspato e quartzo. Os plagioclásios, aproximadamente 55% na rocha, ocorrem como ripas entrelaçadas com os cristais de anfibólios e podem atingir dimensões de até 8 mm de comprimento. A hornblenda é subédrica, tem cor esverdeada a luz natural, ocupando aproximadamente 35% e suas dimensões variam entre 5 a 7 mm. Os minerais opacos apresentam bordas corroídas ocorrem em menor proporção, aproximadamente 8%, são subédricos e a maioria dos cristais alcança 5 mm.

Apresentam predominantemente textura intergranular com ripas de plagioclásio ( $\cong 55\%$ ) com maclamento albita e albita-carlsbad e cristais intersticiais tardios de k-feldspato do tipo ortoclásio ( $2v - 70^\circ$ ), além de quartzo, que exibem localmente intercrescimento gráfico com o k-feldspato (Fig.14). O plagioclásio (labradorita  $An_{54}$ ) foi parcialmente substituído pelo processos de saussuritização e argilização.

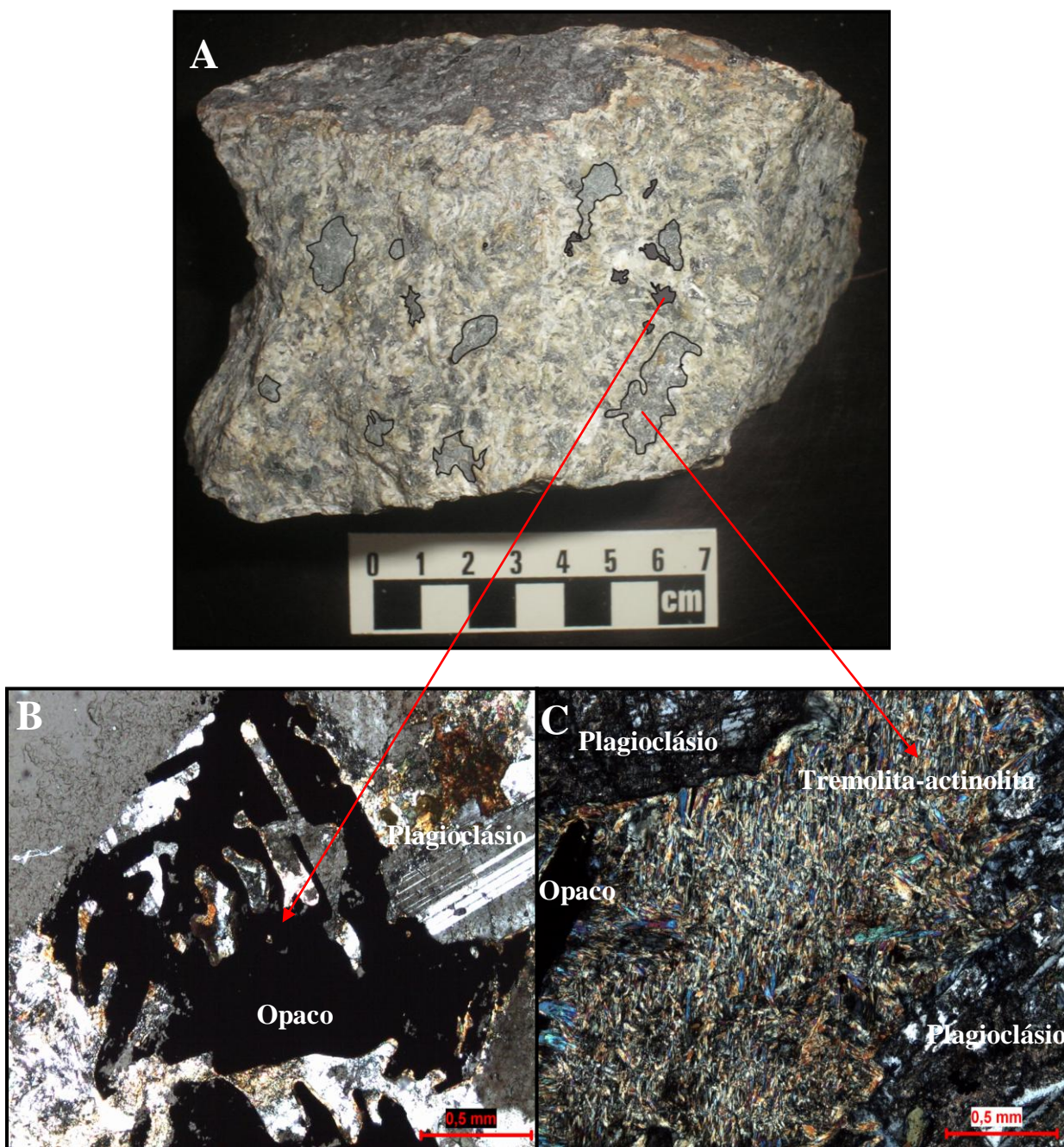
Os ferromagnesianos, que constituem cerca de 45% de volume da rocha são representados por hornblenda ( $\cong 35\%$ ), que define cristais entrelaçados com o

plagioclásio, e o clinopiroxênio. Geralmente suas formas são subédricas com pleocroísmo moderado, cujas absorções maior, intermediária e menor são, respectivamente, verde azulado (Z), verde amarelado (Y) e marrom amarelado pálido (X). O clinopiroxênio (augita) é substituído parcialmente por tremolita-actinolita verde azulada devido ao intenso processo de uralitização. A tremolita-actinolita forma entrelaçados de cristais fibrosos (Fig.13).

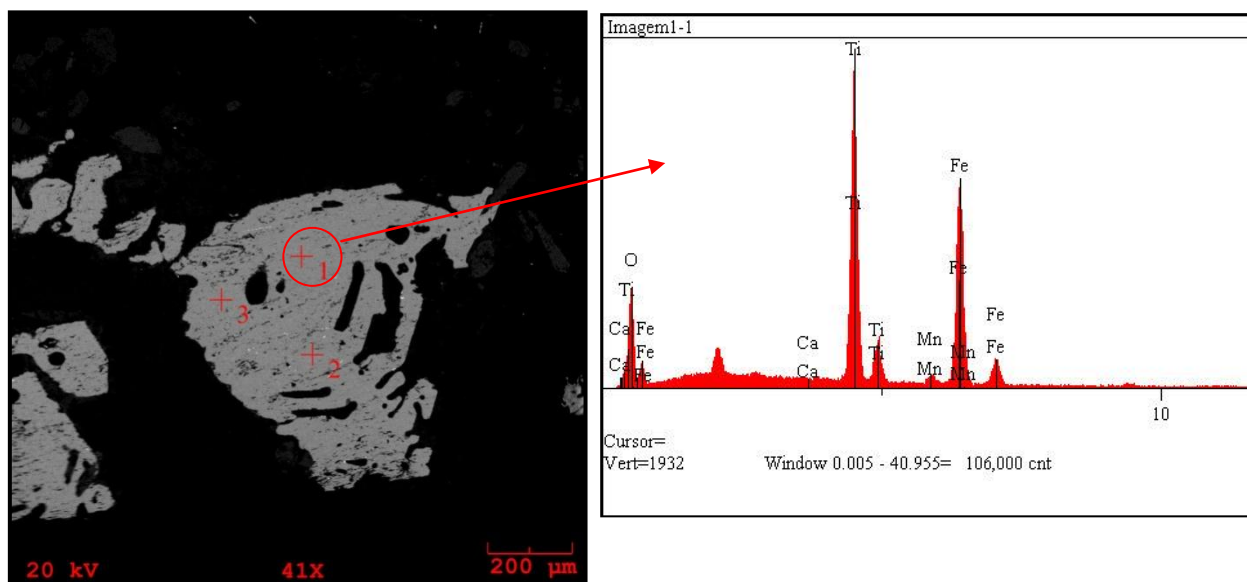
A biotita possui cor marrom, ocorre com hábito lamelar com pleocroísmo moderado que varia de marrom esverdeado (Y=Z), por vezes com tons avermelhados a creme pálido (X). A clorita é o mineral de freqüente alteração das biotitas.

A apatita ocorre como cristais aciculares com divisibilidade basal característica; encontra-se em geral inclusa nos plagioclásios.

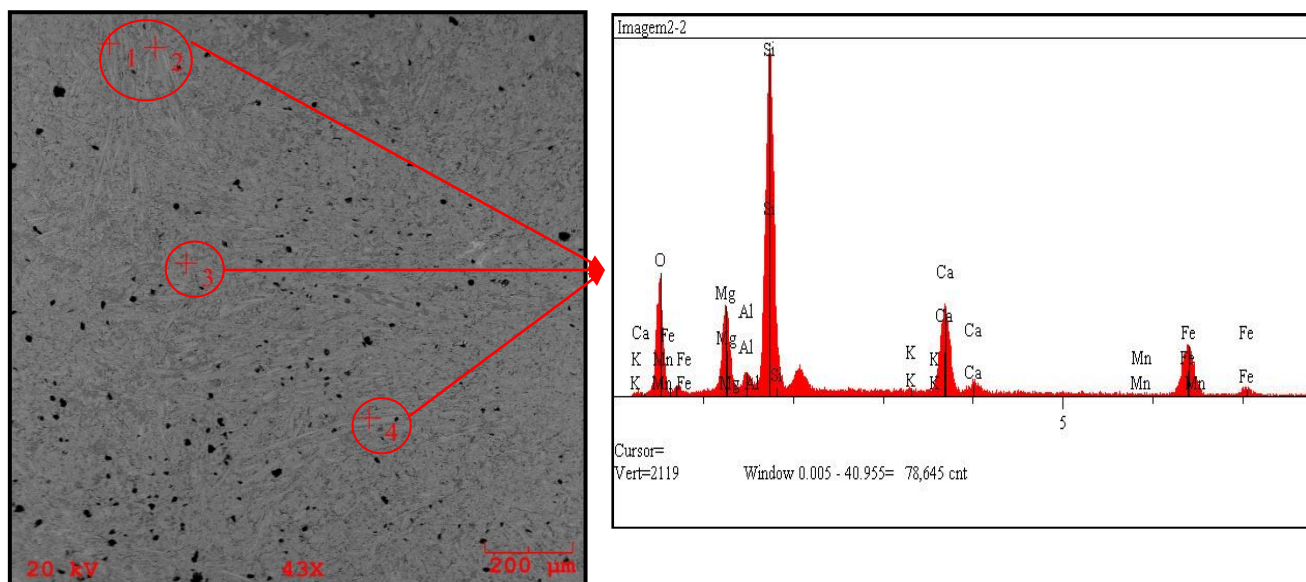
Os minerais opacos ( $\cong 8\%$ ) ocorrem com aspecto esquelético, muitas vezes exsolvidos (Fig. 11-b) e foram analisados no microscópio óptico de luz refletida foi identificado com as seguintes características: possui cor cinza claro, refletância baixa= 21%, bi-refletância fraca, anisotropia ausente, raios internos ausentes, com maclas cinza rosada, pelas suas características ópticas é classificado como ilmenita. No microscópio eletrônico de varredura (MEV) foi também reconhecida a ilmenita como mineral opaco principal dessas rochas (Fig.12).



**Figura. 11-** Em (A) amostra de hornblenda gabro nota-se a presença de concentrados de massas cinza- esverdeadas fibrosas de tremolita-actinolita e os opacos com bordas corroídas. Em (B) e (C) nas fotomicrografias são evidenciados respectivamente os opacos com aspectos esquelético e os concentrados de tremolita- actinolita formando pequenos cristais prismáticos produto da uralitização das augitas.



**Figura 12-** Imagem de elétrons retroespalhados e espectros composicionais da amostra Mass-13, determinando que os minerais opacos são ilmenita.



**Figura 13-** Imagem de elétrons retroespalhados e espectros composicionais da amostra Mass-07a, mostrando o aspecto fibroso da tremolita-actinolita.



**Figura. 14** – Fotomicrografia da textura gráfica e granofírica em hornblenda gabro, representada pelo intercrescimento do quartzo no k-feldspato sugerindo contaminação crustal com assimilação de rochas encaixantes ricas em sílica.

#### 4.2 PIROXÊNIO-HORNBLENDAS GABRO

Macroscopicamente são rochas faneríticas, holocristalinas, melanocráticas a mesocráticas, equigranulares de granulação grossa, cor cinza-esverdeada constituída essencialmente por plagioclásio, hornblenda e piroxênio. O plagioclásio constitui aproximadamente 50% do volume da rocha, os minerais máficos (piroxênio e hornblenda) constituem cerca de 45% do volume da rocha e em menor proporção estão opacos, biotita, apatita, titanita, zircão e quartzo.

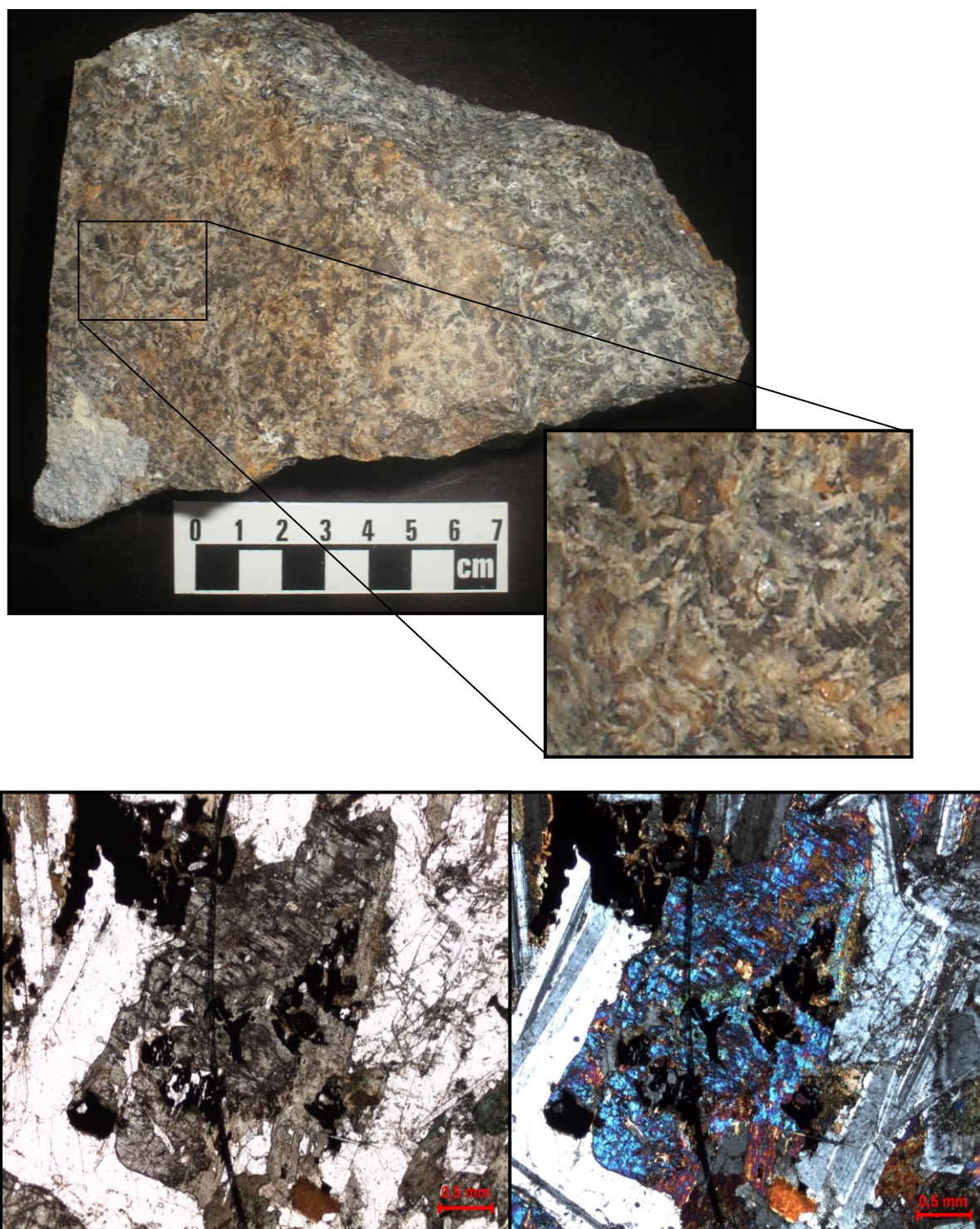
O plagioclásio tem cor cinza-esverdeada, ocorre com hábito ripiforme e pode atingir dimensões de até 7 mm. A hornblenda tem cor esverdeada, é subédrica e suas dimensões variam entre 5 mm a 5,5 mm. O piroxênio possui coloração marrom-esverdeada, forma subédrica de dimensões e 4 à 6,5 mm. Os minerais opacos ocorrem em proporção aproximadamente 5%, são subédricos e a maioria alcança aproximadamente 5 mm e ocorrem muitas vezes com bordas corroídas são freqüentes esses minerais.

Em geral apresenta texturas intergranular e granular hipidiomórfica formada por cristais subédricos de labradorita ( $An_{54}$ ) argilizados e sericitizados geminados com típico maclamento albita e albita-carlsbad. As ripas de labradorita têm seus interstícios ocupados por cristais de clinopiroxênio (augita) rômnicos ou monoclnicos parcialmente uralitizados (Fig. 15). Apresenta suas bordas transformadas para hornblenda, destacando a textura do tipo coronítica. (Fig. 16).

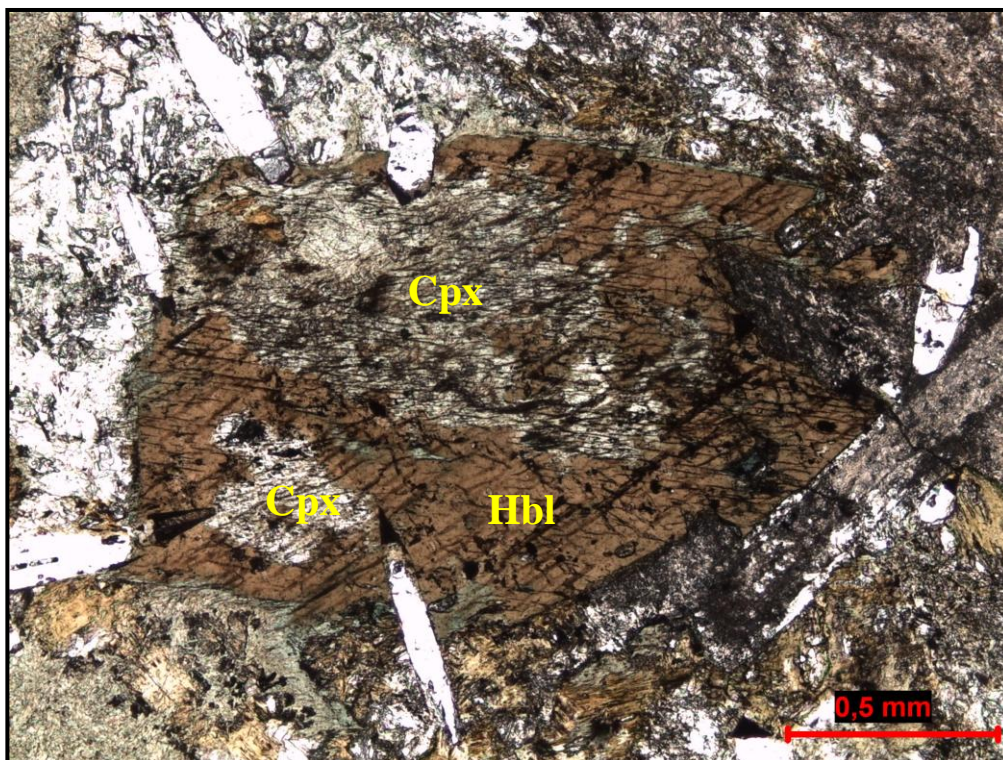
A hornblenda ocorre subédrica com a seção basal com duas direções de clivagem com ângulo de extinção ( $C^{\wedge}Z=15^{\circ}$ ) com pleocroísmo moderado, cujas absorções maior, intermediária e menor são, respectivamente, verde azulado (Z), verde amarelado (Y) e marrom amarelado pálido (X). Está parcialmente alterada para clorita

A apatita ocorre com cristais aciculares com divisibilidade basal característica, encontra-se inclusa nos plagioclásios.

Os minerais opacos ( $\cong 5\%$ ) ocorrem com aspecto esqueletal, muitas vezes exsolvidos e foram analisados no microscópico óptico de luz refletida foi identificado com as seguintes características: possui cor cinza claro, refletância baixa= 21%, bi-refletância fraca, anisotropia ausente, raios internos ausentes, com maclas cinza rosada, pelas suas características ópticas é classificados como ilmenita.



**Figura. 15** – Aspecto macroscópico e microscópico do piroxênio-hornblenda gabro. Observam-se cristais subédricos de labradorita entre as augitas parcialmente uralitizada, formando textura intergranular (luz natural e nicóis cruzados).



**Figura. 16-** Cristal reliquiar de clinopiroxênio bordejado por hornblenda, definindo a textura coronítica.

#### 4.3 LEUCOGABRO

Macroscopicamente exibem aspecto maciço e homogêneo, granulação grossa, cores cinza escuro a cinza esverdeado. São rochas melanocráticas a mesocráticas, holocristalinas, faneríticas e equigranulares. Seu conteúdo mineralógico é predominantemente formado por plagioclásio, clinopiroxênio e anfibólio.

A análise petrográfica revela que essas rochas apresentam texturas intergranular e subofítica marcada pela presença de ripas de plagioclásio totalmente ou parcialmente inclusas em cristais de piroxênio (Fig.17).

O plagioclásio ( $\cong 62\%$ ), identificado como labradorita ( $An_{54}$ ) ocorre incluso nos cristais de piroxênio ou intersticial entre eles. Apresenta hábito tabular ou em ripas menores, exibindo com frequência geminação polissintética do tipo albita, e geminação Carlsbad; por vezes apresenta evidências de intensos processos de alteração, tais como, sericitização e, frequentemente, saussuritização com desenvolvimento de epidoto, sericita e carbonato. Nos cristais de plagioclásio geralmente observam-se inclusões de apatita.

O clinopiroxênio ( $\cong 20\%$ ) classificado como augita possui relevo alto, ( $2V - 60^\circ$ ) e ocorre como cristais anédricos a subédricos, e incluem lamelas minúsculas de ortopiroxênio. Em geral os cristais de augita apresentam-se parcialmente ou totalmente alterados para tremolita-actinolita fibrosa num freqüente processo de uralitização; e, ao longo de suas bordas, para hornblenda e menos freqüentemente por biotita.

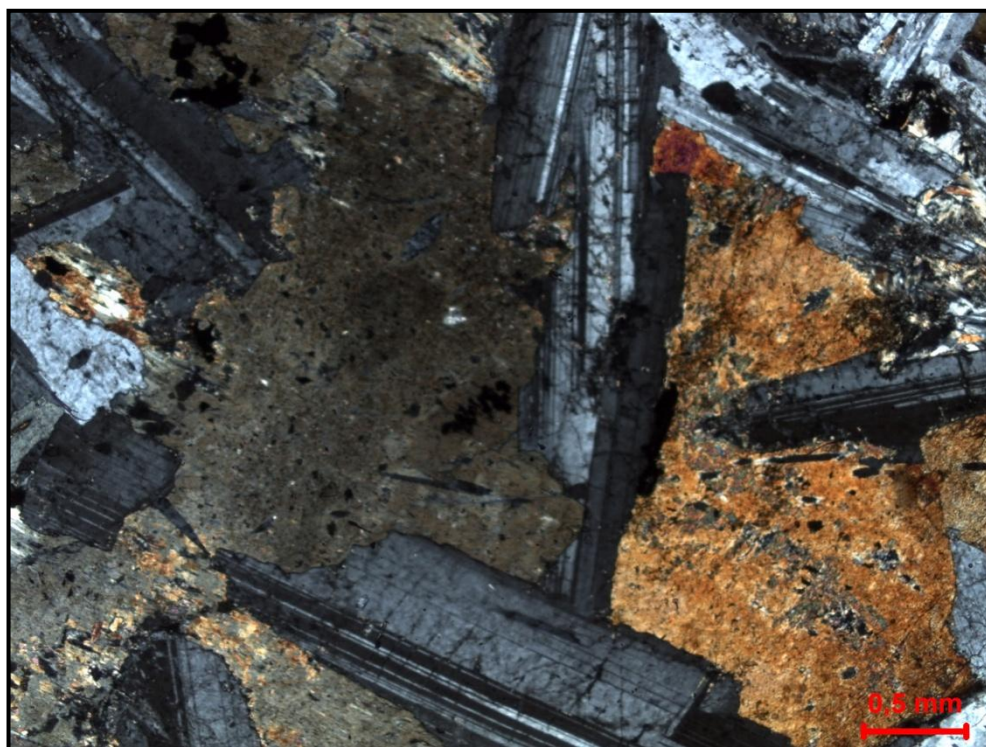
Foram reconhecidos dois anfibólios: hornblenda e tremolita-actinolita. O primeiro é o mais abundante ( $\cong 10\%$ ) geralmente suas formas são subédricas com pleocroísmo moderado, cujas absorções maior, intermediária e menor são, respectivamente, verde azulado (Z), verde amarelado (Y) e marrom amarelado pálido (X). O outro grupo de anfibólio, representado pela tremolita-actinolita, ocorre na forma de cristais fibrosos disseminados, sendo freqüentemente produtos de alteração da augita.

Dois tipos de biotita ( $\cong 5\%$ ) foram identificados: um de natureza primária, resultante da diferenciação magmática e ocorrendo como material intercúmulus; o outro é resultado da alteração do piroxênio e/ou do anfibólio. Apresentam-se na forma de lamelas anedrais e possuem pleocroísmo que varia de marrom claro a marrom avermelhado.

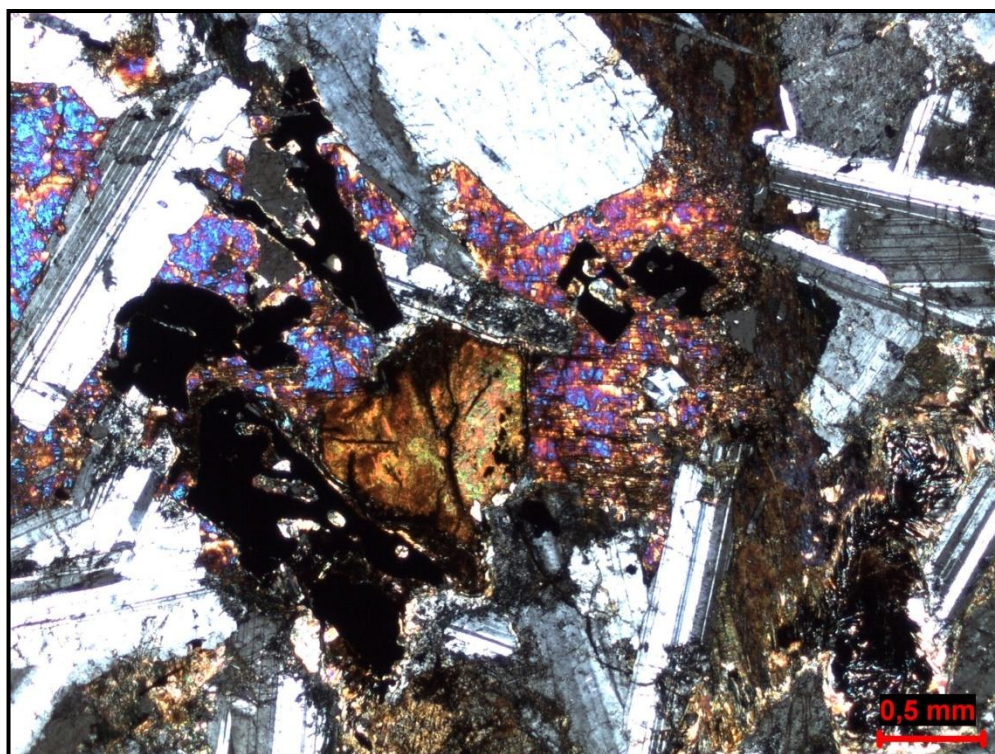
Os opacos ( $\cong 3\%$ ) ocorrem como minerais exsolvidos podendo representar produtos de alteração dos minerais máficos ou fases de cristalização primária, como cristais cúbicos, também em grãos anédricos disseminados por toda rocha. Ocorrem também como inclusões nos piroxênios (Fig. 18).

O k-feldspato do tipo ortoclásio ( $2v - 70^\circ$ ) é comumente observado com intercrescimento de quartzo que caracteriza textura gráfica e /ou granofírica, sugerindo contaminação crustal com assimilação de rochas encaixantes ricas em sílica.

A apatita corresponde a uma fase primária acessória, ocorrendo em pequenos cristais aciculares inclusos principalmente no plagioclásio e piroxênio.



**Figura. 17-** Plagioclásios parcialmente incluídos em cristais de piroxênio, formando tipo de texturas intergranular e subofítica em leucogabros



**Figura. 18 -** Minerais opacos exsolvidos em leucogabros provavelmente alteração dos minerais máficos.

#### 4.4 MICROGABRO

Macroscopicamente são rochas faneríticas, holocristalinas, melanocráticas a mesocráticas, equigranulares, de granulação fina a média, apresentado coloração cinza esverdeada, constituídas essencialmente por plagioclásio e hornblenda e em menor proporção por opacos, K-feldspato, titanita e quartzo. Essas rochas possuem pequenos xenólitos de rochas calcissilicáticas e gnaisses calcissilicáticos que variam de dimensões de 1,0 a 5,0 mm (Fig. 19).

O plagioclásio tem cor cinza claro, ocorre com hábito ripiforme e pode atingir dimensões de até 1,0 mm. A hornblenda (25%) tem cor esverdeada, são subédrica e suas dimensões variam entre 1,0 mm a 3,0 mm. Os minerais opacos ocorrem em menor proporção aproximadamente 5%, são subédricos, corroídos, e a maioria de seus cristais alcança 2,0 mm.

A análise microscópica revela que essa rocha é constituída por plagioclásio ( $\cong$  65%) como cristais ripiforme de tamanhos que variam de 1,0 a 3,5 mm, possuem maclamentos albita e albita-carlsbad e uma variação de composição de andesina ( $An_{45}$ ) à labradorita ( $An_{54}$ ) desenvolvem textura ofítica com contatos semi-retos com hornblenda, por vezes irregulares, e estão parcialmente sericitizados e argilizados.

A hornblenda ( $\cong$  25%) tem coloração verde geralmente suas formas são subédricas com pleocroísmo moderado cujas absorções maior, intermediária e menor são, respectivamente, verde azulado (Z), verde, amarelado (Y) e marrom amarelado pálido (X), possui  $2V = 70^\circ$  e observa-se relictos de piroxênio.

Os minerais opacos ( $\cong$  5%) ocorrem como cristais cúbicos, também anédricos disseminados por toda rocha. Foram analisados no microscópio óptico de luz refletida e identificados com as seguintes características: possui cor cinza amarelado, reflectância baixa= 21%, bi-reflectância fraca, anisotropia ausente, raios internos ausentes, não possuindo maclamento. Pelas suas características ópticas são classificados como magnetita.

O k-feldspato constitui aproximadamente 5% do volume da rocha. Apresenta-se como cristais anédricos, com dimensões em torno de 1,5 mm. Ocorre como cristais intergranulares, preenchendo os interstícios entre cristais de plagioclásio e hornblenda. Os cristais intersticiais tardios de K-feldspato do tipo ortoclásio ( $2v = 70^\circ$ ), exibem localmente intercrescimento gráfico com o quartzo que correspondem a

aproximadamente a 5% da rocha e aparece nos interstícios entre o plagioclásio e a hornblenda.

A titanita aparece como mineral acessório da rocha ocorre em cristais euédricos de cor castanha, levemente pleocróicos, e cor de interferência anômala.



**Figura 19.** Fotografia macroscópica dos microgabros, mostrando os pequenos xenólitos de rochas calcissilicáticas.

#### 4.5 MICROGABRO GRANOFÍRICO (Brecha magmática)

Rocha de coloração cinza clara, maciça e localmente com xenólitos de rochas encaixantes, inequigranular, holocristalina, mesocrática, de granulação média, constituídas por plagioclásio, piroxênio e anfibólio. Ocorre formando brecha magmática com fragmentos de rochas calcissilicáticas e gnaisses cálciossilicáticos e principalmente, quartzitos.

Os xenólitos angulosos de quartzitos variam de 1,0 a 6,5 cm e estão inclusos na matriz constituída essencialmente de plagioclásio, piroxênio e anfibólio, possuem bordas de corrosão (enegrecidas) (Fig. 20). Microscopicamente essas bordas formam franjas de anfibólios e piroxênios em um contato gradacional com os fragmentos de quartzo que entram por essas franjas e se misturam com o k-feldspato intersticial, formando texturas gráfica e granofírica.

Microscopicamente a rocha é constituída por labradorita ( $An_{55}$ ), hornblenda, piroxênio e opacos. Ocorre com uma textura tipicamente ofítica à subofítica.

A labradorita corresponde a 50% dos constituintes da rocha, varia de 1,0 a 3,0 mm, desenvolve textura ofítica a subofítica com os minerais ferromagnesianos, com contatos semi-retos com anfibólio, por vezes irregulares, localmente observa-se disposição radial dos cristais, que estão parcialmente sericitizados e argilizados.

A hornblenda ( $\cong 25\%$ ) tem coloração verde, é anédrica a subédrica, varia de 1,0 a 1,5 mm, alterado para clorita. Localmente observa-se relictos de piroxênio na hornblenda com pleocroísmo moderado, cujas absorções maior, intermediária e menor são, respectivamente, verde azulado (Z), verde amarelado (Y) e marrom amarelado pálido (X) possui  $2V - 70^\circ$ .

O clinopiroxênio ( $\cong 15\%$ ), classificado como augita, possui relevo alto ( $2V - 60^\circ$ ), ocorre como cristais anédricos a subédricos e incluem lamelas minúsculas de ortopiroxênio. Em geral os cristais de augita apresentam-se parcialmente ou totalmente alterados para tremolita-actinolita.

Os minerais opacos constituem aproximadamente 8% da rocha ocorrem como cristais cúbicos, também em grãos anédricos disseminados por toda rocha. Também ocorrem com aspecto esqueletal, muitas vezes exsolvidos, com dimensões entre 1,0 a 2,0 mm.



**Figura 20.** Fotografia macroscópica mostrado em (A) o aspecto geral. Em (B) as bordas enegrecidas constituídas principalmente anfibólio e piroxênio.

## 4.6 ROCHAS ENCAIXANTES

### 4.6.1 Gnaiss calcissilicático

São rochas que apresentam coloração cinza esverdeada e granulação fina a média, foliação milonítica e bandamento composicional constituída pela alternância de leitos milimétricos de coloração esverdeada, ricos em minerais máficos e leitos de coloração esbranquiçada constituída por carbonato e feldspato (Fig.21). São

compostas essencialmente por anfibólio, quartzo, plagioclásio, carbonato e piroxênio.

Ao microscópio observa-se a segregação de bandas de minerais máficos e quartzo-feldspáticas. As bandas quartzo-feldspáticas são onduladas com grãos de quartzo menores de 0,1 mm sob forma de agregados e também estirados com extinção ondulante e cristais de plagioclásio em contatos irregulares com quartzo e anfibólio, além da presença de carbonato, titanita e epidoto. As bandas de minerais máficos são compostas por tremolita e raro diopsídio, os grãos variam de 0,1 mm a 0,4 mm, por vezes alongados (ribbons), com contatos irregulares e orientados segundo a direção da foliação.

O anfibólio (tremolita) ocorre como cristais de coloração creme esbranquiçado, de tamanho médio, anedral e subedral, fortemente fraturado e com contatos irregulares

O quartzo é anedral, com cristais pouco fraturados, finos, com moderada extinção ondulante e contatos irregulares. Há também ocorrência de subgrãos com contatos irregulares.

O plagioclásio, de composição albita  $An_{39}$ , ocorre como cristais subedrais e anedrais, finos, moderadamente fraturados, com contatos irregulares e curvos. Possui alguns cristais com moderada extinção ondulante e ausência de maclas, enquanto que outros minerais apresentam maclamentos polissintéticos do tipo albita. Apresenta inclusões de quartzo, apatita e anfibólio. Frequentemente altera para sericita.

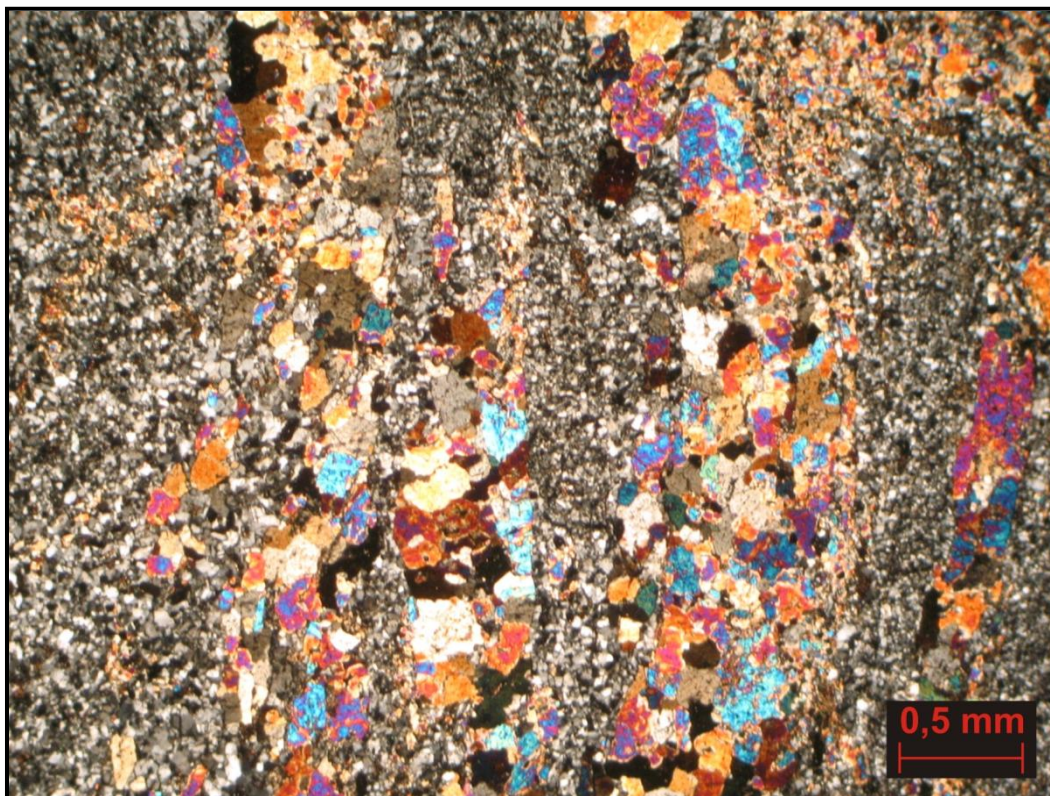
Os carbonatos estão associados ao preenchimento de fraturas de diversos minerais e na forma de cristais incolores, anedrais, finos, com contatos irregulares.

O diopsídio encontra-se como cristais subedrais e anedrais, de tamanho médio, fortemente fraturados, com contatos irregulares.

O k-feldspato ocorre como cristais subedrais e anedrais, finos, pouco fraturados, com contatos irregulares com os demais minerais. Apresentam moderada extinção ondulante, feições pertíticas e maclamento do tipo xadrez (microclina).

A titanita ocorre como cristais subédricos e anédricos, finos, com ausência de pleocroísmo, alta birrefringência e exibindo relação de contato irregular.

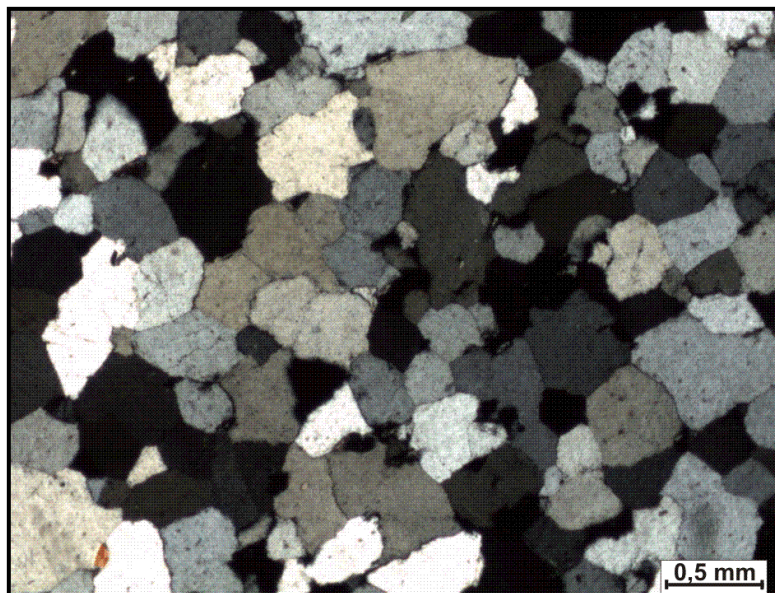
O epidoto encontra-se disperso na rocha e a sericita como produto de alteração do plagioclásio. A apatita encontra-se dispersa na rocha na forma de cristais euédricos e finos.



**Figura 21-** Fotomicrografia mostrando a alternância de leitos com anfibólio e piroxênio e leitos quartzo-feldspáticos e carbonato finos em gnaiss calcissilicático

#### 4.6.2 Quartzito

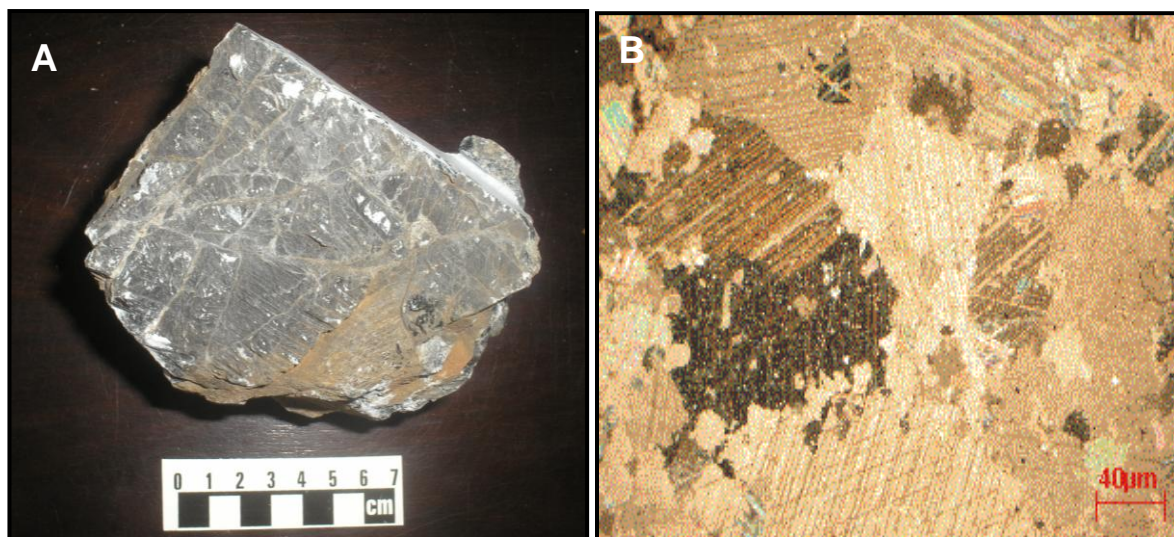
São rochas de coloração branca acinzentada, maciças, composta por quartzo. Em geral essas rochas apresentam textura granoblástica poligonal caracterizada por ponto tríplice (Fig. 22). O quartzo (0,05 a 2,7mm) ocorre como cristais incolores, anédricos, com extinção ondulante moderada a forte, pouco fraturados, apresentando-se isolados ou em conjuntos granoblásticos de subgrãos recristalizados, com contatos tríplices com ângulos de  $120^\circ$ .



**Figura. 22** - Textura granoblástica poligonal definida por cristais com ponto tríplice em quartzito puro.

#### 4.6.3 Mármore

São rochas de coloração cinza escuro, granulação fina. Ao microscópio petrográfico observa-se a textura granoblástica poligonal em que a calcita é o mineral predominante formando cristais que mostram contatos irregulares a semiretos entre si. Além da calcita, ocorrem raramente diopsídio e flogopita, além de quartzo e opacos. Este último se concentra em faixas milimétricas e irregulares com cristais anédricos a subédricos (Fig. 23).



**Figura 23-** Em (A) Fotografia macroscópica do aspecto geral do mármore com vênulas preenchidas por calcita. Em (B) Fotomicrografia de cristais de calcita em arranjo granoblástico.

## 5 ANÁLISE ESTRUTURAL E TEXTURAL

Alguns aspectos são de extrema importância para analisar de que forma os minerais se dispõem na rocha e como eles foram formados e muitas vezes destruídos. A relação de contato, a forma e sua disposição em relação aos minerais podem revelar condições de saturação ou supersaturação de processos posteriores a sua formação, assim como contar a sua evolução. Para isso foram observados alguns aspectos que serão descritos a seguir.

### 5.1 ESTRUTURAS DAS ROCHAS GABRÓICAS

As estruturas são preciosos indicadores das condições físicas e dinâmicas da consolidação magmática. Elas retratam condições específicas que caracterizam a consolidação de lavas e magmas, tais como a sua mobilidade, o escape de voláteis, a velocidade de resfriamento, processos de diferenciação magmática e etc. Dentre as principais estruturas encontradas nas rochas gabróicas pode-se destacar as seguintes:

#### 5.1.1 Estrutura xenolítica

Esse tipo de estrutura está ligada à movimentação de lavas e magmas. Magmas durante sua movimentação são capazes de arrancar fragmentos das rochas encaixantes, incorporando-os. Os fragmentos têm dimensões variadas, de milímetros a centenas de metros e apresentam formas irregulares, poligonais, ovaladas ou fusiformes. Seus contatos são ora nítidos, ora difusos quando parcialmente digeridos pelo magma. Quando o magma por pressão hidrostática fragmenta porções marginais das rochas encaixantes e invade ao longo das fraturas geradas, origina brechas de contato ou brechas magmáticas (WERNICK, 2004).

Há ocorrência de brechas magmáticas evidenciadas nesse corpo intrusivo gabróico. São fragmentos de rochas encaixantes que foram incorporados pelo magma no momento da intrusão, são xenólitos angulosos de rochas calcissilicáticas e principalmente quartzitos que foram parcialmente digeridos pelo magma, restando fragmentos que chegam a medir 10cm de comprimento por 6cm de largura (Fig.24).

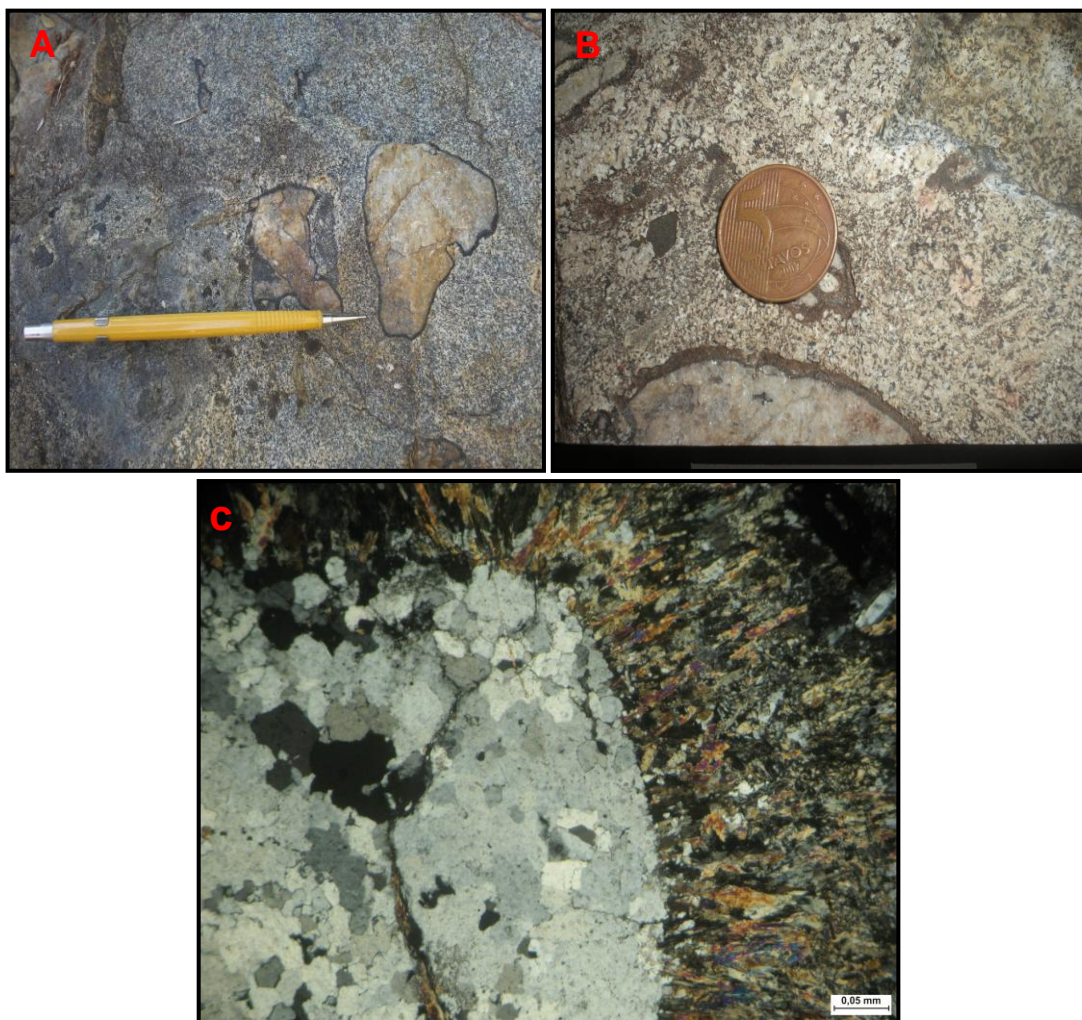


**Figura. 24-** Estrutura xenolítica caracterizada pelos xenólitos angulosos dos quartzitos englobados no momento da intrusão do corpo gabróico.

### 5.1.2 Bordas de resfriamento

Esse tipo de estrutura corresponde às porções marginais de corpos efusivos ou intrusivos rasos. As bordas de contato apresentam granulação média a fina e destacam-se da porção central do corpo rochoso, de granulação grossa. A espessura da zona de contato é muito variável e depende de numerosos fatores, tais como a espessura do corpo ígneo, temperatura do magma que lhe deu origem, a diferença térmica entre o magma e as rochas encaixantes (WERNICK, 2004).

A assimilação de fragmentos de rochas encaixantes pelo magma no momento da intrusão gerou bordas, sendo evidenciadas pelos contatos irregulares muitas vezes sinuosos entre quartzitos e microgabros gerando franjas constituídas de piroxênios e anfibólios (Fig.25).



**Figura. 25-** Em (A) e (B) xenólitos de quartzitos em microgabro com bordas enegrecidas. (C) Fotomicrografia entre o contato entre os xenólitos de quartzitos e o microgabro formando franjas de piroxênio e anfibólio.

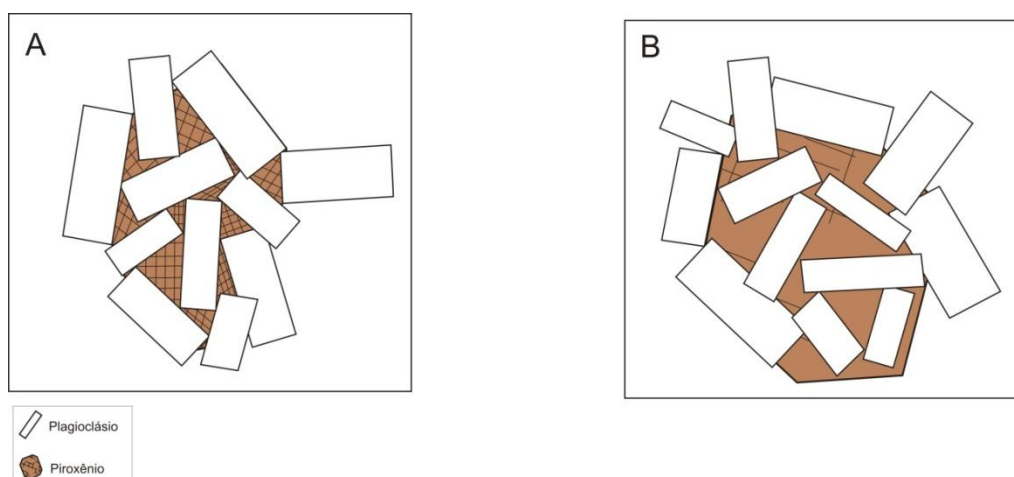
## 5.2 TEXTURAS DAS ROCHAS GABRÓICAS

Pelo do arranjo entre os cristais das rochas analisadas em escala microscópica foi possível identificar variações de granulação (fina, média e grossa respectivamente) e texturais de litotipos (com texturas intergranular, ofítica à subofítica). A principal textura desenvolvida nas rochas de granulação grossa (gabro) é a Intergranular definida por minerais com quase todas as faces cristalinas bem desenvolvidas e outras definidas por planos irregulares ou sem faces cristalinas externas. Sendo assim, podem representar as porções mais internas dos corpos

intrusivos, onde o intervalo de tempo do resfriamento e cristalização foi maior. (Fig.26).

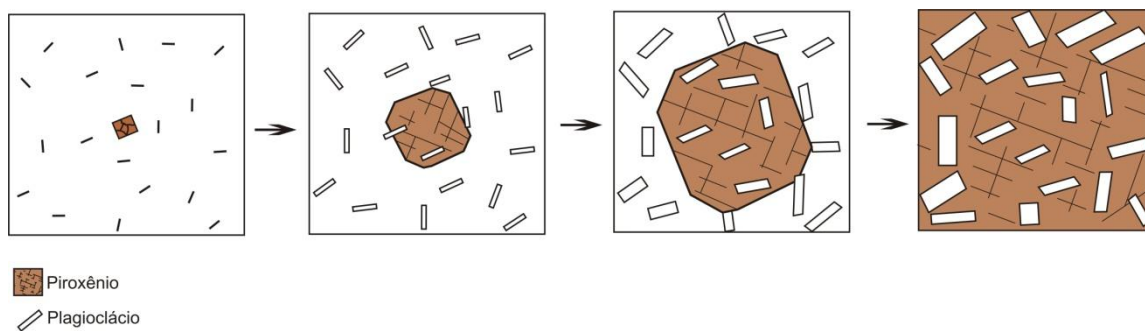
Duas importantes hipóteses para a ordem de cristalização mineralógica foi proposta por Vernon (2004). A primeira baseia-se no fato de que a inclusão parcial ou total de um determinado mineral representa apenas a relação entre comprimento e largura dos cristais, podendo o mineral hospedeiro ter sido nucleado antes ou depois do mineral hospedado. A segunda propõe que os minerais inclusos ou incluídos podem ser cristalizados juntos na curva dos sólidos apresentando assim, o mesmo ponto eutético. Logo, os cristais de plagioclásio das rochas em estudo, podem ter sido cristalizados antes ou a mesmo tempo que os cristais de clinopiroxênio (Fig.27).

Em quase todos os litotipos foi possível observar a textura de intercrescimento gráfico a granofírico (Fig.28) entre os cristais de quartzo e feldspato alcalino; esta característica é indicadora de resfriamento rápido de rochas máficas. Este tipo de textura ocorre em decorrência das taxas de crescimento e difusão dos minerais de quartzo e feldspato alcalino em consequência da existência de outras formas intercrescidas em cristalizações simultâneas, ou seja, a lenta difusão de alumínio durante o crescimento de feldspatos proporciona o acréscimo de Si, saturando o magma em quartzo gerando posteriormente um esgotamento de Si e a saturação do feldspato gerando uma precipitação rítmica de ambos os minerais (VERNON, 2004).



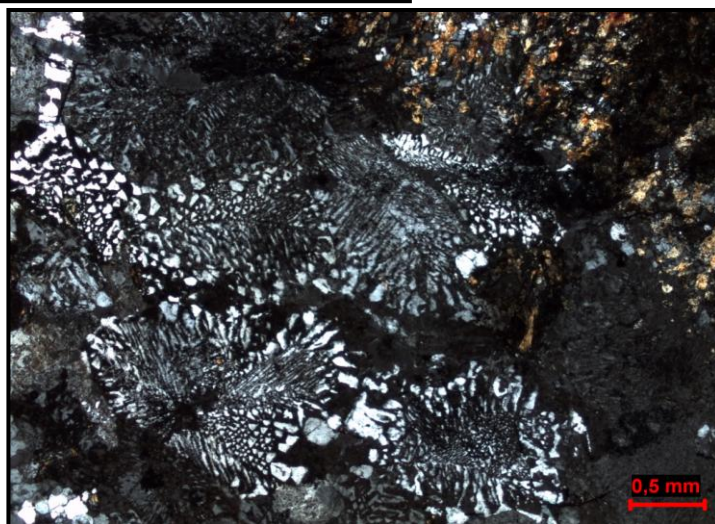
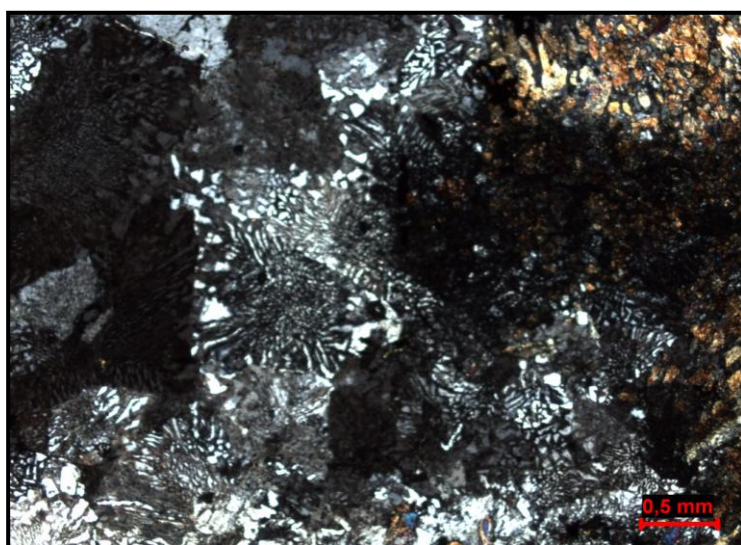
**Figura. 26-** Principais texturas das rochas gabróicas. (A) Intergranular. Cada interstício da malha fechada de ripas de plagioclásio que se tocam é ocupado apenas um cristal de piroxênio. (B) Subofítica. Vários interstícios da malha fechada são ocupados por um mesmo piroxênio.

Fonte: Modificado de Wernick (2004).



**Figura. 27-** Desenvolvimento de textura ofítica pelo crescimento simultâneo, mas a taxas de nucleação diferentes de piroxênio e plagioclásio. Cristais de Plagioclásio aumentam de tamanho no sentido dos piroxênios.

Fonte: Modificado de Wernick (2004).



**Figura. 28-**Texturas granofírica e gráficas em microgabro granofírico. Formas vermiculares, dendríticas, triangulares e irregulares.

## 6 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Os gabros possuem uma variação na granulação, onde se percebe que varia de grossa a fina, refletindo estágios de resfriamento do corpo, sendo que o centro do corpo tem uma granulação mais grossa enquanto que a borda tem uma granulação média a fina. Outro fato importante de se ressaltar são as brechas magmáticas constituídas de xenólitos centimétricos, angulosos de quartzitos, oriundos do Grupo Martinópole, inclusos em uma rocha de granulação fina a média constituída basicamente por plagioclásio e piroxênio. A maioria desses xenólitos apresenta bordas corroídas e enegrecidas, devido a transmissão de calor do corpo gabróico, de temperatura maior, para as rochas encaixantes, de temperaturas mais baixas. Em lâmina delgada fica visível que as bordas dos xenólitos aparecem corroídas nos minerais mais susceptíveis à alteração.

A alteração de piroxênio para anfibólios fibrosos (tremolita-actinolita) é designada de uralitização. A formação desses anfibólios secundários é geralmente atribuída a ação de soluções hidrotermais, que podem estar associadas às fases tardias da cristalização das rochas ígneas, ou podem ser um processo posterior a consolidação, não relacionado com a atividade ígnea a partir da qual, neste último caso, a uralitização pode estar associada com metamorfismo regional ou metassomático (ZUSSMAN, 1981).

A presença dessas brechas é devido provavelmente a três estágios de formação do corpo gabróico: O primeiro está relacionado com o 1º pulso magmático que é representada pela fragmentação do corpo de rochas encaixantes através da pressão do magma e dos voláteis incluídos no topo da câmara magmática, ou seja, o primeiro estágio pode ser caracterizado por um mecanismo essencialmente físico, com quebra com ação da pressão do magma, incluído o efeito da diferença térmica entre o corpo gabróico e as rochas encaixantes. O segundo estágio de formação seria a penetração desses voláteis pelos interstícios entre os blocos fragmentados e a reação entre as bordas dos blocos e os gases, ocorrendo corrosão na borda dos minerais mais susceptíveis a alteração. A percolação de gases pelos espaços produzidos pela quebra (*break-up*) das rochas encaixantes no momento anterior pode ser definido como um processo hidrotermal. O terceiro estágio de formação refere-se a própria intrusão do magma nos espaços entre os blocos fragmentados.

Em eventos posteriores de pulsos magmáticos, os processos se repetem, só que o primeiro estágio de brechação, descrita anteriormente, as bordas do corpo gabróico e as próprias brechas formadas no pulso anterior também se fragmentam, gerando blocos de rochas gabróicas e até das próprias brechas em toda a extensão da área.

## 7 CONCLUSÃO

A partir dos estudos envolvendo rochas plutônicas da Suite Parapuí, assim como rochas do Grupo Martinópole, foi possível verificar os contatos intrusivos com a formação de brechas magmáticas e assimilação das rochas encaixantes (calcissilicáticas, gnasses calcissilicáticos e, principalmente, quartzitos).

A partir de observações de campo e análises de imagem de satélite e cartográfica de mapas confeccionados durante os Estágios de Campo II da área em estudo foi possível confeccionar mapas geológicos da área estudada, assim como estabelecer a relação de contato entre o corpo intrusivo gabróico e as rochas encaixantes.

Essas rochas apresentam uma variação de granulação vindo de fina a grossa possivelmente devido o grau de resfriamento do corpo gabróico. As rochas de granulação grossa (gabros), representam as porções mais internas dos corpo intrusivo, onde o intervalo de tempo do resfriamento e cristalização foi maior.

Já as rochas de granulação fina a média (microgabros) representariam os estágios de resfriamento e cristalização rápida, evidenciando uma proximidade maior da região de contato com as rochas encaixantes. Portanto, estas rochas representam as porções mais superficiais do corpo ígneo intrusivo.

São rochas faneríticas, mesocráticas, equigranulares e possui textura predominantemente intergranular possuindo uma variação de texturas ofítica a sub-ófitica. São compostas essencialmente de plagioclásio, piroxenio e anfibólio muitas vezes observa-se a presença de epidoto e clorita, sendo classificadas como: Hornblenda gabro, Piroxênio-hornblenda gabro, Leucogabro (granulação grossa) e Microgabro, Microgabro granofírico (granulação variando de fina a média).

A relação dessas rochas demonstram a íntima relação entre o magmatismo ocorrido durante a abertura do Gráben Jaibaras, com a formação de rochas intrusivas plutônicas, subvulcânicas e vulcânicas em um contexto onde predominavam rochas metamórficas.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. R.; ANDRADE FILHO, J. F. A Suíte magmática Parapuí-Sobral-Ce: Petrologia e posição estratigráfica. **Revs. Geol.** v.12, p. 5-28, 1999.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias estruturais brasileiras. In: SBG/NE, SIMP. GEOL. NORD., nº 8, 1977, Nordeste, *Atlas*, p. 363-391.
- BENDELAK, M. R.. **Elaboração de uma Carta Digital Base para Região de Sobral, Nordeste do Estado do Ceará, Utilizando Dados Espectrais LANDSAT TM no Contexto Geológico.** 1997. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia)-Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. (ed.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas & SIG.** Brasília: CPRM, 692p, 2003.
- BRITO NEVES, B.B.; DOS SANTOS, E.J.; VAN SCHMUS. **Tectonic History of the Borborema Province, Northeastern Brazil,** In CORDANI, U.G; MILANI E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. - Tectonic Evolution of South America - 31st international geological congress, Rio de Janeiro, 2001.151-182 p.
- NEVES, B.B.B.; KAWASHITA, K.; MANTOVANI, M. S. **Contribuição à geocronologia do Pré - Cambriano cearense.** In: Simp. Geol. Nordeste, 07. Fortaleza, 1975. Atas ... Fortaleza, Bol. Soc. Bras. Geol. Nuc. Nordeste. v. 5. p. 299 - 318. 1975
- CORREA, J.A.M. **Estudo petrográfico das rochas vulcanoclásticas da Suíte Parapuí, Bacia de Jaibaras, NW do Ceará.** In: SBG, Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, 1997, Fortaleza, *Boletim*, p. 145-149.
- COSTA, M.J.; FRANCA, J.B.; LINS, C.A.C.; BACCHIEGGA, I.F.; HABEKOST, C.R.; CRUZ, W.B. **Geologia da Bacia de Jaibaras, Ceará, Piauí e Maranhão - Projeto Jaibaras.** 1979. (Serie Geologia n. 14, Seção Geologia Básica, n. 11).
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. **The rock-forming minerals.** 2<sup>nd</sup> Edition. London. Logman Group Limited., 1992. 696p.

FETTER, A. H.; SANTOS, T. J. S. dos; VAN SCHIMUS, W. R.; HACKSPACHER, P. C.; BRITO NEVES, B. B.; ARTHAUD, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A.A. e WERNICK, E. **Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria Batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the Assembly of West Gondwana.** Gondwana Research, v. 6, n 2, p. 265-273. 2003.

GORAYEB, P. S. S.; ABREU, F. A. M.; MOURA, C. A. V. **Relações estratigráficas entre o granito Meruoca ea sequência Ubajara - Jaibaras.** In: Cong. Bras. Geol., 35. Belém, 1988. Anais ... Belém, SBG. v. 6. p. 2678 - 2688. 1988

HACKSPACHER, P. C. Geologia do Grupo Ubajara, região de Frecheirinha – Ce In: CONG. BRAS. GEOL., 35., 1988, Belém. **Anais...** Belém, SBG. 1988. v. 6. p. 00-00.

MACKENZIE, W.S; DONALDSON, C.H; GUIFORD, C. **Atlas of igneous rocks and yheir textures.** London, Logman Scientific & technical, 1982. 148p.

NASCIMENTO, D.A.; GAVA, A. **Novas considerações sobre a estratigrafia da Bacia de Jaibaras.** In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9., 1979, Natal. *Atlas...* Natal: SBG, 1979. v. 7. p. 14-29.

NASCIMENTO, D.A.; GAVA, A.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W.; FRANFA, F.A.B.; CABRAL, E.M.A.; STAMFORD, W.J.P.; RIBEIRO, A.G.; BARROS, M.J.G.; FONSECA, R.A. 1981. In: PROJETO RADAMBRASIL. **Folha SA.24 Fortaleza:** geologia, geomorfologia, pedologia, begetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, MME, 1981. p. 23-212. (Levantamentos de Recursos Naturais, 21 )

NASCIMENTO. S. R.; GORAYEB. P. S.S. Basaltos da suíte Parapuí, Gráben Jaibaras, nordeste do Ceará: Caracterização petrográfica, geoquímica e química mineral. **Revs. Bras. Geol.** v 34, p 459-468. 2004.

OLIVEIRA, D. C.. **Reavaliação da evolução tectono-magmática do Graben de Jaibaras (nordeste do Brasil).** Acta Geologica Hispanica, v 36(1/2), p 53–95. 2001.

SANTOS, M. V.. **Cartografia Geológica em ambiente SIG na escala 1: 100. 000 (Folha Sobral), a partir da integração de dados geológicos, aerogeofísicos e de sensores remotos.** 2006. 247 f. Trabalho de Conclusão de Curso, UFPA, 2006.

SANTOS, T. J. S. **Aspectos geológicos de uma área a sudoeste de Granja. Região noroeste do Ceará.** 1993. 159 f. Dissertação (mestrado) - IGCE/UNESP. Rio Claro, 1993.

SANTOS, T.J.S. **Evolução tectônica e geocronológica do extremo noroeste da Província Borborema**. 1999. 186 f. Tese (doutorado) - Curso de Pós Graduação em Geociências – IGCE/UNESP, 1999.

SANTOS, T. J. S.; FETTER, A. H.; HACKSPACHER P. C.; SCHMUS, W. V.; NOGUEIRA NETO, J. A. Structural and geochronological studies of the Médio Coreaú Domain, NE Brazil: constraints on Brasiliano/Pan-African tectonic evolution in the NW part of the Borborema Province. The 750-550 Ma Brasiliano Event of South America, **Journal of the Virtual Explorer**, v. 17, Paper 9, 2004. Electronic Edition,

SANTOS, T. J. S.; NOGUEIRA NETO J. A. ; FETTER, A. H. ; HACKSPACHER, P. C. Petrografia e litogeoquímica das rochas do embasamento Cristalino da região de Granja – CE. **Revista de Geologia**. v. 14, p. 33-48. 2001.

STRECKEISEN, A. Classification and nomenclature of vulcanic rock, lamprophyros, carbonatites and melilitic rock. Clasification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the Systematic of Igneous Rocks. **Neues Jarbuch fur mineralogie**, Abhandlungen, n. 134, p. 1-14. 1975.

TORQUATO, J. R.; NOGUEIRA NETO, J. A.. Historiografia da região de Dobramentos do Médio Coreaú. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 26, p.306-314. 1996.

TROMPETTE, R. **Geology of Western Gondwana**. Rotterdam: A. A. Bakelma, 1994. 350p.

VERNON, H. R. **A practical guide to rock microstructure**. Cambridge. 2004. p.105-107.

WERNICK, E. **Rochas magmáticas conceito fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica**. São Paulo: Unesp. 2004. p. 243-290.

ZUSSMAN, J. **Minerais constituintes de rochas: uma introdução**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1981.

# **ANEXOS**

## **ANEXO A- Mapa geológico dos gabros de Massapê**

## **ANEXO B- Mapa de pontos**

## **ANEXO C- Fichas Petrográficas**

## **ANEXO D- Lista dos pontos com as coordenadas geográficas**

<b>Banco de dados das amostras</b>		
<b>Siglas</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	<b>Litotipos</b>
2009/Mass-01	348791 E/ 9611662 N	Gnaiss calcissilicático
2009/Mass-02	348789 E/ 9611666 N	Microgabro
2009/Mass-03	348778 E/ 9611677 N	Contato entre o Microgabro e o Gabro normal
2009/Mass-04	348772 E/ 9611688 N	Leucogabro
2009/Mass-05	348772 E/ 9611696 N	Piroxenio-hornblenda gabro
2009/Mass-06	348803 E/ 9611611 N	Gnaiss calcissilicático
2009/Mass-07	348768 E/ 9611581 N	Contato entre o gnaiss calcissilicático e o Microgabro
2009/Mass-09	348746 E/ 9611572 N	Brecha, zona de contato da rocha encaixante
2009/Mass-10	348784 E/ 9611578 N	Microgabro granofírico (Brecha magmática) e o gnaiss calcissilicático
2009/Mass-11	349179 E/ 9611680 N	Calcissilicáticas
2009/Mass-12	349240 E/ 9611656 N	Calcissilicáticas e quartzitos
2009/Mass-13	349240 E/ 9611656 N	Hornblenda-gabro
2009/Mass-14	348651 E/ 9611506 N	Piroxênio- hornblenda gabro
2009/Mass-15	348640 E/ 9611534 N	Microgabro
2009/Mass-16	348698 E/ 9611554 N	Hornblenda-gabro
2009/Mass-17	348753 E/ 9611572 N	Gnaiss calcissilicático
2009/Mass-18	348867 E/ 9611468 N	Mármore
2009/Mass-19	349296 E/ 9611190 N	Cemitério Morte lenta