

THIAGO COSTA

**ANÁLISE PETROGRÁFICA DO EMBASAMENTO DA BACIA
DE SOUSA NO ESTADO DA PARAÍBA**

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO
(Bacharelado em Geologia)

**UFRJ
RIO DE JANEIRO
2010**



UFRJ

ANÁLISE PETROGRÁFICA DO EMBASAMENTO DA BACIA
DE SOUSA NO ESTADO DA PARAÍBA

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO
(Bacharelado em Geologia)

UFRJ
RIO DE JANEIRO
2010



UFRJ

THIAGO COSTA

Análise Petrográfica do embasamento da Bacia de Sousa no Estado da Paraíba

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
a Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário
para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador(es):
Julio Cezar Mendes
Ismar de Souza Carvalho

UFRJ
RIO DE JANEIRO
2010

COSTA, Thiago

Análise Petrográfica do embasamento da Bacia de Sousa no
Estado da Paraíba/ Thiago Costa/ Rio de Janeiro: UFRJ/
IGeo, 2010,.xvi, 39p. : il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia/
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de
Geociências, Departamento de Geologia, 2010.

Orientador(es): Julio Cezar Mendes, Ismar de Souza Carvalho

1. Geologia . 2. Petrologia/ Trabalho de Conclusão de Curso.

I. Julio Cezar Mendes, Ismar de Souza Carvalho.

II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,

Instituto de Geociências, Programa de

Pós-Graduação em Geologia. III. Título.

Thiago Costa

Análise Petrográfica do embasamento da Bacia de Sousa no Estado da Paraíba

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
a Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário
para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador(es):
Julio Cezar Mendes
Ismar de Souza Carvalho

Aprovado em 30 de abril de 2010.

Por:

Renata da Silva Schmitt (UFRJ)

Isabel Pereira Ludka (UFRJ)

Julio Cezar Mendes (UFRJ)

Ismar de Souza Carvalho (UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2010

Em memória de João Henrique Pereira da Silva (Agente penitenciário – SEAP-RJ)

Agradecimentos

Dedico a minha mãe, Wilma Costa, pelo fato de me apoiar em todos os momentos.

Ao professor Julio Cezar Mendes e Ismar de Sousa Carvalho, pelo fato de orientar o trabalho final de curso.

Aos amigos Marluce Lima de Almeida Cruz e Bruno Lima de Almeida Cruz, pelo incentivo durante minha vida acadêmica, na graduação deste curso.

Dedico em especial a Hinayanna Rocha de Sá, por existir em minha vida.

“A natureza guarda sob chave os melhores segredos, até que alguém se aproxime para investigá-la respeitosamente.”

- John Ruskin

Resumo

Costa, Thiago. **Análise Petrográfica do embasamento da Bacia de Sousa no Estado da Paraíba**. 2010. xvi, 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A Bacia de Sousa é uma das componentes das bacias do Rio do Peixe, no Estado da Paraíba. Rochas dessa bacia guardam pegadas de dinossauro como importante registro fossilífero. Merece também destaque a exsudação de óleo, recentemente descoberta, que motivou a obtenção de testemunho de sondagem que exhibe tanto litotipos da bacia quanto o ortognaisse do seu embasamento. Um sistema de fraturas nesse gnaisse propiciou escape do óleo gerado.

Estudo macroscópico mostra que o ortognaisse possui pequenas variações texturais e composicionais ao longo do testemunho, mas predomina uma estrutura gnáissica impressa pela orientação de filosilicatos e cristais félsicos subedrais a anedrais; localmente são observados cristais de feldspato com cerca de 1 cm de comprimento. Variações composicionais são associadas sobretudo a concentrações de minerais metamórficos como epidoto e clorita. As fraturas acima referidas estão preenchidas por epidoto/clinozoisita, clorita e quartzo.

Ao microscópio pode ser identificada uma associação primária representada por plagioclásio, quartzo, biotita, minerais opacos e allanita (mais anfibólio reliquiar e microclina pontual), conferindo composição tonalítica à rocha, e uma paragênese metamórfica de provável fácies xisto verde (clorita, biotita, epidoto, clinozoisita, opacos, titanita e sericita). O ortognaisse teve granulometria e textura bastante modificadas por fenômenos de deformação e metamorfismo; evidências de textura primária são escassas, podendo ser exemplificada por alguns cristais subedrais de plagioclásio e raros grãos de quartzo intersticiais. Sua textura é granoblástica a lepidoblástica, com foliação descontínua dada por orientação de lamelas de biotita e clorita.

Cristais de feldspato e quartzo registram microestruturas decorrentes da deformação sofrida pela rocha. É digno de nota a presença de considerável volume de cristais de epidoto e clorita crescendo sobre minerais primários, sendo que o último mineral faz pseudomorfismo sobre anfibólio, observando-se assim na clorita as clivagens do mineral substituído.

Abstract

Costa, Thiago. **Análise Petrográfica do embasamento da Bacia de Sousa no Estado da Paraíba**. 2010. xvi, 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Sousa Basin is one of the basins of the Rio do Peixe basin system, Paraíba State. Rocks of this basin show dinosaur footprints as important fossil record. Exudation of oil was recently reported, which led to obtain a drill core that displays sedimentary rocks and an orthogneiss of the basement. A system of fractures in the gneiss favoured the exudation of the oil generated.

Macroscopic studies showed that the orthogneiss has small textural and compositional variations throughout the core, but there is a gneissic structure printed by the orientation of phyllosilicates and felsic subedral to anhedral crystals; locally feldspar crystals are observed close to 1 cm. Compositional variations are mainly related to concentrations of minerals as metamorphic epidote and chlorite. Fractures are filled by epidote/clinozoisite, chlorite and quartz.

Microscopic investigation enable the identification of a primary association represented by plagioclase, quartz, biotite, allanite and opaque minerals (relict amphibole + microcline), defining the rock as tonalitic composition, and a metamorphic paragenesis of probable greenschist facies (chlorite, biotite, epidote, clinozoisite, opaques, titanite and sericite). The orthogneiss has grain size and texture greatly altered by deformation and metamorphism. Evidence of primary texture is scarce and may be exemplified by some subedral plagioclase crystals and rare grains of interstitial quartz. Its texture is granoblastic to lepidoblastic with discontinuous foliation given by orientation of lamellae of biotite and chlorite.

Crystals of quartz and feldspar microstructures highlight the record deformation undergone by the rock. The presence of considerable volume of epidote and chlorite crystals growing over primary minerals is noteworthy. Chlorite grows as pseudomorphism on the primary amphibole, and the cleavage planes of the last mineral are preserved.

Lista de figuras

Figura 1: Esboço geotectônico da Província Borborema (modificado de Carneiro *et al.*, 1988, apud Silva Júnior, 1997).

Figura 2: Mapa geológico simplificado das bacias do Rio do Peixe. Observar localização dos poços LF-1-PB e 2-FC-1-PB. Modificado de Srivastava & Carvalho (2004).

Figura 3: Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do Rio do Peixe (Srivastava & Carvalho, 2004).

Figura 4: Aspecto textural no testemunho estudado.

Figura 5: Grãos de feldspato de diferentes tamanhos. Notar fratura preenchida por epidoto. Ressalta-se que a tonalidade rosa se deve à oxidação superficial e a efeitos da luz na sala de testemunhos.

Figura 6: Grãos de quartzo de cor cinza claro.

Figura 7: Clorita e biotita definem a foliação da rocha. Notar veios preenchidos por epidoto e clorita.

Figura 8: Diagramas mostrando modelos de mudança no comportamento de agregados quartzo-feldspáticos em função da profundidade. No gráfico esquemático, a linha mais clara mostra o comportamento rúptil, enquanto a mais escura mostra o comportamento rúptil desses agregados. Fonte: Microtectonics; Passchier & Trouw 2000.

Figura 9: Feldspato apresentando recristalização, nucleação e crescimento de novos grãos, em contato brusco com grãos mais antigos e mais grossos (estruturas do tipo manto e núcleo).

Figura 10: Plagioclásio preservado, com nítida geminação polissintética, envolvido por grãos de biotita e quartzo.

Figura 11: Agregado policristalino envolvido por feldspato.

Figura 12: Figura 10a e 10b: Agregado de biotita com hábito lamelar bordejando grão de plagioclásio, que funciona como indicador cinemático.

Figura 13: Cloritas anédricas de cor verde posicionadas entre grãos de feldspato e quartzo.

Figura 14: Clorita de cor de interferência violeta com contorno irregular e intercrescida com muscovita.

Figura 15: Relicto de anfibólio marrom sendo substituído por clorita nas suas bordas.

Figura 16: Cristal de clorita verde com clivagem de anfibólio que já foi totalmente substituído. Notar clara associação entre clorita, epidoto euédrico e titanita anédrica.

Figura 17: Epidotos médios, com grau de desenvolvimento euédrico e fraturados.

Figura 18: Cristal subedral de allanita envolvido por epidoto.

Figura 19: Veio de epidoto com destaque para cristal maior de clinozoisita euédrica.

Figura 20: Veio de quartzo, epidoto e clinozoisitas maiores e orientadas.

Figura 21: Sericita alterando grão de plagioclásio a partir dos bordos.

Figura 22: Minerais opacos inclusos nos grãos de clorita e biotita. Detalhe para epidoto euédrico e titanita anédrica.

Figura 23: Cristal de microclina alterado.

Lista de tabelas/gráficos

Tabela 1: Dados modais obtidos a partir de contagem de 500 pontos em contador automático, para cada lâmina petrográfica.

Gráfico 1: Diagrama QAP com a classificação do ortognaisse estudado.

Sumário

Agradecimentos.....	vii
Resumo.....	ix
Abstract.....	xi
Lista de figuras.....	xiii
Lista de tabelas/gráficos.....	xv
1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivo.....	1
1.3 Metodologia e Material.....	2
1.4 Descrição Megascópica.....	2
1.5 Petrografia microscópica.....	3
1.6 Nomenclatura.....	3
2 GEOLOGIA REGIONAL.....	4
2.1 Província Borborema.....	4
3 AS BACIAS DO RIO DO PEIXE.....	7
3.1 Aspectos Gerais.....	7
3.2 Arcabouço estrutural.....	8
3.3 Arcabouço estratigráfico.....	9
3.4 Geologia do Petróleo.....	12
4 GNAISSE.....	12
4.1 Descrição do Gnaiss.....	12
4.2 Descrição Megascópica.....	13
4.3 Petrografia Microscópica.....	17
5 CONCLUSÕES.....	35
Referências Bibliográficas.....	37

CAPÍTULO 1

APRESENTAÇÃO

1.1 Introdução

As bacias do Rio do Peixe despertaram recentemente a atenção da ANP devido à exsudação de óleo no Sítio Salguinho, no município de Sousa (PB), o que torna mais relevante o estudo da Bacia de Sousa, uma das componentes do sistema das bacias do Rio do Peixe. Como parte integrante desses estudos, testemunhos de sondagem do embasamento foram retirados para análises macro e microscópica. Recentes estudos descobriram fraturas nas rochas do embasamento, funcionando como um sistema de escape de fluido da rocha geradora.

Até então, somente um furo de sondagem tinha sido executado nessa bacia, na década de 1970 (furo LFst-1-PB, CPRM/DNPM, 1970), onde se reconheceram, em termos litoestratigráficos, três formações (Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas), mas cujos dados (testemunhos) foram há muito perdidos. A UFRJ, através de um projeto financiado pela CNPq, executou três sondagens rasas testemunhadas na bacia, abrindo novas perspectivas de estudos e possibilitando a realização deste trabalho final de curso com o estudo mineralógico/petrográfico do testemunho obtido. Em função da influência direta no comportamento do fluxo de óleo da bacia, implicando mesmo em perda de fluido do reservatório através das zonas de fratura, a investigação das rochas do embasamento se justifica e ganha considerável importância.

1.2 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é o reconhecimento das rochas do embasamento da Bacia de Sousa por meio de testemunho de sondagem de 3,01m de comprimento. Para que este objetivo fosse atingido, foram efetuadas análises megascópica e microscópica do testemunho, com ênfase na descrição de aspectos texturais e mineralógicos da rocha.

1.3 Metodologia e Material

O trabalho compreendeu duas etapas laboratoriais, sendo que a primeira delas foi analisar megascopicamente a rocha, no Laboratório de Testemunho de Sondagem do Departamento de Geologia da UFRJ (sala J0- 004) e a segunda etapa foi analisar microscopicamente vinte lâminas delgadas da rocha a partir de cortes preferenciais realizados no testemunho de sondagem (escolhidos em função de variações texturais e mineralógicas do testemunho). Este estudo foi feito em microscópio binocular Axioplan Zeiss do Laboratório de Fluorescência de Raios-X, Depto. de Geologia, e consistiu em descrição textural, identificação mineralógica e contagem modal em contador de pontos automático James Swift, possibilitando assim a classificação da rocha. Adicionalmente, foi realizado levantamento bibliográfico sobre os aspectos da geologia regional da Província Borborema e com maior detalhe sobre a geologia das bacias do Rio do Peixe. Finalmente, foi realizada a redação deste relatório final.

1.4 Descrição Megascópica

Os aspectos composicionais e texturais da rocha, um gnaisse de granulação média, foram descritos através de seções ao longo do testemunho de sondagem

disposto em calhas, com auxílio de mini lupa (modelo, Joia), em cristal belga, 20 vezes de magnitude (aumento).

A composição semi-modal da amostra de rocha foi realizada a partir da descrição de 21 pontos, ao longo dos 3,01m do testemunho. O critério para analisar estes pontos foram variações texturais e composicionais identificadas a olho nu.

1.5 Petrografia microscópica

Os aspectos composicionais e texturais/deformacionais das lâminas delgadas obtidas foram descritos em microscópio petrográfico binocular de luz transmitida (Zeiss, modelo Axioplan) do Laboratório de Fluorescência de Raios-X do Depto. de Geologia da UFRJ. As 20 lâminas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Depto. de Geologia da UFRJ pelo técnico Tarcísio Raymundo Abreu.

A composição semi-modal das amostras de rochas ortoderivadas foi realizada a partir de contagem de 500 pontos por lâmina.

1.6 Nomenclatura

Apesar de tratar-se de litotipo gnáissico com textura ígnea pouco preservada e que apresenta aspectos deformacionais em maior ou menor grau, utiliza-se aqui a nomenclatura sugerida pela USGS para as rochas ígneas plutônicas (Streckeisen, 1976).

Os limites granulométricos usados na descrição das rochas aqui descritas são aqueles propostos por Williams *et al.* (1985):

muito fina < 0,1mm;

fina 0,1 a 1,0mm;
média 1 a 5mm;
grossa 5 a 30mm;
muito grossa > 30mm.

As classificações quanto à forma e geometria dos grãos e agregados segue o padrão proposto por Passchier & Trouw (1996) para descrição de tramas em escala microscópica.

A forma dos grãos nas rochas ígneas e metamórficas foi classificada segundo o grau de desenvolvimento das faces cristalinas:

- grãos idiomórficos ou euédricos – faces cristalinas bem desenvolvidas;
- grãos subédricos ou hipidiomórficos – apresentam limites irregulares e algumas faces bem desenvolvidas;
- grãos xenomórficos ou anédricos – apresentam somente limites irregulares.

A forma dos agregados de grãos em rochas ígneas e metamórficas foi descrita e classificada segundo a distribuição granulométrica (equigranulares, inequigranulares e seriados) e a geometria dos contatos entre os grãos (poligonal, interlobado e amebóide).

CAPÍTULO 2

GEOLOGIA REGIONAL

2.1 A Província Borborema

A definição de Província Borborema foi dada por Almeida et al. (1977), onde ressaltaram que a evolução geotectônica da província foi resultante de processos termais e tectono-magmáticos no neoproterozóico que perduraram ao longo do Cambro-Ordoviciano (NEVES & SANTOS 1984, apud MATOS, 1992). Tal Província compreende a parte central de um amplo cinturão orogenético Pan-Africano-Brasiliano (Figura 1), formado como consequência da convergência e colisão dos crátons São Luís – Oeste da África e São Francisco – Congo – Kasai, no final do Neoproterozóico. A província é limitada pelas Províncias do São Francisco, a sul (principalmente o Cráton do São Francisco); Parnaíba, a oeste; e por margens continentais respectivamente, a norte e leste (recobertas pelas bacias do Ceará, Potiguar, Pernambuco-Paraíba e Sergipe-Alagoas e a Formação Barreiras). Consiste de terrenos arqueanos a mesoproterozóicos, compostos por gnaisses, migmatitos, e granitos, os quais representam maciços ou microplacas, e faixas dobradas. A maioria desses sistemas de dobramentos apresenta idades do Ciclo Brasileiro. Todas as unidades são intrudidas por granitóides brasileiros e geralmente são limitadas por megazonas de cisalhamento. Há também restos de depósitos paleozóicos e pequenos riftes intracontinentais mesozóicos, intimamente relacionados às bacias da margem continental.

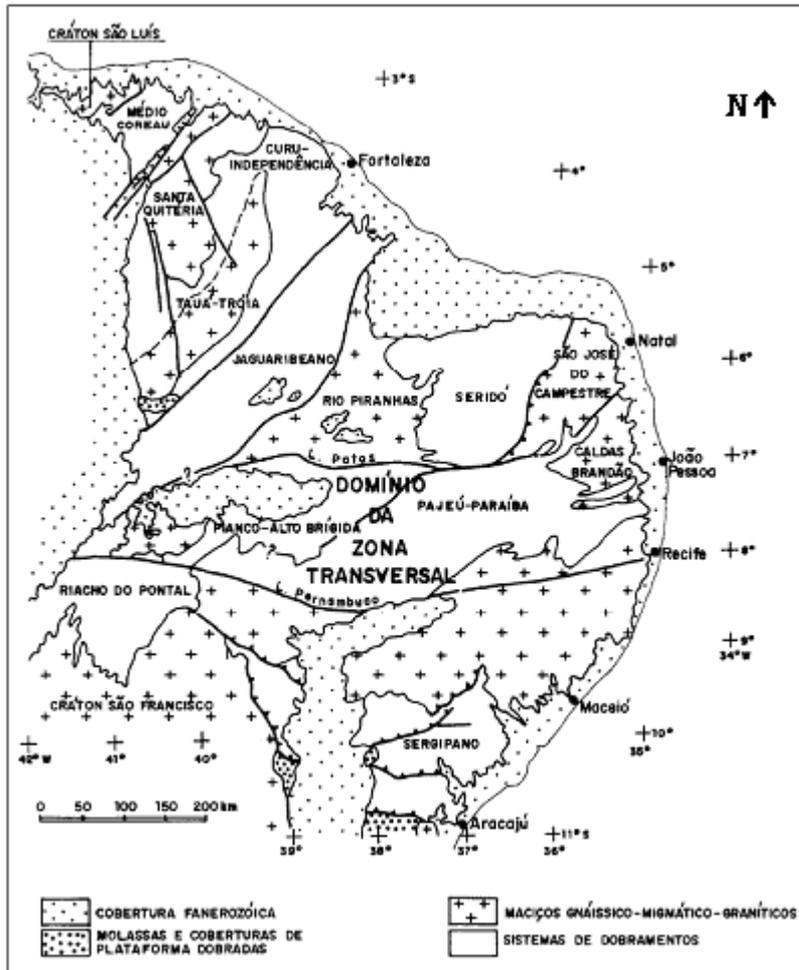


Figura 1: Esboço geotectônico da Província Borborema (modificado de Carneiro *et al.*, 1988, apud Silva Júnior, 1997).

A Província Borborema é compartimentada por zonas de cisalhamento de direção predominante NE e EW e secundariamente NNW. São delimitadoras de unidades geotectônicas como os maciços e os sistemas de dobramentos adjacentes, apresentando-se como zonas de falhas com transcorrência e empurrões com comprimentos de dezenas a centenas de quilômetros (MATOS, 1992). Dois sistemas de lineamentos de escala crustal, Patos e Pernambuco (EBERT 1970, apud SILVA JÚNIOR, 1997), com comprimento da ordem de centenas de quilômetros, cortam a Província Borborema com orientação E-W.

CAPÍTULO 3

BACIAS DO RIO DO PEIXE

3.1 Aspectos Gerais

Denominam-se Bacias do Rio do Peixe aquelas que compõem a bacia hidrográfica de nome homônimo, que são de W para E, respectivamente, Brejo das Freiras, Sousa e Pombal. Elas cobrem uma área de 1.250 Km², sendo a sub-bacia de Sousa a maior das três com cerca de 675 Km². Tais sub-bacias estão localizadas no extremo oeste do estado da Paraíba, a 100 km para NE da bacia do Araripe. A bacia possui duas sub-bacias principais (Brejo das Freiras e Sousa, de W para E respectivamente), que possuem arcabouços estratigráficos similares, porém não idênticos. A terceira sub-bacia (Pombal) ocorre isolada a E e é limitada por pequenas falhas locais e contém pouco registro estratigráfico.

Em 1970, foi realizado um furo estratigráfico denominado LF-1-PB na localidade de Lagoa do Forno (PB; Figura 2), no depocentro da sub-bacia de Sousa. O furo atingiu o embasamento a aproximadamente 1.000 m de profundidade e foi a base para a elaboração da coluna estratigráfica da bacia. Nogueira (2004), com base em levantamento gravimétrico, quantificou a espessura das sub-bacias do Rio do Peixe. A sub-bacia Brejo das Freiras possui depocentro adjacente à borda falhada (falha de Porto Alegre a SE) com 1.900 m de profundidade. A sub-bacia de Sousa também possui depocentro adjacente a borda falhada (falha de Malta a S) com profundidade de 1.100m. Rand (1984, apud FRANÇOLIN *et al.*, 1994), com base em dados de campo e dados gravimétricos, respectivamente, estimaram uma espessura máxima de 300 m para a sub-bacia Pombal.

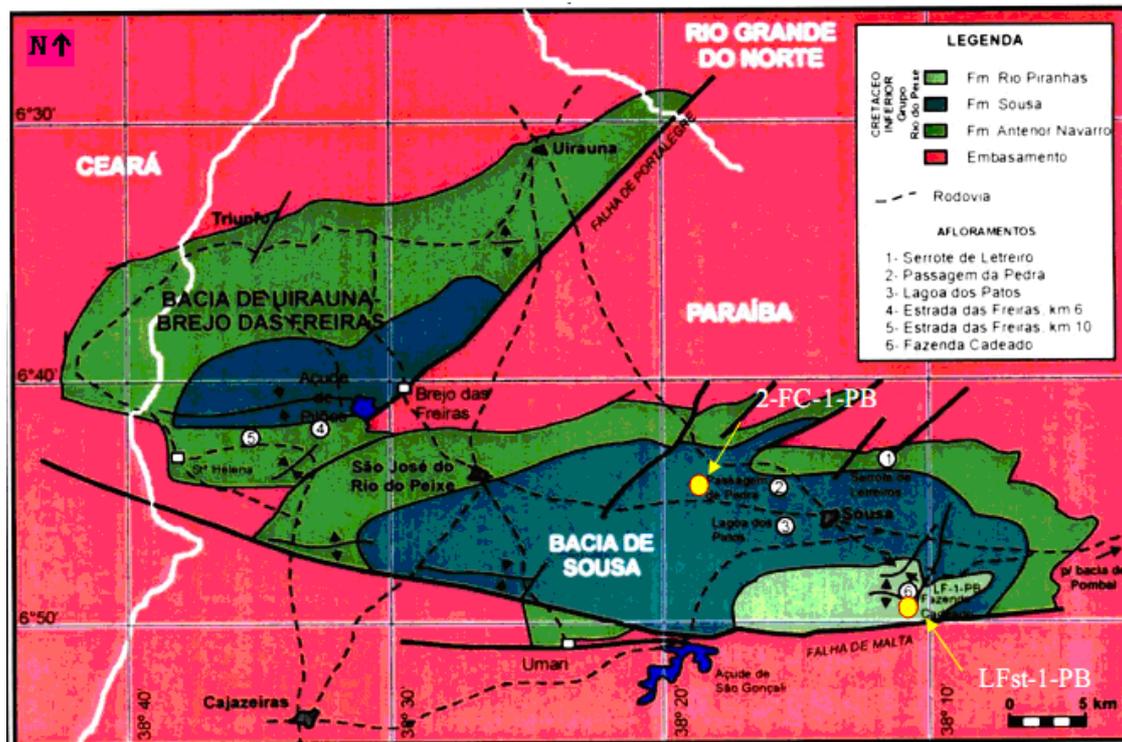


Figura 2 – Mapa geológico simplificado das bacias do Rio do Peixe. Observar localização dos poços LF-1-PB e 2-FC-1-PB. Modificado de Srivastava & Carvalho (2004).

3.2 Arcabouço estrutural

A bacia do Rio do Peixe está relacionada uma ramificação da megazona de cisalhamento de Patos, a zona de cisalhamento de Malta. A bacia do Rio do Peixe, assim como as demais bacias que ocorrem na região, implantou-se na região onde as zonas de cisalhamento apresentam forma sigmoidal, o que propiciou condicionamentos transtensionais durante sua formação, gerando sub-bacias quase sempre associadas a pontos de inflexão das falhas pré-cambrianas. Em escala de bacia, novas falhas de transferência, geralmente de direção NW, foram geradas pelo balanceamento local da crosta (MATOS, 1992).

As sub-bacias de Brejo das Freiras e Sousa são constituídas de dois grábens

assimétricos, com bordas flexurais que mergulham suavemente para sul (em sua porção setentrional) assim como as camadas sedimentares, de encontro com os grandes falhamentos normais que limitam a bacia em sua porção meridional. A sub-bacia Brejo das Freiras é limitada a SE pela Falha de Porto Alegre (NE-SW), sendo ela separada da bacia de Sousa pelo alto estrutural interno de Santa Helena, de direção ENE-WSW.

O limite sudeste deste alto é a falha de Porto Alegre, de direção NE-SW; enquanto que o limite norte é uma falha de direção ENE que, nas proximidades da localidade de Brejo das Freiras, se bifurca da falha de Porto Alegre e corta toda a sequência sedimentar até o limite oeste da bacia. A bacia de Sousa é limitada a sul pela falha de Malta, que é outra ramificação da falha de Patos (SZATMARI *et al.*, 1987).

3.3 Arcabouço estratigráfico

Braun (1969, apud FRANÇOLIN, 1994) definiu três unidades estratigráficas para a bacia, as quais Albuquerque (1970, apud FRANÇOLIN, 1994) batizou, da base para o topo como formações, Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas (Figura 3), compreendendo o Grupo Rio do Peixe (cf. MABESOONE, 1972, apud CARVALHO, 2000).

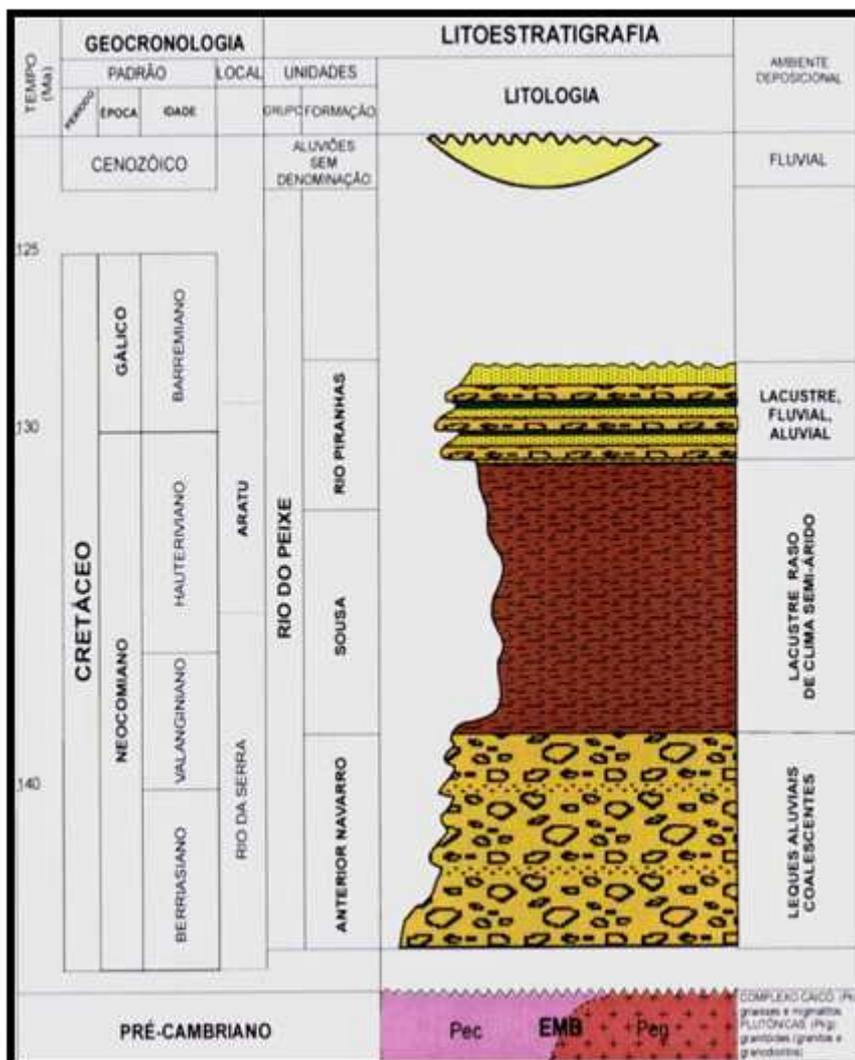


Figura 3 – Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do Rio do Peixe (Srivastava & Carvalho, 2004).

Em afloramentos, a Formação Antenor Navarro apresenta-se como serras e colinas escarpadas com os estratos mergulhando entre 4 a 10 graus para SE e SW (LIMA FILHO, 2002) e dispõe-se discordantemente sobre o embasamento (COSTA, 1964 apud MENDONÇA FILHO *et al.*, 2006). Ela é composta predominantemente por conglomerados e arenitos grossos de cor amarelada, compostos por seixos e grânulos de quartzo, feldspato e litoclastos do embasamento cristalino, com estratificações cruzadas acanaladas. Ocorrem também arenitos médios a finos com estratificações plano-paralelas, e intercalações de siltitos e argilitos avermelhados, principalmente na

parte superior da formação. As análises de paleocorrentes com base nas estratificações cruzadas apontam transporte sedimentar para S e SE (LIMA FILHO, 2002). A espessura máxima dessa formação é avaliada em 100 m. Estes depósitos são interpretados como depositados por um sistema fluvial do tipo entrelaçado associado a leques aluviais (LIMA FILHO, 2002). A ocorrência de petróleo na localidade do Sítio Salguinho, município de Sousa, está relacionada a essa formação. A exsudação se deu em um poço artesiano com 60 m de profundidade aproximadamente.

A Formação Sousa é caracterizada pela predominância de argilitos, siltitos e calcilitos avermelhados com alguns níveis acinzentados e piritosos. Ocorrem lentes delgadas de calcários, margas e corpos intercalados de arenitos finos ou grossos com laminações cruzadas, laminações plano-paralelas, laminações convolutas e marcas onduladas (LIMA FILHO, 2002). A espessura média dessa formação é de 800m e ocupa cerca de dois terços da sub-bacia de Sousa. As características faciológicas da formação sugerem uma deposição em paleoambiente lacustre raso e/ou planície de inundação com alguma influência fluvial (CARVALHO & LEONARDI, 1992).

A Formação Rio Piranhas ocorre restritamente na borda sul da bacia de Sousa. É composta por arenitos grossos e conglomerados muito mal selecionados, com estratificações cruzadas e plano-paralelas, ricos em grânulos e seixos de feldspatos e litoclastos do embasamento cristalino (LIMA FILHO, 2002). Possui cor amarelada ou cinzenta. Ocorrem também intercalações de siltitos e argilitos avermelhados. Essa formação foi depositada em um período de reativação tectônica da Falha de Malta na borda sul da sub-bacia de Sousa em um contexto de leques aluviais e fluviais do tipo entrelaçado. A espessura média da Formação Rio Piranhas é 300 m e paleocorrentes medidas com as estratificações cruzadas apontam transporte para norte (LIMA FILHO, 2002).

3.4 Geologia do Petróleo

Mendonça Filho *et al.* (2006) fez a análise geoquímica de amostras de petróleo retiradas de rochas da Formação Sousa (bacia de Sousa) em um poço de 50 m de profundidade na localidade de Sítio Salguinho, Município de Sousa (PB). Resultados obtidos no perfil dos componentes alifáticos (cromatograma gasoso) e nos cromatogramas de massa m/z 191 (terpanos) e m/z 177 apontaram para um óleo maturo de ambiente lacustre de água doce não biodegradado. Porém, a análise dos resultados nos cromatogramas de massa m/z 217 e 218 (esteranos), observou-se que as amostras de óleo apresentavam características tanto de um óleo maturo de ambiente lacustre de água doce como de um óleo maturo marinho.

Sob a luz desse fato, abre-se a possibilidade de existir um sistema petrolífero Sousa-Sousa ou Sousa-Antenor Navarro. No primeiro caso os reservatórios seriam intervalos arenosos que ocorrem intercalados aos argilitos e calcilutitos da Formação Sousa, que operariam como geradores e selantes. No segundo caso, os arenitos na Formação Antenor Navarro atuariam como reservatório.

CAPÍTULO 4

GNAISSE

4.1 Descrição do Gnaisse

Neste capítulo será feita a descrição do gnaíse que ocorre no embasamento da Bacia de Sousa, com base em testemunho de sondagem de 3,01m de comprimento, como já citado anteriormente.

4.2 Descrição Megascópica

Megascopicamente, a rocha é caracterizada como leucocrática, com índice de cor variando de 5 a 13% e seu intervalo de granulação vai de fina (0,1 a 1,0mm) até grossa (5 a 12mm). Sua cor preponderante é o bege, mas tonalidades esverdeadas ocorrem onde há concentração de clorita e epidoto (figura 4). Mostra uma estrutura gnáissica impressa pela orientação de filosilicatos e possui textura predominantemente inequigranular hipidiomórfica a xenomórfica. Grãos maiores de feldspato e agregados de quartzo localmente defletem a foliação gnáissica quando são envolvidos por filmes lamelares de minerais de hábito micáceo (figura 4). Visualmente, os minerais opacos são em sua totalidade xenomórficos. Não é observada gradação composicional, granulométrica ou textural da base para o topo do testemunho. A rocha apresenta, em ordem de abundância decrescente, os seguintes minerais: feldspato, quartzo, biotita, clorita, muscovita, óxidos e sulfetos, que estão descritos abaixo conforme suas principais características.



Figura 4: Aspecto textural no testemunho estudado.

Descrição dos principais minerais

O feldspato (Figura 5) tem cor predominantemente cinza, mas localmente mostra-se rosado que se deve à oxidação superficial, com brilho nacarado. Tem tamanho variando de 1 a 12 mm e os cristais são subedrais a anedrais com hábito prismático a granular. A geminação polissintética pode ser observada em alguns grãos e são vistas inclusões de óxido, sulfeto e biotita.



Figura 5: Grãos de feldspato de diferentes tamanhos. Notar fratura preenchida por epidoto. Ressalta-se que a tonalidade rosa se deve à oxidação superficial e a efeitos da luz na sala de testemunhos.

O quartzo (Figura 6) é transparente, cor cinza claro a branco, com tamanho variando de 0,5 a 3 mm. São anédricos, de hábito intersticial, com brilho vítreo e com fratura conchoidal característica. Mostram pequenas inclusões de sulfetos e óxidos.



Figura 6: Grãos de quartzo de cor cinza claro.

A biotita é negra, tem tamanho variando de 0,5 a 1mm e aparece associada a clorita, marcando a foliação da rocha. Por sua vez, a clorita (Figura 7) tem cor verde escuro, com hábito micáceo e possui pequenas inclusões de minerais opacos.



Figura 7: Clorita e biotita definem a foliação da rocha. Notar veios preenchidos por epidoto e clorita.

Uma estimativa visual, estabelecida pela média de contagens de algumas áreas dos testemunhos, permite a proposição da seguinte composição modal para o gnaiss: feldspato - 56,85 %, quartzo - 24,45 %, biotita, clorita e epidoto - 17,70%, muscovita, opacos e sulfeto - 1 %.

A composição modal foi feita a partir da média geral de todos os pontos descritos, ao longo da amostra de testemunho de sondagem.

4.3 Petrografia Microscópica

Microscopicamente, a rocha é caracterizada como leucocrática com índice de cor variando de 5 a 13%, com granulometria variando de fina (0,1 a 1,0mm) até grossa (5 a 9mm). Apresenta textura e granulometria bastante modificada por fenômenos de deformação e metamorfismo; apenas pontualmente são preservadas feições ígneas primárias, por exemplo cristais subédricos a euédricos de plagioclásio (Figura 10).

A variação de tamanho dos grãos minerais permite denominar a rocha como inequigranular e o desenvolvimento das faces minerais é subedral a anedral, mas ocorrem cristais euédricos de epidoto e quartzo poligonal. A textura da rocha pode ser descrita como granoblástica a lepidoblástica, esta última sendo caracterizada pela orientação de lamelas de biotita e clorita que definem uma foliação descontínua que é defletida por grãos maiores de feldspato e por agregados quartzo-feldspáticos (Figura 12).

Feições metamórfico-deformacionais são evidentes na relação entre cristais de quartzo com forte extinção ondulante a policristalinos e agregados recristalizados com contatos retilíneos, por vezes poligonais (Figura 11). Da mesma maneira, grãos de feldspato exibem contatos irregulares e lobados e esses limites apresentam por vezes irregularidades que podem ser interpretadas como produto de recristalização por migração dos limites dos grãos ou, localmente, por rotação de subgrãos nas bordas dos grãos de feldspato (Paschier & Trouw, 2005). Tanto cristais de feldspato maiores

quanto menores podem apresentar extinção ondulante e novos grãos em seus entornos (Figura 9). A variação granulométrica observada (que permite a separação de duas populações de tamanhos de grãos) juntamente com a ocorrência de agregados de quartzo poligonais sugere a atuação de mecanismos de recristalização dinâmica acompanhados de recristalização estática, tais como os descritos por Passchier & Trouw (2005), para a geração das feições texturais observadas.

Em algumas das lâminas foram observados veios milimétricos preenchidos por cristais de epidoto e clinozoisita, que cortam preferencialmente agregados félsicos e grãos de feldspato (Figura 19).

A rocha apresenta, em ordem de abundância decrescente os seguintes minerais: plagioclásio, quartzo, biotita, clorita, epidoto, clinozoisita, muscovita, minerais opacos, allanita e titanita. Localmente foi observado cristal de microclina mal formado (figura 23) e uma lâmina guarda vestígio de hornblenda reliquiar (Figura 15). A mineralogia primária é representada por plagioclásio, quartzo, biotita, allanita, minerais opacos, microclina e hornblenda; clorita, epidoto, clinozoisita, biotita, titanita e minerais opacos são fases secundárias metamórficas e muscovita é mineral de alteração dos feldspatos. É notável a saussuritização do plagioclásio bem como o crescimento pseudomórfico de clorita sobre anfibólio, preservando por vezes a clivagem característica deste último mineral (Figura 16). Segue abaixo uma descrição sumária dos minerais identificados na rocha.

O plagioclásio é um mineral com geminação polissintética por vezes bem desenvolvida (Figura 10), com tamanho variando de 1 até 12 mm, grau de desenvolvimento das faces cristalinas no geral subédricos, as clivagens bem marcadas e hábito prismático curto a granular. Não mostra intercrescimento, mas são freqüentes cristais parcialmente ou quase totalmente alterados para epidoto, clinozoisita e sericita, ganhando assim aspecto nebuloso (Figura 21). Possuem inclusões de minerais opacos, apatita e biotita.

Os feldspatos merecem uma atenção especial quanto às estruturas e texturas apresentadas em seção delgada. São bons indicadores da magnitude de deformação e das condições sob as quais ocorreu a cristalização na rocha (figura 8). Sua análise mais detalhada também se justifica pelo fato de serem os minerais mais abundantes na maioria das lâminas analisadas.

Segundo Passchier & Trouw (1996), o comportamento entre feldspatos potássicos e cálcicos é bastante similar: nas rochas submetidas a temperaturas metamórficas entre 400 e 500°C as recrystalizações se tornam regulares, principalmente ao longo dos bordos dos minerais. Tal recrystalização ocorre principalmente pela nucleação e crescimento de novos grãos, o que pode ser observado em lâmina pela formação de mantos (figura 9) constituídos por novos grãos finos em contato brusco com grãos mais antigos e mais grossos (estruturas do tipo manto e núcleo). Sob temperaturas mais elevadas, as geminações vão ficando mais escassas.

Os aspectos microtectônicos dos feldspatos melhor evidenciados nas rochas deste trabalho, foram: extinções ondulantes, estruturas do tipo manto e núcleo em plagioclásio, contatos lobados entre feldspatos e quartzo e possíveis indícios de recrystalização pela rotação de subgrãos.

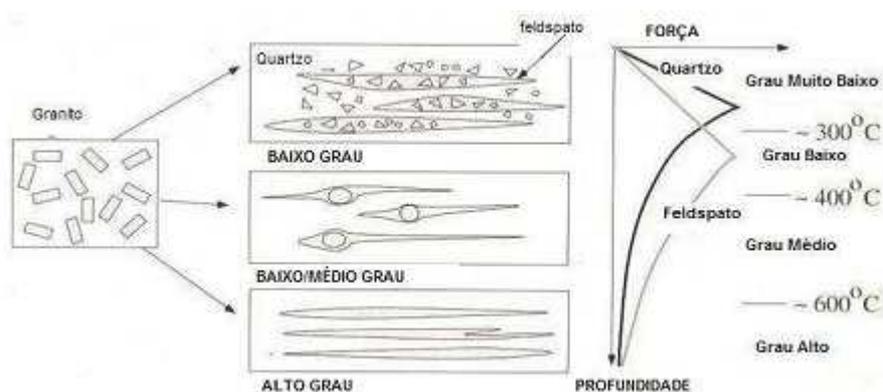


Figura 8: Diagramas mostrando modelos de mudança no comportamento de agregados quartzo-feldspáticos em função da profundidade. No gráfico esquemático, a linha mais clara mostra o comportamento dúctil, enquanto a mais escura mostra o

comportamento rúptil desses agregados. Fonte: Microtectonics; Passchier & Trouw 2000.

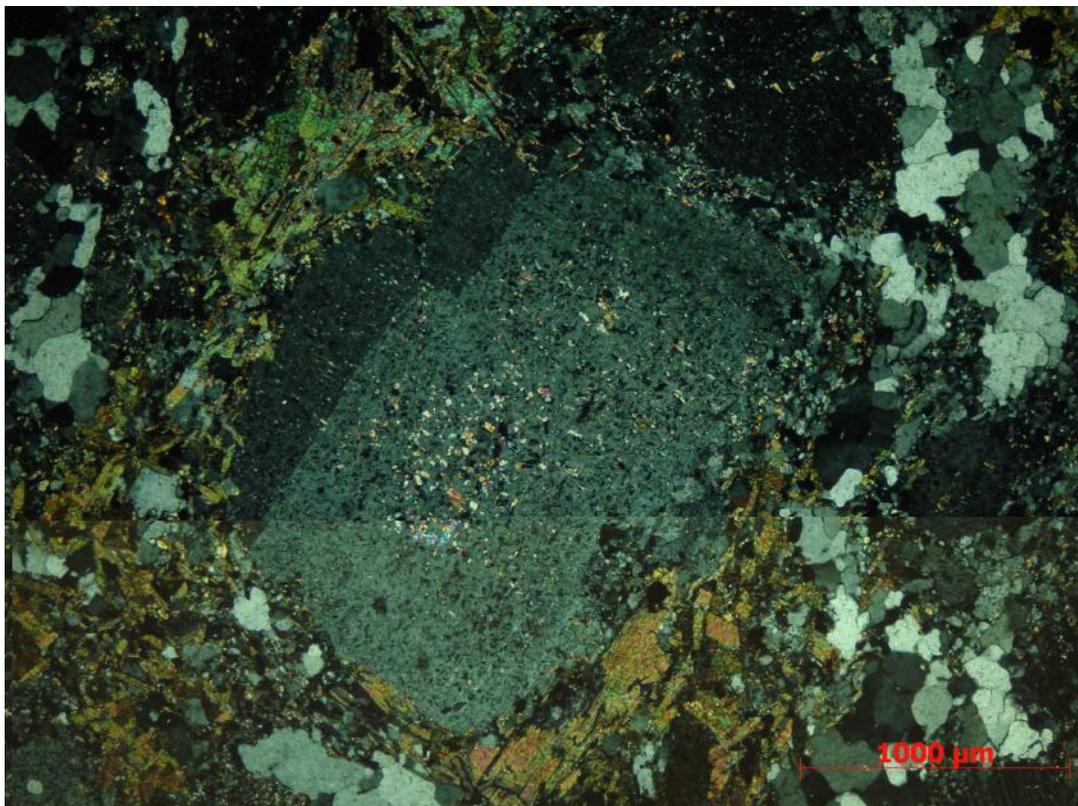


Figura 9: Feldspato apresentando recristalização, nucleação e crescimento de novos grãos, em contato brusco com grãos mais antigos e mais grossos (estruturas do tipo manto e núcleo).

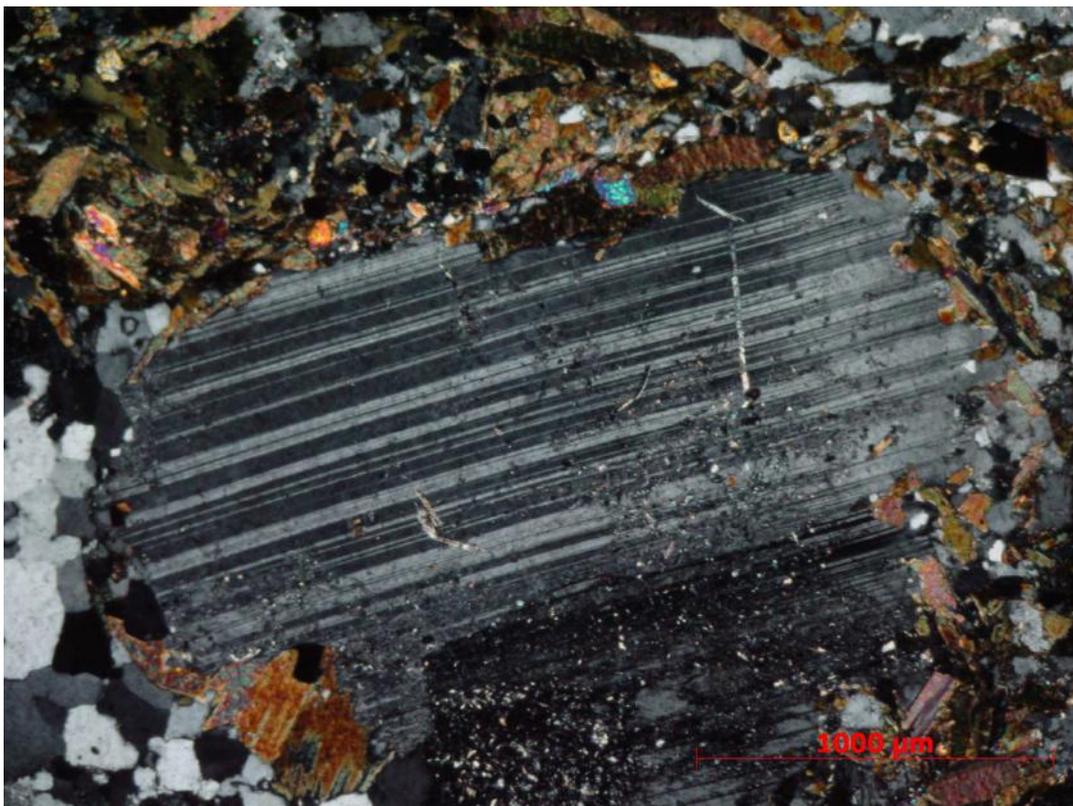


Figura 10: Plagioclásio preservado, com nítida geminação polissintética, envolvido por grãos de biotita e quartzo.

O quartzo possui extinção ondulante, tamanho de grãos variando de 1 a 9 mm, com faces cristalinas anédricas a subédricas. São fraturados e encontram-se principalmente na forma de agregados policristalinos (figura 11), exibindo contatos retos a serrilhados; pontualmente observa-se hábito intersticial, indicando feição primária. São muito límpidos com poucas inclusões de apatita e opacos.

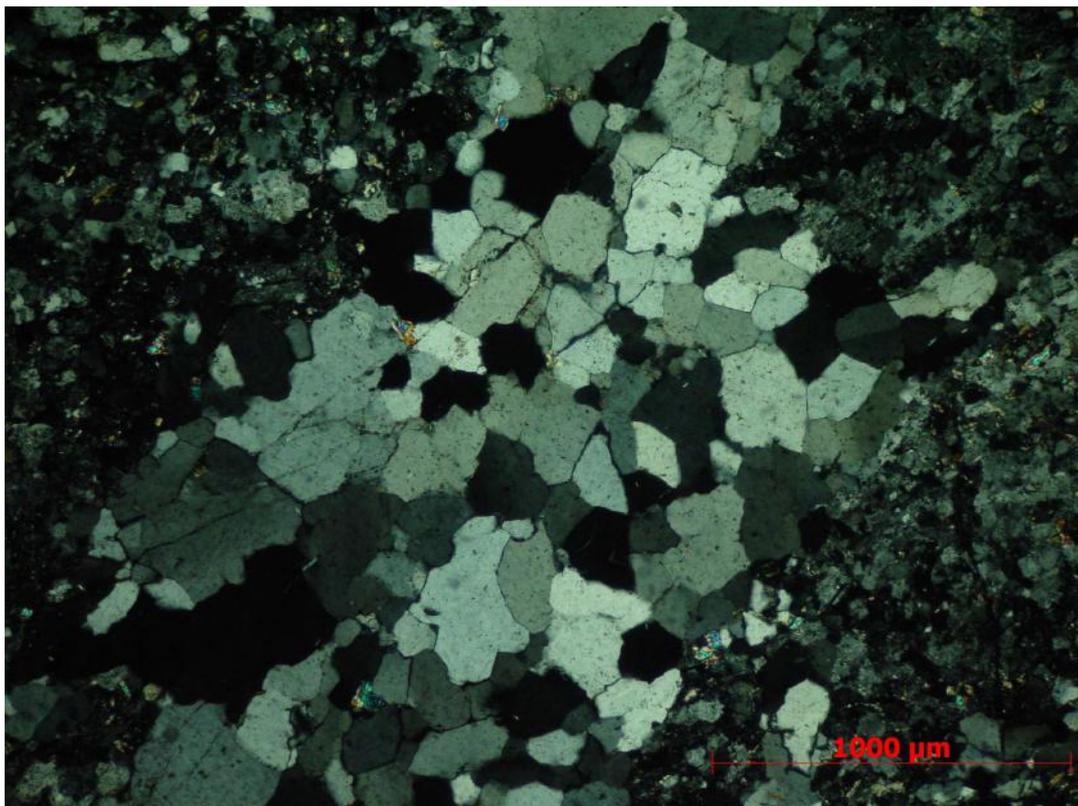


Figura 11: Agregado policristalino envolvido por feldspato.

A biotita possui pleocroísmo variando de bege até marrom escuro, com birrefringência alta e tamanho variando de 1 a 6 mm. Mostra hábito lamelar, faces predominantemente subédricas com clivagem bem desenvolvida (Figura 12). Juntamente com a clorita define uma foliação descontínua para a rocha, por vezes defletida em feldspatos maiores ou em agregados félsicos (Figura 12). A alteração identificada é substituição total ou nos bordos por clorita. Possuem inclusões de apatita e opacos.

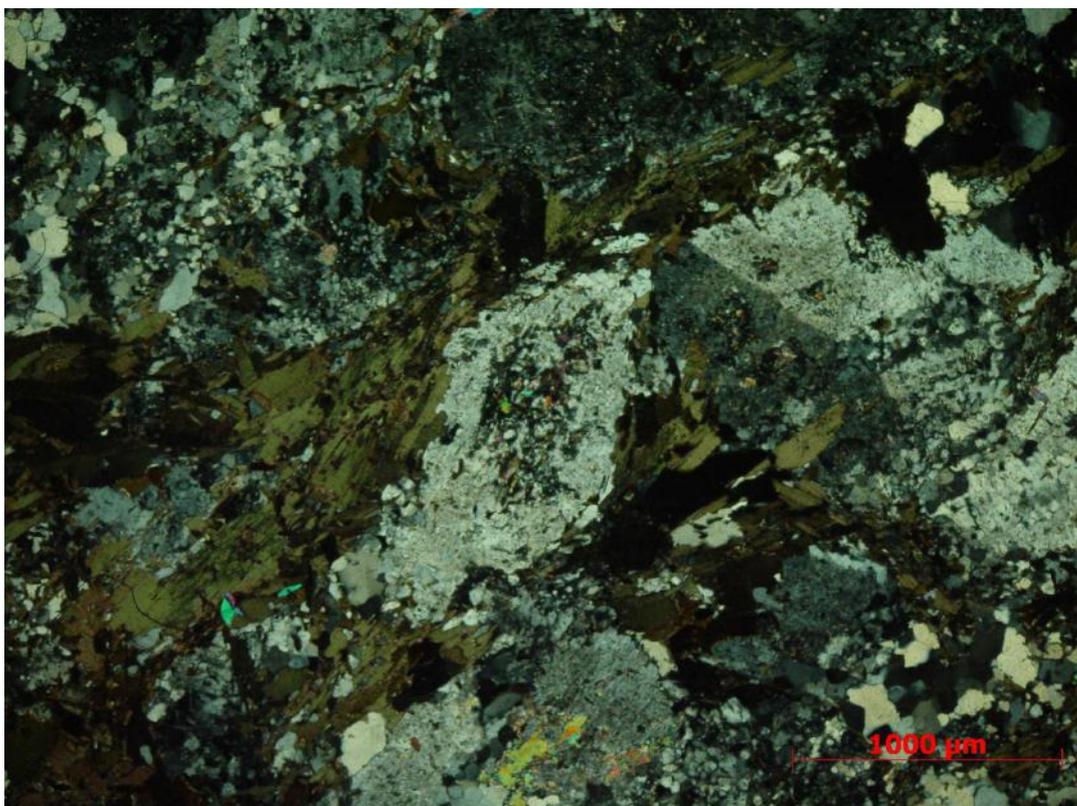
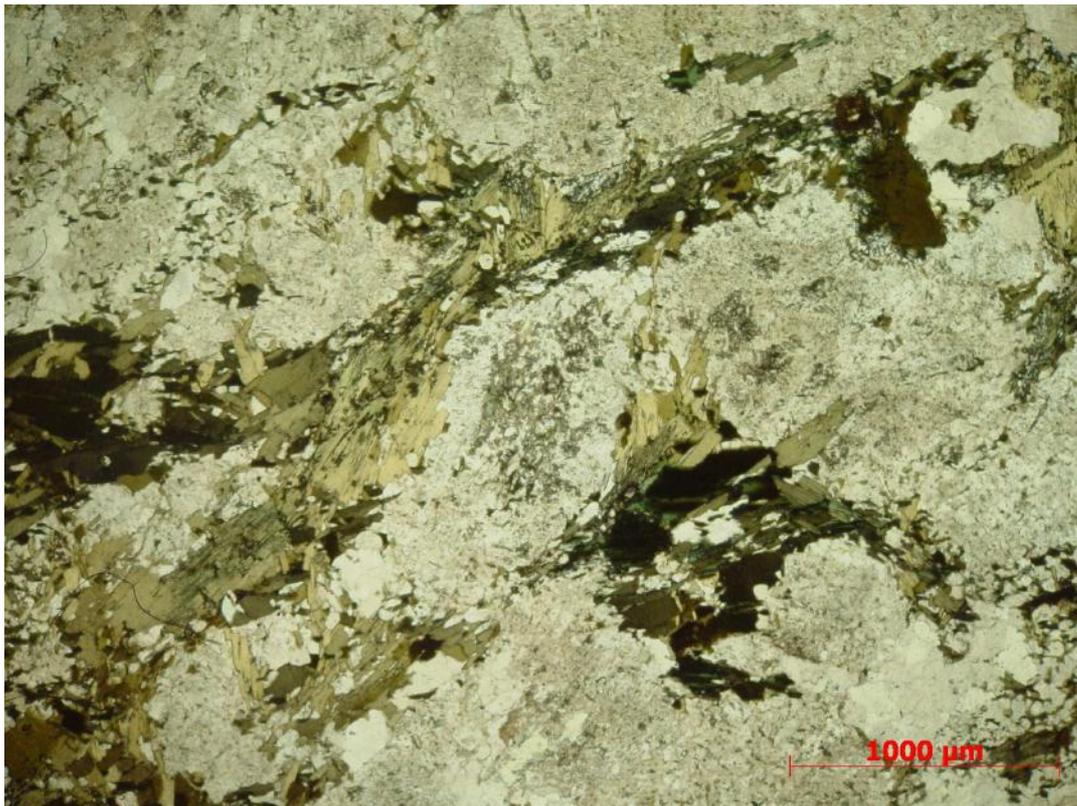


Figura 12a e 12b: Agregado de biotita com hábito lamelar bordejando grão de plagioclásio, que funciona como indicador cinemático.

A clorita tem pleocroísmo variando de incolor até verde escuro e birrefringência anômala de tonalidade violeta (Figuras 13 e 14). Não mostra geminação, sua extinção é reta e o tamanho varia de 1 a 8mm. Tem hábito lamelar granular com faces subedrais a anedrais e mostra inclusão de apatita e minerais opacos. Nitidamente substituiu a biotita a partir das bordas e cresceu sobre hornblenda de cor marrom (Figura 15), por vezes formando pseudomorfos onde as clivagens típicas desse mineral estão preservadas (Figura 16).



Figura 13: Cloritas anédricas de cor verde posicionadas entre grãos de feldspato e quartzo.

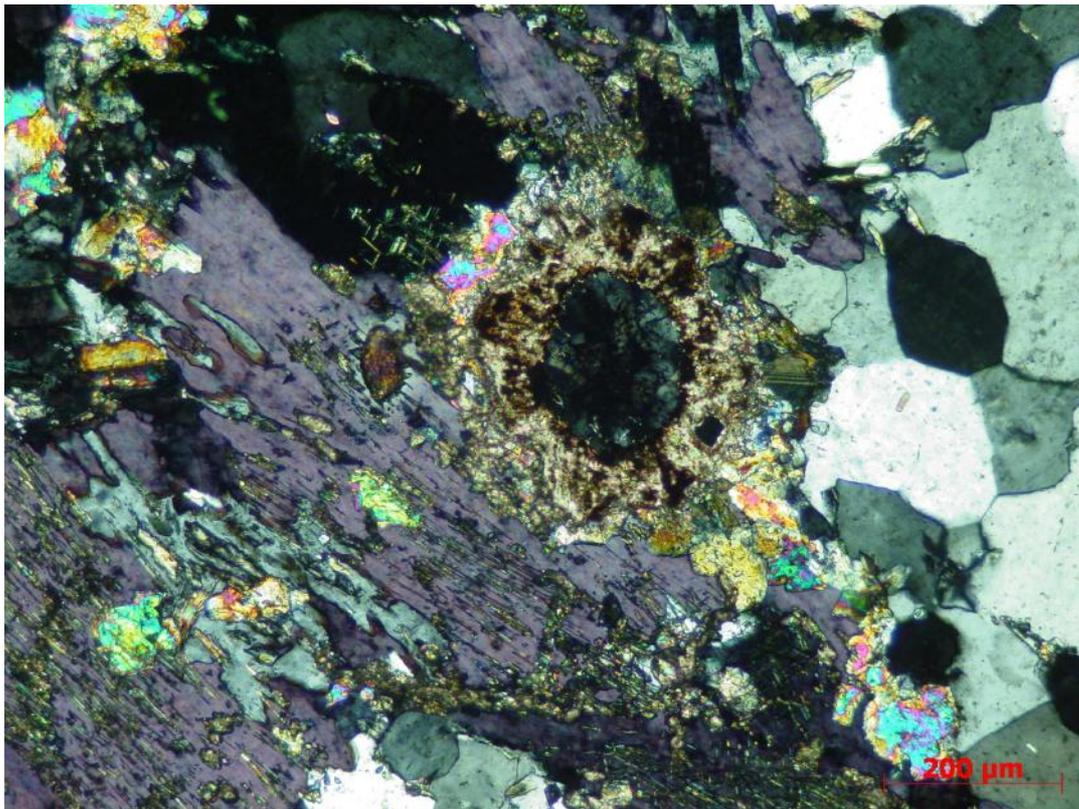


Figura 14: Clorita de cor de interferência violeta com contorno irregular e intercrescida com muscovita.

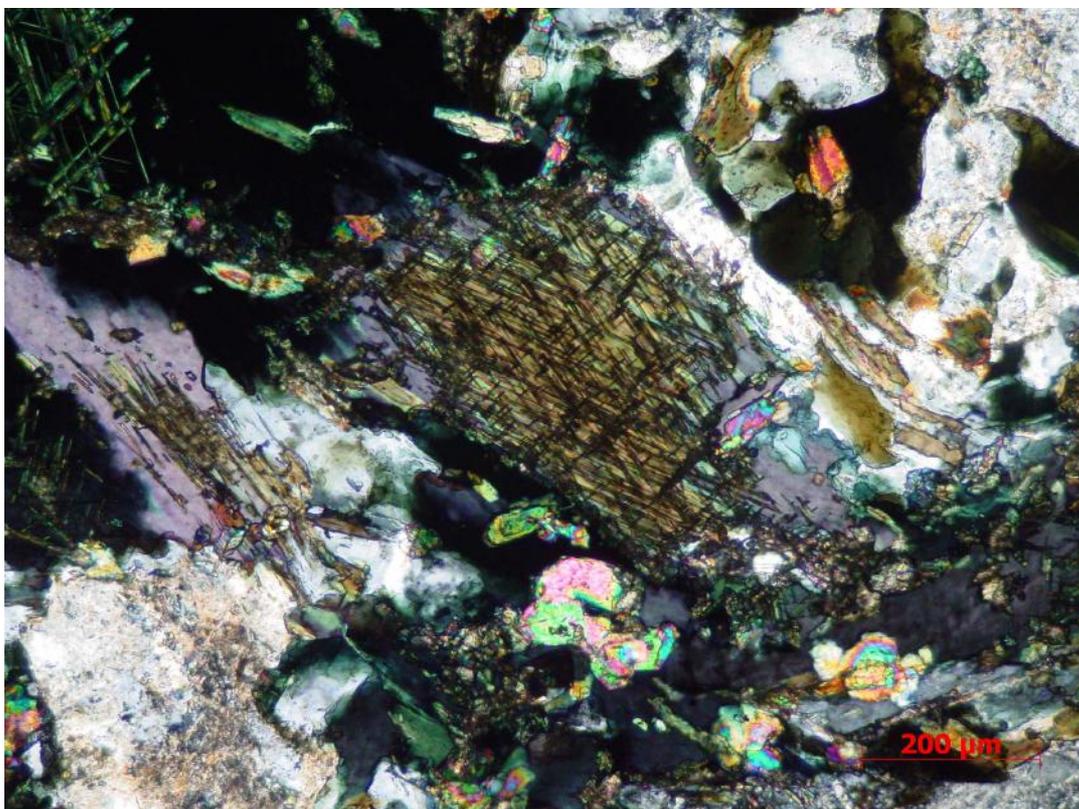


Figura 15: Relicto de anfibólio marrom sendo substituído por clorita nas suas bordas.

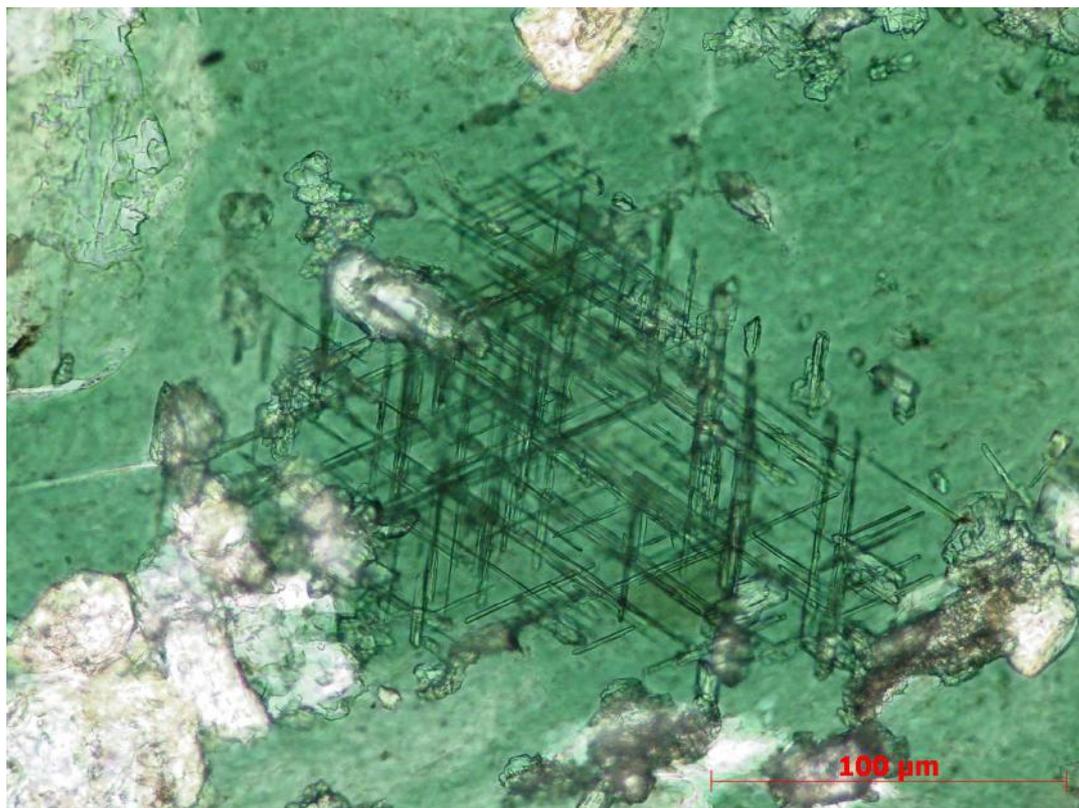


Figura 16: Cristal de clorita verde com clivagem de anfibólio que já foi totalmente substituído. Notar clara associação entre clorita, epidoto euédrico e titanita anédrica.

Cristais de epidoto são incolores a amarelados, predominantemente euédricos com cores de interferência de alta ordem, sem clivagem e com tamanhos variando de 1 a 12 mm (Figura 17). Nitidamente crescem sobre cristais de plagioclásio e aparecem junto a clorita, revelando que os cristais de anfibólio primário foram substituídos por clorita e epidoto, assim como por biotita e grãos de titanitas mal formadas (Figura 16). Podem aparecer envolvendo cristais de allanita, caracterizando textura do tipo corona (Figura 18). Por vezes estão em agregados com clinozoisita e esses agregados compõem veios que preenchem fraturas na rocha (Figuras 19 e 20).



Figura 17: Epidotos médios, com grau de desenvolvimento euédrico e fraturados.

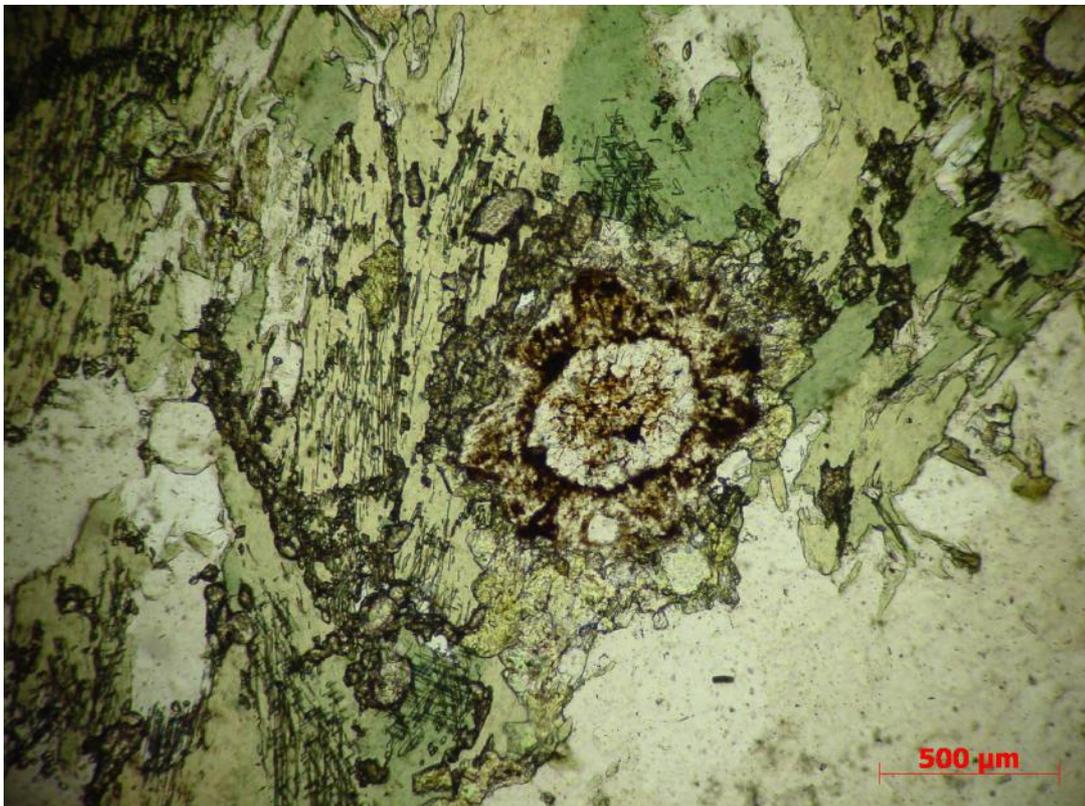


Figura 18: Cristal subedral de allanita envolvido por epidoto.

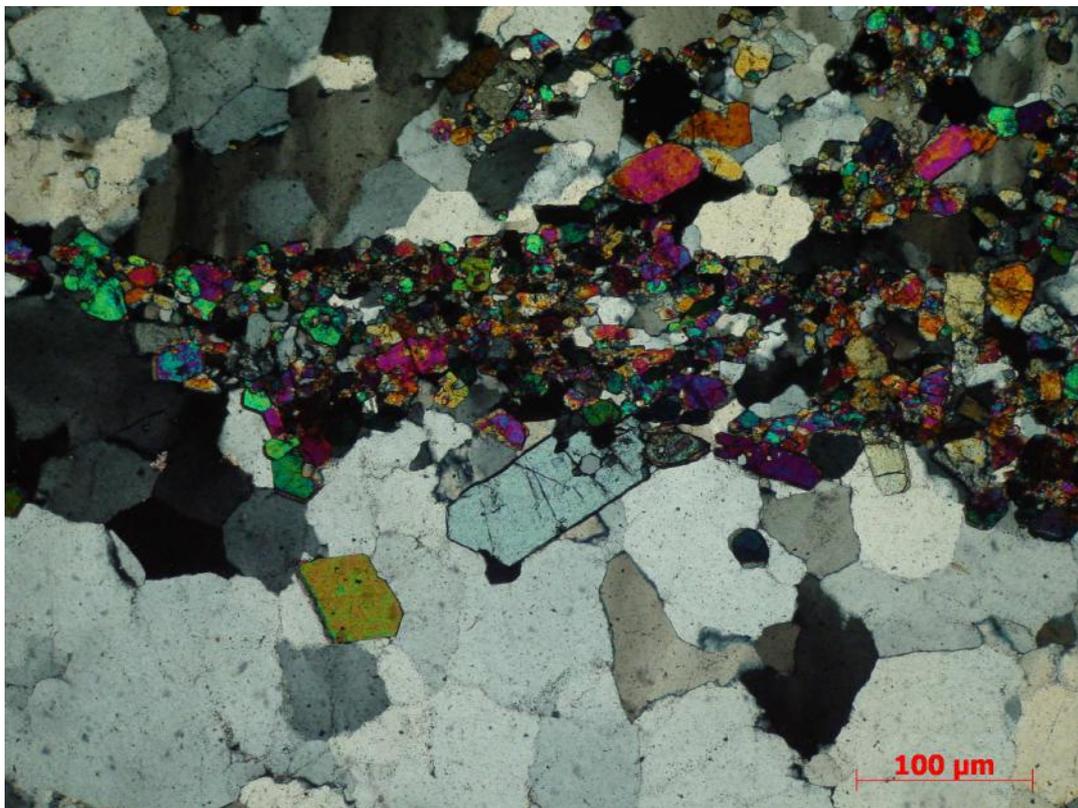


Figura 19: Veio de epidoto com destaque para cristal maior de clinozoisita euédrica.

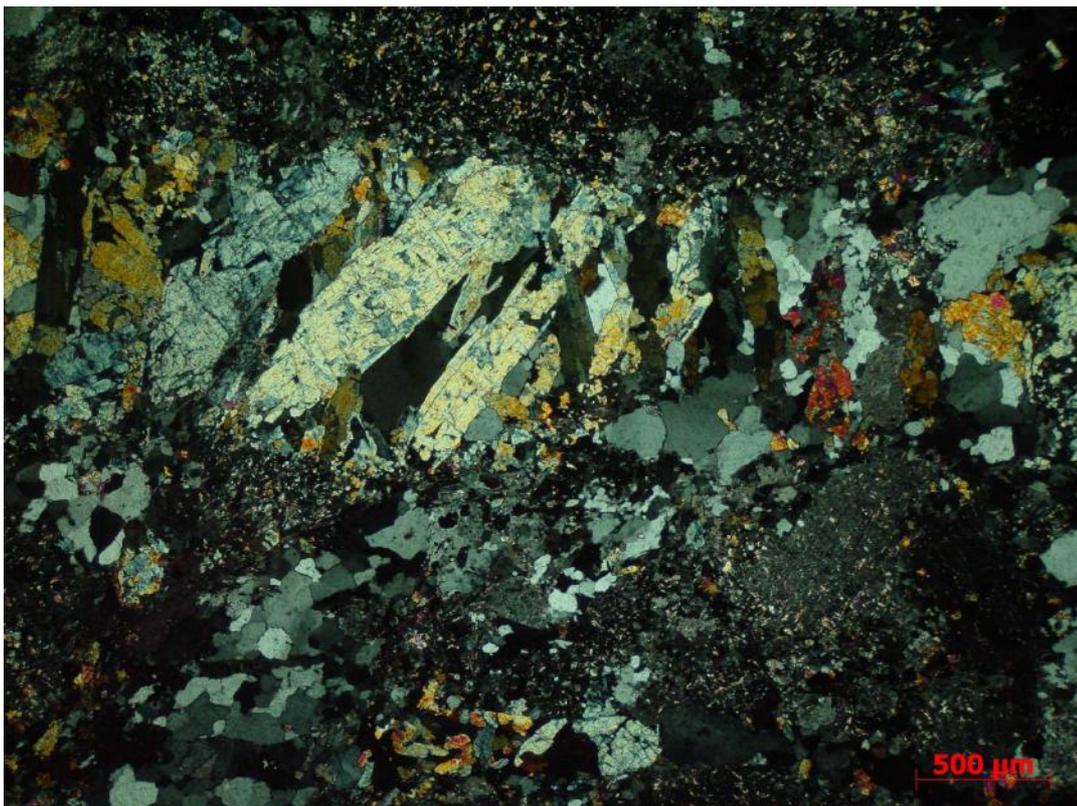


Figura 20: Veio de quartzo, epidoto e clinozoisitas maiores e orientadas.

A clinozoisita é incolor e tem cor de birrefringência azulada típica. Sua variação de tamanho é de 0,2 a 0,7mm e é euédrica e subédrica, denotando hábitos prismático a granular. Está em paragênese metamórfica com epidoto, sericita e clorita, crescendo sobre plagioclásio e anfibólio. Ocorre também em veios preenchendo fraturas (Figuras 19 e 20).

A muscovita aparece na variedade microcristalina (sericita) com tamanho entre 0,1 a 0,4 mm, sendo subédrica a anédrica, com clivagem ausente e hábito micáceo (Figura 21). Está diretamente ligada ao fenômeno de alteração do feldspato, em paragênese metamórfica.

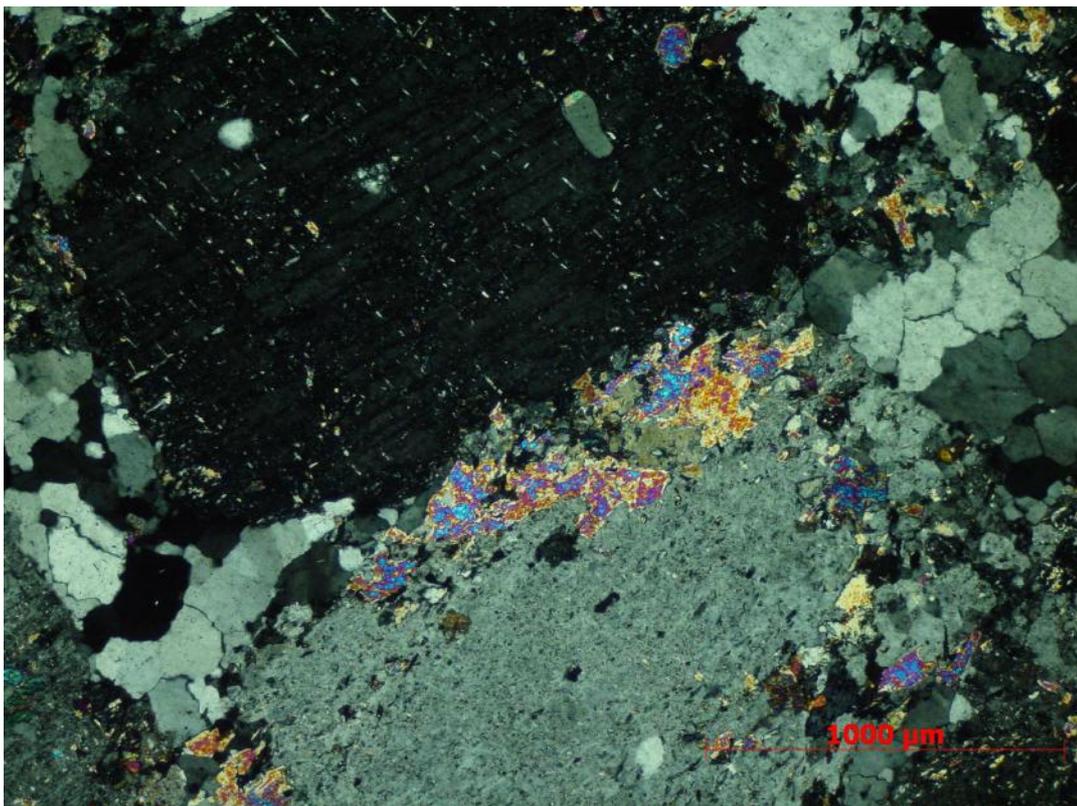


Figura 21: Sericita alterando grão de plagioclásio a partir dos bordos.

Os minerais opacos possuem tamanho que atingem de 1 a 12 mm, sendo principalmente anédricos, fraturados e com hábito granular. Tanto são encontrados como pequenas inclusões em plagioclásio e biotita (Figura 22), sugerindo sua origem primária, quanto são produtos secundários exsolvidos de reações de desequilíbrio metamórfico, particularmente com a quebra da hornblenda dando lugar a clorita, epidoto e titanita (Figuras 15 e 16).

A titanita de cor marrom ocorre unicamente em paragênese com clorita, biotita, epidoto e clinozoisita, como grãos anédricos finos (Figuras 16 e 22).

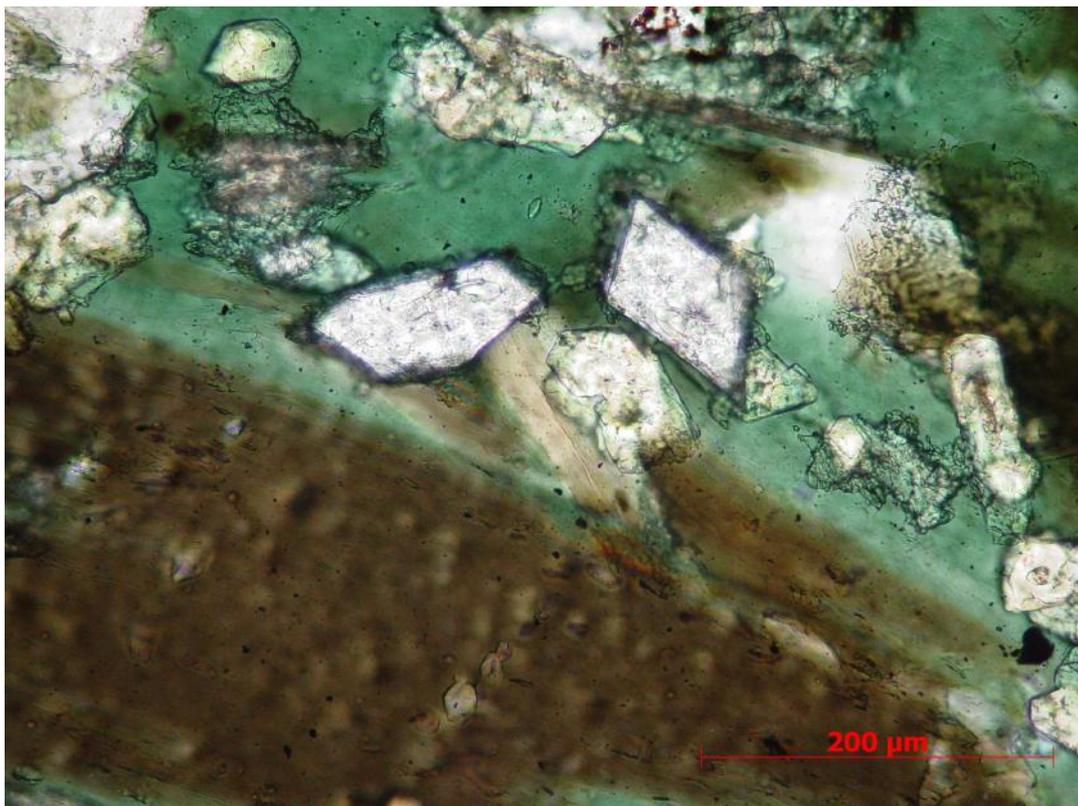


Figura 22: Minerais opacos inclusos nos grãos de clorita e biotita. Detalhe para epidoto euédrico e titanita anédrica.

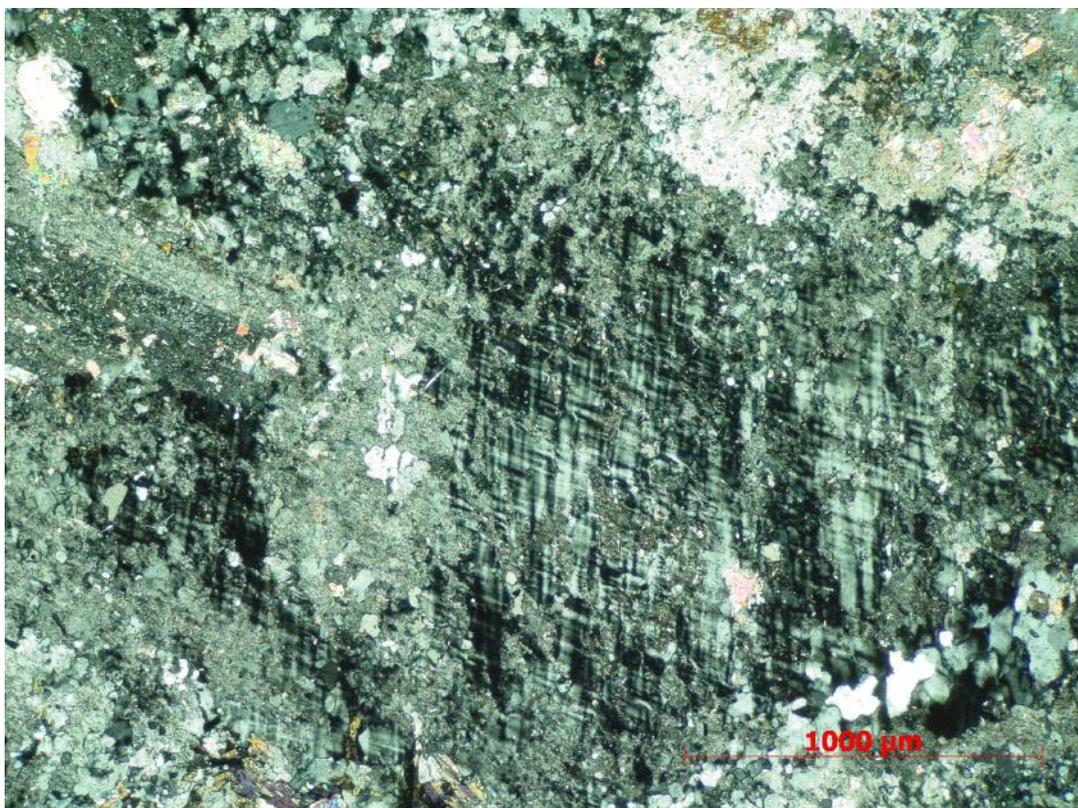


Figura 23: Cristal de microclina alterado.

O gráfico 1 apresenta o diagrama QAP com a classificação do ortognaisse estudado nesta monografia, onde vê-se que todas as lâminas descritas plotam no campo do tonalito. Na tabela 1 encontram-se os dados modais obtidos a partir de contagem de 500 pontos em contador automático.

Cabe ressaltar que, uma vez que muitos grãos de feldspatos estão saussuritizados, foram todos eles considerados como plagioclásio. Desta forma, o volume de feldspato potássico presente na rocha não pôde ser avaliado.

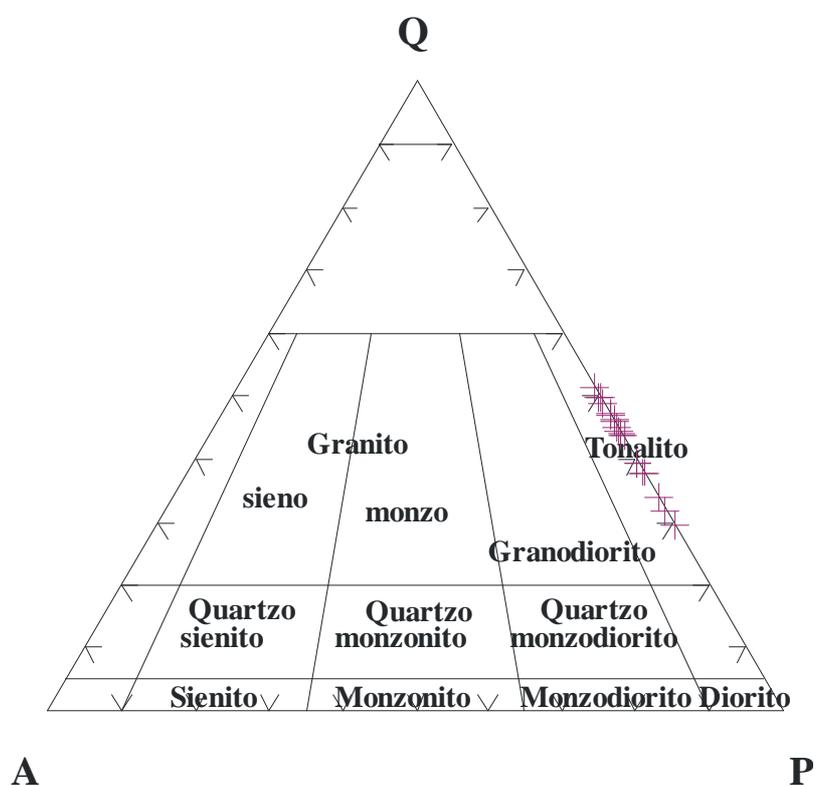


Gráfico 1: Diagrama QAP com a classificação do ortognaisse estudado.

MINERAL	PORCENTAGEM					
	Am s201	Am s202	Am s203	Am s204	Am s205	Am s206
Plg	49,4	42,8	35,6	44,2	39,5	45
Qtz	31,2	27,8	37,4	39,4	33,8	27
Biot	2,8	5,8	1	2,6	2,6	3,4
Epi	1,6	6,4	17	1,2	5,2	5,6
Clor	12,8	13,4	4,8	11,2	17,4	17,8
Musc	0,8	2	2,2	0,6	1,5	0,6
Opc	1,4	1,6	1,6	0,8	0	0,6
Clin	0	0,2	0,4	0	0	0
All	0	0	0	0	0	0
Tit	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100	100	100	100	100	100
MINERAL	Am s28	Am 07	Am 09	Am 10	Am 11	Am 12
Plg	43,6	36	50,6	43,2	44,6	51,6
Qtzo	39,2	28,8	25,8	42,8	42,6	42,4
Biot	0,8	28,8	3,4	2,6	0,8	0,4
Epi	5,6	0,8	1,6	2,6	3,4	2,4
Clor	8,6	3,8	17,2	4,4	5,6	1
Musc	1,8	1,8	1,2	3,6	2	1,8
Opc	0,2	0	0	0,8	1	0,4
Clin	0	0	0,2	0	0	0
All	0,2	0	0	0	0	0
Tit	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100	100	100	100	100	100
MINERAL	Am 13	Am 14	Am 15	Am 16	Am 17	Am 18

Plg	44,2	57,8	42,4	40,6	40	40,8
Qtzo	44	27	32,8	26,4	31,4	34,6
Biot	0,4	2,8	4,8	0,4	9	1,6
Epi	4,9	1,6	2,8	4,6	5,4	10,6
Clor	4,9	7,4	14,6	25,8	10,2	10,6
Musc	1	0,2	1,6	0,8	2	0,8
Opc	0,6	3,2	1	1,4	2	1
Clin	0	0	0	0	0	0
All	0	0	0	0	0	0
Tit	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100	100	100	100	100	100
MINERAL						
	Am 19	Am 20				
Plg	43,8	52,2				
Qtzo	33,8	21,8				
Biot	3,2	0,4				
Epi	4,4	4,6				
Clor	13,6	18,4				
Musc	0,2	0,2				
Opc	1	2,4				
Clin	0	0				
All	0	0				
Tit	0	0				
TOTAL	100	100				

Tabela 1: Dados modais obtidos a partir de contagem de 500 pontos em contador automático, para cada lâmina petrográfica.

Legenda: Am – amostra; Plg – plagioclásio; Qtzo – quartzo; Musc – muscovita; Opc – opaco; Clin – clinozoisita; All – allanita e; Tit – titanita.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Através das análises megascópicas do ortognaisse foi possível observar que a rocha apresenta, de forma geral, uma tendência à homogeneidade estrutural e textural, com uma foliação metamórfica e grãos sem muita variação de tamanho. Pontualmente, este padrão é rompido por maior heterogeneidade granulométrica (fina a grossa) e pela presença de veios de quartzo, epidoto e clorita preenchendo fraturas. O preenchimento dessas fraturas está certamente ligado a processos metamórficos de baixa T sofridos pela rocha, que provocaram quebra de minerais primários (possivelmente plagioclásio, hornblenda e biotita) e crescimento de paragênese secundária, particularmente exemplificada por epidoto e clorita. Provavelmente um fluido rico em sílica, cálcio e ferro, relacionado a esse metamorfismo, percolou fraturas e esses minerais então se cristalizaram. Com os estudos realizados nessa monografia não foi possível avaliar uma possível participação de fluidos enriquecidos provenientes de um sistema aberto, ou do próprio sistema fechado.

Na análise microscópica pôde-se conferir que o ortognaisse mostra textura e granulometria bastante modificada por fenômenos de deformação e metamorfismo e que aspecto ígneo preservado é raro. A rocha tem textura granoblástica a lepidoblástica, onde a orientação de lamelas de biotita e clorita definem uma foliação descontínua. Encontram-se registradas microestruturas ligadas à deformação de feldspatos e de agregados quartzo-feldspáticos, como por exemplo: feldspatos com contatos irregulares e lobados, agregados recristalizados contendo cristais poligonais, estrutura manto-núcleo em feldspato. Juntamente com a variação granulométrica observada, tais feições sugerem que o ortognaisse foi submetido a mecanismos de recristalização dinâmica seguida de recristalização estática, conforme encontra-se em Paschier & Trouw (2005).

A composição modal obtida é tonalítica, com mineralogia primária essencial representada por plagioclásio, quartzo, biotita, minerais opacos e allanita. São vários os minerais secundários (metamórficos e de alteração) presentes: clorita, biotita, epidoto, clinozoisita, opacos, titanita e sericita. Isoladamente foi detectado um grão de microclina, que não apareceu na contagem modal. Uma vez que a maioria dos grãos de feldspato está bem alterado e sem geminação típica, esta ocorrência causa a suspeição de que pode haver mais grãos de K-feldspato não evidentes ao microscópio. Uma vez que não foi realizada análise química do ortognaisse e como a maioria dos feldspatos está substituída por epidoto e clinozoisita, todos aqueles alterados e não geminados foram considerados plagioclásio. A ocorrência de hornblenda reliquiar e a observação de clivagem de anfibólio preservada em cristais de clorita revela tanto que hornblenda foi importante fase primária do protólito como também que ocorreu um fenômeno que provocou a quase total desestabilização do anfibólio, substituído por clorita e provavelmente biotita.

A formação da paragênese metamórfica identificada no ortognaisse do embasamento da Bacia de Sousa e representada por clorita + epidoto/clinozoisita (\pm biotita, titanita e minerais opacos) poderia ser parcialmente explicada por possíveis reações, que podem levar à transição entre fácies xisto verde e anfibólito em processo metamórfico progressivo (Yardley, 1994). Segundo este autor, elas são escritas como reações entre membros finais puros das soluções sólidas que ocorrem naturalmente, mas na natureza muitos constituintes das reações ocorrem apenas como um dos componentes de uma solução sólida, e, assim, as reações são contínuas e levam a um aumento ou a uma diminuição da concentração dos vários componentes nas soluções sólidas presentes. Desta maneira, tendo em vista a associação primária plagioclásio + hornblenda no ortognaisse, a reação proposta (em um metamorfismo progressivo) pode ser expressa da seguinte forma: clorita + epidoto + quartzo \rightarrow hornblenda tschermakítica + anortita + fluido. Portanto, considerando-se a reação inversa, com a introdução de fluido metamórfico no sistema do ortognaisse, pode ter sido gerada a paragênese de baixa T compatível com a fácies xisto verde.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M. 1997. O cráton do São Francisco. *Rev. Bras. de Geoc.*, 7 (2): 349-364.

CARVALHO, I. S. 2000. Geological environments of dinosaur footprints in the intracratonic basins of northeast Brazil during the Early Cretaceous opening of the South Atlantic. *Cretaceous Research*, 21 (1): 255-267.

FRANÇOLIN, J.B.L. & SZATMARI, P. 1987. Mecanismo de rifteamento da porção oriental da margem norte brasileira. *Rev. Bras. Geoc.*, 17 (2): 196-207.

FRANÇOLIN, J. B. L. & COBBOLD, P. R. 1994. Faulting in the Early Cretaceous Rio do Peixe basin (NE Brazil) and its significance for the opening of the Atlantic. *Journal of Structural Geology*, 16 (5): 647-661.

LEONARDI, G. & CARVALHO, I. S. 2002. Icnofósseis da Bacia do Rio do Peixe, PB. *SIGEP*, 26 (1):101-111.

LIMA FILHO, M. L. 2002. Mapa faciológico da Bacia do Rio do Peixe, Estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, 2002, Rio Claro. Boletim... Rio Claro: UNESP, 2002, p. 103-106.

LIMA, M. R. & COELHO, M. P. C. A. 1987. Estudo Palinológico da Sondagem Estratigráfica de Lagoa do Forno, Bacia do rio do Peixe, Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da USP, Sér. Cient.*, São Paulo, 18 (1): 67-83.

MATOS, R. 1987. *Sistema de Riftes Cretáceos do Nordeste Brasileiro*. Relatório Interno. Rio de Janeiro, Petrobrás, Cenpes.

MATOS, R. M. 1992. The northeast Brazilian rift system. *Tectonics*, 11 (2).766-791.

MENDONÇA FILHO, J. 2006. Aspectos Geoquímicos do óleo da Bacia de Sousa (Cretáceo Inferior), Nordeste do Brasil: Contexto Geológico. São Paulo, UNESP, *Geociências*, 25 (1). 91-98.

NOGUEIRA, F. 2004. Estudo Magnético e Gravimétrico do Arcabouço Estrutural da Bacia Rio do Peixe – PB. *Revista de Geologia*, Fortaleza, 17 (1). 74-87.

PASSCHIER N. & TROUW R. A. J. 2005. *Microtectonics*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, segunda edição, 366.

SILVA JÚNIOR, J. M. F. 1997. Um regime rúptil, pós-siluro-devoniano no Domínio da zona transversal, província Borborema-nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Geologia Estrutural/Tectônica) – Programa de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, Universidade de Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 137f.

SRIVASTAVA, N.K. & CARVALHO, I.S. 2004. Bacias do Rio do Peixe. Aracaju: Fundação Paleontológica Phoenix, Informativo Phoenix, n.71, p. 1-4.

STRECKEISEN, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, 12: 1-33.

SZATMARI, P. 1987. Evolução Tectônica da Margem Equatorial Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (2).180-188.

YARDLEY, W. D. BRUCE. 2006. *Introdução à Petrologia Metamórfica*, 1 (1): 138-143.

WILLIAMS, H.; TURNER, F.J. & GILBERT, C.M. 1985. Petrography - an introduction to the study of rocks in thin section. CBS Publ., N. Delhi, 2nd. ed., 626p.