

Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

"PETROGRAFIA, SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA E QUÍMICA MINERAL DOS METAGABROS DE ÁGUAS CLARAS, SERRA DOS CARAJÁS-PARÁ ".

TESE APRESENTADA POR

JOSÉ ERIMAR BEZERRA SOARES

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação 15.04.1997

Comitê de Tese:

ROBERTO DALL'AGNOL (Orientador)

ASIT CHOUDHURI

ZARA GERHARDT LINDENMAYER

BELÉM

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA i

AGRADECIMENTOS ii

LISTA DE ILUSTRAÇÕES iii

RESUMO 01

ABSTRACT 05

1 -INTRODUÇÃO 09

1.1 - APRESENTAÇÃO 10

1.2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA 10

1.3 - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA 10

1.4 - OBJETIVOS 11

1.5 - METODOLOGIA 13

2 - **GEOLOGIA REGIONAL COM ÊNFASE NAS SEQÜÊNCIAS MÁFICAS** 14

2.1 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL 14

2.2 - AS SEQÜÊNCIAS MÁFICAS DA PMC: ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL, GEOQUÍMICA, AMBIENTE TECTÔNICO, METAMORFISMO E GEOCRONOLOGIA 15

3 - GEOLOGIA DO ALVO ÁGUAS CLARAS 22

3.1 - TRABALHOS ANTERIORES 22

3.2 - LOCALIZAÇÃO DOS FUROS E INFORMAÇÕES SOBRE AS SONDAGENS 26

4 - **PETROGRAFIA** 30

4.1 - INTRODUÇÃO 30

4.2 - ASPECTOS MACROSCÓPICOS 31

4.3 - ASPECTOS MICROSCÓPICOS 31

4.4 - MINERALOGIA E TEXTURAS 35

5 - **SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA E MINERAIS OPACOS** 61

5.1 - MAGNETISMO DOS MATERIAIS 61

5.2 - ESTUDO DOS MINERAIS OPACOS DOS METAGABROS DE ÁGUAS CLARAS 66

5.3 - SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA (SM) DOS METAGABROS DE ÁGUAS CLARAS 77

5.4 - DISCUSSÃO 87

6 - **QUÍMICA MINERAL** 90

6.1 - INTRODUÇÃO 90

6.2 - RESULTADOS OBTIDOS..... 91
6.2.1 - **Clinopiroxênios**..... 91
6.2.2 - **Anfibólios**..... 94
6.2.2.1 - Introdução..... 94
6.2.2.2 - Classificação dos Anfibólios..... 95
6.2.2.3 - Análise das Variações Composicionais dos Anfibólios..... 111
6.2.3 - **Cloritas**..... 117
6.2.4 - **Plagioclásios**..... 122
6.2.5 - **Ilmenitas e Tinanitas**..... 122

7 - **CONCLUSÃO**..... 125

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 130

ANEXO - Resultados de análises químicas em minerais.

"As únicas coisas eternas são as nuvens..."
Mário Quintana (1906-1994)

"Aqueles que se enamoram somente da prática, sem cuidar da teoria, ou melhor dizendo, da ciência, são como piloto que embarca sem timão nem bússola. A prática deve alicerçar-se sobre uma boa teoria, ... e em não entrando por esta porta, nunca se poderá fazer coisa perfeita nem na pintura, nem em nenhuma outra profissão."
Leonardo da Vinci

A meu pai Raimundo Soares (*in memorian)*.
A minha mãe Clarisse Bezerra Soares.
À Fátima Soares Raiol.
Ao Eduardo Del Castillo Raiol

AGRADECIMENTOS

O autor deste trabalho agradece:

- Ao Prof. Roberto Dall'Agnol pela valiosa e incessante orientação dispensada;
- Ao curso de pós-graduação do Centro de Geociências da UFPA pela infraestrutura e custeamento de despesas referentes à apresentação de figuras (fotografias) desta dissertação;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fornecimento de bolsa de estudos por 30 meses;
- À Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), na pessoa do geólogo Anselmo Viana Soares pela liberação dos testemunhos de sondagens e permissão de uso de mapas e perfis confeccionados;
- Aos professores Zara Lindenmayer e Asit Choudouri pelas sugestões feitas na qualidade de relatores desta dissertação;
- Ao pessoal do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG), Hilton Túlio Costi, Régis Krás Borges, Marco Antônio Horbe, Renato Oliveira da Silva Júnior, Cláudio Nery Lamarão, Claudomiro Soares, Marco Aurélio B. M. Figueredo, Adélia Morães Pinto e Patrícia Helena Costa, especialmente ao amigo Albano Antônio da Silva Leite pelo indispensável apoio de computação gráfica;
- Aos amigos geólogos Cláudio Rodrigues Coimbra, Newton Cunha, Sandro Balieiro, Roberto Andrade e Rejane Amaral, Sérgio Pampolha e Cléris Regina Sachett pelo companheirismo e momentos de descontração, lazer e farra;
- A Maria de Lourdes Carvalho pela grande amizade;
- Ao geólogo Geraldo Sarquis pela cessão de dados obtidos;
- Aos colegas e amigos do curso de graduação e pós graduação em geologia, Cláudia Cerveira, Cintia Gaia, Valério Jardim, Paulo e Edmundo Khoury, Valdenira Santos, Antônio Pina, Guilherme Pontes, Marcelo Cohen, Helmut Köhl, Felipe Nobre Reis, Marcelo Oliveira, Edielma dos Santos Farias, Osmar Guedes, Ofir Morães Júnior e Maria do Carmo Almada;
- Aos professores Ronaldo Lemos e Carlos Albuquerque pelas dicussões;
- Aos meus irmãos Helena, Regina, Socorro, Raimundo Nonato, Valdo, Dé e Vero;
- A minha prima Dione Varejão e aos meus sobrinhos Juliane, Rogério e Carlos Eduardo;
- A Deus.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1 - Mapa de localização e acesso 12

Figura 2 - Mapa geológico e de localização dos corpos e furos do Alvo Águas Claras 23

Figura 3 - Seção vertical do corpo F-23, mostrando o furo F-72 27

Figura 4 - Seção vertical do corpo F-15, mostrando o furo F-139 28

Figura 5 - Seção vertical do corpo F-15, mostrando os furos F-70 e F-95 29

Figura 6 - Fotomicrografia de metagabro mostrando textura subofítica, com a augita englobando parcial a totalmente os cristais inteiramente saussuritizados de plagioclásios (F72/63,65) 37

Figura 7 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras, mostrando textura subofítica preservada. (F72/49,65) 37

Figura 8 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras mostrando textura intersetal caracterizada por ripas de plagioclásios saussuritizados e interstícios de cloritas (F124/87.70) 38

Figura 9 - Fotomicrografia mostrando quartzo estirado e fraturado entremeado a cristais alongados de biotitas (F72/83,90) 38

Figura 10 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras, mostrando seção basal de augita incolor (F72/49,65) 39

Figura 11 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras mostrando augita parcialmente transformada para hornblenda actinolítica (F72/49,65) 39

Figura 12 - Fotomicrografia mostrando augita parcialmente transformada para hornblenda. Hornblenda actinolítica e actinolita também se desenvolvem nas bordas da augita ou da hornblenda (F72/49,65) 41

Figura 13 - Fotomicrografia de pequeno cristal automorfo de hornblenda, e hornblenda actinolítica prismático, que são bordejadas por actinolitas (F72/49,65) 42

Figura 14 - Fotomicrografia de cristais de hornblenda incipientemente transformados para actinolitas nos bordos (NC-F7280,10) 42

Figura 15 - Fotomicrografia de metagabro mostrando restos de cristais de hornblenda (seções basais) envoltos por actinolitas de hábito fibroso..... 43
Figura 16 - Fotomicrografia mostrando hornblenda actinolítica gradando lateralmente para actinolitas (NC-F124/105,5)..... 43
Figura 17 - Fotomicrografia mostrando cristal de augita substituído pseudomorficamente por actinolita, a qual, por sua vez, é substituída por cloritas (NC-F72/49,65)..... 44
Figura 18 - Fotomicrografia de agregados em forma de plumas ou leques de hornblenda actinolítica fibrosa (NC-F72/49,65)..... 44
Figura 19 - Fotomicrografia de metagabro mostrando detalhe do plagioclásio primário inteiramente saussuritizado em contato com cristal de augita (F72/49.65)..... 46
Figura 20 - Fotomicrografia de metagabro mostrando plagioclásio saussuritizado com recristalização de albita em seus bordos (F124/91,10)..... 46
Figura 21 - Fotomicrografia de metagabro mostrando cristal neoformado de plagioclásio albítico com planos de maclamento bem definidos (F72/63,65)..... 47
Figura 22 - Fotomicrografia de metagabro mostrando detalhe de microvênula de albita associada a quartzo e epidoto (F72/63,65)..... 47
Figura 23 - Fotomicrografia de metagabro mostrando cristais de anfibólios quase que completamente substituído por cloritas (F124/92,85)..... 48
Figura 24 - Cristal de plagioclásio albítico recristalizado, cisalhado englobando cloritas quartzo e epidoto (F72/63,65)..... 48
Figura 25 - Fotomicrografia de metagabro fortemente transformado, onde tem-se massa sericítica orientada (F72/75,25)..... 50
Figura 26 - Fotomicrografia de metagabro mostrando quartzo com textura micrográfica em contato com cristal de opaco recristalizado (F72/80,10)..... 50
Figura 27 - Intercrescimento granofírico de quartzo e feldspatos, em que os últimos foram inteiramente substotuídos por clorita (F72/76,32)..... 51
Figura 28 - Fotomicrografia de metagabro mostrando quartzo primário nos insterstícios de plagioclásios saussuritizados (F72/76,32)..... 51
Figura 29 - Veio preenchido por clorita associada a grãos xenomórficos de quartzo (F72/82,60)..... 52
Figura 30 - Quartzo primário com inclusões de plagioclásios saussuritizados (F72/80,10)..... 54

Figura 31 - Cristal de opaco reliquiar apresentando lamelas de ilmenita *trellis* entremeadas a massas de leucoxênio e/ou titanita (F139/161,00)..... 54
Figura 32 - Cristal de opaco reliquiar apresentando parcial desestabilização das lamelas de ilmenita *trellis* entremeadas a finos cristais neoformados de titanita (F72/54,00).. 55
Figura 33 - Cristal de opacos recristalizados preservando relíquias pseudomorfisadas de ilmenita *trellis* em contato com quartzo granofírico (F72/83,90)..... 55
Figura 34 - Cristal recristalizado de opacos de aspecto maciço imerso em massa de biotita e quartzo (F72/83,90)..... 56
Figura 35 - Cristais de minerais opacos (ilmenita) associados a anfibólios (F72/63,65)..... 56
Figura 36 - Cristal de anfibólio com possível inclusão de badeleita (F72/49,65)..... 58
Figura 37 - Agregados de cristais de epidoto presente em metagabros (F139/148,50)..... 58
Figura 38 - Veio constituído por cristais de quartzo e carbonatos (F124/91,00)..... 59
Figura 39 - Visão parcial de um fenocristal de plagioclásio saussuritizado (F70/134,10)..... 60
Figura 40 - Representação dos domínios de um material ferromagnético..... 63
Figura 41 - Cristal de ilmenita Individual (ilm-I) moderadamente transformado para hematita e titanita ou rutilo (F-139/179,80)..... 69
Figura 42 - Agregados de ilmenitas-I parcialmente transformadas com arranjo cuneiforme (F-139/179,80)..... 69
Figura 43 - a) Intercrescimento de magnetita e ilmenita em trellis; b) Intensificação da alteração com substituição total ou parcial das lamelas de ilmenita (F-139/179,80)..... 70
Figura 44 - Cristal esqueletal de opaco (a) Ilmenita *trellis* misturadas à magnetitas e maghemitas neoformadas + titanita. (b); ilmenitas-T desestabilizadas, preservando-se parcialmente uma ilmenita P na borda (F-139/179,80)..... 71
Figura 45 - Agregado de cristais subédricos a euédricos de pirita associados com magnetita ou maghemita (F-139/170,10)..... 72
Figura 46 - Fotomicrografia de cristal de opaco esqueletal composto por ilmenitas-T entremeadas com magnetita e/ou maghemitas + titanita (F-139/144,30)..... 72
Figura 47 - Detalhe do cristal da figura anterior, mostrando a neoformação de magnetitas e/ou maghmitas nos interstícios de ilm-T (F-139/144,30)..... 73
Figura 48 - Fotomicrografia de cristais de opacos reliquiares (F-124/105,50)..... 73

Figura 49 - Fotomicrografia de cristais reliquiares recristalizados de magnetita e/ou maghemita com rutilo + ilmenita, subordinados (F-124/105,50)..... 74
Figura 50 - Fotomicrografia de cristal de Ilmenita Individual (Ilm-I) sem alteração expressiva (F-124/105,50)..... 74
Figura 51 - Cristal fraturado de magnetita ou maghemita parcialmente transformada para titanita(?) (F-139/148,50)..... 75
Figura 52 - Fotomicrografia de veio mineralizado mostrando cristais subédricos a euédricos de magnetita associados a calcopirita e pirita (F-139/154,00)..... 75
Figura 53 - Fotomicrografia do mesmo veio da figura anterio (F-139/154,00)..... 76
Figura 54 - Detalhe da figura (F-139/154,00)..... 76
Figura 55 - Perfil esquemático do furo F-72, mostrando a variação de suscetibilidade magnética..... 81
Figura 56 - Perfil esquemático do furo F-139, mostrando a variação de suscetibilidade magnética..... 82
Figura 57 - Perfil esquemático dos furos F-95 (a) e F-124 (b), mostrando a variação de suscetibilidade magnética..... 83
Figura 58 - Histograma de freqüência para os valores de suscetibilidade magnética..... 84
Figura 59 - Polígono de freqüência mostrando a variação de suscetibilidade magnética..... 85
Figura 60 - Gráfico de probabilidades para os dados de suscetibilidade magnética..... 86
Figura 61 - Diagrama Q-J de classificação de piroxênios (MORIMOTO et al., 1988) para as amostras dos metagabros de Águas Claras..... 92
Figura 62 - Diagrama quadrilateral de classificação geral de piroxênios (MORIMOTO et al., 1988) para as amostras dos metagabros de Águas Claras..... 92
Figura 63 - Diagramas de classificação de pirpoxênios (MORIMOTO et al., 1988) para os metagabros de Águas Claras..... 93
Figura 64 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F72/49,65 dos metagabros de Águas Clarase (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI)..... 99

Figura 65 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F72/63,65 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI)..... 100

Figura 66 - Diagramas para os anfibólios Fe-Mg-Mn das amostras F72/63,65 e 80,10 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI)..... 101

Figura 67 - Diagramas para os anfibólios das amostras F72/80,10 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI)..... 102

Figura 68 - Diagramas de classificação geral de anfibólios cálcicos (LEAKE, 1978) para os metagabros estudados..... 103

Figura 69 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F124/96,10 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI)..... 104

Figura 70 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F124/105,5 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI)..... 105

Figura 71 - Diaagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F139/148,50 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagramas de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs (Na+K) no sítio A vs (AlIV+AVI). 106

Figura 72 - Diagramas para anfibólios cálcicos da amostra F139/148,50 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagramas de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs (Na+K) no sítio A vs (AlIV + AlVI)..... 107

Figura 73 - Diagrama de classificação de LEAKE (1978), mostrando os diveros tipos de anfibólios cálcicos (F72/49,65;F72/63,65;F72/80,10)..... 108

Figura 74 - Diagrama de classificação de LEAKE (1978), mostrando os diversos tipos de anfibólios cálcicos que ocorrem nos metagabros de Águas Claras. Furo F124 (amostras F124/105,50 e F124/96,10A)..... 109
Figura - 75 - Diagrama de classificação de LEAKE (1978), mostrando os diversos tipos de anfibólios cálcicos que ocorrem nos metagabros de Águas Claras. Furo F139 (amostras F139/148,50 e F139/161,65..... 110
Figura 76 - Projeção da composição de anfibólios dos metagabros de Águas Claras em gráfico ternário BC vs (ANa+AK) vs (TAl+CAl): (a) amostras do furo F72; (b) amostras do furo F124 e (c) amostras do furo F139..... 112
Figura 77 - Diagramas mostrando a correlação entre o alumínio tetraédrico (TAl) versus (Na+K) em ocupância no sítio A: (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F72(/49,65+63,65+80,10); (d) F124(105,5+96,10A); (e) F139(148,5+161,65).... 114
Figura 78 - Diagramas mostrando a correlação entre o alumínio tetraédrico + octaédrico (TAl+CAl)) versus (TSi+CMg): (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F72(/49,65+63,65+80,10); (d) F124(105,5); (e) F124(105,5+96,10A); (f) F139(148,5+161,65)..... 115
Figura 79 - Diagramas mostrando a correlação entre o alumínio tetraédrico (TAl) versus titânio no sítio C (CTi): (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F72(/49,65+63,65+80,10); (d) F124(105,5+96,10A); (e) F139(148,5+161,65).... 118
Figura 80 - Diagrama mostrando correlação entre Tal versus Al+Fe^3+Ti no sítio C +Na+K no sítio A (CAl+CFe^3+CTi+ANa+K)..... 119
Figura 81 - diagramas a classificação de cloritas que ocorrem nos metagabros de Águas Claras conforme recomendado por HEY (1954)..... 120
Figura 82 - Diagramas Ab-An-Or para as amostras dos metagabros de Águas Claras..... 123

Tabelas

Tabela 1 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo de sondagem F-72 do metagabro Águas Claras..... 32
Tabela 2 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo de sondagem F-139 do metagabro Águas Claras..... 33
Tabela 3 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo F-124..... 34

Tabela 4 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo de sondagem F-95 do metagabro Águas Claras..... 34
Tabela 5 - Suscetibilidade de vários tipos de rochas..... 64
Tabela 6 - Suscetibilidade de vários minerais..... 65
Tabela 7 - Suscetibilidade magnética dos metagabros de Águas Claras..... 79
Tabela 8 - Esquema de estágios evolutivo e respectivas paragêneses para os metagabros de Águas Claras..... 129

RESUMO

O presente trabalho evidencia a evolução petrológica dos metagabros de Águas Claras, procurando reconstituir sua evolução desde o estágio magmático até o metamórfico-hidrotermal. Esses metagabros constituem um *sill* de idade arqueana (2,645 ± 12 Ma), que é intrusivo na Formação Águas Claras e possui mineralizações de ouro e sulfetos associadas. Foram estudadas amostras provenientes dos furos de sondagem F-70, F-72, F-95, F-124 e F-139, executados pela DOCEGEO. Petrograficamente, os metagabros foram classificados em dois grupos distintos: a) metagabros fortemente transformados, onde a textura magmática está obliterada e a mineralogia primária totalmente substituída; b) metagabros com textura ígnea preservada, que com base no conteúdo modal dos piroxênios foram subdivididos em quatro subgrupos: 1) Cpx > 30%; 2) 30% > Cpx > 15%; 3) 15% > Cpx > 4% e; 4) Cpx < 4%. As rochas do segundo grupo exibem textura subofítica a ofítica, com predomínio da primeira. As assembéias mineralógicas primárias eram constituídas por augitas, plagioclásio cálcico, titano-magnetita + ilmenita e quartzo granofírico. Os minerais oriundos de transformações hidrotermais são anfibólios, cloritas, epidotos, sericita, albita, opacos (óxidos de Fe e Ti secundários), titanita e leucoxênio. A proporção entre minerais primários e secundários é variável e depende da intensidade dos processos metamórfico-hidrotermais que afetaram essas rochas. A ausência de rochas portadoras de olivina, aliada à presença de quartzo primário, indicam que o magma tinha composição quartzo-toleiítica, sendo ligeiramente saturado em sílica.

Os minerais opacos identificados foram magnetita e/ou maghemita, ilmenita (*Trellis, Composite, Pacht* e Individual), com pirita e calcopirita subordinadas. Rutilo, titanita e leucoxênio associam-se aos óxidos mencionados. Os opacos exibem uma grande variação nos seus conteúdos modais (0,2 a 6,6%) e modo de ocorrência. Isso se reflete nos valores de suscetibilidade magnética (SM) que variam de 0,618 x 10^{-3} a 49,47 x 10^{-3} SI. Não há nenhuma correlação entre SM e os grupos e subgrupos de metagabros, mostrando que os valores de SM e, conseqüêntemente, o conteúdo de magnetita, não dependem do grau de preservação das rochas. Com base no tratamento estatístico dos dados, foram distinguidos três grupos de metagabros em termos de comportamento de SM. O grupo com valores mais baixos de SM (SM < 1,660 x 10^{-3} SI) é o que abrange o maior número de amostras e corresponde aos metagabros em que a magnetita primária foi inteiramente foi inteiramente substituída por titanita e leucoxênio. O

segundo grupo (SM variando de 1,660 x 10^{-3} a 8,494 x 10^{-3} SI) apresenta uma neoformação moderada de magnetita ou maghemita , as quais de desenvolvem sobre os opacos secundários, independentemente do grau de preservação das paragêneses primárias. No terceiro grupo (SM > 11,224 x 10^{-3}) tem-se uma neoformação intensa de magnetita sobre os opacos primários e/ou disseminações ou veios na rocha a base de pirita, calcopirita e magnetita, relacionadas aos processos mineralizantes.

Os minerais analisados em microssonda eletrônica incluem clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásios, cloritas, ilmenitas e titanitas.

As composições augíticas obtidas nos clinopiroxênios sem evidências de alteração e as suas altas razões $Mg/(Mg+Fe^{+2})$, bem superiores àquelas fornecidas pelos anfibólios das mesmas amostras, assim como a notável homogeneidade composicional dos clinopiroxênios indicam claramente que os mesmos sejam de origem magmática.

Os anfibólios são em sua grande maioria cálcicos e se distribuem passando do campo das ferro-hornblendas para o das ferro-hornblenda actinolíticas e deste para os das ferro-actinolitas e actinolitas. Essa variação se dá com um nítido crescimento das razões $Mg/(Mg+Fe^{+2})$, paralelamente ao aumento de Si. Algumas poucas análises situam-se na porção inferior do campo das hornblendas actinolíticas e um número ainda menor, no das hornblendas magnesianas.

Em termos das variedades petrográficas de anfibólios constata-se que os anfibólios designados como "hornblendas" tendem efetivamente a se concentrar no campo das ferro-hornblendas ou, excepcionalmente, hornblendas magnesianas. Já os anfibólios designados como "hornblendas actinolíticas", tendem a se concentrar no campo das ferro-hornblendas actinolíticas, entretanto eles invadem os campos vizinhos e podem receber designações muito diversificadas. Finalmente, as "actinolitas" se concentram de fato nos campos das ferro-actinolitas e actinolitas, porém invadindo os campos das hornblenda actinolíticas e ferro-hornblendas actinolíticas. Conclui-se que tem-se um quadro geral razoavelmente coerente entre os vários tipos texturais de anfibólios e as suas classificações determinadas com base nas análises na microssonda eletrônica. Assim, os anfibólios verde oliva, cristalizados mais precocemente, são dominantemente ferro-hornblendas, os anfibólios prismáticos verde azulados, um pouco mais tardios em relação às hornblendas, são geralmente ferro-hornblendas actinolíticas e suas transições composicionais para os campos limítrofes, e os anfibólios finos e fibrosos, tardios, são em sua maioria actinolitas ou ferro-actinolitas.

Em termos dos anfibólios ferro-magnesianos, aqueles associados à alteração local do clinopiroxênio, possuem composições variando de cummingtonita a grunerita, ao passo que os demais plotam no campo das cummingtonitas.

A avaliação das possíveis substituições envolvidas na evolução dos anfibólios cálcicos dos metagabros de Águas Claras indica que nas hornblendas substituições tschermakíticas, edeníticas e aquelas envolvendo Ti octaédrico tiveram um papel fundamental. Nos demais anfibólios, a substituição tschermakítica parece inteiramente dominante sobre as outras duas. O enriquecimento em Ti e os tipos de substituição apresentados são coerentes com a formação das hornblendas a temperaturas mais elevadas que os demais anfibólios.

As cloritas analisadas situam-se no campo das brunsvigitas, transicionando para o das ripidolitas ou no campo das pycnocloritas (relacionadas com à alteração de clinopiroxênios).

Os geotermômetros baseados na composição das cloritas (CATHELINEAU & NIEVA, 1985; ZANG & FYFE, 1995) indicaram temperaturas variando respectivamente entre 224 e 333°C ou entre 151 e 261°C, sendo a segunda opção, aparentemente mais coerente no caso estudado. De qualquer modo, ambos os geotermômetros revelam a formação da clorita a temperaturas relativamente baixas, confirmando o seu caráter tardio na seqüência evolutiva dos metagabros.

Os plagioclásios analisados revelaram composições albíticas (An<3 e An entre 7 e 10; Or variando entre 0,25 e 5,25%).

As análises de lamelas de ilmenita *trellis* e manchas de ilmenita em *patches* acusaram conteúdos relativamente elevados de MnO, traduzidos em 7 a 11% de moléculas de pyrofanita. As análises de titanita revelaram conteúdos expressivos de FeO, MgO e Al_2O_3, refletindo o alto grau de impureza dessas titanitas.

O conjunto de dados obtidos no presente trabalho leva a propor um esquema evolutivo para os metagabros de Águas Claras.

Primeiramente um estágio de cristalização magmático de gabros grossos com textura subofítica e caráter toleítico. A principal fase máfica é um clinopiroxênio augítico associado a plagioclásio labradorítico e titanomagnetitas. Nos estágios tardios da cristalização formam-se intercrescimentos granofíricos entre quartzo e feldspatos. No estágio subsolidus, a temperaturas em torno de 600°C, a titanomagnetita completa a sua transformação em intercrescimentos de ilmenita *trellis* e magnetita. Muito provavelmente dá-se então a formação de ferro-hornblendas

através da substituição parcial do clinopiroxênio. Com a intensificação das transformações hidrotermais e continuando o resfriamento do corpo básico, ocorrem a total saussuritização dos plagioclásios primários, a substituição extensiva dos clinopiroxênios e de parte da ferro-hornblenda formada no estágio anterior por actinolita e o desequilíbrio da magnetita que é substituída por titanita e leucoxênio. Pode-se estimar uma temperatura em torno de 450°C para este estágio. A temperaturas ainda mais baixas, dá-se a deformação do corpo em zonas localizadas, e desenvolve-se um estágio de cloritização extensiva, mas irregularmente distribuída, acompanhado pela formação de epidoto e albita, bem como pela recristalização dos opacos, gerando novas fases magnéticas, responsáveis pelo aumento de SM nos metagabros. Esse estágio está muito provavelmente associado no tempo à geração das mineralizações de sulfetos e ouro. Ele marca o final da complexa evolução dos metagabros de Águas Claras.

ABSTRACT

The present work discusses the petrological evolution of the Águas Claras metagabbros, trying to reconstruct its evolution from the magmatic stage to the subsolidus, hydrothermal stage. These metagabbros yielded an Archean age (2.645±12 Ma) and have associated gold and sulfide mineralizations. They occur as a sill, intruding the Águas Claras Formation. Samples from the F-70, F-72, F-95, F-124 and F-139 drill holes, undertaken by DOCEGEO, were studied. Petrographically, the metagabbros were classified in two distinct groups: a) strongly altered metagabbros, where the magmatic texture is obliterated and primary mineralogy entirely replaced; b) metagabbros with preserved magmatic texture. The latter are divided into four subgroups, according to their pyroxene modal content: 1) Cpx > 30%, 2) 30% > Cpx > 15%, 3) 15% > Cpx > 4% and 4) Cpx < 4%. The rocks of the second group display ophitic or subordinate subophitic textures. The primary mineralogical assemblages were constituted by augite, calcic plagioclase, titanomagnetite + ilmenite and granophyric quartz. The secondary minerals, related to the hydrothermal alteration processes, are amphiboles, chlorites, epidotes, sericite, albite, opaques (Fe and Ti secondary oxides), titanite and leucoxene. The modal contents of primary and secondary minerals are variable, depending on the intensity of hydrothermal processes. The absence of olivine, together with the common occurrence of primary quartz, indicate that the magma had a quartz-tholeiitic composition, being slightly saturated in silica.

The identified opaque minerals were magnetite and/or maghemite, ilmenite (trellis, composite, patch and individual textural types) with subordinated pyrite and chalcopyrite. Associated to the mentioned oxides are rutile, titanite and leucoxene. The opaques exhibit a great variation in their textures and modal contents (0.2 to 6.6%). The latter aspect is directly related to the magnetic susceptibility (MS) values, which also vary largely from 0.618×10^{-3} to 49.47×10^{-3} IS. There is no a clear correlation between MS and metagabbros groups and subgroups, showing that the MS values, and consequently, the magnetite content, do not depend on the degree of primary assemblage preservation. On the basis of a statistical data treatment, three metagabbro groups were distinguished in terms of MS behavior. The group with lower MS values (MS < 1.660×10^{-3}) comprises the largest number of samples and corresponds to the metagabbros in which the primary magnetite was entirely replaced by titanite and leucoxene. The second group (MS varying from 1.660×10^{-3} to 8.494×10^{3} IS) presents a moderate neoformation of magnetite

or maghemite, which developed over the secondary opaques, independently of the degree of preservation of the primary paragenesis. In the third group (MS >11.224 x 10^{-3}), it is observed very frequently the neoformation of magnetite over the altered primary opaques and/or dissemination of pyrite-, chalcopyrite- and magnetite-bearing veins, related to the mineralizing processes.

Clinopyroxenes, plagioclases, chlorites, ilmenites and titanites were analyzed by electron microprobe.

The no altered clinopyroxenes display augitic composition and high $Mg/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$ ratios, far higher than those obtained in amphiboles from the same samples. These aspects, as well as the remarkable clinopyroxene compositional homogeneity, clearly indicate that they are magmatic in origin.

A large majority of the analyzed amphiboles is calcic, spreading in the fields of ferrohornblendes, actinolitic ferrohornblendes, ferroactinolites and actinolites. The transition from ferrohornblendes to actinolites occurs by the simultaneous growth of the $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ ratios and Si contents. A few analyses plot in the lower area of the actinolitic hornblende field, or, in a yet smaller number, in the magnesian hornblende field.

Concerning the comparison between the petrographic characteristics and chemical compositions of the different kind of amphiboles, it is concluded that the amphiboles tentatively classified as hornblendes tend to concentrate in the ferrohornblende field, or exceptionally in the magnesian hornblende field. The amphiboles named tentatively as actinolitic hornblendes tend effectively to concentrate in the actinolitic ferrohornblende field, but they invade neighboring fields and their chemical classification is quite variable. Finally, the "actinolites" have chemical compositions plotting generally in the ferroactinolite and actinolite fields and eventually in those of actinolitic hornblende and actinolitic ferrohornblende. It results a quite good coherence among the various textural types of amphiboles and their classification based on electron microprobe analyses. Hence, the olive green earlier crystallized amphiboles are chiefly ferrohornblendes; the bluish green prismatic amphiboles, a little bit later than the hornblendes, are mainly actinolitic ferrohornblendes or other amphiboles with similar compositions; and finally, the latter crystallized fibrous, very fine-grained amphiboles, are in majority, actinolites or ferroactinolites.

In terms of the ferromagnesian amphiboles, those associated to the local alteration of clinopyroxene present compositions varying from cummingtonite to grunerite, whereas the others plot in the cummingtonite field.

The evaluation of possible substitutions involved in the evolution of the calcic amphiboles of the Águas Claras metagabbro indicates that tschermakitic and edenitic substitutions, together with those involving Ti of the octahedric site, played an important role in the hornblendes. In the other amphiboles, the tschermakitic substitutions seem entirely dominant over the other two. The Ti enrichment and the kind of substitution reactions presented by the hornblendes suggested its crystallization at comparatively more elevated temperatures than those for the other amphiboles.

The analyzed chlorites plot in the brunsvigite field, grading to the ripidolite or pycnochlorite fields (only those related to the clinopyroxene replacement).

Chlorite geothermometers (CATHELINEAU & NIEVA, 1985; ZANG & FYFE, 1995) indicated temperatures varying, respectively, between 224 and 333°C or between 151 and 261°C, being the second option, apparently more coherent in the studied rocks. Anyway, both geothermometers reveal a chlorite formation at relatively low temperatures, corroborating its late character in the metagabbros evolution.

The analyzed plagioclases displayed albitic compositions (An < 3 and An between 7 and 10; Or ranging between 0.25 and 5.25%).

The analyses of lamellae of trellis ilmenites and of patch ilmenites indicate relatively highly MnO_2 contents, resulting contents of 7 to 11% of molecular pyrophanite. The titanite crystals are significantly enriched in FeO, MgO and Al_2O_3, demonstrating their high degree of impurities.

The whole obtained data suggest the following petrologic evolution for the Aguas Claras metagabbros:

Firstly, the magmatic crystallization of subophitic coarse gabbros with a tholeiitic character. The major mafic phase is an augitic pyroxene associated to labradoritic plagioclase and titanomagnetite. In the latter crystallization stage, granophyric intergrowths of quartz and feldspars are formed. In the subsolidus stage, at a temperature around 600°C, the titanomagnetite is completely transformed in intergrowths of trellis ilmenite and magnetite. Most likely, the formation of ferrohornblende at the expenses of clinopyroxene partial substitution, occurs at this same temperature. During the continuous cooling of the basic body, the hydrothermal alteration is intensified resulting the total saussuritization of the primary plagioclase, an extensive replacement

of the clinopyroxene and of part of the ferrohornblende formed in the former stage by actinolite and the destabilization of the magnetite which is replaced by titanite and leucoxene. A temperature of ca. 450°C can be estimated for this stage. At yet lower temperatures, the basic sill is deformed, and a stage of extensive but erratically distributed chloritization is developed. It is characterized by the formation of chlorite and epidote, as well as by the opaque recrystallization, generating new magnetic phases, responsible by the MS increase in the metagabbros. This stage is much probably associated in time to the generation of sulfides and gold mineralizations. It sets the end of the complex evolution of the metagabbros from Águas Claras.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

A Província Mineral de Carajás tem se afirmado ao longo do tempo como uma das principais províncias minerais em escala mundial. Além dos depósitos de ferro e manganês, explorados há vários anos, ela representa atualmente uma das áreas mais promissoras para a prospecção de ouro e sulfetos, com várias jazidas já identificadas e diversos alvos em fase de prospecção final. Dentre as jazidas de ouro destaca-se a do Igarapé Bahia que teve recentemente anunciada a expansão de suas reservas. Em área próxima ocorre o alvo Águas Claras, também mineralizado em ouro, num contexto que guarda algumas similaridades com o do Igarapé Bahia.

A região de Carajás apresenta muitas sequências máficas de idade arqueana, as quais se associam geralmente as mineralizações auríferas mais expressivas. O alvo Águas Claras corresponde geologicamente a uma ocorrência de um *sill* máfico, colocado em uma sequência sedimentar (Formação Águas Claras), o qual foi afetado por intensas transformações metamórfico-hidrotermais e deformação rúptil-dúctil. Associados a esses processos foram geradas mineralizações de ouro e sulfetos.

O presente trabalho é voltado para o estudo dos metagabros de Águas Claras, visando a aprofundar o conhecimento do mesmo dos pontos de vista petrográfico, de petrologia magnética e de química mineral. Essa pesquisa foi desenvolvida integrada ao Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitóides (GPPG) do Departamento de Geoquímica-Petrologia do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará. Os estudos dos metagabros de Águas Claras por parte do GPPG - realizados em colaboração direta com o geólogo Anselmo D. V. Soares da DOCEGEO, um dos responsáveis pelo estudo dessa área (cf. SOARES et al., 1994) - iniciaram através de um projeto denominado "Estudo Petrológico da Borda Oeste do Granito Central e dos Corpos Máficos Associados à Formação Águas Claras", desenvolvido através de convênio UFPA - Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). BARROS et al. (1994a) apresentaram os resultados referentes aos metagabros de Águas Claras nesse relatório e BARROS et al. (1994b) sintetizaram as informações existentes sobre um dos furos estudados em maior detalhe. Numa etapa subseqüente, o geólogo Geraldo Sarquis Dias, atuando como bolsista de Desenvolvimento Científico Regional, vinculado ao GPPG, aprofundou em colaboração com o autor do presente trabalho, o estudo petrográfico e de suscetibilidade magnética dos metagabros e efetuou a

datação dos mesmos em colaboração com o Prof. Moacir J. B. Macambira. A maior parte desses dados consta de um relatório inédito, tendo sido apenas parcialmente divulgados (DIAS et al., 1996a, b).

1.2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A área Águas Claras localiza-se na porção norte da Província Mineral de Carajás (PMC), a aproximadamente 28 km a sudeste da mina do Igarapé Bahia e a 23 km a sudoeste da mina de ferro N4 (Figura 1). As rochas gabróicas registradas na região de Águas Claras foram estudadas por BARROS et al. (1994a, b), cujos resultados permitiram uma caracterização petrográfica e geoquímica preliminar dessas rochas e das transformações metamórfico /hidrotermais a que foram submetidas. As rochas estudadas por eles são testemunhos de sondagem do Furo F-72, realizado em um *sill* básico que se encontra encaixado nos sedimentos da Formação Águas Claras (SOARES et al., 1994).

Neste trabalho foram estudados os testemunhos de sondagem dos furos F-70, F-72, F-95, F-124 e F-139, procurando complementar, ampliar e integrar os dados obtidos em etapas anteriores, em termos de estudos petrográficos e de petrologia magnética, bem como acrescentar as informações de quimismo mineral até então não disponíveis. A integração dos dados obtidos visa a uma melhor caracterização das transformações mineralógicas e texturais impostas ao *sill* básico de Águas Claras, bem como de seus reflexos nas composições químicas de suas principais fases minerais.

1.3 - APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Os metagabros de Águas Claras foram estudados anteriormente por BARROS et al. (1994a, b), sendo que: (1) até o momento a caracterização petrográfica limita-se ao estudo do furo F-72 e ao reconhecimento preliminar dos furos F-124 e F-139; (2) os estudos geoquímicos foram desenvolvidos apenas na porção superior do furo F-72 e limitaram-se às rochas menos transformadas; (3) carece-se, portanto, de estudos mais detalhados tanto a nível petrográfico, quanto geoquímico para caracterizar adequadamente o *sill* de Águas Claras; (4) não se dispõe de nenhuma informação sobre o quimismo dos minerais que formam os metagabros, o que dificulta a definição das paragêneses formadas durante os diferentes estágios de sua

transformação hidrotermal, bem como das suas condições de formação; (5) dispõe-se de um número muito limitado de medidas de suscetibilidade magnética e a caracterização dos minerais opacos formados por óxidos de ferro e titânio, foi feita apenas de modo preliminar, sendo insuficiente para compreender a sua complexa evolução durante os vários processos que atuaram sobre os metagabros; (6) o estudo parcial do furo F-72 sugeriu a existência de processos de diferenciação magmática no *sill*, além de transformações hidrotermais intensas, provavelmente em dois eventos distintos, necessitando-se compreender melhor os efeitos causados pelos diferentes processos na evolução do corpo magmático; (7) a compreensão da evolução das rochas básicas de Águas Claras é importante para estabelecer comparações entre as mesmas e as demais seqüências máficas da região de Carajás.

1.4 - OBJETIVOS

Os objetivos fundamentais deste trabalho são:

1) caracterizar petrograficamente as rochas do *sill*, procurando definir as paragêneses relacionadas aos diferentes eventos que as afetaram e as transformações mineralógicas decorrentes dos processos hidrotermais;

2) Caracterizar os minerais opacos presentes nos metagabros, enfatizando os óxidos de ferro e titânio e as transformações sofridas pelos mesmos ao longo da evolução hidrotermal. Estabelecer relações entre as variações mineralógicas e texturais dos minerais opacos e a suscetibilidade magnética das rochas que os hospedam, para delinear a história dessas rochas em termos de petrologia magnética;

3) Obter as composições das fases minerais mais relevantes, procurando estabeler relações entre a natureza das associações minerais e as suas condições de formação;

4) Estabelecer comparações com os resultados de BARROS et al., (1994a,b) para o furo F-72 e também com as demais seqüências máficas da região de Carajás.

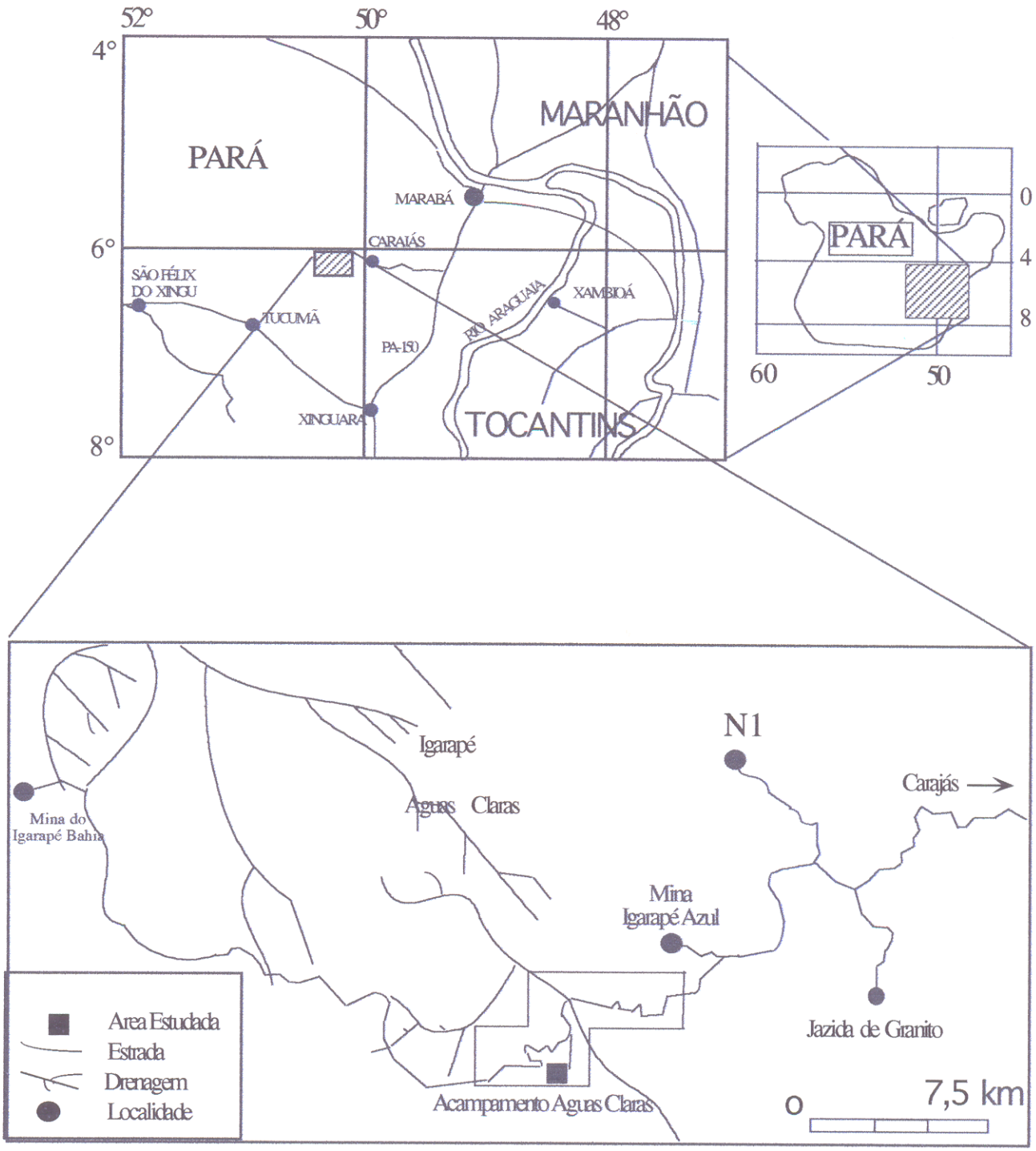


Figura 1 - Mapa de localização e acesso da área estuda (NOGUEIRA, 1995, modificado)

1.5 - METODOLOGIA

Trabalhos de Campo: a amostragem dos testemunhos de sondagem dos furos estudados foi feita por R. Dall'Agnol e C.E.M. Barros com apoio dos geólogos A.D.V. Soares e L. P. Martins da DOCEGEO. A amostragem foi feita de maneira sistemática, indo desde as zonas menos afetadas pelos processos hidrotermais, até aquelas onde os mesmos foram mais intensos. Não se deteve, no entanto, ao estudo das zonas mineralizadas, pois foram abordadas por SILVA (1996).

Petrografia: estudo macro e microscópico detalhado, com descrições sistemáticas, análise textural, definições das paragêneses relacionadas aos diferentes eventos e realização de análises modais, em particular das rochas cujos minerais foram analisados na microssonda eletrônica. Minerografia de amostras dos diferentes furos levando em conta as variações dos valores de suscetibilidade magnética;

Suscetibilidade Magnética: as medidas foram efetuadas com o suscetibilímetro SI-1 da Saphyre Instruments, utilizando bobina plana em amostras serradas com superfícies regulares. Informações adicionais são fornecidas no capítulo sobre esse tema.

Análises Químicas em Microssonda: as lâminas delgadas foram polidas e metalizadas nas universidades de Brasília (UnB) e do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde também foram feitas as análises químicas de minerais em microssonda eletrônica. Foram analisados clinopiroxênios, anfibólios, cloritas, plagioclásios e opacos. Os primeiros resultados foram obtidos no Laboratório de Microssonda Eletrônica do Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da UFRGS, em uma microssonda automática tipo CAMECA modelo SX-50. Os minerais foram analisados usando uma voltagem de excitação de 15 kV; tempo de análise de 6s para todas as fases; corrente de 25 mA (anfibólios, opacos e piroxênios) e 10 mA (plagioclásios); o diâmetro do feixe de elétrons foi de 5μ (anfibólios) e 1μ (opacos). A maioria dos dados foram obtidos no Laboratório de Microssonda Eletrônica da UnB, também em microssonda automática tipo CAMECA SX50, com voltagem de 15 kV; corrente do feixe de elétrons de 25 mA; diâmetro do feixe de elétrons de 5μ; cerca de 10s para cada elemento analisado; erro analítico de ±2% para elementos maiores e ±5% para os menores. Os padrões utilizados em ambos laboratórios foram minerais naturais e vidros sintéticos.

Os teores de Fe_2O_3 dos anfibólios foram calculados de acordo com o programa de RICHARD & CLARKE (1990).

2 - GEOLOGIA REGIONAL DE CARAJÁS COM ÊNFASE NAS SEQUÊNCIAS MÁFICAS

2.1 - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Província Mineral de Carajás (PMC) localiza-se no sudeste do Estado do Pará, na borda oriental do Cráton Amazônico (ALMEIDA 1978), possuindo importantes mineralizações de ferro, manganês, cobre, ouro, etc.

Várias colunas lito-estratigráficas têm sido propostas para a PMC, tais como as de MEDEIROS (1987), DOCEGEO (1988), HUHN et al., (1988), MONTALVÃO et al., (1988) e ARAÚJO et al., (1994), COSTA et al., (1994), SOUZA (1994), sendo que as quatro últimas restringem-se a região de Rio Maria.

O embasamento da área seria o Complexo Xingu (SILVA et al., 1974 e HIRATA et al., 1982), que englobava originalmente uma série de rochas granitóides, gnaisses e granulitos. Com o avanço do conhecimento ele foi desdobrado em diversas unidades: Supergrupo Andorinhas (HUHN et al., 1988; SOUZA, 1994); Granodiorito Rio Maria (DALL'AGNOL et al., 1986; MEDEIROS, 1987; MEDEIROS & DALL'AGNOL, 1988); Trondhjemito Mogno e Tonalito Parazônia (DOCEGEO, 1988; HUHN et al., 1988); Granitos Mata Surrão e Xinguara (SOUZA et al., 1990; DUARTE, 1992) e Granito Guarantã (ALTHOFF et al., 1991).

O *greenstone* Identidade (SOUZA, 1994) faz parte do Supergrupo Andorinhas (DOCEGEO, 1988), constituindo-se, predominantemente, de rochas máficas a ultramáficas com vulcânicas félsicas subordinadas.

Ao norte do terreno granito-*greestone* de Rio Maria, ARAÚJO et al. (1988) definiram o Cinturão Itacaiúnas, individualizando-o em dois segmentos estruturais. O Domínio Imbricado, na porção sul, é constituído por gnaisses tonalíticos a granodioríticos, migmatizados ou não, correlacionáveis ao Complexo Xingu (SILVA et al., 1974), granulitos máficos e enderbitos (Complexo Pium), faixas de rochas supracrustais retrabalhadas (Grupo Sapucaia) e granitóides estratóides (Suite Plaquê).

O Domínio Transcorrente, ao norte, engloba os sistemas Cinzento e Serra dos Carajás. O primeiro sendo caracterizado por seqüências vulcano-sedimentarares tipo *greenstone-belt* pertencentes ao Grupo Rio Novo. O Sistema Serra dos Carajás abrange o granito gnaissificado

Estrela e o Grupo Grão-Pará. O Grupo Grão-Pará (CVRD/CMM, 1972) engloba uma seqüência de rochas metavulcânicas de médio a baixo grau metamórfico (Formação Parauapebas, HIRATA et al., 1982) e formações ferríferas intercaladas que contêm o protominério das jazidas de ferro de Carajás (Formação Carajás, BEISIEGEL et al., 1973). A seqüência superior do Grupo Grão-Pará é constituída por sedimentos anquimetamórficos correlacionados inicialmente à Formação/Grupo Rio Fresco (BARBOSA et al., 1966; CUNHA et al., 1984) e, posteriormente, redefinidos como Formação Águas Claras (ARAÚJO et al., 1988; NOGUEIRA, 1995).

Por outro lado, DOCEGEO (1988) propôs a designação de Supergrupo Itacaiúnas para englobar os grupos Grão-Pará, Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Igarapé Bahia e Buritirama. Este Supergrupo corresponderia a uma seqüência vulcano-sedimentar arqueana, apresentando graus metamórficos variados.

Diversos corpos graníticos anorogênicos são registrados na PMC. O alojamento dessas intrusões graníticas ocorreu em torno de 1,88 Ga (MACHADO et al., 1991, LAFON & MACAMBIRA, 1992). São conhecidos na região de Rio Maria os Granitos Jamon (DALL'AGNOL, 1982, 1987), Musa e Marajoara (GASTAL 1987, 1988), Banach (HUHN et al., 1988; DUARTE, 1992) e Redenção (MONTALVÃO et al., 1982; BARBOSA et al., 1994). Na região de Carajás destacam-se os corpos Serra dos Carajás (SILVA et al., 1974; JAVIER RIOS, 1991; JAVIER RIOS et al., 1992; BARROS et al., 1994a), Cigano (DALL'AGNOL et al., 1986; GONÇALEZ et al., 1988) e Pojuca (MACHADO et al., 1991).

2.2 - AS SEQÜÊNCIAS MÁFICAS DA PMC: ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL, GEOQUÍMICA, AMBIENTE TECTÔNICO, METAMORFISMO E GEOCRONOLOGIA

Diversos autores têm estudado as sequências de rochas máficas da Província Mineral de Carajás (PMC) através de dados petrográficos e geoquímicos. Esses dados geraram interpretações bastante polêmicas acerca do ambiente geotectônico da província. A seguir serão sumarizadas as principais conclusões de vários autores que tiveram como escopo as rochas básicas da PMC.

Para ARAÚJO et al. (1991), as seqüências máficas pertencentes ao Supergrupo Itacaiúnas, conforme definido por DOCEGEO (1988), são cronocorreladas, moldadas por um

esquema estrutural de *rifts*, lenticularizadas e, posteriormente, embricadas durante a fase de inversão. Com base neste modelo, os referidos autores consideram todas essas seqüências como integrantes do Grupo Grão-Pará.

A possível contemporaneidade das seqüências metavulcânicas da região de Carajás também foi discutida por MEDEIROS NETO & VILLAS (1984), FERREIRA FILHO & DANNI (1985), GIBBS et al. (1986), DARDENNE et al. (1987), MEIRELLES & DARDENNE (1991), LINDENMAYER & FYFE (1991, 1992), LINDENMAYER et al., (1994a). Assim, MEDEIROS NETO & VILLAS (1984) acreditam que o Grupo Grão-Pará e as seqüências Buritirama e Salobo-Pojuca sejam representantes de diferentes fácies de uma única seqüência vulcano-sedimentar.

GIBBS et al. (1986) admitem que os basaltos e riolitos da seqüência inferior do Grupo Grão Pará (Formação Parauapebas - DOCEGEO, 1988) possuem características de um vulcanismo bimodal, formado em ambiente continental. Estudos geoquímicos realizados por WIRTH et al. (1986) mostraram que os basaltos do Grupo Grão-Pará devem ter atravessado uma crosta siálica preexistente. Isso é admitido pelo enriquecimento em K, Rb, Ba e ETR leves e o empobrecimento em Th, Nb, Sr, P e Ti. O contraste nas quantidades relativas de material crustal assimilado durante a ascensão do magma máfico explicaria as variações dos produtos desde basaltos até traqui-andesitos.

LINDENMAYER & FYFE (1991, 1992) assumiram a proposta litoestratigráfica de ARAÚJO et al. (1988, 1991) e concluíram que os Grupos Salobo e Pojuca são constituídos por basaltos continentais enriquecidos em LILE. Os valores de LILE sugerem que a seqüência Salobo-Pojuca é derivada em toda a Bacia Carajás de uma única fonte magmática do tipo E-MORB. O modelo genético assumido pelos primeiros autores, corrobora as proposições de GIBBS et al. (1986) para as seqüências metavulcânicas do Grupo Grão-Pará.

Por outro lado, DARDENNE et al. (1987) e MEIRELLES & DARDENNE (1991) interpretaram o vulcanismo do Grupo Grão-Pará (basáltico a basáltico-andesítico) como sendo de caráter shoshonítico, formado em arco magmático, vinculado a um complexo de subducção arqueano, cujo motor de ascensão para MEIRELLES & DARDENNE (1991) seria um sistema de *riftes* formado em crosta continental e associado a uma orogênese em área adjacente.

RIVALENTI et al. (1992) identificaram diversos tipos de rochas básicas na região de Carajás, tais como: os basaltos do Grupo Grão-Pará (GP) com intercalações de riolitos e

dacitos; um enxame de diques na direção NE a NNE (NED); um enxame de diques de direção NW a NNW (NWD); diques de direção N-S (NSD) e *sills* básicos (SB). Os GP são latibasaltos e basaltos andesíticos com afinidade cálcico-alcalina; os NED e SB são basaltos toleíticos e basaltos andesíticos; os NWD e NSD são, dominantemente, basaltos transicionais. Os basaltos GP são metamórficos, enquanto que os demais sofreram anfibolitização não acompanhada de deformação.

Recentes estudos de TEIXEIRA (1994) e TEIXEIRA & EGGLER (1994) no depósito de ferro N4, classificaram as rochas extrusivas e intrusivas do Grupo Grão-Pará, respectivamente, como andesitos basálticos cálcico-alcalinos de médio potássio e quartzo dioritos cálcico-alcalinos de alto potássio, estes últimos com afinidade shoshonítica devido ao seu alto conteúdo em K_2O. Padrões de REE, LILE e HFSE indicam que ambos os magmas são relacionados a arcos vulcânicos. Nesse contexto, os referidos autores, propõem um processo de subducção de uma crosta oceânica que separava duas microplacas (Complexo Xingu e Supergrupo Andorinhas). Os metandesitos basálticos teriam se formado durante a fase pré-colisional, enquanto que os quartzo-dioritos seriam gerados após a colisão das microplacas.

LINDENMAYER et al. (1995) destacam o papel da alteração hidrotermal como modificador das composições químicas originais das rochas máficas da PMC e concluem, reafirmando a hipótese, assumida anteriormente, de uma afiliação toleiítica continental para as referidas rochas.

Nas rochas básicas da região de Carajás são registrados efeitos de processos metamórfico-hidrotermais, sendo estas transformações o objetivo de diversos trabalhos, tais como os de RIBEIRO (1989), RIBEIRO & VILLAS (1990), LINDENMAYER (1990), BARROS et al. (1994a,b), LINDENMAYER et al. (1994a), TEIXEIRA & EGGLER (1994) e WINTER (1994).

De acordo com RIBEIRO (1989), as rochas da seqüência Bahia não foram, aparentemente, afetadas por metamorfismo regional, sendo, no entanto, registrada intensa alteração hidrotermal, com notável preservação de texturas ígneas e sedimentares primárias. A alteração é marcada, mineralogicamente, pela formação de clorita, sericita, albita, tremolita-actinolita, epidoto, quartzo, calcita, titanita e escapolita. RIBEIRO & VILLAS (1990) concluíram que as soluções hidrotermais que atingiram a área são relacionadas aos granitos anorogênicos que se localizam nas proximidades, sendo que a alteração inicialmente se deu

através da interação entre as lavas basálticas em resfriamento e a água do mar. No entanto, SACHS et al. (1993) acreditam que as rochas vulcânicas do Igarapé Bahia foram, na maioria, hidrotermalizadas em condições da fácies xisto verde, sendo esta alteração concomitante à fase de mineralização.

TEIXEIRA & EGGLER (1994) mostraram através de evidências geoquímicas e petrológicas, combinadas com estudo de isótopos de oxigênio, que aproximadamente 70% das rochas máficas da Formação Parauapebas sofreram processos de alteração hidrotermal. Estas rochas foram metamorfisadas na fácies xisto verde e apresentam duas associações mineralógicas distintas: (a) rochas metabasálticas que ocorrem em "domínios maciços", caracterizadas pela presença de minerais reliquiares (piroxênio rico em Ca) e plagioclásios mais ou menos saussuritizados; e (b) rochas metabasálticas de "domínios permeáveis", onde se registra o plagioclásio saussuritizado e o piroxênio é substituído por actinolita e clorita. Os diques e *sills* de quartzo-diorito, contendo plagioclásio, clinopiroxênio, hornblenda, quartzo e biotita, representariam um magmatismo posterior ao da Formação Parauapebas. Dados geoquímicos e variações de isótopos de oxigênio indicam que a alteração hidrotermal se desenvolveu em dois estágios no depósito de ferro N4. O primeiro estágio, desenvolvido durante o Arqueano, envolveu, provavelmente, líquidos subaquosos, os quais causaram adição de Fe, Mg e Y nas lavas basáltico-andesíticas. O estágio II está restrito às zonas de fratura e afetou os diques e *sills* de composição quartzo-diorítica mais jovens e também as rochas mais antigas que já tinham sido alteradas pelo evento I. Ele gerou perdas de Si, Fe, Mg, Ca, Na, Cr e V e enriquecimento em P, Nb, Ni e Zr. O evento II foi interpretado como sendo associado ao *emplacement* do Granito Carajás.

LINDENMAYER et al. (1994a) concluíram que os anfibolitos do Grupo Salobo formaram-se a partir de rochas de composição basáltica toleíitica, colocadas em ambiente continental, sobre um embasamento trondhjemítico. Sugeriram, ainda, que tais rochas seriam relacionadas a um mesmo evento magmático que as vulcânicas básicas dos grupos Grão Pará e Bahia. Finalmente, identificaram três eventos metamórficos superimpostos e sucessivos. O primeiro evento é progressivo, de caráter termal e em fácies piroxênio hornfels, ocorrido a uma temperatura de 750°C, obtida através da aplicação do geotermômetro hornblenda-granada. A assembléia mineralógica correspondente a esse evento metamórfico consiste em hastingsita, Fe-pargasita, plagioclásio (An_{30}), magnetita, ilmenita ± biotita. As rochas que contêm essas

assembléias são representadas por lentes reliquiares de texturas granoblásticas ou até hornfélsicas. O segundo evento metamórfico é de caráter hidrotermal e ocorreu no intervalo de temperatura de 650 a 550°C de acordo com os geotermômetros biotita-granada e biotita-muscovita. A pressão estimada foi de 2,5 kbar, conforme aplicação do geobarômetro granada-plagioclásio. Esse episódio é marcado pela transformação parcial do anfibólio cálcico em anfibólio ferro-magnesiano, concomitantemente com a albitização do plagioclásio e, ocasionalmente, com a formação de biotita e turmalina. O terceiro evento metamórfico é caracterizado por uma cloritização generalizada, acompanhada por epidoto, calcita, quartzo e titanita, registrada em zonas localizadas, que se apresentam intensamente cataclasadas. Essa assembléia mineral tem características da fácies xisto verde.

LINDENMAYER (1990) atribui a fonte de calor que deu origem ao primeiro evento magmático a um *underplating* de magma basáltico que gerou um aumento do fluxo térmico. O segunto e terceiro eventos metamórfico-hidrotermais estariam relacionados aos efeitos da colocação dos granitóides de idade proterozóica (LINDENMAYER et al., 1994a).

WINTER (1994) acredita que as rochas vulcânicas da Formação Corpo Quatro na área Pojuca (DOCEGEO 1988) também sofreram três eventos metamórficos, sendo o primeiro de caráter regional e situado entre as fácies xisto verde alto - anfibolito baixo, com pressões entre 5 e 7 kbar e temperaturas em torno de 450° e 600° C. A partir desse primeiro pico metamórfico, a Formação Corpo Quatro experimentou um metamorfismo retrógrado, onde o anfibólio das unidades metavulcânicas foi parcialmente substituído pela biotita. Essa transformação é resultante do fluxo de fluidos durante o resfriamento regional do cinturão metamórfico. O segundo e terceiro picos metamórficos ocorreram na época da colocação dos granitos Antigo Salobo (LINDENMAYER et al., 1994b) e Pojuca respectivamente, sendo que no intervalo destes eventos metamórficos houve o estabelecimento de zonas de cisalhamento com mais de 3m de possança, resultando na extensiva alteração do anfibólio para biotita e, posteriormente, para clorita.

O *greenstone belt* Identidade, localizado na porção sul da PMC, foi estudado por SOUZA (1994), sendo formado por rochas metaultramáficas com lentes de formação ferrífera bandada, matabasaltos maciços (BAS), metabasaltos almofadados (BASP), metadacitos (DAC) e uma recorrência básica (metagabros e metabasaltos maciços subordinados), sendo esta recorrência interpretada como corpos hipabissais, não fazendo parte de complexos máfico-

ultramáfico diferenciados, devido à ausência de estruturas acamadadas, níveis cromitíferos ou variações para peridotito e/ou piro xenitos. Baseado em elementos maiores, menores e traços, SOUZA (1994) definiu um ambiente oceânico, do tipo bacia marginal, para os metagabros e metabasaltos maciços, mas com certa assinatura de arco insular (toleítico de baixo K). Os metadacitos e metagranitóides situaram-se, por sua vez, no campo de andesitos cálcio-alcalinos normais de arco insulares. No que tange ao metamorfismo, SOUZA & DALL'AGNOL (1996) concluíram que ele situou-se no limite entre as fácies xisto verde e anfibolito em um regime predominantemente de pressão baixa.

Com relação às datações geocronológicas, OLSZEWSKI et al. (1989) obtiveram em metariolitos da Formação Parauapebas, através do método U-Pb em zircões, uma idade de 2758±39 Ma, interpretada como a idade do vulcanismo do Grupo Grão-Pará. MACHADO et al. (1991), datando zircões de metariolitos da Formação Parauapebas, também determinaram idades U-Pb coincidentes com as anteriores (2759 ± 2 Ma).

MACHADO et al. (1991) dataram pelo método U-Pb em zircões um anfibolito da Formação Corpo Quatro do Grupo Pojuca. A idade obtida, de 2732 ± 2 Ma, foi interpretada como relacionada ao evento metamórfico que teria afetado a região no intervalo de 2732-2742 Ma.

TASSINARI et al. (1982), através do método Rb-Sr em rocha total, dataram xistos do Grupo Igarapé Salobo, obtendo a idade de 2700±300 Ma, interpretada como a idade do principal evento metamórfico que afetou essas rochas. Os mesmos autores, aplicando o método K-Ar em minerais, determinaram uma idade em torno de 1950 Ma, interpretada como conseqüência do aquecimento regional ocorrido no ciclo Transamazônico. MACHADO et al. (1991) identificaram nos gnaisses associados ao Grupo Salobo (Gnaisse Cascata, base do grupo) duas gerações distintas de zircões. Através do método U-Pb os autores analisaram os zircões da primeira geração. Como estes alinharam-se na mesma discórdia definida pelos zircões do Complexo Xingu (2851±4 Ma), os autores sugeriram que a base do Grupo Igarapé Salobo seria um membro do Complexo Xingu. Para os zircões da segunda geração, MACHADO et al. (1991) determinaram idades entre 2739 e 2742 Ma, interpretadas como relacionadas ao evento metamórfico que afetou o embasamento da região. Posteriormente, LINDENMAYER et al. (1994a) assumiram que os gnaisses associados ao Grupo Salobo seriam parte do embasamento gnáissico trondhjemítico, não estando, portanto, relacionados ao Grupo Salobo. Os anfibolitos

desta unidade haviam sido datados por MACHADO et al. (1991), os quais obtiveram uma idade de 2761±3 Ma, coincidente com a das vulcânicas do Grupo Grão-Pará e admitida, atualmente, como representativa da sua idade de formação.

3 - GEOLOGIA DO ALVO ÁGUAS CLARAS

3.1- TRABALHOS ANTERIORES

O mapeamento geológico do alvo Águas Claras (Figura 2), efetuado pela equipe da DOCEGEO (SOARES et a., 1994), definiu a presença na região de uma seqüência de sedimentos siliciclásticos anquimetamórficos, na qual alojam-se corpos ígneos máficos na forma de diques e *sills*. Até recentemente, pouco se conhecia sobre esses corpos, embora tenham sido freqüentemente descritos cortando as unidades do Supergrupo Itacaiúnas e o antigo Grupo Rio Fresco (DOCEGEO, 1988). As pesquisas desenvolvidas na região na década de 90, vieram a modificar substancialmente esse quadro (cf. Cap. 4).

O antigo Grupo Rio Fresco recebeu a denominação de Formação Águas Claras (ARAÚJO et al., 1988), posteriormente redefinida por NOGUEIRA et al. (1995). Segundo estes autores, essa formação apresenta contatos discordantes com os Grupos Grão-Pará e Pojuca subjacentes. Admitindo essa discordância, o *sill* básico associado à Formação Águas Claras seria mais jovem que as rochas básicas dos Grupos Grão-Pará e Pojuca. Estes autores destacam ainda uma outra unidade (Fm. Gorotire) sobrejacente e discordante em relação à Formação Águas Claras, a qual não fora identificada em trabalhos anteriores (DOCEGEO, 1988; ARAÚJO et al., 1991).

Segundo PINHEIRO et al. (1991) e NOGUEIRA et al. (1992), os diques de rochas básicas que cortam a seqüência Água Claras possuem direções NNE-SSW (predominante) e NW-SE e podem ter provocado basculamentos de até 60° no acamamento dos sedimentos. A direção geral do acamamento é NW-SE com mergulhos de 20-30° para NE ou SW.

A evolução cinemática da área é entendida em três fases. Uma transtensiva que promoveu a instalação da Bacia de Carajás, a qual em condições de transpressão foi, posteriormente, fracamente invertida com formação de estruturas divergentes desenhadas por cavalgamentos oblíquos. A deformação prosseguiu com a propagação da Falha Carajás, gerando uma superposição de transpressão nesta região, cujo segmento compressivo promoveu importantes modificações na geometria da estrutura maior, um lineamento NW-SE (PINHEIRO et al., 1991).

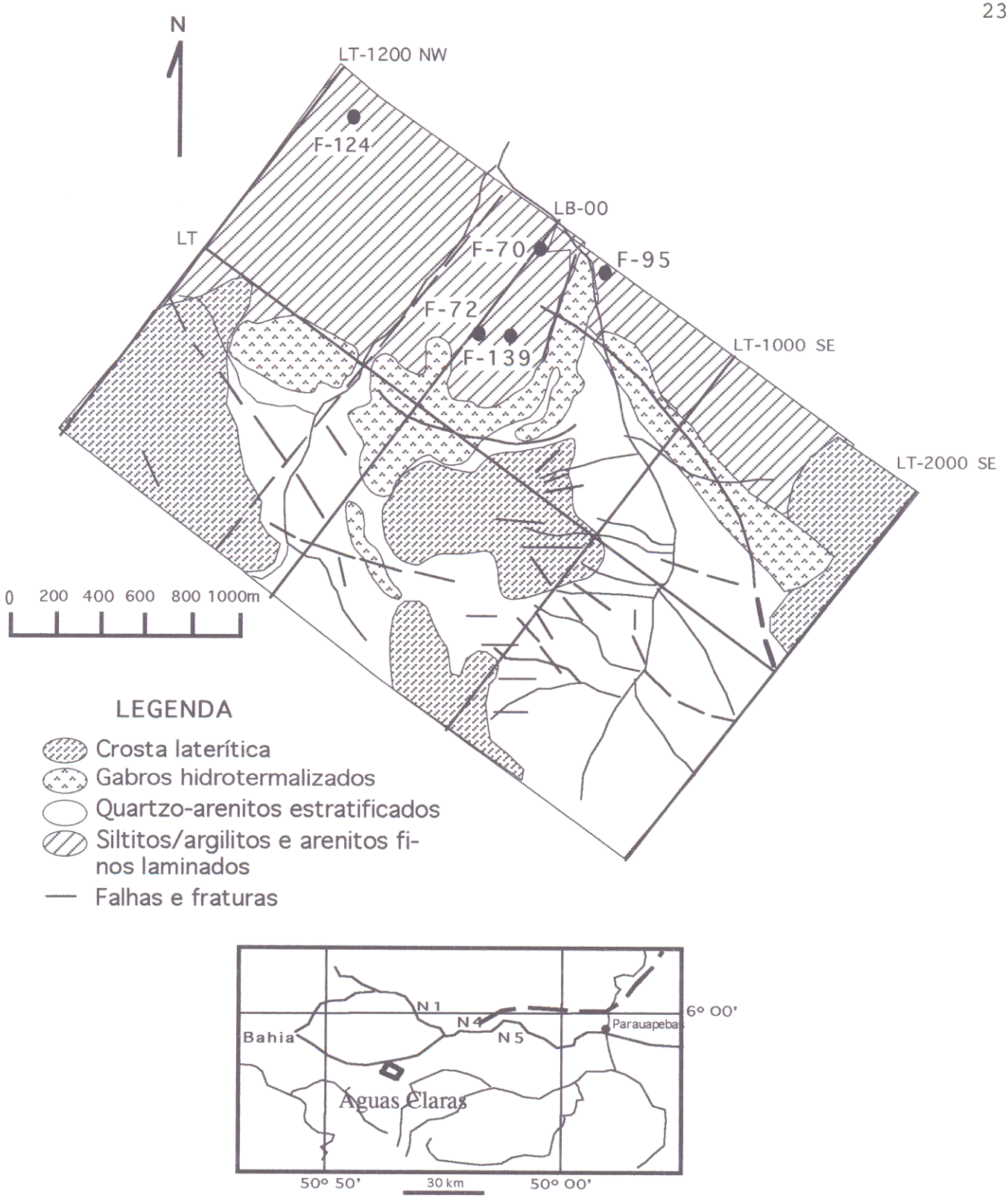


Figura 2 - Mapa geológico e de localização dos furos de sondagem estudados do Alvo Águas Claras. Fonte: DOCEGEO (Inédito).

Segundo SOARES et al. (1994), a Formação Águas Claras, aflorante no Alvo Águas Claras (Figura 2), compreende dois grandes conjuntos litológicos. Em sua porção NW, tem-se, na base, arenitos médios e finos, de tonalidade cinza esverdeada, que gradam no sentido do topo para um pacote psamo-pelítico, constituído por siltitos e argilitos de coloração rósea a avermelhada, laminados a maciços, com intercalações de arenitos finos, avermelhados. Nas porções S e NE, predominam quartzo-arenitos grosseiros, esbranquiçados, com níveis microconglomeráticos. Essa seqüência sedimentar aloja os diques e *sills* de rochas básicas hidrotermalizadas, do Metagabro Águas Claras.

No Alvo Águas Claras, SOARES et al. (1994) identificaram mineralizações de Cu e Au, ligadas a processos hidrotermais em zonas de cisalhamento rúptil, controladas por falhamentos com forte componente gravitacional (normal) com rejeitos significativos da ordem de dezenas de metros. A mineralização primária, de origem hidrotermal epigenética, ocorre em veios de quartzo extensionais, maciços, brechados e sulfetados, encaixados em arenitos e pelitos ou nos contatos de arenitos e pelitos com o *sill* básico. A paragênese sulfetada é dominada por calcopirita, pirita, arsenopirita, com pirrotita, blenda, estanita, cobaltita e bismutinita subordinadas. A magnetita pode atingir proporções significativas. O ouro forma grãos irregulares, localizados no contato entre pirita e calcopirita, no interior dos cristais de arsenopirita e isolados na massa de calcopirita.

O Granito Serra dos Carajás é intrusivo na Formação Águas Claras, situando-se o contato entre ambos a 4 km a SE do Alvo Águas Claras. A noroeste, tem-se a seqüência Bahia. O Granito Central, como também é conhecido, possui idade de 1880 ± 2 Ma (MACHADO et al., 1991). A porção norte desse granito foi estudada com detalhe por JAVIER RIOS (1991) e JAVIER RIOS & VILLAS (1991), sendo constituída por duas fácies principais: anfibólio-biotita sienogranito e biotita-anfibólio monzogranito, além de microgranitos e corpos pegmatíticos. A porção oeste do corpo apresenta características em linhas gerais similares às descritas na porção norte (BARROS et al., 1994a, 1995).

BARROS et al. (1994a, b) distinguiram em testemunhos de sondagem do *sill* de Águas Claras, gabros fortemente transformados e gabros com graus variáveis de preservação da textura subofítica e paragênese primária. Concluíram que esse corpo foi formado a partir de um magma de natureza subalcalina, de afinidade toleítica, sendo sua colocação controlada, provavelmente, por esforços distensivos, face às indicações sedimentológicas desfavoráveis a um

ambiente de grande instabilidade tectônica, como zonas de subducção, por exemplo. As pressões que atuaram durante o principal evento metamórfico-hidrotermal foram inferiores a 2 kbar, pois os metagabros são intrusivos em sedimentos anquimetamórficos, com estruturas sedimentares preservadas. A paragênese metamórfica dominante sugere temperaturas inferiores a 500°C. Processos ocorridos a temperaturas mais elevadas explicariam a formação da hornblenda, que se daria no final do estágio magmático ou em condições *subsolidus*, porém a temperaturas superiores a 600°C.

Datações geocronológicas pelo método Pb-Pb em zircões (DIAS et al., 1996a) revelaram uma idade mínima de 2.645 ± 12 Ma para os metagabros de Águas Claras. Em decorrência, ficou demonstrada a idade arqueana dos sedimentos da formação homônima. Além disso, como a idade do Grupo Grão Pará é de 2.760 Ma, o tempo decorrido entre a geração das vulcânicas desse grupo e a dos metagabros de Águas Claras seria de, no máximo, 115 Ma. Esses dados foram reforçados pelas datações realizadas por MOUGEOT et al. (1996a), que obtiveram pelo método U-Pb em zircões idades de 2556±219 Ma e 2708±37 Ma para dois diques gabróicos intrusivos na Formação Águas Claras, as quais interpretaram como idades mínimas para a cristalização dos corpos básicos. Eles dataram também zircões detríticos de arenitos e conglomerados da Formação Águas Claras, tendo definido várias populações de zircões cujas idades se distribuíam em seis classes entre 2778 e 3020 Ma, sendo representativas das fontes dos referidos sedimentos. Concluíram, com base no conjunto de dados, que a idade da Formação Águas Claras deve se situar entre 2708±37 Ma e 2778 Ma.

DIAS et al. (1996b) concluíram que, petrograficamente, as associações mineralógicas primárias e secundárias, presentes nas amostras dos testemunhos dos furos F-94, F-124 e F-139 do prospecto Águas Claras, são muito similares às descritas por BARROS et al. (1994a, b), revelando que a evolução do *sill* básico foi relativamente uniforme.

MOUGEOT et al. (1996b) concluíram a partir de estudos isotópicos das mineralizações de Águas Claras pelos métodos Sm-Nd e Pb-Pb que as mesmas teriam sua origem relacionada com o Granito Serra dos Carajás.

3.2- LOCALIZAÇÃO DOS FUROS E INFORMAÇÕES SOBRE AS SONDAGENS

O Alvo Águas Claras é constituído pelos corpos F-15, F-23, F-9/12 e Au/As (Figura 2). Nesses corpos são registradas mineralizações de Au e Cu relacionadas a processos de transformação hidrotermal em zonas de cisalhamento (SOARES et al., 1994). BARROS et al. (1994a, b) concentraram seu estudo no furo F72. Na presente pesquisa, além de complementar o estudo deste furo, situado no corpo F-23, foram pesquisados os furos F70, F95, F139, todos localizados no corpo 15, e o furo F124 do corpo F9-12 (Figura 2). As seções transversais dos furos F72, F70, F95 e F139 são fornecidas nas Figuras 3, 4 e 5. Neste trabalho itensificou-se os estudos nos furos menos transformados hidrotermalmente. O aumento na itensidade das transformações hidrotermais é verificado nos intervalos mais fortemente fraturados/falhados ou próximo ao veio mineralizado, sugerindo uma interrelação dos efeitos hidrotermais mais intensos com a tectônica que atuou nos metagabros de Águas Claras.

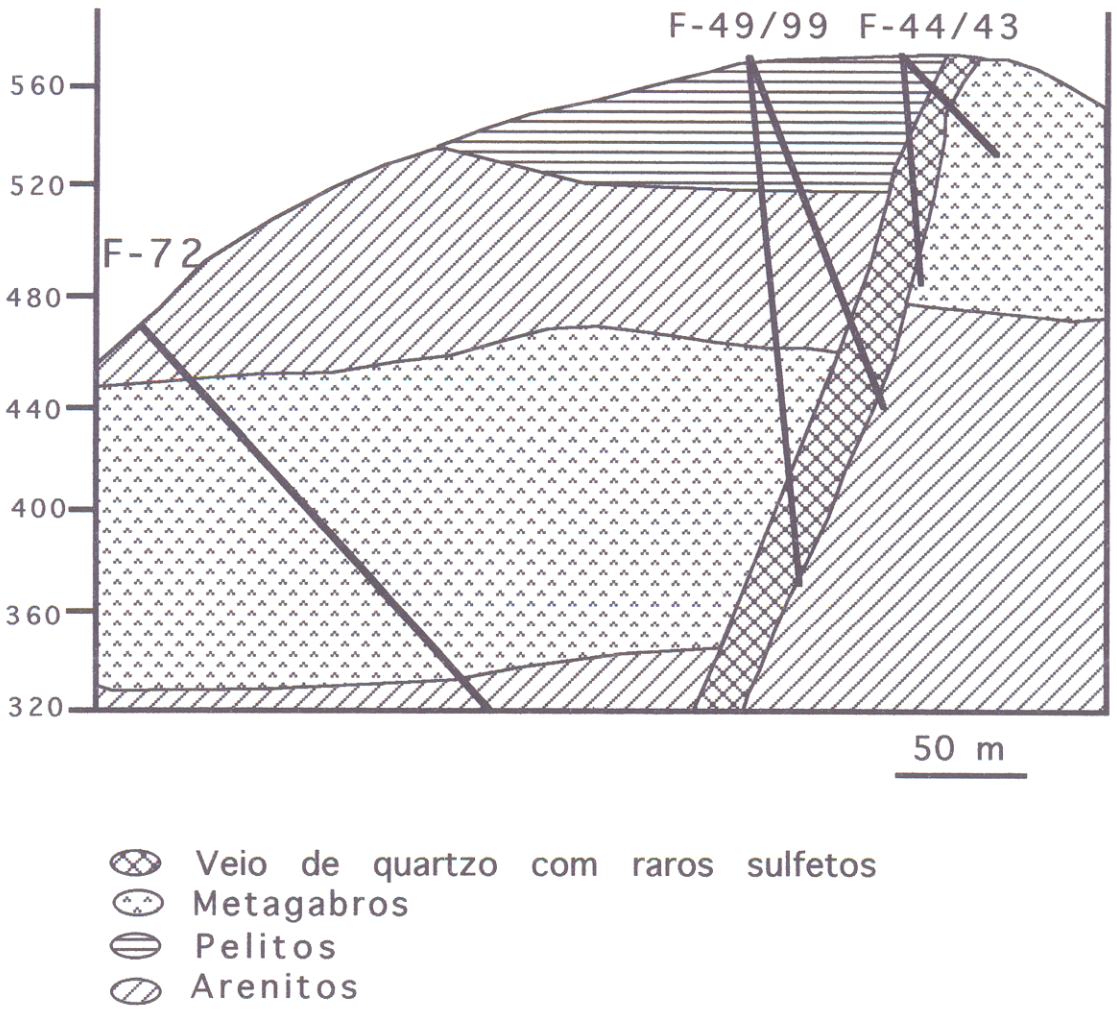


Figura 03 - Seção vertical, mostrando o furo F-72, estudado neste trabalho e a disposição concordante do corpo máfico com os metassedimentos, sendo ambos cortados por veio de quartzo mineralizado (Alvo Águas Claras, Serra dos Carajás: DOCEGEO, inédito).

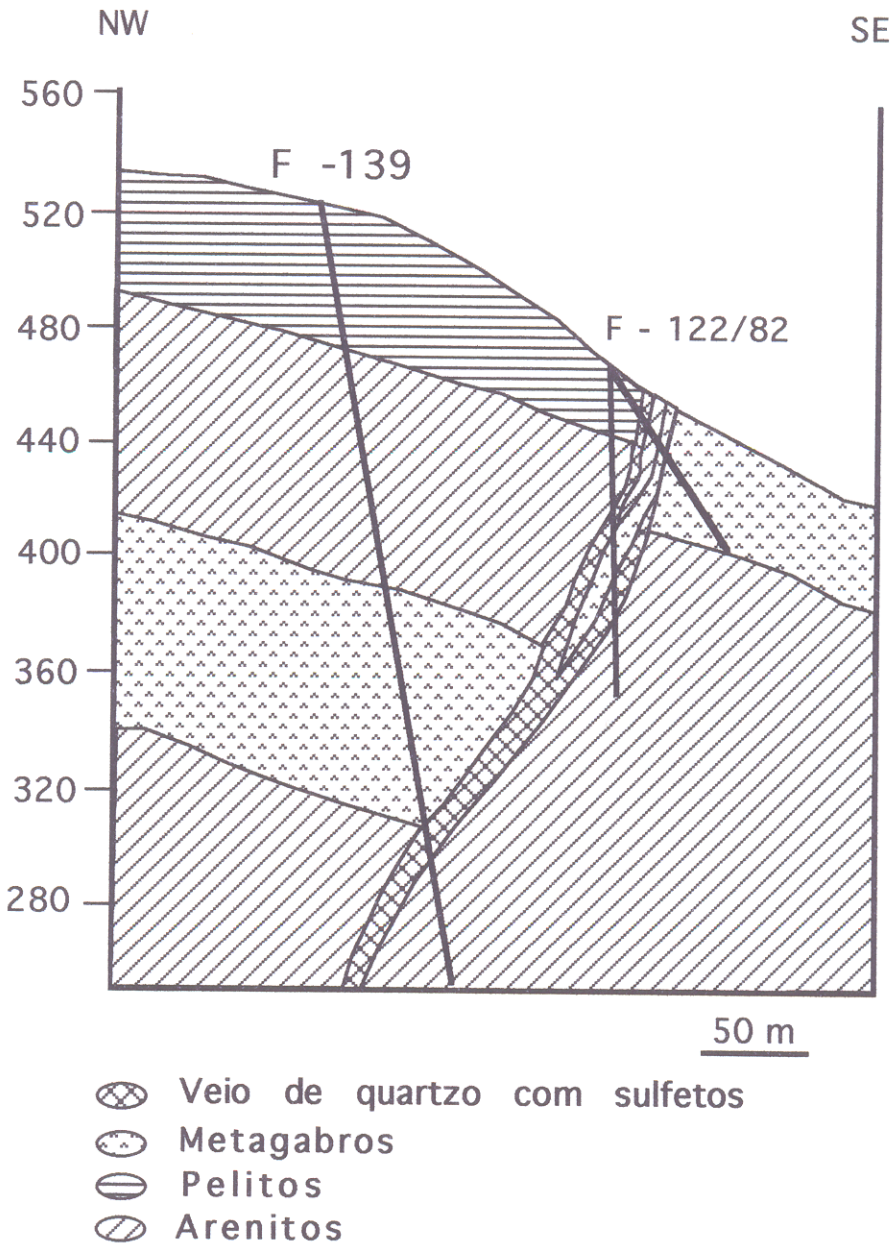


Figura 04 - Seção vertical mostrando o furo F-139 e a disposição concordante do corpo máfico, que é cortado por veio mineralizado (Alvo Águas Claras, Serra dos Carajás: DOCEGEO, inédito).

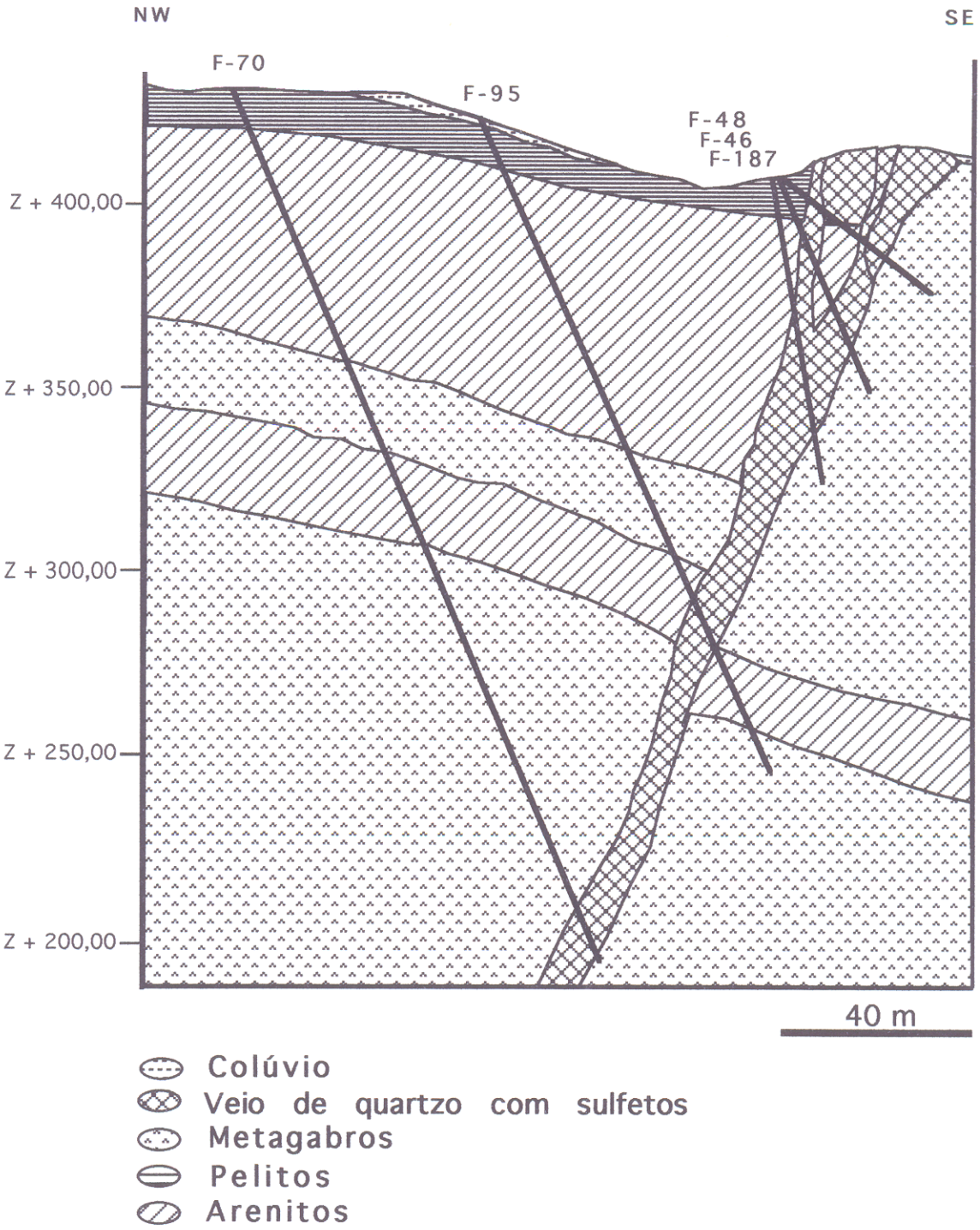


Figura 05 - Seção vertical mostrando a disposição dos furos F-70 e F-95 estudados neste trabalho (DOCEGEO, inédito).

4 - PETROGRAFIA

4.1 - INTRODUÇÃO

Os estudos petrográficos dos metagabros do alvo Águas Claras, discutidos a seguir, referem-se às amostras dos furos F-70, F-72, F-95, F-124 e F-139. Os furos F-72 e F-124 foram descritos detalhadamente por BARROS et al., (1994a,b). Baseados no conteúdo de minerais primários e na intensidade de transformação, BARROS et al. (1994a) distinguiram quatro grupos de rochas: metagabros com minerais primários preservados, metagabros fortemente transformados, metagabros com fenocristais de plagioclásio e metagabros foliados. BARROS et al. (1994b) reavaliaram essa classificação e dividiram os metagabros em dois grupos: a) metagabros fortemente transformados; b) metagabros com textura ígnea preservada. O segundo grupo foi subdividido com base no conteúdo modal de clinopiroxênio em quatro subgrupos: metagabros com Cpx>30%; 30%>Cpx>15%; 15%>Cpx>4% e; Cpx<4%.

Neste trabalho, face à grande semelhança das rochas estudadas com aquelas descritas por BARROS et al. (1994b), será mantida a classificação proposta pelos mesmos. Assim, no furo F-95 dominam inteiramente rochas fortemente transformadas, aparecendo apenas localmente no topo metagabros com Cpx<4% (Figura 57). Já no furo F-124 dominam na base e porção intermediária do furo, metagabros com 4%<Cpx<15%, enquanto que no topo são freqüentes metagabros com Cpx<4% (Figura 57). No furo F-139 tem-se ao longo de todo o furo, intercalações de metagabros com Cpx<4% com metagabros fortemente transformados, notando-se próximo ao topo do furo a presença de fenocristais de plagioclásio em algumas amostras (Figura 56). No furo F-70 (Figura 5) dominam gabros fortemente transformados com intercalações de veios de quartzo com magnetita na base; apenas localmente ocorrem metagabros com Cpx<4% e 4%<Cpx<15%. Finalmente, no furo F-72, tem-se na metade inferior do furo intercalações de metagabros fortemente transformados com a variedade contendo menos de 4% de clinopiroxênio. Na metade superior, as texturas primárias e o clinopiroxênio estão muito melhor preservados, ocorrendo além das variedades mencionadas, diversos níveis onde tem-se metagabros com 4%<Cpx<15%, 15%<Cpx<30% e Cpx>30% (Figura 55).

4.2 - ASPECTOS MACROSCÓPICOS

As rochas gabróicas da região Águas Claras são, relativamente, homogêneas quanto às suas feições texturais primárias. São registrados metagabros médios a grossos que exibem textura subofítica típica e, por vezes, ofítica. A coloração da rocha varia, geralmente, de cinza esverdeado claro para esverdeado escuro. Localmente, são observadas algumas variações texturais primárias como granulação fina e fenocristais de plagioclásios. A granulação fina é, geralmente, registrada nas proximidades do contato com os arenitos da Formação Águas Claras. Os fenocristais de plagioclásio são hospedados por metagabros de granulação média.

Ao contrário da grande homogeneidade textural e composicional em termos de feições primárias, são muito marcantes as variações texturais ligadas aos processos hidrotermais. As mesmas são muito irregulares e distribuídas de modo heterogêneo nas diferentes escalas de observação, tendo sido constatadas tanto em amostras de mão, quanto em lâminas delgadas. Além das transformações mineralógicas das paragêneses primárias ocorrerem em intervalos pequenos ao longo dos furos de sondagem, as mesmas são, geralmente, abruptas. Verifica-se um aumento na intensidade das transformações hidrotermais nos intervalos mais fortemente fraturados/falhados, sugerindo uma interrelação entre os efeitos hidrotermais mais intensos com a tectônica rúptil/rúptil-dúctil. Nos casos extremos, tais transformações chegam a obliterar a textura primária dos gabros, o que costuma ser acompanhado pela desestabilização total dos minerais primários. Paralelamente pode ocorrer a introdução de sílica no sistema, como exemplificado pela presença de veios de quartzo centimétricos cortando os metagabros ou, ainda, modificação da coloração da rocha. Esta se dá, principalmente, nas proximidades de planos de falha, onde a rocha assume coloração preta. Porém, localmente, os gabros com textura original obliterada podem apresentar uma coloração cinza esverdeado claro.

4.3 - ASPECTOS MICROSCÓPICOS

O estudo mineralógico e textural realizado nos metagabros de Águas Claras, aliado às análises modais (Tabelas 1, 2, 3, 4), permitiram a subdivisão dos mesmos em grupos e subgrupos, segundo o grau de preservação da augita. Esse critério foi utilizado para estimar a intensidade das transformações hidrotermais, de acordo com proposições de BARROS et al. (1994b).

Tabela 1 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo de sondagem F - 72 do Metagabro Águas Claras.

Prof. (m)	Preservação da textura primária	Variedade	Conteúdo modal											
			Cpx	Act	Hb	Clor	Ep	Op	Tit	Ap	Carb	Pl S	Ab	Qz
49,65[1]	Boa	4-15	5,4	20,8[2]	-	15,1	8,9	2,2	0,5	Tr.	0,2	41,9	2,6	2,3
54,00[1]	Boa	4-15	7,4	32,6[2]	-	13,3	3,6	0,3	1,0	0,1	-	39,0	0,7	1,7
55,00[1]	Boa	<4	0,1	34,0[2]	-	13,0	3,4	3,3	2,0	0,1	0,9	20,8	19,7	1,7
56,45[1]	Boa	<4	0,1	39,1[2]	-	8,8	7,6	2,2	5,9	-	-	11,6	23,5	0,9
57,85[1]	Boa	<4	-	38,5[2]	-	4,2	7,1	1,2	1,5	-	-	17,0	28,6	1,4
59,35[1]	Boa	15-30	16,9	23,9[2]	-	9,9	1,0	1,3	0,3	-	0,3	44,4	0,5	0,4
60,35[1]	Boa	15-30	21,5	22,7[2]	-	3,4	1,0	1,6	2,2	-	0,1	44,6	0,1	1,6
61,15[1]	Ausente	FT	-	0,3		54,1	3,6	1,5	0,2	-	0,8	32,6	4,0	2,6
62,70[1]	Boa	>30	52,1	7,4[2]	-	1,0	3,2	0,2	0,2	-	Tr.	32,5	0,1	0,3
63,65[1]	Boa	>30	36,0	14,7[2]	-	2,0	1,0	1,0	0,6	-	-	43,8	0,2	0,4
71,40[1]	Regular	<4	0,5	22,8[2]	-	14,4	18,5	0,6	0,7	-	0,4	40,3	0,3	1,1
72,90[1]	Boa	4-15	13,8	25,7[2]	-	5,8	2,4	2,0	2,6	Tr.	0,2	46,2	1,1	Tr,
76,32[1]	Regular a má	<4	0,4	27,8[2]	-	15,3	2,5	1,6	2,6	-	-	47,8	1,0	1,4
80,10[1]	Má a ausente	FT	-	13,6[2]	-	21,6	22,2	4,9	1,4	0,4	2,1	17,2	-	16,4
96,10[1]	Boa	4-15	13,4	28,1[2]	-	4,0	3,2	5,9	0,4	0,4	-	41,6	2,3	0,4
100,00[1]	Boa	<4	2,4	29,1[2]	-	8,8	8,8	0,8	1,0	3,7	-	43,9	-	1,0
107,00	Boa	<4	-	18,3[2]	-	33,9	17,8	0,6	1,4	-	-	-	26,1	1,6
114,00	Regular	<4	-	36,9	7,8	1,5	4,8	0,9	0,8	0,1	0,4	46,4	-	-
121,00	Regular	<4	1,4	37,6	4,0	1,7	5,5	1,3	0,6	0,2	0,4	46,4	0,4	0,1
142,00	Regular	<4	0,4	37,6	4,1	3,4	5,4	1,6	1,6	-	1,2	44,0	0,4	-
149,00	Má	<4	-	4,1	-	34,9	12,8	13,0	1,0	-	3,2	28,6	2,8	-
156,00	Regular a má	<4	-	40,8	9,3	3,0	2,4	1,4	0,7	-	0,2	41,2	0,6	-
170,00	Boa	<4	-	37,4	10,8	3,6	2,9	1,0	1,4	-	-	41,9	0,9	-

Variedades de gabros: >30 = Cpx >30%; 15-30 = 15% < Cpx <30%; 4-15 = 4% < Cpx < 15%; <4 = Cpc <4%; FT = fortemente transformado.

Abreviaturas: Cpx = clinopiroxênio; Act = actininolita; Hb = hornblenda; Clor = clorita; Ep = epidoto; Op = opacos; Tit = titanita; Ap = apatita; Carb = carbonatos; Pl S = Plagioclásio saussuritizado; Ab = albita; Qz = quartzo.

[1] - BARROS et al. (1994a, b)

[2] - Conteúdo total de anfibólio (hornblenda não determinada).

Tabela 2 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo de sondagem F - 139 do Metagabro Águas Claras.

Prof. (m)	Preservação da textura primária	Variedade	Conteúdo modal											
			Cpx	Act	Hb	Clor	Ep	Op	Tit	Ap	Carb	Pl S	Ab	Qz
134,35	Boa	<4	-	28,3	0,6	7,5	14,8	0,5	1,5	-	0,4	40,6	5,5	-
136,55	Boa	<4	-	35,6	8,0	5,9	3,9	0,9	0,4	-	0,8	42,7	0,5	0,9
139,65	Boa	<4	-	29,1	10,8	4,1	6,3	1,3	2,1	-	0,2	30,6	14,1	1,1
140,00-142,00[1]	Boa	<4	0,4	46,6[2]	-	3,3	3,9	0,9	0,2	-	-	34,5	7,2	-
147,57	Fraca	Ausente	-	19,9[2]	-	20,8	21,1	1,0	0,1	-	1,2	28,5	7,2	-
148,50	Regular	<4	-	34,4	2,2	13,0	5,9	6,6	2,0	-	0,8	28,5	4,3	1,8
151,30	Boa	<4	-	41,6	4,0	1,5	1,6	3,1	2,0	-	1,4	40,8	1,3	2,3
156,57	Boa	<4	0,5	28,5	7,6	1,1	5,0	0,2	-	-	0,1	55,9	0,3	0,5
159,53	Ausente	Ausente	-	-	-	67,6	-	0,2	0,6	-	-	0,1	9,3	22,0
161,65	Boa	<4	-	22,6	5,8	4,8	8,2	2,9	3,6	0,4	0,4	46,1	4,5	0,3
179,80	Regular	Ausente	-	22,8[2]	-	46,4	0,6	0,4	0,4	-	0,5	0,1	7,4	21,1
183,30	Boa	<4	2,0	30,8	5,1	6,4	2,8	0,6	0,4	-	2,6	48,2	0,9	-
186,60	Boa	<4	-	39,0	2,3	2,2	4,2	2,6	1,4	0,2	1,2	45,3	0,3	0,1
192,70	Boa	<4	-	41,6	4,6	3,3	3,8	2,2	1,3	-	1,7	40,7	0,1	0,4

Variedades de gabros: <4 = Cpc <4%.

Abreviaturas: Cpx = clinopiroxênio; Act = actininolita; Hb = hornblenda; Clor = clorita; Ep = epidoto; Op = opacos; Tit = titanita; Ap = apatita; Carb = carbonatos; Pl S = Plagioclásio saussuritizado; Ab = albita; Qz = quartzo.

[1] - BARROS et al. (1994a, b)

[2] - Conteúdo total de anfibólio (hornblenda não determinada).

Tabela 3 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo de sondagem F - 124 do Metagabro Águas Claras.

Prof. (m)	Preservação da textura primária	Variedade	Conteúdo modal											
			Cpx	Act	Hb	Clor	Ep	Op	Tit	Ap	Carb	Pl S	Ab	Qz
90,50	Boa	<4	-	33,4	5,9	3,8	19,9	1,0	1,6	0,1	0,4	30,5	2,4	0,8
91,00	Boa	<4	-	44,7	2,5	2,0	7,1	2,3	0,5	0,1	0,4	38,5	0,8	0,7
91,10[1]	Boa	4-15	4,5	26,2	1,6	7,7	3,5	2,2	1,2	-	0,2	51,4	0,2	1,3
92,85[1]	Boa	<4	-	31,8	0,4	14,9	3,2	1,0	0,4	-	-	47,2	0,6	-
94,45[1]	Boa	4-15	8,0	34,9	0,2	1,9	4,2	0,9	0,8	-	0,8	46,5	28,6	0,5
96,10[1]	Boa	4-15	13,4	28,1[2]	-	4,0	3,2	5,9	0,4	0,4	-	44,4	0,5	0,4
101,93	Boa	4-15	14,6	24,4	0,4	3,0	1,9	2,6	0,4	-	1,4	46,4	2,0	2,6
105,50	Boa	4-15	11,35	33,85	0,85	2,75	1,0	1,75	-	0,1	0,3	45,35	1,25	1,0

Variedades de gabros: 4-15 = 4% < Cpx < 15%; <4 = Cpc <4%.

Abreviaturas: Cpx = clinopiroxênio; Act = actininolita; Hb = hornblenda; Clor = clorita; Ep = epidoto; Op = opacos; Tit = titanita; Ap = apatita; Carb = carbonatos; Pl S = Plagioclásio saussuritizado; Ab = albita; Qz = quartzo.

[1] - BARROS et al. (1994a, b)

[2] - Conteúdo total de anfibólio (hornblenda não determinada).

Tabela 4 - Composições modais e preservação textural em amostras do furo de sondagem F - 95 do Metagabro Águas Claras.

Prof. (m)	Preservação da textura primária	Variedade	Conteúdo modal											
			Cpx	Act	Hb	Clor	Ep	Op	Tit	Ap	Carb	Pl S	Ab	Qz
102,40	Boa	<4	-	25,8	1,0	10,7	12,8	2,2	1,0	-	0,7	43,6	0,9	0,2

Variedades de gabros: <4 = Cpc <4%.

Abreviaturas: Cpx = clinopiroxênio; Act = actininolita; Hb = hornblenda; Clor = clorita; Ep = epidoto; Op = opacos; Tit = titanita; Ap = apatita; Carb = carbonatos; Pl S = Plagioclásio saussuritizado; Ab = albita; Qz = quartzo.

As paragêneses associadas às transformações hidrotermais das rochas gabróicas de Águas Claras também se distribuem de maneira heterogênea, refletindo as variações na intensidade dos processos e nas condições sob as quais se desenvolveram essas paragêneses secundárias. Logo, pode-se muitas vezes observar lado a lado nessas rochas aspectos texturais herdados do estágio de cristalização magmática, juntamente com aqueles relacionados aos processos hidrotermais que atuaram subseqüentemente.

4.4 - MINERALOGIA E TEXTURAS

Os metagabros de Águas Claras apresentam texturas subofítica a ofítica, com predomínio do primeiro tipo. Essas texturas são caracterizadas pela presença de criastais de plagioclásio parcial ou totalmente englobados por cristais de augita (Figura 06) ou por actinolitas, hornblendas e cloritas, que substituíram a augita (Figura 7). Localmente, no contato entre os metagabros e os metarenitos são registradas texturas intersetais, sendo que a granulação da rocha é fina. Essa textura é caracterizada pelo desenvolvimento de minerais secundários, principalmente cloritas, entre ripas de plagioclásio (Figura 8).

A grande freqüência com que se observa a preservação da textura subofítica demonstra claramente que os processos metamórfico-hidrotermais não afetaram radicalmente a textura primária, exceto no caso de rochas cisalhadas, que além de apresentarem foliações, são, por vezes, enriquecidas em sílica (Figura 9).

Neste trabalho optou-se por apresentar uma descrição unificada dos diversos furos, visto que as rochas presentes nos mesmos não apresentam variações muito relevantes em termos dos aspectos mineralógicos e texturais. Além disso, os processos hidrotermais que os afetaram são, geralmente, similares. A seguir serão descritas as principais características mineralógicas e texturais das rochas que constituem o *sill* gabróico em discussão.

O **clinopiroxênio** é do tipo **augita** (Figuras 6 e 10) e ocorre como cristais subédricos a euédricos de granulação média a grossa, com predomínio do primeiro tipo. Localmente são registrados grãos finos, geralmente próximo do contato com os metarenitos. É incolor, sem pleocroismo, sendo que em algumas rochas com transformações expressivas assume aspecto sujo ou coloração amarronzada (Figura 11). Seus grãos apresentam-se com fraturamento moderado a fraco, sendo as fraturas, geralmente, preenchidas por actinolitas e cloritas.

Os efeitos hidrotermais que atuaram sobre os metagabros de Águas Claras são bastante penetrativos e raramente tem-se uma amostra isenta de transformações. Entretanto a intensidade dessas transformações é variável e diretamente refletida no comportamento da augita, que apresenta-se parcial a totalmente transformada para actinolitas, hornblendas, cloritas, epidoto, carbonatos e opacos. Com isto, são comuns porções reliquiares de augita, que formam núcleos envolvidos por bordas de hornblenda, que pode ser substituída por actinolitas. Também são observados restos de grãos de augita preservados em meio a actinolitas, que, por sua vez, podem gradar para cloritas. Os contatos entre a augita e seus produtos de substituição hidrotermal são, geralmente, gradacionais ou interdigitados.

O grupo dos **anfibólios** é representado por minerais de hábito e cor bastante variados, refletindo suas variações composicionais. São, geralmente, anfibólios cálcicos, variando desde ferro-hornblendas até actinolitas. A classificação dos anfibólios aqui adotada baseia-se nas composições químicas obtidas na microssonda eletrônica, discutidas no capítulo 6. As mesmas foram confrontadas com as características microscópicas dos anfibólios, em termos de hábitos e propriedades óticas.



Figura 6 - Fotomicrografia de metagabro mostrando textura subofítica, com a augita englobando parcial a totalmente os cristais inteiramente saussuritizados de plagioclásios (Nicóis Cruzado - NC - F72/63,65).

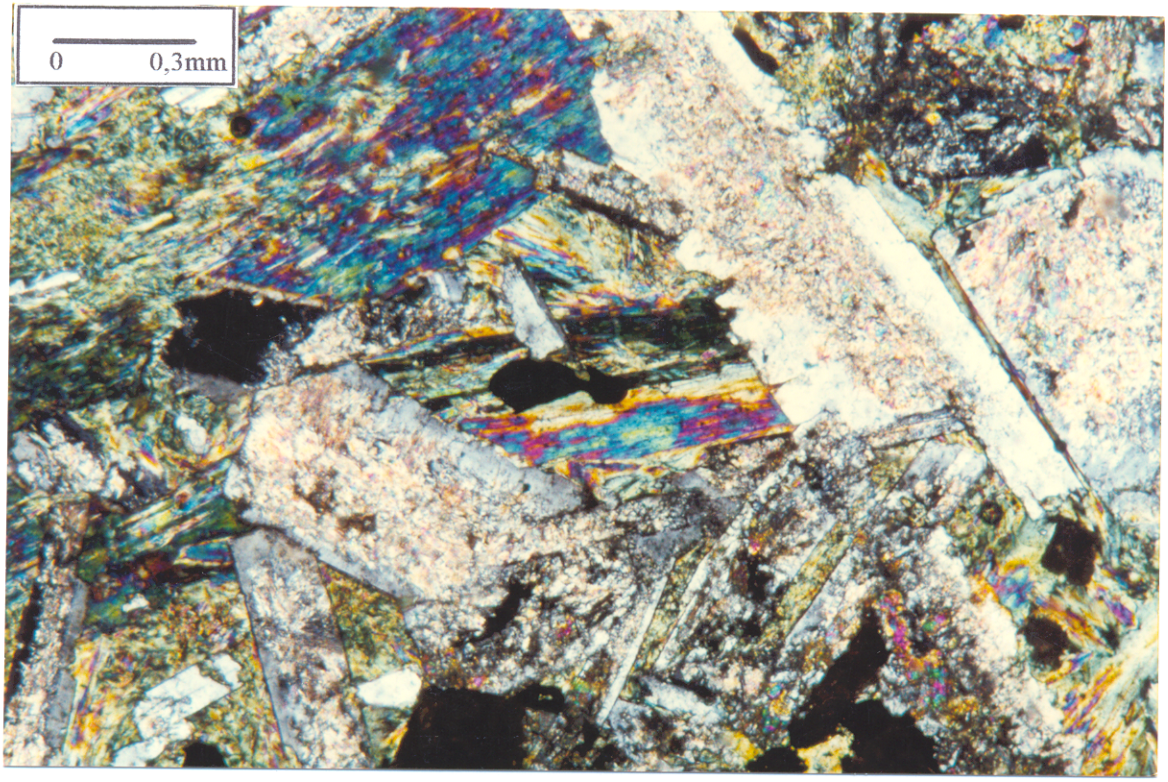


Figura 7 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras, mostrando textura subofítica preservada. Notar que os cristais de augita foram substituídos por anfibólio e que as bordas dos plagioclásios saussuritizados recristalizaram formando albita (límpida na foto, a direita) (NC - F72/49.65).

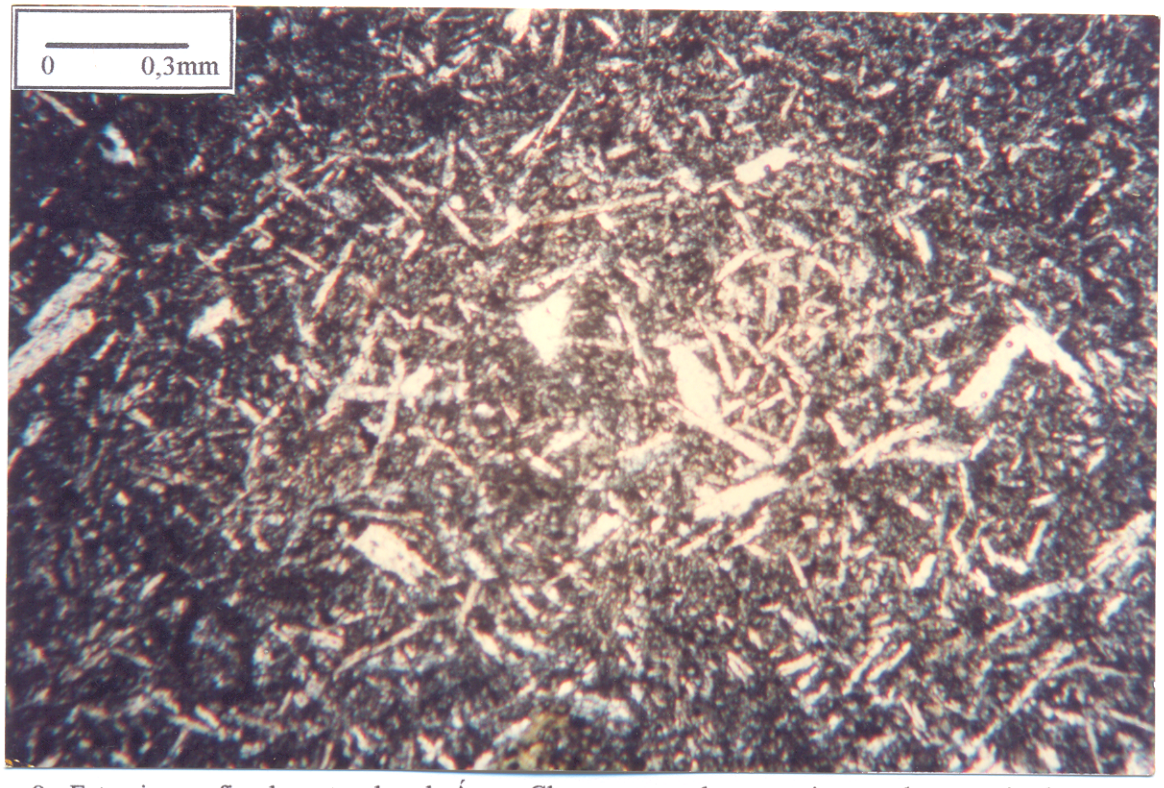


Figura 8 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras mostrando textura intersetal caracterizada por pequenas ripas de plagioclásios saussuritizados, em cujos interstícios se alojam minerais secundários com predomínio de cloritas (NC - F124/87.70).

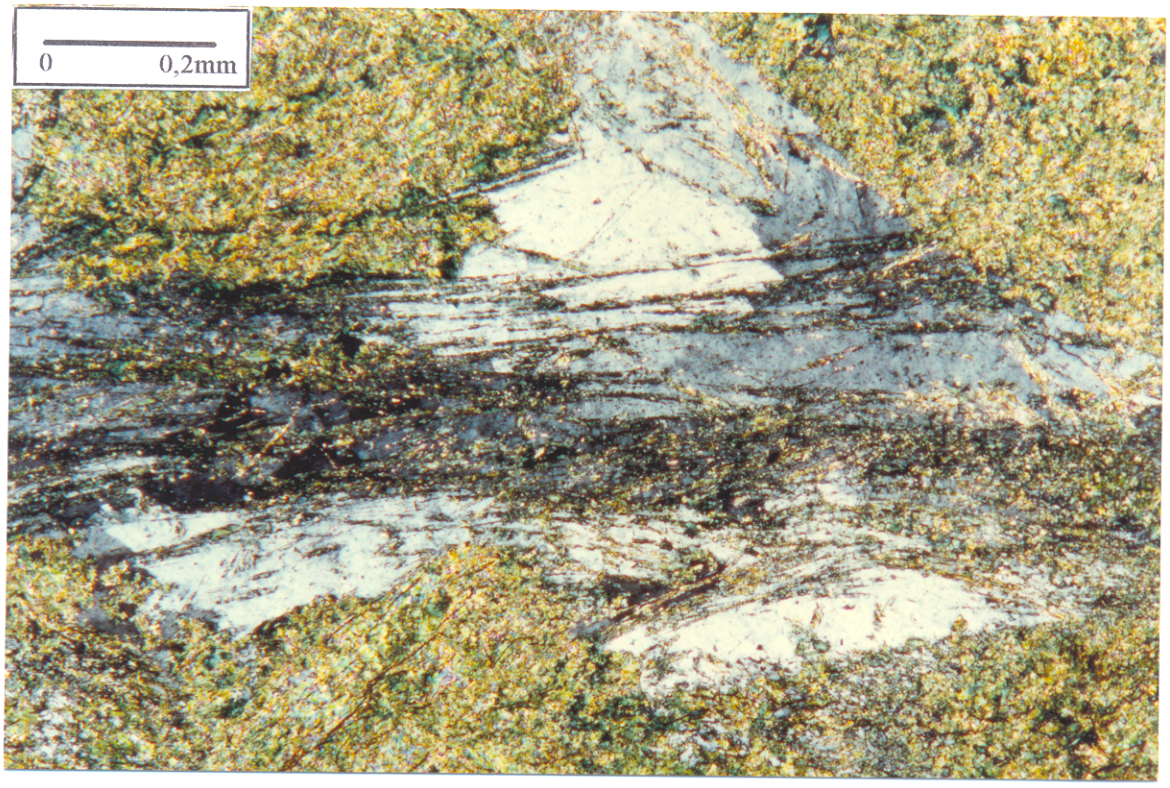


Figura 9 - Fotomicrografia mostrando quartzo estirado e fraturado entremeado a cristais alongados de biotitas, que são anômalas ao metagabro de Águas Claras (NC - F72/83,90).

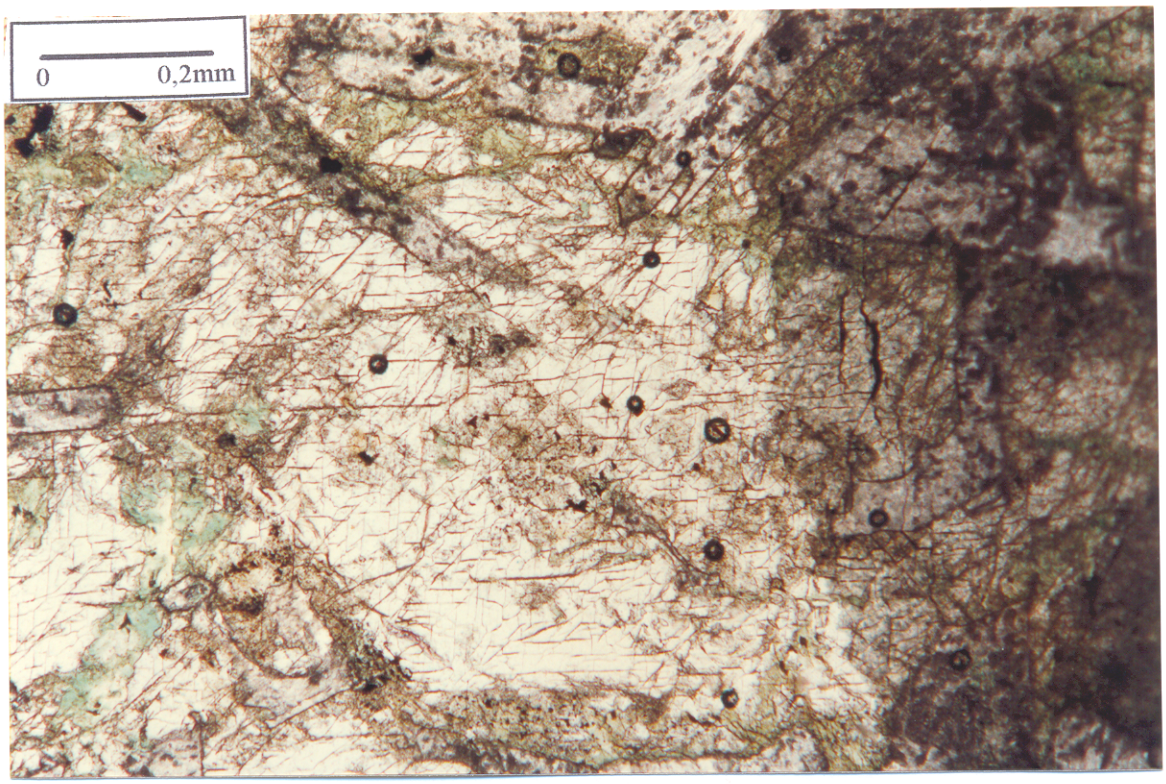


Figura 10 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras, mostrando seção basal de augita incolor. Notar manchas de cloritas de cor verde (Nicóis Paralelos - NP - F72/49,65).

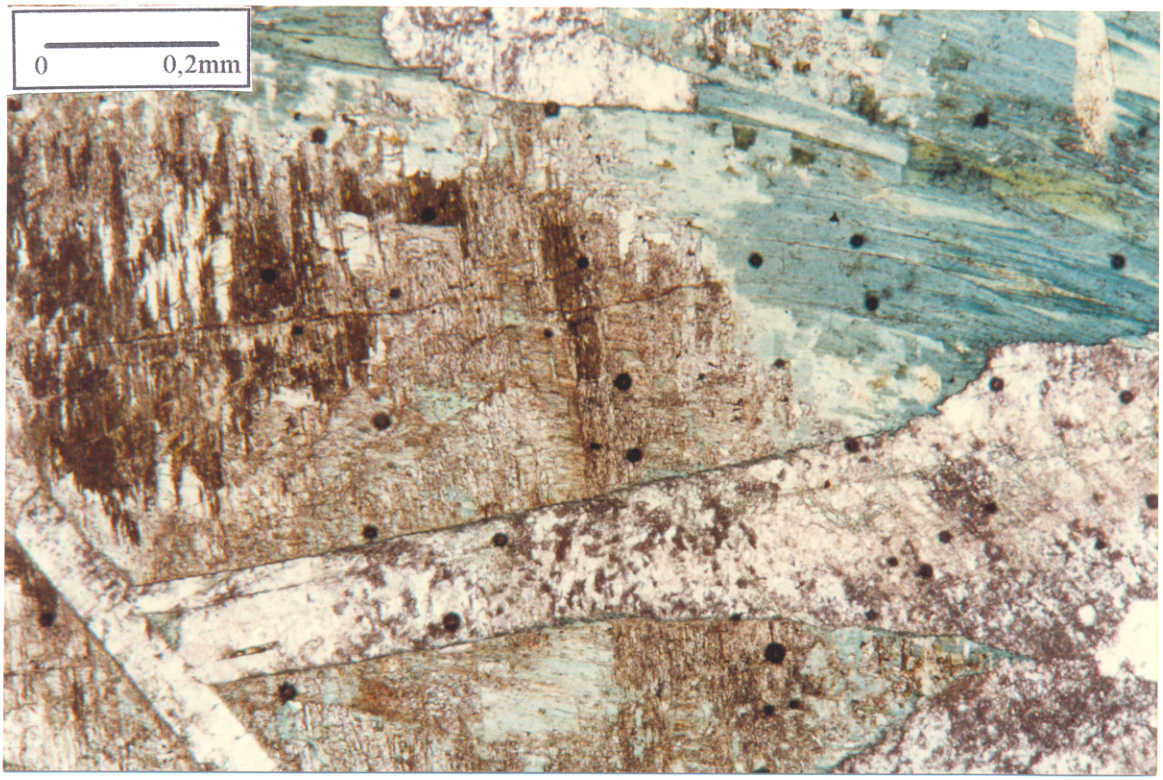


Figura 11 - Fotomicrografia do metagabro de Águas Claras mostrando augita parcialmente transformada para hornblenda actinolítica. Notar aspecto sujo da augita devido a alteração hidrotermal e a presença de cristais subautomórfos de plagioclásio saussuritizados em arranjo subofítico (NP - F72/49,65).

A **hornblenda** é caracterizada por apresentar cristais de granulação fina a média, com predomínio do primeiro tipo. Os cristais são subédricos a anédricos e apresentam pleocroísmo moderado a intenso em cores variando de verde oliva a amarelo amarronzado (Figura 12). É freqüente a ocorrência de núcleos preservados de augita circundados por hornblenda, que, por sua vez, pode ser substituída por actinolitas. Por outro lado, há casos em que a augita não se preserva, restando somente núcleos parcialmente transformados de hornblenda, que geralmente encontram-se corroídos e envolvidos por actinolita e/ou horblenda actinolítica (Figura 13, 14 e 15). Os cristais de hornblenda são menos freqüentes, ocorrendo em menor quantidade que os demais anfibólios. Eles representam termos precoces e, ao que tudo indica, de mais alta temperatura (cf. BARROS et al., 1994b) da transformação das augitas.

A **hornblenda actinolítica** apresenta forte pleocroísmo, com cores em Z = verde azulado e em X = amarelo pálido. Ela se apresenta mais comumente em cristais bem individualizados e prismáticos, que podem gradar nas bordas para actinolitas de hábito fibroso (Figura 16), mas pode ocorrer também como finos cristais fibrosos, dispostos radialmente. A hornblenda actinolítica substitui, ocasionalmente, a augita, cujos restos preservam parte de suas características óticas, e é, por sua vez, parcialmente substituída e pseudomorfisada por clorita (Figura 17). Outra feição bastante comum neste anfibólio é a formação de agregados em forma de plumas ou leques de fibras, entrelaçadas e encurvadas, exibindo uma extinção ondulante suave (Figura 18). No contato entre a augita e a hornblenda actinolítica é comum a presença de minúsculos grânulos de minerais opacos. A hornblenda actinolítica ocorre, em geral, associada a cloritas, epidotos, opacos, titanitas e carbonatos.

A **actinolita** está presente em quase todas as amostras, exibindo, geralmente, hábito fibroso fino, cor verde amarelado e plecroísmo incipiente a ausente. Este mineral substitui claramente a augita, a Fe-hornblenda e a hornblenda actinolítica e, certamente, não corresponde a uma fase magmática primária. Ela pode substituir parcial a totalmente cristais de augita, mas, mais comumente, verifica-se a passagem de augita para hornblenda ou hornblenda actinolítica e desta para actinolita (Figura 16). Quando a augita é completamente desestabilizada, tem-se o registro de núcleos de hornblenda e cristais prismáticos de hornblenda actinolítica envoltos por actinolitas (Figura 13) ou apenas actinolitas. Ela ocorre também preenchendo fraturas na augita. Os contatos entre a actinolita e os demais tipos de anfibólios podem ser muito irregulares, sugerindo corrosões, ou gradacionais.

As análises de microssonda eletrônica (Cap. 6) determinaram a existência neste grupo de anfibólios de uma variação composicional de actinolitas para ferro-actinolitas. Este último mineral corresponde, provavelmente, aos tipos petrográficos levemente pleocróicos, porém a distinção ótica de ambos não é fácil, dificultando a interpretação do significado desta variação composicional na evolução da rocha.



Figura 12 - Fotomicrografia mostrando augita parcialmente transformada para hornblenda (verde oliva). Hornblenda actinolítica (azul esverdeado) e actinolita (verde claro) também se desenvolvem nas bordas da augita ou da hornblenda (NP - F72/49,65).

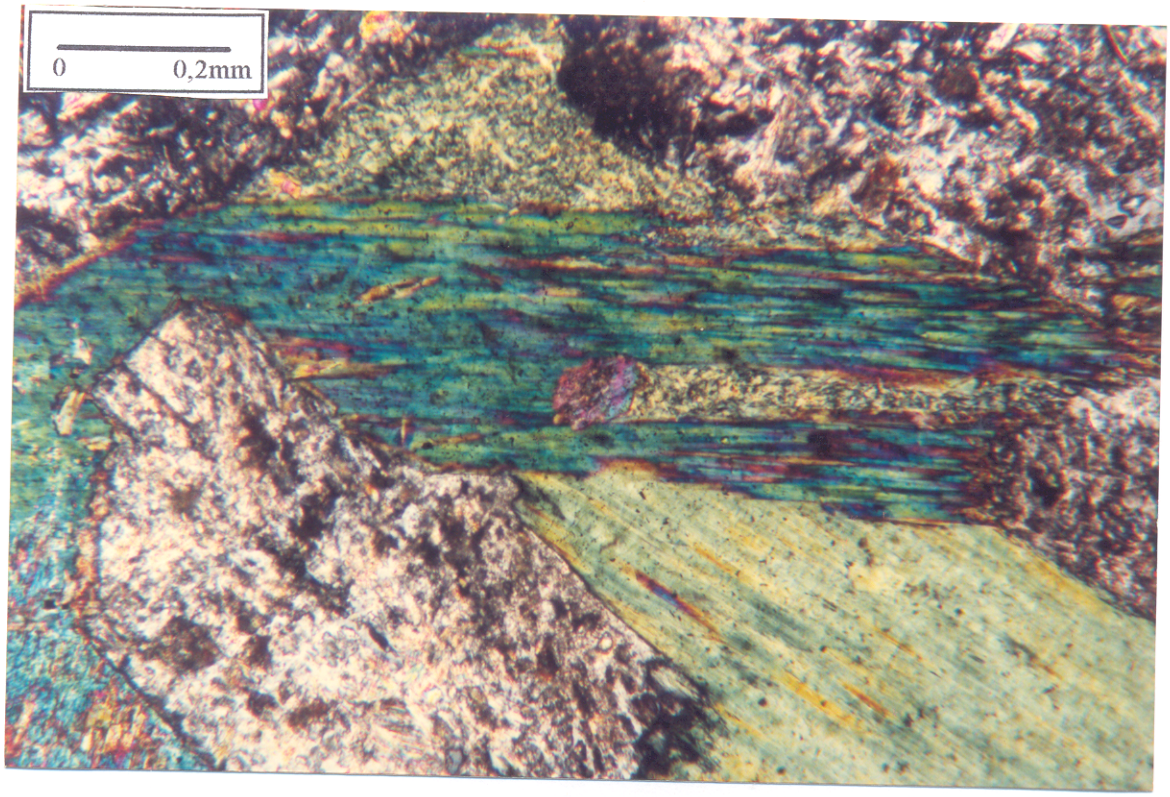


Figura 13 - Fotomicrografia de pequeno cristal automorfo de hornblenda (no centro), e hornblenda actinolítica prismático, que são bordejadas por actinolitas (amarelo fino fibroso) (NC - F72/49,65).

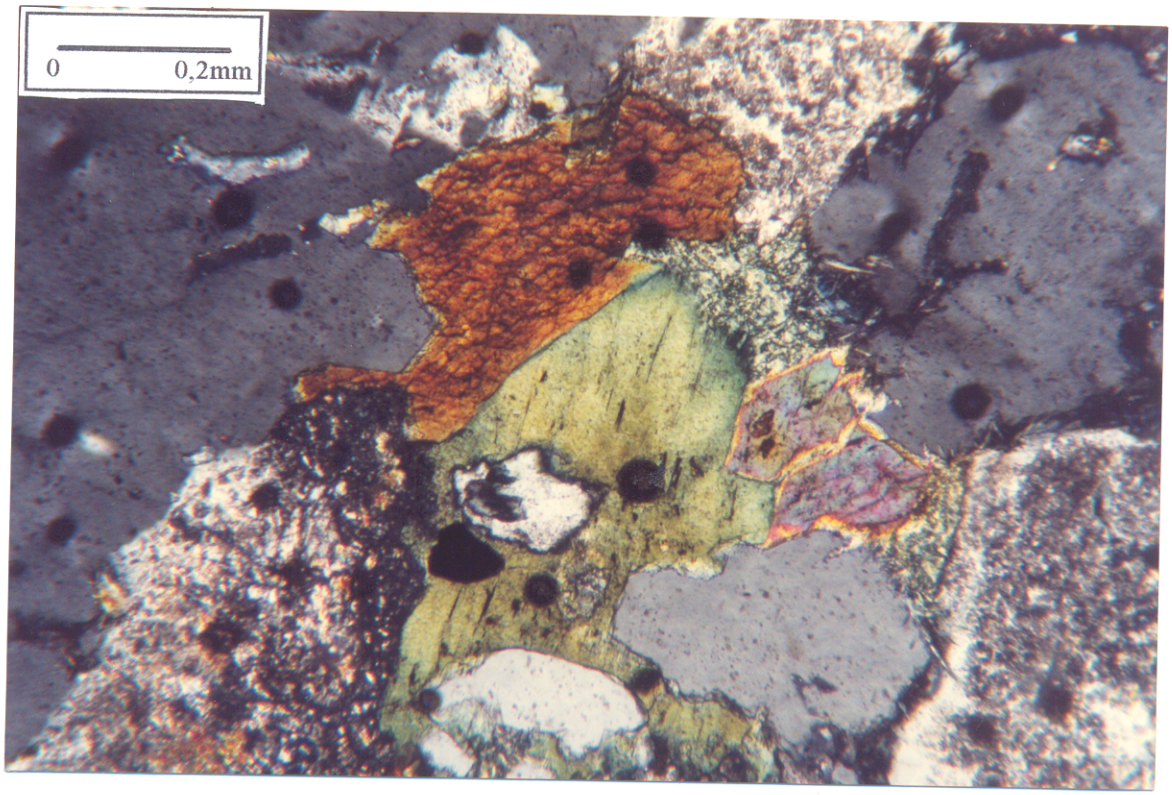


Figura 14 - Fotomicrografia de cristais de hornblenda incipientemente transformados para actinolitas nos bordos. Notar contatos corrosivos entre os dois tipos de anfibólios e também a presença de quartzo e plagioclásio saussuritizado (NC - F72/80,10).

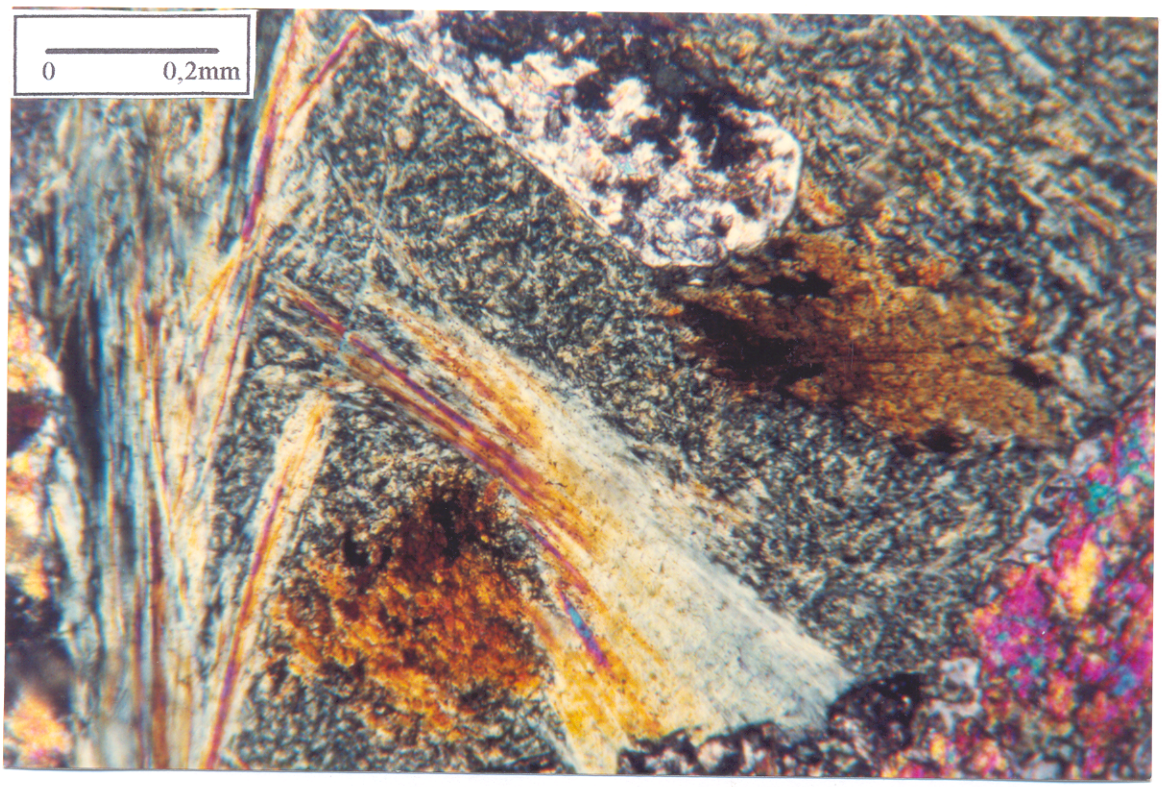


Figura 15 - Fotomicrografia de metagabro mostrando restos de cristais de hornblenda (seções basais de cor amarronzada) envoltos por actinolitas de hábito fibroso. Notar presença de plagioclásio saussuritizado e de epidoto, este no canto inferior direito (NC - F72/49,65).

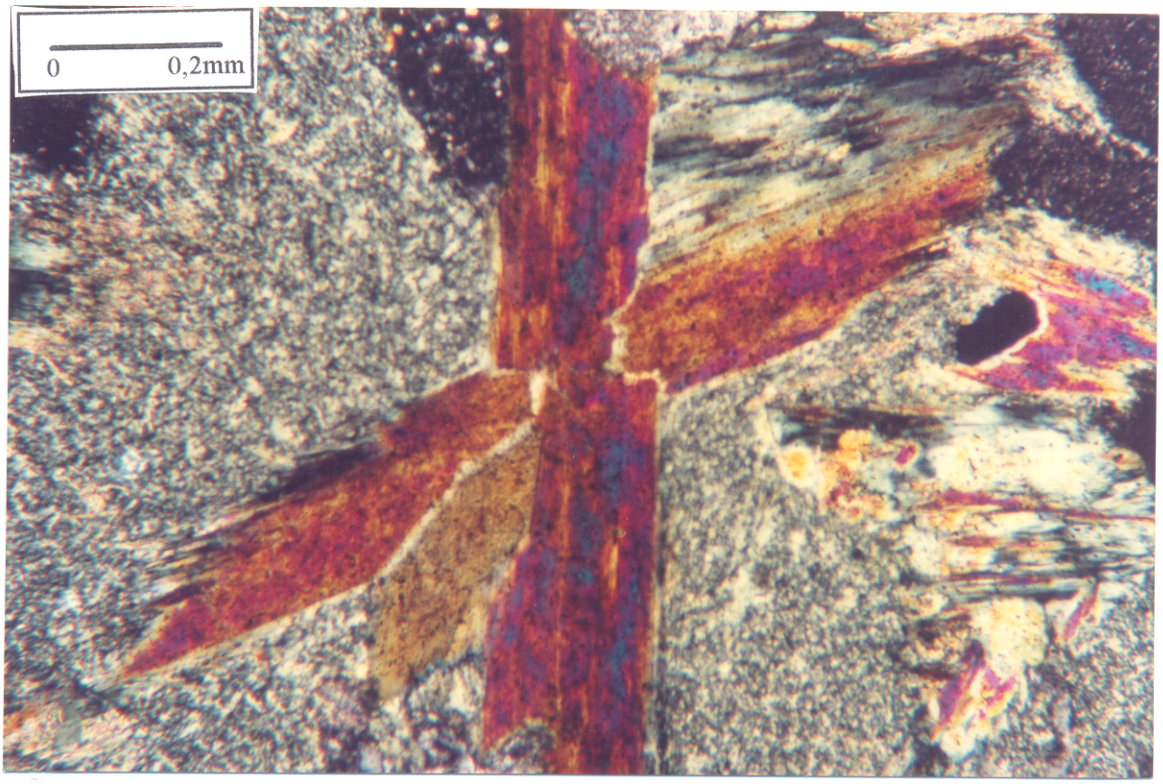


Figura 16 - Fotomicrografia mostrando hornblenda actinolítica gradando lateralmente para actinolitas. Notar mudança gradacional de hábito prismático para fibroso no contato entre esses dois minerais e a presença de plagioclásio saussuritizado (NC - F124/105,5).

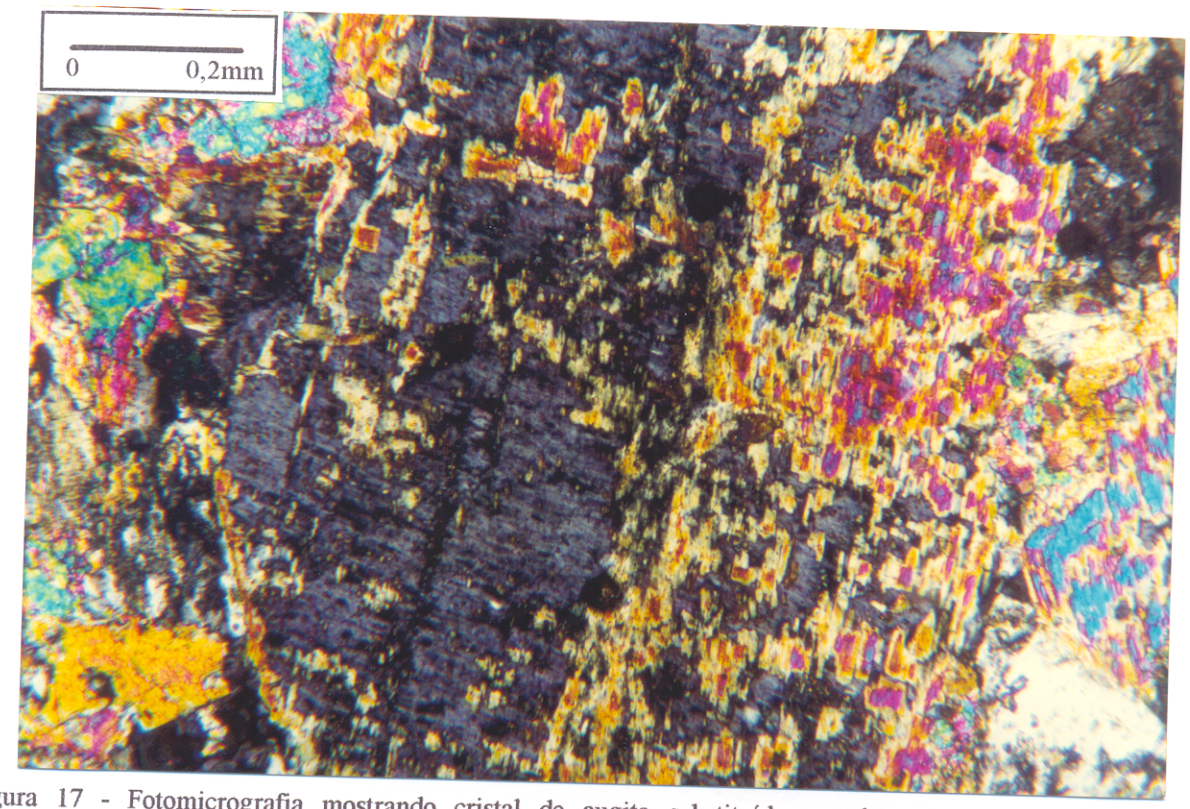


Figura 17 - Fotomicrografia mostrando cristal de augita substituído pseudomorficamente por hornblenda actinolítica, a qual, por sua vez, é substituída e pseudomorfisada por clorita (cor escura na foto (NC - F72/49,65).

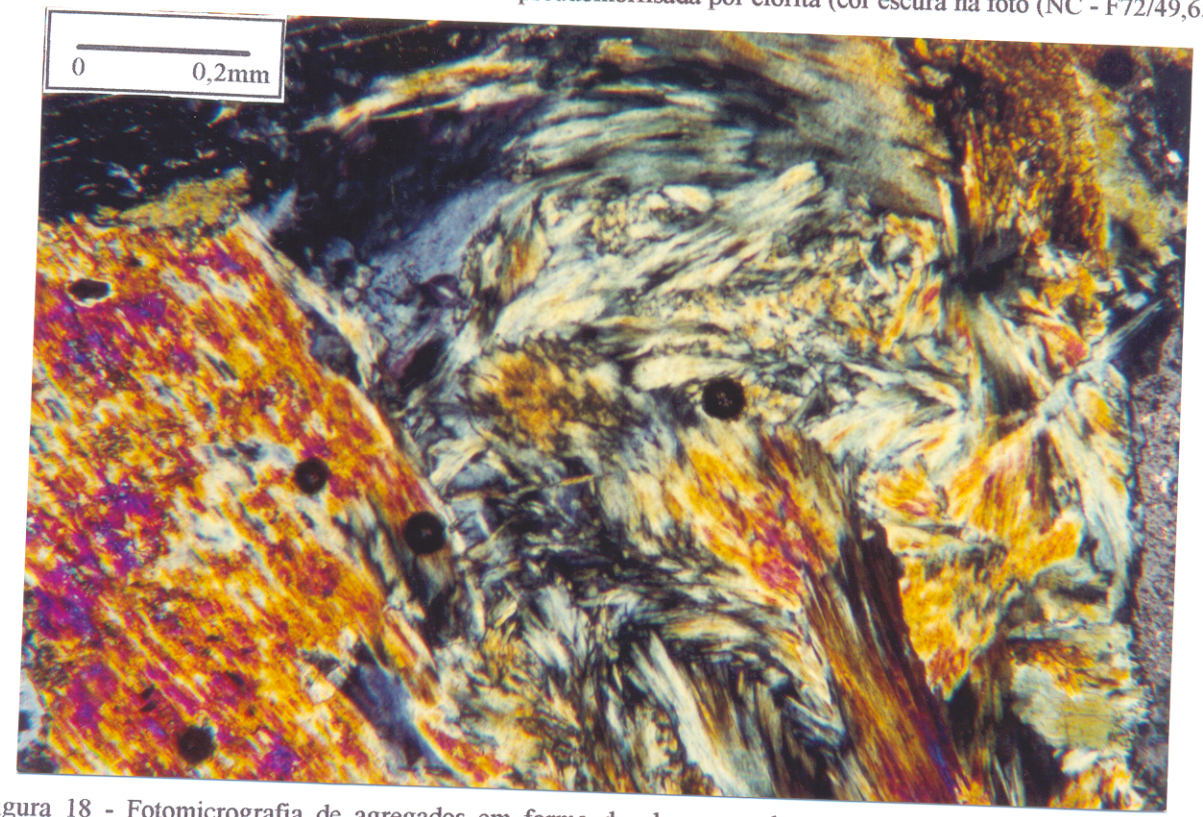


Figura 18 - Fotomicrografia de agregados em forma de plumas ou leques de hornblenda actinolítica fibrosa, entrelaçados e encurvados, exibindo extinção ondulante suave (NC - F72/49,65).

O **plagioclásio** apresenta-se como cristais subédricos a euédricos de granulação fina a média e, por vezes grossa, mostrando na maioria das vezes seções retangulares. Essas seções formam arranjos subofíticos a ofíticos com os minerais ferromagnesianos. Os cristais de plagioclásio primários ou magmáticos eram muito abundantes e alcançavam quantidades modais de até 55 % (Tabelas 1 a 4). Eles não se encontram jamais preservados, pois foram inteiramente **saussuritizados** e substituídos por **sericita, epidoto, clorita e carbonatos** (Figura 19), impedindo, desta forma, mesmo com a utilização da microssonda, a determinação dos seus teores de anortita. A sua composição era, porém, provavelmente labradorítica, face à natureza dos litotipos estudados. Em intervalos de amostragem que se localizam nas proximidades dos contatos com os metarenitos são encontrados fenocristais de plagioclásios imersos em matriz gabróica de granulação fina a média. Os fenocristais são arredondados e estão saussuritizados, com formação de sericita e pequenos grãos de epidoto. Apesar da presença dos fenocristais, em lâmina delgada não chegam a definir uma típica textura porfirítica.

Além do plagioclásio saussuritizado, constatou-se a formação freqüente de **albita** nos metagabros. Assim, alguns cristais intensamente saussuritizados exibem bordas límpidas de composição albítica (Figura 20). Foram também observados cristais de plagioclásio inteiramente recristalizados, formados unicamente por **plagioclásio albítico**, que alcança quantidades modais de até 28% (Tabelas 1 a 4). Eles são nitidamente posteriores e independentes do processo de saussuritização e descalcificação do plagioclásio primário, proporcionada pela ação de fluidos hidrotermais, a temperaturas relativamente elevadas. Muito provavelmente, conforme assinalado por BARROS et al., (1994b), fluidos hidrotermais de mais baixa temperatura criaram condições para a formação de novos cristais de plagioclásios albíticos (An_{0-5}), com planos de maclamentos bem definidos, ora bastante límpidos, ora contendo grãos de epidoto, possivelmente herdados do estágio de saussuritização (Figura 21). Inicialmente, verifica-se a recristalização de albita, nas bordas de cristais de plagioclásio saussuritizado, que, de acordo com a intensificação da alteração hidrotermal, podem evoluir para cristais totalmente formados por albita, geralmente com epidoto associado (Figuras 20 e 21). Cristais de albita também são registrados em microvênulas, associados com quartzo, epidoto e carbonatos (Figura 22).

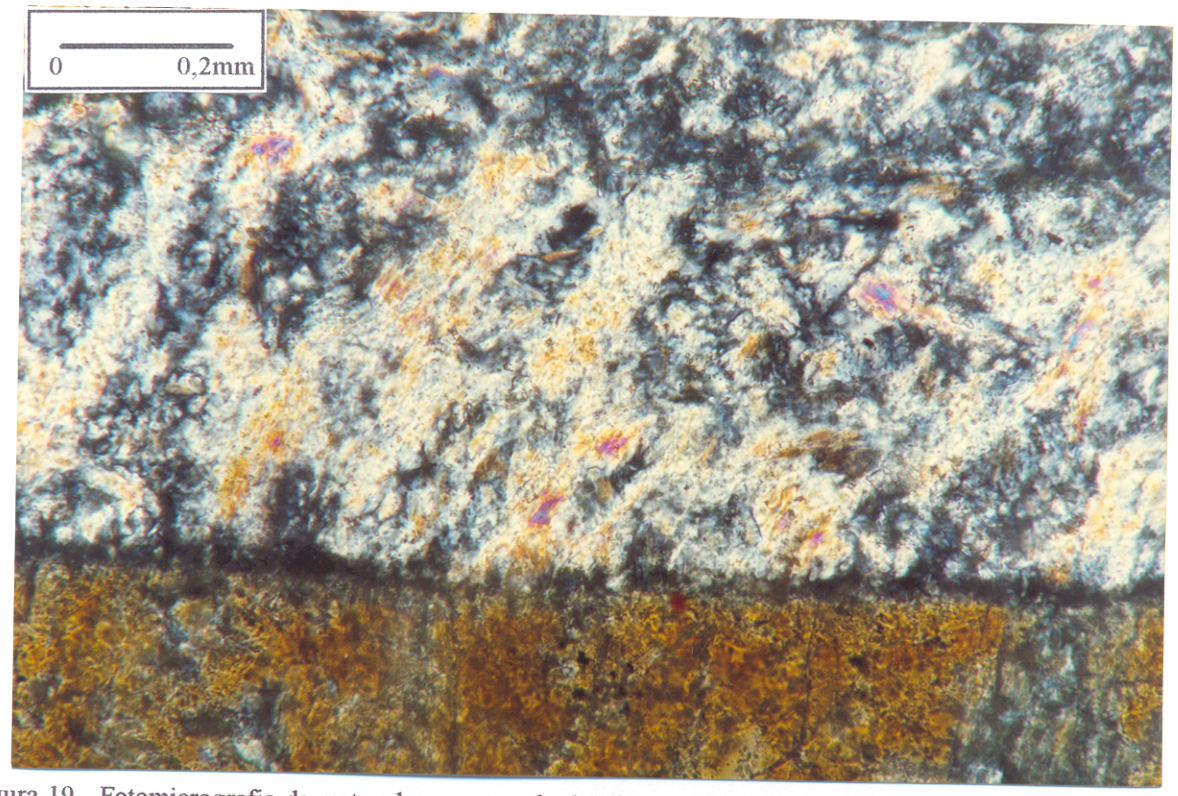


Figura 19 - Fotomicrografia de metagabro mostrando detalhe do plagioclásio primário inteiramente saussuritizado em contato com cristal de augita (NC - F72/49.65).

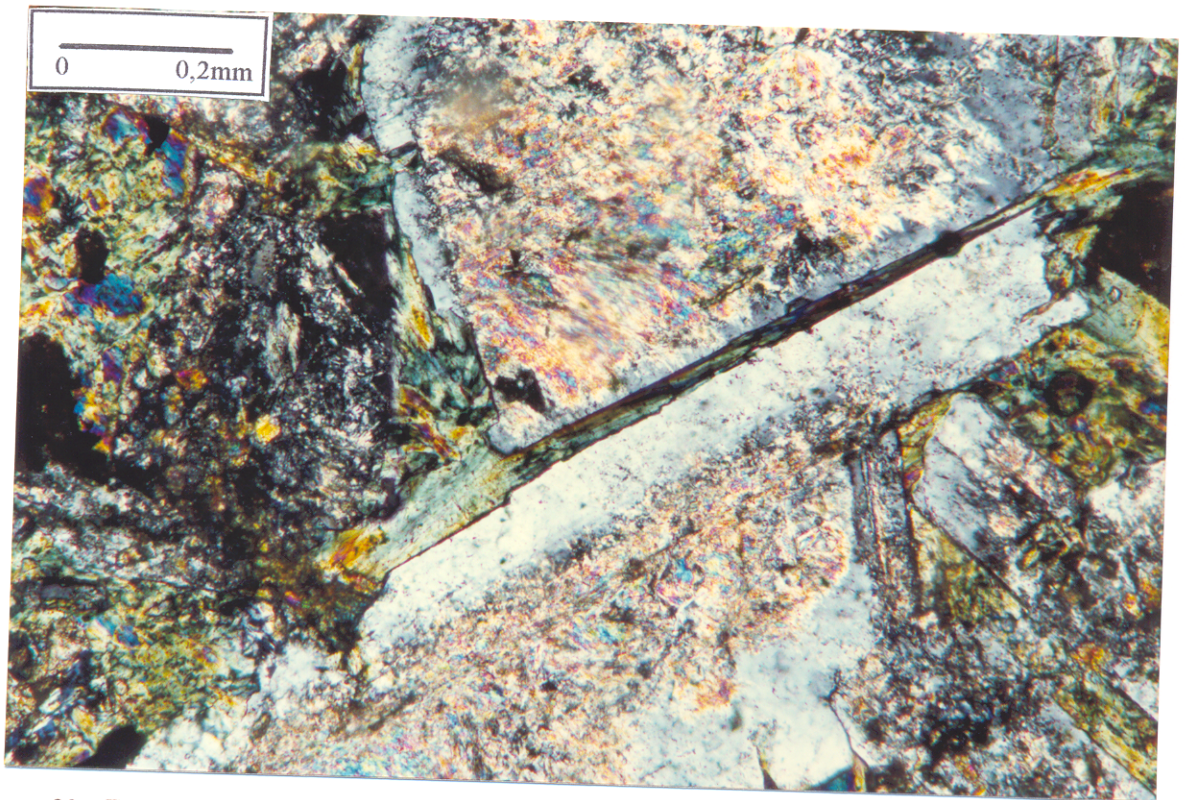


Figura 20 - Fotomicrografia de metagabro mostrando plagioclásio saussuritizado com recristalização de albita em seus bordos (NC - F124/91,10).

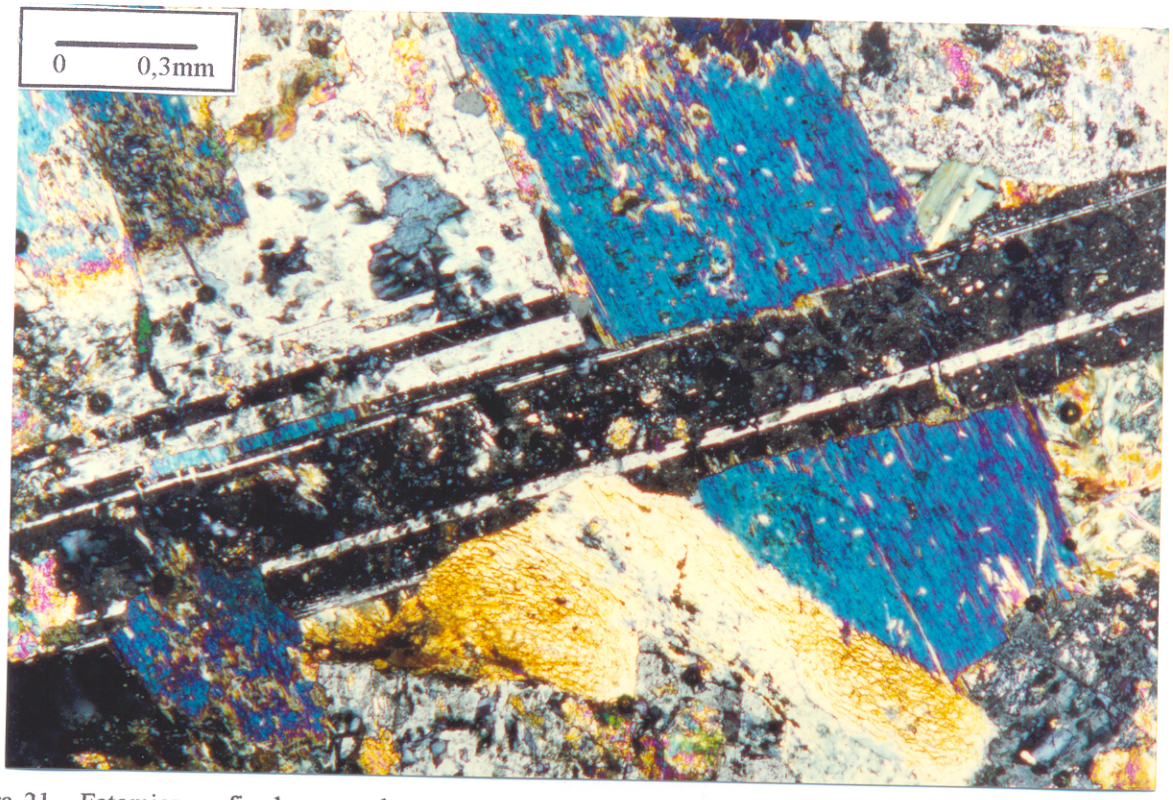


Figura 21 - Fotomicrografia de metagabro mostrando cristal neoformado de plagioclásio albítico com planos de maclamento bem definidos. O cristal de albita aloja pequenos cristais de epidoto, presumivelmente herdados do estágio de saussuritização. Notar cristais de hornblenda actinolítca e Fe-hornblenda associadas (NC - F72/63,65).



Figura 22 - Fotomicrografia de metagabro mostrando detalhe de microvênula de albita associada a quartzo e epidoto (NC - F72/63,65).

As **cloritas** identificadas nas rochas estudadas são classificadas com base em suas composições químicas como **ripidolitas** e **brunsvigitas** (cf. Cap. 6). Apresentam cores de interferência anômalas, variando de azul a roxa e também amarelo amarronzado. Ocorrem substituindo os diversos tipos de anfibólios (Figura 23) ou, mais localmente, associada à saussuritização dos plagioclásios, ou, ainda, preenchendo fraturas e formando veios . Neste último caso, as cloritas ocorrem juntamente com quartzo, epidoto e carbonatos. Elas substituem tanto os cristais primários de plagioclásio, quanto os cristais albíticos, sendo que no primeiro caso elas ocorrem como pontuações ou manchas, juntamente com sericita, epidotos e raros carbonatos. Quando elas substituem o plagioclásio albítico (Figura 24), os seus contatos com o mesmo são, geralmente, irregulares, sugerindo corrosão, e podem dispor-se segundo os planos de clivagem dos feldspatos.

Como já foi destacado anteriormente, as cloritas substituem parcial a totalmente os diversos tipos de anfibólios (Figura 23). Essa substituição depende da intensidade do hidrotermalismo. A participação da clorita torna-se mais importante nas rochas submetidas a hidrotermalismo muito intenso, onde há a completa substituição de anfibólios por cloritas, propiciando a obliteração da textura subofítica original. Nas rochas muito intensamente transformadas, em que houve o desenvolvimento de uma foliação, a clorita ocorre como cristais finos, dispostos em níveis ou faixas descontínuas, orientados e alternados com níveis enriquecidos em sericita (Figura 25).

O **quartzo** se apresenta em quantidades modais pequenas e muito variáveis, estando ausente em algumas amostras e podendo, excepcionalmente, atingir proporções de até 16% (Tabela 1 a 4). Ocorre como cristais primários e secundários. Os grãos de **quartzo primário** são perfeitamente identificáveis nas rochas cujas texturas magmáticas foram melhor preservadas. Ocupam, geralmente, os interstícios dos plagioclásios saussuritizados e fases máficas primárias transformadas, formando intrecrescimentos granofíricos ou micrográficos com os feldspatos (Figuras 26 e 27) ou desenvolvendo cristais xenomórficos que se amoldam aos minerais primários e chegam até mesmo a englobá-los (Figuras 28 e 29). Esses aspectos sugeram a origem primária desse quartzo, que é interpretado como sendo relacionado ao estádio final da cristalização magmática, similarmente ao que ocorre nos granófiros ácidos associados com intrusões básicas diferenciadas (CARMICHAEL et al., 1974).

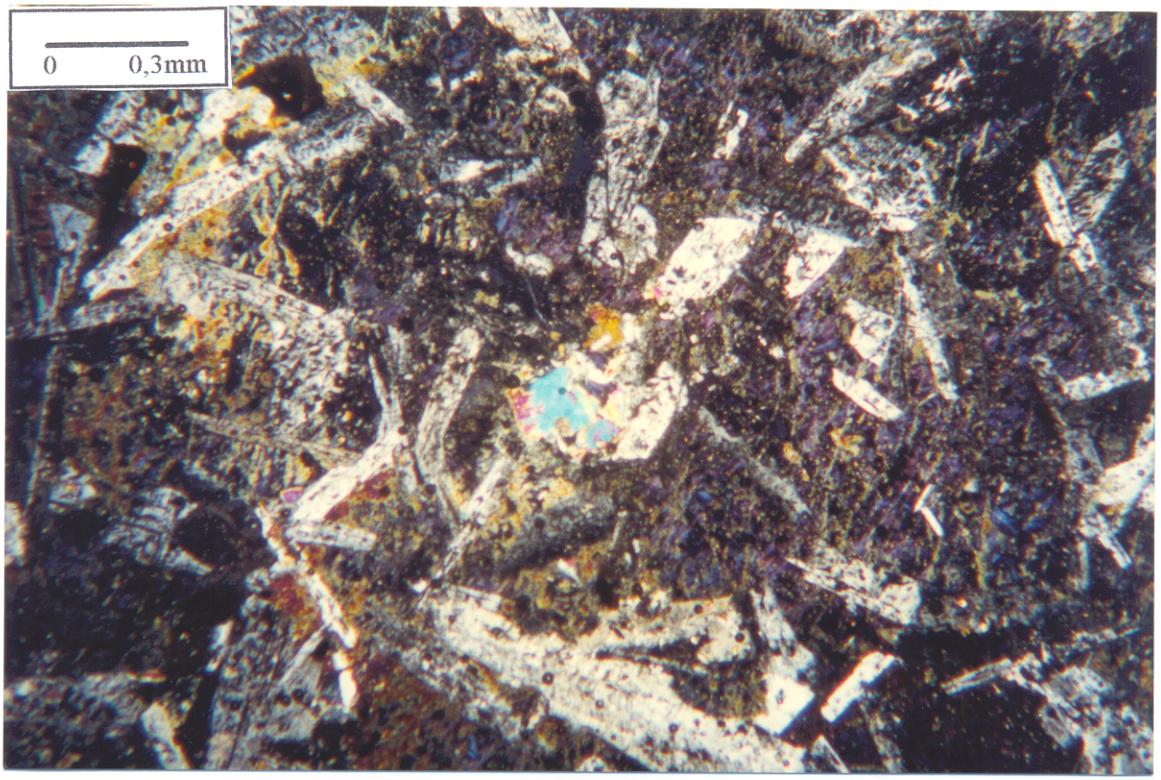


Figura 23 - Fotomicrografia de metagabro mostrando cristais de anfibólios quase que completamente substituído por para cloritas. Notar preservação da textura subofítica original (NC - F124/92,85).

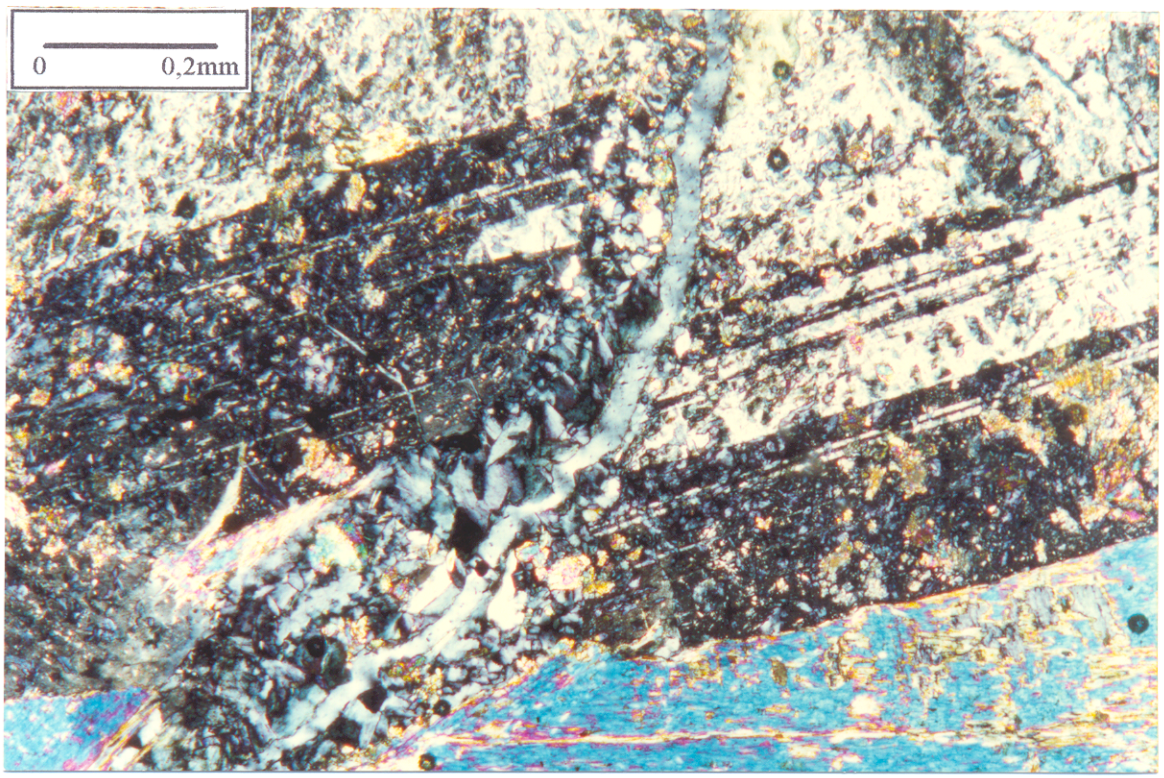


Figura 24 - Cristal de plagioclásio albítico recristalizado, cisalhado englobando cloritas quartzo e epidoto. Notar que o plagioclásio albítico e o anfibólio (na porção inferior) estão cisalhados, e fraturados, sendo a fratura preenchida por albita (?) e bordejada por clorita que substitui tanto o anfibólio, quanto a albita (NC - F72/63,65).

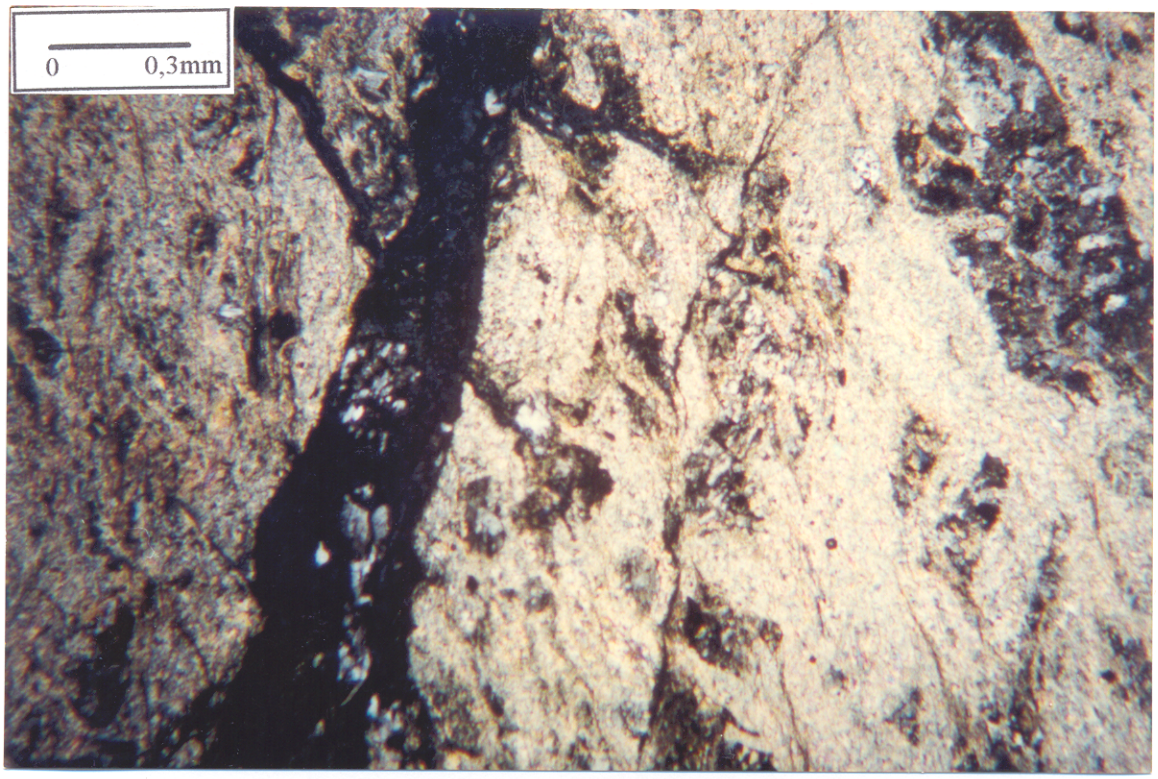


Figura 25 - Fotomicrografia de metagabro fortemente transformado, onde tem-se massa sericítica orientada. Notar faixa menos espessa de clorita (escura na foto) associada a pequenos cristais de quartzo (NC - F72/75,25).

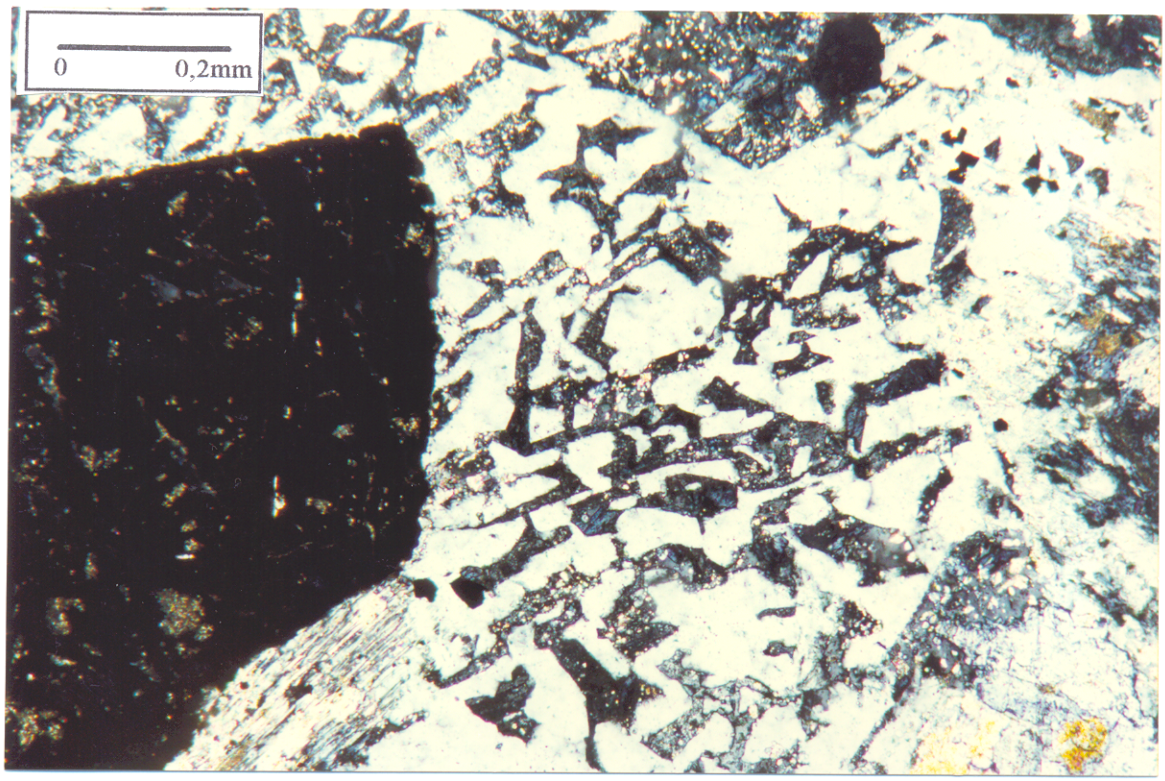


Figura 26 - Fotomicrografia de metagabro mostrando quartzo com textura micrográfica em contato com cristal de opaco recristalizado (NC - F72/80,10).

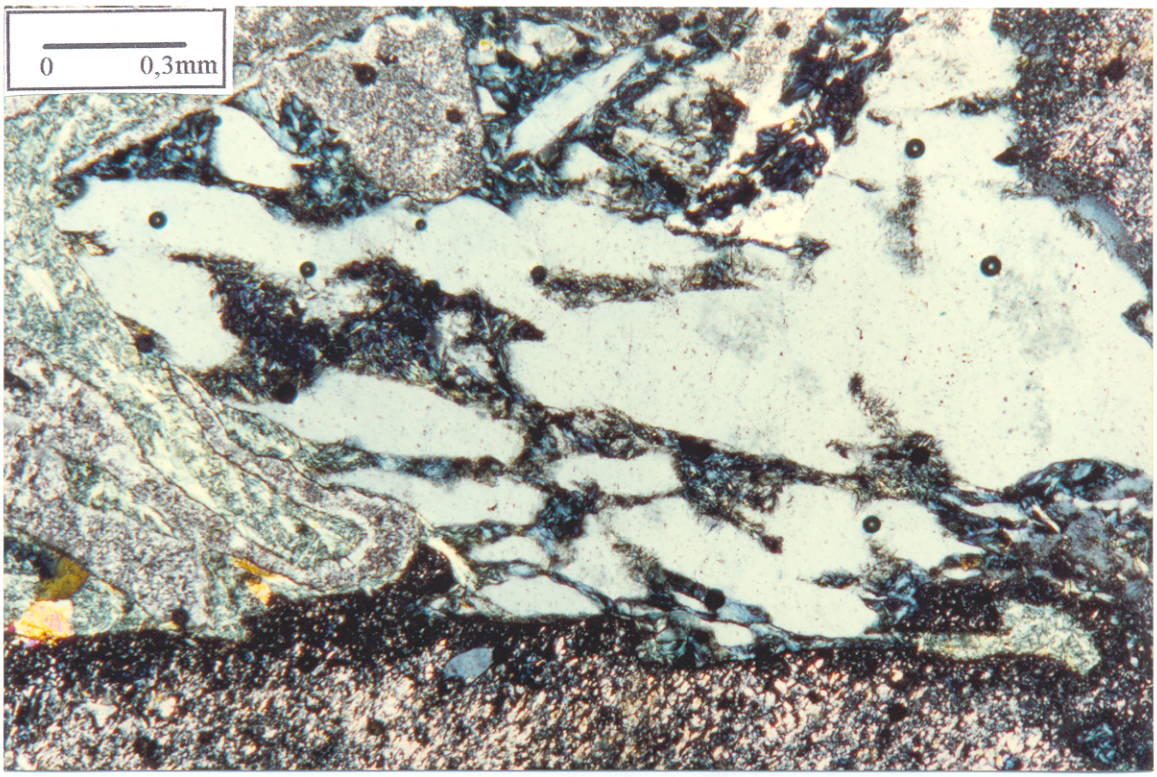


Figura 27 - Intercrescimento granofírico de quartzo e feldspatos, em que os últimos foram inteiramente substotuídos por clorita. O intercrescimento preenche os interstícios entre cristais saussuritizados de plagioclásio e o quartzo exibe evidências de corrosão nos contatos com a clorita (NC - F72/76,32).

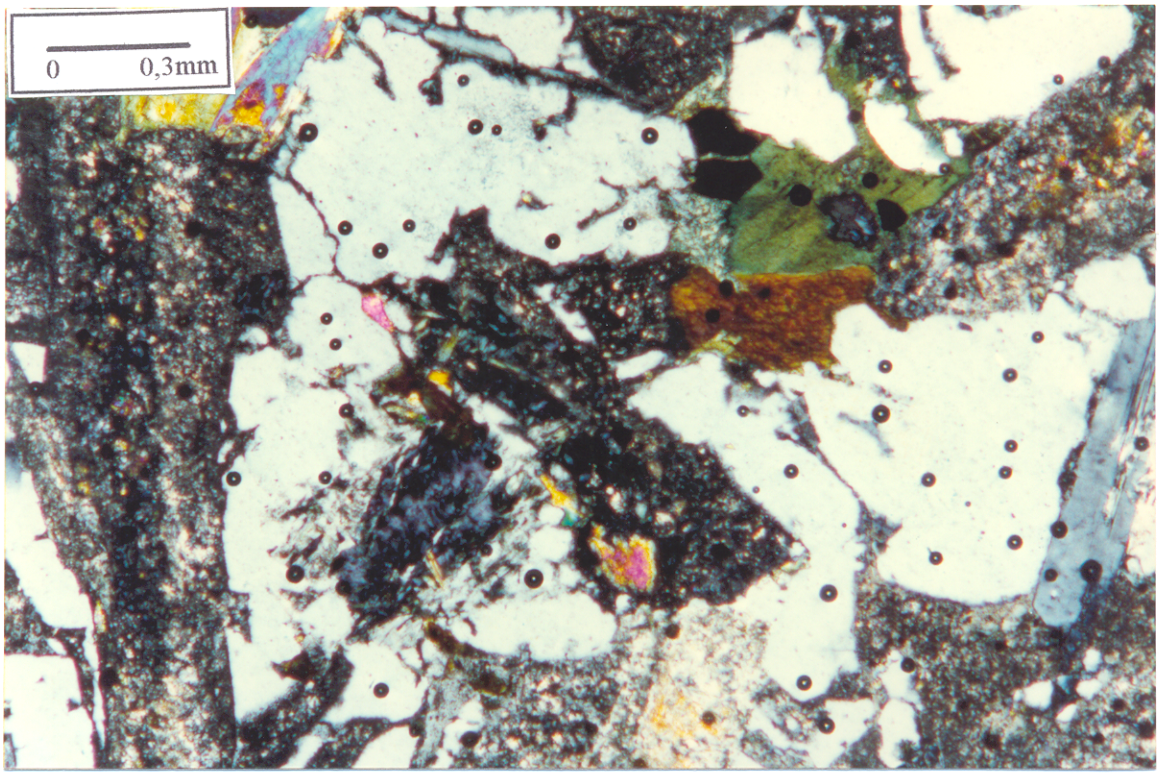


Figura 28 - Fotomicrografia de metagabro mostrando quartzo primário nos insterstícios de plagioclásios saussuritizados. Notar cristais de hornblenda, actinolita e opacos associados (NC - F72/76,32).

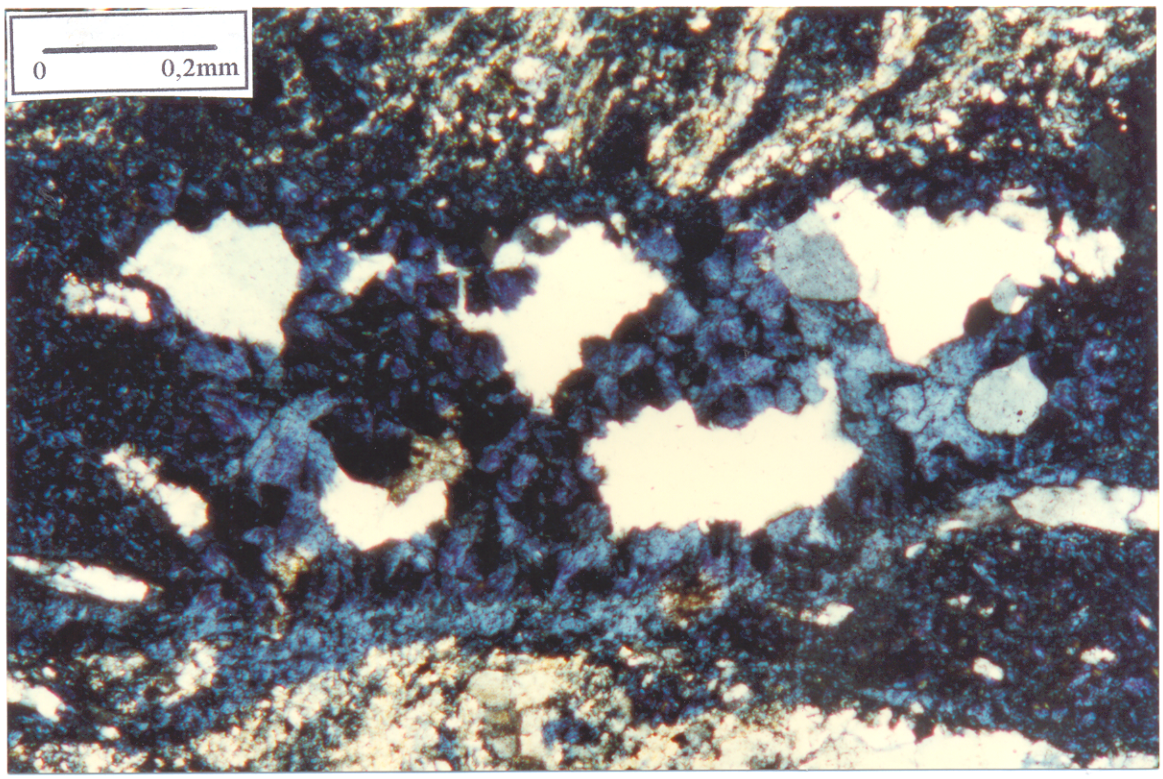


Figura 29 - Veio preenchido por clorita associada a grãos xenomórficos de quartzo, com contornos reentrantes sugerindo feições de corrosão (NC - F72/82,60)

Os grãos de **quartzo secundário** estão relacionados à desestabilização dos anfibólios ou ao preenchimento de veios hidrotermais tardios. Os primeiros são finos, intergranulares, anédricos, com fraca a forte extinção ondulante. Apresentam bordas irregulares e englobam parcialmente cristais de epidoto e albita. Os segundos estão relacionados a veios hidrotermais associados aos processos de mineralizações. Formam vênulas milimétricas a centimétricas em assembléias com cloritas, turmalinas e sulfetos. Na parte central das vênulas ocorrem cristais médios a grossos, anédricos, exibindo fraturamente e forte extinção ondulante, e podendo, por vezes, definir bandas de deformação (BELL & ETHERIDGE, 1973), elongadas segundo uma orientação preferencial, e formadas por subgrãos com contatos suturados entre si. Todavia, quando a deformação é mais intensa, ocorre cominuição dos grãos de quartzo, com neoformação de subgrãos poligonizados e intensamente deformados. Em casos extremos de deformação, os cristais de quartzo formam faixas milimétricas em alternância com bandas cloríticas, definindo uma foliação milonítica. Em algumas amostras, o quartzo secundário apresenta-se intimamente associado a cloritas, exibindo entre si contatos irregulares sugestivos de processos corrosivos (Figuras 30).

Os **minerais opacos** são encontrados em quantidades máximas de até 6,6% (Tabelas 1 a 4), sendo que, de acordo com sua textura e forma de ocorrência, três grupos distintos foram identificados. Os cristais de minerais opacos dominantes preservam suas texturas originais, embora estejam parcial ou totalmente desestabilizados e cristais fortemente corroídos não sejam raros. Eles são finos a médios, subédricos a anédricos e apresentam quase sempre aspecto esqueletal, onde os **cristais pretéritos de titanomagnetita** dão vez a massas transparentes de **leucoxênio** e/ou **titanita** entremeadas com finas lamelas regulares de **ilmenita**, formando arranjos losangulares e triangulares, definindo textura em *trellis* (Figura 31). O grau de transformação e corrosão dos opacos varia em intensidade, sendo mais acentuado nas rochas mais fortemente hidrotermalizadas, onde há desestabilização parcial até mesmo das lamelas de ilmenita *trellis* ou então **neoformação de magnetitas**, que preservam ou não lamelas pseudomorfisada de ilmenita *trellis* (Figuras 32, 33 e 34).

Um segundo grupo de minerais opacos presentes são grãos de **ilmenita** de granulação muito fina, anédricos, que ocorrem associados com actinolita, clorita e epidoto. Eles podem representar cristais de ilmenita primários, mais ou menos modificados, ou serem secundários e, possivelmente, oriundos da desestabilização da augita ou do próprio anfibólio (Figura 35).

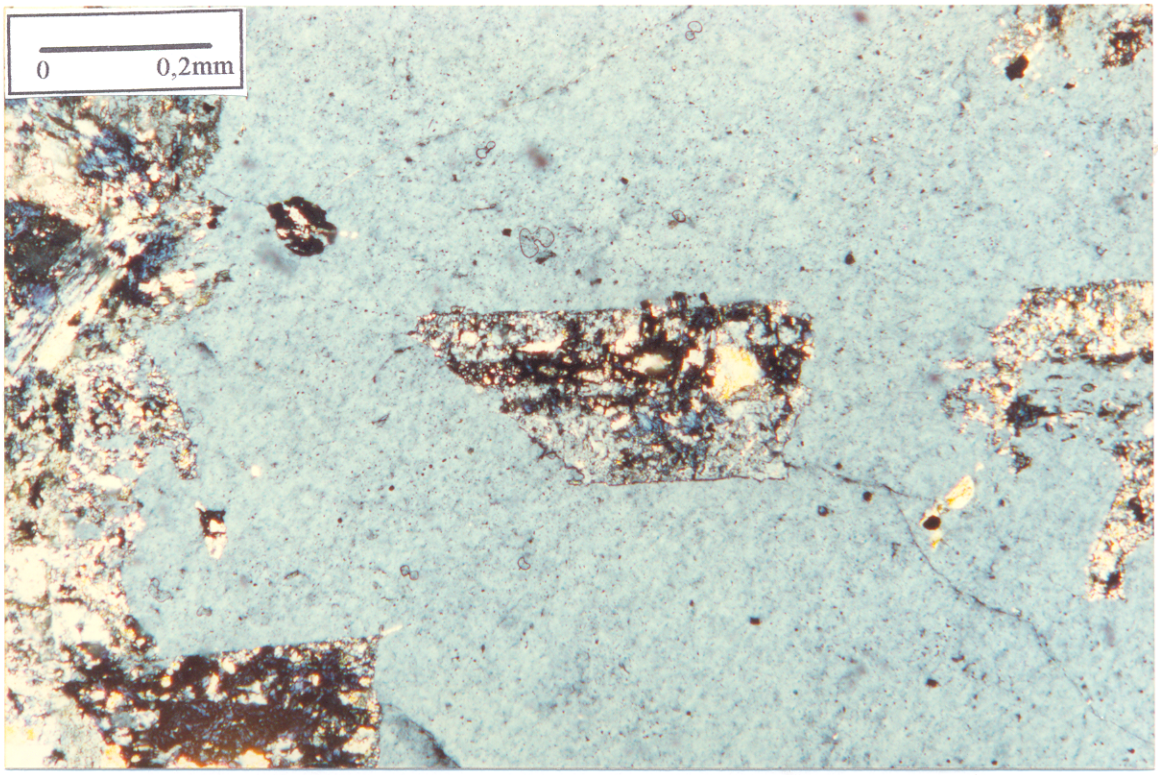


Figura 30 - Quartzo primário com inclusões de cristais de plagioclásios saussuritizados (NC - F72/80,10).

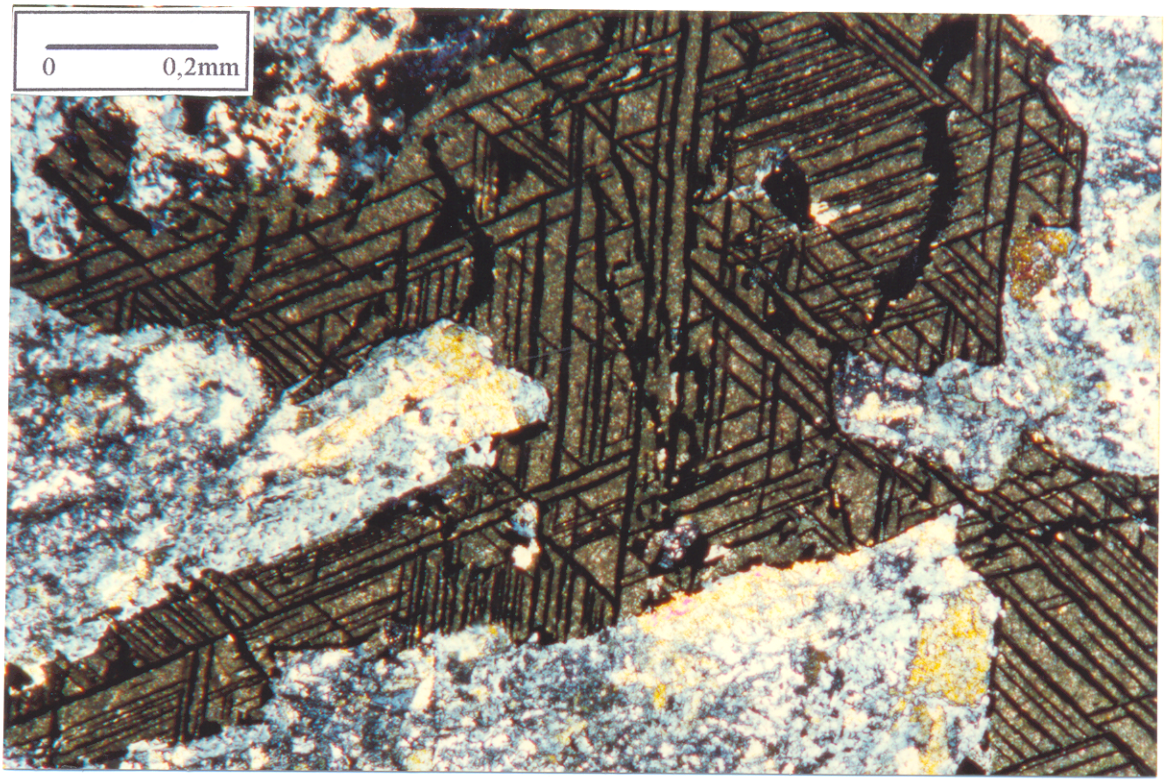


Figura 31 - Cristal de opaco reliquiar apresentando lamelas de ilmenita *trellis* entremeadas a massas de leucoxênio e/ou titanita. Notar contatos corrosivos com os cristais de plagioclásio saussuritizados provinientes da substituição da magnetita (NP - F139/161,00)

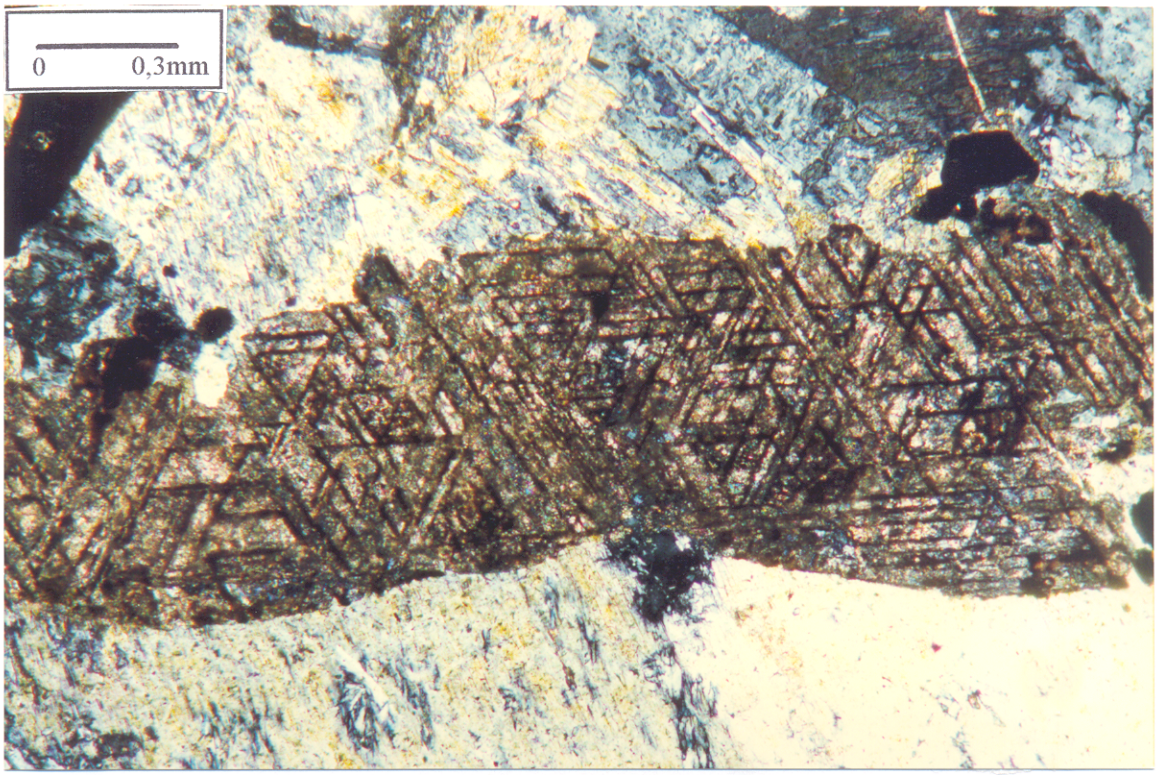


Figura 32 - Cristal de opaco reliquiar apresentando parcial desestabilização das lamelas de ilmenita *trellis* entremeadas a finos cristais neoformados de titanita. Notar anfibólios e albita associados (NP - F-72/54,00)

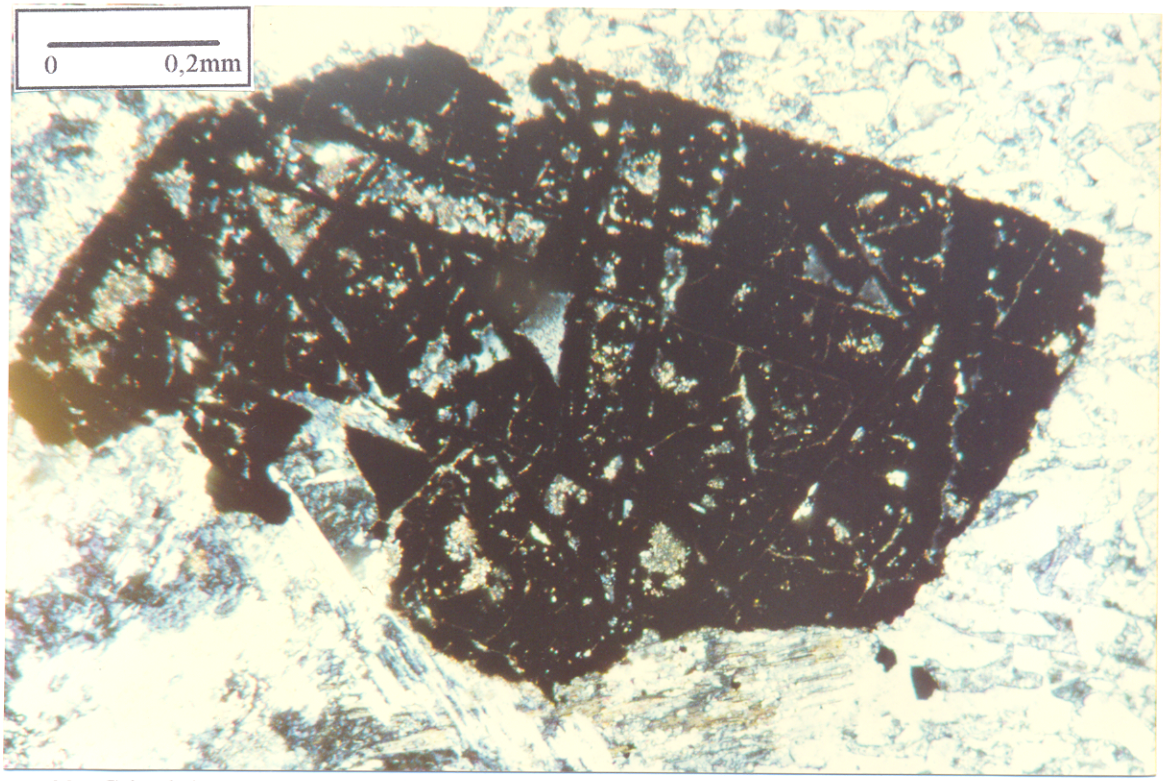


Figura 33 - Cristal de opacos recristalizados preservando relíquias pseudomorfisadas de ilmenita *trellis* em contato com quartzo granofírico (NP - F72/83,90)

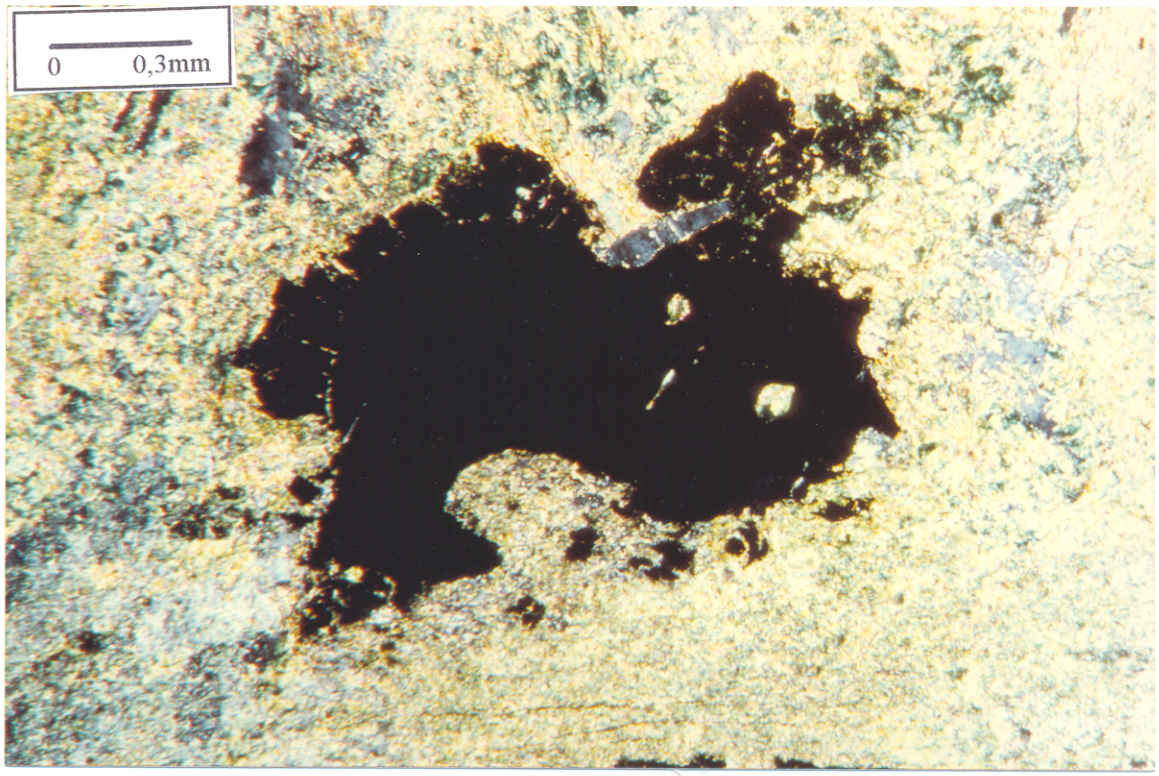


Figura 34 - Cristal recristalizado de opacos de aspecto maciço imerso em massa de biotita misturada com quartzo (NP - F72/83,90).

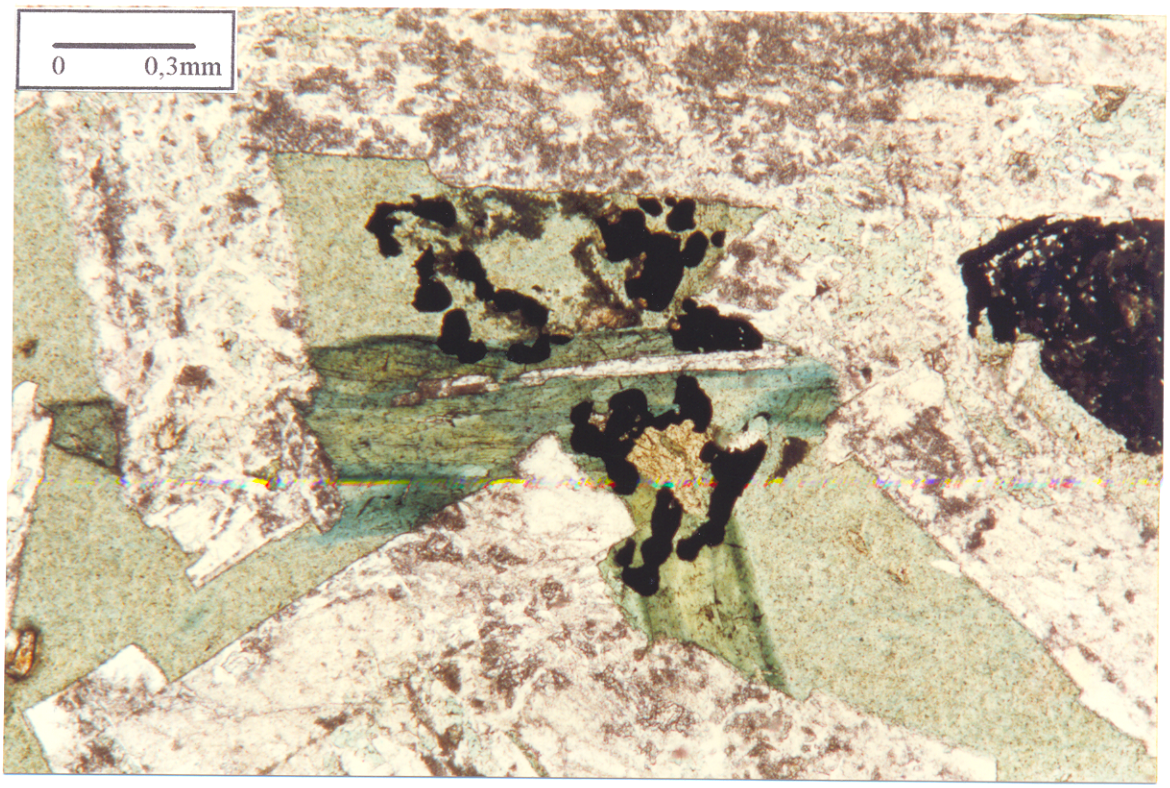


Figura 35 - Cristais de minerais opacos (ilmenita) associados a anfibólios. Notar que os anfibólios mostram um arranjo subofítico com os plagioclásios (NP - F72/63,65)

Um terceiro grupo de minerais opacos está relacionado com os **veios hidrotermais**. São cristais de **pirita**, **calcopirita** e **magnetita**, finos a médios, subédricos a anédricos, raramente euédricos, ocorrendo em cristais isolados ou em agregados, formando "massas" irregulares, geralmente na parte central de vênulas.

O **zircão** está presente em algumas amostras de gabros, como cristais muito finos, subédricos a anédricos. Apresenta metamictização moderada a forte, podendo em alguns casos ser menos pronunciada. Ele é encontrado, geralmente, como inclusão em anfibólios, gerando halos pleocróicos nos últimos. A quantidade de zircão registrada ao longo dos furos de sondagem é muito pequena e variável. Na maioria das amostras estudadas ele encontra-se ausente. Entretanto, em alguns intervalos é relativamente abundante, em se tratando de rochas gabróicas. Cristais, possivelmente de **badeleíta**, ocorrem de modo semelhante ao zircão, sendo diferenciados pelas suas tonalidades avermelhadas e acastanhadas (Figura 36). A **apatita** forma cristais finos, subédricos a euédricos, moderadamente fraturados e inclusos em piroxênios e anfibólios.

O **epidoto** presente nas rochas estudadas está associado aos processos hidrotermais e, geralmente, forma-se às expensas de minerais pré-existentes, atingindo conteúdos modais de até 21,2% (Tabelas 1 a 4). Os epidotos formados em função da desestabilização dos piroxênios e anfibólios desenvolvem cristais subédricos, finos a médios, dispostos em agregados com clorita, opacos, carbonatos e quartzo (Figura 37). O epidoto se apresenta também como finos cristais anédricos formados às expensas do plagioclásio, associando-se, nesse caso a sericita, carbonatos, clorita e albita. Tem-se, ainda, em microvênulas, finos cristais de epidoto associados com quartzo, clorita e carbonatos.

Os **carbonatos** são comunente encontrados em associação com os diferentes minerais formados pelos processos hidrotermais, chegando, em rochas fortemente transformadas, a constituir cerca de 2,65% da moda (Tabelas 1 a 4). Tem-se, nestes casos, cristais subédricos, relativamente grandes, que se associam ao quartzo no preenchimento de fraturas (Figura 38). Eles são mais freqüentes, em vênulas mais delgadas, onde podem estar associados a epidoto, clorita e quartzo. Eles podem se associar aos agregados com epidoto e actinolitas, oriundos da substituição de augita e hornblenda.



Figura 36 - Cristal de anfibólio com possível inclusão de badeleita, que desenvolve halos pleocróicos no primeiro (NP - F72/49,65).

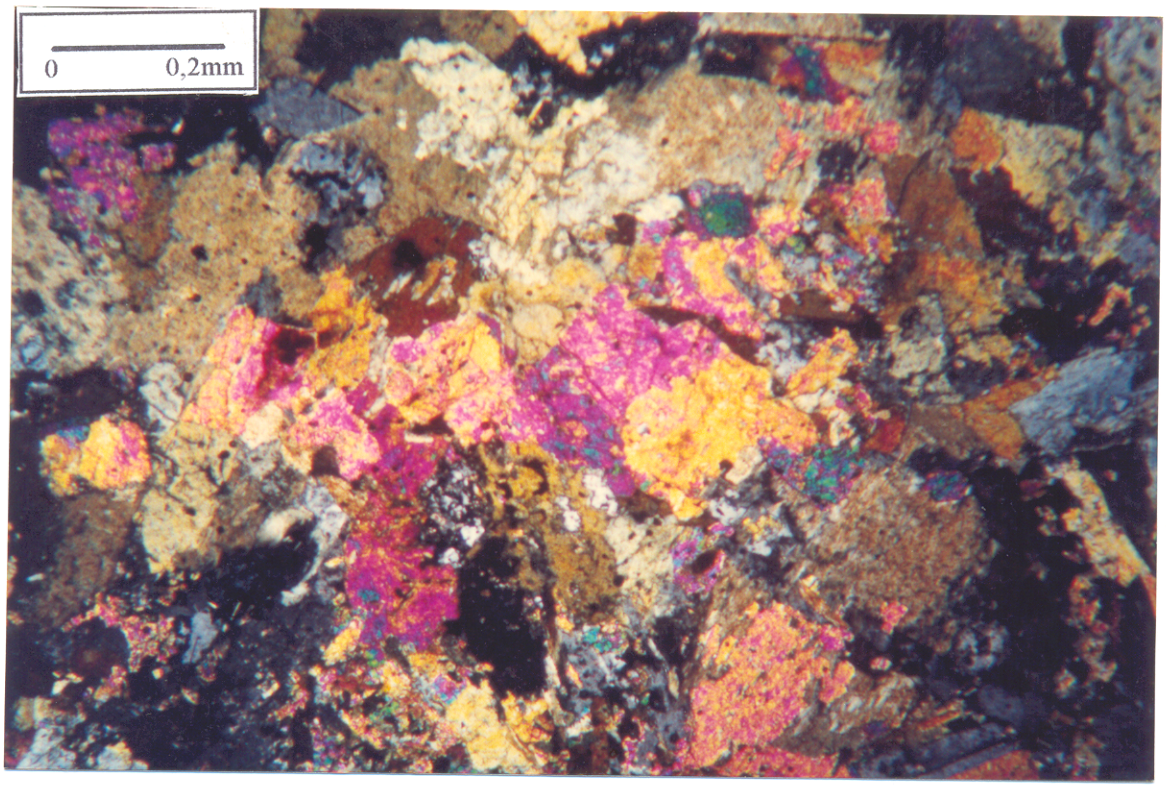


Figura 37 - Agregados de cristais de epidoto presente em metagabros profundamente transformados (NC - F139/148,50).

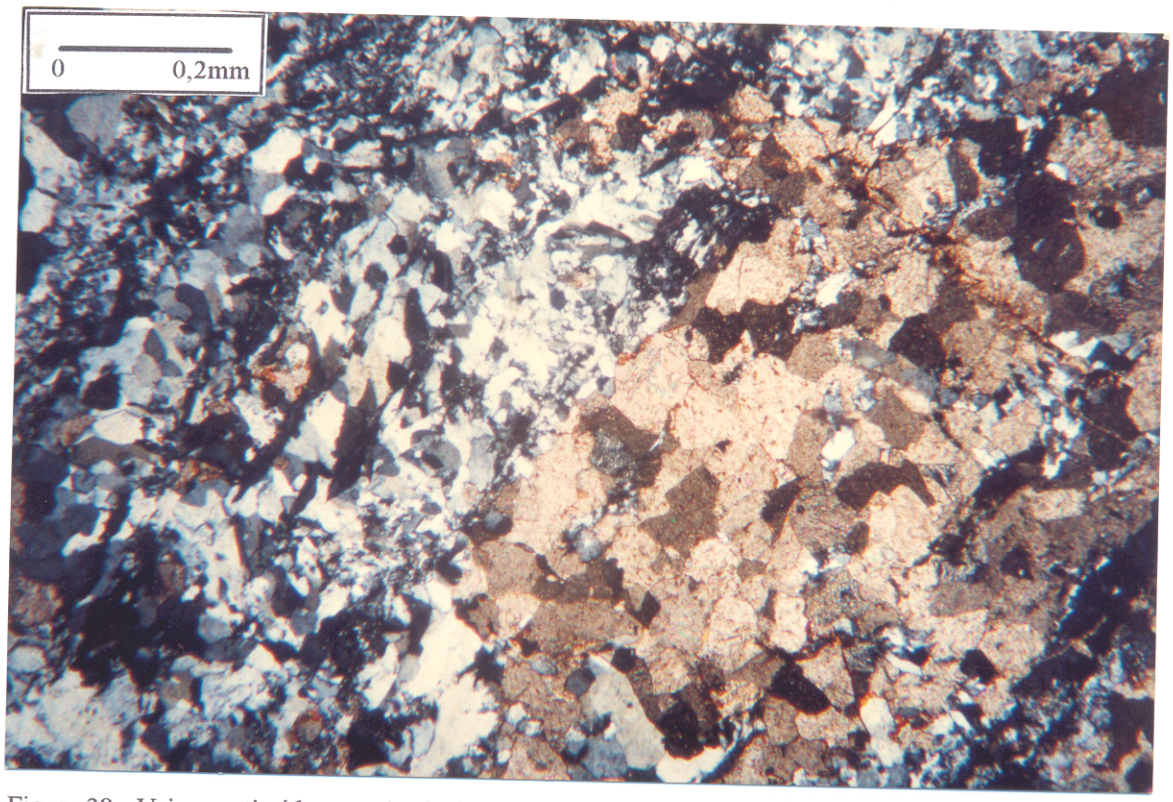


Figura 38 - Veio constituído por cristais de quartzo e carbonatos (NC - F124/91,00).

A **sericita** verificada nos metagabros está relacionada a saussuritização do plagioclásio, sendo comum a sua associação com cristais de epidoto, carbonato e, algumas vezes, clorita. Em fenocristais de plagioclásio bastante saussuritizado, a sercicita tem um importante papel, notadamente nas bordas daquele mineral (Figura 39). Em rochas em que a deformação é mais pronunciada, os plagioclásios e ferromagnesianos foram completamente transformados em sercita e clorita respectivamente. Nesta situação, a interação deformação/transformações hidrotermais provocou um aumento da ductibilidade da rocha em resposta à neoformação de minerais menos competentes (clorita e sericita). Isso favoreceu o desenvolvimento de uma foliação localizada, definida pela orientação dos referidos minerais micáceos.

A **titanita** ocorre, em quantidades inferiores a 3,6%, como cristais de granulação fina, gerados a partir da substituição de minerais opacos pré-existentes. Localmente tem-se cristais formados a partir da desestabilização parcial de anfibólios.

A **turmalina** esta relacionada aos veios hidrotermais de quartzo, nos quais se associam ainda sulfetos, carbonatos e cloritas. Os cristais de turmalina são euédricos a subédricos, com pleocroísmo variando de marrom amarelado a verde oliva escuro, sendo alguns zonados e fraturados.

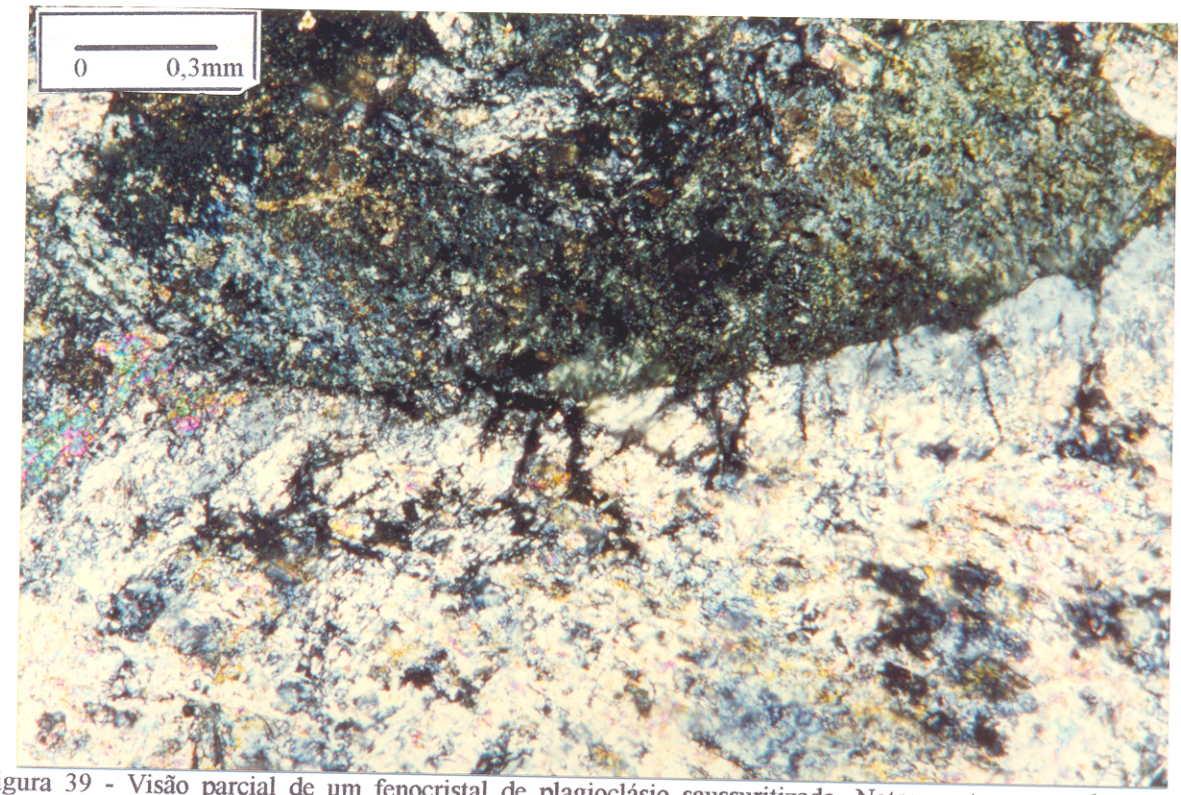


Figura 39 - Visão parcial de um fenocristal de plagioclásio saussuritizado. Notar contorno arredondado do plagioclásio e abundante sericitização nos seus bordos (NC - F70/134,10).

O **feldspato alcalino** também está relacionado aos veios hidrotermais de quartzo. É constituído por cristais subédricos a anédricos, médios a grossos, com forte extinção ondulante, aspectos turvos, parcialmente transformados para argilo-minerais e/ou óxidos de ferro. Constituem agregados em contatos irregulares entre si e com os cristais de quartzo, definindo arranjos granoblásticos.

A **biotita** é de ocorrência anômala nos metagabros de Águas Claras, pois tem-se o seu registro em apenas uma lâmina delgada. Ela apresenta-se intensamente deformada e sua origem deve estar ligada a elementos injetados nos metagabros através de zonas de cisalhamento. Nas bordas de minerais opacos recristalizados são observados cristais de biotitas bem desenvolvidos. Além dessa lâmina, este mineral foi encontrado associado também aos minerais opacos que ocorrem em veios hidrotermais.

5 - SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA E MINERAIS OPACOS

5.1 - MAGNETISMO DOS MATERIAIS

Conforme destacado por LUIZ & SILVA (1995), nos quais se baseiam os princípios teóricos discutidos a seguir, o uso de medidas magnéticas em Geociências visa, entre outras coisas, à detecção de concentrações de minerais magnéticos. Estas concentrações produzem distorções locais nos elementos do campo magnético da Terra (intensidade, declinação e inclinação).

Os minerais magnéticos responsáveis pelas distorções do campo magnético terrestre são a magnetita, a pirrotita e a ilmenita. Esses minerais permitem a localização de ocorrências minerais economicamente importantes. As medidas magnéticas também são usadas na identificação de contatos geológicos e estruturas geológicas (LUIZ & SILVA, 1995) ou nos estudos de estruturologia de corpos ígneos (ARCHANJO, 1993), baseados em medidas de anisotropia magnética em amostras orientadas. Além disso, a suscetibilidade magnética de minerais e rochas tem sido discutida vinculada à petrologia, em estudos relacionados a uma nova linha de pesquisa que foi denominada de Petrologia Magnética (WASILEWSKI & WARNER, 1988; FROST, 1991). Várias pesquisas têm sido desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisas Petrologia de Granitóides do CG-UFPA dentro desta linha (DALL'AGNOL et al., 1988; MAGALHÃES, 1991; MAGALHÃES & DALL'AGNOL, 1992; MAGALHÃES et al., 1994; DIAS et al., 1996a,b; FIGUEIREDO et al., 1996; SOARES, 1996).

Os materiais terrestres podem ser denominados de diamagnéticos e paramagnéticos. Os materiais diamagnéticos quando submetidos a um campo magnético, adquirem magnetização de intensidade fraca e sentido contrário ao do campo. A fraca intensidade da magnetização provém do pequeno valor de suscetibilidade desses materiais, enquanto que o sentido contrário ao campo, permite atribuição de sinal negativo à sua suscetibilidade. No caso de materiais paramagnéticos, quando expostos a um campo magnético, a magnetização é ainda fraca, por causa da baixa suscetibilidade. Como o sentido da magnetização é igual ao do campo, a suscetibilidade é caracterizada por sinal positivo. Há, ainda, materiais paramagnéticos que, sob certas condições, podem apresentar magnetização espontânea e passam a ser denominados de materiais ou substâncias ferromagnéticas. As substâncias diamagnéticas possuem suscetibilidade constante. Já

nas diamagnéticas, ela geralmente é constante, porém, no caso particular das ferromagnéticas ela não é constante e depende da intensidade de campo externo.

A causa do paramagnetismo dos materiais é o spin do elétron, ou seja, o movimento do elétron em torno de seu eixo. Teoricamente, todos os materiais ou substâncias deveriam apresentar características paramagnéticas, já que todos têm elétrons. No entanto, na maioria dos átomos e moléculas, os elétrons são agrupados em pares com spins de sentidos opostos, produzindo momentos magnéticos que se anulam, restando somente o efeito diamagnético. Logo, o paramagnetismo é uma propriedade geralmente associada aos materiais que têm número ímpar de elétrons.

Em alguns materiais paramagnéticos existe uma interação muito forte entre os átomos que os constituem, favorecendo o alinhamento de momentos magnéticos do spin, mesmo na ausência de um campo magnético externo. A interação é tão forte que somente a temperaturas elevadas consegue-se destruir o alinhamento dos momentos magnéticos. Esses são ditos materiais ferromagnéticos, os quais voltam a comportar-se como paramagnéticos a partir da aplicação de uma temperatura limite ou temperatura de Curie .

Os materiais ferromagnéticos podem ser subdivididos em: (a) verdadeiramente ferromagnéticos, quando apresentam momento magnético com mesma orientação (Figura 40a); (b) ferrimagnéticos, quando os momentos magnéticos não são igualmente orientados, mas existe uma resultante em alguma direção (Figura 40b); (c) antiferromagnéticos, quando a resultante da composição dos momentos é nula (Figura 40c).

Os materiais verdadeiramente ferromagnéticos são representados pelo ferro, cobalto e níquel. Os minerais ferrimagnéticos mais comuns são a magnetita, titanomagnetita, maghemita (hematita - γ) e pirrotita. Dentre os antiferromagnéticos destacam-se a hematita, troilita e ilmenita, os quais, quando impuros, apresentam características ferrimagnéticas.

Segundo WRIGHT (1981), os litotipos máficos, por conterem maior percentual de ferro, são os que apresentam maiores valores de suscetibilidade magnética (5.000×10^{-6} CGS.emu), enquanto que nos litotipos félsicos, a suscetibilidade magnética típica é 2.500×10^{-6} (CGS.emu).

As Tabelas 5 e 6 indicam, respectivamente, valores de suscetibilidade magnética de diversas rochas e minerais.

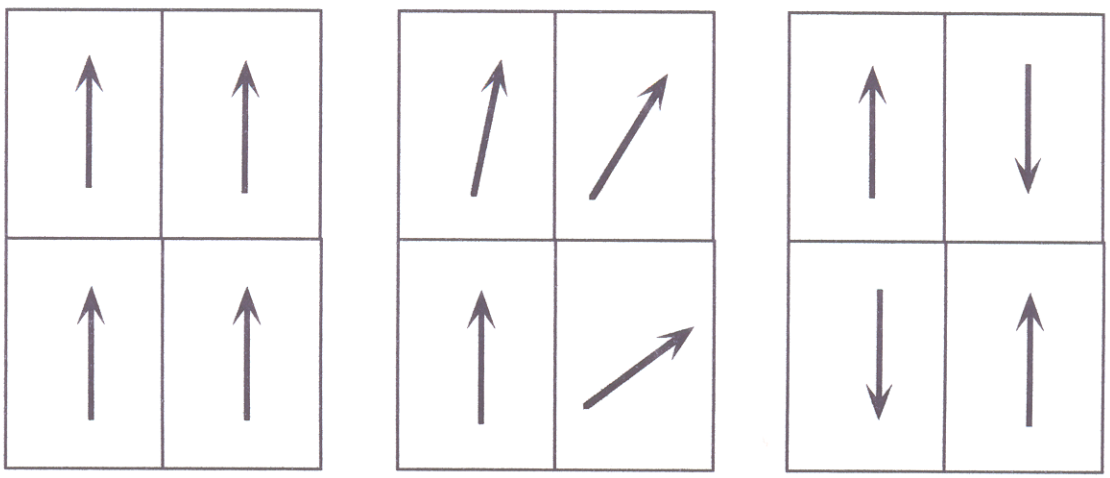


Figura 40 - Representação dos domínios de um material ferromagnético: (a) verdadeiramente ferromagnético; (b) ferrimagnético; (c) antiferromagnético (LUIZ & SILVA, 1995).

Tabela 05 - Suscetibilidade de vários tipos de rochas.

Tipos de rochas	**SM x 10^{-6} emu Intervalo**	**SM x 10^{-6} emu média**
SEDIMENTARES		
Dolomito	0-75	10
Calcário	2-280	25
Arenito	0-1660	30
Folhelho	5-1480	50
METAMÓRFICAS		
Anfibolito		60
Xisto	25-240	120
Filito		130
Gnaisse	10-2.000	
Quartzito		350
Serpentinito	250-1.400	
Ardósia	0-3.000	500
ÍGNEAS		
Granito	0-4.000	200
Riolito	20-3.000	
Dolerito	100-3.000	1.400
Augita-Sienito	2.700-3.600	
Olivina-Diabásio		2.000
Diabásio	80-13.000	4.500
Pórfiro	20-16.700	5.000
Gabro	80-7.200	6.000
Basalto	20-14.500	6.000
Diorito	50-10.000	7.000
Piroxenito		10.500
Peridotito	7.600-15.600	13.000
Andesito		13.500

Fonte: TELFORD et al. (1976).

Tabela 06 - Suscetibilidade Magnética (SM) de vários minerais.

Tipos de Minerais	**SM x 10^{-6} emu (intervalo)**	**SM x 10^{-6} emu (média)**
Grafita		-8
Quartzo		-1
Anidrita/Gipso		-1
Calcita	-0,6 - -1,0	
Argilo-minerais		20
Carvão		2
Calcopirita		32
Esfalerita		60
Cassiterita		90
Siderita	100 - 310	
Pirita	4 - 420	130
Limonita		220
Arsenopirita		240
Hematita	40 - 3000	550
Cromita	240 - 9400	600
Franquilita		36000
Pirrotita	10^2 - 5 x 10^5	125000
Ilmenita	2,5 x 10^4 - 3 x 10^5	1,5 x 10^5
Magnetita	10^5 - 1,6 x 10^6	5 x 10^5

Fonte: TELFORD et al. (1976).

5.2 - ESTUDO DE MINERAIS OPACOS DOS METAGABROS DE ÁGUAS CLARAS

Um estudo preliminar dos minerais opacos dos metagabros de Águas Claras foi realizado por BARROS et al. (1994a), que, baseados em algumas poucas seções polidas, reconheceram três estágios na evolução destes minerais.

No presente estágio pretende-se à identificação dos principais minerais opacos ocorrentes nos metagabros, bem como estabelecer relações entre o comportamento dos primeiros e as variações de suscetibilidade magnética (SM) observadas nos metagabros, para, finalmente, se definir como evoluíram tais minerais durante os processos metamórfico-hidrotermais e chegar a compreensão da história destas rochas em termos de petrologia magnética.

Nos metagabros de Águas Claras foram registrados diversos graus de transformação hidrotermal (BARROS et al., 1994a, b; DIAS et al., 1996a). SCHONHATING & HALL (1982), ROKOV & SOLOV'YEV apud MAGALHÃES (1991), HAGESKOV (1984) e LAPOINTE et al. (1986), utilizaram medidas de suscetibilidade magnética em estudos de transformação hidrotermal. Eles observaram valores decrescentes de SM à medida que a transformação hidrotermal se tornava mais intensa. Nesse trabalho, as medidas de suscetibilidade foram efetuadas desde os tipos melhor preservados até àqueles muito intensamente transformados hidrotermalmente. Com isso tenta-se avaliar como os minerais opacos responsáveis pela SM se comportaram nos diferentes estágios de transformação dos gabros.

De acordo com GRAIG & VAUGHAN (1981), os minerais de óxidos de Fe-Ti e os sulfetos que costumam ocorrer associados em rochas ígneas são: magnetita, ulvoespinélio, ilmenita, rutilo e hematita (mais abundantes); pirita, calcopirita, maghemita, pirrotita (subordinados) e; hematita, rutilo e maghemita (secundários).

BARROS et al. (1994a) estudaram principalmente os metagabros do furo F-72, nos quais identificaram três grupos distintos em termos da natureza de seus minerais opacos. O primeiro grupo, de maior distribuição, corresponde à metagabros com opacos fortemente desestabilizados, formando massas de titanita e ilmenita, sendo esta última composta por finas lamelas em arranjos em treliça. O segundo grupo é caracterizado por neoformação de magnetita e diminuição da quantidade de titanita. O último grupo caracteriza-se por uma maior formação de magnetita às expensas da titanita e ilmenita.

Neste estudo, além do exame de amostras do furo 72, foram estudadas seções e lâminas polidas dos furos F-124 e F-139, com a finalidade de compreender melhor a evolução dos minerais opacos, relacioná-la com as variações de SM e testar as hipóteses emitidas anteriormente.

Os principais minerais opacos identificados foram magnetita, maghemita, ilmenita (*Trellis* - T, *Composite* -C, *Pacht* -P e *Individual* -I), ocorrendo pirita e calcopirita subordinadas. Rutilo, titanita e leucoxênio associam-se aos óxidos mencionados. Os opacos exibem uma grande variação nos seus conteúdos modais (0,2 a 6,6%) e modo de ocorrência. Esses opacos podem ser reunidos em grupos distintos, em termos de natureza e texturas dos minerais opacos.

O primeiro grupo inclue a grande maioria das amostras estudadas e nele estão representados quase todos os subgrupos de metagabros identificados petrograficamente sob luz tansmitida. Nesse grupo observam-se fortes indícios de desestabilização dos minerais opacos primários, resultando em pseudomorfos de titanomagnetita. Inicialmente as titanomagnetitas foram afetadas por processos de oxidação-exsolução, originando ilmenitas*trellis* entremeadas com magnetitas. No entanto, esses pseudomorfos, atualmente, são constituídos por finas lamelas de ilmenita, dispostas em arranjos geométricos losangulares e triangulares herdados da textura *trellis* original, as quais acham-se entremeadas com massas de titanita e/ou leucoxênio, sendo estes, predominantes em relação à ilmenita. Os cristais originais de titanomagnetita formam cristais subédricos a anédricos e, raramente, euédricos, de granulação média a grossa, com predomínio do primeiro tipo. Os contatos entre esses opacos e anfibólios são, geralmente, suturados ou corroídos.

No segundo grupo de metagabros, distinguido em função da natureza de seus minerais opacos, constata-se uma mudança sensível no equilíbrio desses minerais, evidenciada pela diminuição da quantidade de titanita, paralelamente à neoformação moderada de magnetita, maghemita e rutilo. Essas transformações mineralógicas se desenvolvem sobre os opacos anteriormente descritos, independentemente do grau de preservação das paragêneses primárias. Entretanto, neste estágio, constata-se que algumas ilmenitas do tipo *trellis* tornam-se mais espessas e também observa-se a presença de ilmenitas *composite, patch e Individual*. Os diversos tipos de ilmenitas apresentam-se moderadamente transformados para hematita e titanita. Essas transformações se traduzem como manchas esverdeadas (hematita) e violáceas (titanita amorfa).

As ilmenitas individuais são, geralmente, anédricas de granulação fina a média, ocorrendo disseminadas na rocha (Figura 41) ou ainda como agregados cuneiformes, que, geralmente, dispõem-se nas proximidades ou nas bordas de opacos esqueletais (Figura 42).

Em várias amostras, as ilmenitas *trellis* apresentam-se parcial a totalmente desestabilizadas, resultando, neste caso, uma mistura de magnetita + maghemita + ilmenita + hematita + titanita. No entanto, as lamelas mais espessas de ilmenita-T, juntamente com as ilmenitas *patch* e *composite*, não foram completamente obliteradas (Figuras 43a, b e 44a, b).

As magnetitas ocorrem, ainda, como cristais granulares, finos a médios, maciços, sendo que alguns apresentam-se parcialmente transformados para maghemita (Figura 45). Ocorrem como cristais disseminados ou formam agregados e, normalmente, associam-se a piritas e calcopiritas.

As amostras representativas do segundo estágio acima descrito mostram-se relativamente enriquecidas em cristais de pirita e calcopirita, com predomínio desta última. Estes sulfetos podem ocorrer como cristais bem desenvolvidos ou ainda como agregados ou disseminações de cristais muito finos sobrecrescidos em massas de titanita, ilmenita e/ou magnetita.

No terceiro grupo tem-se uma neoformação intensa de magnetitas e/ou maghemitas sobre os opacos secundários e/ou disseminações ou veios na rocha a base de pirita, calcopirita e magnetita, relacionadas aos processos mineralizantes. Assim como nas rochas do segundo grupo, a ocorrência mais acentuada de magnetita se dá às expensas da titanita, que diminui bastante nesses casos (Figura 46 e 47). Todavia, são também freqüentes os sobrecrescimentos de magnetitas em ilmenitas.

Há casos em que houve completa recristalização dos opacos esqueletais (Figura 48), resultando em uma associação complexa de magnetitas e/ou maghemitas, por vezes, com rutilo e ilmenita associados, representando antigas ilmenitas C. Neste grupo, as ilmenitas-T são, em alguns casos, preservadas como "fantasmas" dentro do opaco recristalizado (Figura 49). Ilmenitas C e I aparentemente, apresentam-se pouco transformadas (Figura 50). Também ocorrem por vezes cristais maciços e fraturados de magnetita, parcialmente substituídos por maghemita (Figura 51).

Os maiores valores de suscetibilidade magnética foram obtidos em amostras cortadas por veios ou venulações à base de magnetita, calcopirita e pirita. As magnetitas ocorrem como agregados de cristais euédricos a anédricos (Figura 52) e também com hábito ripiforme, dispondo-se em agregados em rosetas (Figuras 53 e 54).

As ilmenitas individuais são, geralmente, anédricas de granulação fina a média, ocorrendo disseminadas na rocha (Figura 41) ou ainda como agregados cuneiformes, que, geralmente, dispõem-se nas proximidades ou nas bordas de opacos esqueletais (Figura 42).

Em várias amostras, as ilmenitas *trellis* apresentam-se parcial a totalmente desestabilizadas, resultando, neste caso, uma mistura de magnetita + maghemita + ilmenita + hematita + titanita. No entanto, as lamelas mais espessas de ilmenita-T, juntamente com as ilmenitas *patch* e *composite*, não foram completamente obliteradas (Figuras 43a, b e 44a, b).

As magnetitas ocorrem, ainda, como cristais granulares, finos a médios, maciços, sendo que alguns apresentam-se parcialmente transformados para maghemita (Figura 45). Ocorrem como cristais disseminados ou formam agregados e, normalmente, associam-se a piritas e calcopiritas.

As amostras representativas do segundo estágio acima descrito mostram-se relativamente enriquecidas em cristais de pirita e calcopirita, com predomínio desta última. Estes sulfetos podem ocorrer como cristais bem desenvolvidos ou ainda como agregados ou disseminações de cristais muito finos sobrecrescidos em massas de titanita, ilmenita e/ou magnetita.

No terceiro grupo tem-se uma neoformação intensa de magnetitas e/ou maghemitas sobre os opacos secundários e/ou disseminações ou veios na rocha a base de pirita, calcopirita e magnetita, relacionadas aos processos mineralizantes. Assim como nas rochas do segundo grupo, a ocorrência mais acentuada de magnetita se dá às expensas da titanita, que diminui bastante nesses casos (Figura 46 e 47). Todavia, são também freqüentes os sobrecrescimentos de magnetitas em ilmenitas.

Há casos em que houve completa recristalização dos opacos esqueletais (Figura 48), resultando em uma associação complexa de magnetitas e/ou maghemitas, por vezes, com rutilo e ilmenita associados, representando antigas ilmenitas C. Neste grupo, as ilmenitas-T são, em alguns casos, preservadas como "fantasmas" dentro do opaco recristalizado (Figura 49). Ilmenitas C e I aparentemente, apresentam-se pouco transformadas (Figura 50). Também ocorrem por vezes cristais maciços e fraturados de magnetita, parcialmente substituídos por maghemita (Figura 51).

Os maiores valores de suscetibilidade magnética foram obtidos em amostras cortadas por veios ou venulações à base de magnetita, calcopirita e pirita. As magnetitas ocorrem como agregados de cristais euédricos a anédricos (Figura 52) e também com hábito ripiforme, dispondo-se em agregados em rosetas (Figuras 53 e 54).

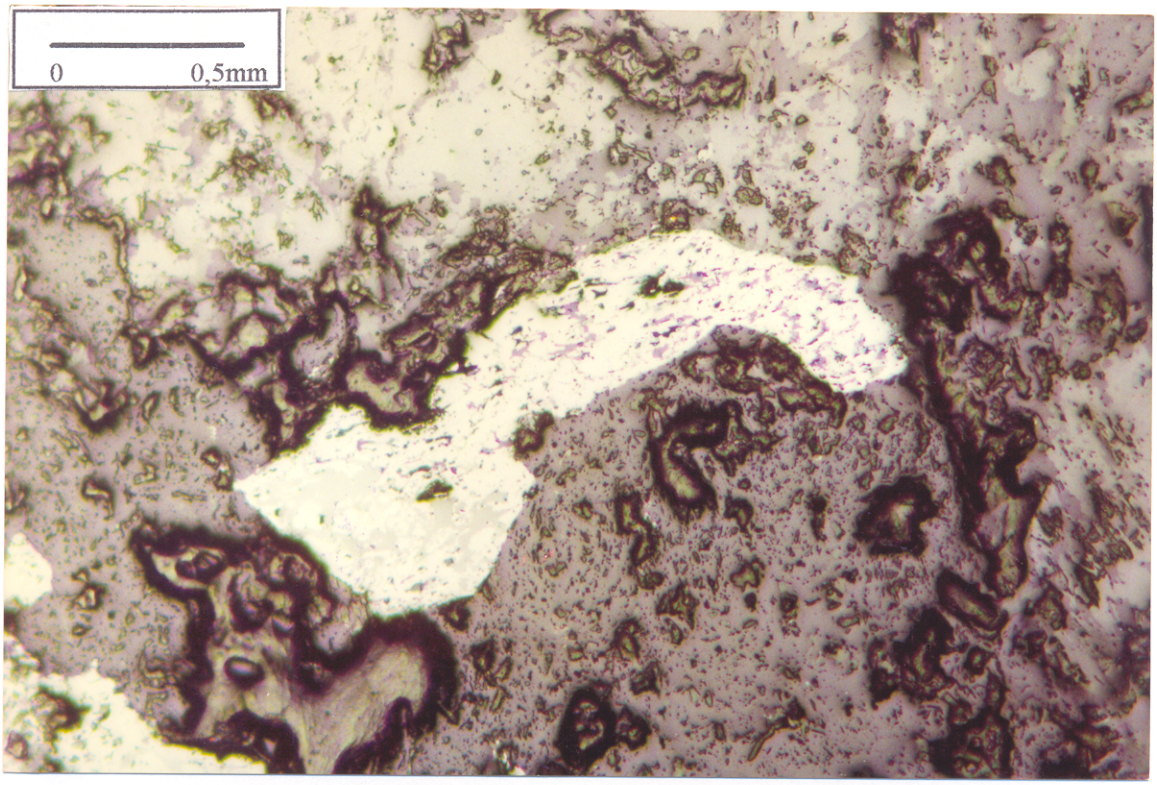


Figura 41 - Cristal de ilmenita Individual (ilm-I) moderadamente transformado para hematita (manchas esverdeadas) e titanita ou rutilo (violáceo). Amostra F-139/179,80, luz refletida - NP.

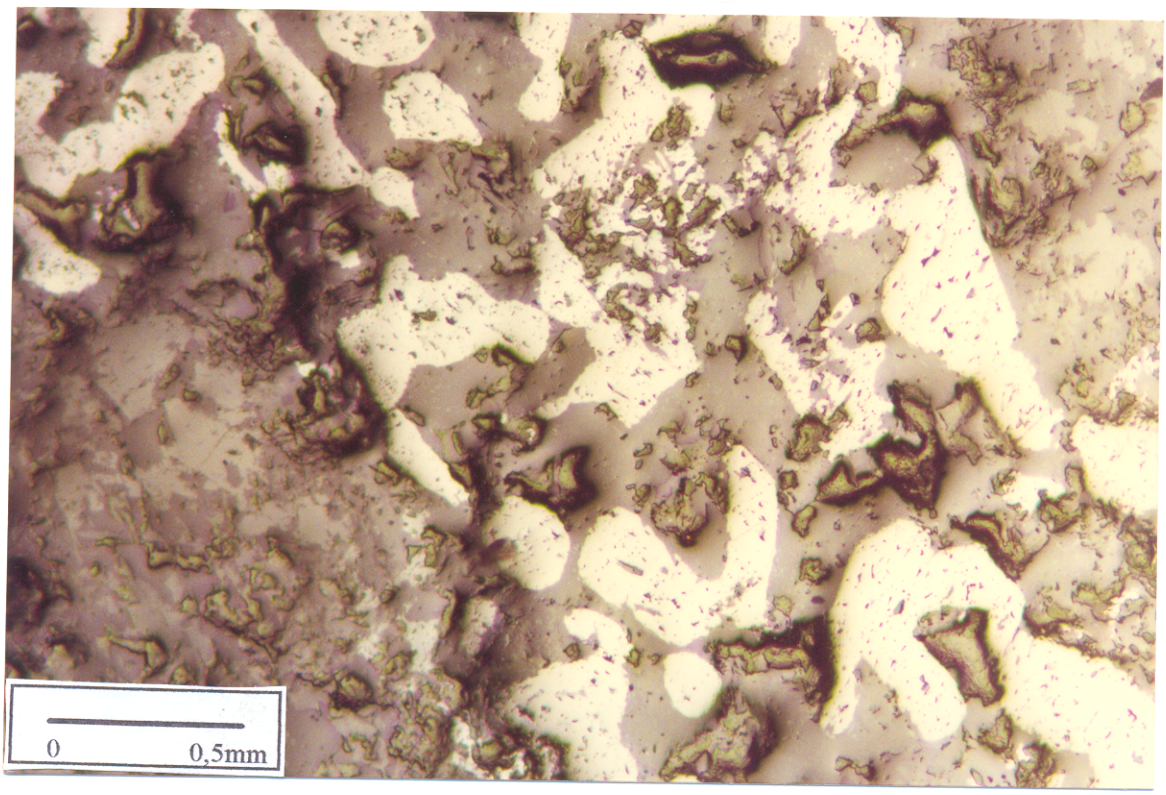
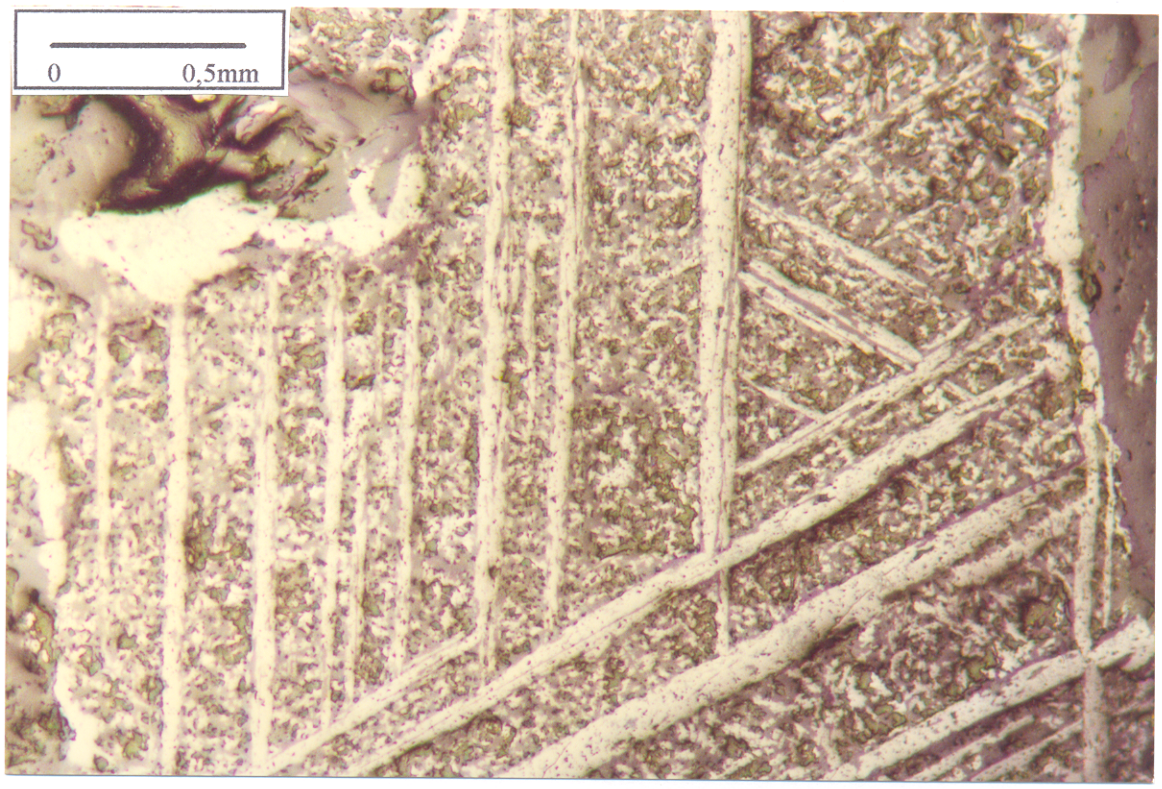


Figura 42 - Agregados de ilmenitas-I parcialmente transformadas com arranjo cuneiforme.Amostra F-139/179,80, luz refletida - NP.

a)



b)

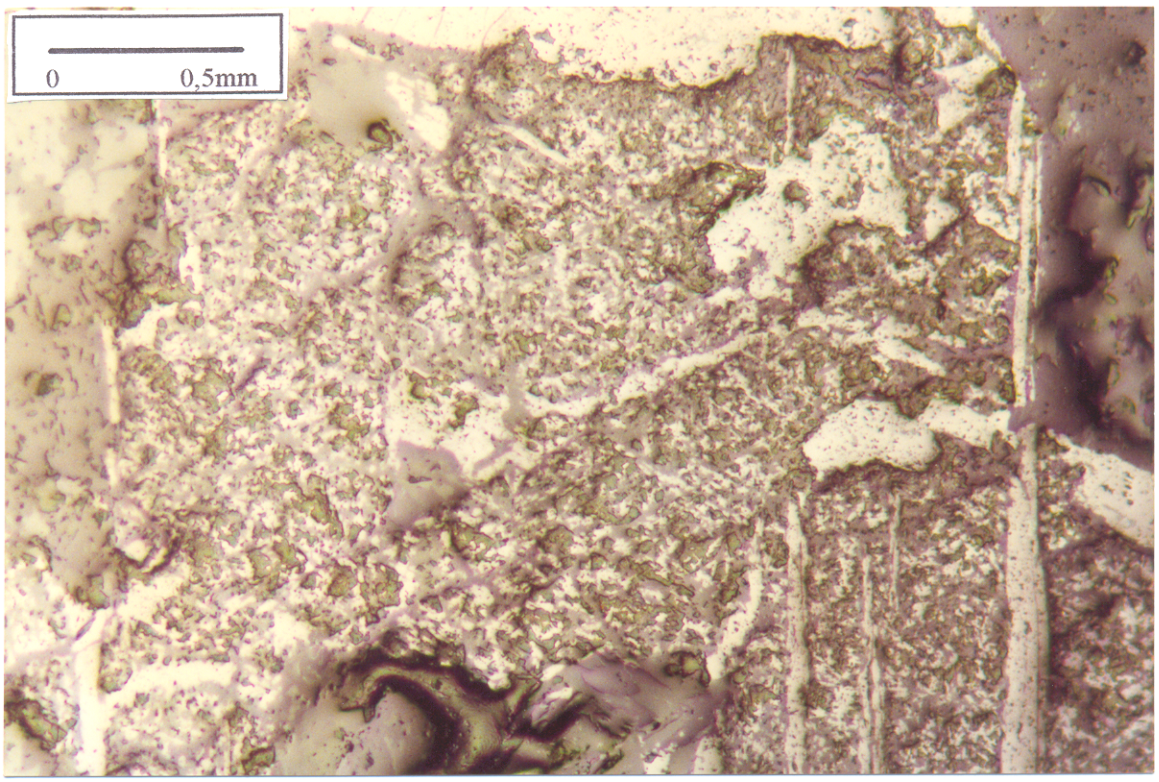
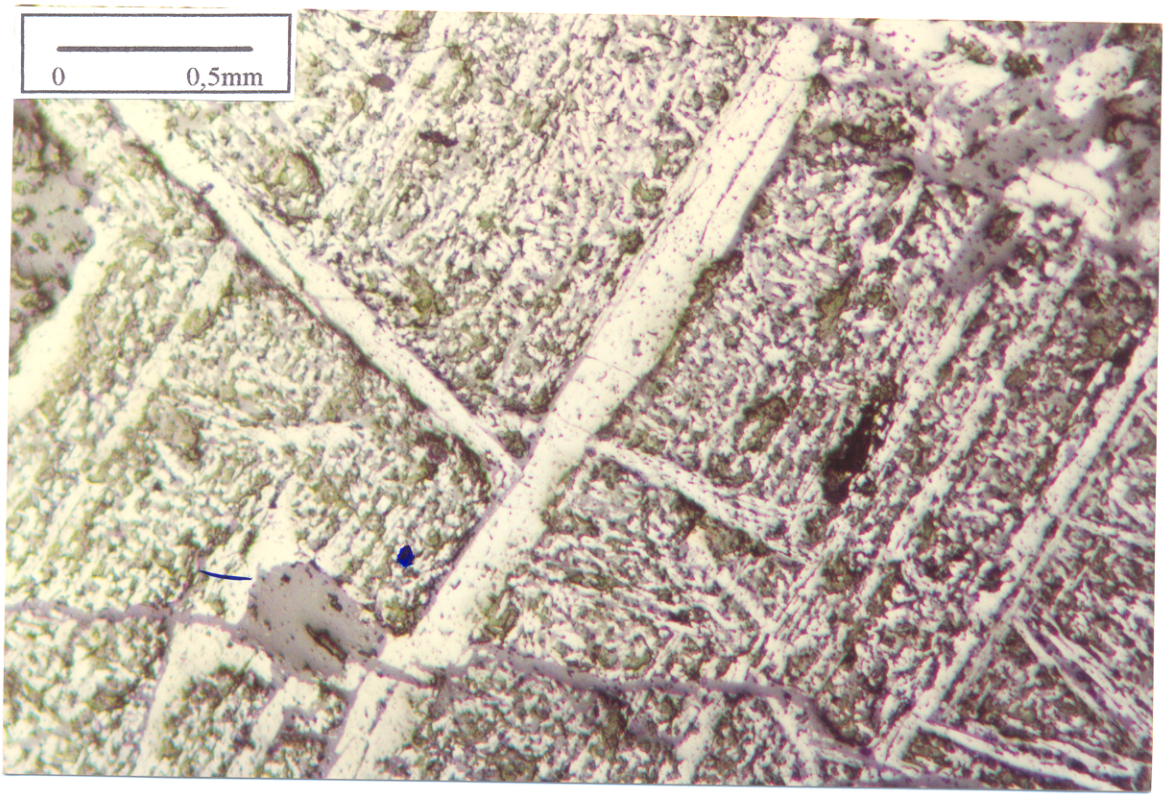


Figura 43 - a) Intercrescimento de magnetita e ilmenita em trellis, em que, além da totasl substituição da magnetita por uma massa transparente, observa-se a alteração parcial das lamelas de ilmenita; b) Intensificação da alteração com substituição total ou parcial das lamelas de ilmenita. Amostra F-139/179,80, luz refletida - NP..

a)



b)

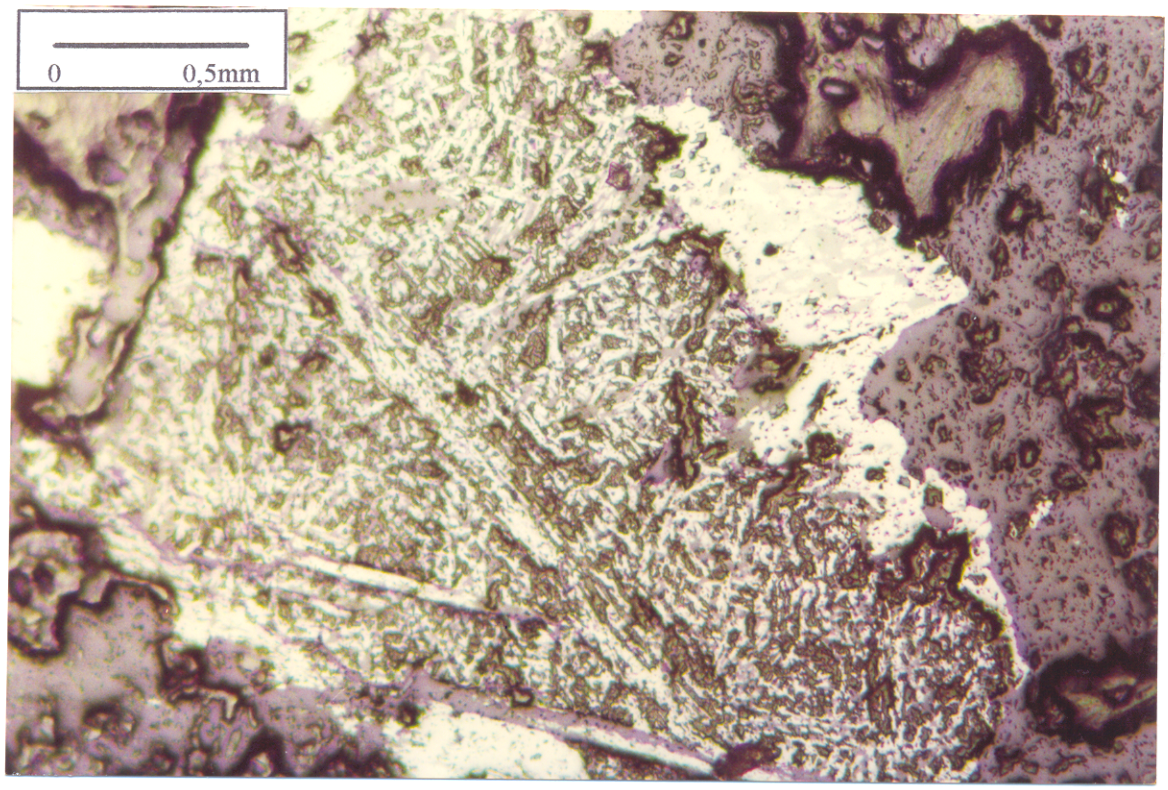


Figura 44 - Cristal esqueletal de opaco mostrando desestabilização das ilmenitas-T, restando apenas àquelas com maiores possança (a) Ilmenita *trellis* desestabilizadas misturadas à magnetitas e maghemitas neoformadas + titanita pré-existentes. (b); detalhe de ilmenitas-T completamente desestabilizadas, preservando-se parcialmente uma ilmenita P na borda do intercrescimento. Amostra F-139/179,80, luz refletida - NP.

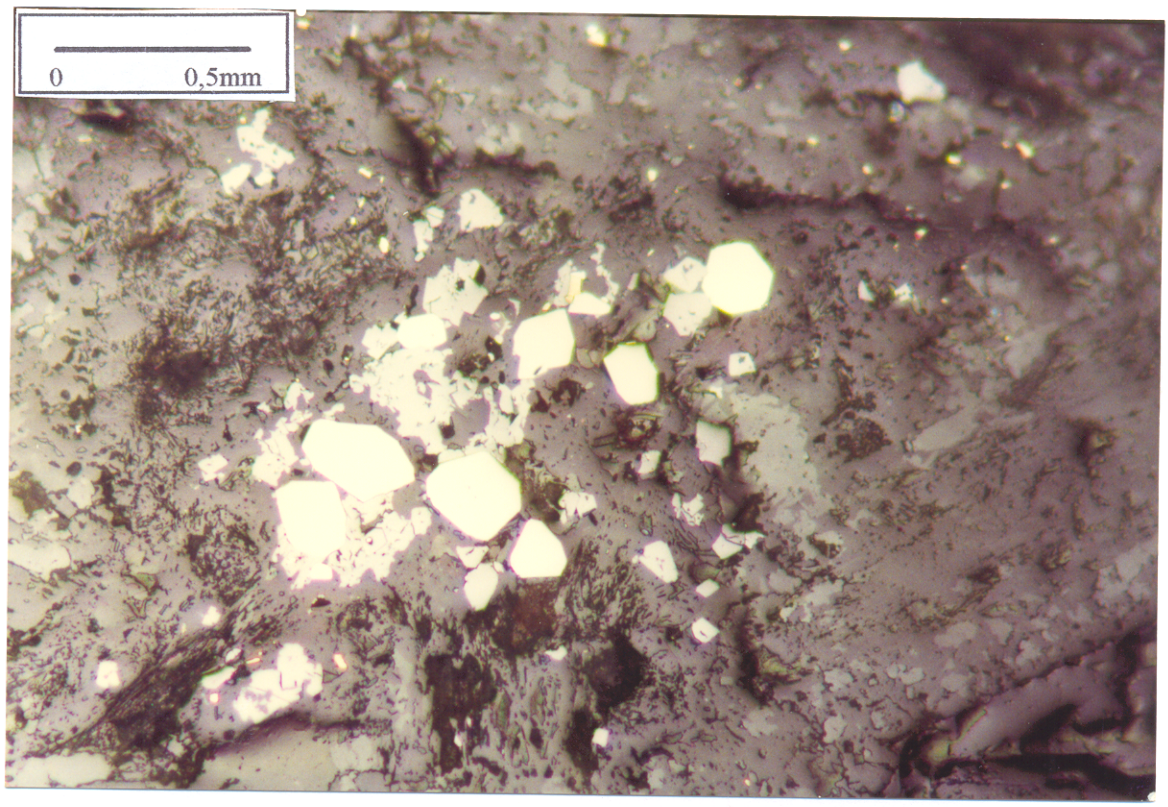


Figura 45 - Agregado de cristais subédricos a euédricos de pirita associados com magnetita ou maghemita (cinza claro). Notar disseminações de calcopirita associadas. Amostra F-139/170,10, luz refletida - NP.

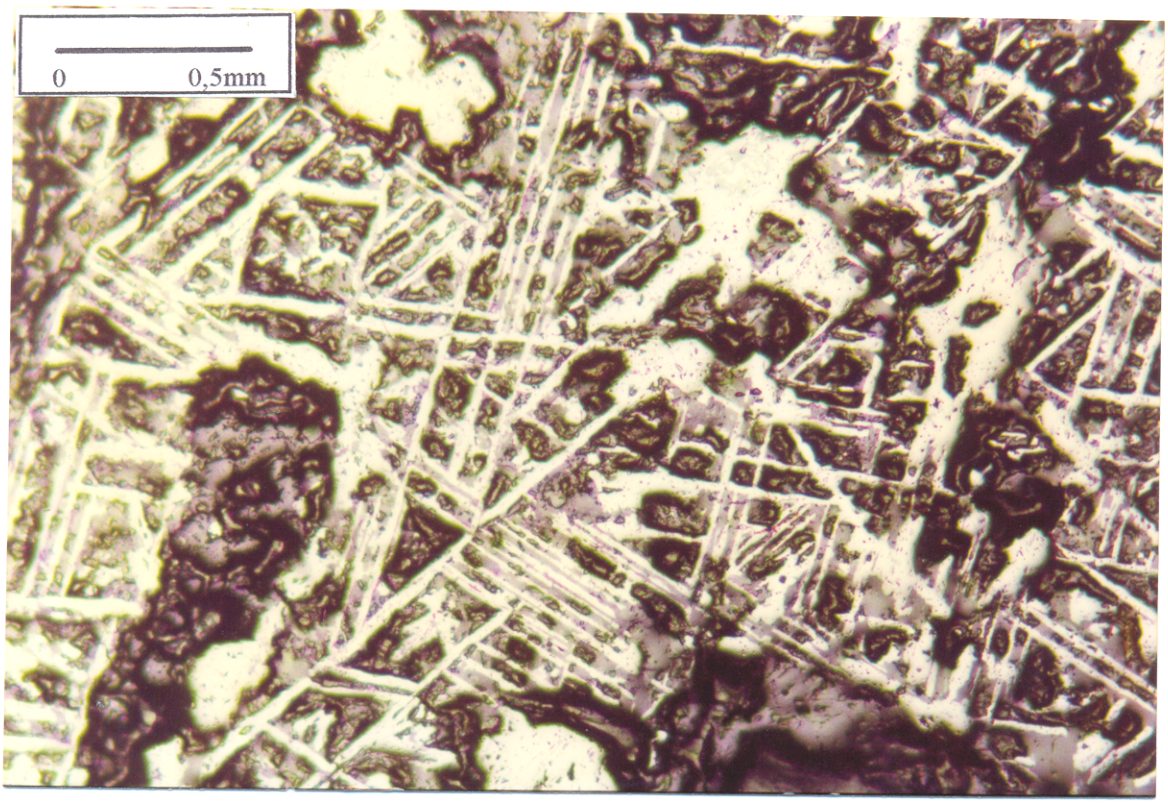


Figura 46 - Fotomicrografia de cristal de opaco esqueletal composto por ilmenitas-T entremeadas com magnetita e/ou maghemitas + titanita. Notar ilmenitas-*pacht* (ilm-P) associadas. Amostra F-139/144,30, luz refletida - NP.

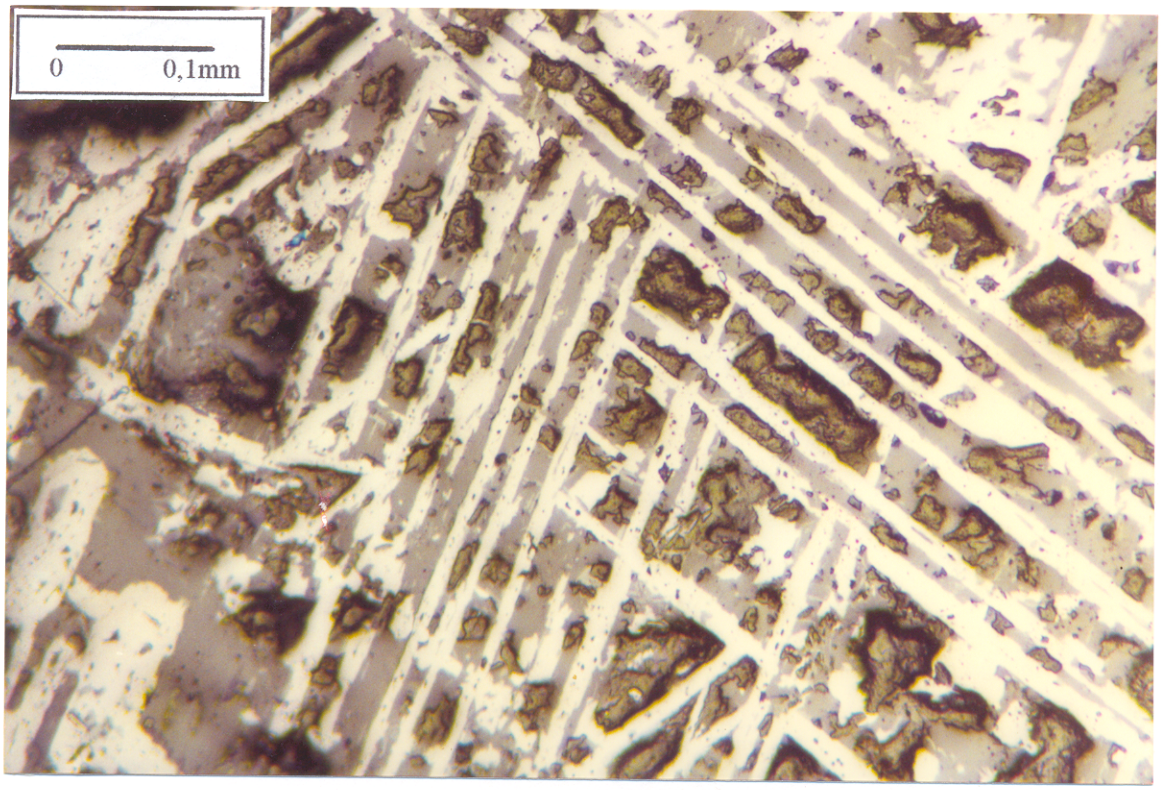


Figura 47 - Detalhe do cristal da figura anterior, mostrando a neoformação de magnetitas e/ou maghmitas nos interstícios de ilm-T. Notar grânulos reliquiares de titanita. Amostra F-139/144,30, luz refletida - NP.

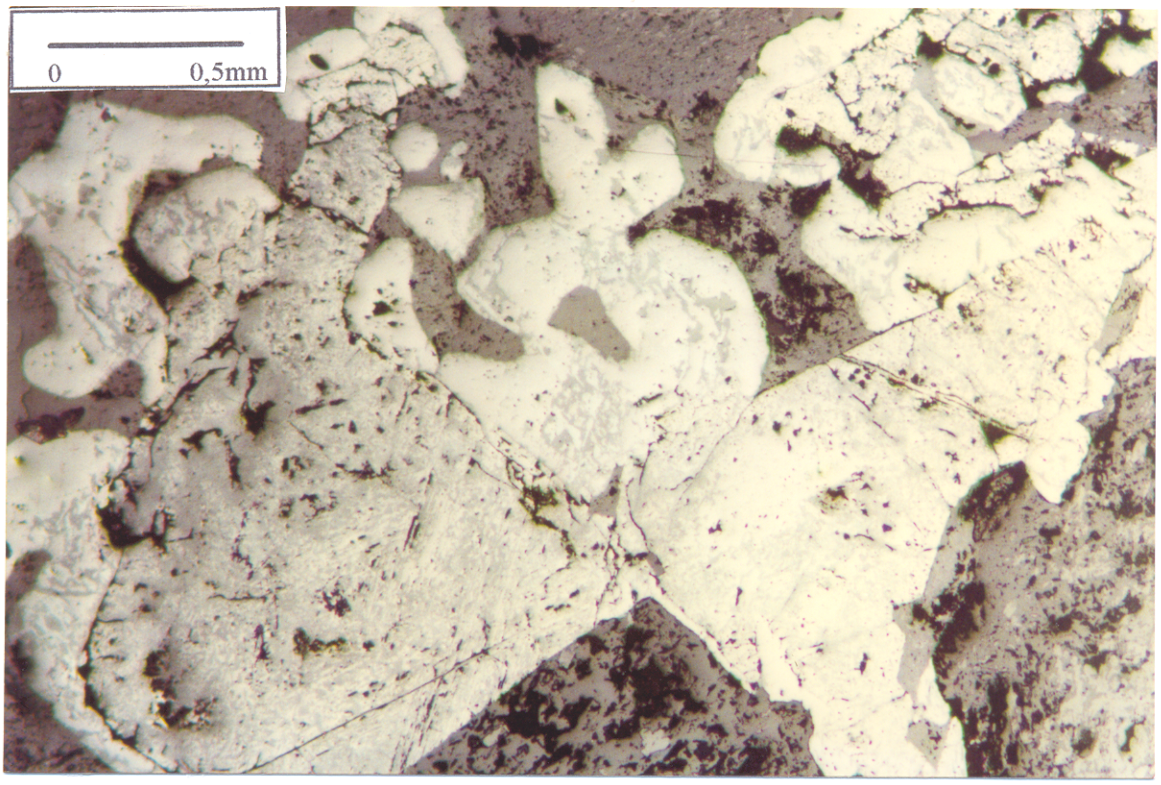


Figura 48 - Fotomicrografia de cristais de opacos reliquiares completamente recristalizados, formando um complexo arranjo de magnetita e/ou maghemita com rutilo + ilmenita. Nas bordas desse cristal nota-se Ilm-C algo transformada. Amostra F-124/105,50, luz refletida - NP.

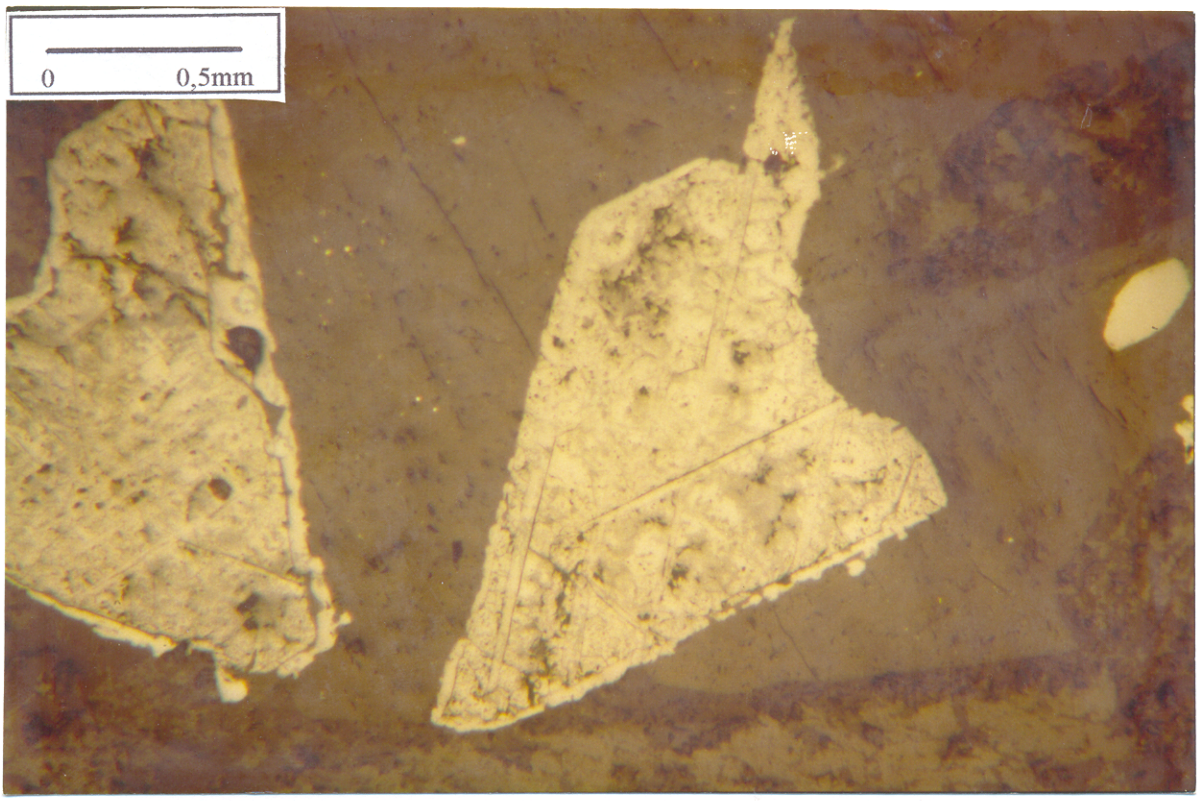


Figura 49 - Fotomicrografia de cristais reliquiares recristalizados de magnetita e/ou maghemita com rutilo + ilmenita, subordinados, preservando ilm-T ("fantasmas"). Notar ainda ilmenitas "pacth" nas bordas dos cristais e ilm-I, sem alteração aparente na porção extrema direita da foto. Amostra F-124/105,50, luz refletida - NP.

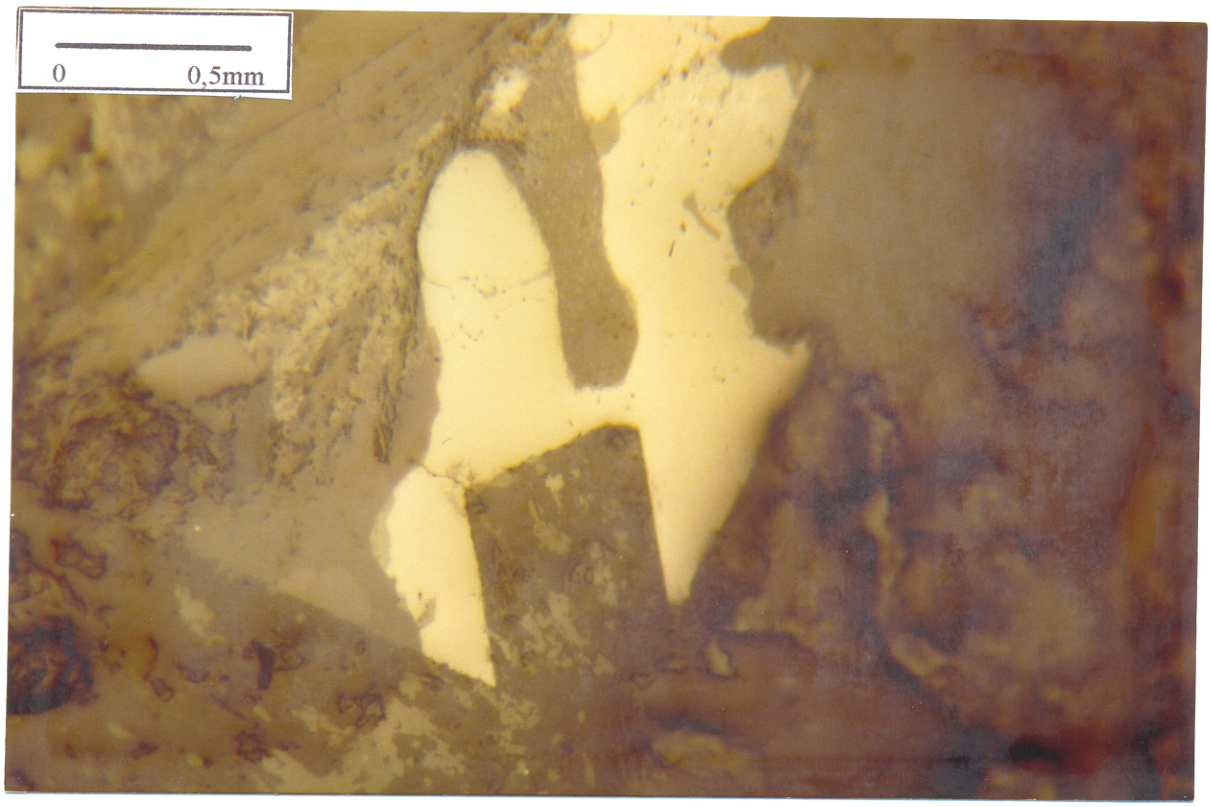


Figura 50 - Fotomicrografia de cristal de Ilmenita Individual (Ilm-I) sem alteração expressiva. Amostra F-124/105,50, luz refletida - NP.

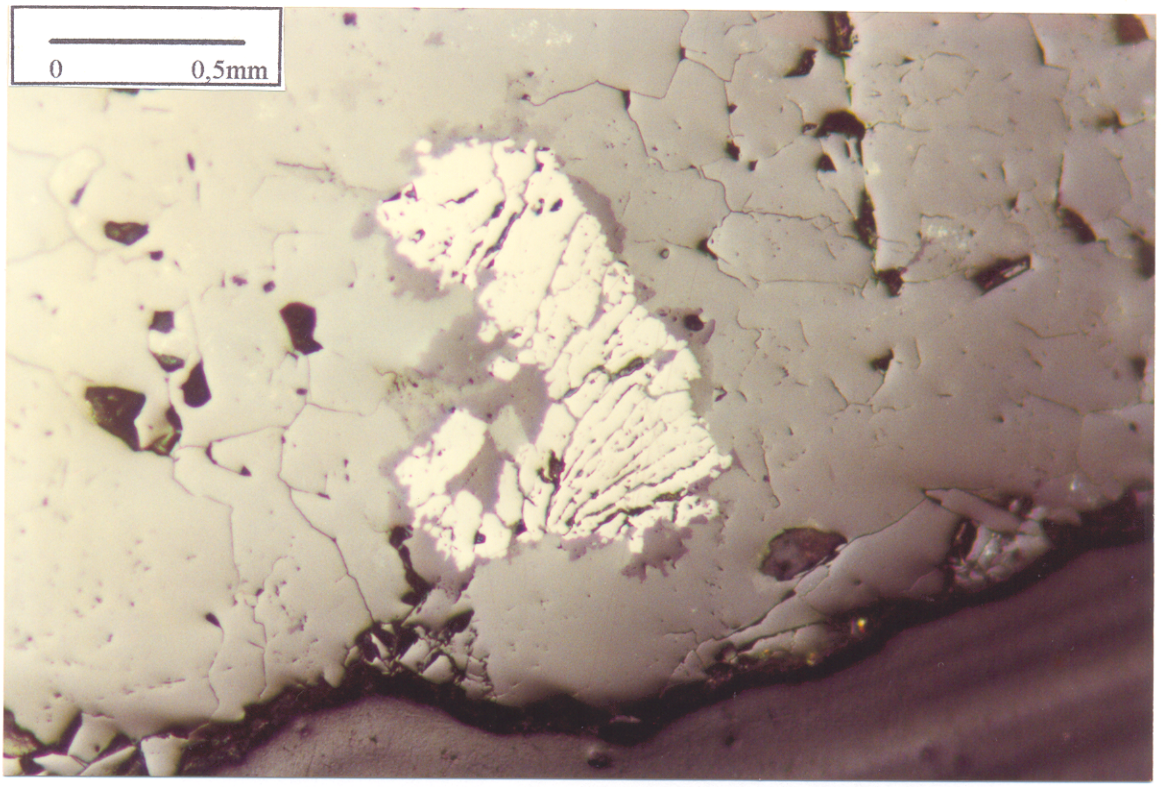


Figura 51 - Cristal fraturado de magnetita ou maghemita parcialmente transformada para titanita(?). Amostra F-139/148,50, Luz refletida - NP.

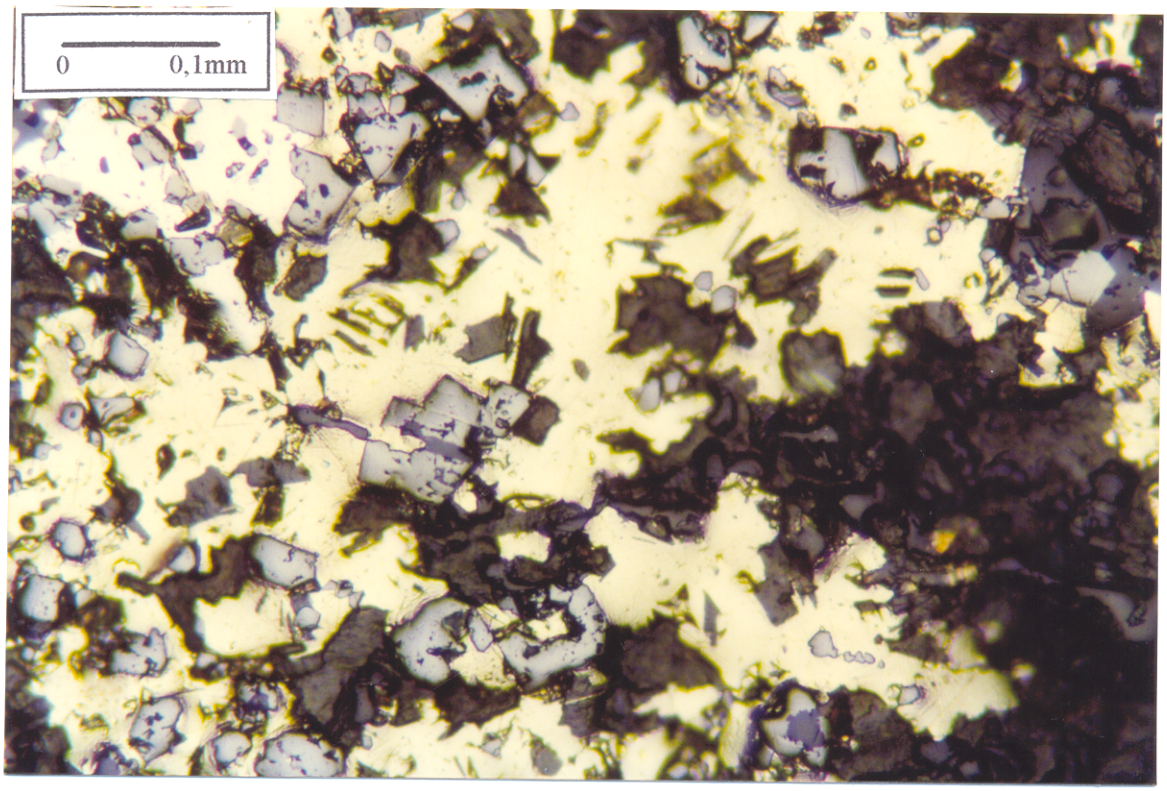


Figura 52 - Fotomicrografia de veio mineralizado mostrando cristais subédricos a euédricos de magnetita (cinza, seções basais) intimamente associados a calcopirita (amarela) e pirita (branca). F-139/154,00, luz refletida - NP.

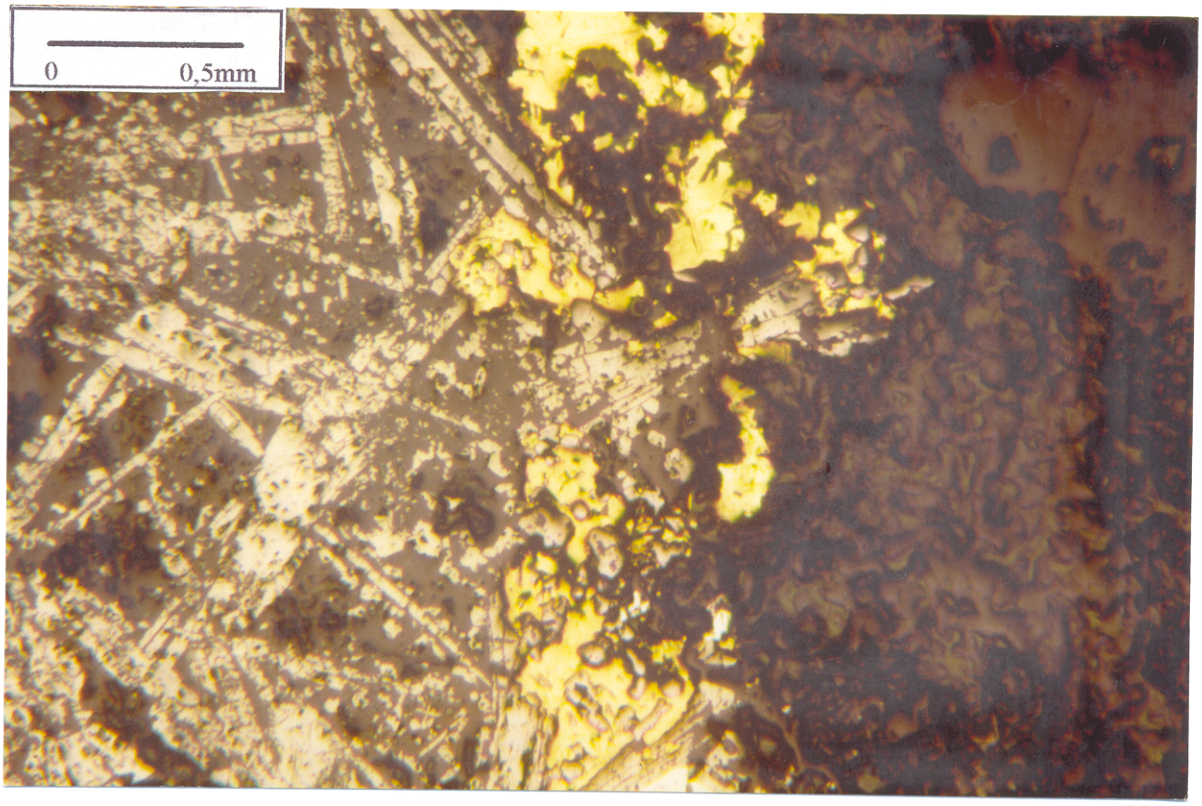


Figura 53 - Fotomicrografia do mesmo veio da figura anterior, mostrando agregados de magnetita ripiforme em veio de quartzo. Notar calcopirita e pirita associada muito provavelmente a magnetita formaou-se pseudomorfisando a hematita, em função do hábito dos cristais. Amostra F-139/154,00, luz reletida - NP.

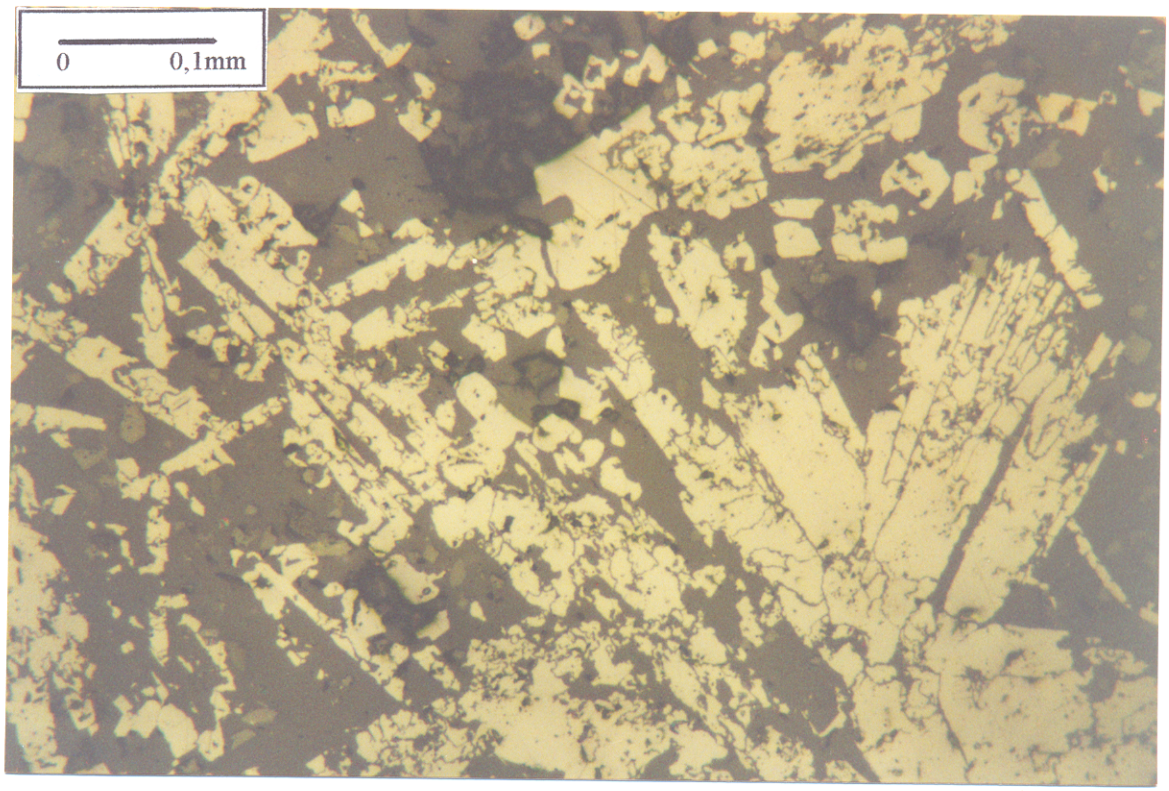


Figura 54 - Detalhe da figura anterior, mostrando cristais ripiformes de magnetita. Amostra F-139/154,00, luz refletida - NP.

5.3 - SUSCETIBILIDADE MAGNÉTICA (SM) DOS METAGABROS DE ÁGUAS CLARAS

As medidas de suscetibilidade magnética (SM) foram realizadas em testemunhos de sondagens previamente serrados ao meio, utilizando-se suscetibilímetro SI-1 da Sapphire Instruments, acoplado com sensor denominado de bobina plana. Para a obtenção dessas medidas foram utilizados os seguintes parâmetros do programa MS: tempo (T) = 2 segundos, número de repetições (N) = 22, volume (V) = 64,2 cm e fator de calibração (CF) = 21,2. A SM de cada amostra corresponde ao seu valor médio, obtido a partir da tomada de várias medidas realizadas em intervalos amostrados. Essas medidas foram tratadas estatisticamente com o programa statgraphis, sendo que o número de classes de cada furo foi determinado através da fórmula de Sturges, onde o número de classes = 1 + 3,22 x log K, sendo K o número de amostras.

Os valores de SM obtidos para os metagabros de Águas Claras (Tabela 7) são, de modo geral, muito baixos, considerando-se o tipo de rocha em questão. Entretanto, tal comportamento já era previsível, em função da intensa transformação das magnetitas primárias.

As determinações de suscetibilidade magnética obtidas nos furos F-72, F-95, F-124 e F-139 são apresentadas em perfis esquemáticos (Figuras 55, 56 e 57), onde as variações de SM podem ser correlacionadas com os diversos grupos e subgrupos de metagabros. Os conteúdos modais de minerais opacos das amostras dos furos F-72, F-124 e F-139 podem ser verificados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Inicialmente as medidas de SM foram tratadas por furos individuais, entretanto, como as variações de SM em cada furo são bastante acentuadas, há uma grande diversidade no número e limites de classes. Conseqüentemente, torna-se difícil obter uma perfeita coerência entre essa interpretação isolada de cada furo e uma interpretação global do conjunto de furos. Considerando que os processos geológicos responsáveis pelas variações de SM são comuns a todos os furos, optou-se por uma interpretação integrada dos dados de SM.

Os metagabros de Águas Claras apresentam suscetibilidade magnética variando de 0,618 x 10^{-3} a 49,47 x 10^{-3} SI. De acordo com o histograma de freqüência, esses valores de SM são distribuídos em sete classes distintas (Figura 58). Os furos F-72 e F-139 apresentam maior quantidade de determinações de SM (cerca de 83% do total) e, conseqüentemente, observa-se maior freqüência para tais furos no histograma citado. Todavia isso não compromete uma interpretação unificada, pois, embora estatisticamente as medidas obtidas nas amostras dos furos

F-95 e F-124 não permitam conclusões definitivas, elas podem ser vistas como representativas pois as determinações de SM provém dos diversos grupos e subgrupos de rochas estudadas. Todos os furos apresentam grande variação de SM, refletindo as sucessivas mudanças das condições de equilíbrio dos minerais opacos, particularmente das magnetitas, nos diferentes estágios das transformações metamórfico-hidrotermais.

A distribuição dos dados de SM em polígono de frequência e gráfico de probabilidade (Figuras 59 e 60), aliada ao estudo petrográfico de minerais opacos, permitiu agrupar as sete classes do histograma de freqüência em três grandes grupos ou populações de suscetibilidade magnética, cuja distribuição espacial nos furos de sondagem pode ser visualizada nos perfis esquemáticos (Figuras 55, 56 e 57)

O primeiro grupo engloba as amostras com mais baixos valores de SM (SM < 1,660 x 10^{-3}). Ele abrange o maior número de amostras, estando presente em todos os furos. Corresponde aos metagabros em que os intercrescimentos de magnetita e ilmenita em treliça, derivados da titanomagnetita primária, tiveram a magnetita inteiramente desestabilizada, restando apenas uma massa constituída por titanita + leucoxênio nos interstícios de finas lamelas de ilmenita.

No segundo grupo, tem-se SM variando entre 1,660 x 10^{-3} e 8,494 x 10^{-3}. Ele também está representado em todos os furos estudados. Nas amostras pertencentes a esse grupo verifica-se uma neoformação moderada de magnetita e/ou maghemita, as quais se desenvolvem sobre os opacos secundários, independentemente do grau de preservação da paragênese primária.

O terceiro grupo apresenta SM > 11,224 x 10^{-3} e também está representado em todos os furos estudados. Esses valores mais altos estão relacionados a uma intensa neoformação de magnetita e/ou maghemita sobre os opacos secundários e/ou a disseminações ou veios na rocha à base de pirita, calcopirita e magnetita, associados aos processos mineralizantes.

Tabela 07 - Medidas de suscetibilidade magnética (SM) em amostras dos metagabros de Águas Claras.

(continua)

FURO	PROF. (m)	SM (SI)
F-72	49,65	2,638 E-3
F-72	51,00	5,763 E-3
F-72	52,25	11,755 E-3
F-72	54,00	1.676 E-3
F-72	55,00	1,472 E-3
F-72	56,45	1,296 E-3
F-72	57,09	1,194 E-3
F-72	57,85	1,911 E-3
F-72	59,35	1,792 E-3
F-72	59,80	1,792 E-3
F-72	60,35	1,273 E-3
F-72	60,95	1,280 E-3
F-72	61,15	1,166 E-3
F-72	61,73	1,077 E-3
F-72	62,70	1,208 E-3
F-72	63,65	1,290 E-3
F-72	67,80	1,305 E-3
F-72	69,70	1,215 E-3
F-72	71,40	1,189 E-3
F-72	72,90	1,259 E-3
F-72	75,25	1,196 E-3
F-72	76,32	1,198 E-3
F-72	80,10	26,96 E-3
F-72	83,80	1,443 E-3
F-72	83,90	50,00 E-3
F-72	86,76	1,164 E-3
F-72	86,80	1,098 E-3
F-72	88,00	1,078 E-3
F-72	96,47	0,932 E-3
F-72	100,00	1,006 E-3
F-72	104,00	3,771 E-3
F-72	107,00	1,224 E-3
F-72	114,00	1,220 E-3
F-72	121,00	2,002 E-3
F-72	128,00	2,382 E-3
F-72	136,00	2,908 E-3
F-72	142,00	1,041 E-3
F-72	149,00	1,014 E-3
F-72	156,00	1,095 E-3
F-72	163,00	1,266 E-3
F-72	170,00	1,122 E-3
F-95	102,40	18,810 E-3
F-95	104,50	22,185 E-3
F-95	107,00	13,795 E-3
F-95	109,00	1,290 E-3
F-95	113,60	7,70 E-3
F-95	114,50	1,204 E-3

(conclusão)

FURO	PROF. (m)	SM (SI)
F-124	90,52	1,660 E-3
F-124	91,00	1,313 E-3
F-124	92,85	1,028 E-3
F-124	94,45	5,755 E-3
F-124	96,10	23,80 E-3
F-124	101,95	15,34 E-3
F-124	105,50	13,26 E-3
F-139	134,35	1,477 E-3
F-139	136,55	1,733 E-3
F-139	139,65	1,351 E-3
F-139	140-142,00	2,366 E-3
F-139	144,30	14,47 E-3
F-139	144,73	3,829 E-3
F-139	147,57	12,936 E-3
F-139	148,50	11,224 E-3
F-139	151,30	3,282 E-3
F-139	151,52	13,577 E-3
F-139	152,00	20,031 E-3
F-139	152,40	23,656 E-3
F-139	156,57	1,354 E-3
F-139	159,43	1,440 E-3
F-139	161,65	13,282 E-3
F-139	170,10	8,494 E-3
F-139	172,60	1,419 E-3
F-139	179,80	7,914 E-3
F-139	183,10	1,249 E-3
F-139	186,60	1,253 E-3
F-139	192,73	1,195 E-3
F-139	200,55	1,410 E-3
F-139	208,80	1,452 E-3

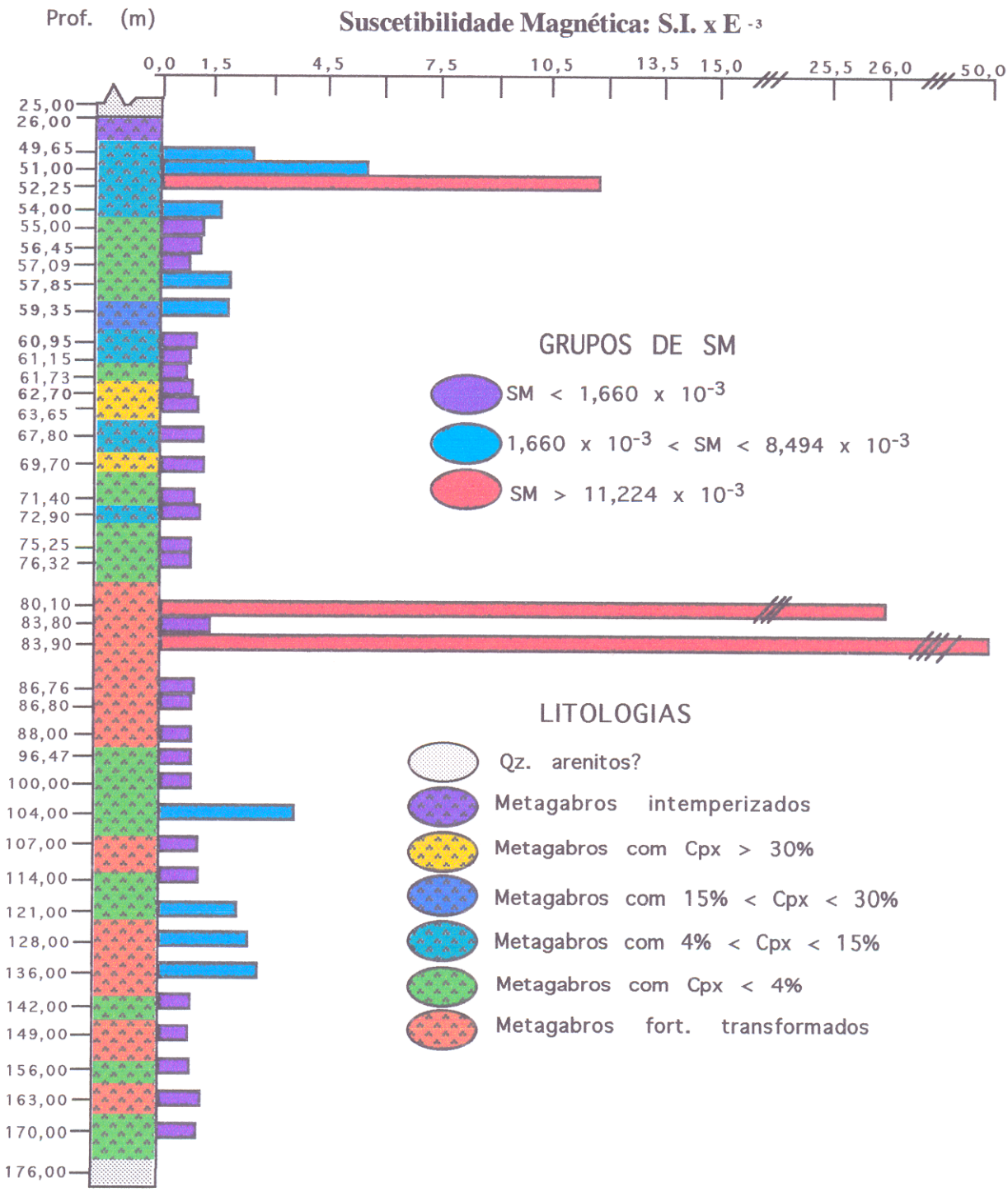


Figura 55 - Perfil esquemático do furo F-72, mostrando a variação de suscetibilidade magnética em função de grupos e subgrupos de metagabros estudados.

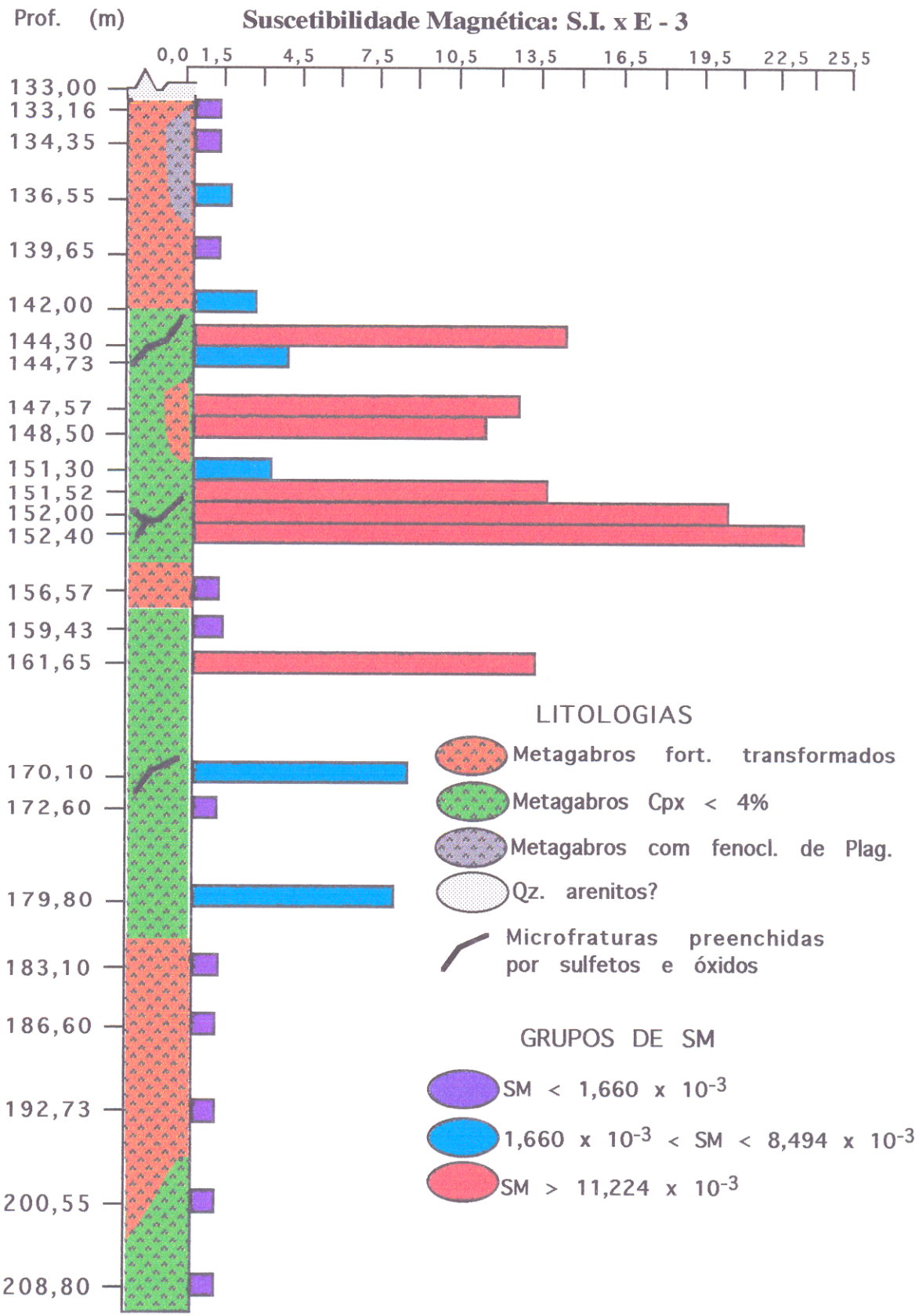


Figura 56 - Perfil esquemático do furo F-139, mostrando a variação de suscetibilidade magnética em função de grupos e subgrupos de metagabros estudados.

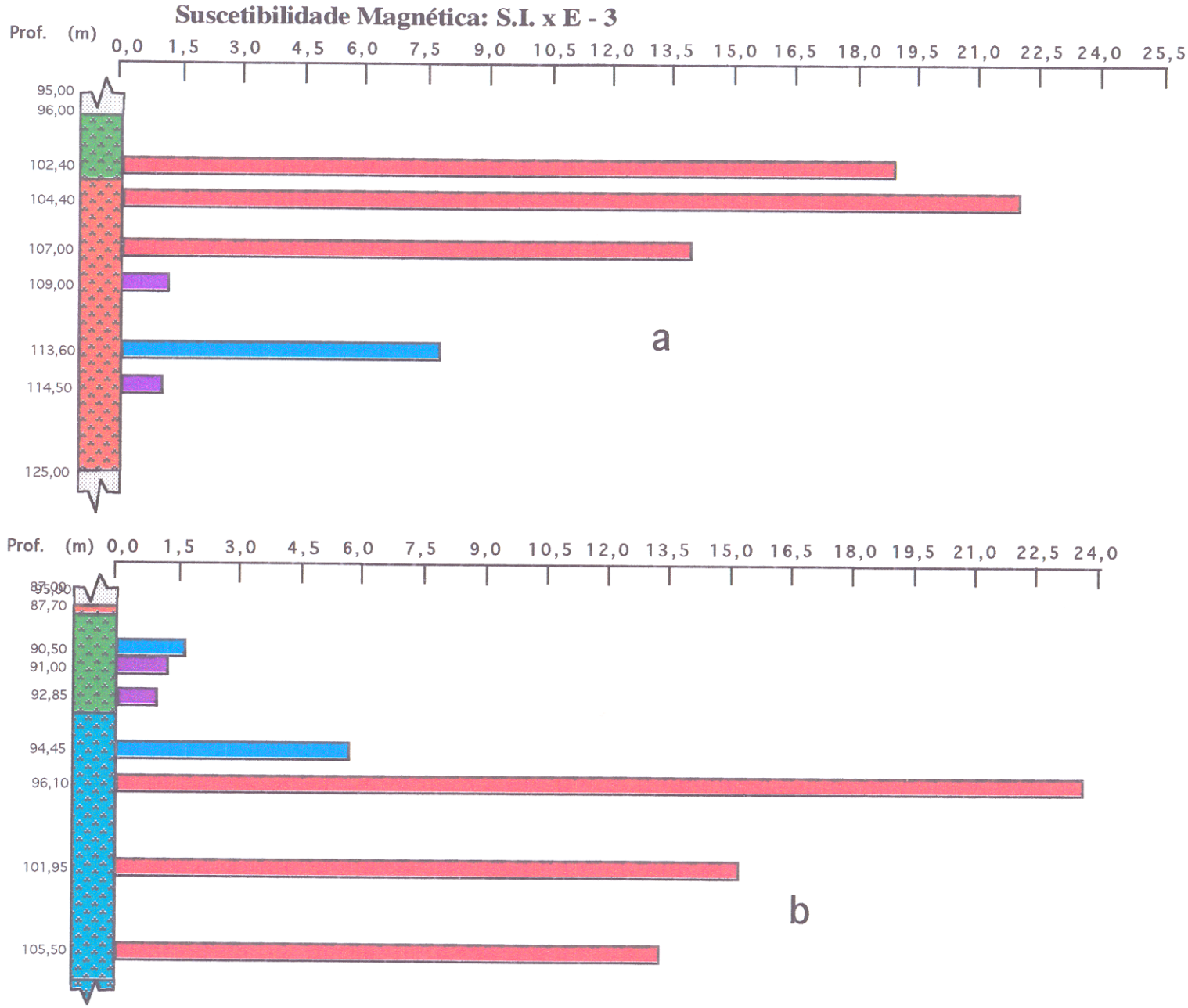


Figura 57 - Perfis esquemáticos dos furos F-95 (a) e F-124 (b), mostrando a variação de suscetibilidade magnética em função de grupos e subgrupos de metagabros estudados. Legenda vide Figura 55.

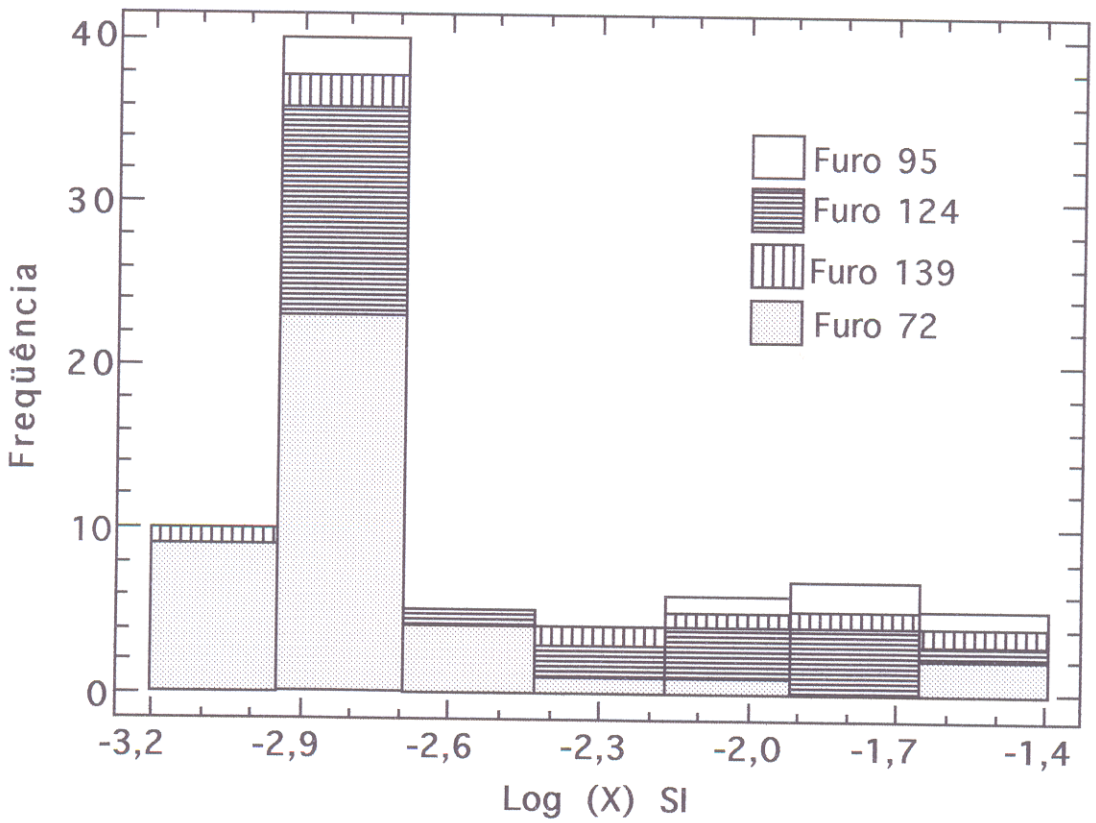


Figura 58 - Histograma de freqüência para os valores de suscetibilidade magnética dos metagabros de Águas Claras.

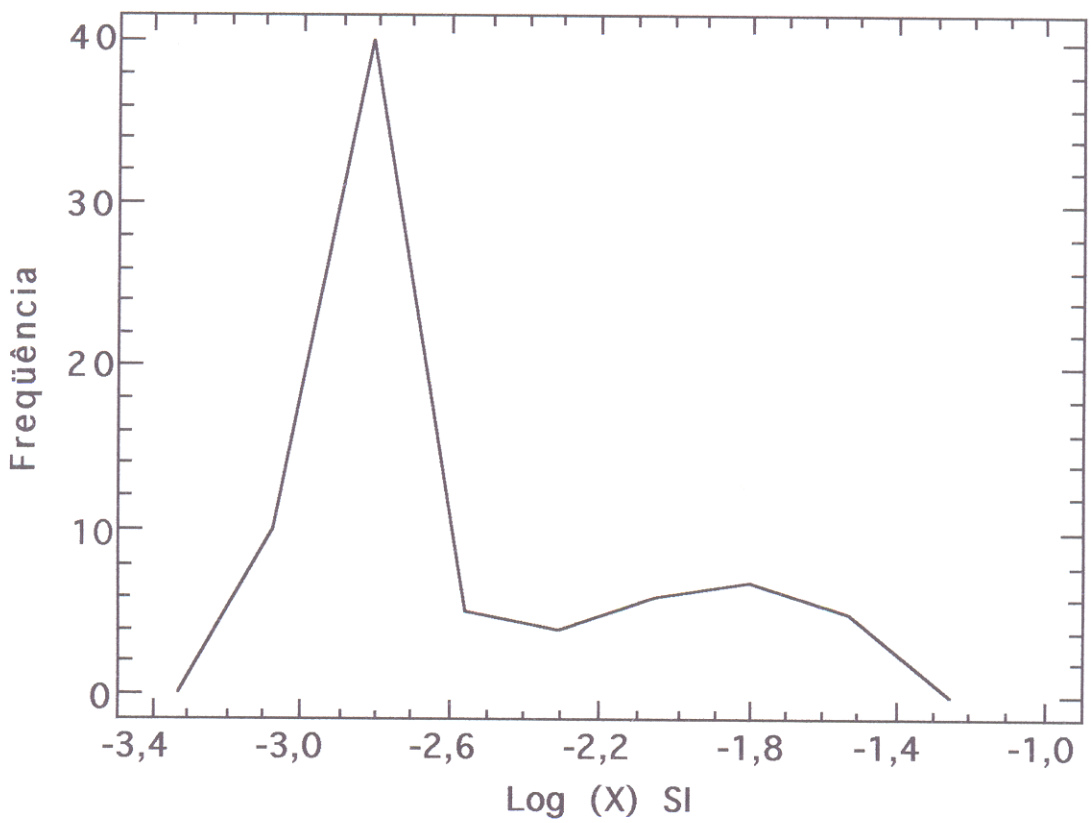


Figura 59 - Polígono de freqüência mostrando a variação de suscetibilidade magnética dos metagabros de Águas Claras.

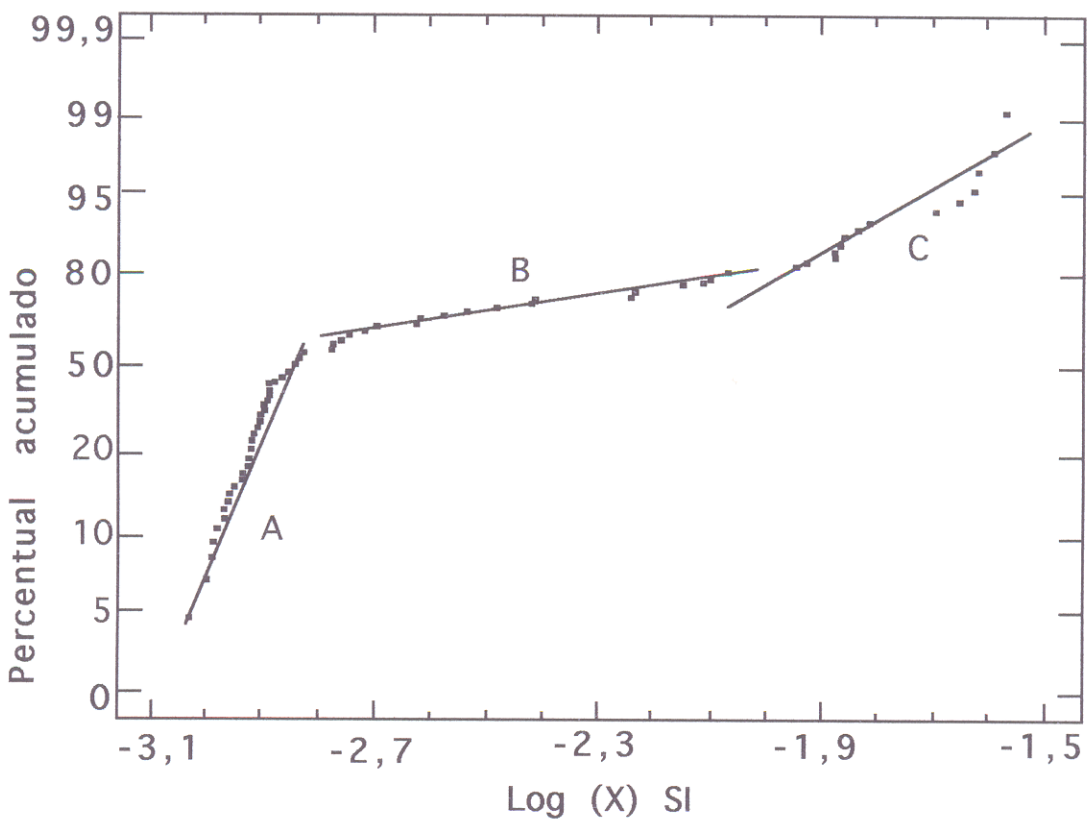


Figura 60 - Gráfico de probabilidade normal para os dados de suscetibilidade magnética dos metagabros de Águas Claras mostrando as três populações distinguidas: A - 1° grupo, B - 2° grupo e C - 3° grupo variação.

5.4 - DISCUSSÃO

Os dados de suscetibilidade magnética (SM), integrados aos estudos petrográficos e de minerais opacos, confirmam inteiramente o fato de que as rochas básicas de Águas Claras foram submetidas a sucessivos eventos hidrotermais, os quais afetaram as rochas primitivas de modo e intensidade diferentes. Resultou daí uma história evolutiva bastante complexa para os metagabros, a qual se reflete em seus minerais opacos.

Há uma boa correlação entre os valores de SM e os vários estágios de evolução dos minerais opacos, particularmente no que se refere aos três grupos de comportamento magnético observados nas referidas rochas (baixos, médios e altos valores de SM). Por outro lado, não se verificou nenhuma relação entre o grau de transformação dos piroxênios, critério básico adotado para a subdivisão dos metagabros com texturas preservadas, e os valores de SM, que podem ser baixos, médios ou altos, independente do grau de preservação dos primeiros (Figuras 55, 56 e 57). Isso demonstra que os piroxênios e opacos não se transformaram com a mesma intensidade, pois em caso contrário, nas rochas onde se tem maiores conteúdos modais de clinopiroxênio, deveria haver uma melhor preservação da magnetita intercrescida com a ilmenita em treliça e tal definitivamente não ocorre.

As evidências texturais e a própria natureza do corpo básico revelam que o mineral opaco primário era a titanomagnetita, mineral bastante comum na rocha. A mesma foi certamente submetida a processo de exsolução-oxidação, seja durante o final do estágio magmático, seja durante o estágio *subsolidus* de alta temperatura (BUDDINGTON & LINDSLEY, 1964; HAGGERTY, 1981), gerando intercrescimentos de magnetita com ilmenita do tipo *trellis*. A dominância acentuada de rochas com baixos valores de SM no conjunto estudado e o fato de estarem representados no grupo com baixa SM todos os grupos de metagabros com textura preservada revela que todas as magnetitas presentes nesses intercrescimentos foram desestabilizadas e transformadas durante os processos hidrotermais. Esse processo, de caráter essencialmente hidrotermal - face a ausência de deformação associada -, levou à pseudomorfose da magnetita, originando uma massa composta por titanita + leucoxênio entre as lamelas de ilmenitas *trellis*. É provável que esse evento coincida com aquele que levou à saussuritização dos plagioclásios e à formação de paragêneses ricas em actinolita e hornblenda actinolítica.

Os estudos minerográficos permitiram constatar que as fases minerais responsáveis pelo crescimento da suscetibilidade magnética verificado são magnetitas, ao que tudo indica com

maghemitas associadas ou localmente substituindo-as. As evidências texturais indicam que esses minerais formaram-se tardiamente e muito provavelmente a temperaturas mais baixas, devendo estar relacionados com os processos hidrotermais mais tardios. Os referidos minerais apresentam-se substituindo as associações de titanita + leucoxênio formadas no estágio anterior, correspondendo portanto a uma neoformação sobre os minerais opacos originais transformados. Podem ocorrer, ainda, como finos grãos disseminados na rocha. A neoformação de magnetita sobre os opacos esqueletais é, relativamente, restrita e deve estar associada ao segundo evento hidrotermal, responsável pela formação das paragêneses ricas em cloritas + epidoto + albita.

Percebe-se em algumas amostras (F-72/49,65; F-124/94,45; F72/80,10; Tabelas 1, 2 e 3) conteúdos modais mais elevados de clorita e opacos e mais baixos de actinolitas, paralelamente ao crescimento dos valores de SM. Isso sugere que a formação de magnetita possa estar, nesses casos, ligada às reações de substituição do anfibólio por clorita, com formação de magnetita associada. Constata-se, no entanto, que há amostras em que os teores modais de clorita são elevados e a SM permanece baixa.

O terceiro grupo de amostras, que apresenta os valores mais elevados de SM, agrupa um número não muito grande de metagabros. É importante destacar que também este grupo não possui nenhuma correspondência com os tipos texturais de metagabros, sendo representado tanto pelos metagabros profundamente transformados, quanto por aqueles com graus variáveis de preservação do clinopiroxênio e da textura magmática. O conjunto de observações feitas revela que algumas dessas rochas acham-se associadas a zonas de cisalhamento ou cortadas por veios mineralizados ou apresentam disseminações de minério todos contendo magnetita + sulfetos (pirita e calcopirita), estando, portanto, os crescimentos do conteúdo modal de magnetita/maghemita e de SM relacionados diretamente com os processos hidrotermais que geraram as mineralizações de sulfetos com ouro associado. Entretanto, as rochas que apresentam tais processos são geralmente os metagabros mais transformados e é bem possível que essa explicação não seja válida para as amostras de metagabros relativamente preservados que também possuem altos valores de SM, sem apresentarem evidências de mineralizações expressivas. A explicação para a presença mais importante de magnetita nessas rochas necessita ser melhor investigada.

Há evidências petrográficas da ocorrência de maghemita intimamente associada às magnetitas neoformadas nos metagabros de Águas Claras. Segundo BANERJEE (1991), esse mineral é um produto da oxidação de magnetitas a temperaturas em torno de 250°C,

especialmente na presença de soluções hidrotermais. Esta poderia ser, portanto, a temperatura aproximada do evento mineralizante, que relaciona-se com uma extensa cloritização dos metagabros. O geotermômetro de cloritas (CATHELINEAU, 1988) indicou temperaturas variando de 210°C até 350°C para as mesmas. Essas temperaturas são razoavelmente coincidentes com aquelas estimadas para a formação da maghemita.

6 - QUÍMICA MINERAL

6.1 - INTRODUÇÃO

Objetivando definir as composições dos principais minerais presentes nos metagabros de Águas Claras, foram realizadas análises minerais com o auxílio da microssonda eletrônica em amostras representativas dos principais furos de sondagem estudados. A metodologia empregada nas análises foi descrita no capítulo 1. O tratamento dos dados de clinopiroxênios, anfibólios, plagioclásios, titanitas e cloritas foi feito com o programa MINPET 2.0 (RICHARD & CLARKE, 1990). No caso das análises de ilmenitas foi utilizado um programa elaborado por Michel Pichavant (CRSCM - França).

As amostras que foram estudadas na microssonda e os minerais analisados em cada caso são os seguintes:

F72/49,65 (Cpx = 5,4%) - clinopiroxênio, anfibólios.

F72/63,65 (Cpx = 36,0%) - clinopiroxênio, anfibólios, opacos, titanita.

F72/80,10 (metagabro profundamente transformado; Cpx = Ausente) - anfibólios, cloritas.

F124/96,10 (Cpx = 13.4%) - clinopiroxênio, anfibólios.

F124/105,50 (Cpx = 11,35%) - clinopiroxênio, anfibólios, plagioclásio.

F139/ 148,50 (Cpx = Ausente) - anfibólios, cloritas, plagioclásio.

F139/161,65 (Cpx = Raro) - clinopiroxênio, anfibólios, cloritas.

O maior número de análises (em torno de 130) foi destinado ao estudo das composições dos anfibólios, tendo em vista as grandes variações mineralógicas e texturais reveladas por esse mineral e a sua importância para estabelecer o quadro evolutivo dos metagabros. As análises dos clinopiroxênios (37 análises) foram razoavelmente numerosas, sobretudo se for considerado que se obteve evidências de que as composições dos clinopiroxênios magmáticos eram muito uniformes. As análises de plagioclásio (21 análises) restringiram-se aos cristais onde havia claros indícios da neoformação de plagioclásio, posterior ao evento de saussuritização. O desenvolvimento generalizado deste processo em todos os plagioclásios primários impediu qualquer tentativa de determinar as composições dos mesmos. Por limitações de tempo e de

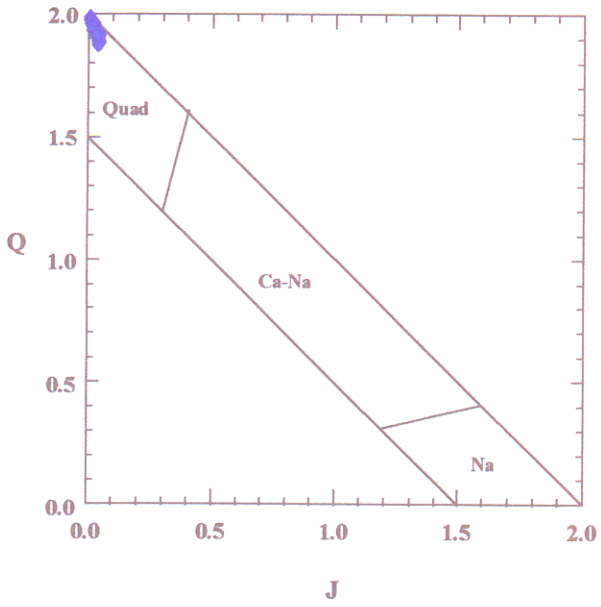
acesso à microssonda, não foi possível realizar um estudo mais sistemático das composições das cloritas (20 análises), embora isso pudesse ter contribuído para a compreensão dos processos hidrotermais. Da mesma forma, o estudo dos minerais opacos (19 análises) e da titanita associada (3 análises) limitou-se a um reconhecimento, em razão da impossibilidade de aprofundar o seu estudo. O conjunto de análises (em torno de 230), assim como as fórmulas estruturais dos diferentes minerais, constam do Anexo.

6.2 - RESULTADOS OBTIDOS

6.2.1 - Clinopiroxênios

Os clinopiroxênios analisados provém de cinco amostras, sendo duas do furo F-72, duas do furo F-124 e uma do furo 139 (Anexo). As proporções modais de clinopiroxênio nas amostras analisadas são altamente variáveis, indo desde <1% até 36,0%. Além disso, foram distinguidas com base nas texturas, as análises feitas em áreas sem evidências óticas de alteração e aquelas onde havia indicações de início de processos de transformação dos clinopiroxênios.

O exame das composições químicas obtidas confirma as evidências petrográficas de que os clinopiroxênios são bastante uniformes em composição e que inquestionavelmente pertencem a uma única espécie mineral. Para a sua classificação, adotou-se a proposta de MORIMOTO et al. (1988). No diagrama Q-J (Figura 61), eles enquadram-se no campo dos piroxênios cálcico-ferro-magnesianos (QUAD), situando-se todos os pontos representativos muito agrupados e próximos aos valores extremos de Q e mínimos de J. No diagrama quadrilateral de classificação dos piroxênios (Figura 62), os clinopiroxênios sem evidências de alteração analisados situam-se todos no campo da augita, com razões Mg/(Mg+Fe) relativamente elevadas. Os vários minerais analisados mostram-se muito similares em composição, independentemente das amostras de onde provém. Contrariamente, nas análises obtidas em cristais com evidências de alteração, constata-se (Figura 62) uma maior dispersão dos pontos representativos, os quais tendem a se enriquecer nas moléculas de ferrosilita e wollastonista, o que faz com que alguns deles cheguem a situar-se no campo do diopsídio. Na Figura 63 são fornecidos os diagramas quadrilaterais de cada amostra, para que se possa visualizar claramente o comportamento dos clinopiroxênios em cada uma delas.



◆ Clinopixênios não alterados
▼ Clinopiroxênios alterados

Figura 61 - Diagrama Q-J de classificação de piroxênios (MORIMOTO et al., 1988) para as amostras dos metagabros de Águas Claras.

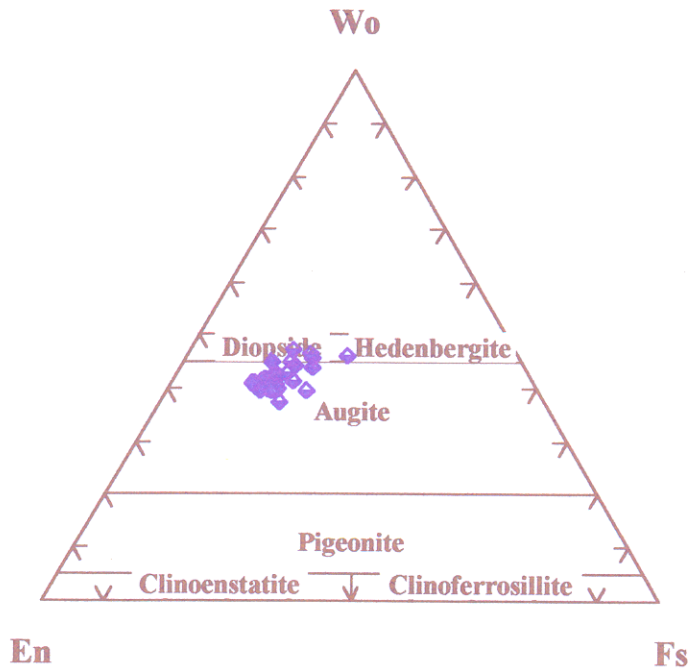


Figura 62 - Diagrama triangular En-Wo-Fs de classificação de piroxênios (MORIMOTO et al., 1988) para as amostras dos metagabros de Águas Claras. Simbolos conforme Figura 61.

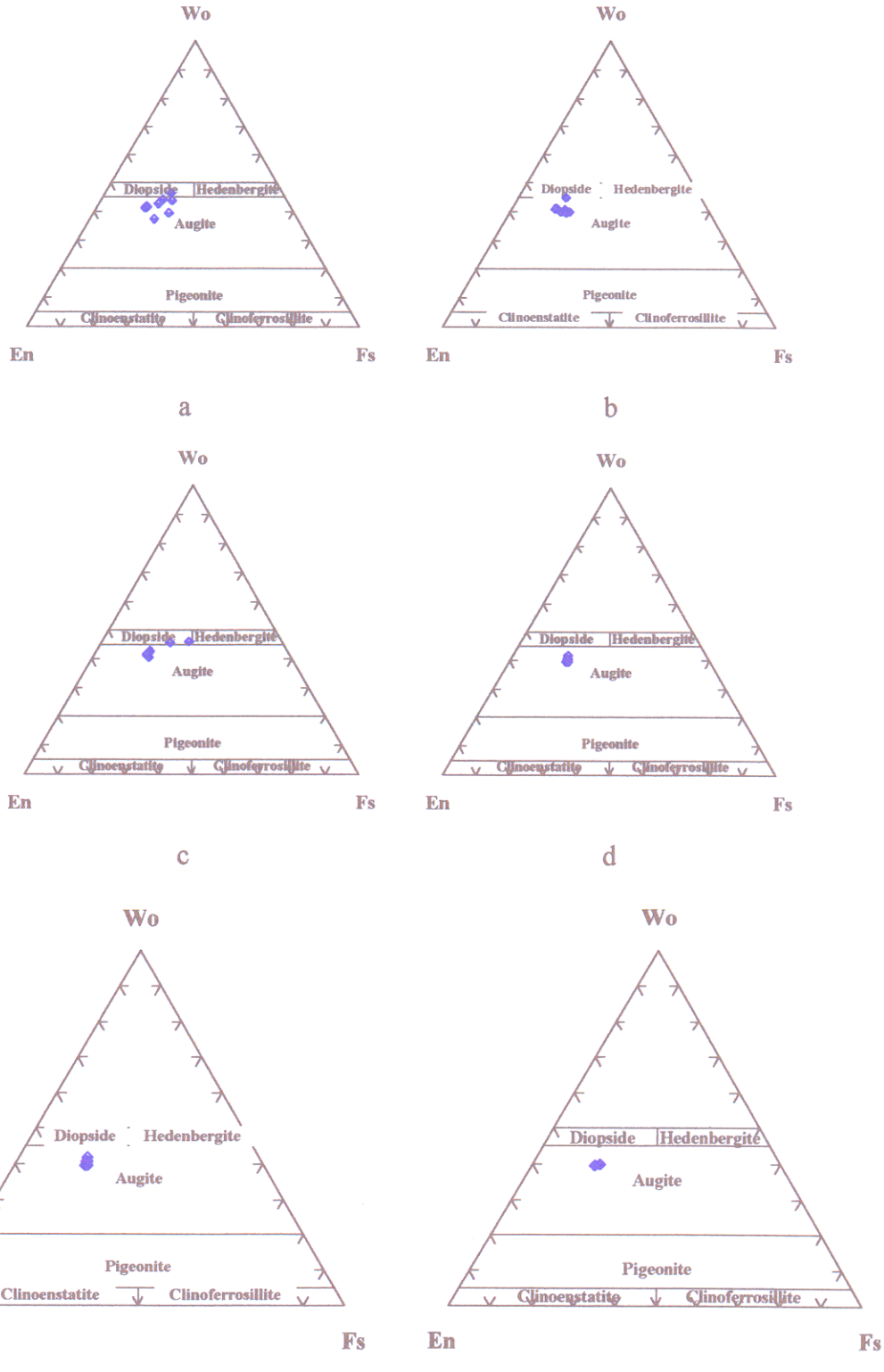


Figura 63 - Diagramas de classificação de pirpoxênios (MORIMOTO et al., 1988) para os metagabros de Águas Claras: (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F124/96,10A; (d) F124/96,10B; (e) F124/105,5; (f) F139 /161,65.

As composições augíticas obtidas nos clinopiroxênios sem evidências de alteração e as suas altas razões MgO/(MgO+FeO), bem superiores àquelas fornecidas pelos anfibólios das mesmas amostras (Anexo), assim como a notável homogeneidade composicional dos clinopiroxênios indicam claramente que os mesmos sejam de origem magmática, confirmando as suposições feitas com base na análise textural. As composições dos clinopiroxênios ligeiramente afetados pela alteração, mostram que a mesma conduz a um empobrecimento em MgO e ao enriquecimento em CaO e FeO, traduzido pelo aumento relativo das moléculas de wollastonita e ferrossilita (Figura 62). Considerando a proveniência diversificada dos clinopiroxênios analisados, a grande homogeneidade composicional das augitas primárias indica que o *sill* básico de Águas Claras derivou muito provavelmente de um mesmo magma, sem variações geoquímicas muito acentuadas (BARROS et al.,1994b).

6.2.2 - Anfibólios

6.2.2.1 - Introdução

Com base no estudo petrográfico e nas variações texturais e de propriedades óticas foram distinguidos três tipos principais de anfibólios nas rochas estudadas na microssonda eletrônica. O primeiro tipo corresponde aos anfibólios que exibem cores em tons mais escuros, geralmente predominando o verde oliva, e cujas relações texturais sugerem que sejam fases relativamente precoces, anteriores aos demais anfibólios. Esse tipo recebeu a designação de "hornblenda" na petrografia. O segundo tipo engloba os anfibólios com pleocroísmo em cores mais vivas, destacando-se o verde azulado, geralmente de hábito prismático, denominado na petrografia de "hornblenda actinolítica". Finalmente, o terceiro tipo reúne os anfibólios que ocorrem geralmente em massas ou agregados de finos cristais, por vezes fibrosos, que representam a variedade mais tardia nas rochas estudadas. Este tipo foi denominado genericamente de "actinolita" na petrografia. Existe um quarto tipo, de ocorrência muito mais localizada, representado por anfibólios desprovidos de pleocroísmo, que se enquadram entre os anfibólios ferro-magnesianos. Esse tipo não foi destacado na petrografia, mas foi identificado localmente em diversas amostras de metagabros.

Nos diagramas apresentados a seguir, faz-se uma distinção entre esses três tipos principais de anfibólios, levando em conta unicamente suas características petrográficas. Procurou-se com isso avaliar a correspondência entre os aspectos texturais e as variações composicionais dos anfibólios dos metagabros. É evidente que a separação feita com base apenas na petrografia encerra um alto grau de subjetividade e, portanto, é sujeita a erros. Ela representa, no entanto, uma tentativa de associar o estudo de química mineral com a evolução textural dos anfibólios, o que de outro modo seria muito difícil ou impossível de ser feito. Os diagramas apresentados a seguir para as diferentes amostras estudadas, mostrarão ora uma coerência muito grande com as observações petrográficas, ora aspectos contraditórios e nem sempre explicáveis facilmente, os quais não se procurou mascarar. Eles refletem as complexidades inerentes ao tema de estudo.

Os resultados das análises químicas dos diferentes tipos de anfibólios são apresentados no Anexo.

6.2.2.2 - Classificação dos Anfibólios

Utilizou-se para a classificação dos anfibólios, o esquema proposto pela International Mineralogical Association (IMA; LEAKE, 1978). Foram levadas em conta as discussões teóricas apresentadas por ROBINSON et al. (1982) e ROCK & LEAKE (1984) para fazer a opção correta para o cálculo da fórmula estrutural, levando em conta a necessidade de determinar o conteúdo de Fe_2O_3 a partir das análises feitas na microssonda. Esse cálculo foi feito através do programa MINPET 2.0 (RICHARD & CLARKE, 1990), utilizando-se o esquema de 15-CNK para os anfibólios cálcicos e 15-NK para os raros anfibólios ferro-magnesianos.

Os anfibólios analisados foram plotados inicialmente por cada amostra e, posteriormente, integrando as várias amostras de cada furo. Seguindo o roteiro para classificação dos anfibólios, iniciou-se pela utilização do diagrama BNa x (BCa + BNa), o qual mostrou que a quase totalidade dos anfibólios analisados é de natureza cálcica, pois $(Ca + Na)_B$ 1,34 e $Na_B < 0,67$, sendo os restantes, com $(Ca + Na)_B < 1,34$ e $Li < 1,00$, enquadrados no grupo dos anfibólios ferro-magnesianos.

Todos os anfibólios analisados na amostra F72/49,65 se enquadraram no grupo cálcico (Figura 64a) e os da amostra F72/63,65 são dominantemente cálcicos (Figura 65a), havendo três análises (Figura 66a) que se situam no campo dos ferro-magnesianos (usando o método 13-CNK são apenas duas, mas empregando 15-NK, mais indicado para anfibólios ferro-magnesianos - segundo ROBINSON et al. (1982), e ROCK & LEAKE (1984) - seriam três). Já na amostra F72/80,10 mostram anfibólios de composições ferro-magnesianos predominando sobre os cálcicos (Figuras 66a e 67a). A distribuição no diagrama BNa x (BCa + BNa) do conjunto de análises do furo 72 pode ser visualizada na Figura 68a. Todos os anfibólios analisados dos furos 124 e 139 enquadram-se no grupo cálcico (Figuras 68b, c).

Tendo em vista que os anfibólios cálcicos dos metagabros possuem, sem exceção, $(Na + K)_A < 0,50$ e $Ti < 0,50$, eles foram plotados no diagrama $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ x Si (LEAKE (1978) sua Figura 3A), objetivando chegar a sua classificação. Os diagramas correspondentes são apresentados por amostras isoladas (Figuras 64b, 65b, 67b, 69b, 70b, 71b e 72b) ou reunindo as amostras de um mesmo furo (Figuras 73, 74 e 75).

Um exame rápido das Figuras 73, 74 e 75 mostra que a grande maioria dos anfibólios analisados se distribue passando do campo das ferro-hornblendas para o das ferro-hornblenda actinolíticas e deste para os das ferro-actinolitas e actinolitas. Essa variação se dá com um nítido crescimento das razões $Mg/(Mg+Fe^{+2})$, paralelamente ao aumento de Si, sugerindo uma variação controlada por substituições do tipo tschermakítico, como será discutido adiante. Algumas poucas análises situam-se na porção inferior do campo das hornblendas actinolíticas e um número ainda menor, no das hornblendas magnesianas. Essas últimas correspondem visivelmente a um comportamento particular no conjunto de amostras estudadas, porque fogem da tendência geral mostrada pelos demais anfibólios.

Em termos das variedades petrográficas de anfibólios constata-se que os anfibólios designados como "hornblendas" tendem efetivamente a se concentrar no campo das ferro-hornblendas ou, excepcionalmente, hornblendas magnesianas, porém há diversas análises desse tipo textural que incidem nos campos das ferro-actinolitas, actinolitas e, mais raramente, ferro-hornblendas actinolíticas. Já os anfibólios designados como "hornblendas actinolíticas", tendem a se concentrar no campo das ferro-hornblendas actinolíticas, entretanto eles invadem os campos vizinhos e podem receber designações muito diversificadas, embora, no conjunto das análises, formem um agrupamento que tende a se separar dos demais tipos petrográficos. Finalmente, os

anfibólios designados tentativamente como "actinolitas" se concentram de fato nos campos das ferro-actinolitas e actinolitas, porém invadindo os campos das hornblenda actinolíticas e ferro-hornblendas actinolíticas. Conclui-se que, embora não haja, como seria previsível, uma perfeita correspondência entre os vários tipos texturais de anfibólios e as suas classificações determinadas com base nas análises na microssonda eletrônica, tem-se um quadro geral que pode ser considerado bastante coerente. Assim, os anfibólios verde oliva, cristalizados mais precocemente, são dominantemente ferro-hornblendas, os anfibólios prismáticos verde azulados, um pouco mais tardios em relação às hornblendas, são geralmente ferro-actinolitas e suas transições composicionais para os campos limítrofes, e os anfibólios finos e fibrosos, tardios, são em sua maioria actinolitas ou ferro-actinolitas.

Em termos dos anfibólios ferro-magnesianos (Figura 66a, b), aqueles da amostra F72/63,65, associados à alteração local do clinopiroxênio, possuem composições variando de cummingtonita a grunerita, ao passo que aqueles da amostra F72/80,10 plotam no campo das cummingtonitas.

A observação desses mesmos dados, agora considerados por amostras isoladas, mostra que:

- A amostra F72/49,65 (Figura 64b) apresenta um quadro bastante particular, com a presença de "hornblendas" tanto no campo das ferro-hornblendas, como nos campos das actinolitas, ferro-actinolitas e hornblendas magnesianas. Essa dispersão composicional dos anfibólios interpretados como precoces é difícil de explicar, mas o fato dela ocorrer na única amostra onde tem-se um número expressivo de análises incidindo no campo das hornblendas magnesianas, bem como uma grande dispersão das composições dos anfibólios, aponta no sentido de que esta amostra sofreu uma evolução ainda mais complexa que a das demais. As causas dessas variações não puderam ser deduzidas no presente estágio da pesquisa. Registra-se apenas o fato de que esta amostra situa-se próxima do topo e da transição do furo para a zona intemperizada e poderia ter sido mais afetada por trocas com as encaixantes, promovidas pelo fluídos.

- Os anfibólios da amostra F72/63,65 (Figura 65b) mostram, ao contrário, um comportamento muito coerente com as variedades definidas com base na petrografia. Como essa é uma das amostras menos transformadas (maior conteúdo de clinopiroxênio modal), seria lógico admitir que os seus anfibólios tenham sido menos perturbados por processos hidrotermais de baixa

temperatura superimpostos e tenham preservado melhor a seqüência evolutiva dos anfibólios, refletida aqui simultaneamente nas texturas e composições químicas.

- A amostra F72/80,10 que é da variedade de metagabro profundamente transformado, apresenta, apesar do pequeno número de análises, apenas anfibólios cummingtoníticos (Figura 66b) e actinolíticos (no limite do campo das hornblendas actinolíticas; Figura 67b), estes com razões $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ bastante elevadas. Isso sugere que essas variedades estejam em equilíbrio nas associações resultantes das transformações hidrotermais mais intensas, reforçando indiretamente as evidências petrográficas de que as ferro-hornblendas e ferro-hornblendas actinolíticas seriam comparativamente mais precoces. Haveria, portanto, uma tendência ao aumento do conteúdo em Si e nas razões $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ dos anfibólios mais precoces e de mais alta temperatura para os mais tardios e de mais baixa temperatura.

- Na amostra F124/96,10 (Figura 69b), os vários tipos de anfibólios se concentram nos campos das ferro-hornblendas actinolíticas e das ferro-actinolitas e a correspondência entre variedades petrográficas e composições é bastante pobre. Nota-se, além disso, a presença de uma "actinolita" no campo das hornblendas magnesianas. O quadro observado nessa amostra guarda algumas analogias com o descrito na F72/49,65.

- Na segunda amostra do furo 124, F124/105,50 tem-se um panorama totalmente distinto com os anfibólios analisados mostrando uma perfeita correspondência com os tipos texturais (Figura 70b). Assim as "hornblendas" plotam no campo das ferro-hornblendas, as "hornblendas actinolíticas" no das ferro-hornblendas actinolíticas ou ferro actinolitas e, finalmente, as "actinolitas" no campo composicional das actinolitas ou nos seus limites com os campos vizinhos.

- Um quadro idêntico ao descrito na amostra F124/105,50 é observado na amostra F139/148,50 (Figura 71b), mostrando que, apesar das complexidades reveladas por certas amostras, esse pode ser considerado como o padrão evolutivo básico para a maioria dos anfibólios dos metagabros.

- Finalmente, na amostra F139/161,65 (Figura 72b), o quadro geral não difere muito, exceto pelo fato que dentre os anfibólios analisados não constam hornblendas. Nota-se, no entanto, que as razões $Mg/(Mg+Fe^{+2})$ são significativamente mais elevadas nessa amostra, sugerindo diferenças na composição desse metagabro em relação ao outro do mesmo furo ou modificações significativas dessa razão durante os processos hidrotermais.

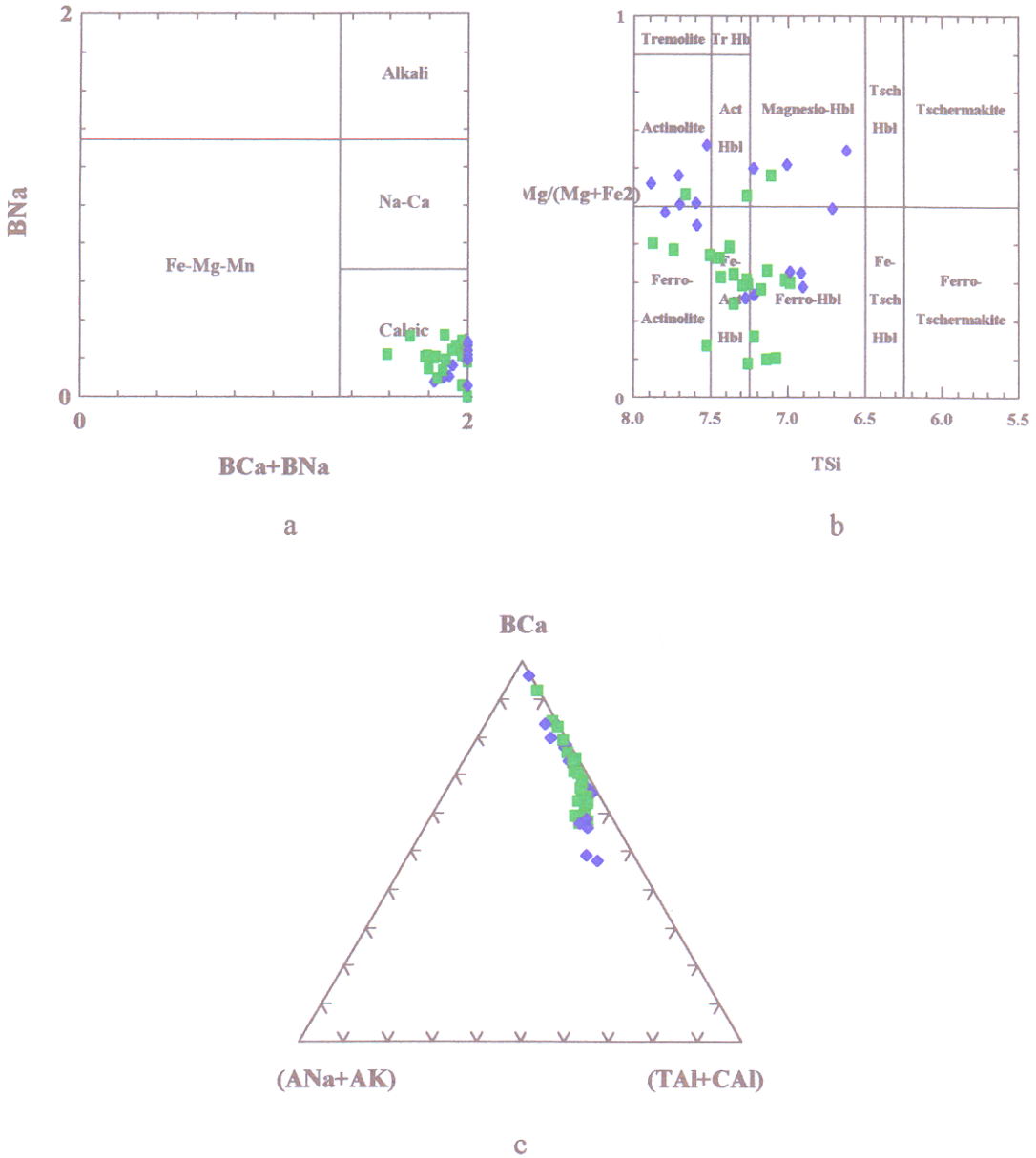


Figura 64 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F72/49,65 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI).

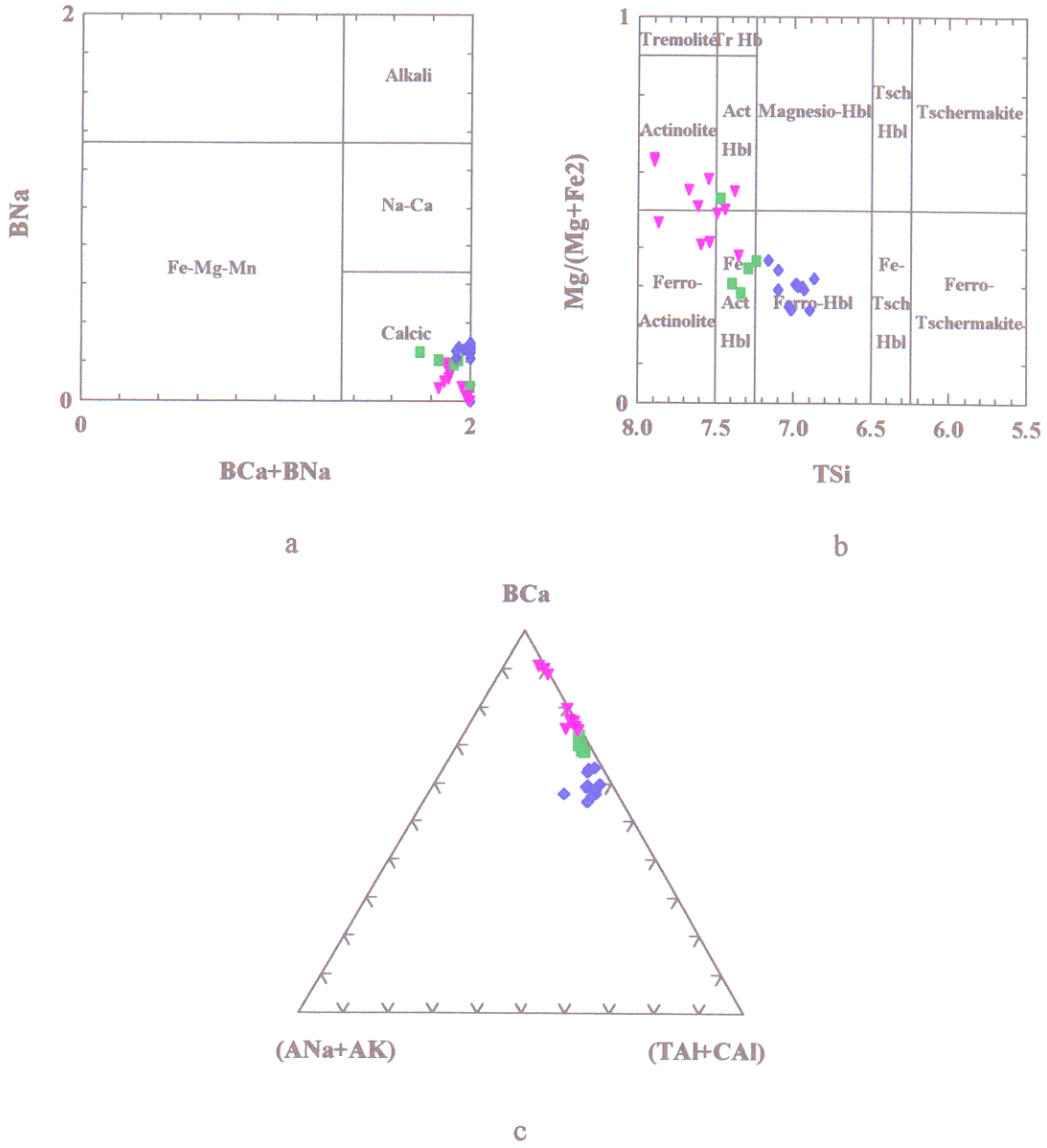
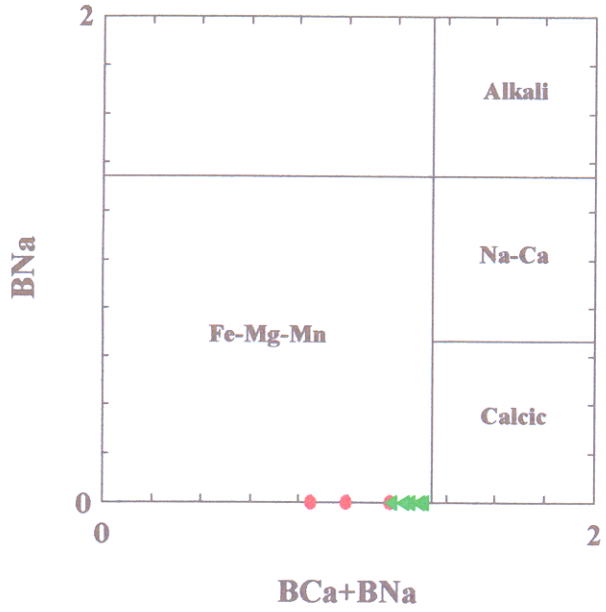
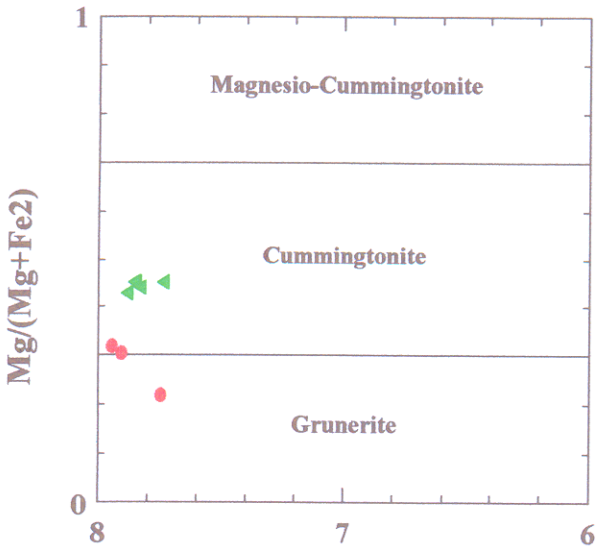


Figura 65 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F72/63,65 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI). Simbolos conforme Figura 64.



a



b

◀ Anfibólios Fe-magnesianos da amostra F72/80,10
● Anfibólios Fe-magnesianos da amostra F72/63,65

Figura 66 - Diagramas para os anfibólios Fe-Mg-Mn das amostras F72/63,65 e 80,10 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI).

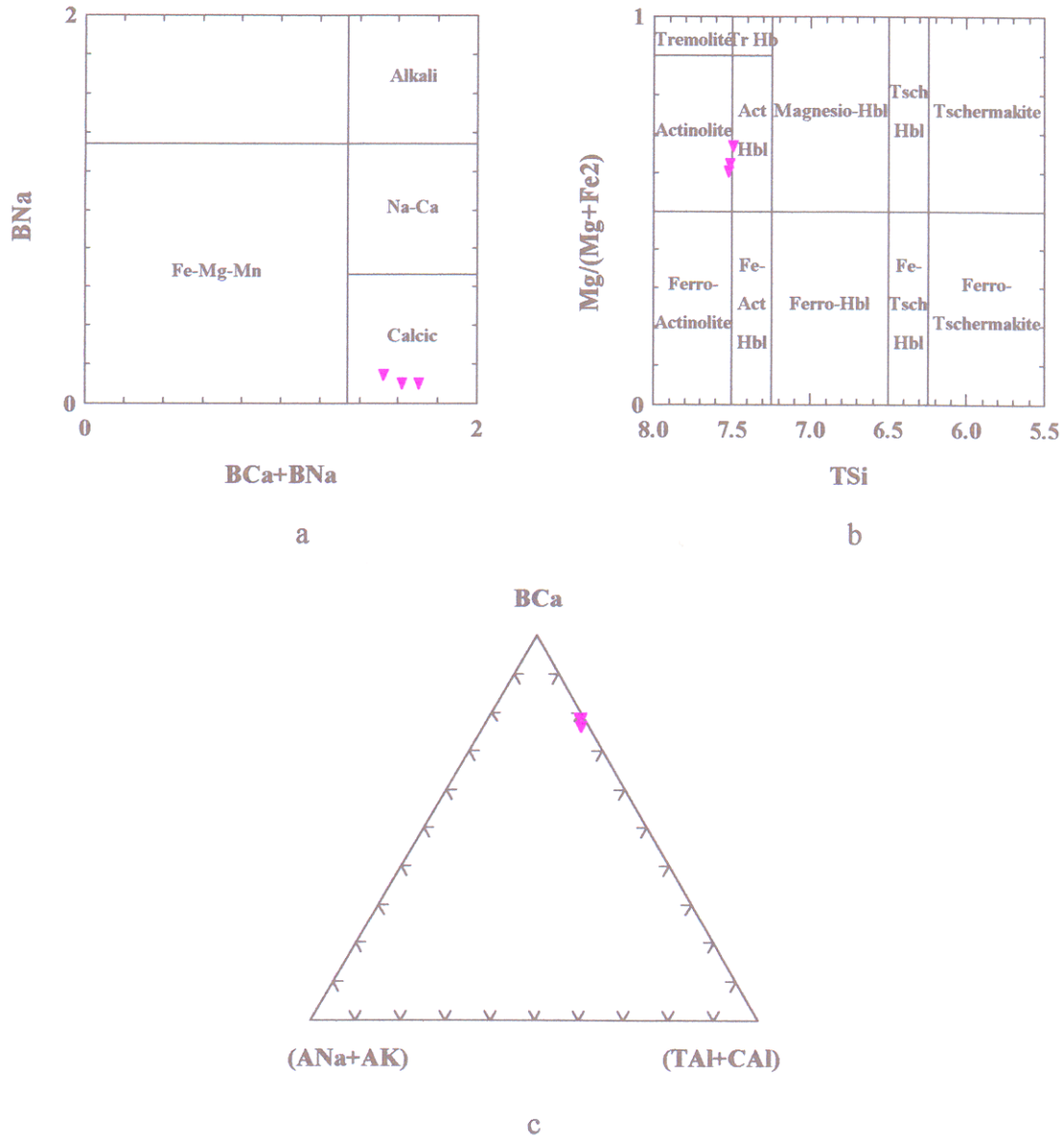


Figura 67 - Diagramas para os anfibólios das amostras F72/80,10 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI). Simbolos conforme Figura 64.

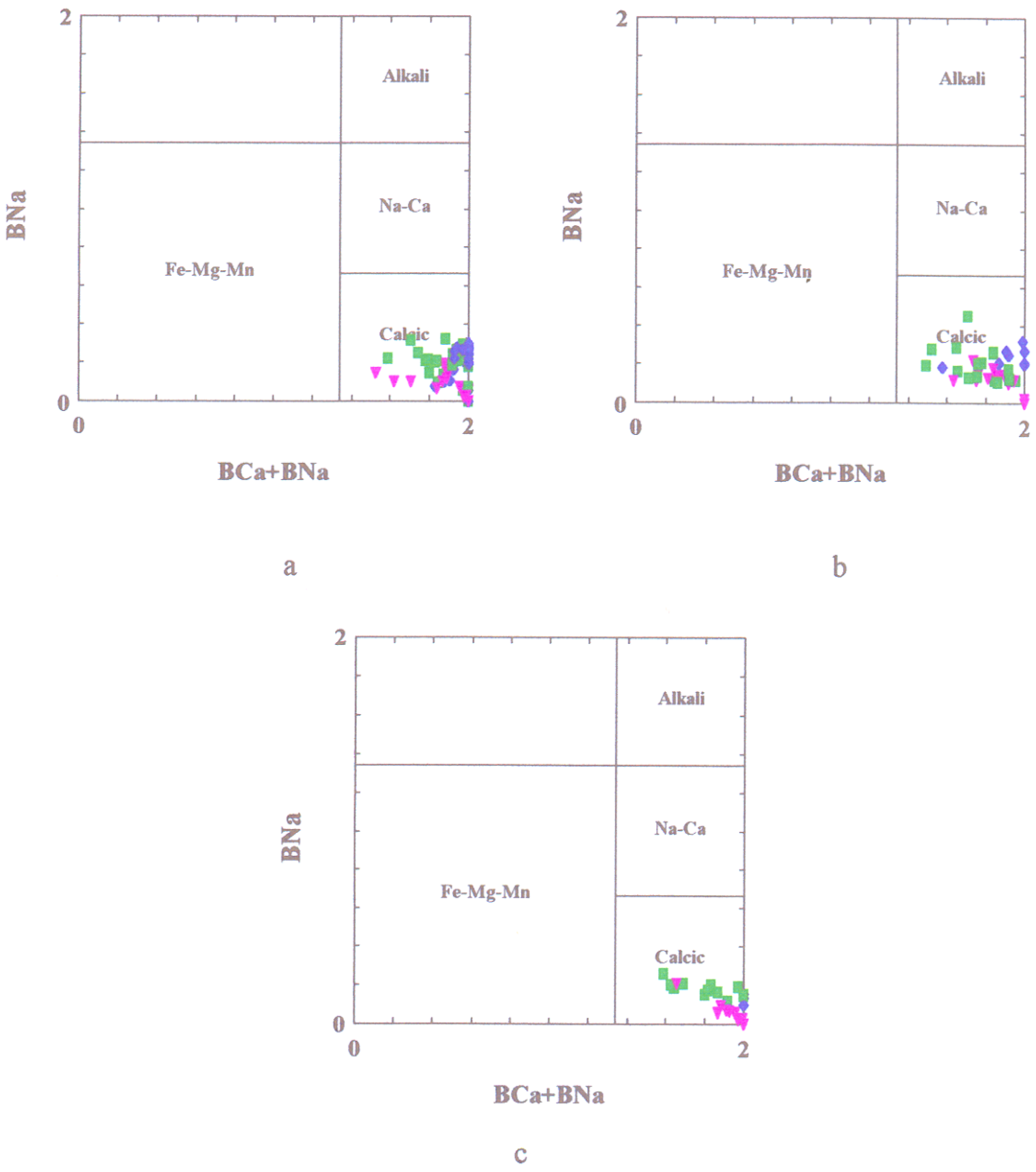


Figura 68 - Diagramas de classificação geral de anfibólios cálcicos LEAKE (1978) para os metagabros de Águas Claras: (a) furo F72 (amostras 49,65; 63,65; 80,10), (b) furo F124(amostras105,50; 96,10A) e (c) furo F139 (amostras 148,50; 161,65). Simbolos como na figura 64.

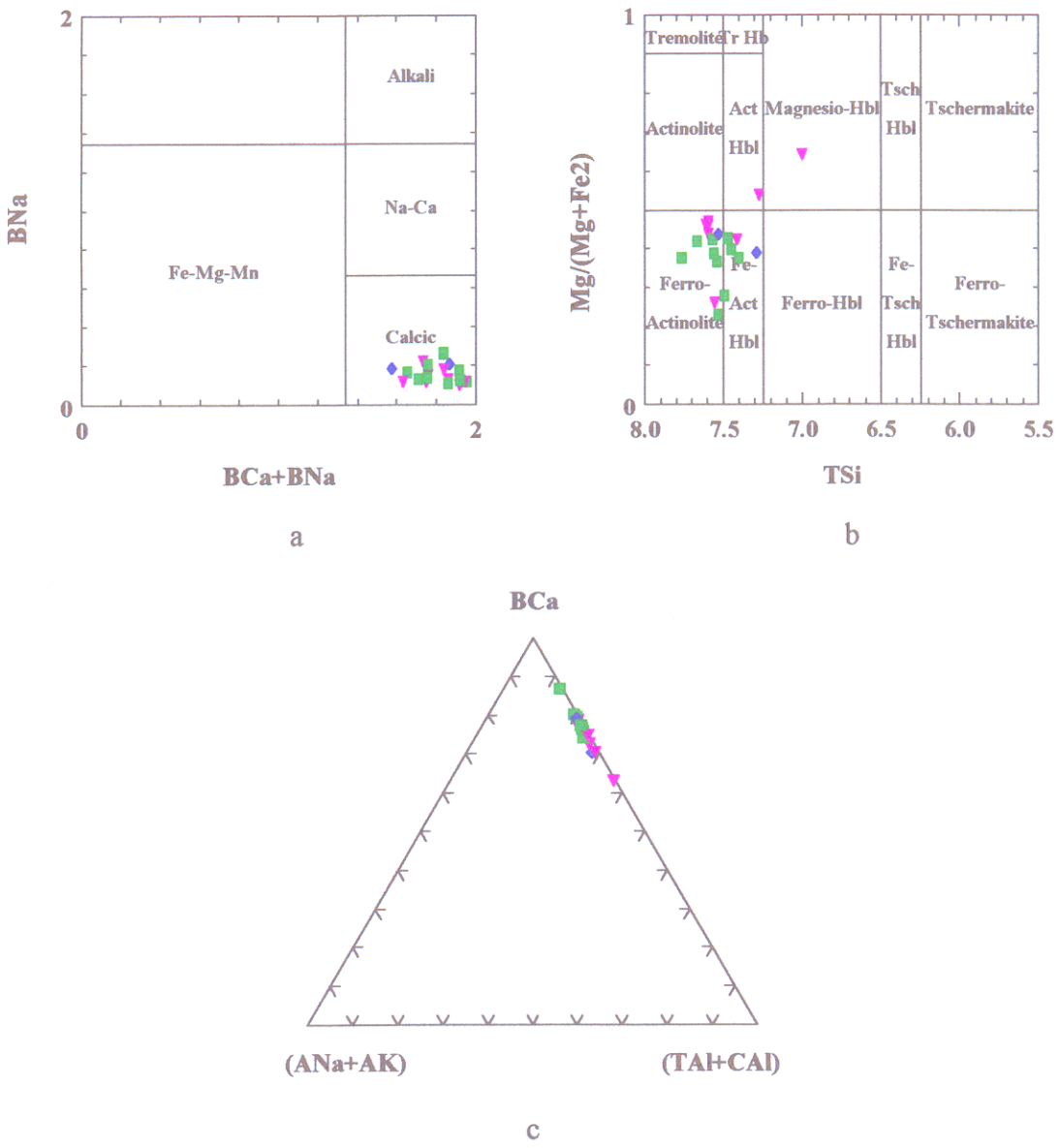


Figura 69 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F124/96,10 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI). Simbolos conforme Figura 64.

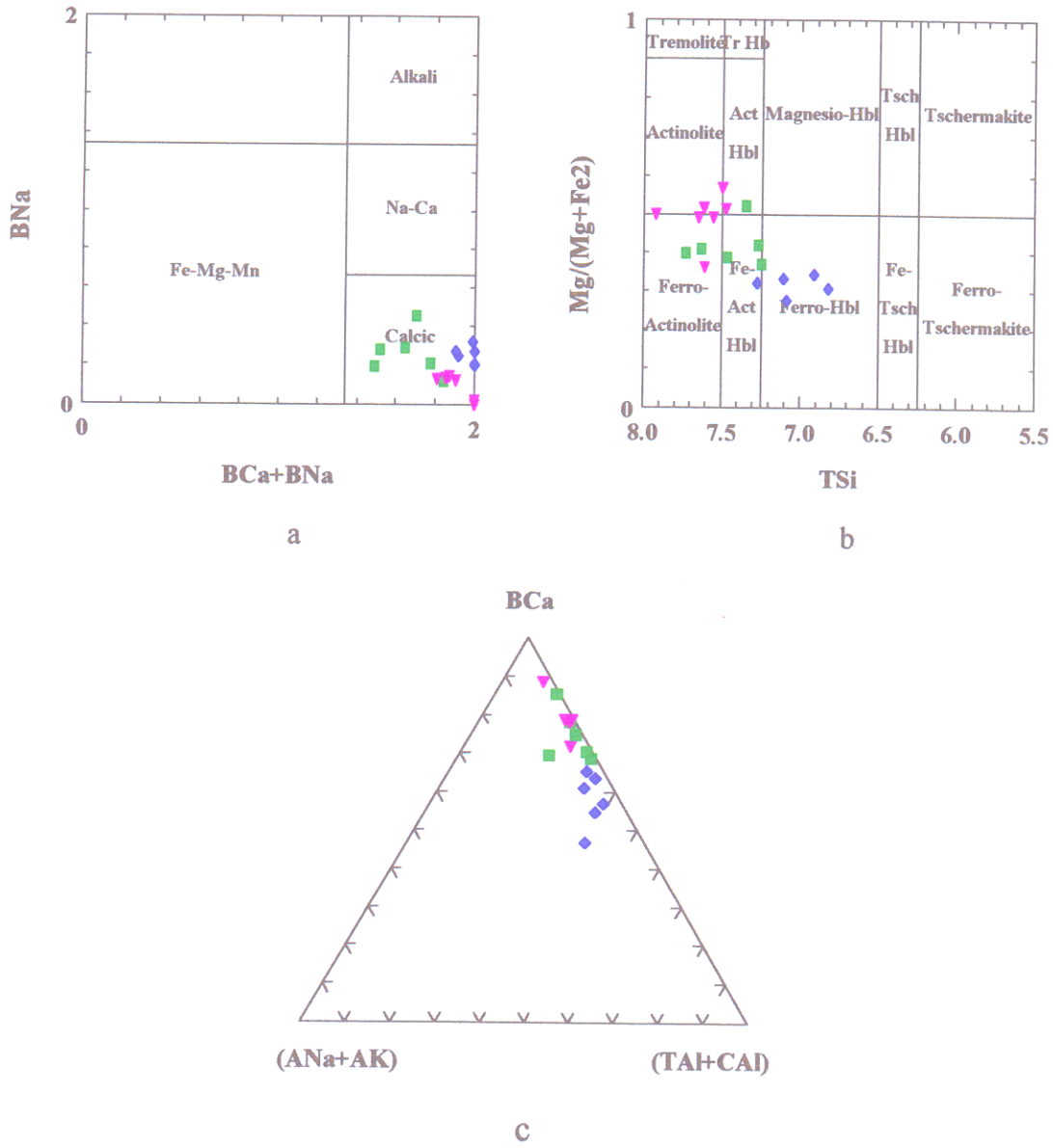


Figura 70 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F124/105,5 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagrama de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs. (Na+K) no sítio A vs. (AlIV+AlVI). Simbolos conforme Figura 64.

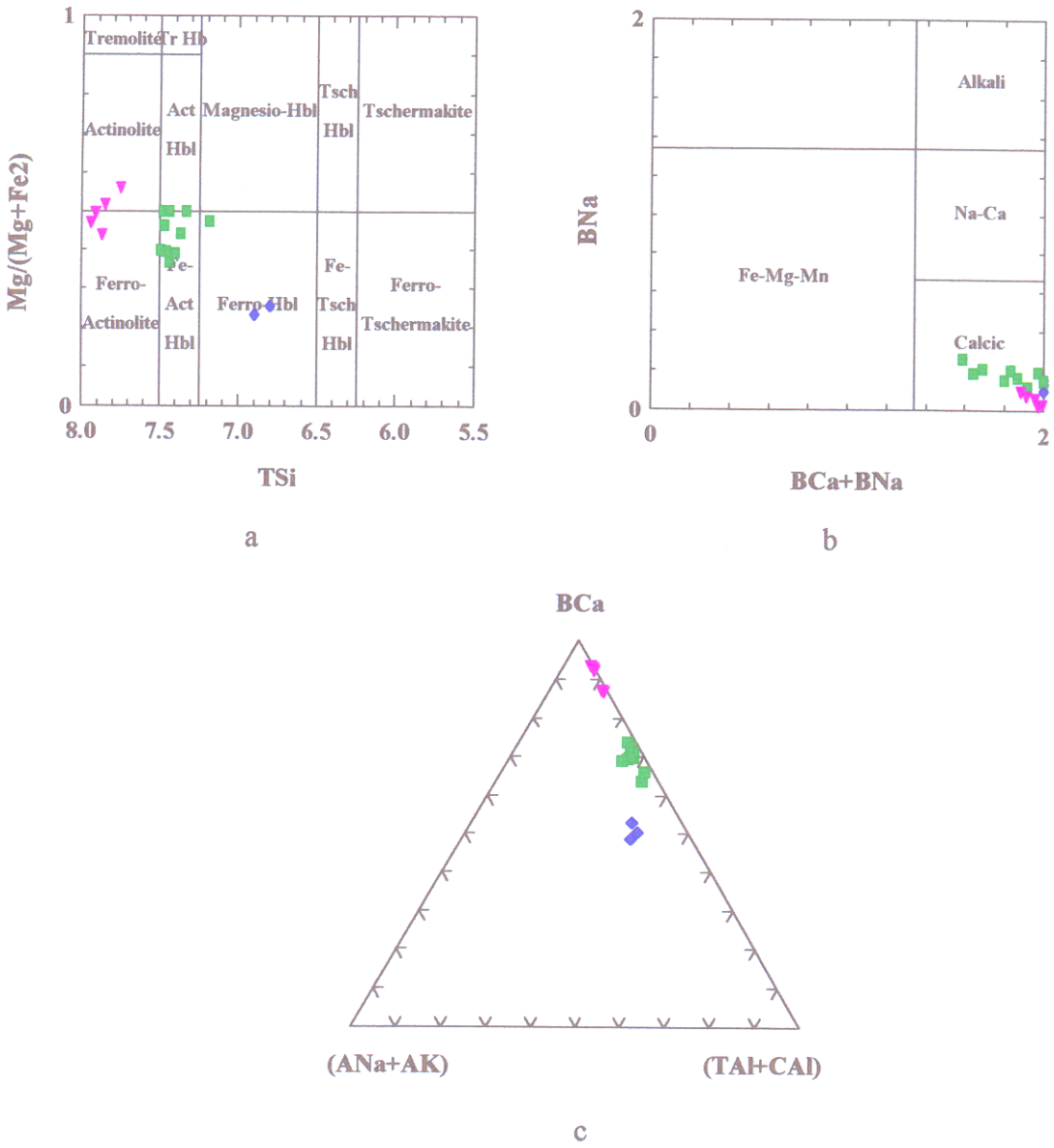


Figura 71 - Diagramas para os anfibólios cálcicos da amostra F139/148,50 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagramas de classificação de LEAKE (1978) E © diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs (Na+K) no sítio A vs (AlIV+AVI). Simbolos conforme Figura 64.

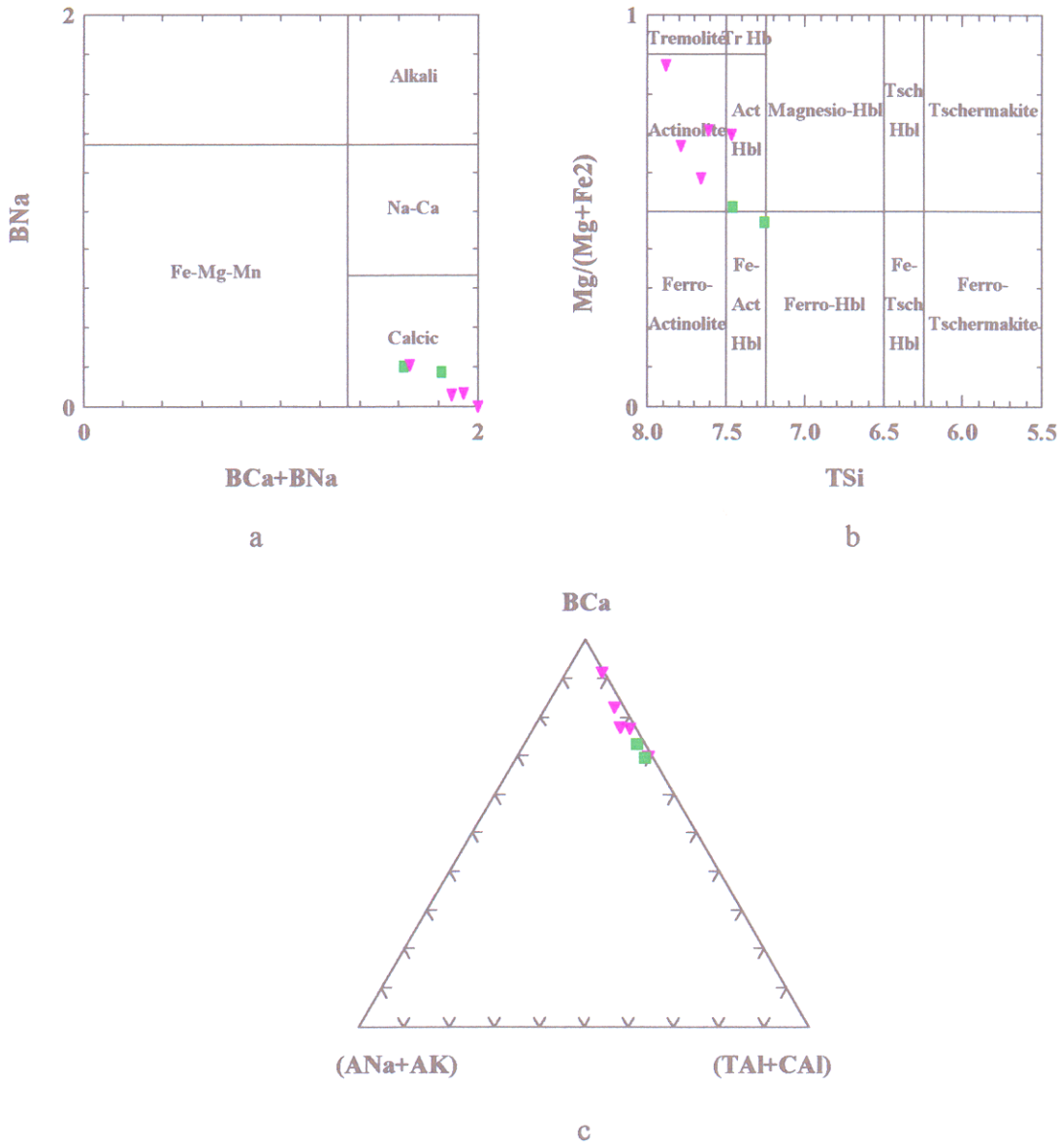


Figura 72 - Diagramas para anfibólios cálcicos da amostra F139/148,50 dos metagabros de Águas Claras: (a) e (b) diagramas de classificação de LEAKE (1978) e (c) diagrama ternário, projetando Ca (sítio B) vs (Na+K) no sítio A vs (AlIV + AlVI). Simbolos conforme Figura 64.

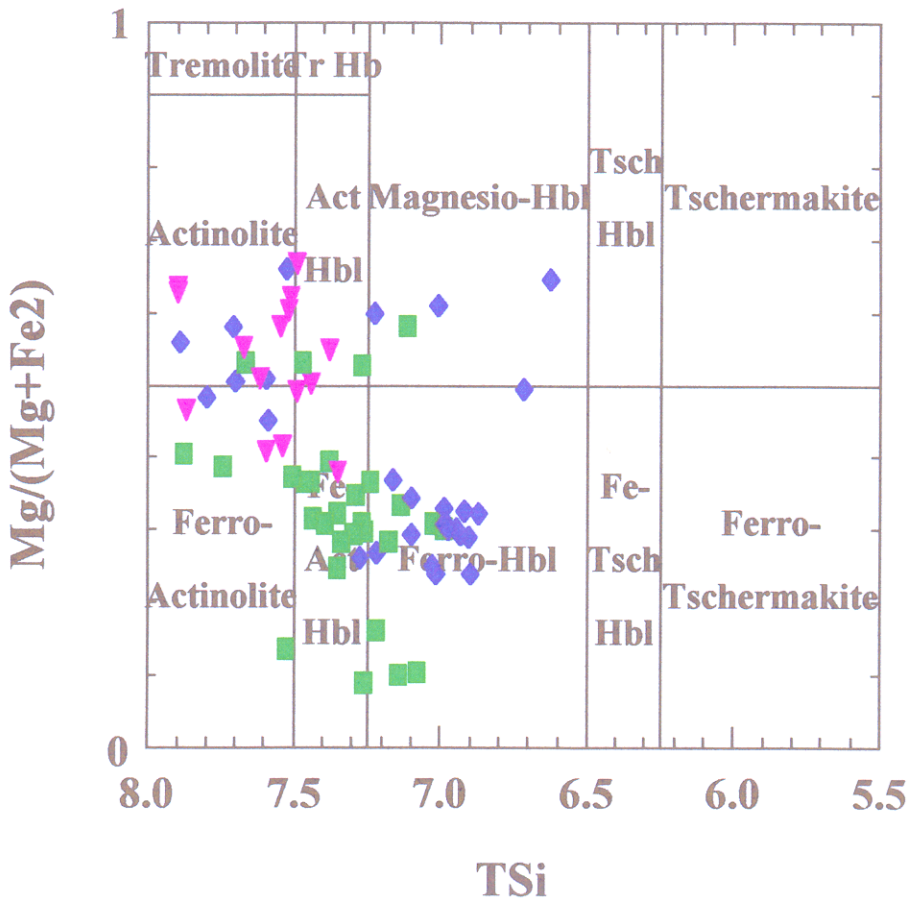


Figura 73 - Diagrama de classificação de LEAKE (1978), mostrando os diversos tipos de anfibólios cálcicos que ocorrem nos metagabros de Águas Claras. Furo F72 (amostras F72/49,65; F72/63,65; F72/80,10). Simbolos conforme Figura 64.

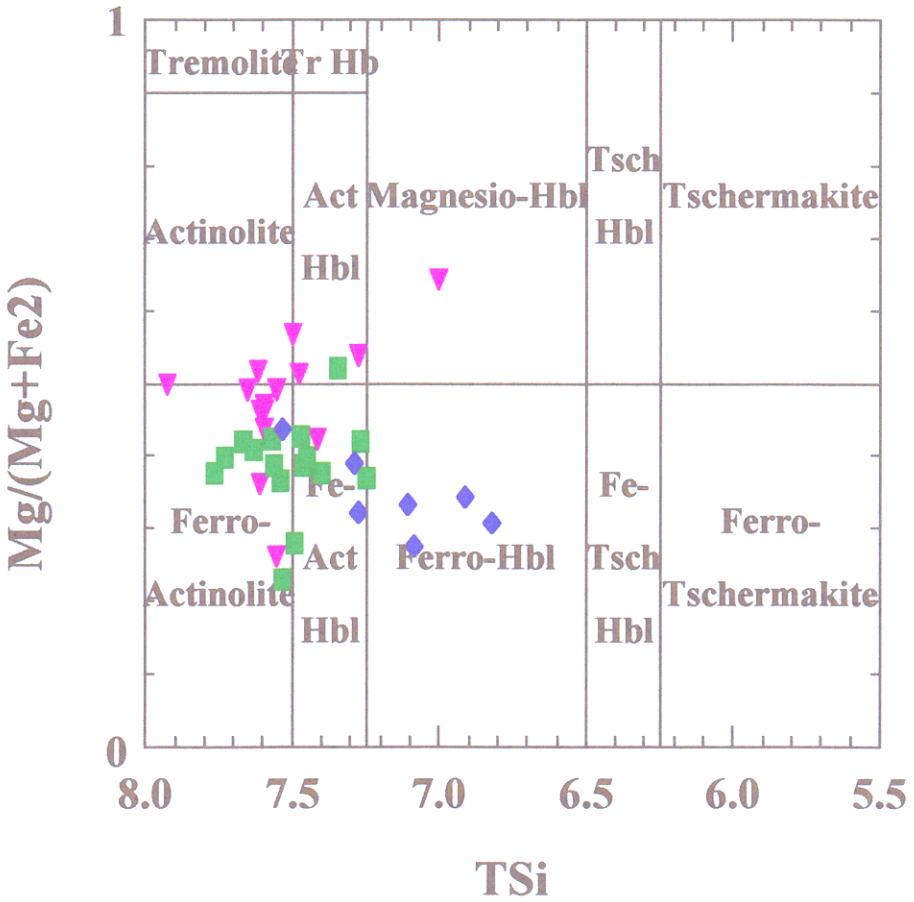


Figura 74 - Diagrama de classificação de LEAKE (1978), mostrando os diversos tipos de anfibólios cálcicos que ocorrem nos metagabros de Águas Claras. Furo F124 (amostras F124/105,50 e F124/96,10A). Simbolos conforme Figura 64.

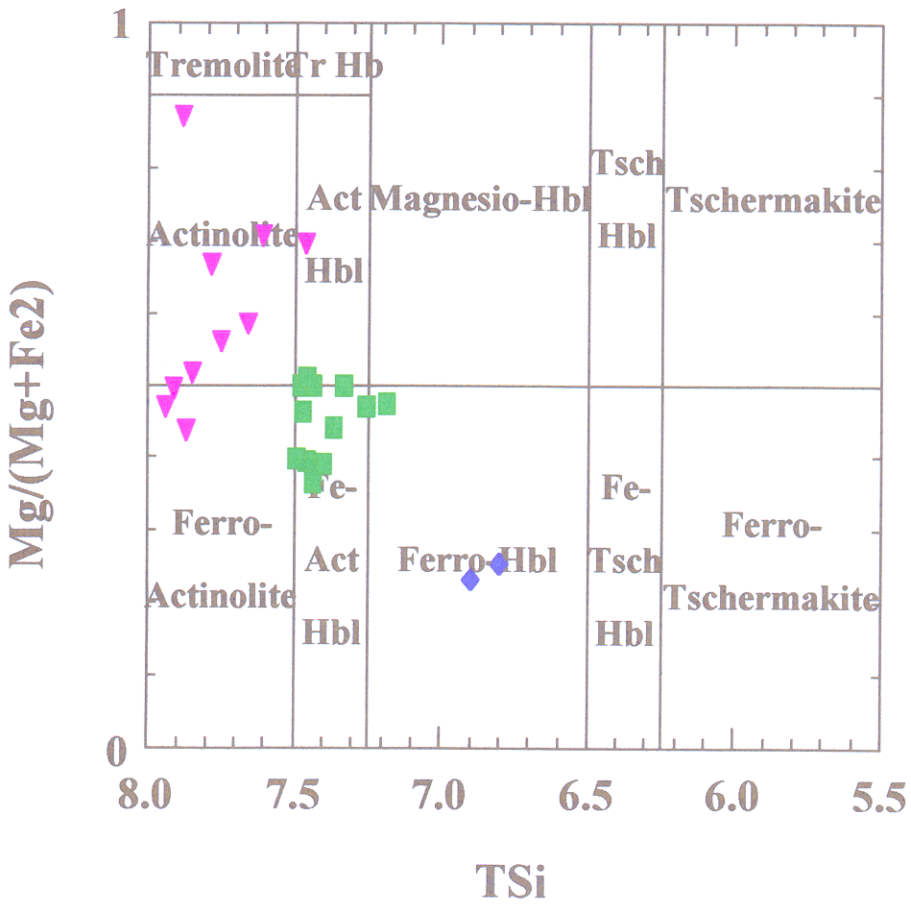


Figura 75 - Diagrama de classificação de LEAKE (1978), mostrando os diversos tipos de anfibólios cálcicos que ocorrem nos metagabros de Águas Claras. Furo F139 (amostras F139/148,50 e F139/161,65. Simbolos conforme Figura 64.

Os diagramas triangulares BCa x (ANa+AK) + (TAl+CAl) também são apresentados por amostras (Figuras 64c, 65c, 67c, 69c, 70c, 71c e 72c) e em conjunto para cada furo (Figura 76a, b, c). Elas reafirmam aspectos já destacados anteriormente. A tendência geral é ter-se um empobrecimento em Al total e álcalis no sentido das "hornblendas", para as "hornblendas actinolíticas" e destas para as 'actinolitas". Essa variação é muito nítida nas várias amostras (F72,63,65; F124/105,50; F139/148,50; F139/165,65), em que há uma boa correspondência entre os tipos petrográficos e as composições obtidas. Os anfibólios analisados da amostra F72/49,65 seguem em linhas gerais a variação esperada das hornblendas para as hornblendas actinolíticas (Figura 64c), porém o conjunto inclue diversas pseudo-"hornblendas" que são muito pobres em álcalis e Al, as quais correspondem as que foram classificadas como actinolitas (Figura 64b), refletindo as complexidades evolutivas já assinaladas. Também na amostra F124/96,10 (Figura 69c) a distribuição dos tipos texturais de anfibólios não é coerente com as suas composições, refletindo problemas análogos.

Considerando as amostras de um mesmo furo em conjunto, é no furo 139 que se observa a maior coerência entre a classificação petrográfica e as composições reais (Figura 76c). Nos furos F72 e F124 a correspondência é de qualquer modo regular a boa (Figuras 76a, b).

6.2.2.3 - Análise das Variações Composicionais dos Anfibólios

Embora não constitua o objetivo principal do presente trabalho, podem ser feitas algumas considerações sobre as possíveis substituições que ocorreram nos anfibólios durante a evolução dos metagabros. A evolução de anfibólios em rochas ígneas foi discutida extensivamente por CZAMANSKE & WONES (1973) e também abordada por VLACH (1993). CHOUDHURI (1974, 1977) avaliou o comportamento dos anfibólios cálcicos em algumas seqüências metamórficas da Guiana. SOARES (1996) tratou das variações composicionais apresentados pelos anfibólios e outros minerais do Granodiorito Rio Maria, quando afetado por intrusões de granitos anorogênicos proterozóicos. Os dois primeiros autores destacaram as principais substituições acopladas que podem ser esperadas em anfibólios e pretende-se discutir as variações composicionais dos anfibólios estudados com base no esquema geral proposto pelos mesmos.

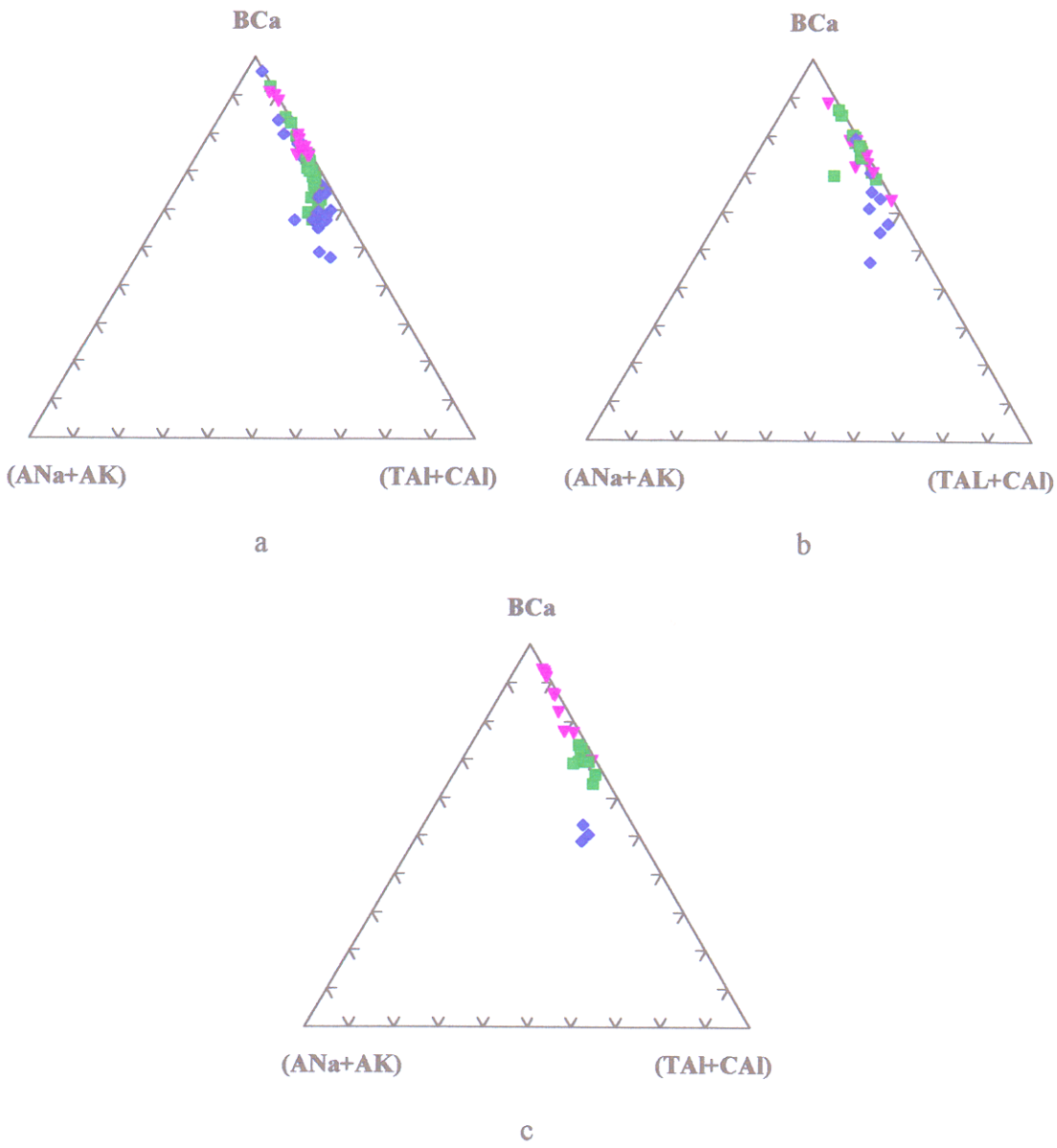


Figura 76 - Projeção da composição de anfibólios dos metagabros de Águas Claras em gráfico ternário BC vs (ANa+AK) vs (TAl+CAl): (a) amostras do furo F72; (b) amostras do furo F124 e (c) amostras do furo F139. Simbolos conforme Figura 64.

Substituições do tipo edenítica podem ser avaliadas através de diagramas correlacionando o Al tetraédrico com Na e K do sítio A (Figura 77). Constata-se no conjunto de diagramas que nos anfibólios classificados como actinolitas e ferro-actinolitas, bem como na grande maioria daqueles classificados como hornblendas actinolíticas, substituições edeníticas não foram importantes, pois embora haja uma correlação positiva entre TAl e (ANa+AK), o primeiro cresce muito mais rapidamente que os álcalis no sítio A. O mesmo não se verifica para a grande maioria das hornblendas (os exemplos mais claros são fornecidos pelas amostras F72/49,65 e F72/63,65; Figuras 77a, b) e para algumas hornblendas actinolíticas (como boa parte daquelas presentes na amostra F72/49,65, Figura 77a), onde tem-se, além da correlação positiva, uma variação de 2Al:1(ANa+AK) ou de 1Al:1(ANa+AK), portanto próxima ou coincidente com a proporção ideal de uma substituição edenítica.

Tendo em vista as variações acentuadas e a correlação geralmente positiva entre Si e Mg/(Mg+Fe) apresentada pelos anfibólios estudados, procurou-se avaliar a possível influência de substituições tschermakíticas ao longo da evolução dos mesmos. Observa-se nos diferentes diagramas TAl+CAl x TSi+CMg (Figura 78) uma forte correlação negativa, indicando que trocas desse tipo foram muito importantes nas séries de anfibólios presentes nos metagabros. A tendência de enriquecimento em Si e Mg, com o empobrecimento paralelo em Al total, traduz em linhas gerais o decréscimo de temperatura, com a transição em termos de tipos texturais de hornblendas para hornblendas actinolíticas e actinolitas. Fica, porém, evidente nos diagramas que não se tem uma série única para os anfibólios estudados. Geralmente, as ferro-hornblendas e ferro-hornblendas actinolíticas apresentam uma disposição que sugere uma transição gradual entre elas, controlada por uma substituição deste tipo (Figura 78a, c, d, e). Percebe-se, no entanto, que as actinolitas não seguem perfeitamente o *trend* geral, sugerindo que a sua evolução foi independente da dos demais anfibólios (Figuras 78b, d, e, f) ou que ela reflete possíveis intervalos de imiscibilidade entre a actinolita e os demais anfibólios (Cf. CHOUDHURI, 1977; ROBINSON et al., 1982). O caso da amostra F72/49,65 é notável, pois os seus anfibólios definem dois trends subparalelos (Figura 78a), um correspondendo a série dominante que vai de ferro-hornblenda a ferro-hornblenda actinolítica e o outro a uma série não identificada nas demais amostras, envolvendo hornblendas magnesianas, hornblendas actinolíticas e actinolitas. Isso confirma a complexidade da evolução desta amostra, já assinalada anteriormente.

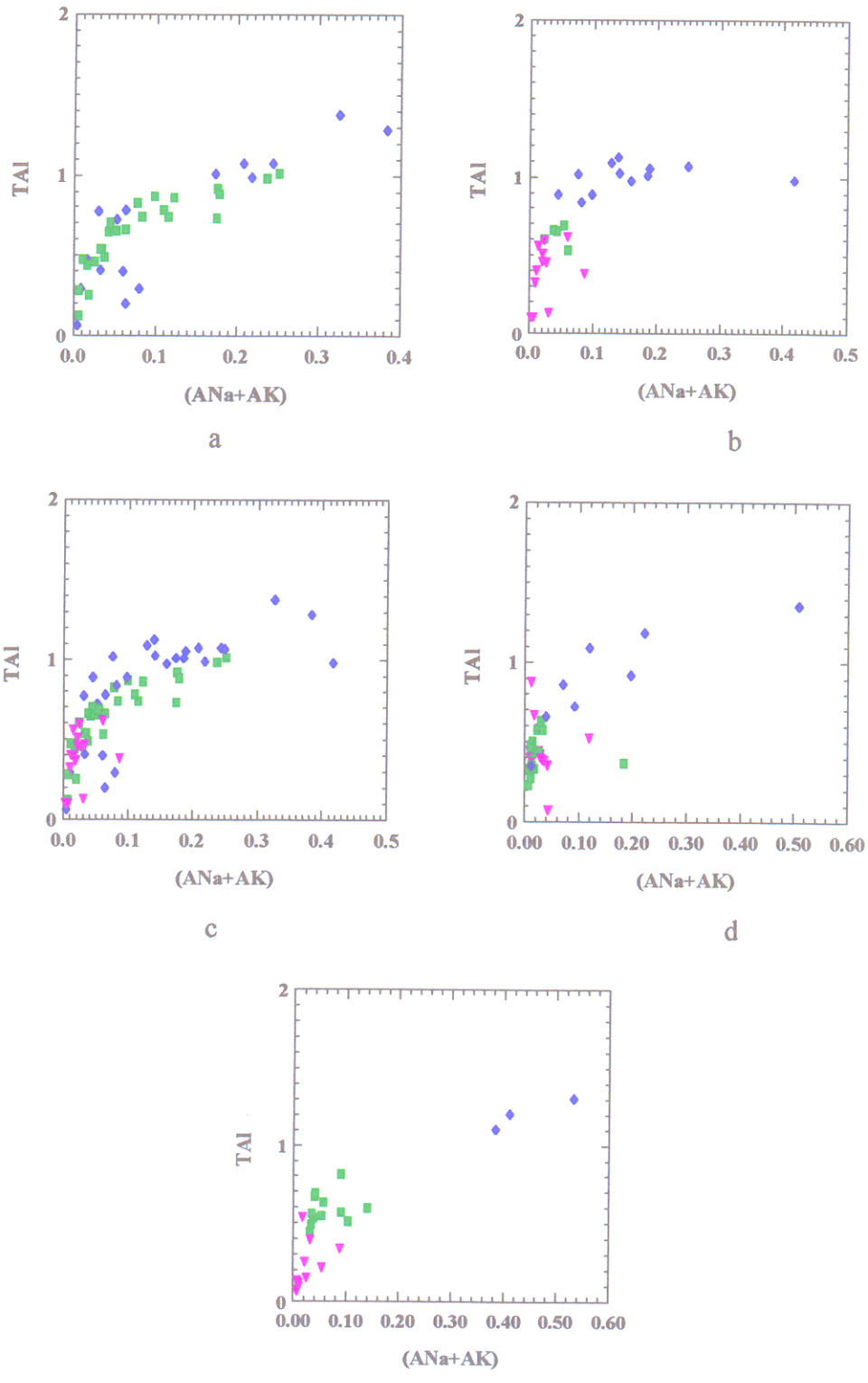


Figura 77 - Diagramas mostrando a correlação entre o alumínio tetraédrico (TAl) versus (Na+K) no sítio A: (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F72(/49,65+63,65+80,10); (d) F124(105,5+96,10A); (e) F139(148,5+161,65). Símbolos conforme Figura 64.

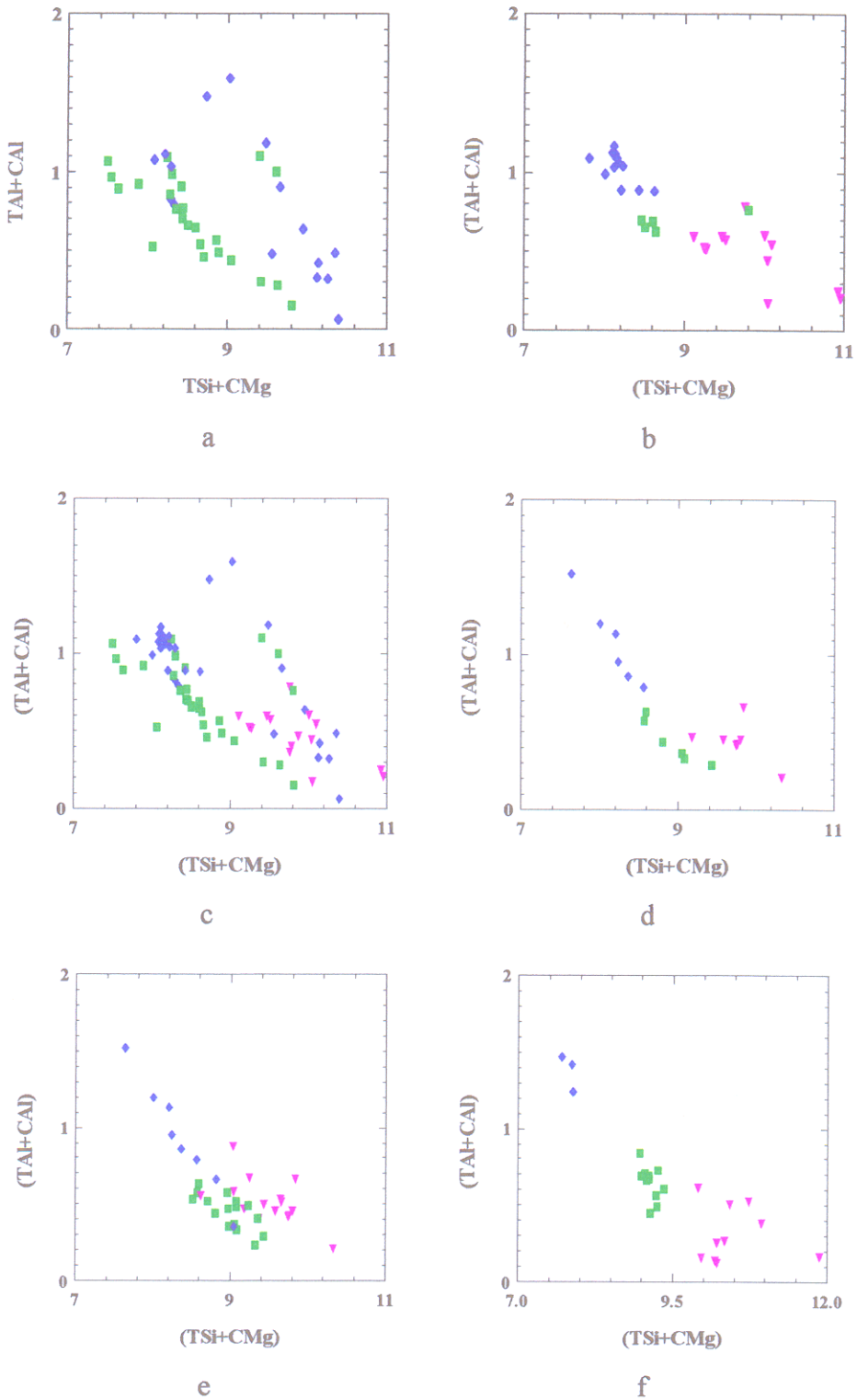


Figura 78 - Diagramas mostrando a correlação entre o alumínio tetraédrico + octaédrico (TAl+CAl)) versus (TSi+CMg): (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F72(/49,65+63,65+80,10); (d) F124(105,5); (e) F124(105,5+96,10A); (f) F139(148,5+161,65). Simbolos conforme Figura 64.

Para avaliar a possível contribuição de substituições envolvendo trocas de Al tetraédrico e Ti octaédrico por Mg octaédrico e Si tetraédrico, foram construídos diagramas TAl x CTi (Figura 79). Tem-se, de modo geral, uma tendência a correlação positiva entre esses dois cátions, porém ela é mal definida no caso das actinolitas e hornblendas actinolíticas das amostras do furo F72 (Figuras 79a, b, c) e melhor marcada naquelas dos furos F124 e F139 (Figuras 79d, e). De qualquer modo, a relação observada não sugere um papel importante para este tipo de substituição. O mesmo não se verifica no caso das hornblendas (Figuras 79a, b, c, d), que são claramente enriquecidas em Ti em relação aos demais anfibólios e mostram uma disposição nos diagramas que sugere uma influência de substituições envolvendo o Ti na sua evolução.

Conforme destacado por CZAMANSKE & WONES (1973), a atuação simultânea de processos de substituição envolvendo as três trocas discutidas acima pode ser avaliada através de diagramas de correlação entre TAl x (CAl+CFe^{3+}+CTi+ANa+AK). O exame da Figura 80 revela que existe uma correlação positiva entre o alumínio tetraédrico e os demais cátions mencionados e que a relação entre eles se aproxima de um, que seria o caso ideal. Porém, procurando verificar mais criteriosamente cada conjunto analisado, percebe-se que somente as hornblendas seguem perfeitamente o trend esperado por tais substituições conjugadas (Figuras 80a, b, c, d, e). Ele é acompanhado razoavelmente também pelas hornblendas actinolíticas na amostra F72/49,65 (Figura 80a), ao passo que nas demais amostras, constata-se que isso não ocorre, havendo aumento acentuado dos cátions octaédricos e do sítio A, sem variação correspondente do TAl (Figuras 80b, d, e). Esse comportamento reflete muito provavelmente a pouca importância da substituição edenítica na maioria das actinolitas e hornblendas actinolíticas.

Concluindo, a avaliação das possíveis substituições envolvidas na evolução dos anfibólios cálcicos dos metagabros de Águas Claras indica que nas hornblendas substituições tschermakíticas, edeníticas e aquelas envolvendo Ti octaédrico tiveram um papel fundamental. Nos demais anfibólios, a substituição tschermakítica parece inteiramente dominante sobre as outras duas. O enriquecimento em Ti e os tipos de substituição apresentados são coerentes com a formação das hornblendas a temperaturas mais elevadas que os demais anfibólios. A amostra F72/49,65 apresenta duas séries distintas de anfibólios, sendo que uma delas, envolvendo hornblendas magnesianas, hornblendas actinolíticas e actinolitas, é única em todo o conjunto estudado, diferenciando-se da outra por seu caráter acentuadamente mais magnesiano. São

necessários estudos adicionais para a correta interpretação do significado dessa série na evolução particular desta amostra.

6.2.3 Cloritas

As cloritas só foram analisadas em três amostras, F72/80,10, F139/148,50 e F139/161,65, sendo os dados obtidos insuficientes para uma compreensão clara das variações composicionais apresentadas por esse mineral no corpo gabróico. De qualquer modo, eles permitem uma visualização das composições das cloritas presentes em algumas amostras e fornecem uma idéia sobre o comportamento do conjunto. As fórmulas estruturais e diagramas de classificação foram calculadas e construídos com o auxílio do programa MINPET 2.0, utilizando-se o método de 36 oxigênios, que corresponde a 28 oxigênios equivalentes e a 16 grupos OH.

A classificação adotada é aquela recomendada por HEY (1954), seguida por DEER et al. (1972) e pelo programa MINPET 2.0. As cloritas analisadas, quando plotadas no diagrama (Fe^{+2}+$F3^{+3}$) x Si (Figura 81), situam-se no campo das brunsvigitas, transicionando para o das ripidolitas (Amostras F72/80,10 e F139/148,50), ou no campo das pycnocloritas (Amostra F139/161,65). As cloritas das duas primeiras amostras ocorrem associadas a opacos recristalizados, epidoto e actinolita fibrosa (F72/80,10), substituindo anfibólio e associadas com albita e epidoto ou em veios com albita (F139/148,50). Já na amostra F139/161,65, as cloritas analisadas estão associadas com anfibólio e opacos neoformados, sendo o conjunto relacionado com à alteração de clinopiroxênios. Portanto, as cloritas associadas com os produtos de transformação dos clinopiroxênios são mais magnesianas que as demais. Elas são mais próximas em composição das cloritas das rochas encaixantes do depósito de ouro do Igarapé Bahia, em Carajás (ZANG & FYFE, 1995). Esse autores também identificaram alguma brunsvigitas e ripidolitas transicionando para aphrosideritas, mas estas composições, com razões Fe(Fe+Mg) mais elevadas, são muito subordinadas no caso das cloritas do Igarapé Bahia e, ao contrário, inteiramente dominantes em duas amostras do Alvo Águas Claras.

São conhecidos na literatura diversos geotermômetros baseados na composição das cloritas. Um deles foi proposto por CATHELINEAU & NIEVA (1985), também discutido por CATHELINEAU (1988). Esse geotermômetro baseia-se essencialmente nos conteúdos de Al tetraédrico nas cloritas, sendo o cálculo das temperaturas feito através da fórmula:

$$T\ (°C) = -\ 61{,}92 + 321{,}98\ (Al^{IV})$$

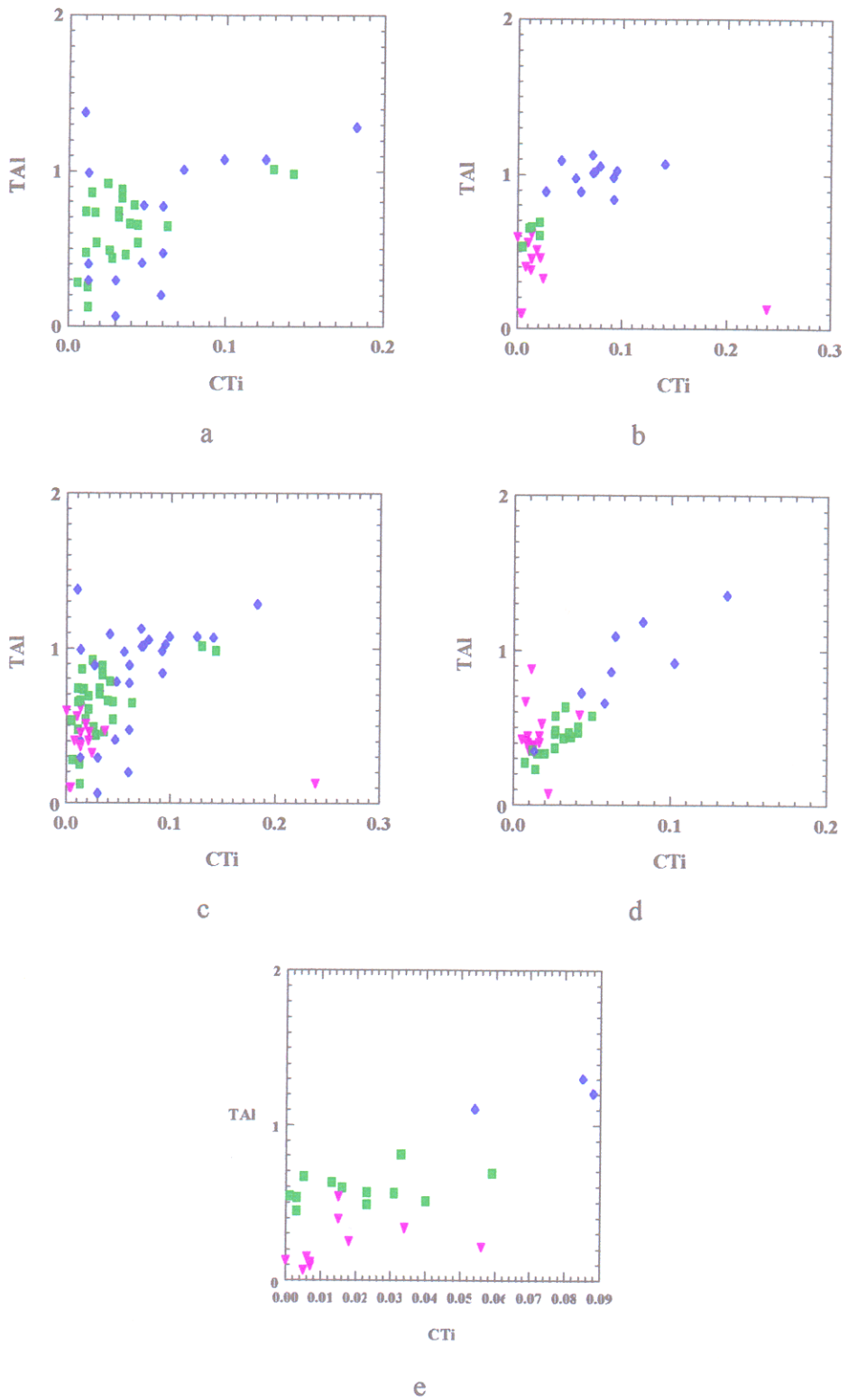


Figura 79 - Diagramas mostrando a correlação entre o alumínio tetraédrico (TAl) versus titânio no sítio C (CTi): (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F72(/49,65+63,65+80,10); (d) F124(105,5+96,10A); (e) F139(148,5+161,65). Simbolos conforme Figura 64.

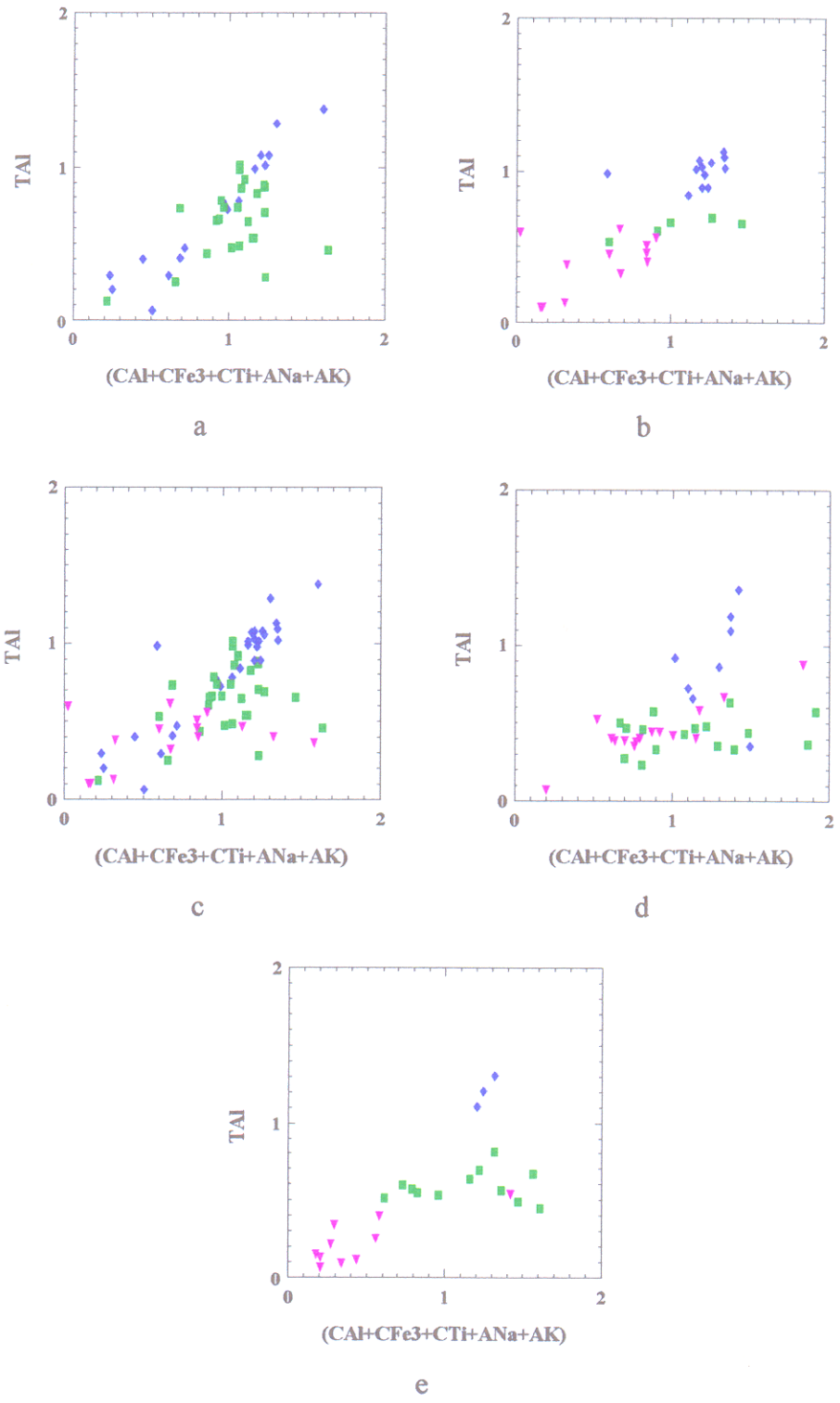


Figura 80 - Diagramas mostrando a correlação entre o alumínio tetraédrico (TAl) versus Al+Fe3+Ti em ocupância no sítio C + Na+K no sítio A (CAl+CFe3+CTi+ANa+K)): (a) F72/49,65; (b) F72/63,65; (c) F72(/49,65+63,65+80,10); (d) F124(105,5); (e) F124(105,5+96,10A); (f) F139(148,5+161,65). Simbolos conforme Figura 64.

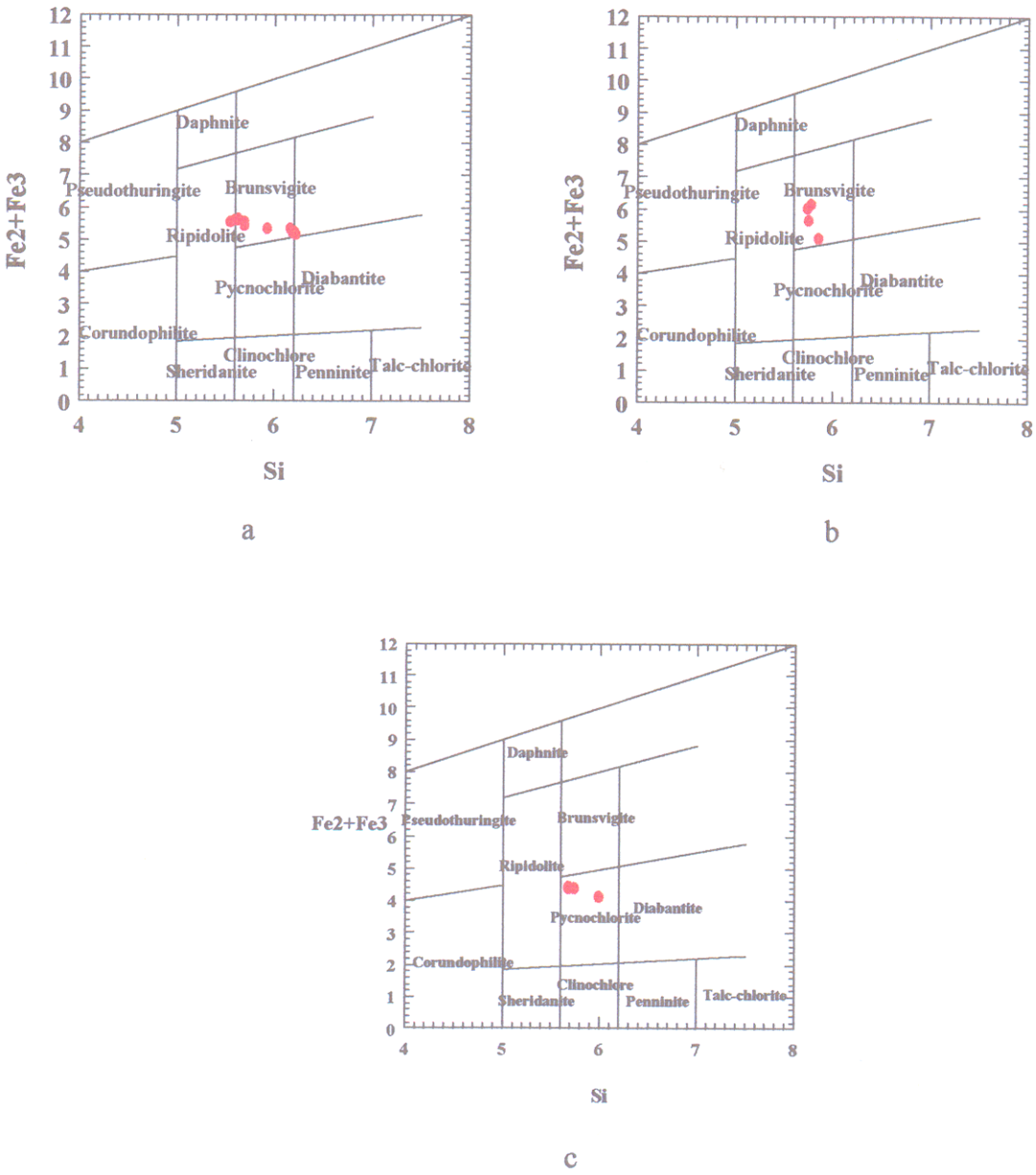


Figura 81 - diagramas a classificação de cloritas que ocorrem nos metagabros de Águas Claras conforme recomendado por HEY (1954).

ZANG & FYFE (1995) discutiram a aplicação desse geotermômetro em um ambiente geológico muito semelhante ao do Alvo Águas Claras e propuseram modificações na fórmula a ser aplicada, em função da influência das razões Fe(Fe+Mg), consideravelmente mais elevadas nas cloritas estudadas por eles, do que naquelas em que se baseou o geotermômetro de CATHELINEAU & NIEVA (1985). Os primeiros autores propuseram, então, que o cálculo das temperaturas fosse feito a partir de uma correção, através da fórmula:

$$Al^{IV} \text{ corrigido} = Al^{IV} \text{ medido} - 0{,}88\,[Fe/(Fe+Mg) - 0{,}34]$$

Aplicando-se a fórmula proposta por CATHELINEAU & NIEVA (1985) e, em seguida, a correção sugerida por ZANG & FYFE (1995), chegou-se aos seguintes resultados:

As cloritas da amosta F72/80,10 indicaram temperaturas variando de 224 a 333°C (C&N) ou entre 153 e 238°C (Z&F). No caso da amostra F139/148,50, tem-se 284 a 301°C (C&N) e 190 a 210°C (Z&F). Finalmente, para as cloritas da amostra F139/161,65 as temperaturas indicadas são: 261 a 313 °C (C&N) e 230 a 261°C (Z&F). Portanto, o segundo método indica sistematicamente temperaturas mais baixas do que o primeiro, refletindo a influência do aumento das razões Fe/(Fe+Mg) nas cloritas estudadas. É evidente que a aplicação do geotermômetro de CATHELINEAU & NIEVA (1985) em cloritas de um ambiente geológico bem distinto do estudado por eles e com diferenças composicionais expressivas pode ser problemático, como destacado por ZANG & FYFE (1995). Nesse sentido, considerando a grande semelhança entre o ambiente geológico das cloritas estudadas pelos últimos e aquele de ocorrência dos metagabros de Águas Claras, o geotermômetro proposto pelos últimos deveria ser teoricamente mais confiável.

Conclui-se que as cloritas estudadas situam-se em sua maioria no campo das brunsvigitas, ao passo que aquelas associadas com a transformação de clinopiroxênios acusaram composições de pycnocloritas, portanto mais magnesianas. As temperaturas sugeridas pelos geotermômetros situam-se entre 151 e 261 °C ou entre 224 e 333 °C, sendo a primeira opção, aparentemente mais coerente no caso estudado. De qualquer modo, ambos os geotermômetros revelam a formação da clorita a temperaturas relativamente baixas, confirmando o seu caráter tardio na seqüência evolutiva dos metagabros.

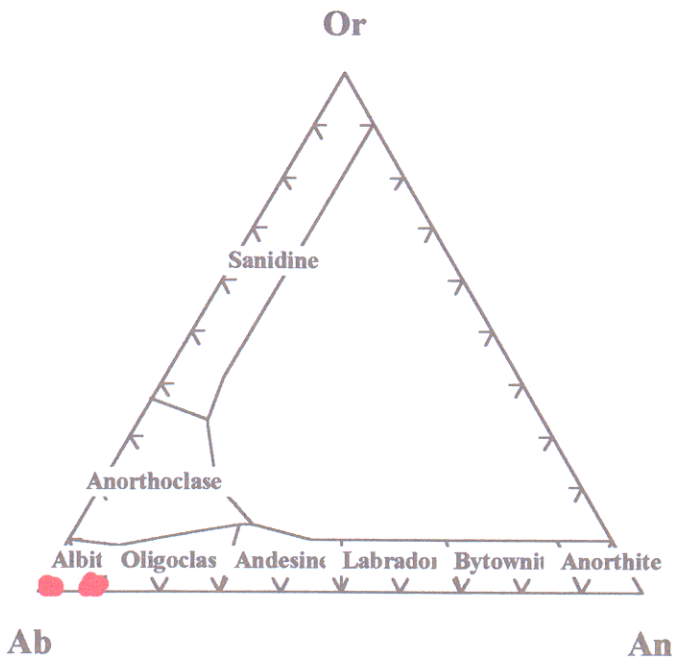
6.2.4 - Plagioclásios

Os plagioclásios analisados são representativos dos cristais recristalizados, onde, após o processo de saussuritização, houve o desenvolvimento de cristais límpidos de plagioclásio sódico, englobando por vezes grãos de epidotos. Os cristais analisados pertencem as amostras F124/105,50 e F139/148,50 e os resultados obtidos são apresentados no Anexo. Todos os pontos analisados revelaram composições albíticas (Figura 82), porém na primeira amostra tem-se uma distribuição bimodal com uma série de análises apresentando An<3 e outra An entre 7 e 10. Na segunda amostra, todas as análises acusaram An<3, enquanto os teores de Or variaram entre 0,25 e 5,25%. Na primeira amostra, os teores de Or são sempre inferiores a 2,25%, independentemente das variações apresentadas pela anortita.

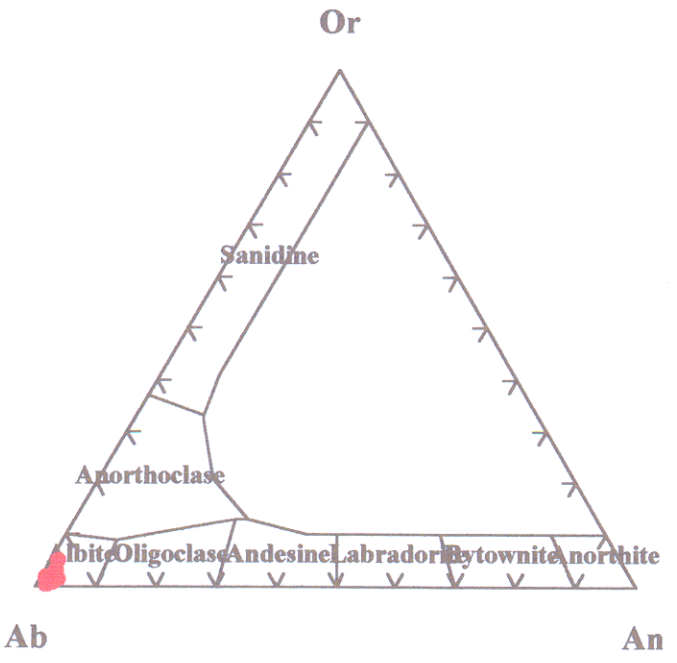
As composições químicas obtidas confirmam as observações petrográficas feitas por BARROS et al. (1994a,b) e demonstram definitivamente a presença de albita como plagioclásio neoformado nos metagabros de Águas Claras. ITO & ANDERSON Jr. (1983) também observaram o desenvolvimento desse mineral em gabros de fundo oceânico afetados por processos hidrotermais. As evidências apresentadas pelos primeiros autores levaram-nos a considerar a albita como uma fase de baixa temperatura associada com actinolita + epidoto + clorita. É possível, no entanto, que o desenvolvimento da albita se dê num estágio ainda posterior ao de formação da actinolita, e em equilíbrio apenas com clorita e epidoto, a temperaturas em torno de 300°C, conforme estimado por ITO & ANDERSON Jr. (1983).

6.2.5 - Ilmenitas e Titanitas

As análises foram obtidas todas elas nos minerais opacos transformados, com textura em treliça ainda preservada, porém com total transformação da magnetita dos intercrescimentos. Elas são representativas dos minerais opacos presentes no grupo de metagabros com mais baixos valores de suscetibilidade magnética (Cap. 5). Todas as análises foram feitas na amostra F72/63,65, com >30% de clinopiroxênio modal, o que reafirma a acentuada transformação dos minerais opacos, mesmo nas variedades em que se tem o maior grau de preservação das fases primárias. As análises de ilmenita foram obtidas todas elas em lamelas de ilmenita *trellis* (T) e manchas de ilmenita associadas, correspondentes à variedade textural de ilmenita em *patches* (P). As análises de titanita foram feitas nos espaços entre as lamelas de ilmenita T, ocupados por um mineral transparente de aspecto turvo que substituiu à magnetita. Os resultados encontram-se no Anexo.



a



b

Figura 82 - Diagramas Ab-An-Or para as amostras dos metagabros de Águas Claras: (a) F124/105,50 e (b) F139/148,50.

As ilmenitas analisadas apresentam conteúdos relativamente elevados de MnO, traduzidos em 7 a 11% de moléculas de pyrofanita. As percentagens de hematita molecular são baixas ou mesmo nulas. Os teores dos demais óxidos são sempre muito baixos. As proporções elevadas de pyrofanita são comuns em ilmenitas do tipo trellis, conforme observado por DALL'AGNOL et al. (no prelo), no estudo de diferentes tipos texturais de ilmenitas presentes em rochas graníticas.

As análises de titanitas, embora apresentem nítida dominância de SiO_2, TiO_2 e CaO sobre os demais óxidos, revelam conteúdos expressivos de FeO, MgO e Al_2O_3. Isso reflete o caráter impuro dessas titanitas, que ainda estão distantes das composições teóricas ideais. Na realidade tem-se uma mistura complexa de materiais substituindo a magnetita e a titanita é apenas um desses produtos, ocorrendo misturada a associações complexas de outros produtos secundários.

7 - CONCLUSÕES

- O estudo petrográfico realizado, envolvendo um maior número de furos de sondagem e de amostras do que os precedentes, veio a confirmar de modo geral as observações feitas em trabalhos anteriores (BARROS et al., 1994a,b; DIAS et al., 1996b). Isso demonstra que o corpo básico sofreu uma evolução bastante homogênea, tanto durante o estágio magmático, quanto no estágio hidrotermal. A contribuição mais significativa do presente estudo em termos petrográficos, foi procurar estabelecer uma relação entre os tipos texturais e as composições dos principais minerais identificados nos metagabros, com destaque para os anfibólios, pela sua diversidade e complexidade.

- Os dados de SM, integrados aos estudos petrográficos e de minerais opacos, confirmam inteiramente o fato de que as rochas básicas de Águas Claras foram submetidas a sucessivos eventos hidrotermais, os quais afetaram as rochas primitivas de modo e intensidade diferentes.

Os metagabros de Águas Claras apresentam suscetibilidade magnética variando de 0,618 x 10^{-3} a 49,47 x 10^{-3} SI, tendo sido distinguidos três grandes grupos ou populações de suscetibilidade magnética. O primeiro grupo (SM < 1,660 x 10^{-3}) abrange o maior número de amostras. Corresponde aos metagabros em que os intercrescimentos de magnetita e ilmenita em treliça, derivados da titanomagnetita primária, tiveram a magnetita inteiramente desestabilizada, restando apenas uma massa constituída por titanita + leucoxênio nos interstícios de finas lamelas de ilmenita. No segundo grupo, tem-se SM variando entre 1,660 x 10^{-3} e 8,494 x 10^{-3}. Nas amostras pertencentes a esse grupo verifica-se uma neoformação moderada de magnetita e/ou maghemita, as quais se desenvolvem sobre os opacos secundários, independentemente do grau de preservação da paragênese primária. O terceiro grupo apresenta SM > 11,224 x 10^{-3} e mostra uma intensa neoformação de magnetita e/ou maghemita sobre os opacos secundários e/ou a disseminações ou veios na rocha à base de pirita, calcopirita e magnetita, associados aos processos mineralizantes.

Não se verificou nenhuma relação direta entre o grau de transformação dos piroxênios, critério básico adotado para a subdivisão dos metagabros com texturas preservadas, e os valores

de SM. Isso demonstra que os piroxênios e opacos não se transformaram com a mesma intensidade.

As evidências texturais e a própria natureza do corpo básico revelam que o mineral opaco primário era a titanomagnetita, a qual foi submetida a processo de exsolução-oxidação, gerando intercrescimentos de magnetita com ilmenita do tipo *trellis*. A dominância acentuada de rochas com baixos valores de SM no conjunto estudado e o fato de estarem representados no grupo com baixa SM todos os grupos de metagabros com textura preservada revela que todas as magnetitas presentes nesses intercrescimentos foram desestabilizadas e transformadas durante os processos hidrotermais. É provável que esse evento coincida com aquele que levou à saussuritização dos plagioclásios e à formação de paragêneses ricas em actinolita e hornblenda actinolítica.

Os estudos minerográficos permitiram constatar que as fases minerais responsáveis pelo crescimento da suscetibilidade magnética verificado são magnetitas, ao que tudo indica com maghemitas associadas ou localmente substituindo-as. As evidências texturais indicam que esses minerais formaram-se tardiamente e muito provavelmente a temperaturas mais baixas, devendo estar relacionados com os processos hidrotermais mais tardios. Os referidos minerais apresentam-se substituindo as associações de titanita + leucoxênio formadas no estágio anterior, correspondendo portanto a uma neoformação sobre os minerais opacos originais transformados. Podem ocorrer, ainda, como finos grãos disseminados na rocha. A neoformação de magnetita sobre os opacos esqueletais é relativamente restrita e deve estar associada ao segundo evento hidrotermal, responsável pela formação das paragêneses ricas em cloritas + epidoto + albita. A formação de magnetita também parece estar em alguns casos ligada às reações de substituição do anfibólio por clorita.

O terceiro grupo de metagabros com valores mais elevados de SM, é representado tanto pelos metagabros profundamente transformados, quanto por aqueles com graus variáveis de preservação do clinopiroxênio e da textura magmática. O conjunto de observações feitas revela que algumas dessas rochas acham-se afetadas por zonas de cisalhamento ou cortadas por veios mineralizados ou apresentam disseminações de minério todos contendo magnetita + sulfetos (pirita e calcopirita), estando, portanto, os crescimentos do conteúdo modal de magnetita/maghemita e de SM relacionados diretamente com os processos hidrotermais que geraram as mineralizações de sulfetos com ouro associado. Entretanto, as rochas que apresentam tais processos são geralmente os metagabros mais transformados e é bem possível que essa explicação não seja válida para as

amostras de metagabros relativamente preservados que também possuem altos valores de SM, sem apresentarem evidências de mineralizações expressivas.

- O estudo das composições minerais das principais fases presentes nos metagabros mostrou que:

As composições augíticas obtidas nos clinopiroxênios sem evidências de alteração e as suas altas razões MgO/(MgO+FeO), bem superiores àquelas fornecidas pelos anfibólios das mesmas amostras, assim como a notável homogeneidade composicional dos clinopiroxênios indicam claramente que os mesmos sejam de origem magmática, confirmando as suposições feitas com base na análise textural. A proveniência diversificada dos clinopiroxênios analisados e a grande homogeneidade composicional das augitas primárias indicam que o *sill* básico de Águas Claras derivou muito provavelmente de um mesmo magma, sem variações geoquímicas muito acentuadas, contrariamente ao sugerido por BARROS et al. (1994b), com base em estudos geoquímicos em rocha total.

Os anfibólios são em sua grande maioria cálcicos e se distribuem passando do campo das ferro-hornblendas para o das ferro-hornblenda actinolíticas e deste para os das ferro-actinolitas e actinolitas. Essa variação se dá com um nítido crescimento das razões $Mg/(Mg+Fe^{+2})$, paralelamente ao aumento de Si. Algumas poucas análises situam-se na porção inferior do campo das hornblendas actinolíticas e um número ainda menor, no das hornblendas magnesianas.

Em termos das variedades petrográficas de anfibólios constata-se que os anfibólios designados como "hornblendas" tendem efetivamente a se concentrar no campo das ferro-hornblendas ou, excepcionalmente, hornblendas magnesianas. Já os anfibólios designados como "hornblendas actinolíticas", tendem a se concentrar no campo das ferro-hornblendas actinolíticas, entretanto eles invadem os campos vizinhos e podem receber designações muito diversificadas. Finalmente, as "actinolitas" se concentram de fato nos campos das ferro-actinolitas e actinolitas, porém invadindo os campos das hornblenda actinolíticas e ferro-hornblendas actinolíticas. Conclui-se que tem-se um quadro geral razoavelmente coerente entre os vários tipos texturais de anfibólios e as suas classificações determinadas com base nas análises na microssonda eletrônica. Assim, os anfibólios verde oliva, cristalizados mais precocemente, são dominantemente ferro-hornblendas, os anfibólios prismáticos verde azulados, um pouco mais tardios em relação às hornblendas, são geralmente ferro-actinolitas e suas transições composicionais para os campos

limítrofes, e os anfibólios finos e fibrosos, tardios, são em sua maioria actinolitas ou ferro-actinolitas.

Em termos dos anfibólios ferro-magnesianos, aqueles associados à alteração local do clinopiroxênio, possuem composições variando de cummingtonita a grunerita, ao passo que os demais plotam no campo das cummingtonitas.

A avaliação das possíveis substituições envolvidas na evolução dos anfibólios cálcicos dos metagabros de Águas Claras indica que nas hornblendas substituições tschermakíticas, edeníticas e aquelas envolvendo Ti octaédrico tiveram um papel fundamental. Nos demais anfibólios, a substituição tschermakítica parece inteiramente dominante sobre as outras duas. O enriquecimento em Ti e os tipos de substituição apresentados são coerentes com a formação das hornblendas a temperaturas mais elevadas que os demais anfibólios.

As cloritas analisadas situam-se no campo das brunsvigitas, transicionando para o das ripidolitas ou no campo das pycnocloritas (relacionadas com à alteração de clinopiroxênios). As últimas são mais próximas em composição das cloritas das rochas encaixantes do depósito de ouro do Igarapé Bahia, em Carajás (ZANG & FYFE, 1995).

Os geotermômetros baseados na composição das cloritas (CATHELINEAU & NIEVA, 1985; ZANG & FYFE, 1995) indicaram temperaturas variando respectivamente entre 224 e 333°C ou entre 151 e 261°C, sendo a segunda opção, aparentemente mais coerente no caso estudado. De qualquer modo, ambos os geotermômetros revelam a formação da clorita a temperaturas relativamente baixas, confirmando o seu caráter tardio na seqüência evolutiva dos metagabros.

Os plagioclásios analisados revelaram composições albíticas (An<3 e An entre 7 e 10; Or variando entre 0,25 e 5,25%). As composições químicas obtidas confirmam as observações petrográficas feitas por BARROS et al. (1994a,b) e demonstram definitivamente a presença de albita como plagioclásio neoformado nos metagabros de Águas Claras. É assumido que o desenvolvimento da albita se deu num estágio ainda posterior ao de formação da actinolita, e em equilíbrio apenas com clorita e epidoto, a temperaturas em torno de 300°C, conforme estimado por ITO & ANDERSON JR. (1983).

As análises de lamelas de ilmenita *trellis* (T) e manchas de ilmenita em *patches* (P acusaram conteúdos relativamente elevados de MnO, traduzidos em 7 a 11% de moléculas de

pyrofanita. As análises de titanita revelaram conteúdos expressivos de FeO, MgO e Al_2O_3, refletindo o alto grau de impureza dessas titanitas.

- O conjunto de dados obtidos no presente trabalho leva a propor o seguinte esquema evolutivo para os metagabros de Águas Claras (Tabela 08):

1- Cristalização no estágio magmático de gabros grossos com textura subofítica e caráter toleítico. A principal fase máfica é um clinopiroxênio augítico associado a plagioclásio labradorítico e titanomagnetitas. Nos estágios tardios da cristalização formam-se intercrescimentos granofíricos entre quartzo e feldspatos.

2- No estágio subsolidus, a temperaturas em torno de 600°C, a titanomagnetita completa a sua transformação em intercrescimentos de ilmenita *trellis* e magnetita. Muito provavelmente dá-se então a formação de ferro-hornblendas através da substituição parcial do clinopiroxênio.

3- Com a intensificação das transformações hidrotermais e continuando o resfriamento do corpo básico, ocorrem a total saussuritização dos plagioclásios primários, a substituição extensiva dos clinopiroxênios e de parte da ferro-hornblenda formada no estágio anterior por actinolita e o desequilíbrio da magnetita que é substituída por titanita e leucoxênio. Pode-se estimar uma temperatura em torno de 450°C para este estágio.

4- A temperaturas ainda mais baixas, dá-se a deformação do corpo em zonas localizadas, e desenvolve-se um estágio de cloritização extensiva, mas irregularmente distribuída, acompanhado pela formação de epidoto e albita, bem como pela recristalização dos opacos, gerando novas fases magnéticas, responsáveis pelo aumento de SM nos metagabros. Esse estágio está muito provavelmente associado no tempo à geração das mineralizações de sulfetos e ouro. Ele marca o final da complexa evolução dos metagabros de Águas Claras.

Tabela 08 - Esquema de prováveis estágios evolutivos e suas respectivas paragêneses para os metagabros de Águas Claras.

ESTÁGIOS	PARAGÊNESE
magmático	augita, plagioclásio labradorítico, titano-magnetita, ilmenita e quartzo granofírico.
estágio *subsolidus*	Fe-hornblenda e ilmenita trellis + magnetita
primeiro estágio hidrotermal	hornblenda actinolítica, Fe-actinolita, actinolita, plagioclásio saussuritizado, ilmenita, leucoxênio, titanita, rutilo.
segundo estágio hidrotermal	cloritas, epidoto, albita, magnetita/maghemita, sulfetos, titanita, quartzo, carbonatos e ouro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. 1978. A evolução dos crátons Amazônico e de São Francisco comparadas com seus homólogos do hemisfério norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. **Anais**., Recife, SBG. v.1, p. 2393-2407.

ALTHOFF, F.J.; DALL'AGNOL, R.; SOUZA, Z.S. 1991. Região de Marajoara - SE do Pará: Prolongamento dos terrenos arqueanos de Rio Maria ou retrabalhamento? In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Anais**. Belém, SBG. p. 130-141.

ARAÚJO, O.J.B.; MACAMBIRA, E.J.B.; VALE, A.G.; OLIVEIRA, J.R.; SILVA NETO,C.S.; COSTA, E.J.S.; SANTOS, A.; PENA FILHO, J.I.; NEVES, A.P.; JORGE JOÃO, X.S.; COSTA, J.B.S. 1994. Primeira integração das investigações geológicas do programa grande Carajás na região SSE do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. **Anais.** Belém, SBG. p. 299-301.

ARAÚJO, O.J.B.; MAIA, R.G.N.; JORGE JOÃO, X. S. 1991. Trabalhos anteriores e contexto geológico regional. In: **Folha SB-22-Z-A. Serra dos Carajás.** Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil. Programa Grande Carajás, Estado do Pará. Cap. 1, Brasília, DNPM/CPRM, p. 17-50.

ARAÚJO, O.J.B.; MAIA, R.G.N.; JORGE JOÃO, X.S.; COSTA, J.B.S. 1988. A megaestruturação arqueana da Folha Serra dos Carajás. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, 7., Belém, 1988. **Anais**. Belém, SBG. v.1, p.324-338.

ARCHANJO, C.J. 1993. **Fabrique de plutons granitiques et déformation crustale du nord-est du Brésil. Une étude pas anisotropic de susceptibilité magnétique de granites ferromagnétiques**. These (Doctorat) Université de Toulouse III, France. 167p.

BANERJEE, S.K. 1991. Magnetic properties of Fe-Ti oxides. In: LINDESLEY, D.H. ed. **Oxide minerals:** Petrologic and magnetic significance. p. 107-219. (Reviews in Mineralogy, 25).

BARBOSA, A. A.; LAFON, J. M.; NEVES, A. P.; VALE, A. G. 1994. O Granito Redenção (Sul do Pará), novos dados geocronológicos Pb/Pb e Rb/Sr. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. **Anais**. Belém, SBG. p. 302-306.

BARBOSA, O; RAMOS, J. R.A.; GOMES, F. A.; HEMBOLD, R. 1966. **Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do Projeto Araguaia**. DNPM. Div. Geol. e Min. 95p. (Monografia, 19).

BARROS, C.E.M.; DALL'AGNOL, R.; MAGALHÃES, M.S. 1994a. Metagabros da área de Águas Claras. In: DALL'AGNOL, R.; BARROS, C.E.M.; MAGALHÃES, M.S.; VILLAS, R.N.N.; JAVIER RIOS, F.; NOGUEIRA, A.C.R.; SILVA, C.M.G.; SOARES, A.D.V.; VIEIRA, E.A.P.; MARTINS, L.P.B. **Estudo petrológico da borda oeste do granito central e dos corpos máficos associados a formação Águas Claras**: relatório final. Belém, UFPa. Convênio CVRD. p.91-167.

BARROS, C.E.M.; DALL'AGNOL, R.; SOARES, A.D.V.; DIAS, G.S. 1994b. Metagabros de Águas Claras, Serra dos Carajás: petrografia, geoquímica e transformações metamórfico-hidrotermais. **Acta Geológica Leopoldensia**, 40: 31-70.

BARROS, C.E.M.; DALL'AGNOL, R.; VIEIRA, E.A.P.; MAGALHÃES, M.S. 1995. Granito Central da Serra dos Carajás: avaliação do potencial metalogenético para estanho com base em estudos da borda oeste do corpo. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, ser. Ciências da Terra**, 8:93-123.

BEISIEGEL, V.R.; BERNARDELLI, A.L.; DRUMOND, N.F.; RUFF, A.W.; TREMAINE, J.W. 1973. Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. **Rev. Bras. Geoc**., 3: 215-242.

BELL, T.H & ETHERIDGE, M.H. 1973. Micriestruture of mylonites and their descriptive terminology. **Lithos**, 6:337-348.

BUDDINGTON, A.F. & LINDSLEY, D.H. 1964. Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents. **Jour. Petrol.,** 5(2):310-357.

CARMICHAEL, I.S.E.; TURNER, F.J.; VERHOOGEN, J. 1974. **Igneous petrology.** 739p. (MacGraw-Hill International series in the earth and Planetary Science).

CATHELINEAU, M. 1988. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. **Clay Minerals**, 23:471-485.

CATHELINEAU, M & NIEVA, D. 1985. A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres geothermal system (Mexico). **Contr. Mineral. Pet.,** 91:235-244.

CHOUDHURI, A. 1974. Distribution of Fe and Mg in actinolite, hornblende and biotite in some Precambrian metagreywakes from Guyana, South America. **Contr. Mineral. Petrol**., 44:45-55.

CHOUDHURI, A. 1977. A note on immiscibility in calcic amphiboles and its elimination at high temperature and pressure. **An. Acad. Brasil. Ciênc.,** 49:151-156.

COSTA, J.B.S.; ARAÚJO, O.J.B.; JORGE JOÃO, X.S.; MAIA, R.G.N.; MACAMBIRA, E.M.B.; VALE, A.G.; SANTOS, A.; PENA FILHO, J.I.C.; NEVES,A.P. 1994. Panorama tectono-estrutural da região sudeste do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. **Anais.** Belém, SBG. p.314-316.

CUNHA, B.C.C.; SANTOS, D.B.; PRADO, P. 1984. Contribuição ao estudo da estratigrafia da região dos Gradaús, com ênfase no Grupo Rio Fresco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Belém, 1984. **Anais**. Belém, SBG. v.2, p.873-885.

CVRD/CMM. 1972. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., Belém, 1972. **Anais**. Belém, SBG. p. 78-80.

CZAMANSKE, G.K. & WONES, D.R. 1973. Oxidation during magmatic diferentation, Firmmarka Complex, Oslo area, Noeway. Part 2. The massific silicates. **Journ. Petrol.,** 14:349-380.

DALL'AGNOL, R. 1982. Maciço Jamon: Evolução Petrológica de um granito da Amazônia Oriental. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. **Anais.** Belém, SBG. v.2, p. 139-161.

DALL'AGNOL, R. 1987. Petrologic evolution of the magnetite-bearing Jamon Anorogenic Granite, western Amazon, Brazil: an example of moderate fractional cristalization. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM GRANITES ASSOCIATION MENER., Salvador, 1987. **Extended Abstracts**. p. 217-218.

DALL'AGNOL, R.; PICHAVANT, M.; CHAMPENOIS, M. (no prelo). Iron-titanium oxide mineral of the Jamon granite, Eastern Amazonian region, Brazil; implications for the oxigen fugacity in proterozoic A-type granites . **An. Acad. Brasil. Ciên.**

DALL'AGNOL, R.; TEIXEIRA, N.P.; MACAMBIRA, J.B.; KOTSCHOUBEY, B.; GORAYEB, P.S.S.; SANTOS, M.D. 1988. Petrologia dos gnaisses e micaxistos da porção norte da Faixa de Dobramento Araguaia-Goiás, Brasil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, 7., Belém, 1988. **Anais.** Belém, SBG. p.1-19.

DALL'AGNOL, R.; VIEIRA, E. A. P.; SÁ, C.A.S.; MEDEIROS, H.; GASTAL, M. C. P.; TEIXEIRA, N. P. 1986. Estado atual do conhecimento sobre rochas granitóides da porção sul da Amazônia Oriental. **Rev. Bras. Geoc.,** 16(1): 11-23.

DARDENNE, M. A.; FERREIRA, F.; MEIRELLES, M. A. 1987. The role of shoshonitic and calc-alkaline suite in tectonic evolution of the Carajás, District, Brazil. IN: IGCP-204 Project. Precambrian evolution of the Amazonian region, Carajás, 1987. Final meeting of the working group. **Extended abstracts**. p. 40-50.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. 1972. **Rock forming minerals.** London, Longmans, Group Ltd, p. 77-112. V.1. - Orthrandring silicates.

DIAS, G.S.; MACAMBIRA, M.J.B.; DALL'AGNOL, R.; SOARES, A.D.V.; BARROS, C.E.M.1996a. Datação de zircões de sill de metagabros: comprovação da idade arqueana da Formação Águas Claras, Carajás, Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., Belém, 1996. **Boletim de resumos expandidos e guia de excursões.** Belém, SBG. p.376-379.

DIAS, G.S.; SOARES, J.E.B.; DALL'AGNOL, R.; BARROS, C.E.M.; SOARES, A.D.V.1996b. Metagabros Águas Claras: novos dados petrográficos e estudos de suscetibilidade magnética e minerais opacos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5. Belém, 1996. **Boletim de resumos expandidos e guia de excursões.**Belém, SBG. p.60-63.

DOCEGEO. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás, Pará. In: Província Mineral de Carajás - Litoestratigrafia e principais depósitos minerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anexo aos Anais**. Belém, SBG. p.11-56.

DUARTE, K.D. 1992. **Geologia e geoquímica do Granito Mata Surrão (SW de Rio Maria - Pa): um exemplo de granito "stricto sensu" Arqueano.** Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 217p. Tese (Mestrado em Petrologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de geociências, UFPa, 1992.

FERREIRA FILHO, C.F. & DANNI, J.C.M. 1985. Petrologia e mineralizações sulfetadas do Prospecto Bahia - Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2., Belém, 1985. **Anais**. Belém, SBG. v.3, p. 34-47.

FIGUEIREDO, M.A.B.M; DALL'AGNOL, R.; LEITE, A.A.S. 1996. Comportamento magnético e natureza dos minerais opacos do maciço graníitico arqueano Xinguara, sudeste do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., Belém, 1996. **Boletim de resumos expandidos**. Belém, SBG. p. 56-59.

FROST, B.R. 1991. Magnetic petrology: Factors that control the occurrence of magnette in crustal rocks. In: LINDESLEY, D.H. Ed. **Oxide minerals: Petrologic and magnetic significance.** p.489-509. (Reviews in Mineralogy, 25).

GASTAL, M.C.P. 1987. **Petrologia do Maciço Granítico Musa. Sudeste do Pará.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 316 p. Tese (Mestrado em Petrologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de..., UFPa, 1987.

GASTAL, M.C.P. 1988. Magmatismo Ácido-Intermediário do Proterozóico Médio da Região de Rio Maria, SE do Pará: Discussão quanto à tipologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. **Anais**. Belém, SBG. v.3, p. 1147-1163.

GIBBS, A.K.; WIRTH, K.R.; HIRATA, W.K.; OLSZEWSKI, W. 1986. Age and composition of the Grão-Pará Group volcanics, Serra dos Carajás. **Rev. Bras. Geoc.,** 16(2): 201-211.

GONÇALEZ, M.G.B.; DALL'AGNOL, R.; VIEIRA, E.A.P.; MACAMBIRA, M.J.B.; SENTA, N.D. 1988. Geologia do maciço anorogenico Cigano, Vale do rio Parauapebas-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anais**. Belém, SBG. v.3, p. 1132-1146.

GRAIG, J.R. & VAUGHAN, D. J. 1981. **Ore microscopy and ore petrography**. New York, John Wiley & Sons. 406p.

HAGESKOV, B. 1984. **Magnetic susceptibility used in mapping of amphibolite facies recrystallisation in basic dykes.**

HAGGERTY, S.E. 1981. Opaque mineral oxides in terrestrial igneous rocks. In: RUMBLE III, D. ed. **Oxides minerals.** 2. ed. Washington, D.C., Miner. Soc. Am. p. 101-300.

HEY, M. H. 1954. A new review of the chlorites. **Mineral. Mag.**, 30:277.

HIRATA, W. K.; RIGON, J. C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A. A. C.; MEIRELLES, E. M.. 1982. Geologia Regional da Província Mineral de Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. **Anais.** Belém, SBG. v. l, p. 100-110.

HUHN, W.K.; SANTOS, A.B.S.; AMARAL, A.F.; LEDSHAM, E.J.; GOUVEIA, J.L.; MARTINS, L.B.P.; MONTALVÃO, R.M.G.; COSTA, V.G. 1988. O Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria , Sul do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anais**. Belém, SBG. v.3, p. 1438-1453.

ITO, E & ANDERSON Jr., A.T. 1983. Submarine metamorphism of gabbros from the Mid-Cayman Rise: petrographic and mineralogic contrains on hydrothermal processes at slow-spreading ridges. **Contr. Mineral. Petrol.,** 82:371-388.

JAVIER RIOS, F. 1991. **O Granito Central da Serra dos Carajás, Pará: facies petrográficas e alteração hidrotermal do setor norte.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 143p. Tese (Mestrado em geoquímica e petrologia) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Geociências, UFPa, 1991.

JAVIER RIOS, F. & VILLAS, R.N.N. 1991. Veios hidrotermais com mineralização de sulfetos, Granito Central, Serra dos Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Anais**. Belém, SBG. p. 336-349.

JAVIER RIOS, F.; VILLAS, R. N. N.; DALL'AGNOL, R. 1992. O Granito Central de Serra dos Carajás, Pará: I. Fáceis petrográficas e evolução pitrológicas do setor norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. **Boletim de Resumos Expandidos**. São Paulo, SBG. p. 384-385.

LAFON, J. M. & MACAMBIRA, M. J. B. 1992. Evolução da Província Mineral de Carajás com base em novos dados geocronológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. **Resumos Expandidos**, São Paulo, SBG. v.2, p. 174-175.

LAPOINTE, P.; MORRIS, W. A.; HARDING, K.L. 1986. Interpretation of magnetic susceptibility: a new approach to geophysical evaluation of the degree of rock alteration. **Can. J. Earth Sci.**, 23:393-401.

LEAKE, B.E. 1978. Nomenclature of the amphiboles. **Canadian. Mineralogist.** 16:501-520.

LINDENMAYER, Z.G. 1990. **Salobo, Carajás, Brazil**: Geology, Geochemistry and Metamorphism. Canadá, Universited Western Ontario, 407p. Thesis (Doctor of philosophy)-Department of geology, 1990.

LINDENMAYER, Z.G. & FYFE, W.S. 1991. Metamorfismo de alta temperatura e baixa pressão no depósito de cobre do Salobo: evidência de rift continental arqueano no Cráton Amazônico. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Anais**. Belém, SBG. p. 36-48.

LINDENMAYER, Z.G & FYFE, W.S. 1992. Comparação preliminar entre os metabasaltos dos grupos Parauapebas e Salobo da Serra dos Carajás, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. **Bol. de Resumos Expandidos.** São Paulo, SBG. v.2, p. 33-34.

LINDENMAYER, Z.G.; FYFE, W.S.; LAUX, J.H. 1994a. Contribuição à petrologia dos metabasaltos do Grupo Salobo, Carajás, Pará. **Acta Geológica Leopoldensia**, 40: 115-151.

LINDENMAYER, Z.G.; FYFE, W.S; BOCALON, V.L.S. 1994b. Nota preliminar sobre as intrusões do depósito de cobre do Salobo, Carajás. **Acta Geológica Leopoldensia**, 40:153-183.

LINDENMAYER, Z.G.; LAUX, J.H.; VIERO, A.C. 1995. O papel da alteração hidrotermal nas rochas da Bacia Carajás. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, ser. Ciências da Terra**, 8:125-145.

LUIZ, J.G & SILVA, L.M.C. 1995. **Geofísica de prospecção.** Belém: Universidade Federal do Pará; Cejup. 311p

MACHADO, N.; LINDENMAYER, Z. G.; KROGH, T.E.; LINDENMAYER. D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. **Prec. Res.**, 49:329-354.

MAGALHÃES, M.S. 1991. **Minerais opacos e susceptibilidade magnética de granitóides da Amazônia oriental**: implicações petrológicas. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 274 p. Tese (Mestrado em Petrologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPa, 1991.

MAGALHÃES, M. S.& DALL'AGNOL, R. 1992. Estudos de minerais opacos e suscetibilidade magnética nos granitos Musa e Jamon (região de Rio Maria - SE do Pará) e suas implicações petrológicas. **Rev. Bras. Geoc.,** 22(2):184-197.

MAGALHÃES, M. S.; FIGEUEIREDO, M.A.B.M.; ALTHOFF, F.J. 1994. Comportamento magnético do Tonalito Arco Verde e do Granito Guarantã, Rio Maria, Pará: Suscetibilidade magnética e minerais opacos In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. **Boletim de Resumos Expandidos.** Belém, SBG. p. 347-348.

MEDEIROS, H. 1987. **Petrologia da porção leste do Maciço Granodiorítco Rio Maria, sudoeste do Pará.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 184 p. Tese (Mestrado em Petrologia e Geoquímica) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPa, 1987.

MEDEIROS, H & DALL'AGNOL, R. 1988. Petrologia da Porção Leste do Batólito Granodiorítico Rio Maria, Sudeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. Belém, **Anais**. SBG.v.3, p. 1488-1499.

MEDEIROS NETO, F. A. & VILLAS, R.N.N. 1984. Caracterização litoestratigráfica da Sequência Pojuca e sua correlação com o Grupo Grão Pará, Serra dos Carajás, Estado do Pará. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 36., São Paulo, 1984. **Resumos expandidos**. p.676.

MEIRELLES, M.R.& DARDENNE, M.A. 1991. Vulcanismo basáltico de afinidade shoshonítica em ambiente de arco Arqueano, Grupo Grão-Pará, Serra dos Carajás. **Rev. Bras. Geoc.**, 21(1): 41-50.

MONTALVÃO, R. M. G.; BEZERRA, P.E.L.; PRADO, P.; FERNANDES, C.A.C.; SILVA, G.H.; BRIM, R.J.P. 1982. Características Petrográficas e Geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, 1982. **Anais**. Salvador, SBG. v.2, p. 520-546.

MONTALVÃO, R.M.G.; TASSINARI, C.G.C.; TEIXEIRA, W.; VASCONI, A.V. 1988. Caracterização Geocronológica Rb/Sr dos Terrenos Granodioríticos e trondhjemíticos da Região de Rio Maria, Sul da Serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. **Anais**. Belém,SBG. v.3, p. 1478-1487.

MORIMOTO, C.N.; FABRIES, J.; FERGUSON, A.K.; GINZBURG, I.V.; ROSS, M.; SEIFERT, F.A.; ZUSSMAN, J. 1988. Nomenclature of pyroxenes. **Amer. Mineral**. 73;1123-1133.

MOUGEOT, R.; RESPAUT, J.P.; BRIQUEU, L.; LEDRU, P.; MILESI, J.P.; MACAMBIRA, M.J.B.; HUHN, S.B.1996a. Geochronological constrains for the age of the Aguas Claras Formation (Carajas Province, Pará, Brazil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, 1996. **Anais**. Salvador, SBG. v.6, p. 579-581.

MOUGEOT, R.; RESPAUT, J.P.; LEDRU, P.; MILESI, J.P.; JOHAN, V. 1996b. Isotope geochemistry constrains for Cu, Au mineralizations and evolution of the Carajás Province (Pará, Brazil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, 1996. **Anais**. Salvador, SBG. v.7, p. 321-324.

NOGUEIRA, A.C.R. 1995. **Análise faciológica e aspectos estruturais da Formação Águas Claras, região Central da Serra dos Carajás-PA.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 169 p. Tese (Mestrado em Geologia). Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1995.

NOGUEIRA, A.C.R.; TRUCKENDRODT, W.; PINHEIRO, R.V. 1995. Formação Águas Claras, Pré-Cambriano da Serra dos Carajás: Redescrição e Redefinição Litoestratigráfica. **Bol. Museu Par. Emílio Goeldi, sér. Ciências da Terra**, 8:177-197.

NOGUEIRA, A.F.C.; TRUCKENBRODT, W.; COSTA, J.B.S. 1992. Estudo faciológico e tectônico de sedimentos pré-cambrianos na região do Igarapé Águas Claras, Serra dos Carajás-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. **Resumos Expandidos**, São Paulo, SBG. v.2, p. 443-444.

OLSZEWSKI, W.J.; WIRTH, K.R.; GIBBS, A.K.; GAUDETTE, H.G. 1989. The age, origin, and tectonics of the Grão Pará group and associated rocks, Serra dos Carajás, Brazil: Archean continental vulcanism and rifting. **Prec. Res.**, 42:229-254.

PINHEIRO, R.V.L.; NOGUEIRA, A.C.R.; COSTA, J.B.S. 1991. Superposição de transpressão na Serra dos Carajás-Pará. In: SIMPÓSIO NACIONAL ESTUDOS TECTÔNICOS, 3., Rio Claro, 1991. **Boletim**. Rio Claro, SBG. p. 44-46.

RIBEIRO, A.M.R. 1989. **Estudo geoquímico do sistema hidrotermal relacionado à mineralização da área Bahia, Serra dos Carajás - Pará.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 134p. Tese (Mestrado em geoquímica e petrologia) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Geociências, UFPa, 1989.

RIBEIRO, A. M. R. & VILLAS, R.N.N. 1990. Estudo microtermométrico em cristais de quartzo de veios hidrotermais da sequência Bahia, Carajás, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. **Anais.** Natal, SBG. v.3, p. 1193-1204.

RICHARD, L.R. & CLARKE, D. B. 1990. Amphibol: a program for calculating structural formulae and for classifying and plotting chemical analyses of amphiboles. **Amer. Mineral.**, 75:421-423.

RIVALENTI, G.; GIRARDI, V.A.V.; MAZZUCHELLI, M.; CORREIA, C.T.; MOLESINI, M.; FINATTI, M.C. 1992. Mafic magmatism in the Carajás Region: a petrological reconnaissance. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. **Resumos Expandidos**. São Paulo, SBG. v.1, p. 481-485.

ROBINSON, P.; SPEAR, F.S.; SCHMACHER, J.C.; LAIRD, J.; KLEIN, C.; EVANS, B.W.; DOOLAN, B.L. 1982. Phase relations of metamorphic amphiboles: natural ocorrence and theory. In: VEBLEN, D.R. & RIBBE, P.H. 1982, **Amphiboles: petrology and experimental phase relations.** p. 1-227. (Reviews in Mineralogy, 9B).

ROCK, M.M.S & LEAKE, B.E. 1984. The international mineralogical assocoation amphibole nomenclature scheme: computerazation and its consequences. **Mineralogic Magazine**. 48:211-227.

SACHS, L.L.B.; BATISTA, J.J.; FIGUEREDO, B.R. 1993. The Igarape Bahia Deposits, District of Carajás, northern Brazil: hidrothermal alteration and mineralization. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 4., Brasília, 1993. **Anais**. Brasília, SBG. v.2, p. 182-185.

SCHONHATING, G. & HALL, J.M. 1982. Datailed susceptibility log of Iceland research drilling project drill core, Reydarfjordur, eastern Iceland. **J. Geoph. Research**, 87:6601-6604.

SILVA, C.M.G.1996. **O prospecto Águas Claras, Carajás, (PA): alterações hidrotermal e mineralização de sulfetos.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências.127p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Geociências, UFPa, 1996.

SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE,A.R.F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. 1974. Geologia. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SB-22 Tocantins**; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, DNPM., p. 1-143. (Levantamentos de Recursos Naturais, 4).

SOARES, A.V.; SANTOS, A.B.; VIEIRA, E.A.; BELLA, V.M.; MARTINS, L.P.B. 1994. Área Águas Claras: contexto geológico e mineralizações. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. **Anais.** Belém, SBG. p.379-382.

SOARES, C. M. 1996. **Estudo das relações de contato do Granodiorito Rio Maria com os granitos Jamon e Musa e com os diques do Proterozóico.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 165p. Tese (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Geociências, UFPa, 1996.

SOUZA, Z.S. 1994. **Geologia e petrogênese do "Greenstone Belt" Identidade: implicações sobre a evolução geodinâmica do terreno granito-"greenstone" de Rio Maria, SE do Pará.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 2v. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Geociências, UFPa, 1994.

SOUZA, Z.S. & DALL'AGNOL, R. 1996. Química mineral em rochas metavulcânicas do greenstone belts Identidade, SE do Pará: implicações quanto ao metamorfismo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., Belém, 1996. **Boletim de resumos expandidos e guia de excursões.** Belém, SBG. p.94-96.

SOUZA, Z.S.; MEDEIROS, H.; ALTHOFF, G.J.; DALL'AGNOL, R. 1990. Geologia do Terreno Granito-Greenstone Arqueano de Rio Maria, Sudeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal,1990. **Anais**. Natal, SBG. v.06, p.2913-2928.

TASSINARI, C. C. G.; HIRATA, W.K.; KAWASHITA, K. 1982. Geological Evolution of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. **Rev. Bras. Geoc.**, 12 (1/3): 263-267

TEIXEIRA, J.B.G. 1994. **Petrology, geoquemistry, and tectonic setting of Archean basaltic and dioritic rocks from the N4 Iron Deposit, Serra dos Carajás, Pará, Brazil**. The Pensylvania State University. 175. il. Thesis (Doctor of philosophy) - Department of Geosciences, 1994.

TEIXEIRA, J.B.G. & EGGLER, D.H. 1994. Petrology, geoquemistry, and tectonic setting of Archean basaltic and dioritic rocks from the N4 Iron Deposit, Serra dos Carajás, Pará, Brazil. **Acta Geológica Leopoldensia**, 40: 71-114.

TELFORD,W.N.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E.; KEYS, D.A. 1976. **Applied geophysics**. Cambridge: Cambridge University Press, 860p.

VLACH, S.R.F. 1993. **Geologia e petrologia dos granitóides de Morungaba.** São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 414p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, São Paulo. 1993.

WASILEWSKI, P. & WARNER, R.D. 1988. Magnetic petrology of deep crustal rocks - Ivrea Zone, Italy. **Earth Plan. Sci. Lett.** 87:347-361.

WINTER, C.J. 1994. **Geology and base-metal mineralization associated with Archean iron-formation in the Pojuca Corpo Quatro Deposit, Carajás, Brazil**. University of Southampton. 300p. il. Thesis (Doctor of Philosophy) - Department of Geology, 1994.

WIRTH, K.R.; GIBBS, A.K.; OLSZEWSKI, W. 1986. U-Pb zircon ages of Grão-Para Group and Serra dos Carajás Granite. **Rev. Bras. Geoc**., 16: 195-200.

WRIGHT, P.M. 1981. Gravity and magnetic methods in mineral exploration. **Econ. Geol.**, 75th Anniversary Volume, p. 829-839.

ZANG, W. & FYFE, W.S. 1995. Chloritization of the hydrothermally altered bedrock at the Igarapé Bahia gold deposit, Carajás, Brazil. **Mineral Deposits,** 30:30-38.

ANEXO

Sample	F124/105,50	F124/105,50	F124/105,50	F124/96,10B
Analysis	54	55	56	58
Location	S4	S4	S4	S2
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	52.8170	52.4368	52.0025	51.0761
TiO2	0.0742	0.0582	0.0081	0.5227
Al2O3	0.6325	0.4434	0.2762	2.3252
FeO	11.8561	10.6421	10.3375	9.0676
Fe2O3	0.00	0.00	0.0230	1.5605
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.2000
MnO	0.0119	0.1028	0.0435	0.0002
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	13.1494	12.8223	12.5327	14.5554
CaO	19.6505	21.5905	22.8448	19.7126
Na2O	0.0900	0.0557	0.0435	0.2761
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.28	98.15	98.11	99.30
TSi	2.024	2.010	1.995	1.919
TAl	0.000	0.000	0.005	0.081
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.029	0.020	0.007	0.022
M1Ti	0.002	0.002	0.000	0.015
M1Fe3	0.000	0.000	0.001	0.044
M1Fe2	0.218	0.246	0.275	0.099
M1Cr	0.000	0.000	0.000	0.006
M1Mg	0.751	0.733	0.717	0.815
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.162	0.096	0.056	0.186
M2Mn	0.000	0.003	0.001	0.000
M2Ca	0.807	0.887	0.939	0.793
M2Na	0.007	0.004	0.003	0.020
M2K	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000
Ca	41.624	45.150	47.215	41.897
Mg	38.754	37.309	36.040	43.044
Fe2_Mn	19.622	17.541	16.746	15.059
JD1	0.344	0.211	0.163	1.051
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	0.000	0.000	0.035	2.597
CTTS1	0.000	0.000	0.012	0.772
CATS1	0.000	0.000	0.202	0.080
WO1	41.489	45.132	46.923	38.008
EN1	38.629	37.294	36.007	42.592
FS1	19.539	17.364	16.659	14.901
Q	1.938	1.961	1.987	1.894
J	0.013	0.008	0.006	0.040
WO	41.624	45.150	47.198	40.951
EN	38.754	37.309	36.027	42.072
FS	19.622	17.541	16.775	16.978
WEF	99.315	99.580	99.676	97.920
JD	0.685	0.420	0.296	0.688
AE	0.000	0.000	0.029	1.392

Sample	F124/96,10B	F124/96,10B	F124/96,10B	F124/96,10B
Analysis	59	60	61	62
Location	S2	S2	S2	S2
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	50.4085	51.1354	51.2568	50.6681
TiO2	0.5774	0.4080	0.4304	0.5076
Al2O3	2.4425	1.7720	1.7532	2.3355
FeO	8.0033	9.1805	9.5467	9.1932
Fe2O3	2.3071	1.4583	1.4442	1.3747
Cr2O3	0.2624	0.2249	0.1998	0.2871
MnO	0.1123	0.0788	0.0907	0.0002
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	14.3806	14.9559	14.7856	14.3310
CaO	20.1514	19.1795	19.1021	19.4734
Na2O	0.2655	0.2210	0.2618	0.2932
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	98.91	98.61	98.87	98.46
TSi	1.902	1.933	1.935	1.920
TAl	0.098	0.067	0.065	0.080
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.011	0.012	0.013	0.024
M1Ti	0.016	0.012	0.012	0.014
M1Fe3	0.065	0.041	0.041	0.039
M1Fe2	0.091	0.086	0.096	0.104
M1Cr	0.008	0.007	0.006	0.009
M1Mg	0.809	0.843	0.832	0.810
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.162	0.205	0.205	0.188
M2Mn	0.004	0.003	0.003	0.000
M2Ca	0.815	0.777	0.773	0.791
M2Na	0.019	0.016	0.019	0.022
M2K	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000
Ca	43.331	40.615	40.467	41.791
Mg	43.025	44.067	43.582	42.793
Fe2_Mn	13.645	15.318	15.950	15.416
JD1	0.574	0.612	0.664	1.126
AE1	0.450	0.229	0.331	0.000
CFTS1	3.393	2.259	2.095	2.480
CTTS1	0.864	0.602	0.635	0.756
CATS1	0.000	0.000	0.000	0.153
WO1	38.712	37.465	37.396	37.932
EN1	42.665	43.754	43.214	42.311
FS1	13.341	15.078	15.665	15.242
Q	1.877	1.910	1.906	1.892
J	0.039	0.032	0.038	0.043
WO	41.882	39.758	39.622	40.950
EN	41.586	43.137	42.672	41.931
FS	16.532	17.105	17.707	17.118
WEF	97.975	98.334	98.032	97.773
JD	0.290	0.370	0.470	0.860
AE	1.734	1.295	1.498	1.367

Sample	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A
Analysis	3	30	31	4
Location	S1	S4	S4	S1
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	51.7404	53.4108	52.5409	51.8667
TiO2	0.6750	0.0424	0.0292	0.6120
Al2O3	2.8579	0.2281	0.1722	2.5987
FeO	9.3669	12.8825	15.9777	9.5731
Fe2O3	0.6053	0.00	0.00	0.3604
Cr2O3	0.3595	0.0060	0.00	0.2925
MnO	0.00	0.0166	0.1908	0.0118
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	14.2314	11.8266	9.6478	14.7486
CaO	20.6314	22.5563	22.4185	19.9178
Na2O	0.2830	0.0631	0.0629	0.2445
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.75	101.03	101.04	100.23
TSi	1.915	2.007	2.005	1.926
TAl	0.085	0.000	0.000	0.074
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.040	0.010	0.008	0.040
M1Ti	0.019	0.001	0.001	0.017
M1Fe3	0.017	0.000	0.000	0.008
M1Fe2	0.129	0.326	0.443	0.110
M1Cr	0.011	0.000	0.000	0.009
M1Mg	0.785	0.663	0.549	0.817
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.161	0.079	0.067	0.189
M2Mn	0.000	0.001	0.006	0.000
M2Ca	0.818	0.908	0.917	0.793
M2Na	0.020	0.005	0.005	0.018
M2K	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000
Ca	43.205	45.958	46.258	41.527
Mg	41.467	33.528	27.698	42.785
Fe2_Mn	15.328	20.514	26.044	15.689
JD1	1.061	0.232	0.235	0.914
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	1.412	0.009	0.000	0.878
CTTS1	0.982	0.000	0.000	0.888
CATS1	1.024	0.000	0.000	1.157
WO1	39.329	45.855	46.293	38.232
EN1	41.027	33.459	27.719	42.402
FS1	15.165	20.446	25.753	15.529
Q	1.894	1.976	1.975	1.908
J	0.041	0.009	0.009	0.035
WO	42.831	45.958	46.258	41.346
EN	41.108	33.528	27.698	42.598
FS	16.060	20.514	26.044	16.055
WEF	97.900	99.537	99.532	98.188
JD	1.485	0.463	0.468	1.498
AE	0.615	0.000	0.000	0.313

Sample	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A
Analysis	5	6	7	8
Location	S1	S1	S1	S1
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	52.1286	51.9064	51.4021	52.2489
TiO2	0.4156	0.5573	0.5334	0.5134
Al2O3	2.3830	2.6630	2.8107	2.4242
FeO	9.6565	9.5068	8.9519	9.6281
Fe2O3	0.9266	0.4450	1.0811	0.2692
Cr2O3	0.1805	0.3277	0.2154	0.3369
MnO	0.1115	0.0002	0.1044	0.0190
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	14.7486	14.3888	14.3981	14.7721
CaO	19.9178	20.4842	20.2331	20.2128
Na2O	0.2445	0.2530	0.2810	0.2302
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.71	100.53	100.01	100.65
TSi	1.930	1.924	1.915	1.932
TAl	0.070	0.076	0.085	0.068
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.034	0.041	0.038	0.038
M1Ti	0.012	0.016	0.015	0.014
M1Fe3	0.026	0.012	0.030	0.007
M1Fe2	0.110	0.127	0.111	0.116
M1Cr	0.005	0.010	0.006	0.010
M1Mg	0.814	0.795	0.800	0.814
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.189	0.168	0.169	0.182
M2Mn	0.003	0.000	0.003	0.001
M2Ca	0.790	0.814	0.808	0.801
M2Na	0.018	0.018	0.020	0.017
M2K	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000
Ca	41.435	42.736	42.736	41.846
Mg	42.689	41.768	42.314	42.552
Fe2_Mn	15.876	15.496	14.951	15.601
JD1	0.914	0.946	1.065	0.855
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	1.605	1.130	1.902	0.886
CTTS1	0.603	0.809	0.784	0.740
CATS1	0.832	1.167	0.954	1.115
WO1	38.092	39.226	38.715	38.760
EN1	42.377	41.373	41.936	42.201
FS1	15.578	15.349	14.645	15.442
Q	1.903	1.904	1.887	1.913
J	0.035	0.036	0.041	0.033
WO	40.887	42.465	42.069	41.688
EN	42.125	41.504	41.654	42.391
FS	16.988	16.031	16.277	15.920
WEF	98.192	98.125	97.897	98.304
JD	1.026	1.443	1.183	1.424
AE	0.782	0.431	0.920	0.272

Sample	F139/161,65	F139/161,65	F139/161,65	F72/49,65
Analysis	71	72	73	01
Location	S1	S1	S1	S8
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	52.0839	52.2922	52.7600	52.7512
TiO2	0.5124	0.5303	0.3807	0.0816
Al2O3	2.2585	2.2132	1.8826	0.8817
FeO	9.2953	9.6083	9.0923	10.8431
Fe2O3	1.0276	0.5543	0.4281	0.00
Cr2O3	0.1669	0.1538	0.1886	0.0248
MnO	0.0306	0.0614	0.1111	0.1586
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	15.1975	15.2201	15.7574	13.3836
CaO	19.5713	19.5427	19.4710	20.3788
Na2O	0.2704	0.2526	0.2579	0.1598
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100.41	100.43	100.33	98.66
TSi	1.929	1.936	1.949	2.006
TAl	0.071	0.064	0.051	0.000
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.028	0.033	0.031	0.039
M1Ti	0.014	0.015	0.011	0.002
M1Fe3	0.028	0.015	0.012	0.000
M1Fe2	0.085	0.093	0.074	0.199
M1Cr	0.005	0.004	0.006	0.001
M1Mg	0.839	0.840	0.868	0.759
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.203	0.205	0.207	0.146
M2Mn	0.001	0.002	0.003	0.005
M2Ca	0.777	0.775	0.771	0.830
M2Na	0.019	0.018	0.018	0.012
M2K	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000
Ca	40.771	40.484	40.077	42.822
Mg	44.051	43.869	45.127	39.130
Fe2_Mn	15.178	15.647	14.796	18.048
JD1	1.010	0.939	0.953	0.606
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	1.729	1.022	0.890	0.038
CTTS1	0.742	0.765	0.546	0.000
CATS1	0.439	0.744	0.638	0.000
WO1	37.470	37.613	37.693	42.637
EN1	43.628	43.501	44.778	38.996
FS1	14.982	15.416	14.502	17.723
Q	1.904	1.913	1.919	1.934
J	0.039	0.036	0.037	0.024
WO	40.173	40.164	39.834	42.822
EN	43.405	43.523	44.853	39.130
FS	16.422	16.313	15.313	18.048
WEF	98.002	98.141	98.115	98.799
JD	0.990	1.266	1.365	1.201
AE	1.008	0.593	0.520	0.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	03	04	05	06
Location	S8	S8	S8	S8
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	51.2251	52.9416	52.3464	50.6406
TiO2	0.5177	0.0080	0.1602	0.6817
Al2O3	1.6333	0.2119	0.8178	2.1335
FeO	12.6421	12.4914	11.4556	13.3900
Fe2O3	0.1647	0.00	0.00	0.4302
Cr2O3	0.00	0.0062	0.0002	0.0739
MnO	0.2459	0.0544	0.0213	0.0923
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	11.7426	11.7150	12.8794	12.6765
CaO	20.9009	22.6493	21.5407	18.7942
Na2O	0.2418	0.0394	0.1372	0.2182
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.31	100.12	99.36	99.13
TSi	1.955	2.007	1.983	1.933
TAl	0.045	0.000	0.017	0.067
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.028	0.009	0.020	0.029
M1Ti	0.015	0.000	0.005	0.020
M1Fe3	0.005	0.000	0.000	0.012
M1Fe2	0.284	0.328	0.248	0.216
M1Cr	0.000	0.000	0.000	0.002
M1Mg	0.668	0.662	0.727	0.721
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.120	0.068	0.115	0.212
M2Mn	0.008	0.002	0.001	0.003
M2Ca	0.855	0.920	0.874	0.769
M2Na	0.018	0.003	0.010	0.016
M2K	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000
Ca	44.184	46.467	44.488	40.020
Mg	34.539	33.441	37.010	37.558
Fe2_Mn	21.277	20.092	18.502	22.421
JD1	0.920	0.146	0.510	0.835
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	0.237	0.009	0.000	0.743
CTTS1	0.764	0.000	0.231	1.012
CATS1	0.539	0.000	0.492	0.670
WO1	42.418	46.431	43.553	37.323
EN1	34.363	33.422	36.834	37.303
FS1	20.759	19.992	18.379	22.114
Q	1.926	1.978	1.965	1.918
J	0.036	0.006	0.020	0.032
WO	44.079	46.467	44.488	39.769
EN	34.457	33.441	37.010	37.322
FS	21.464	20.092	18.502	22.909
WEF	98.183	99.708	98.985	98.346
JD	1.562	0.292	1.015	1.167
AE	0.254	0.000	0.000	0.487

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	07	38	39	40
Location	S8	S5	S5	S5
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	51.9808	51.6410	51.7237	51.6872
TiO2	0.4072	0.5078	0.5068	0.4143
Al2O3	1.7254	2.6113	2.6509	2.3397
FeO	11.3487	8.5923	8.5743	8.3514
Fe2O3	0.6946	0.8750	0.4863	0.8129
Cr2O3	0.0496	0.3331	0.4447	0.3397
MnO	0.1211	0.0188	0.1579	0.0778
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	14.8668	14.8935	15.0925	15.0567
CaO	18.1250	20.1728	19.9149	20.1884
Na2O	0.2875	0.2602	0.2496	0.2260
K2O	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.61	99.91	99.80	99.49
TSi	1.950	1.921	1.923	1.929
TAl	0.050	0.079	0.077	0.071
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.026	0.035	0.039	0.031
M1Ti	0.011	0.014	0.014	0.012
M1Fe3	0.019	0.024	0.013	0.023
M1Fe2	0.110	0.091	0.083	0.087
M1Cr	0.001	0.010	0.013	0.010
M1Mg	0.832	0.826	0.837	0.838
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.247	0.177	0.184	0.174
M2Mn	0.004	0.001	0.005	0.002
M2Ca	0.729	0.804	0.793	0.807
M2Na	0.021	0.019	0.018	0.016
M2K	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	4.000
Ca	37.944	42.358	41.716	42.302
Mg	43.304	43.513	43.988	43.897
Fe2_Mn	18.752	14.129	14.295	13.801
JD1	1.080	0.979	0.940	0.851
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	1.080	1.772	1.378	1.694
CTTS1	0.593	0.741	0.740	0.605
CATS1	0.287	0.856	1.121	0.787
WO1	35.649	38.587	38.194	38.910
EN1	42.923	43.100	43.689	43.580
FS1	18.388	13.964	13.938	13.573
Q	1.916	1.897	1.897	1.906
J	0.042	0.038	0.036	0.033
WO	37.563	41.825	41.426	41.808
EN	42.870	42.965	43.683	43.384
FS	19.567	15.209	14.891	14.808
WEF	97.868	98.061	98.143	98.315
JD	1.229	1.149	1.389	0.982
AE	0.903	0.790	0.469	0.703

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	41	42	11	12
Location	S5	S5	S2	S2
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	51.7216	51.1893	52.8353	52.9483
TiO2	0.5544	0.4653	0.2574	0.3179
Al2O3	2.7189	2.6700	2.0236	2.4279
FeO	8.8074	8.0737	9.6171	9.2825
Fe2O3	0.4440	1.1777	0.3754	0.00
Cr2O3	0.5433	0.4137	0.00	0.00
MnO	0.0002	0.0002	0.2677	0.2541
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	15.1128	15.0827	15.1496	15.5822
CaO	19.9798	19.9193	19.9129	19.4749
Na2O	0.2167	0.2487	0.2176	0.2290
K2O	0.00	0.00	0.00	0.0163
Total	100.10	99.24	100.66	100.53
TSi	1.919	1.914	1.951	1.950
TAl	0.081	0.086	0.049	0.050
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.037	0.032	0.039	0.056
M1Ti	0.015	0.013	0.007	0.009
M1Fe3	0.012	0.033	0.010	0.000
M1Fe2	0.083	0.069	0.109	0.080
M1Cr	0.016	0.012	0.000	0.000
M1Mg	0.836	0.841	0.834	0.856
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.190	0.184	0.188	0.206
M2Mn	0.000	0.000	0.008	0.008
M2Ca	0.794	0.798	0.788	0.769
M2Na	0.016	0.018	0.016	0.016
M2K	0.000	0.000	0.000	0.001
Sum_cat	4.000	4.000	4.000	3.999
Ca	41.720	42.188	40.877	40.070
Mg	43.909	44.447	43.271	44.609
Fe2_Mn	14.371	13.365	15.851	15.321
JD1	0.812	0.944	0.805	0.888
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	1.460	2.356	0.531	0.000
CTTS1	0.806	0.685	0.370	0.457
CATS1	1.141	0.730	1.229	2.007
WO1	37.975	38.018	38.595	37.415
EN1	43.552	44.028	43.110	44.396
FS1	14.254	13.238	15.359	14.837
Q	1.903	1.892	1.919	1.910
J	0.031	0.036	0.031	0.033
WO	41.457	41.470	40.661	40.070
EN	43.632	43.690	43.042	44.609
FS	14.911	14.840	16.298	15.321
WEF	98.389	98.129	98.409	98.323
JD	1.218	0.924	1.262	1.677
AE	0.393	0.947	0.330	0.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	3	4	5	7
Location	S1	S1	S1	S1
Mineral	PYR	PYR	PYR	PYR
SiO2	52.9365	52.2200	52.3836	52.7651
TiO2	0.1979	0.3970	0.4537	0.3121
Al2O3	1.1577	2.0819	2.1573	1.9950
FeO	8.8371	10.6087	10.4151	8.2081
Fe2O3	0.00	0.1393	0.00	0.00
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.2720	0.2724	0.2320	0.1976
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	14.1938	14.6243	14.9409	15.7313
CaO	21.9468	19.2596	19.1445	19.9710
Na2O	0.0989	0.2463	0.2411	0.2238
K2O	0.0108	0.0111	0.0142	0.0028
Total	99.65	99.86	99.98	99.41
TSi	1.980	1.950	1.950	1.960
TAl	0.020	0.050	0.050	0.040
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Al	0.031	0.042	0.045	0.048
M1Ti	0.006	0.011	0.013	0.009
M1Fe3	0.000	0.004	0.000	0.000
M1Fe2	0.172	0.129	0.113	0.072
M1Cr	0.000	0.000	0.000	0.000
M1Mg	0.791	0.814	0.829	0.871
M1Ni	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
M2Fe2	0.104	0.202	0.211	0.183
M2Mn	0.009	0.009	0.007	0.006
M2Ca	0.879	0.771	0.764	0.795
M2Na	0.007	0.018	0.017	0.016
M2K	0.001	0.001	0.001	0.000
Sum_cat	3.999	3.999	3.999	4.000
Ca	44.965	40.035	39.681	41.243
Mg	40.462	42.298	43.089	45.203
Fe2_Mn	14.573	17.667	17.230	13.554
JD1	0.393	0.949	0.934	0.839
AE1	0.000	0.000	0.000	0.000
CFTS1	0.000	0.196	0.000	0.000
CTTS1	0.285	0.576	0.657	0.450
CATS1	0.745	1.210	1.379	1.599
WO1	43.957	37.851	37.424	38.980
EN1	40.482	42.085	42.849	44.969
FS1	14.139	17.133	16.756	13.163
Q	1.947	1.916	1.917	1.921
J	0.014	0.036	0.035	0.032
WO	44.965	39.957	39.681	41.243
EN	40.462	42.215	43.089	45.203
FS	14.573	17.829	17.230	13.554
WEF	99.272	98.181	98.223	98.355
JD	0.728	1.668	1.777	1.645
AE	0.000	0.151	0.000	0.000

Sample	F72/63.65
Analysis	8
Location	S1
Mineral	PYR
SiO2	52.6939
TiO2	0.3960
Al2O3	2.1538
FeO	8.0855
Fe2O3	0.00
Cr2O3	0.00
MnO	0.1723
NiO	0.00
MgO	15.7311
CaO	19.6959
Na2O	0.2196
K2O	0.0052
Total	99.15
TSi	1.962
TAl	0.038
TFe3	0.000
M1Al	0.057
M1Ti	0.011
M1Fe3	0.000
M1Fe2	0.059
M1Cr	0.000
M1Mg	0.873
M1Ni	0.000
M2Mg	0.000
M2Fe2	0.193
M2Mn	0.005
M2Ca	0.786
M2Na	0.016
M2K	0.000
Sum_cat	4.000
Ca	41.006
Mg	45.570
Fe2_Mn	13.423
JD1	0.836
AE1	0.000
CFTS1	0.000
CTTS1	0.576
CATS1	1.390
WO1	38.813
EN1	45.318
FS1	13.067
Q	1.911
J	0.032
WO	41.006
EN	45.570
FS	13.423
WEF	98.372
JD	1.628
AE	0.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	09	10	11	12
Location	S8	S8	S8	S8
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	53.5837	52.2627	50.3683	46.5454
TiO2	0.2739	0.2729	0.4158	0.2758
Al2O3	0.3995	1.8701	2.7228	4.2967
FeO	20.1536	19.3034	23.1489	29.1931
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.0935
MnO	0.2139	0.0565	0.0023	0.0946
MgO	11.4008	11.6189	8.7559	4.5659
CaO	11.0616	11.2198	10.8904	10.2706
Na2O	0.2788	0.3680	0.5669	0.8394
K2O	0.0207	0.0504	0.1659	0.2601
F	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-
Total	-	-	-	-
O_F_Cl	-	-	-	-
O_F	-	-	-	-
O_Cl	-	-	-	-
H2O	2.0134	2.0097	1.9673	1.8837
CTotal	-	-	-	-
TSi	7.890	7.705	7.587	7.274
TAl	0.069	0.295	0.413	0.726
TFe3	0.041	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.029	0.070	0.065
CCr	0.000	0.000	0.000	0.012
CFe3	0.476	0.547	0.536	0.840
CTi	0.030	0.030	0.047	0.032
CMg	2.502	2.553	1.966	1.064
CFe2	1.964	1.833	2.380	2.976
CMn	0.027	0.007	0.000	0.013
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.745	1.772	1.758	1.720
BNa	0.080	0.105	0.166	0.254
Sum_B	1.825	1.877	1.923	1.974
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.004	0.009	0.032	0.052
Sum_A	0.004	0.009	0.032	0.052
Sum_cat	14.829	14.887	14.955	15.026
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	13	14	15	16
Location	S8	S8	S8	S8
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	46.3230	48.7458	46.7179	46.7500
TiO2	0.4111	0.5377	0.3678	0.2755
Al2O3	4.4970	5.1639	4.0892	4.2105
FeO	29.2710	19.1972	29.0957	28.7987
Cr2O3	0.0002	0.00	0.00	0.0409
MnO	0.1038	0.0023	0.0484	0.00
MgO	4.6511	10.9976	4.3268	5.1622
CaO	10.0924	11.1467	10.1127	10.0903
Na2O	1.0071	0.7282	0.9108	0.9764
K2O	0.3231	0.1588	0.2591	0.4221
F	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-
Total	-	-	-	-
O_F_Cl	-	-	-	-
O_F	-	-	-	-
O_Cl	-	-	-	-
H2O	1.8865	1.9897	1.8762	1.8930
CTotal	-	-	-	-
TSi	7.218	7.227	7.350	7.259
TAl	0.782	0.773	0.650	0.741
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.043	0.129	0.107	0.029
CCr	0.000	0.000	0.000	0.005
CFe3	0.904	0.744	0.717	0.909
CTi	0.048	0.060	0.044	0.032
CMg	1.080	2.431	1.015	1.195
CFe2	2.911	1.637	3.111	2.831
CMn	0.014	0.000	0.006	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.685	1.771	1.705	1.679
BNa	0.304	0.209	0.278	0.294
Sum_B	1.989	1.980	1.982	1.973
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.064	0.030	0.052	0.084
Sum_A	0.064	0.030	0.052	0.084
Sum_cat	15.053	15.010	15.034	15.056
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	17	18	19	20
Location	S8	S8	S8	S8
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	46.2315	47.1696	48.7975	48.8540
TiO2	0.2903	0.2764	0.2287	0.1555
Al2O3	4.6599	3.8769	2.7195	3.1452
FeO	29.3881	29.6660	28.0239	27.6049
Cr2O3	0.0291	0.0002	0.1048	0.0410
MnO	0.0828	0.0002	0.0002	0.1754
MgO	4.7879	5.1127	6.3812	6.1673
CaO	10.0536	9.8757	10.1074	9.6218
Na2O	0.8833	0.7074	0.4895	0.6989
K2O	0.3922	0.2276	0.1977	0.1720
F	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-
Total	-	-	-	-
O_F_Cl	-	-	-	-
O_F	-	-	-	-
O_Cl	-	-	-	-
H2O	1.8881	0.2276	1.9196	1.9173
CTotal	-	-	-	-
TSi	7.177	7.268	7.445	7.460
TAl	0.823	0.703	0.489	0.540
TFe3	0.000	0.029	0.066	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.028	0.000	0.000	0.025
CCr	0.004	0.000	0.013	0.005
CFe3	1.036	1.152	1.002	1.085
CTi	0.034	0.032	0.026	0.018
CMg	1.108	1.174	1.451	1.404
CFe2	2.779	2.642	2.508	2.440
CMn	0.011	0.000	0.000	0.023
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.672	1.630	1.652	1.574
BNa	0.266	0.211	0.145	0.207
Sum_B	1.938	1.842	1.797	1.781
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.078	0.045	0.038	0.034
Sum_A	0.078	0.045	0.038	0.034
Sum_cat	15.016	14.886	14.836	14.815
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	21	22	23	24
Location	S8	S8	S8	S8
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	44.7176	51.7814	45.0641	44.3678
TiO2	1.2099	0.1105	0.0914	1.0941
Al2O3	5.3077	0.8654	4.6823	5.8769
FeO	27.1931	23.4542	33.1311	26.8120
Cr2O3	0.00	0.0773	0.0230	0.00
MnO	0.00	0.1744	0.00	0.00
MgO	5.4875	8.5419	1.5412	5.3765
CaO	10.5122	11.7343	10.1973	10.7615
Na2O	1.1015	0.1953	1.0307	0.9353
K2O	0.6647	0.0382	0.1595	0.7446
F	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-
Total	-	-	-	-
O_F_Cl	-	-	-	-
O_F	-	-	-	-
O_Cl	-	-	-	-
H2O	1.8813	1.9637	1.8329	1.8788
CTotal	-	-	-	-
TSi	7.021	7.879	7.262	6.987
TAl	0.979	0.121	0.738	1.013
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.002	0.034	0.151	0.077
CCr	0.000	0.009	0.003	0.000
CFe3	0.686	0.162	0.686	0.610
CTi	0.143	0.013	0.011	0.130
CMg	1.284	1.937	0.370	1.262
CFe2	2.884	2.822	3.779	2.921
CMn	0.000	0.022	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.768	1.913	1.761	1.816
BNa	0.232	0.058	0.239	0.184
Sum_B	2.000	1.971	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.104	0.000	0.083	0.101
AK	0.133	0.007	0.033	0.150
Sum_A	0.237	0.007	0.116	0.251
Sum_cat	15.237	14.978	15.116	15.251
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	25	26	27	28
Location	S8	S8	S8	S8
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	50.8569	43.8423	44.3048	45.3799
TiO2	0.1005	0.2051	0.1244	0.3491
Al2O3	1.6717	5.5754	5.0613	4.8951
FeO	25.3847	32.6978	33.2354	31.1710
Cr2O3	0.0177	0.00	0.00	0.00
MnO	0.2267	0.00	0.00	0.00
MgO	7.3980	1.7430	1.6767	2.8595
CaO	10.3891	10.3896	10.2289	10.5013
Na2O	0.6621	1.0549	0.9778	0.8766
K2O	0.0994	0.2340	0.2460	0.2469
F	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-
Total	-	-	-	-
O_F_Cl	-	-	-	-
O_F	-	-	-	-
O_Cl	-	-	-	-
H2O	1.9440	1.8263	1.8264	98.5420
CTotal	-	-	-	-
TSi	7.745	7.080	7.141	7.217
TAl	0.255	0.920	0.859	0.783
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.045	0.140	0.102	0.134
CCr	0.002	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.580	0.757	0.837	0.665
CTi	0.012	0.025	0.015	0.042
CMg	1.680	0.420	0.403	0.678
CFe2	2.653	3.658	3.643	3.481
CMn	0.029	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.695	1.798	1.766	1.789
BNa	0.196	0.202	0.234	0.211
Sum_B	1.891	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.128	0.072	0.060
AK	0.019	0.048	0.051	0.050
Sum_A	0.019	0.176	0.123	0.110
Sum_cat	14.910	15.176	15.123	15.110
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	29	30	31a	32
Location	S8	S8	S8	S1
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	47.0261	47.4382	45.8331	44.5984
TiO2	0.3353	0.0910	0.2900	0.0916
Al2O3	3.6286	2.8180	4.9413	9.1064
FeO	29.1898	32.8088	27.8989	19.1030
Cr2O3	0.0116	0.0172	0.0292	0.00
MnO	0.00	0.2939	0.00	0.00
MgO	5.2430	2.2890	5.5697	10.8246
CaO	10.5639	9.1802	10.0611	11.0449
Na2O	0.7139	1.0538	0.814	1.6624
K2O	0.3247	0.0552	0.5008	0.4658
F	0.00	0.0358	0.0982	0.2360
Cl	0.7252	0.5218	0.9106	0.7326
Total	97.75	96.59	96.92	97.87
O_F_Cl	0.16	0.13	0.25	0.26
O_F	0.00	0.02	0.04	0.10
O_Cl	0.16	0.12	0.21	0.17
H2O	1.7036	1.6952	1.5929	1.6612
CTotal	99.29	98.16	98.26	99.27
TSi	7.296	7.526	7.133	6.626
TAl	0.663	0.474	0.867	1.374
TFe3	0.041	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.053	0.039	0.219
CCr	0.001	0.002	0.004	0.000
CFe3	0.833	0.940	1.056	1.052
CTi	0.039	0.011	0.034	0.010
CMg	1.213	0.541	1.292	2.397
CFe2	2.914	3.413	2.575	1.322
CMn	0.000	0.039	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.756	1.561	1.678	1.758
BNa	0.215	0.324	0.246	0.242
Sum_B	1.971	1.885	1.923	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.237
AK	0.064	0.011	0.099	0.088
Sum_A	0.064	0.011	0.099	0.325
Sum_cat	15.035	14.896	15.023	15.325
CCl	0.191	0.140	0.240	0.185
CF	0.000	0.018	0.048	0.111
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	33	34	35	43
Location	S1	S1	S1	S5
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	47.1101	51.5547	51.8322	48.5464
TiO2	0.1183	0.5226	0.1120	0.1494
Al2O3	6.7665	1.8716	2.4250	5.6476
FeO	18.5837	19.5532	19.3620	18.7637
Cr2O3	0.0598	0.00	0.0060	0.2332
MnO	0.00	0.0649	0.1437	0.00
MgO	11.1475	10.3301	10.9872	10.5003
CaO	11.3305	12.9318	12.7210	12.4760
Na2O	1.1914	0.1710	0.2094	0.4462
K2O	0.3573	0.0725	0.1031	0.2347
F	0.0583	0.0789	0.00	0.0197
Cl	0.6207	0.0339	0.0255	0.0085
Total	97.28	97.19	97.92	96.79
O_F_Cl	0.16	0.04	0.01	0.01
O_F	0.02	0.03	0.00	0.01
O_Cl	0.14	0.01	0.01	0.00
H2O	1.7896	1.9475	2.0102	1.9808
CTotal	98.91	99.10	99.92	98.76
TSi	7.009	7.797	7.703	7.267
TAl	0.991	0.203	0.297	0.733
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.195	0.130	0.128	0.263
CCr	0.007	0.000	0.001	0.028
CFe3	0.738	0.000	0.012	0.232
CTi	0.013	0.059	0.013	0.017
CMg	2.473	2.329	2.434	2.343
CFe2	1.574	2.473	2.395	2.117
CMn	0.000	0.008	0.018	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.806	2.000	2.000	2.000
BNa	0.194	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.095	0.026	0.001
ANa	0.150	0.050	0.060	0.130
AK	0.068	0.014	0.020	0.045
Sum_A	0.218	0.160	0.106	0.175
Sum_cat	15.218	15.160	15.106	15.175
CCl	0.157	0.009	0.006	0.002
CF	0.027	0.038	0.000	0.009
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.150	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	44	44	45	46
Location	S11	S5	S11	S11
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	47.8904	47.0701	47.8904	51.3469
TiO2	0.3740	0.2965	0.3740	0.0567
Al2O3	2.9328	6.1506	2.9328	1.6157
FeO	28.9472	19.2591	28.9472	24.0630
Cr2O3	0.00	0.3160	0.00	0.0351
MnO	0.00	0.0139	0.00	0.4780
MgO	5.2808	10.1137	5.2808	8.8652
CaO	9.4699	10.7777	9.4699	8.6694
Na2O	0.7150	0.3355	0.7150	1.0874
K2O	0.1606	0.9259	0.1606	0.0393
F	0.00	0.0132	0.00	0.0063
Cl	0.4679	0.0085	0.4679	0.0776
Total	96.24	94.96	96.24	96.31
O_F_Cl	0.11	0.01	0.11	0.02
O_F	0.00	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.11	0.00	0.11	0.02
H2O	1.7603	1.9400	1.7603	1.9290
CTotal	97.89	96.89	97.89	98.22
TSi	7.438	7.117	7.438	7.667
TAl	0.536	0.883	0.536	0.284
TFe3	0.026	0.000	0.026	0.049
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.212	0.000	0.000
CCr	0.000	0.038	0.000	0.004
CFe3	1.076	0.797	1.076	1.220
CTi	0.044	0.034	0.044	0.006
CMg	1.223	2.280	1.223	1.973
CFe2	2.657	1.638	2.657	1.736
CMn	0.000	0.002	0.000	0.060
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.576	1.746	1.576	1.387
BNa	0.215	0.098	0.215	0.315
Sum_B	1.791	1.844	1.791	1.702
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.032	0.179	0.032	0.007
Sum_A	0.032	0.179	0.032	0.007
Sum_cat	14.823	15.023	14.823	14.709
CCl	0.123	0.002	0.123	0.020
CF	0.000	0.006	0.000	0.003
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	47	48	49	50
Location	S11	S11	S11	S11
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	49.1739	44.2084	51.0189	48.8825
TiO2	0.2443	1.6056	0.1153	0.3213
Al2O3	2.4555	8.2710	3.6480	2.5690
FeO	27.2638	20.5179	19.2137	29.7690
Cr2O3	0.0058	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.0766	0.3502
MgO	6.7912	8.8880	10.5889	5.8883
CaO	10.6053	11.0444	12.1864	8.4197
Na2O	0.4676	1.5233	0.2831	0.7691
K2O	0.0854	0.6998	0.1795	0.1292
F	0.00	0.0192	0.00	0.00
Cl	0.2416	1.1889	0.0669	0.4471
Total	97.33	97.97	97.38	97.55
O_F_Cl	0.05	0.28	0.02	0.10
O_F	0.00	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.05	0.27	0.02	0.10
H2O	1.8634	1.6257	1.9901	1.7927
CTotal	99.14	99.32	99.35	99.24
TSi	7.505	6.717	7.596	7.379
TAl	0.441	1.283	0.404	0.457
TFe3	0.054	0.000	0.000	0.164
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.196	0.235	0.000
CCr	0.001	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.815	0.540	0.140	1.575
CTi	0.028	0.183	0.013	0.036
CMg	1.545	2.013	2.350	1.325
CFe2	2.611	2.067	2.252	2.019
CMn	0.000	0.000	0.010	0.045
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.734	1.798	1.944	1.362
BNa	0.138	0.202	0.056	0.225
Sum_B	1.873	2.000	2.000	1.587
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.247	0.026	0.000
AK	0.017	0.136	0.034	0.025
Sum_A	0.017	0.382	0.060	0.025
Sum_cat	14.889	15.382	15.060	14.612
CCl	0.063	0.306	0.017	0.114
CF	0.000	0.009	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65	F72/49,65
Analysis	51	52	53	54
Location	S11	S11	S11	S11
Mineral	ANF	ANF	ANF	ANF
SiO2	48.1526	44.2726	45.2445	44.1174
TiO2	0.5444	0.8449	0.6261	1.0583
Al2O3	3.6036	6.0388	5.6802	5.8333
FeO	28.7779	27.3628	27.8338	28.4157
Cr2O3	0.0173	0.00	0.0174	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	5.5459	5.5416	5.6802	5.0694
CaO	9.9679	10.3023	10.3256	10.5870
Na2O	0.6716	1.1442	1.0838	1.0573
K2O	0.2169	0.6808	0.7096	0.7412
F	0.00	0.0367	0.0969	0.0061
Cl	0.5325	1.0546	1.1681	1.3441
Total	98.01	97.28	98.45	98.23
O_F_Cl	0.12	0.25	0.30	0.31
O_F	0.00	0.02	0.04	0.00
O_Cl	0.12	0.24	0.26	0.30
H2O	1.7793	1.5823	1.5366	1.5218
CTotal	99.67	98.61	99.69	99.44
TSi	7.351	6.921	6.988	6.901
TAl	0.648	1.079	1.012	1.075
TFe3	0.001	0.000	0.000	0.024
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.032	0.022	0.000
CCr	0.002	0.000	0.002	0.000
CFe3	1.020	0.915	0.960	0.832
CTi	0.063	0.099	0.073	0.125
CMg	1.262	1.291	1.308	1.182
CFe2	2.653	2.662	2.635	2.861
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.630	1.725	1.709	1.774
BNa	0.199	0.275	0.291	0.226
Sum_B	1.829	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.072	0.033	0.095
AK	0.042	0.136	0.140	0.148
Sum_A	0.042	0.208	0.173	0.243
Sum_cat	14.871	15.208	15.173	15.243
CCl	0.138	0.280	0.306	0.357
CF	0.000	0.018	0.047	0.003
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	02	09A	10	10A
Location	S1	S2	S2	S2
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	50.4636	48.9254	52.3026	50.9277
TiO2	0.1995	0.1877	2.1150	0.1194
Al2O3	2.9725	3.5086	0.9906	4.5850
FeO	25.2183	28.8902	19.7585	19.7695
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.4237	0.4644	0.3997	0.3620
MgO	7.6768	5.5264	9.7260	11.0211
CaO	10.6738	10.6731	13.5153	12.4767
Na2O	0.6146	0.7083	0.0922	0.3353
K2O	0.1053	0.1223	0.0234	0.1520
F	0.00	0.0347	0.00	0.0031
Cl	0.4300	0.4598	0.0278	0.0627
Total	98.78	99.50	98.95	99.81
O_F_Cl	0.10	0.12	0.01	0.02
O_F	0.00	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.10	0.10	0.01	0.01
H2O	1.8606	1.8076	2.0195	2.0308
CTotal	100.54	101.19	100.96	101.82
TSi	7.540	7.396	7.868	7.382
TAl	0.460	0.604	0.132	0.618
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.063	0.021	0.043	0.165
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.737	0.851	0.000	0.430
CTi	0.022	0.021	0.239	0.013
CMg	1.710	1.245	2.181	2.381
CFe2	2.414	2.802	2.486	1.967
CMn	0.054	0.059	0.051	0.044
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.709	1.729	2.000	1.938
BNa	0.178	0.208	0.000	0.062
Sum_B	1.887	1.936	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.178	0.000
ANa	0.000	0.000	0.027	0.032
AK	0.020	0.024	0.004	0.028
Sum_A	0.020	0.024	0.210	0.060
Sum_cat	14.907	14.960	15.210	15.060
CCl	0.109	0.118	0.007	0.015
CF	0.000	0.017	0.000	0.001
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.389	23.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	13	14	15	16
Location	S3	S3	S3	S3
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	50.7652	50.9024	48.2192	44.7353
TiO2	0.1612	0.0641	3.2935	0.6174
Al2O3	3.3149	2.9363	3.3304	6.2342
FeO	22.9196	25.0659	22.4187	28.6502
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.5337	0.6664	0.4194	0.2432
MgO	9.2017	7.4835	7.7354	5.3253
CaO	11.1796	10.4772	12.8559	10.4530
Na2O	0.4167	0.6730	0.2228	1.0470
K2O	0.1041	0.0579	0.1234	0.5463
F	0.0152	0.00	0.00	0.0087
Cl	0.0626	0.0777	0.0414	1.0504
Total	98.67	98.40	98.66	98.91
O_F_Cl	0.02	0.02	0.01	0.24
O_F	0.01	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.01	0.02	0.01	0.24
H2O	1.9759	109568	1.9703	1.6214
CTotal	100.63	109666.3	100.62	100.29
TSi	7.489	7.598	7.353	6.870
TAl	0.511	0.402	0.598	1.128
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.002
TTi	0.000	0.000	0.378	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.329	8.000
CAl	0.064	0.114	0.000	0.000
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.739	0.716	0.000	1.128
CTi	0.018	0.007	0.000	0.071
CMg	2.024	1.665	1.758	1.219
CFe2	2.089	2.413	2.859	2.550
CMn	0.067	0.084	0.054	0.032
CCa	0.000	0.000	0.329	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.767	1.676	1.772	1.720
BNa	0.119	0.195	0.066	0.280
Sum_B	1.886	1.870	1.838	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.032
AK	0.020	0.011	0.024	0.107
Sum_A	0.020	0.011	0.024	0.139
Sum_cat	14.906	14.881	15.190	15.139
CCl	0.016	0.020	0.011	0.274
CF	0.007	0.000	0.000	0.004
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.175	23.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	16A	17	19	20
Location	S3	S3	S3	S4
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	44.3111	45.3364	47.9142	50.3195
TiO2	0.3518	0.6176	0.1815	0.0871
Al2O3	5.9360	5.7439	3.8891	3.4301
FeO	30.9277	28.1345	28.7835	23.1203
Cr2O3	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*
MnO	0.3271	0.2457	0.2860	0.5094
MgO	3.8793	5.3882	6.0807	9.2219
CaO	10.2644	10.7485	10.0776	11.0711
Na2O	1.0506	0.9698	0.7016	0.4899
K2O	0.4991	0.6177	0.2826	0.0730
F	0.00	0.0434	0.00	0.0698
Cl	1.4949	1.1061	0.7586	0.0603
Total	99.04	98.95	98.96	98.45
O_F_Cl	0.34	0.27	0.17	0.04
O_F	0.00	0.02	0.00	0.03
O_Cl	0.34	0.25	0.17	0.01
H2O	1.4796	1.5934	1.7284	1.9405
CTotal	100.18	100.27	100.52	100.35
TSi	6.899	6.988	7.242	7.439
TAl	1.088	1.012	0.692	0.561
TFe3	0.012	0.000	0.066	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.031	0.000	0.036
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	1.177	0.875	1.193	0.845
CTi	0.041	0.072	0.021	0.010
CMg	0.900	1.238	1.370	2.032
CFe2	2.838	2.752	2.380	2.014
CMn	0.043	0.032	0.037	0.064
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.712	1.775	1.632	1.754
BNa	0.288	0.225	0.206	0.140
Sum_B	2.000	2.000	1.838	1.894
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.030	0.065	0.000	0.000
AK	0.099	0.121	0.054	0.014
Sum_A	0.129	0.187	0.054	0.014
Sum_cat	15.129	15.187	14.892	14.908
CCl	0.395	0.289	0.194	0.015
CF	0.000	0.021	0.000	0.033
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	21	22	26	27
Location	S4	S4	S8	S8
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	46.5003	48.5029	44.0309	44.6096
TiO2	0.2391	0.0957	1.1917	0.6779
Al2O3	4.9396	3.7024	6.3089	6.0831
FeO	28.4293	29.8539	27.0147	28.0493
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.2253	0.5697	0.1505	0.2247
MgO	5.8255	5.4724	5.0440	5.0700
CaO	10.4018	9.2902	10.3529	10.2753
Na2O	0.9029	0.8545	1.1447	1.1159
K2O	0.4969	0.2254	0.7662	0.6917
F	0.0347	0.1042	0.00	0.0497
Cl	1.0821	0.7647	1.4163	1.4182
Total	99.08	99.44	97.42	98.27
O_F_Cl	0.26	0.22	0.32	0.34
O_F	0.01	0.04	0.00	0.02
O_Cl	0.24	0.17	0.32	0.32
H2O	1.6133	1.6780	1.5009	1.4861
CTotal	100.43	100.90	98.60	99.42
TSi	7.099	7.286	6.930	6.946
TAl	0.888	0.655	1.070	1.054
TFe3	0.012	0.059	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.000	0.099	0.062
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	1.079	1.410	0.693	0.931
CTi	0.027	0.011	0.141	0.079
CMg	1.326	1.225	1.184	1.177
CFe2	2.539	2.281	2.863	2.722
CMn	0.029	0.072	0.020	0.030
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.702	1.495	1.746	1.714
BNa	0.267	0.249	0.254	0.286
Sum_B	1.969	1.744	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.095	0.051
AK	0.097	0.043	0.154	0.137
Sum_A	0.097	0.043	0.249	0.189
Sum_cat	15.066	14.787	15.249	15.189
CCl	0.280	0.195	0.378	0.374
CF	0.017	0.049	0.000	0.024
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	28	29	30	31
Location	S8	S8	S8	S10
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	45.0193	52.6068	44.5895	54.7310
TiO2	0.7739	0.2182	0.4636	0.0264
Al2O3	5.7873	2.5879	5.3300	1.2306
FeO	28.0179	19.9697	29.6344	14.9546
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.1783	0.4518	0.3071	0.2306
MgO	4.9836	10.8768	4.1786	14.2142
CaO	105460	11.2752	10.0759	12.6527
Na2O	0.9621	0.3658	1.1000	0.0777
K2O	0.6264	0.0523	0.6042	0.0358
F	0.0468	0.0343	0.00	0.648
Cl	1.2135	0.0369	1.5642	0.0146
Total	105547.6	98.48	97.85	98.82
O_F_Cl	0.29	0.02	0.35	0.28
O_F	0.02	0.01	0.00	0.27
O_Cl	0.27	0.01	0.35	0.00
H2O	1.5464	2.0053	0.6042	2.0397
CTotal	105548.8	100.47	98.10	100.58
TSi	7.015	7.674	7.027	7.898
TAl	0.985	0.326	0.973	0.102
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.077	0.119	0.017	0.107
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.000	0.522	0.986	0.049
CTi	0.091	0.024	0.055	0.003
CMg	1.158	2.365	0.982	3.058
CFe2	3.651	1.915	2.920	1.755
CMn	0.024	0.056	0.041	0.028
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	2.000	1.762	1.701	1.956
BNa	0.000	0.103	0.299	0.022
Sum_B	2.000	1.866	2.000	1.978
ACa	17604.68	0.000	0.000	0.000
ANa	0.291	0.000	0.038	0.000
AK	0.125	0.010	0.121	0.007
Sum_A	17605.10	0.010	0.159	0.007
Sum_cat	17620.10	14.875	15.159	14.984
CCl	0.321	0.009	0.418	0.004
CF	0.023	0.016	0.000	0.296
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	17627.53	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	32	33	34	35
Location	S10	S10	S10	S10
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	47.7692	50.9124	51.4129	50.7713
TiO2	0.1149	0.1080	0.1144	0.0425
Al2O3	3.8511	3.4307	3.1628	4.4103
FeO	29.3936	18.4446	18.7222	19.3810
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.3515	0.5203	0.4132	0.3423
MgO	4.9396	10.7204	11.6214	10.6541
CaO	10.5003	13.4461	11.9571	12.2107
Na2O	0.6420	0.2248	0.2671	0.3228
K2O	0.1886	0.1120	0.14108	0.2395
F	0.0116	0.00	0.0505	0.0004
Cl	0.7062	0.00	0.0267	0.0313
Total	98.47	97.92	97.89	98.41
O_F_Cl	0.16	0.00	0.03	0.01
O_F	0.00	0.00	0.02	0.00
O_Cl	0.16	0.00	0.01	0.01
H2O	1.7201	2.0153	1.9893	2.0164
CTotal	100.03	99.94	99.85	100.42
TSi	7.337	7.618	7.547	7.468
TAl	0.663	0.382	0.453	0.532
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.034	0.223	0.094	0.232
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.918	0.000	0.469	0.304
CTi	0.013	0.012	0.013	0.005
CMg	1.131	2.391	2.543	2.336
CFe2	2.858	2.308	1.829	2.080
CMn	0.046	0.066	0.051	0.043
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.728	2.000	1.881	1.924
BNa	0.191	0.000	0.076	0.076
Sum_B	1.919	2.000	1.957	2.000
ACa	0.000	0.156	0.000	0.000
ANa	0.000	0.065	0.000	0.016
AK	0.037	0.021	0.026	0.045
Sum_A	0.037	0.242	0.026	0.061
Sum_cat	14.956	15.242	14.983	15.061
CCl	0.184	0.000	0.007	0.008
CF	0.006	0.000	0.023	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.131	23.000	23.000

Sample	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65	F72/63.65
Analysis	36	37	38	39
Location	S10	S11	S11	S11
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	54.3098	45.5867	46.8773	46.2703
TiO2	0.0396	0.6414	0.8030	0.5231
Al2O3	1.4592	5.7258	4.9050	4.9250
FeO	14.7722	29.2496	26.3427	29.5221
Cr2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.2395	0.2830	0.3300	0.4233
MgO	13.9253	4.9599	6.3785	4.8398
CaO	12.5536	10.0857	10.4054	10.1545
Na2O	0.1099	0.9549	0.7618	0.8777
K2O	0.0164	0.3833	0.4177	0.2241
F	0.00	0.0261	0.00	0.00
Cl	0.0146	0.8738	0.7896	0.6311
Total	97.44	98.77	98.01	98.39
O_F_Cl	0.00	0.21	0.18	0.14
O_F	0.00	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.20	0.18	0.14
H2O	2.0577	1.6630	1.7149	1.7382
CTotal	99.50	100.22	99.54	99.99
TSi	7.900	6.980	7.163	7.099
TAl	0.100	1.020	0.837	0.890
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.011
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.150	0.012	0.046	0.000
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.000	1.193	0.892	1.136
CTi	0.004	0.074	0.092	0.060
CMg	3.020	1.132	1.453	1.107
CFe2	1.797	2.552	2.474	2.641
CMn	0.030	0.037	0.043	0.055
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.956	1.654	1.704	1.669
BNa	0.031	0.283	0.226	0.261
Sum_B	1.987	1.938	1.929	1.930
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.003	0.075	0.081	0.044
Sum_A	0.003	0.075	0.081	0.044
Sum_cat	14.990	15.013	15.011	14.974
CCl	0.004	0.227	0.205	0.164
CF	0.000	0.013	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.002	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/63.65	F72/80,10	F72/80,10	F72/80,10
Analysis	40	66	68	70
Location	S11	S1	S1	S5
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	45.1328	51.3102	51.2308	50.8453
TiO2	0.8194	0.1895	0.3351	0.1184
Al2O3	6.0002	2.3547	2.6884	2.1031
FeO	28.1590	22.5971	21.3424	23.0210
Cr2O3	0.00	0.0471	0.00	0.00
MnO	0.2005	0.1820	0.0299	0.2049
MgO	5.1225	10.3780	10.7561	10.3455
CaO	10.4734	9.6599	10.2098	8.7818
Na2O	0.9839	0.3710	0.3565	0.4970
K2O	0.5744	0.0821	0.1730	0.0978
F	0.00	0.00	0.00	0.0505
Cl	1.1046	0.1747	0.1941	0.1420
Total	98.57	97.30	97.32	96.21
O_F_Cl	0.25	0.04	0.04	0.05
O_F	0.00	0.00	0.00	0.02
O_Cl	0.25	0.04	0.04	0.03
H2O	1.6105	1.9405	1.9433	1.8978
CTotal	99.93	99.20	99.22	98.06
TSi	6.971	7.513	7.521	7.489
TAl	1.029	0.406	0.465	0.365
TFe3	0.000	0.081	0.015	0.146
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.062	0.000	0.000	0.000
CCr	0.000	0.005	0.000	0.000
CFe3	0.903	1.289	1.060	1.553
CTi	0.095	0.021	0.037	0.013
CMg	1.179	2.265	2.354	2.272
CFe2	2.734	1.397	1.545	1.137
CMn	0.026	0.023	0.004	0.026
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.733	1.515	1.606	1.386
BNa	0.267	0.105	0.101	0.142
Sum_B	2.000	1.621	1.707	1.528
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.028	0.000	0.000	0.000
AK	0.113	0.015	0.032	0.018
Sum_A	0.141	0.015	0.032	0.018
Sum_cat	15.141	14.636	14.740	14.546
CCl	0.289	0.043	0.048	0.035
CF	0.000	0.000	0.000	0.024
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A
Analysis	26	27	28	29
Location	S4	S4	S4	S4
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	49.0863	49.1725	50.9828	51.1888
TiO2	0.1393	0.3685	0.0818	0.1375
Al2O3	3.0593	3.2739	2.2739	2.2907
FeO	29.4907	26.4465	25.5524	25.2064
Cr2O3	0.0255	0.0029	0.00	0.00
MnO	0.1101	0.00	0.3121	0.5226
MgO	4.6224	7.2247	7.9772	7.5748
CaO	10.0743	9.9420	9.4574	9.8480
Na2O	0.5971	0.5313	0.7697	0.8879
K2O	0.0527	0.1319	0.0457	0.0402
F	0.00	0.00	0.0436	0.00
Cl	0.1718	0.4519	0.1817	0.2108
Total	97.40	97.54	97.68	97.91
O_F_Cl	0.04	0.10	0.06	0.05
O_F	0.00	0.00	0.02	0.00
O_Cl	0.04	0.10	0.04	0.05
H2O	1.8691	1.8203	1.8927	1.9111
CTotal	99.23	99.26	99.51	99.77
TSi	7.555	7.416	7.596	7.666
TAl	0.445	0.581	0.399	0.334
TFe3	0.000	0.002	0.005	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.110	0.000	0.000	0.070
CCr	0.003	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.788	1.106	1.135	0.807
CTi	0.016	0.042	0.009	0.015
CMg	1.061	1.624	1.772	1.691
CFe2	3.008	2.228	2.045	2.350
CMn	0.014	0.000	0.039	0.066
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.661	1.607	1.510	1.580
BNa	0.178	0.155	0.222	0.258
Sum_B	1.840	1.762	1.732	1.838
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.010	0.025	0.009	0.008
Sum_A	0.010	0.025	0.009	0.008
Sum_cat	14.850	14.787	14.741	14.846
CCl	0.045	0.116	0.046	0.054
CF	0.000	0.000	0.021	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5
Analysis	S1	S1	S1	S1
Location	06	07	08	09
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	49.4689	50.3512	43.3807	51.2819
TiO2	0.2340	0.1758	0.6906	0.0616
Al2O3	2.0918	1.8746	6.4843	1.6280
FeO	28.3425	27.5902	28.2405	25.6587
Cr2O3	0.0348	0.0002	0.0116	0.00
MnO	0.2640	0.4842	0.00	0.2720
MgO	7.7320	6.4670	5.0524	7.6110
CaO	7.8068	7.7151	10.2696	10.6816
Na2O	0.9705	1.5475	1.1369	0.4067
K2O	0.9705	0.0923	0.7234	0.0637
F	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	97.88	96.30	95.98	97.67
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	1.9273	1.9193	1.8641	1.9613
CTotal	99.81	98.22	97.84	99.63
TSi	7.342	7.628	6.820	7.727
TAl	0.366	0.334	1.180	0.273
TFe3	0.292	0.038	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.000	0.020	0.016
CCr	0.004	0.000	0.001	0.000
CFe3	1.656	1.356	1.044	0.664
CTi	0.026	0.020	0.082	0.007
CMg	1.711	1.460	1.184	1.710
CFe2	1.570	2.102	2.668	2.569
CMn	0.033	0.062	0.000	0.035
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.241	1.252	1.730	1.724
BNa	0.279	0.455	0.270	0.119
Sum_B	1.521	1.707	2.000	1.843
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.076	0.000
AK	0.184	0.018	0.145	0.012
Sum_A	0.184	0.018	0.221	0.012
Sum_cat	14.705	14.725	15.221	14.855
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5
Analysis	S1	S1	S1	S1
Location	10	11	12	13
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	44.1954	49.7952	51.4753	50.3296
TiO2	0.5544	0.1637	0.1941	0.0757
Al2O3	6.1362	3.7273	1.1655	2.5516
FeO	27.5103	19.7819	18.8882	23.4150
Cr2O3	0.0233	0.0299	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.0489	0.1201
MgO	5.5499	10.5176	10.4741	9.0755
CaO	9.9190	12.2727	15.0463	10.6659
Na2O	1.0788	0.3152	0.1258	0.4726
K2O	0.5960	0.2727	0.0278	0.1303
F	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	95.54	96.85	97.45	96.84
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	1.8698	1.9855	1.9947	1.9615
CTotal	97.41	98.84	99.44	98.80
TSi	6.911	7.479	7.924	7.555
TAl	1.089	0.521	0.076	0.445
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.041	0.138	0.136	0.006
CCr	0.003	0.004	0.000	0.000
CFe3	1.146	0.248	0.000	0.829
CTi	0.065	0.018	0.022	0.009
CMg	1.294	2.355	2.404	2.031
CFe2	2.452	2.236	2.432	2.111
CMn	0.000	0.000	0.006	0.015
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.662	1.975	2.000	1.715
BNa	0.327	0.025	0.000	0.138
Sum_B	1.989	2.000	2.000	1.853
ACa	0.000	0.000	0.482	0.000
ANa	0.000	0.067	0.038	0.000
AK	0.119	0.052	0.005	0.025
Sum_A	0.119	0.119	0.525	0.025
Sum_cat	15.108	15.119	15.525	14.878
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.556	23.000

Sample	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5
Analysis	S1	S1	S1	S1
Location	14	15	16	17
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	49.4302	46.6444	41.1028	44.7753
TiO2	0.0769	0.3646	1.1161	0.8552
Al2O3	2.5780	4.2878	7.9648	5.1187
FeO	25.9255	27.6272	27.4328	27.9323
Cr2O3	0.00	0.0466	0.00	0.0291
MnO	0.0160	0.00	0.00	0.00
MgO	6.8456	5.5546	4.1212	4.9199
CaO	10.8058	9.9653	10.3807	10.5804
Na2O	0.4008	0.8382	1.4094	0.9348
K2O	0.0663	0.4609	1.3001	0.5744
F	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	96.15	95.74	94.83	95.69
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	1.9221	1.8856	1.8299	1.8671
CTotal	98.07	97.63	96.66	97.56
TSi	7.611	7.272	6.645	7.084
TAl	0.389	0.728	1.355	0.916
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.079	0.059	0.162	0.038
CCr	0.000	0.006	0.000	0.004
CFe3	0.594	0.904	0.615	0.680
CTi	0.009	0.043	0.136	0.102
CMg	1.571	1.291	0.993	1.160
CFe2	2.745	2.697	3.094	3.016
CMn	0.002	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.783	1.664	1.798	1.794
BNa	0.120	0.253	0.202	0.206
Sum_B	1.902	1.918	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.240	0.080
AK	0.013	0.092	0.268	0.116
Sum_A	0.013	0.092	0.508	0.196
Sum_cat	14.915	15.010	15.508	15.196
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5
Analysis	S1	S1	S1	S1
Location	18	19	20	21
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	47.8799	46.6350	50.3530	50.2409
TiO2	0.2392	0.2783	0.0465	0.1054
Al2O3	3.2092	3.4517	2.4206	2.5367
FeO	30.1489	28.7501	22.4349	21.4304
Cr2O3	0.00	0.00	0.0296	0.0178
MnO	0.0297	0.00	0.0926	0.0625
MgO	5.7667	5.8117	10.2219	9.6870
CaO	7.9903	9.4253	10.5235	10.6305
Na2O	0.6551	0.6935	0.4565	0.4896
K2O	0.1204	0.1492	0.1470	0.1817
F	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	96.04	95.19	96.70	95.36
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	1.8889	1.8689	1.9682	1.9494
CTotal	97.93	97.06	98.67	97.31
TSi	7.265	7.250	7.495	7.618
TAl	0.573	0.632	0.424	0.382
TFe3	0.161	0.118	0.081	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.000	0.000	0.071
CCr	0.000	0.000	0.003	0.002
CFe3	1.866	1.306	0.975	0.652
CTi	0.027	0.033	0.005	0.012
CMg	1.304	1.347	2.268	2.190
CFe2	1.798	2.315	1.736	2.065
CMn	0.004	0.000	0.012	0.008
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.299	1.570	1.678	1.727
BNa	0.193	0.209	0.132	0.144
Sum_B	1.492	1.779	1.810	1.871
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.023	0.030	0.028	0.035
Sum_A	0.023	0.030	0.028	0.035
Sum_cat	14.515	14.809	14.838	14.906
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/105.5	F124/105.5	F124/105.5	F124/96.10A
Analysis	S1	S1	S1	10
Location	22	23	24	S1
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	50.9450	45.5424	48.9714	48.9173
TiO2	0.0899	0.5288	0.3216	0.3515
Al2O3	2.3718	4.6733	2.4349	2.8874
FeO	22.2735	28.4866	28.7265	29.1045
Cr2O3	0.0415	0.00	0.00	0.0256
MnO	0.1690	0.00	0.4257	0.00
MgO	9.3617	5.4140	5.9308	5.3131
CaO	10.6791	9.7677	8.3575	11.1858
Na2O	0.4811	0.8951	0.9631	0.3998
K2O	0.2136	0.3518	0.1345	0.0737
F	0.00	0.00	0.00	0.0183
Cl	0.00	0.00	0.00	0.3143
Total	96.58	95.66	96.27	98.57
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.08
O_F	0.00	0.00	0.00	0.01
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.07
H2O	1.9689	1.8719	1.9024	1.8393
CTotal	98.55	97.53	98.17	100.33
TSi	7.651	7.104	7.463	7.494
TAl	0.349	0.859	0.437	0.506
TFe3	0.000	0.037	0.100	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.070	0.000	0.000	0.014
CCr	0.005	0.000	0.000	0.003
CFe3	0.636	1.166	1.424	0.603
CTi	0.010	0.062	0.037	0.041
CMg	2.096	1.259	1.347	1.213
CFe2	2.161	2.513	2.137	3.126
CMn	0.021	0.000	0.055	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.718	1.633	1.365	1.836
BNa	0.140	0.271	0.285	0.119
Sum_B	1.858	1.903	1.649	1.955
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.041	0.070	0.026	0.014
Sum_A	0.041	0.070	0.026	0.014
Sum_cat	14.899	14.973	14.675	14.969
CCl	0.000	0.000	0.000	0.082
CF	0.000	0.000	0.000	0.009
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A
Analysis	11	12	13	14
Location	S1	S1	S1	S1
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	51.3025	50.4172	51.0732	49.7147
TiO2	0.1246	0.1378	0.1166	0.2280
Al2O3	1.3116	2.7786	3.0041	2.9055
FeO	26.6165	24.0426	22.4700	26.5492
Cr2O3	0.00	0.00	0.0073	0.0372
MnO	0.4956	0.1992	0.0836	0.00
MgO	6.8910	8.2015	9.1576	6.8135
CaO	9.6911	10.7396	11.3992	10.7731
Na2O	0.9066	0.4451	0.3419	0.3742
K2O	0.0360	0.0776	0.1629	0.0664
F	0.00	0.0127	0.00	0.00
Cl	0.3087	0.0548	0.0976	0.2643
Total	97.68	97.11	97.91	97.69
O_F_Cl	0.07	0.02	0.02	0.06
O_F	0.00	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.07	0.01	0.02	0.06
H2O	1.8651	1.9404	1.9661	1.8757
CTotal	99.48	99.03	99.86	99.51
TSi	7.765	7.595	7.612	7.542
TAl	0.234	0.405	0.388	0.458
TFe3	0.002	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.088	0.140	0.061
CCr	0.000	0.000	0.001	0.004
CFe3	0.791	0.674	0.450	0.717
CTi	0.014	0.016	0.013	0.026
CMg	1.555	1.842	2.035	1.541
CFe2	2.577	2.355	2.351	2.652
CMn	0.064	0.025	0.011	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.572	1.733	1.820	1.751
BNa	0.266	0.130	0.099	0.110
Sum_B	1.838	1.863	1.919	1.861
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.007	0.015	0.031	0.013
Sum_A	0.007	0.015	0.031	0.013
Sum_cat	14.845	14.878	14.950	14.874
CCl	0.079	0.014	0.025	0.068
CF	0.000	0.006	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A
Analysis	15	16	17	18
Location	S1	S1	S3	S3
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	49.1682	51.0769	50.3904	50.5198
TiO2	0.4418	0.0699	0.1026	0.2838
Al2O3	3.2538	2.8998	2.0096	2.7485
FeO	27.0335	22.5588	28.7478	25.8133
Cr2O3	0.0086	0.0710	0.0043	0.0344
MnO	0.00	0.1183	0.3007	0.0854
MgO	6.9782	9.2995	6.3726	7.4519
CaO	10.8234	11.4948	9.2435	9.6997
Na2O	0.5927	0.3991	0.5708	0.7033
K2O	0.1701	0.1505	0.0692	0.0708
F	0.0061	0.00	0.00	0.0559
Cl	0.5148	0.1024	0.4462	0.3651
Total	98.98	98.17	98.25	97.80
O_F_Cl	0.12	0.02	0.10	0.11
O_F	0.00	0.00	0.00	0.02
O_Cl	0.12	0.02	0.10	0.08
H2O	0.8166	1.9686	1.8213	1.8343
CTotal	99.68	100.12	99.97	99.52
TSi	7.402	7.595	7.561	7.569
TAl	0.577	0.405	0.355	0.431
TFe3	0.021	0.000	0.083	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.102	0.000	0.054
CCr	0.001	0.008	0.001	0.004
CFe3	0.799	0.473	1.263	0.976
CTi	0.050	0.008	0.012	0.032
CMg	1.566	2.061	1.426	1.664
CFe2	2.584	2.332	2.261	2.258
CMn	0.000	0.015	0.038	0.011
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.746	1.831	1.486	1.557
BNa	0.173	0.115	0.166	0.204
Sum_B	1.919	1.946	1.652	1.761
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.033	0.029	0.013	0.014
Sum_A	0.033	0.029	0.013	0.014
Sum_cat	14.952	14.975	14.665	14.775
CCl	0.131	0.026	0.114	0.093
CF	0.003	0.000	0.000	0.026
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A
Analysis	19	20	21	23
Location	S3	S3	S3	S3
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	50.6890	48.1446	48.7350	47.5164
TiO2	0.1164	0.5090	0.0665	0.1034
Al2O3	2.0243	3.7043	3.7899	5.0226
FeO	28.3331	27.2801	24.3939	24.8444
Cr2O3	0.00	0.0171	0.00	0.0359
MnO	0.5354	0.0022	0.2731	0.1202
MgO	6.7975	6.7883	8.8433	9.2522
CaO	8.6733	10.2169	10.2098	9.6094
Na2O	0.6635	0.7051	0.4063	0.3975
K2O	0.0652	0.1946	0.0871	0.0660
F	0.0304	0.0982	0.0505	0.0312
Cl	0.3912	-	0.0451	0.0597
Total	98.32	-	96.90	97.02
O_F_Cl	0.10	-	0.03	0.03
O_F	0.01	0.04	0.02	0.01
O_Cl	0.09	-	0.01	0.01
H2O	1.8287	0.6611	1.9116	1.9177
CTotal	100.05	-	98.78	98.91
TSi	7.536	7.291	7.277	7.003
TAl	0.354	0.661	0.666	0.872
TFe3	0.110	0.048	0.057	0.125
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.000	0.000	0.000	0.000
CCr	0.000	0.002	0.000	0.004
CFe3	1.471	1.030	1.307	1.809
CTi	0.013	0.058	0.007	0.011
CMg	1.507	1.533	1.968	2.033
CFe2	1.942	2.377	1.682	1.127
CMn	0.067	0.000	0.035	0.015
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.382	1.658	1.633	1.517
BNa	0.191	0.207	0.118	0.114
Sum_B	1.573	1.865	1.751	1.631
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.012	0.038	0.017	0.012
Sum_A	0.012	0.038	0.017	0.012
Sum_cat	14.585	14.902	14.768	14.643
CCl	0.099	0.000	0.011	0.015
CF	0.014	0.047	0.024	0.015
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A	F124/96.10A
Analysis	24	25	26	9
Location	S3	S3	S4	S1
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	48.4910	49.5308	49.0863	49.9059
TiO2	0.2968	0.2354	0.1393	0.3656
Al2O3	2.9155	2.6905	3.0593	2.6560
FeO	30.1139	26.9326	29.4907	28.0854
Cr2O3	0.00	0.0314	0.0255	0.00
MnO	0.00	0.0967	0.1101	0.0669
MgO	4.2450	7.1804	4.6224	6.8897
CaO	10.8008	9.7597	10.0743	10.0942
Na2O	0.4189	0.4515	0.5971	0.4800
K2O	0.0675	0.0686	0.0527	0.0585
F	0.00	0.00	0.00	0.0061
Cl	0.3280	0.2962	0.1718	0.3529
Total	97.68	97.24	97.40	98.96
O_F_Cl	0.07	0.07	0.04	0.08
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.07	0.07	0.04	0.08
H2O	1.8178	1.8568	1.8691	1.8613
CTotal	99.43	99.03	99.23	100.74
TSi	7.535	7.469	7.555	7.447
TAl	0.465	0.478	0.445	0.467
TFe3	0.000	0.053	0.000	0.087
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.069	0.000	0.110	0.000
CCr	0.000	0.004	0.003	0.000
CFe3	0.591	1.175	0.788	1.094
CTi	0.035	0.027	0.016	0.041
CMg	0.983	1.614	1.061	1.533
CFe2	3.322	2.168	3.008	2.324
CMn	0.000	0.012	0.014	0.008
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.798	1.577	1.661	1.614
BNa	0.126	0.132	0.178	0.139
Sum_B	1.924	1.709	1.840	1.753
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.013	0.013	0.010	0.011
Sum_A	0.013	0.013	0.010	0.011
Sum_cat	14.938	14.722	14.850	14.764
CCl	0.086	0.076	0.045	0.089
CF	0.000	0.000	0.000	0.003
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50
Analysis	40	41	42	43
Location	S1	S1	S1	S1
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	49.3410	49.1745	49.9473	50.6118
TiO2	0.0062	0.1160	0.0294	0.0276
Al2O3	3.7463	3.7451	3.4291	2.5471
FeO	25.3931	25.8407	24.1803	26.8797
Cr2O3	0.0374	0.0647	0.0002	0.00
MnO	0.0369	0.0002	0.1225	0.7602
MgO	7.3801	7.6716	8.4477	7.5489
CaO	11.1221	10.2713	10.6251	8.3907
Na2O	0.4027	0.5207	0.5650	0.9014
K2O	0.2725	0.2958	0.2067	0.1635
F	0.0437	0.0313	0.0004	0.0306
Cl	0.4591	0.5152	0.3075	0.5296
Total	98.20	98.18	97.86	98.39
O_F_Cl	0.12	0.13	0.07	0.13
O_F	0.02	0.01	0.00	0.01
O_Cl	0.10	0.12	0.07	0.12
H2O	1.8135	1.8029	1.8865	1.8013
CTotal	99.89	99.85	99.68	100.06
TSi	7.454	7.367	7.470	7.476
TAl	0.546	0.633	0.530	0.443
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.081
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.120	0.028	0.074	0.000
CCr	0.004	0.008	0.000	0.000
CFe3	0.650	1.065	0.842	1.573
CTi	0.001	0.013	0.003	0.003
CMg	1.662	1.713	1.883	1.662
CFe2	2.558	2.172	2.182	1.666
CMn	0.005	0.000	0.016	0.095
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.800	1.649	1.702	1.328
BNa	0.118	0.151	0.164	0.258
Sum_B	1.918	1.800	1.866	1.586
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.053	0.057	0.039	0.031
Sum_A	0.053	0.057	0.039	0.031
Sum_cat	14.971	14.857	14.906	14.617
CCl	0.118	0.131	0.078	0.133
CF	0.021	0.015	0.000	0.014
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50
Analysis	44	50	51	52
Location	S1	S5	S5	S5
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	47.7374	53.2783	52.8685	53.1876
TiO2	0.2903	0.0503	0.1649	0.0593
Al2O3	4.7519	1.5308	1.4822	0.6858
FeO	25.0564	19.2957	20.0237	21.1805
Cr2O3	0.00	0.0692	0.0676	0.00
MnO	0.00	0.0960	0.3955	0.2612
MgO	7.9546	11.3279	11.2720	10.3601
CaO	10.1029	12.4644	11.3508	11.5088
Na2O	0.6999	0.0987	0.3465	0.2620
K2O	0.4715	0.1296	0.1186	0.0486
F	0.0808	0.0132	0.0066	0.00
Cl	0.8626	0.1203	0.1215	0.0318
Total	98.01	98.41	98.15	97.59
O_F_Cl	0.23	0.03	0.03	0.01
O_F	0.03	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.19	0.03	0.03	0.01
H2O	1.6728	1.9960	1.9870	1.9948
CTotal	99.45	100.38	100.11	99.57
TSi	7.186	7.846	7.751	7.909
TAl	0.814	0.154	0.249	0.091
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.028	0.111	0.006	0.030
CCr	0.000	0.008	0.008	0.000
CFe3	1.167	0.038	0.512	0.295
CTi	0.033	0.006	0.018	0.007
CMg	1.785	2.487	2.463	2.297
CFe2	1.987	2.338	1.943	2.339
CMn	0.000	0.012	0.049	0.033
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.629	1.967	1.783	1.834
BNa	0.204	0.028	0.098	0.076
Sum_B	1.834	1.995	1.881	1.909
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.000	0.000
AK	0.091	0.024	0.022	0.009
Sum_A	0.091	0.024	0.022	0.009
Sum_cat	14.924	15.019	14.904	14.918
CCl	0.220	0.030	0.030	0.008
CF	0.038	0.006	0.003	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50
Analysis	54	55	56	57
Location	S5	S5	S5	S5
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	49.4696	53.0369	42.9558	49.1811
TiO2	0.0478	0.0437	0.7385	0.3481
Al2O3	4.0428	0.7860	7.6136	4.0302
FeO	26.0160	21.0895	27.3957	23.1403
Cr2O3	0.0057	0.00	0.0528	0.00
MnO	0.1362	0.2331	0.0183	0.2042
MgO	7.7770	10.0861	4.4896	7.8085
CaO	9.1657	11.8204	10.9786	11.3693
Na2O	0.6618	0.2124	1.1419	0.5643
K2O	0.2127	0.0362	0.9822	0.4183
F	0.00	0.0847	0.00	0.00
Cl	0.4129	0.0147	1.5920	0.6288
Total	97.94	97.44	97.91	97.69
O_F_Cl	0.09	0.04	0.36	0.14
O_F	0.00	0.04	0.00	0.00
O_Cl	0.09	0.00	0.36	0.14
H2O	1.8489	1.9525	1.4526	1.7909
CTotal	99.70	99.35	99.00	99.34
TSi	7.330	7.937	6.799	7.491
TAl	0.670	0.063	1.201	0.509
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.035	0.076	0.218	0.213
CCr	0.001	0.000	0.007	0.000
CFe3	1.483	0.118	0.529	0.258
CTi	0.005	0.005	0.088	0.040
CMg	1.718	2.250	1.059	1.773
CFe2	1.741	2.522	3.097	2.690
CMn	0.017	0.030	0.002	0.026
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.455	1.895	1.862	1.855
BNa	0.190	0.062	0.138	0.145
Sum_B	1.645	1.957	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.000	0.000	0.212	0.022
AK	0.040	0.007	0.198	0.081
Sum_A	0.040	0.007	0.410	0.103
Sum_cat	14.685	14.964	15.410	15.103
CCl	0.104	0.004	0.427	0.162
CF	0.000	0.040	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50
Analysis	58	59	60	66
Location	S5	S5	S5	S4
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	41.9957	52.7230	43.5418	50.1623
TiO2	0.7101	0.00	0.4570	0.2754
Al2O3	7.8227	0.9028	6.6644	3.2136
FeO	28.0921	22.7674	28.8741	25.2431
Cr2O3	0.00	0.0015	0.00	0.0345
MnO	0.00	0.2881	0.00	0.3220
MgO	4.2111	9.3924	4.1398	8.1595
CaO	11.1091	12.1892	10.8467	9.3299
Na2O	1.1291	0.0808	1.0707	0.7250
K2O	1.3934	0.0341	1.0557	0.1831
F	0.0183	0.0064	0.0423	0.00
Cl	2.2927	0.0110	2.1149	0.3712
Total	98.77	98.40	98.81	97.99
O_F_Cl	0.52	0.01	0.49	0.08
O_F	0.01	0.00	0.02	0.00
O_Cl	0.52	0.00	0.48	0.08
H2O	1.2414	1.9948	1.2852	1.8677
CTotal	99.49	100.38	99.61	99.78
TSi	6.698	7.871	6.899	7.433
TAl	1.302	0.129	1.101	0.561
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.006
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.167	0.030	0.142	0.000
CCr	0.000	0.000	0.000	0.004
CFe3	0.536	0.169	0.626	1.296
CTi	0.085	0.000	0.054	0.031
CMg	1.001	2.090	0.978	1.803
CFe2	3.211	2.674	3.200	1.827
CMn	0.000	0.036	0.000	0.040
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.898	1.950	1.841	1.481
BNa	0.102	0.023	0.159	0.208
Sum_B	2.000	1.973	2.000	1.690
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.247	0.000	0.170	0.000
AK	0.284	0.006	0.213	0.035
Sum_A	0.531	0.006	0.384	0.035
Sum_cat	15.531	14.980	15.384	14.724
CCl	0.620	0.003	0.568	0.093
CF	0.009	0.003	0.021	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F139/148.50	F139/148.50	F139/161,65	F139/161,65
Analysis	67	68	74	75
Location	S4	S4	S1	S1
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	49.0828	48.1771	52.9887	53.6930
TiO2	0.1985	0.1411	0.1375	0.5121
Al2O3	3.8552	3.7976	3.1151	2.2088
FeO	25.9373	24.4858	14.1586	13.0490
Cr2O3	0.00	0.0386	0.1151	0.1074
MnO	0.0989	0.2605	0.1530	0.2234
MgO	6.9129	7.4655	14.5783	14.6240
CaO	10.9747	11.2222	12.1028	12.9615
Na2O	0.6528	0.7062	0.2338	0.1643
K2O	0.4657	0.4228	0.1680	0.0364
F	0.00	0.2369	0.00	0.00
Cl	0.7471	0.6180	0.0197	0.0025
Total	98.93	97.53	97.66	97.47
O_F_Cl	0.17	0.24	0.00	0.00
O_F	0.00	0.10	0.00	0.00
O_Cl	0.17	0.14	0.00	0.00
H2O	1.7580	1.6500	2.0652	2.0742
CTotal	100.52	98.94	99.73	99.54
TSi	7.432	7.402	7.607	7.784
TAl	0.568	0.598	0.393	0.216
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.120	0.089	0.134	0.162
CCr	0.000	0.005	0.013	0.012
CFe3	0.560	0.484	0.398	0.000
CTi	0.023	0.016	0.015	0.056
CMg	1.560	1.710	3.120	3.161
CFe2	2.724	2.662	1.302	1.582
CMn	0.013	0.034	0.019	0.027
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	1.781	1.847	1.862	2.000
BNa	0.192	0.153	0.065	0.000
Sum_B	1.972	2.000	1.927	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.013
ANa	0.000	0.058	0.000	0.046
AK	0.090	0.083	0.031	0.007
Sum_A	0.090	0.141	0.031	0.066
Sum_cat	15.062	15.141	14.957	15.066
CCl	0.192	0.161	0.005	0.001
CF	0.000	0.115	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.075

Sample	F139/161,65	F139/161,65	F139/161,65	F139/161,65
Analysis	76	77	82	83
Location	S1	S1	S4	S1
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	51.8116	57.0956	50.3995	51.1535
TiO2	0.3044	0.0670	0.2072	0.1358
Al2O3	2.8868	1.0057	2.8118	3.5567
FeO	16.0661	8.3125	25.8697	19.5493
Cr2O3	0.0679	0.00	0.00	0.0439
MnO	0.3976	0.00	0.2964	0.6424
MgO	12.5290	19.3638	8.1338	11.2367
CaO	12.6364	12.2258	8.9978	9.2603
Na2O	0.2471	0.2075	0.6931	0.7277
K2O	0.0949	0.0534	0.1819	0.0900
F	0.0674	0.00	0.0434	0.0979
Cl	0.0159	0.0484	0.3959	0.1131
Total	97.06	98.38	98.03	96.56
O_F_Cl	0.03	0.01	0.11	0.07
O_F	0.03	0.00	0.02	0.04
O_Cl	0.00	0.01	0.09	0.03
H2O	1.9902	2.1488	1.8358	1.9184
CTotal	99.02	100.52	99.76	98.41
TSi	7.659	7.884	7.456	7.462
TAl	0.341	0.116	0.490	0.538
TFe3	0.000	0.000	0.054	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.161	0.047	0.000	0.072
CCr	0.008	0.000	0.000	0.005
CFe3	0.013	0.373	1.413	1.314
CTi	0.034	0.007	0.023	0.015
CMg	2.761	3.986	1.794	2.443
CFe2	1.973	0.587	1.733	1.071
CMn	0.050	0.000	0.037	0.079
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.000	0.000	0.000	0.000
BMn	0.000	0.000	0.000	0.000
BCa	2.000	1.809	1.426	1.447
BNa	0.000	0.056	0.199	0.206
Sum_B	2.000	1.864	1.625	1.653
ACa	0.001	0.000	0.000	0.000
ANa	0.071	0.000	0.000	0.000
AK	0.018	0.009	0.034	0.017
Sum_A	0.090	0.009	0.034	0.017
Sum_cat	15.090	14.874	14.659	14.670
CCl	0.004	0.011	0.099	0.028
CF	0.032	0.000	0.020	0.045
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.000	23.000	23.000	23.000

Sample	F72/80,10	F72/80,10	F72/80,10	F72/80,10
Analysis	69	71	72	73
Location	S5	S5	S5	S5
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	50.7849	51.5369	50.9328	51.5199
TiO2	0.1609	0.1457	0.0827	0.0842
Al2O3	2.1930	1.9077	1.6187	1.8380
FeO	24.0310	24.0581	23.9936	23.8026
Cr2O3	0.00	0.0293	0.1169	0.0643
MnO	0.2894	0.2160	0.3814	0.5469
MgO	11.0853	10.7082	10.1047	11.0809
CaO	7.5115	7.9312	7.9002	7.2084
Na2O	0.3285	0.3784	0.4980	0.4637
K2O	0.0734	0.0856	0.0767	0.0456
F	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl	0.1663	0.1628	0.0922	0.1130
Total	96.62	97.13	95.68	96.70
O_F_Cl	0.04	0.04	0.02	0.03
O_F	0.00	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.04	0.04	0.02	0.03
H2O	1.9239	1.9368	1.9237	1.9461
CTotal	98.50	99.03	97.58	98.62
TSi	7.741	7.834	7.883	7.853
TAl	0.259	0.166	0.117	0.147
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.135	0.175	0.179	0.183
CCr	0.000	0.004	0.014	0.008
CFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
CTi	0.018	0.017	0.010	0.010
CMg	2.519	2.427	2.332	2.518
CFe2	2.328	2.378	2.466	2.282
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.736	0.680	0.640	0.752
BMn	0.037	0.028	0.050	0.071
BCa	1.227	1.292	1.310	1.177
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.097	0.112	0.149	0.137
AK	0.014	0.017	0.015	0.009
Sum_A	0.111	0.128	0.165	0.146
Sum_cat	15.111	15.128	15.165	15.146
CCl	0.043	0.042	0.024	0.029
CF	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.012	23.087	23.130	23.104

Sample	F72/63,65	F72/63,65	F72/63,65	F72/80,10
Analysis	18	24	9	67
Location	S3	S7	S2	S1
Mineral	AMP	AMP	AMP	AMP
SiO2	51.2971	49.3060	50.9831	51.6650
TiO2	0.0852	0.0595	0.0444	0.1487
Al2O3	1.0902	2.1010	1.9225	1.7564
FeO	31.2656	35.1239	28.1189	23.7221
Cr2O3	-	-	-	0.00
MnO	0.7331	0.7368	1.1717	0.5033
MgO	7.6800	5.5771	7.3447	10.9813
CaO	6.0251	5.0365	7.0399	7.6817
Na2O	0.3503	0.4087	1.1254	0.4496
K2O	0.0579	0.0345	0.0322	0.0618
F	0.0224	0.00	0.00	0.0373
Cl	0.2391	0.3452	0.2516	0.1397
Total	98.85	98.73	98.03	97.15
O_F_Cl	0.06	0.08	0.06	0.05
O_F	0.01	0.00	0.00	0.02
O_Cl	0.05	0.08	0.06	0.03
H2O	1.8770	1.8182	1.8828	1.9260
CTotal	100.67	100.47	99.85	99.03
TSi	7.907	7.742	7.943	7.851
TAl	0.093	0.258	0.057	0.149
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
CAl	0.105	0.130	0.296	0.165
CCr	0.000	0.000	0.000	0.000
CFe3	0.000	0.000	0.000	0.000
CTi	0.010	0.007	0.005	0.017
CMg	1.765	1.305	1.706	2.488
CFe2	3.121	3.557	2.993	2.330
CMn	0.000	0.000	0.000	0.000
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5.000	5.000	5.000	5.000
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.909	1.055	0.670	0.685
BMn	0.096	0.098	0.155	0.065
BCa	0.995	0.847	1.175	1.251
BNa	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_B	2.000	2.000	2.000	2.000
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.105	0.124	0.340	0.132
AK	0.011	0.007	0.006	0.012
Sum_A	0.116	0.131	0.346	0.144
Sum_cat	15.116	15.131	15.346	15.144
CCl	0.062	0.092	0.066	0.036
CF	0.011	0.000	0.000	0.018
OH	-	-	-	-
Sum_oxy	23.073	23.009	23.298	23.097

Sample	F72/80.10	F72/80.10	F72/80.10
Analysis	75	76	78
Location	S5	S5	S5
Mineral	CHL	CHL	CHL
SiO2	28.3556	28.0684	25.9645
TiO2	0.0225	0.00	0.0359
Al2O3	14.5571	14.9909	18.3713
Cr2O3	0.0906	0.00	0.00
FeO	28.6858	29.1356	30.2290
Fe2O3	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00
MgO	14.3053	13.6638	11.9834
CaO	0.0456	0.0856	0.0757
Na2O	0.00	0.00	0.00
K2O	0.0517	0.0272	0.0529
F	0.00	0.0300	0.0885
Cl	0.00	0.00	0.00
H2O	10.9668	10.9025	10.8912
Total	97.08	96.90	97.69
O_F_Cl	0.00	0.01	0.04
O_F	0.00	0.01	0.04
O_Cl	0.00	0.00	0.00
CTotal	97.08	96.89	97.65
Si	6.202	6.166	5.697
AlIV	1.798	1.834	2.303
Sum_T	8.000	8.000	8.000
AlVI	1.951	2.044	2.444
Ti	0.004	0.000	0.006
Fe3	0.000	0.000	0.000
Fe2	5.247	5.352	5.547
Cr	0.016	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000
Mg	4.664	4.475	3.919
Ca	0.011	0.020	0.018
Na	0.000	0.000	0.000
K	0.014	0.008	0.015
Cations	19.907	19.899	19.949
CF	0.000	0.042	0.123
CCl	0.000	0.000	0.000
OH	16.013	15.989	15.953
O	36.000	36.000	36.000
Fe_FeMg	0.53	0.54	0.59
Mg_FeMg	0.47	0.46	0.41

Sample	F72/80.10	F72/80.10	F72/80.10	F72/80.10
Analysis	57	58	59	60
Location	S4	S4	S4	S1 POP
Mineral	CHL	CHL	CHL	CHL
SiO2	24.9667	25.0984	24.9176	25.3208
TiO2	0.0405	0.00	0.0375	0.0390
Al2O3	18.1929	17.9801	18.9559	18.2192
Cr2O3	0.00	0.0847	0.0375	0.00
FeO	29.8745	30.0118	29.8800	30.1018
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	11.9205	11.8224	11.4393	11.9714
CaO	0.0837	0.0567	0.0581	0.1493
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.00	0.0238	0.0109	0.0041
F	0.0120	0.00	0.0060	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	10.7008	10.6994	10.7553	10.8016
Total	95.79	95.78	96.10	96.61
O_F_Cl	0.01	0.00	0.00	0.00
O_F	0.01	0.00	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
CTotal	95.78	95.78	96.10	96.61
Si	5.592	5.626	5.555	5.621
AlIV	2.408	2.374	2.445	2.379
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
AlVI	2.391	2.372	2.532	2.384
Ti	0.007	0.000	0.006	0.007
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	5.596	5.626	5.571	5.589
Cr	0.000	0.015	0.007	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	3.980	3.951	3.802	3.962
Ca	0.020	0.014	0.014	0.036
Na	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.007	0.003	0.001
Cations	19.994	19.985	19.935	19.979
CF	0.017	0.000	0.008	0.000
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	16.001	16.011	16.009	16.010
O	36.000	36.000	36.000	36.000
Fe_FeMg	0.58	0.59	0.59	0.59
Mg_FeMg	0.42	0.41	0.41	0.41

Sample	F72/80.10	F72/80.10	F72/80.10	F72/80.10
Analysis	61	62	63	74
Location	S1 POP	S1 POP	S1 POP	S5
Mineral	CHL	CHL	CHL	CHL
SiO2	26.2199	28.5692	27.1473	28.7898
TiO2	0.0826	0.3509	1.2122	0.0225
Al2O3	18.0274	15.0527	15.9790	14.6538
Cr2O3	0.0791	0.00	0.00	0.0227
FeO	29.9029	28.7624	29.2318	28.5837
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	12.8253	13.7618	12.2388	14.7433
CaO	0.0844	0.1310	0.9831	0.0636
Na2O	0.00	0.0048	0.00	0.00
K2O	0.0286	0.4452	0.2653	0.0599
F	0.00	0.00	0.1147	0.0298
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	11.0335	11.0746	10.9192	11.0838
Total	98.28	98.15	98.09	98.05
O_F_Cl	0.00	0.00	0.05	0.01
O_F	0.00	0.00	0.05	0.01
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
CTotal	98.28	98.15	98.04	98.04
Si	5.700	6.186	5.933	6.223
AlIV	2.300	1.814	2.067	1.777
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
AlVI	2.315	2.025	2.045	1.953
Ti	0.014	0.057	0.199	0.004
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	5.436	5.209	5.342	5.167
Cr	0.014	0.000	0.000	0.004
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	4.156	4.442	3.987	4.751
Ca	0.020	0.030	0.230	0.015
Na	0.000	0.002	0.000	0.000
K	0.008	0.123	0.074	0.017
Cations	19.963	19.888	19.877	19.911
CF	0.000	0.000	0.159	0.041
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	16.013	16.010	15.931	15.996
O	36.000	36.000	36.000	36.000
Fe_FeMg	0.57	0.54	0.57	0.52
Mg_FeMg	0.43	0.46	0.43	0.48

Sample	F139/148,50	F139/148,50	F139/148,50	F139/148,50
Analysis	61	62	64	65
Location	S5	S5	S5	S5
Mineral	CHL	CHL	CHL	CHL
SiO2	26.0109	25.8979	27.1347	26.2996
TiO2	0.00	0.00	0.0820	0.00
Al2O3	17.1437	17.1364	17.2701	17.7132
Cr2O3	0.0165	0.00	0.00	0.0014
FeO	33.1096	32.3959	28.2214	30.7542
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	10.7531	11.4003	14.2288	12.2990
CaO	0.0312	0.0312	0.0245	0.0139
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.00
K2O	0.0383	0.0089	0.0819	0.0446
F	0.0293	0.00	0.00	0.0119
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	10.7881	10.8124	11.1216	10.9589
Total	97.92	97.68	98.17	98.10
O_F_Cl	0.01	0.00	0.00	0.01
O_F	0.01	0.00	0.00	0.01
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
CTotal	97.91	97.68	98.17	98.09
Si	5.775	5.744	5.851	5.752
AlIV	2.225	2.256	2.149	2.248
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
AlVI	2.258	2.220	2.237	2.314
Ti	0.000	0.000	0.013	0.000
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	6.148	6.009	5.089	5.625
Cr	0.003	0.000	0.000	0.000
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	3.559	3.769	4.574	4.010
Ca	0.007	0.007	0.006	0.003
Na	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.011	0.003	0.023	0.012
Cations	19.986	20.008	19.942	19.964
CF	0.041	0.000	0.000	0.016
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	15.991	16.010	16.011	16.002
O	36.000	36.000	36.000	36.000
Fe_FeMg	0.63	0.61	0.53	0.58
Mg_FeMg	0.37	0.39	0.47	0.42

Sample	F139/161,65
Analysis	86
Location	S4
Mineral	CHL
SiO2	28.4796
TiO2	0.00
Al2O3	17.7391
Cr2O3	0.0114
FeO	23.5839
Fe2O3	0.00
MnO	0.2044
MgO	16.2403
CaO	0.5179
Na2O	0.0102
K2O	0.0540
F	0.00
Cl	0.00
H2O	11.3987
Total	98.24
O_F_Cl	0.00
O_F	0.00
O_Cl	0.00
CTotal	98.24
Si	5.992
AlIV	2.008
Sum_T	8.000
AlVI	2.388
Ti	0.000
Fe3	0.000
Fe2	4.150
Cr	0.002
Mn	0.036
Mg	5.094
Ca	0.117
Na	0.004
K	0.014
Cations	19.805
CF	0.000
CCl	0.000
OH	16.012
O	36.000
Fe_FeMg	0.45
Mg_FeMg	0.55

Sample	F139/161,65	F139/161,65	F139/161,65	F139/161,65
Analysis	78	79	80	85
Location	S1	S1	S1	S4
Mineral	CHL	CHL	CHL	CHL
SiO2	26.5335	26.4746	26.9378	26.9052
TiO2	0.0551	0.0458	0.0229	0.0307
Al2O3	18.6888	18.6676	18.8468	18.4400
Cr2O3	0.0326	0.0580	0.0537	0.00
FeO	24.8212	24.6095	24.5825	24.5636
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	0.0602	0.0600	0.0115	0.0976
MgO	15.9799	15.9569	15.8360	16.1064
CaO	0.0485	0.0666	0.0189	0.2913
Na2O	0.00	0.00	0.00	0.0103
K2O	0.1204	0.1124	0.2220	0.0957
F	0.00	0.0186	0.00	0.00
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
H2O	11.2243	11.1873	11.2797	11.2702
Total	97.56	97.26	97.81	97.81
O_F_Cl	0.00	0.01	0.00	0.00
O_F	0.00	0.01	0.00	0.00
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00
CTotal	97.56	97.25	97.81	97.81
Si	5.670	5.673	5.728	5.728
AlIV	2.330	2.327	2.272	2.272
Sum_T	8.000	8.000	8.000	8.000
AlVI	2.373	2.384	2.448	2.351
Ti	0.009	0.007	0.004	0.005
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	4.436	4.410	4.372	4.373
Cr	0.006	0.010	0.009	0.000
Mn	0.011	0.011	0.002	0.018
Mg	5.091	5.097	5.020	5.112
Ca	0.011	0.015	0.004	0.066
Na	0.000	0.000	0.000	0.004
K	0.033	0.031	0.060	0.026
Cations	19.970	19.965	19.919	19.955
CF	0.000	0.025	0.000	0.000
CCl	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	16.013	16.004	16.014	16.018
O	36.000	36.000	36.000	36.000
Fe_FeMg	0.47	0.46	0.47	0.46
Mg_FeMg	0.53	0.54	0.53	0.54

Sample	F124/105,50	F124/105,50	F124/105,50	F124/105,50
Analysis	28	29	30	32
Location	S6	S6	S6	S5
Mineral	FEL	FEL	FEL	FEL
SiO2	66.2854	66.1722	69.0386	65.8746
TiO2	0.00	21.3590	0.00	0.00
Al2O3	20.7433	21.3590	19.9465	21.0469
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.1224	0.1819	0.1450	0.0827
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.0603	0.0120	0.0602
CaO	1.5348	1.7794	0.2044	1.8279
Na2O	9.7828	9.6163	10.4756	9.3773
K2O	0.1714	0.2324	0.2120	0.2059
Total	98.64	120.76	100.03	98.48
Si	11.746	9.904	12.008	11.695
Al	4.329	3.765	4.086	4.401
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	2.405	0.000	0.000
Fe2	0.018	0.023	0.021	0.012
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.004	0.001	0.004
Ca	0.291	0.285	0.038	0.348
Na	3.361	2.791	3.533	3.228
K	0.039	0.044	0.047	0.047
Cations	19.784	19.225	19.735	19.739
X	16.075	16.074	16.094	16.096
Z	3.709	3.147	3.640	3.639
Ab	91.1	89.5	97.7	89.1
An	7.9	9.1	1.1	9.6
Or	1.1	1.4	1.3	1.3

Sample	F124/105,50	F124/105,50	F124/105,50	F124/105,50
Analysis	33	34	35	36
Location	S5	S5	S5	S5
Mineral	FEL	FEL	FEL	FEL
SiO2	66.7530	66.8639	69.1805	68.7811
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.00
Al2O3	21.4046	20.9477	20.1974	20.1100
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.1492	0.1468	0.0826	0.1537
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.1443	0.0360	0.0360	0.00
CaO	1.8465	1.4704	0.2722	0.4024
Na2O	9.7409	9.6849	10.5285	10.5152
K2O	0.0845	0.1343	0.0999	0.1331
Total	100.12	99.28	100.40	100.10
Si	11.672	11.759	11.984	11.964
Al	4.408	4.339	4.120	4.120
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.022	0.022	0.012	0.022
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.010	0.002	0.002	0.000
Ca	0.346	0.277	0.051	0.075
Na	3.303	3.303	3.537	3.547
K	0.019	0.030	0.022	0.030
Cations	19.790	19.734	19.730	19.758
X	16.080	16.098	16.104	16.084
Z	3.700	3.634	3.624	3.674
Ab	90.0	91.5	98.0	97.1
An	9.4	7.7	1.4	2.1
Or	0.5	0.8	0.6	0.8

Sample	F124/105,50	F124/105,50	F124/105,50	F124/105,50
Analysis	37	38	39	40
Location	S5	S5	S5	S5
Mineral	FEL	FEL	FEL	FEL
SiO2	67.2450	68.1889	66.3243	68.7461
TiO2	0.00	0.00	0.00	0.0
Al2O3	20.0079	20.1889	21.3102	20.2257
Fe2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	0.1559	0.1032	0.1950	0.2225
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.0120	0.00	0.00	0.1200
CaO	0.4688	0.4611	1.4376	0.3391
Na2O	10.2147	10.4471	9.2576	10.4982
K2O	0.1546	0.1179	0.3234	0.1375
Total	98.26	99.51	98.85	100.29
Si	11.921	11.933	11.712	11.948
Al	4.177	4.161	4.432	4.140
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.023	0.015	0.029	0.032
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.001	0.000	0.000	0.008
Ca	0.089	0.086	0.272	0.063
Na	3.511	3.545	3.170	3.538
K	0.035	0.026	0.073	0.030
Cations	19.758	19.766	19.688	19.767
X	16.098	16.094	16.144	16.088
Z	3.659	3.672	3.544	3.671
Ab	96.6	96.9	90.2	97.4
An	2.4	2.4	7.7	1.7
Or	1.0	0.7	2.1	0.8

Sample	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50
Analysis	33	34	35	36
Location	S1	S1	S1	S1
Mineral	FEL	FEL	FEL	FEL
SiO2	69.1461	69.3295	69.3323	69.6367
TiO2	-	-	-	-
Al2O3	20.3280	20.1489	20.3089	19.9864
Fe2O3	-	-	-	-
FeO	0.1638	0.1417	0.0973	0.0575
MnO	-	-	-	-
MgO	-	-	-	-
BaO	0.00	0.0489	0.00	0.1222
CaO	0.3536	0.2351	0.3996	0.2312
Na2O	10.1862	10.3929	10.3113	10.3406
K2O	0.5398	0.2154	0.3034	0.2527
Total	-	-	-	-
Si	11.962	11.999	11.975	12.036
Al	4.141	4.107	4.131	4.068
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.024	0.021	0.014	0.008
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.003	0.000	0.008
Ca	0.066	0.044	0.074	0.043
Na	3.417	3.488	3.453	3.465
K	0.119	0.048	0.067	0.056
Cations	19.729	19.713	19.714	19.692
X	16.103	16.106	16.106	16.104
Z	3.626	3.604	3.608	3.580
Ab	94.9	97.4	96.1	97.2
An	1.8	1.2	2.1	1.2
Or	3.3	1.3	1.9	1.6

Sample	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50	F139/148.50
Analysis	39	46	48	49
Location	S1	S5	S5	S5
Mineral	FEL	FEL	FEL	FEL
SiO2	69.1350	68.9524	68.1911	68.8516
TiO2	-	-	-	-
Al2O3	19.9841	20.2010	20.1417	20.3007
Fe2O3	-	-	-	-
FeO	0.0883	0.1838	0.2348	0.5789
MnO	-	-	-	-
MgO	-	-	-	-
BaO	0.0977	0.00	0.1468	0.0734
CaO	0.2230	0.4645	0.5068	0.5789
Na2O	9.9232	10.5381	10.3479	10.1881
K2O	0.8145	0.2566	0.1243	0.2239
Total	-	-	-	-
Si	12.017	11.949	11.930	11.925
Al	4.091	4.123	4.150	4.141
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	0.013	0.027	0.034	0.084
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000
Ba	0.007	0.000	0.010	0.005
Ca	0.042	0.086	0.095	0.107
Na	3.345	3.541	3.510	3.422
K	0.181	0.057	0.028	0.049
Cations	19.703	19.783	19.767	19.738
X	16.108	16.072	16.080	16.066
Z	3.588	3.711	3.677	3.667
Ab	93.8	96.1	96.6	95.6
An	1.2	2.3	2.6	3.0
Or	5.1	1.5	0.8	1.4

Sample	F139/148.50
Analysis	69
Location	S4
Mineral	FEL
SiO2	69.1268
TiO2	-
Al2O3	20.5592
Fe2O3	-
FeO	0.1303
MnO	-
MgO	-
BaO	0.1309
CaO	0.3772
Na2O	10.5659
K2O	0.0503
Total	-
Si	11.928
Al	4.178
Fe3	0.000
Ti	0.000
Fe2	0.019
Mn	0.000
Mg	0.000
Ba	0.009
Ca	0.070
Na	3.535
K	0.011
Cations	19.759
X	16.106
Z	3.644
Ab	97.8
An	1.9
Or	0.3

Sample	F72/63,65	F72/63,65	F72/63,65
Analysis	55	56	58
Location	S5	S5	S5
Mineral	SPH	SPH	SPH
SiO2	28.9192	30.5281	28.6651
TiO2	35.2019	33.8924	39.2466
Al2O3	2.8557	2.5368	2.4110
Cr2O3	0.00	0.00	0.00
Fe2O3	0.00	0.00	0.00
FeO	6.2095	2.1853	4.0727
MnO	0.3420	0.0292	0.2041
MgO	1.8732	0.8327	0.8139
CaO	23.0371	26.7655	24.6057
Na2O	0.00	0.0163	0.0250
K2O	0.0088	0.00	0.0200
Total	98.45	96.79	100.06
H2O	4.9570	4.9407	5.076
Si	3.886	3.705	3.397
Al	0.452	0.363	0.336
Ti	3.558	3.094	3.498
Cr	0.000	0.000	0.000
Fe3	0.000	0.000	0.000
Mg	0.375	0.151	0.144
Fe2	0.698	0.222	0.404
Mn	0.039	0.003	0.020
Na	0.000	0.004	0.006
Ca	3.317	3.480	3.124
K	0.002	0.000	0.003
Sum_cats	12.327	11.022	10.932
O	20.0	20.0	20.0