

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

***PETROGRAFIA E GEOTERMOBAROMETRIA DAS ROCHAS
BÁSICAS E CALCIOSSILICÁTICAS DA FÁCIES GRANULITO
DA REGIÃO DE CACONDE, SP***

Marcio José Remédio

Orientador: Prof. Caetano Juliani

Co-orientador: Fernando Camargo Freitas

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2006/35)

SÃO PAULO

2006

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Petrografia e geotermobarometria das rochas básicas e
calciossilicáticas da fácies granulito da região de
Caconde, SP**

Marcio Jose Remédio



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Caetano Juliani

Prof. Dr. Renato de Moraes

Prof. Dr. Gergely Andres Julio Szabó

São Paulo

2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024309

PETROGRAFIA E GEOTERMOBAROMETRIA DAS ROCHAS BÁSICAS E
CALCIOSSILICÁTICAS DA FÁCIES GRANULITO DA REGIÃO DE CACONDE, SP

Marcio José Remédio



Orientador: Prof. Dr. Caetano Juliani

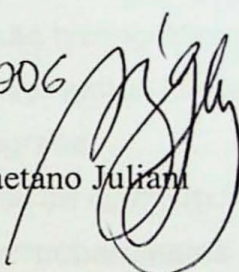
Co-orientador: Dr. Fernando Camargo Freitas

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2006/35)

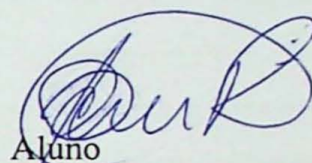
SÃO PAULO
2006

São Paulo, 14 de novembro de 2006

De acordo

p/ LTF-2006 

Orientador
Prof. Dr. Caetano Juliani



Aluno
Marcio José Remédio

SUMÁRIO

SUMÁRIO	1
1 IDENTIFICAÇÃO.....	2
<u>2</u> Resumo.....	3
<u>3</u> Abstract.....	3
4. Introdução	4
4.1 Geologia Regional	7
4.2 Geologia Local	8
4.2.1 Neoproterozóico – Complexo Pinhal.....	10
4.2.2 Paleoproterozóico – Grupo Caconde	11
4.2.3 Arqueano – Complexo Varginha–Guaxupé.....	12
5. Objetivos	12
6. Trabalhos Anteriores	13
7. Materiais e Métodos	17
7.1 Revisão bibliográfica	17
7.2 Levantamentos em campo	17
7.3 Petrografia.....	17
7.4 Análise do quimismo dos minerais em microsonda eletrônica	17
7.5 Geotermobarometria	18
8. Desenvolvimento do Trabalho	18
9. Resultados Obtidos	18
9.1 Petrografia.....	18
9.2. Química mineral	26
9.2.1 Granulitos máficos	26
9.2.2 Clinopiroxênio granada granulito (amostra CF31F).....	28
9.2.3 Clinopiroxênio granulito (amostra CF21a1).....	33
9.2.4 Granulito Calciossilicático (Amostra CA-3).....	36
9.3 Geotermobarometria	40
10. Discussão dos resultados.....	47
11 Conclusões	48
12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	55

1 IDENTIFICAÇÃO

- Número: TF 2006/35

- Título: Petrografia e Geotermobarometria das Rochas Básicas e Calciosilicáticas da Facies Granulito da Região de Caconde, SP

- Aluno: Marcio José Remédio

- Orientador: Prof. Dr. Caetano Juliani

- Co-Orientador: Dr. Fernando Camargo Freitas

Abstract

Mafic and calc-silicate units metamorphosed in granulite facies from Caconde area, shows appropriate parageneses in diverse petrographic and geothermobarometric studies. Mafic rocks are made up of garnet-clinopyroxene-plagioclase-quartz or garnet-clinopyroxene-plagioclase-quartz-ilmenite and garnet-clinopyroxene-plagioclase-quartz-ilmenite-ilmenite assemblages. These rocks record evidence for peak conditions of pressure and temperature over 8.2 kbar and 800°C, respectively. Plagioclase cores and garnet rims inclusions in garnet, show a maximum pressure of 7.1 kbar and temperature over 700°C. These values are possibly related to progressive metamorphic unroofing. Calculated GDZ molar fraction of calc-silicate rock with a maximum pressure of 8.2 kbar (maximum pressure obtained from the Caconde area) and $X_{CO_2} = 0.75$. Using this X_{CO_2} value, temperatures are around 700°C. With this study was possible obtain two P-T values, one of them corresponds to progressive – peak – metamorphic unroofing and the other one corresponds to the decompression unroofing. Both of them can be interpreted like an extensional tectonics unroofing.

Resumo

As rochas básicas e calciossilicáticas da fácies granulito da região de Caconde se mostraram bastante pertinentes para estudos petrográficos e geotermobarométricos. As rochas básicas apresentam a associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio-ortopiroxênio referente ao metamorfismo progressivo e granada-clinopiroxênio-plagioclásio-anfibólio quando se tratando do retrometamorfismo. Estas rochas atingiram no cálculo geotermobarométrico pressões de até 9,2 kbar e temperaturas de até 860°C para o pico metamórfico e pressões de 7,1 kbar e temperatura de no mínimo de 730°C, para os cálculos de inclusão de biotita+borda de plagioclásio incluso+borda da granada que os inclui para o metamorfismo progressivo. Para as rochas calciossilicáticas foi calculada a pressão máxima de X_{CO_2} no retrometamorfismo, o que ficou por volta de 0,75 quando calculado com a pressão máxima encontrada nas rochas da região (9,2 kbar), para estes parâmetros a temperatura ficou em torno de 765°. Estes estudos permitiram traçar duas trajetórias P-T-t, sendo uma com metamorfismo progressivo-pico metamórfico-retrometamorfismo e a outra traça o retrometamorfismo ambas representando uma descompressão quase isotermal (ITD).

Abstract

Mafic and calcic-silicates rocks metamorphosed in granulite facies from Caconde area, shows appropriate paragenesis to develop petrographic and geothermobarometric studies. Mafic rocks are made up of garnet-clinopyroxene-plagioclase-orthopyroxene in progressive assemblages and garnet-clinopyroxene-plagioclase-amphibole in retrometamorphism assemblages. These rocks reach metamorphic peak conditions of pressure and temperature near 9.2 kbar and 860°C respectively. Analyzed plagioclase and biotite rims inclusions in garnet, shows minimum pressures of 7.1 kbar and temperatures near 730°C. These values are possible related to progressive metamorphic process. Calculated CO_2 molar fraction of calc-silicate rock with a maximum pressure of 9.2 kbar (maximum pressure obtained from the Caconde area) are $X_{CO_2} = 0.75$. Using this X_{CO_2} value, temperatures are around 765°C. With this study was possibly obtain two P-T-t paths, one of these correspond to progressive – peak – retrograde metamorphic conditions and, the other one correspond to the decompression conditions. Both of them can be interpreted like an Isothermal Decompression path.

4. Introdução

A fácies granulito foi originalmente definida por Eskola (1939, em Juliani *et al.*, 2002) ao referir-se a rochas básica geradas em temperaturas altas, onde haveria a desidratação do anfibólio, produzindo ortopiroxênio. .

A concepção de metamorfismo como um processo dinâmico adotado na petrologia moderna é baseado na constatação de que os minerais metamórficos podem preservar as composições químicas e conseqüentes alterações causadas pelas variações de pressão e temperatura durante a sua cristalização (Spear & Selverstone, 1983; Thompson & England, 1984). Assim sendo, a geotermobarometria baseada na composição química dos minerais, provê dados quantitativos no espaço $P \times T$.

O equilíbrio termodinâmico local de uma rocha pode ser assim determinado por meio de fases minerais que participam de reações minerais sensíveis às mudanças das condições de pressão e temperatura. O zonamento químico dos minerais metamórficos é também indicativo de mudanças nas condições de pressão e temperatura durante a cristalização e pode ser usado para deduzir a evolução metamórfica da rocha e sua encaixante (Spear, 1995).

Terrenos de alto grau metamórfico preservam importantes informações sobre os processos tectônicos que resultam em acreção crustal e crescimento dos continentes (Harley, 1989).

A evolução da pressão-temperatura-tempo (P-T-t) dos granulitos é usualmente muito útil para os estudos tectônicos, pois, muitas destas rochas possuem assembléias de minerais adequadas aos estudos geotermobarométricos (Spear & Selverstone, 1983; Harley, 1989). A trajetória P-T-t de um determinado domínio crustal pode assim ser registrada numa rocha individual e/ou em rochas de diferentes níveis crustais formadas em um mesmo evento orogênico durante certo intervalo de tempo (Brown, 1993), o que é considerado como um registro da evolução tectônica de um terreno metamórfico (England & Thompson, 1984; Spear, 1995).

Em terrenos metamórficos de fácies granulito dois tipos de trajetórias P-T-t são reconhecidas (Bohlen, 1987; Harley, 1989): descompressão quase isothermal (ITD) e resfriamento quase isobárico (IBC). Assim sendo, a dedução dos caminhos P-T-t dos terrenos granulíticos são uma importante ferramenta para o entendimento da gênese e evolução da crosta inferior, dos movimentos relativos de blocos dentro de um orógeno, taxas e tipos de exumação e de aquecimento e espessamento crustal, especialmente para inferência de zonas de cavalgamento onde as evidências de campo são ambíguas (Harley, 1989; Spear, 1995).

Os minerais formados na fácies granulito comumente apresentam texturas coroníticas, que são usadas para definição da sua história termal e geodinâmica da crosta continental, fornecendo informações sobre episódios orogênicos, inclusive, por vezes sobre os estágios evolutivos iniciais, anomalias e reequilíbrios termais, influxo de CO₂, fusão crustal e diferenciação da crosta continental (Harley & Buick, 1992).

Os estudos já efetuados nos granulitos da região de Caconde (e.g. Juliani *et al.*, 1984; Freitas, 2006; Morales 1993, Oliveira, 1972 e 1973; Oliveira & Hypólito, 1973) apresentam uma série de texturas e estruturas muito adequadas ao estudo da sua evolução tectônica, em especial quanto à possível superposição de dois eventos metamórficos de alto grau (Juliani *et al.*, 1984), um de alta pressão e outro de alta temperatura, que podem ser correlacionados aos dois terrenos definidos por Del Lama (1993).

A área estudada situa-se no nordeste do Estado de São Paulo, próxima à divisa com o Estado de Minas Gerais (Figura 1), no município de Caconde.

Na região de Caconde afloram rochas de alto grau metamórfico intercaladas em migmatitos e gnaisses ortoderivados, além de uma expressiva seqüência metassedimentar metamorfisada na fácies granulito, denominada de Grupo Caconde por Hasui (1988, em Morales, 1993). Todo conjunto foi invadido por granitos neoproterozóicos do Complexo Pinhal.

Dentre as rochas metamórficas de alto grau ocorrem metabasitos, metacalcários impuros e rochas calciossilicáticas, cujas paragêneses são muito adequadas permitindo o estudo do metamorfismo e de sua evolução P–T–t, tanto por meio de diagramas de fases, como por geotermobarometria.

Os metabasitos tipicamente apresentam paragêneses com granada, clinopiroxênio, ortopiroxênio, hornblenda, plagioclásio, quartzo e ilmenita, e as rochas calciossilicáticas e metacalcários possuem anfibólios, granada, plagioclásio, escapolita, wollastonita e clinopiroxênio (Freitas, 2006), cristalizados em eventos de metamorfismo progressivo e, em parte, retrógrado, o que permitiram boas estimativas das condições P–T do metamorfismo e sua evolução em relação ao tempo relativo da cristalização (t).

Para tanto foram realizados estudos petrográficos e microquímicos de amostras selecionadas a fim de reconhecer as possíveis trajetórias metamórficas destas rochas.

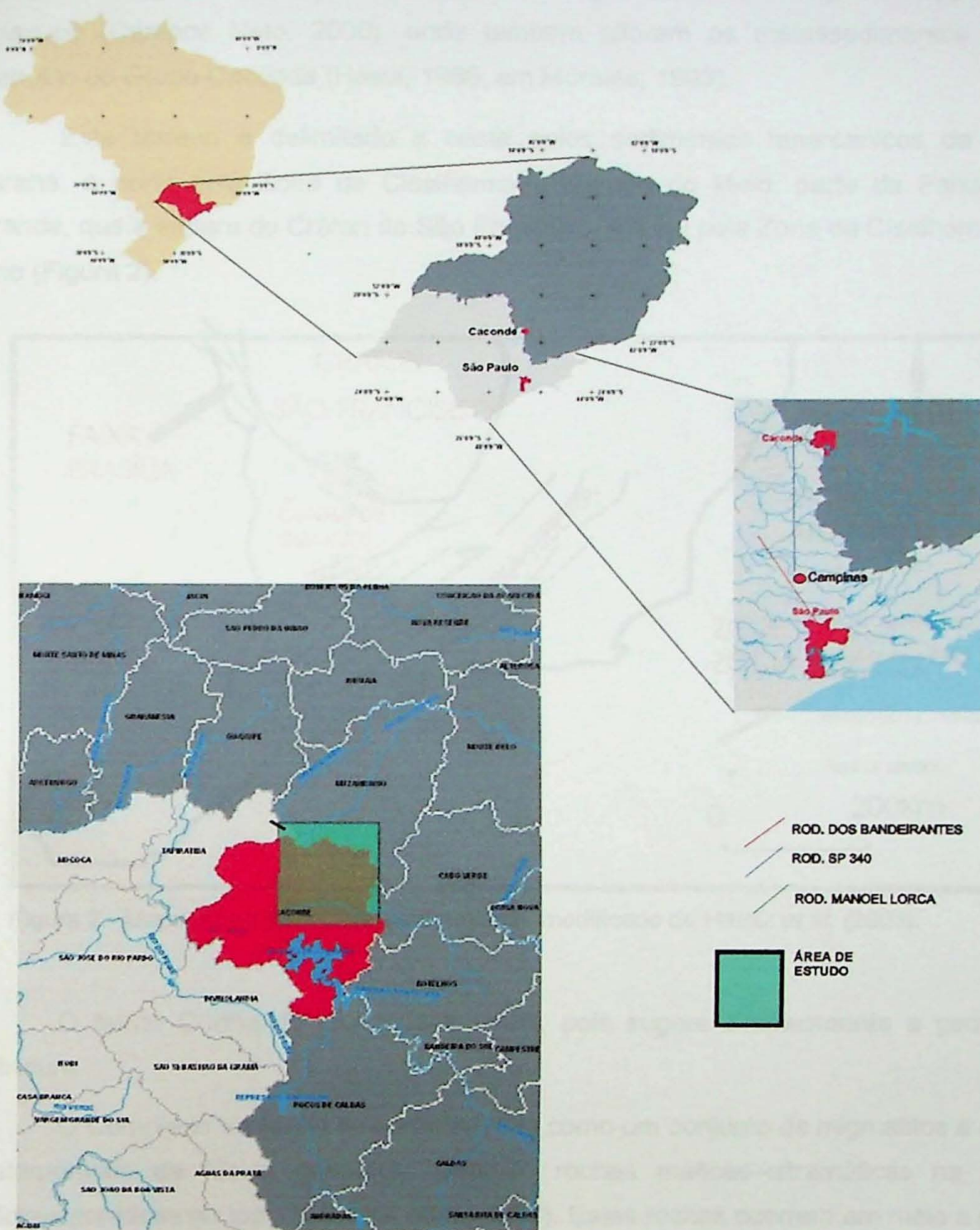


Figura 1 - Localização da área de estudo, modificado de Schobbenhaus 2004.

4.1 Geologia Regional

A região de Caconde insere-se na porção centro-norte da Cunha de Guaxupé, ou Complexo Varginha–Guaxupé, ou Complexo Varginha (Ebert, 1971), ou Nappe Socorro–Guaxupé (Campos Neto, 2000), onde também afloram os metassedimentos da fácies granulito do Grupo Caconde (Hasui, 1988, em Morales, 1993).

Este terreno é delimitado a oeste pelos sedimentos fanerozóicos da Bacia do Paraná, a norte pela Zona de Cisalhamento Campo do Meio, parte da Faixa Alto Rio Grande, que a separa do Cráton do São Francisco, e a sul pela Zona de Cisalhamento Ouro Fino (Figura 2).

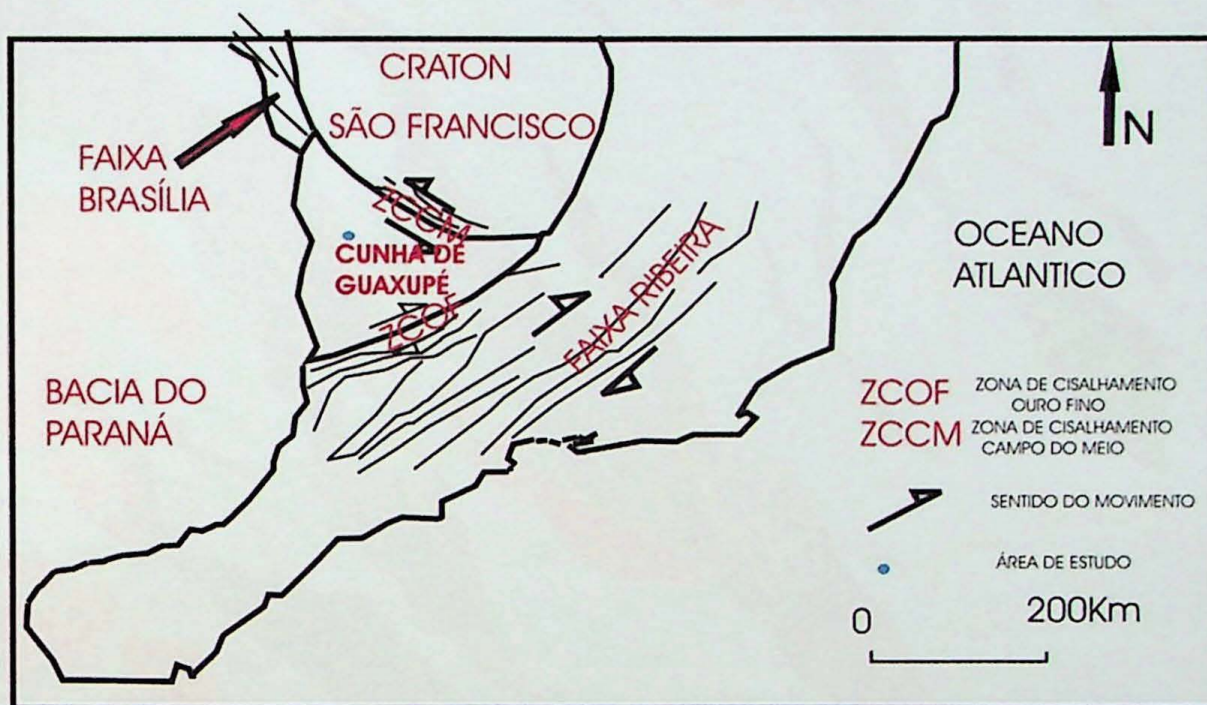


Figura 2 - Mapa do contexto tectônico regional, modificado de Heintz *et al.* (2003).

O termo Cunha de Guaxupé é usual, pois sugere simplesmente a geometria da estrutura.

O Complexo Varginha foi caracterizado como um conjunto de migmatitos e de rochas metamórficas da fácies granulito, incluindo rochas máficas–ultramáficas na base até hololeucocráticas no topo (Wernick *et al.*, 1984). Estas rochas ocorrem em meio a rochas da fácies anfibolito, em parte migmatizadas e remigmatizadas em grau variável, e retrometamorfisadas na fácies anfibolito à xisto verde (Oliveira, 1984). Sua história deformacional parece estar ligada à atuação de vários ciclos tectônicos sucessivos, desde o Jequié até o Brasileiro.

A denominação Complexo Varginha foi adotada para de todo conjunto de rochas pré-cambrianas que compõe o Domínio Guaxupé, em função da imbricação tectônica que justapõe os litotipos. Entretanto, as rochas da faixa metassedimentar central deste Domínio

contrastam notavelmente com as do Complexo Varginha e assim sendo, Campos Neto & Figueiredo (1985) e Campos Neto (1991) optaram por denominá-lo como Complexo Caconde. A denominação de Grupo Caconde, segundo Morales *et al.* (1992) é preferível por serem estas rochas metassedimentares, apesar da forte deformação penetrativa que afetou todo conjunto paralelizou os contatos obliterando as relações de contato e estratigráficas originais.

Rochas graníticas com migmatitos associados constituem grandes complexos ígneos dentro dos terrenos mais antigos, as quais foram definidas por Wernick *et al.* (1984) como Grupo Pinhal, posteriormente renomeado por Janasi (1992) como Complexo Pinhal.

O Complexo é constituído por granitóides foliados, anatexitos e migmatitos resultantes da anatexia de rochas das unidades mais antigas.

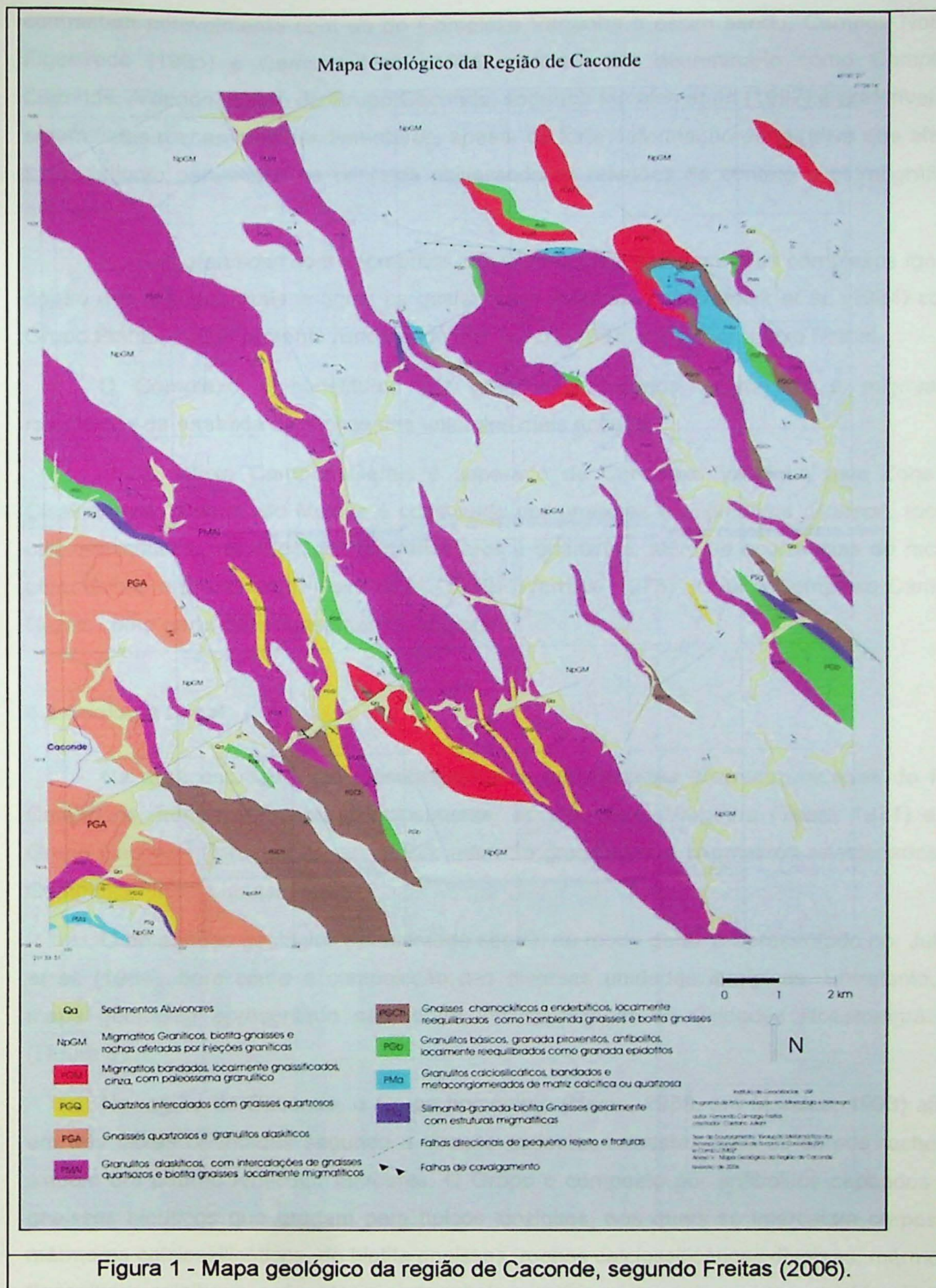
O Complexo Campos Gerais é separado do Complexo Varginha pela Zona de Cisalhamento Campo do Meio e é constituído por gnaisses e migmatitos diversos, rochas calciossilicáticas, calcários, xistos granatíferos e quartzitos, além de ocorrências de rochas ultramáficas e granulitos Oliveira *et al.* (1973). Wernick (1978) inclui o Complexo Campos Gerais como parte do embasamento Arqueano.

4.2 Geologia Local

Na área estudada são identificadas e individualizadas diversas unidades do Pré-Cambriano, sendo atribuídas principalmente, ao Complexo Varginha (Ebert, 1971) e ao Grupo Caconde (Morales *et al.*, 1992), além de granitóides e migmatitos relacionadas ao Complexo Pinhal (Janasi 1992).

O arcabouço geológico apresentado segue, de modo geral, o apresentado por Juliani *et al.* (1984), bem como a composição das diversas unidades litotípicas. Entretanto, no mapa geológico apresentado não foram individualizadas as unidades litoestratigráficas (Figura 3).

Na região de Caconde, o Grupo homônimo (Hasui, 1988, em Morales, 1993) aflora em três faixas orientadas segundo a direção sudeste–noroeste, onde os corpos rochosos exibem um padrão lenticular marcante. O Grupo é composto por anfibolitos capeados por gnaisses biotíticos que gradam para típicos kinzigitos, nos quais se intercalam corpos de mármore calciossilicáticos, de biotita gnaisses, rochas calciossilicáticas diversas, mármore flogopíticos calcíticos, anfibolitos e metaconglomerados com matriz quartzo–calcítica (Juliani *et al.*, 1984; Freitas, 2006).



metaconglomerados quartzo–feldspáticos. Assim, esta seqüência é interpretada como parte de um pacote de rochas supracrustais assentadas sobre o Complexo Varginha, metamorfasadas na fácies granulito, de origem vulcanossedimentar, especialmente na base, sobrepostas aos terrenos gnáissico–migmatíticos de composição tonalítica–granodiorítica (Morales, 1992; Mendes & Juliani, 1996).

As principais unidades são:

4.2.1 Neoproterozóico – Complexo Pinhal

Ocorrem nesta unidade rochas granitóides em diferentes graus de migmatização, gnaissificação e localmente milonitização.

Comumente ocorrem granitos róseos, porfiríticos ou não, com aproximadamente, 30 a 35% de quartzo, 35% de microclínio, 20% de plagioclásio e 5 a 10% de máficos (biotita e anfibólio).

Rochas granitóides hololeucocráticas a leucocráticas também ocorrem nesta unidade e apresentam quartzo orientado ou estirado (30 a 35%), feldspatos potássicos intensamente caolinizados, anfibólios alterados de cor ocre e pirita disseminada, além de níveis pegmatíticos.

Anfibólios estão mais comumente preservados em porções menos cisalhadas. O cisalhamento confere a estas rochas cor esverdeada devido à intensa cloritização associada. Em regiões fortemente deformadas nos planos de milonitização ocorre, além da clorita, muscovita e epídoto indicando retrabalhamento em condições de pressão e temperatura compatível com a fácies xisto verde.

Localmente, observam-se *boudins* de anfibolito e evidências de transposição, em leitos quartzo feldspáticos discordantes, que são relacionados às rochas granitóides, porém gnaissificadas. A própria transposição discordante evidencia migmatização anterior à gnaissificação.

Outra feição comum destas rochas é o desenvolvimento de microclínio como porfiroblastos, observados nas rochas gnaissificadas e que pode ser atribuídas a um evento de metassomatismo potássica, possivelmente vinculado com a intrusão dos granitos do Complexo Pinhal.

4.2.2 Paleoproterozóico – Grupo Caconde

As principais unidades que compõem este Grupo são:

- **Unidade AcGM:** Esta unidade representa as rochas de maior extensão aflorante na área de estudo. São constituídas, principalmente, por anfibólio e/ou biotita gnaisses, com granada local, de cor cinza-escuro e granulação média. A estrutura gnáissica foi originada pela transposição tectônica de rochas migmatíticas e/ou gnáissicas e as rochas apresentam-se bandadas, tendendo localmente para tipos mais homogêneos, com foliação sempre evidente e dobras intrafoliais desenhadas por níveis mais félsicos. São encontrados também corpos subordinados de granulitos, charnockitos, anfibolitos e kinzigitos.

O contato com as demais unidades é quase sempre tectônico, mas é gradativo com os granulitos alaskíticos (unidade AcGH).

- **Unidade AcGH:** É formada por intercalações de granulitos alaskíticos com gnaisses e gnaisses parcialmente migmatizados. Constitui-se numa unidade litotípica híbrida e são também comuns intercalações tectônicas e gradativas com gnaisses com anfibólio, gnaisses quartzosos e quartzitos. Localmente, em especial nas rochas mais ricas em minerais máficos, podem ocorrer granada, hornblenda, biotita e ortopiroxênio em pequeno volume.

Esta unidade é interpretada como originada pelo metamorfismo de sedimentos arcoseanos e quartzo-pelíticos, como sugerido pelas freqüentes intercalações de gnaisses quartzosos.

- **Unidade AcHa:** é constituída por granulitos alaskíticos constituídos por 55 a 60% de feldspatos potássicos róseos (principalmente microclínio), 35 a 40% de quartzo, <5% de plagioclásio e <3% de biotita. Em geral, estas rochas apresentam-se bastante foliadas com veios pegmatíticos locais. O cisalhamento tardio propiciou a formação de concentrações de quartzo lenticulares e feldspatos em bandas mais grossas, formadas por segregação metamórfica. As foliações S/C indicam transporte de massa para NE durante este evento, e as paragéneses minerais são compatíveis com as fácies dos xistos verdes a anfibolito. Esta unidade grada para a unidade AvHq constituída de quartzitos feldspáticos com corpos lenticulares métricos a decamétricos de quartzitos típicos.

- **Unidade AcHb:** Esta unidade é composta por rochas em geral verde-escuro, de textura granoblástica, às vezes foliadas com granulação média a grossa. São constituídas por hornblenda, plagioclásio, diopsídio e acessórios como granada, biotita, ortopiroxênio, feldspato potássico e opacos. Magnetita ocorre nos colúvios destes corpos. As rochas são piroxênio anfibolitos, anfibolitos, hornblenda-piroxênio granulitos e granada-piroxênio granulitos.

- **Unidade AcHc:** Esta unidade é uma das principais para o presente trabalho, por ser a unidade que contém as rochas cálciossilicáticas. Foi mapeada principalmente por ocorrência de blocos e matacões, sendo raros afloramentos de rochas não intemperizadas *in situ*. Os diversos corpos são de rochas de granulação fina a média, finamente bandados, brancos, acinzentados ou verdes e compostos de diopsídio, microclínio, plagioclásio e subordinadamente quartzo, titanita, escapolita, wollastonita, sulfetos e opacos.

4.2.3 Arqueano – Complexo Varginha–Guaxupé

Esta unidade é constituída de rochas de fácies granulito reequilibradas em fácies anfibolito, migmatizadas. Predominam granulitos ácidos a básicos, migmatitos e granitóides hololeucocráticos com pouca hornblenda foliados, com porções mais milonitizadas, e outras pegmatóides quase sem foliação. Os granulitos básicos são compostos por aproximadamente 40% de plagioclásio e 60% de hornblenda e gradam para rochas ortognaissicas com intercalações de biotita e hornblenda, e quartzo e feldspato que gradam para ortognaisses hololeucocráticos com finas bandas máficas compostas de biotita e hornblenda. O contato entre este conjunto e o Grupo Caconde se dá por cisalhamento.

5. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho foi à caracterização do metamorfismo de alto grau das rochas calciosilicáticas e básicas da região de Caconde (SP), por meio de estudos petrográficos, microquímicos por microsonda eletrônica (MSE) e por geotermobarometria de amostras selecionadas. Estes estudos permitiram:

- Detalhar a petrografia das rochas granulíticas básicas, calciosilicáticas e carbonáticas, por meio de suas associações minerais, texturas e de microestruturas;
- O estabelecimento da trajetória dos eventos metamórficos progressivos e retrógrados, através de estudos geotermobarométricos baseados em domínios microestruturais e microtexturais;
- A caracterização do tipo de metamorfismo da região;
- Contribuir com o aprimoramento dos modelos tectônicos regionais, utilizando-se de comparações com a evolução e padrões metamórficos/deformacionais das unidades regionais.

6. Trabalhos Anteriores

Neste capítulo é apresentada uma compilação dos trabalhos realizados na área de estudo e também nas suas adjacências, em especial aqueles que focam os estudos em desenvolvimento nesse Trabalho de Formatura.

A área de trabalho encontra-se inserida no Complexo Varginha, a sul de Minas Gerais e adjacências, primeiramente descrito por Ebert (1971), o qual havia estudado estas rochas granito- gnáissicas em anos anteriores.

Ocorrendo logo a sul do Cráton do Paramirim, o Complexo Varginha acha-se inserido no Cinturão Móvel Alfenas (Oliveira, 1984) onde os principais litotipos são migmatitos variados, com paleossomas granulíticos, gnáissicos, anfibolíticos, dioríticos, calciossilicáticos e quartzíticos. Subordinadamente são encontrados corpos decamétricos a quilométricos, em geral lenticulares, dos mesmos litotipos bem preservados da migmatização.

Wernick & Penalva (1974) denominaram as rochas intensamente migmatizadas e feldspatizadas presentes nos Grupos Varginha e Amparo de Grupo Pinhal. As estas rochas foi atribuída idade pré-Brasiliana, e para as rochas granulíticas foi aventada a hipótese da idade ser pré-transamazônica, possivelmente pertencente ao ciclo Jequié.

Oliveira (1972; 1973) fez descrições petrográficas dos gnaisses, granulitos e demais rochas da região caracterizando os diversos litotipos da área como pertencentes à fácies granulito e retrometamorfizados posteriormente em fácies anfibolito.

Oliveira & Hypólito (1973) descreveram as rochas calciossilicáticas e analisaram a sua composição química da região de São José do Rio Pardo, tendo concluído que estas rochas se formaram em condições de metamorfismo regional e que pertencem ao mesmo evento que levou à formação dos gnaisses e granulitos.

Oliveira & Alves (1976) caracterizaram ocorrência de wollastonita associada ao diopsídio em algumas das rochas calciossilicáticas associadas aos granulitos e migmatitos, implicando em áreas onde a pressão e temperatura eram da fácies anfibolito.

Oliveira & Rupert (1980) fez também estudos da composição química da escapolita em associações calciossilicáticas da região de São José do Rio Pardo–Caconde, tendo concluído que, de modo geral, estão representados os termos mais cálcicos da série, ou seja, dípiro, mizonita e meionita. A presença de wollastonita, raramente encontrada em áreas de metamorfismo regional, pode ter tido sua formação facilitada pela cristalização da escapolita, a qual abaixa a pressão parcial de CO₂.

Quanto à evolução e nomenclatura destas unidades litoestratigráficas. Wernick (1978) dividiu o Grupo Pinhal nos Complexos Pinhal e Socorro, respectivamente situados ao

norte da Falha de Jacutinga e a sul da Falha de Inconfidentes e posteriormente denominados Complexo Varginha–Guaxupé por Schobbenhaus Filho (1979).

Del Lama (1993) estabeleceu Uma correlação entre os complexos campos geais e Varginha-Guaxupé.

Oliveira *et al.* (1983) estudou as rochas da região de Pouso Alegre e Machado (MG) e, reconhecendo a existência de mais de um ciclo de dobramentos, individualizou os grupos Pinhal e Amparo e o Complexo Silvianópolis.

Campos Neto & Figueiredo (1985) Campos Neto (1991) propuseram o abandono do nome Complexo Varginha para as rochas da região e retomaram as denominações de Complexo Pinhal para os granitóides que ocorrem desde a região de Jacutinga (MG), de Complexo Itapira para os metas sedimentos das regiões de Caconde e São José do Rio Pardo e definiram o Complexo Caconde como formado por rochas metassedimentares da faixa central do Domínio Guaxupé, para as quais descreveram três unidades litoestratigráficas, a "basal" e a "superior" com predomínio de granada-biotita gnaisses e a "intermediária", aparentemente de grande expressão regional, formadas por rochas metapsamíticas variadas, principalmente quartzitos impuros e gnaisses quartzosos, com outros litotipos associados como anfibolitos, rochas calciossilicáticas e mármore.

Juliani *et al.* (1984) descreveram a geologia do Complexo como sendo constituída por rochas crustais e crustais poligenéticas, incluindo-se no grupo dos metassedimentos rochas calciossilicáticas, quartzitos, gnaisses quartzosos, kinzigitos e granulitos metapelíticos, representados por sillimanita + granada $\pm$ cordierita gnaisses, e metaígneas básicas a ácidas, como piroxênio anfibolitos, hornblenda-piroxênio granulitos, granada granulitos, granulitos máficos (hiperstênio-hornblenda granulitos) e granulitos hololeucocráticos. Pelo menos em parte das meta-ígneas, especialmente as básicas, foram consideradas como de origem vulcânica ou vulcanoclástica. Os granulitos alaskíticos, por interdigitarem-se com os quartzitos, foram considerados como produtos do metamorfismo de sedimentos quartzo–feldspáticos, muito embora alguns corpos possam representar meta-ígneas ácidas hololeucocráticas vulcânicas ou plutônicas. Entre os granulitos calciossilicáticos foram descritos metaconglomerados com matriz de diopsídio mármore e escapolita-diopsídio mármore, comumente com grãos de quartzo angulosos, com texturas clásticas ainda preservadas, e seixos de rochas diversas, incluindo anfibolitos, rochas calciossilicáticas, mármore, granulitos leucocráticos e alaskíticos, migmatitos, quartzitos e pegmatitos, além de seixos de quartzo variavelmente arredondados e, freqüentemente, muito estirados pelo tectonismo. O modelo evolutivo crustal proposto foi, em essência, o seguinte:

a) Formação de um embasamento, possivelmente no Arqueano, do tipo *gray gneiss*.

- b) Instalação de uma bacia sedimentar, talvez do tipo *rift*, com sedimentação clástica fina a grossa (com conglomerados de matriz carbonática), incluindo possíveis evaporitos (devido à presença abundante de escapolita em algumas das rochas calciossilicáticas) e formações ferríferas, com atividade vulcânica básica a ácida.
- c) Metamorfismo de alto grau, com granulitização parcial das rochas crustais e supracrustais.
- d) Migmatização intensa no Brasileiro.
- e) Retrometamorfismo na fácies dos xistos verdes, provavelmente no mesmo período do último evento.

Este modelo evolutivo é semelhante ao apresentado ao apresentado por Morales *et al.* (1988).

Juliani *et al.* (1995) consideram estas relíquias de texturas e estruturas sedimentares como indicativas de deposição em leques aluviais e de retrabalhamento subaquoso e os leitos ricos em escapolita e microclínio são interpretados como sendo metaevaporitos sódico/potássicos.

Hasui *et al.* (1990) em Mendes & Juliani (1996) fizeram novos estudos estruturais na área e caracterizaram a existência de intensas transposições tectônicas, que regionalmente refletem regimes de esforços E–W podendo ser associadas a um evento de cisalhamento simples.

Morales *et al.* (1992), Zanardo (1992), Morales (1993), Morales *et al.* (1994), Juliani *et al.* (1996) e Mendes & Juliani (1996) descreveram o Grupo Caconde, o qual é separado pelo reconhecimento dos litotipos inequivocadamente metassedimentares.

Freitas (2006) dividiu os granulitos básicos da região de Caconde em três conjuntos, quais sejam:

- a) clinopiroxênio granulitos
- b) granada-clinopiroxênio granulitos
- c) clinopiroxênio-hiperstênio-granda granulitos

Freitas (2006) caracterizou petrograficamente as rochas calciossilicáticas, e as distinguiu em dois grupos, segundo a presença ou ausência de wollastonita. Onde a wollastonita está ausente se observa uma maior tendência da presença de escapolita, o que sugere uma menor pressão parcial de CO₂, relativamente aos litotipos com wollastonita onde as associações de pico metamórfico são indicadas pela paragênese escapolita-wollastonita. Freitas (2006) descreve que wollastonita ocorre em equilíbrio com a escapolita, porém textura de desequilíbrio também são observadas onde ambos minerais são

separados por um fosso (*moat texture*) com granada + quartzo envolvendo a escapolita. Entretanto, não faltam rochas em que estes estão em equilíbrio.

Freitas (2006) descreve ainda os metaconglomerados de matriz calcítica como caracterizados pela presença de calcita, wollastonita, granada e escapolita. Nessas rochas pode ainda ocorrer oligoclásio ou feldspato potássico granoblásticos recristalizados a partir de clastos.

Freitas (2006) caracterizou para as rochas granulíticas de Caconde condições de equilíbrio entre 760 e 870 °C, onde tal gradiente seria caracterizado por uma anomalia geotérmica semelhante às modeladas por Speer (1995) para regiões de alto fluxo térmico mantélico, ou de crosta duplicada após o relaxamento termal. Ressaltou também que condições báricas mais elevadas, entre 9,5 e 11,3 kbar, e temperaturas entre 850 e 900 °C em rochas cuja assembléia mineral é composta por granada-clinopiroxênio-plagioclásio-quartzo.

Del Lama (1998) realizou estudos petrográficos e de geotermobarometria em litotipos parecidos aos de Caconde. No município de Guaxupé (MG), que se situa nas vizinhanças da área em estudo, e se insere tectonicamente no mesmo contexto da Cunha de Guaxupé.

Destacam-se nestes litotipos apenas o fato de estarem, em parte, mais afetados pela Zona de Cisalhamento de Varginha. Os gnaisses granulíticos bandados de composição mais básica são formados por piroxênio gnaiss anfibolíticos ou não, e piroxênio anfibolitos, com plagioclásio, piroxênio, anfibólio, quartzo, feldspato potássico, biotita e opacos, onde zircão e apatita são descritos como ocorrências pontuais.

Del Lama (1998) descreve ainda rochas calciossilicáticas que subdividiu em dois conjuntos, um com pouco feldspato potássico e outro com muito feldspato potássico

Os estudos geotermobarométricos de Del Lama (1998) revelaram que os granada granulitos foram metamorfisados entre 710 e 980 °C a 8,7 e 13,2 kbar, seguindo o limite P-T da reação cianita–sillimanita. As trajetórias retrometamórficas indicam um alçamento dos terrenos granulíticos seguindo uma descompressão aproximadamente isotérmica, além de efeitos causados pelas intrusões de granitóides que ocorreram na região. Para os granulitos ácidos apresenta um intervalo de valores de 700-810 °C e 8,9-10,8 kbar, também seguidos por uma descompressão quase isotérmica.

Para ambos os autores citados acima é consensual que estas rochas foram reequilibradas em condições de metamorfismo da fácies granulito, evidenciados por suas paragêneses, e que sofreram descompressão quase isothermal (*near isothermal decompression*). Os valores de temperatura e pressão obtidos por ambos são muito próximos e podem ser correlacionados ao mesmo evento tectono-metamórfico.

7. Materiais e Métodos

7.1 Revisão bibliográfica

A pesquisa foi feita com a consulta das publicações nacionais, como os anais de congressos e simpósios de geologia, Revista Brasileira de Geociências, e da bibliografia internacional, tanto a referente à petrologia metamórfica, geotermobarometria, geologia da região, quanto àquelas que versam sobre terrenos antigos de alto grau bem estudados, como os da *Superior Province*, *Central Finland*, *Torngat Oregon*, *Est Antártica*, *Limpopo Belt*, etc.

Além da pesquisa em bibliotecas, também foram consultados os bancos de dados informatizados disponíveis no IGUSP.

8. Desenvolvimento do Trabalho

7.2 Levantamentos em campo

Apesar da grande quantidade de amostras já coletadas em trabalhos anteriores, após a compilação dos mapas e dados geológicos existentes, foi realizado um trabalho de campo direcionado a afloramentos onde as amostras foram coletadas pelos orientadores e levantados alguns perfis regionais a fim de reconhecer as estruturas maiores já mapeadas anteriormente e efetuar amostragens mais detalhadas nas ocorrências de rochas calciossilicáticas e metabasitos, para obtenção de informações petrográficas e estruturais.

7.3 Petrografia

Foi feita através dos métodos tradicionais de microscopia por luz transmitida. Nestes estudos foram descritas a mineralogia, texturas, estruturas, paragênese mineral, para balizar as análises de microssonda. Esta petrografia buscou também analisando-se indicadores cinemáticos, estabelecer relações de foliações e associações minerais.

7.4 Análise do quimismo dos minerais em microssonda eletrônica

Foram analisados minerais de 4 amostras, sendo três de rochas básicas e uma de rocha calciossilicática, visando não apenas caracterizá-las quimicamente, como também a obtenção das composições químicas para o estabelecimento das condições P–T do(s) evento(s) metamórfico(s) por geotermobarometria.

O cálculo da distribuição catiônica e das formulas estruturais dos minerais foi feito com o uso do *software* Minpet (Richards, 1995), assim como os diagramas de variação composicional e diagramas classificatórios.

7.5 Geotermobarometria

A geotermobarometria seguiu os métodos apresentados por Spear (1995) e o procedimento adotado por Freitas (2006), com o uso de pares e associações de minerais e pela termobarometria dos estados de equilíbrio (TWQ) de Berman (1988; 1991), Berman & Aranovich (1996) e Aranovich & Berman (1996) em minerais de diferentes domínios microestruturais e em diferentes estágios de reequilíbrio.

8. Desenvolvimento do Trabalho

Este trabalho teve início com a pesquisa bibliográfica nacional e internacional referente a petrologia metamórfica bem como a geologia da área em questão.

Reconhecidas as unidades geológicas optou-se pelas rochas básica e calciossilicáticas do fácies granulito. Acertado o objetivo do estudo pode-se então, através do acervo de lâminas e amostras do orientador, começar a petrografia que se desenvolveu até a finalização deste devido a sua importância.

Tendo em mãos dados petrográficos pertinentes, selecionaram-se as amostras que seriam usadas para os estudos de microquímica através de micro-sonda eletrônica, a fim de quantificar as propriedades químicas dos minerais em paragêneses pertinentes ao tema. De posse dos dados químicos e após uma série de análises pode-se então efetuar os cálculos termobarométricos.

9. Resultados Obtidos

9.1 Petrografia

Os granulitos máficos da região de Caconde estudados neste trabalho apresentam como rochas de cor escura, cinza-esverdeado, e aspecto maciço, por vezes com um leve bandamento devido a variações composicionais ou pela ação de fluidos hidrotermais. Sua mineralogia é composta por plagioclásio, quartzo, ortopiroxênio, clinopiroxênio, hornblenda, granada e biotita como componentes principais, não faltando termos que apresentem feldspato potássico na composição, mesmo que como acessórios.

Estas rochas podem ser divididas em grupos, devido a presença ou ausência de ortopiroxênio:

- a) Granada-clinopiroxênio-ortopiroxênio granulitos;
- b) Clinopiroxênio-granada granulitos.

O plagioclásio é granoblástico e geralmente tem composição de labradorita (An_{60}), mas, por vezes constitui porfiroblastos e também pode ser antipertítico. Muitas vezes apresenta geminação concêntrica com contatos difusos entre as zonas. Este mineral perfaz entre 10 e 40%, em volume modal, das rochas sendo em algumas amostras encontrados como acessórios.

O quartzo geralmente mostra-se estirado, com extinção ondulante e preenchendo algumas cavidades e compõem até 20%, em volume modal, das amostras.

O ortopiroxênio, geralmente a ferrossilita (hiperstênio), ocorre em arranjos granoblásticos (Prancha 1 - Fotomicrografia 1) ou como porfiroblastos, por vezes deformado em regime de alta temperatura.

O clinopiroxênio sugere uma solução sólida entre hedenbergita e diopsídio e pode ocorrer com contatos poligonalizados ou deformados e alongados foliação metamórfica principal, relacionada com dobras isoclinais recumbentes e zonas de empurrão (Juliani *et al.*, 1984). Ocorre também nestas rochas termos de clinopiroxênio verde escuro, indentificados como hedenbergita (Fotomicrografia 4). Na maioria das amostras o clinopiroxênio mostra-se parcial a totalmente substituído por hornblenda retrometamórfica.

A biotita é vermelha e ocorre em cristais relativamente finos ao longo da foliação, não faltando rochas em que forma porfiroblastos grossos.

O feldspato potássico ocorre como acessório ou em maior porcentagem em bandas que sofreram algum tipo de metassomatismo granítico.

A granada ocorre quase sempre com forma idióblástica em contatos retos e por vezes poligonais com o ortopiroxênio (Prancha 1 - Fotomicrografia 2) mas também o faz com clinopiroxênio, indicativos de equilíbrio metamórfico. Pode também ocorrer como cristais mais finos inclusos em ortopiroxênio ou em clinopiroxênio, neste caso, com inclusões de quartzo associadas.

A hornblenda exibe cor verde-escura e na maioria das vezes é produto do retrometamorfismo dos piroxênios, constituindo coronas de reação.

Todos esses minerais, exceto a hornblenda, que é retrometamórfica, estão quase sempre orientados concordantemente com a foliação S_n , muito embora não falem rochas com ortopiroxênio pós- S_n , evidenciando a manutenção das altas temperaturas após cessadas as deformações.

As principais paragéneses da facies granulito encontradas nestes litotipos são apresentadas nas representações quimiográficas abaixo:

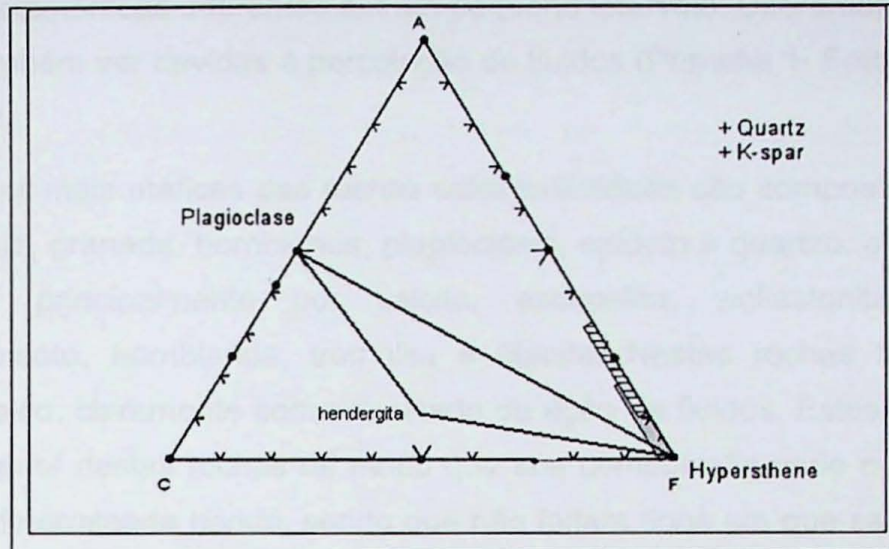


Figura 2 - Diagrama ACF representando paragéneses encontradas nas amostras SRC-11 e 16 de granulitos máficos.

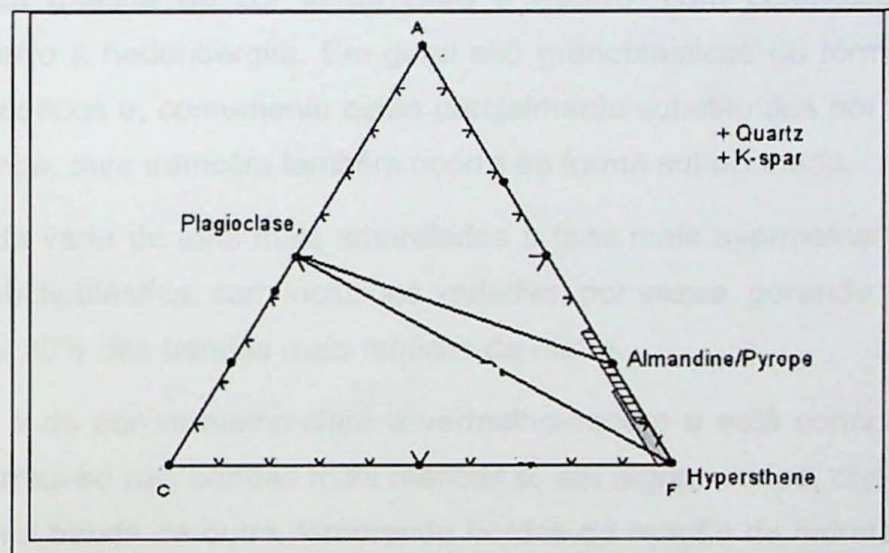


Figura 3 - Diagrama ACF representando paragéneses encontradas na amostra de granulito máfico SRC-14.

Dentre as rochas calciossilicáticas foram distinguidos dois tipos, como já referidos anteriormente, que são os metaconglomerados de matriz calcítica e as rochas calciossilicáticas propriamente ditas. Estes litotipos apresentam mineralogia semelhante, destacando-se apenas pelos clastos de diversos litotipos, de tamanhos variando de grânulo a matações, de rochas básicas, migmatitos, granulitos, pegmatitos, granitos e de rochas calciossilicáticas muito deformadas.

As rochas calciosilicáticas são comumente bandadas, com leitos granoblásticos ou nematoblásticos mais máficos, de cor verde-escura, alternados com outros e mais claros, de cor branca a cinza-clara, ricos em carbonatos. Também não faltam exemplos de bandas de

cor intermediária ou com grafita, com espessuras variando de poucos milímetros a alguns centímetros. Essas bandas refletem a composição e a natureza do protólito sedimentar, dada à presença de raras estruturas sedimentares (Juliani *et al.* 2002), que resultam em paragêneses metamórficas diferentes em um pequeno intervalo. Diferentes paragêneses em leitos podem também ser devidas à percolação de fluidos (Prancha 1- Fotomicrografia 3) em especial de H₂O.

As bandas mais máficas das rochas calciossilicáticas são compostas principalmente por clinopiroxênio, granada, hornblenda, plagioclásio, epidoto e quartzo, e as bandas claras são composta principalmente por calcita, escapolita, wollastonita, clinopiroxênio, plagioclásio, epidoto, hornblenda, tremolita e titanita. Nestas rochas também ocorre o feldspato potássico, claramente como resultado da ação de fluidos. Estes minerais refletem a composição geral destas rochas de modo que sua composição varie em mais ou menos fases em uma determinada banda, sendo que não faltam tipos em que se incluem fases de uma na outra.

Os clinopiroxênios chegam a compor 60% da rocha quando se trata das bandas mais máficas, em sua maioria de cor verde claro a escuro, com composição que varia de diopsídio com ferro a hedenbergita. Em geral são granoblásticos ou forma prismas curtos, tendendo a euhédricos e, comumente estão parcialmente substituídos por anfibólios, na sua maioria hornblenda, mas tremolita também ocorre de forma subordinada.

A granada varia de tons mais amarelados a tons mais avermelhados. É geralmente idioblástica a subidioblástica, com inclusões variadas, por vezes, gerando algum zonamento. Chega a compor 20% das bandas mais máficas da rocha.

A biotita é de cor vermelho-claro a vermelho-escuro e está concordante a foliação. Geralmente distribui-se nas bandas mais máficas e, em alguns casos, chega a formar leitos que separam uma banda de outra, lembrando bordas de reação de hidratação (Prancha 2 - Fotomicrografia 6), ou são produto de leitos sedimentares mais aluminosos.

O plagioclásio apresenta-se na maioria das vezes granoblástico, com zonamento descontínuo, alcançando teores de An₆₀ (labradorita). Nas bandas mais carbonáticas chega a compor mais de 30% do volume da rocha.

O epidoto se apresenta de forma granular e como produto de alteração hidrotermal ou retrometamorfismo. Geralmente associa-se às bandas mais carbonáticas, mas estão também presentes nos leitos mais máficos.

O feldspato potássico ocorre como acessório em algumas amostras, no entanto pode chegar a compor cerca de 50% de algumas bandas destas rochas devido a ação de fluidos graníticos.

Os anfíbios são representados pela tremolita e pela hornblenda. São cristais límpidos, todos produtos do retrometamorfismo do clinopiroxênio. Distribuem-se nas bandas em maior ou menor percentagem, indicando que a hidratação destas rochas deu-se ao longo do acamamento paralelo à foliação metamórfica.

O quartzo mostra-se deformado, com extinção ondulante e concordante a foliação. Sua percentagem varia bastante de uma banda para outra, podendo em uma mesma lâmina, em bandas distintas, perfazer 5% em uma e 35% em outra.

A titanita é um mineral bastante comum nestas rochas e chega a perfazer 3% da composição total de algumas amostras.

A calcita é granoblástica, com contatos retos evidenciando algum equilíbrio metamórfico e, geralmente, tem granulação grossa. Varia em percentagem de uma banda para outra, chegando a perfazer cerca de 40% volume da rocha nas bandas mais claras.

A escapolita que tem, na maioria das rochas, granulação grossa (Prancha 2 - Fotomicrografia 5) e formas idioblástica orientada na foliação metamórfica. Ocorre em equilíbrio ou não com os demais minerais metamórficos (Prancha 1 Fotomicrografia 5) e pode estar ausente em uma banda e presente em outra muito próxima (Prancha 1 Fotomicrografia 3) e em alguns casos apresenta bordas de substituição por epidoto.

Wollastonita ocorre de modo semelhante à escapolita, podendo estar presente em uma banda e ausente em outra, e, às vezes, é discordante da foliação S_n , com formas prismáticas bem desenvolvida (Prancha 1 - Fotomicrografia 6).

Legenda – Prancha 1

Foto 1 – Paragênese em equilíbrio de ortopiroxênio-clinopiroxênio-plagioclásio em granulito básico (amostra SRC 11).

Foto 2 – Granulito básico mostrando o equilíbrio entre ortopiroxênio e granada (amostra CF 11 a).

Foto 3 – Rocha calciossilicática bandada, mostrando a variação composicional das bandas: 3 a banda composta por plagioclásio, quartzo, hornblenda e clinopiroxênio, representando uma hidratação com hornblenda substituindo o clinopiroxênio e nesta banda não ocorre escapolita.

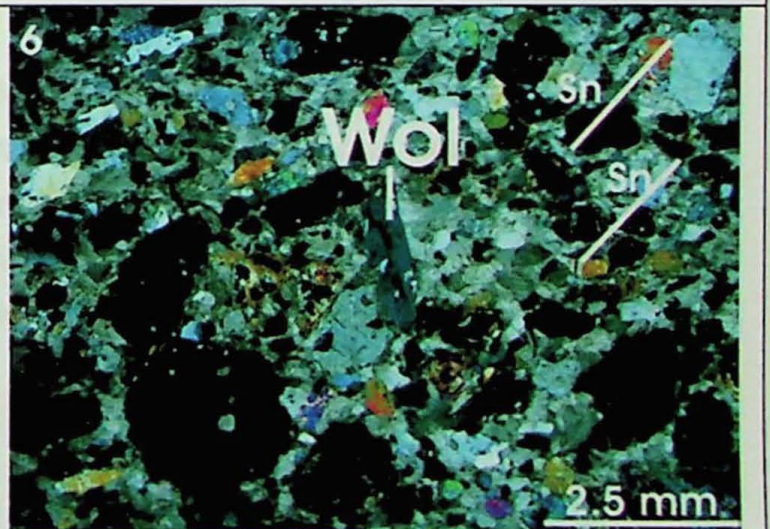
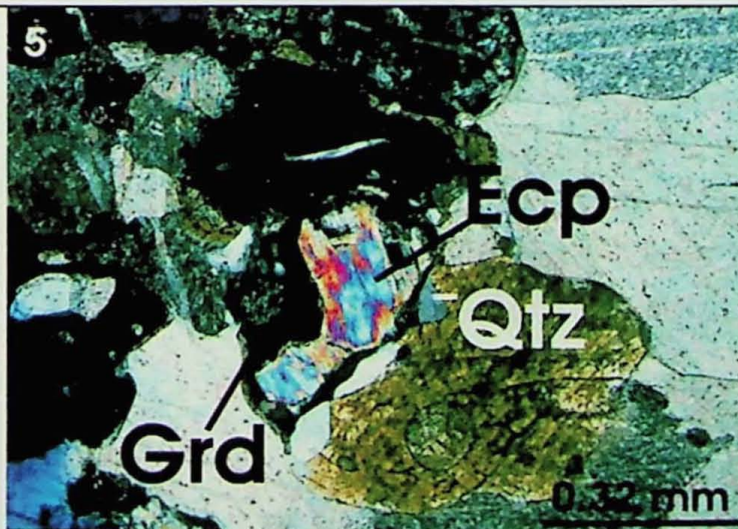
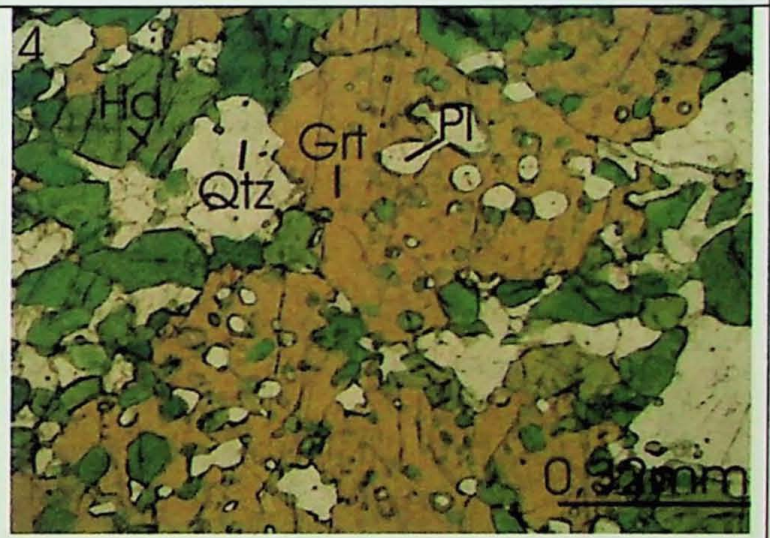
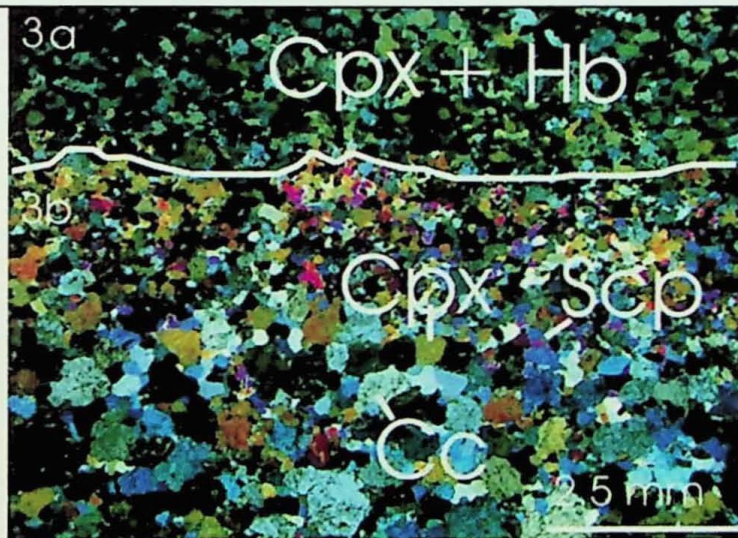
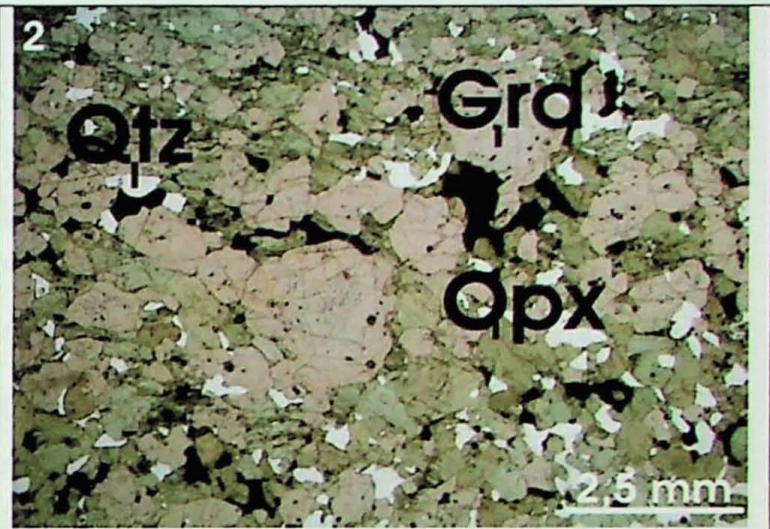
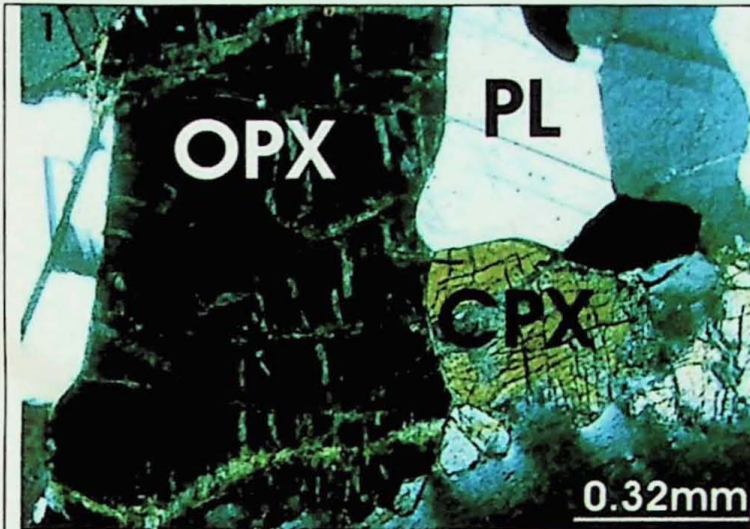
3 b banda composta por escapolita, clinopiroxênio, calcita, quartzo e plagioclásio (amostra SRC 19).

Foto 4 – Granulito básico com granada dourada (andradita) com inclusões de quartzo, plagioclásio e hedembergita (amostra CF 30A).

Foto 5 – Rocha calciossilicática mostrando textura de desequilíbrio, onde a escapolita é envolta por granada mais quartzo (amostra 351).

Foto 6 – Rocha calciossilicática apresentando o mineral wollastonita discordante a foliação Sn. (amostra 519 b).

PRANCHA I



Estas variações composicionais são reflexos da natureza do protólito destas rochas, como descrito acima, porém a presença ou ausência de wollastonita e escapolita é também devida, além da composição da rocha, a influxos de fluidos, que pode variar muito nestes casos, ou mesmo pode ser condicionado pela estrutura da rocha que tem porções mais susceptíveis a percolação de fluido.

Os metaconglomerados de matriz calcítica apresentaram mineralogia da matriz composta principalmente por calcita, escapolita, clinopiroxênio, wollastonita, anfibólios (hornblenda e tremolita), granada, quartzo e feldspato potássico.

A calcita se apresenta granoblástica e chega a perfazer cerca de 80% da matriz.

O clinopiroxênio ocorre como cristais idioblásticos, geralmente apresentando textura em mosaico, indicativa de equilíbrio metamórfico com os carbonatos, muito embora não falem rochas em que ocorram coronas de quartzo ao seu redor, sugerindo desequilíbrio (Prancha 2 Fotomicrografia 1).

A escapolita pode ocorrer como prismas idioblásticos com coronas de epidoto ou com bordas de hedenbergita. Ocorrem rochas com texturas particulares de desequilíbrio da fácies granulito, como fosso de granada + quartzo substituindo-a, que às vezes a separam da wollastonita (Prancha 2 - Fotomicrografia 2). Na maioria das vezes quando em contato com o carbonato apresenta-se poligonalizada, o que é indicativo de equilíbrio metamórfico.

A wollastonita apresenta-se ideoblástica e com inclusões de quartzo e calcita representando a reação calcita + quartzo = wollastonita (Prancha 2 - Fotomicrografia 3), podendo estar ou não concordante a S_n .

A granada apresenta-se de forma idioblástica até subidioblástica e com inclusões das mesmas fases minerais que compõem a rocha.

Os clastos destes metaconglomerados podem se apresentar mais ou menos deformados devido à sua reologia. Estes litotipos até agora identificados são predominantemente de composição básica como hornblenda-plagioclásio anfibolitos, hedenbergita granulitos e também clastos monominerálicos de quartzito e megacristais de feldspato potássico (Prancha 2 - Fotomicrografia 4).

Legenda – Prancha 2

Foto 1 – Rocha calciossilicática com clinopiroxênio envolto por colar de quartzo (amostra 351).

Foto 2 – Rocha calciossilicática mostrando textura de disequilíbrio onde a wollastonita é separada da escapolita por granada mais quartzo (*moat texture*) (amostra 519d).

Foto 3 – Wollastonita com inclusão de quartzo + calcita representando a reação :

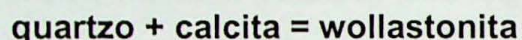
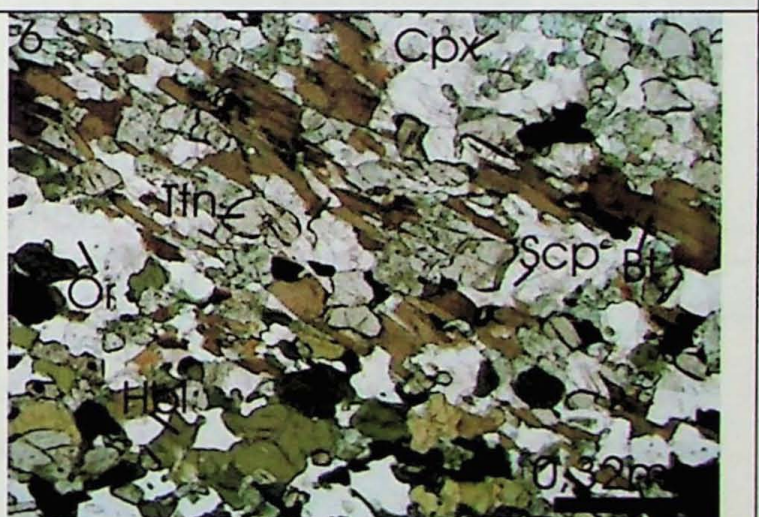
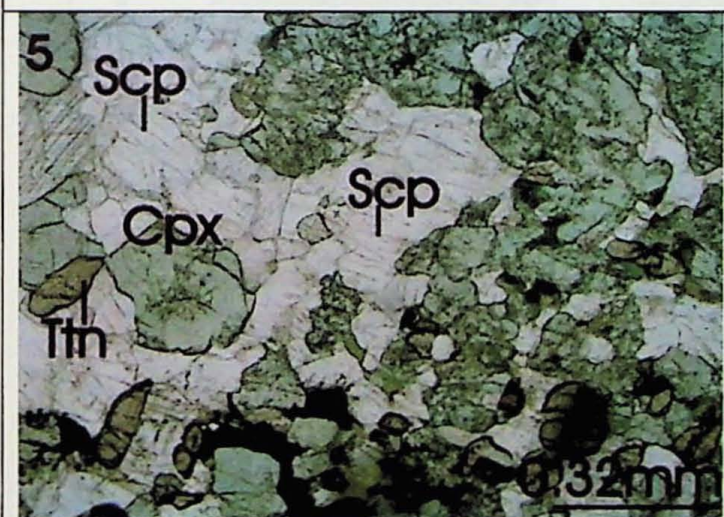
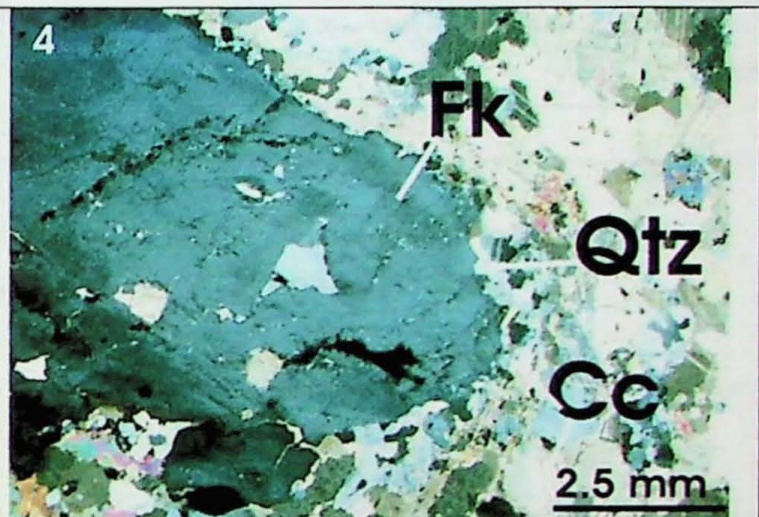
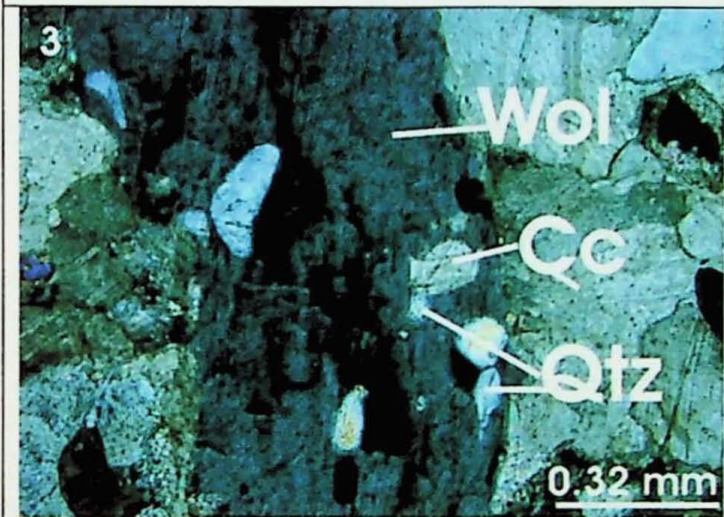
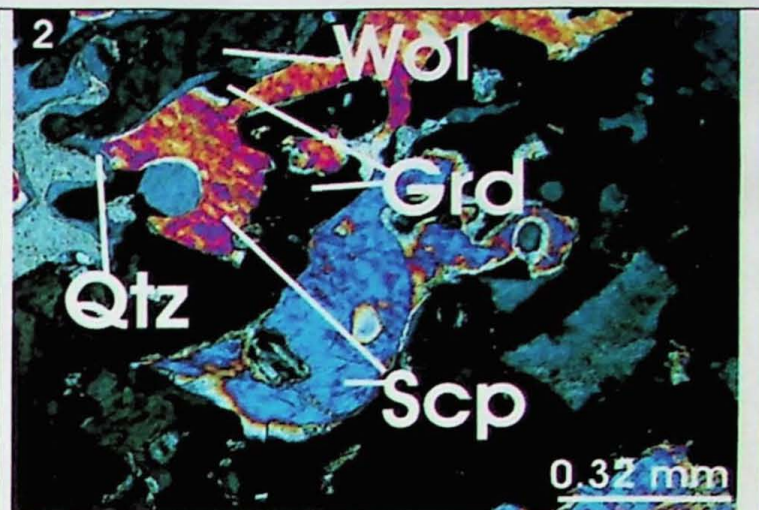
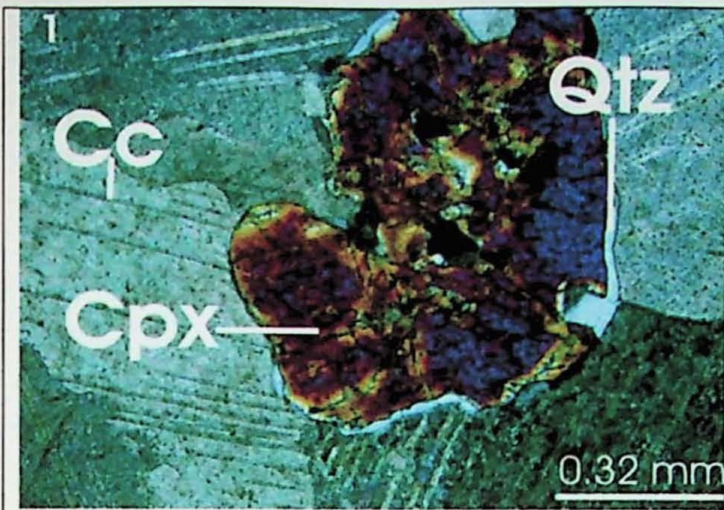


Foto 4 – Metaconglomerado de matriz calcítica com porfiroclasto de feldspato alcalino em meio a matriz carbonática junto com grãos diminutos de quartzo, por vezes forma sombras de pressão.

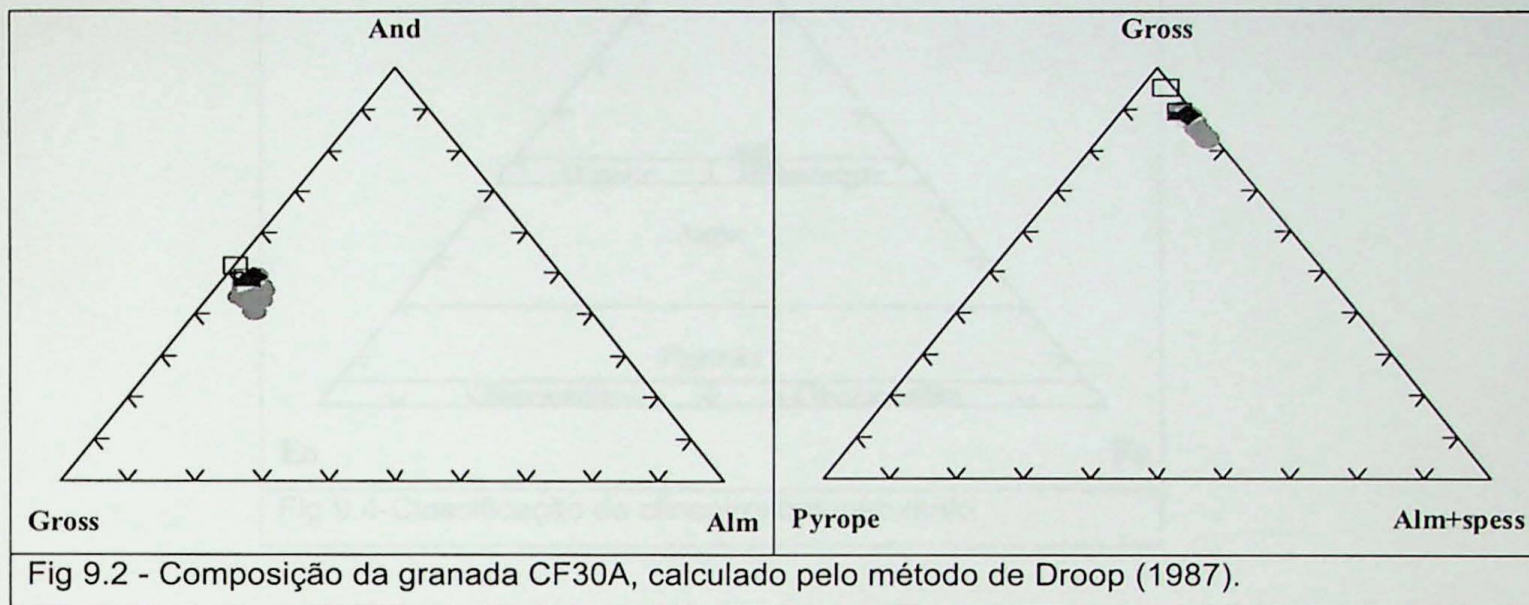
Foto 5 – Rocha calciossilicática bandada com escapolita e clinopiroxênio granoblasticos (amostra Ca3)

Foto 6 - Rocha calciossilicática bandada com escapolita, biotita, clinopiroxênio e titanita granoblásticos. Notar a biotita como borda de reação gerada pela influencia de fluido rico em k. (amostra Ca3)

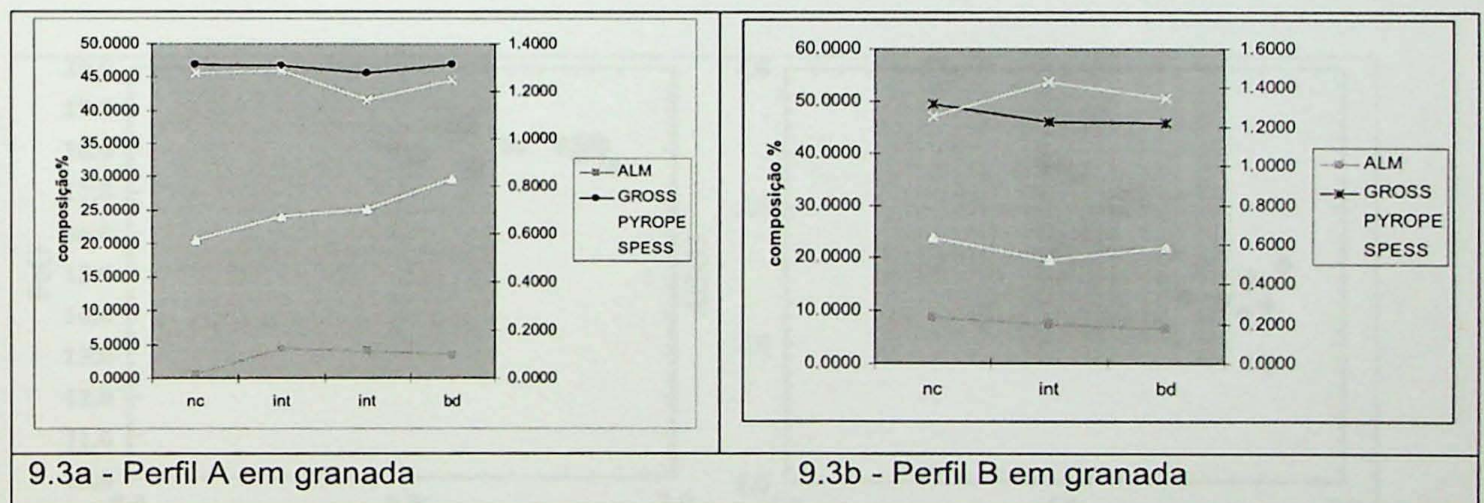
PRANCHA 2



grossulária (44,8 a 49,9) quando utilizado o método de balanço de cargas de Droop (1987, fig. 9.2).

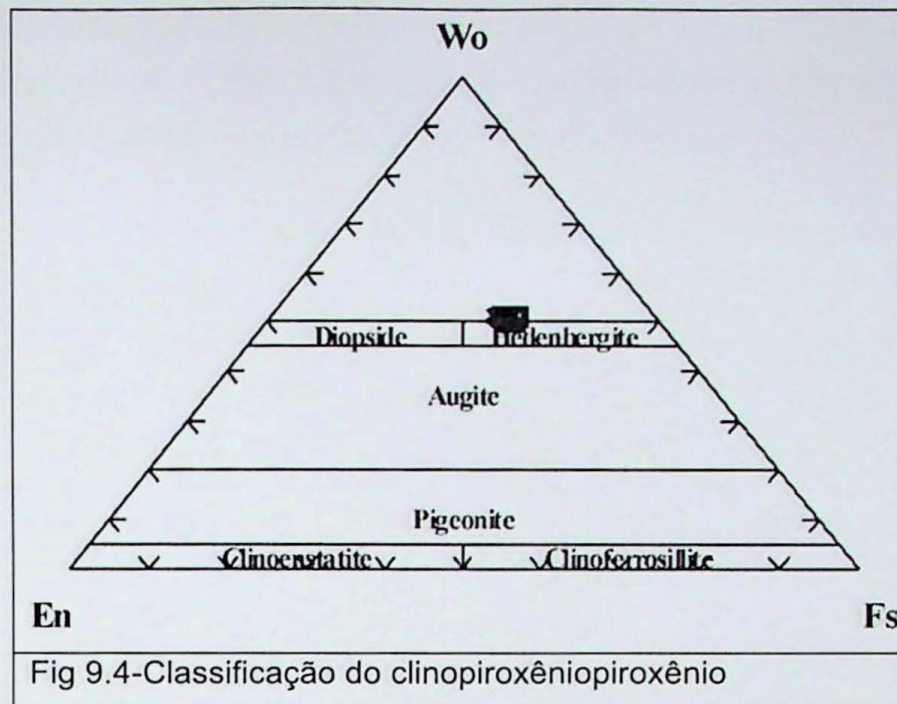


A composição química da granada apresenta algumas diferenças do núcleo para a borda, mostrando um enriquecimento na molécula piropo neste sentido (Fig 9.3).

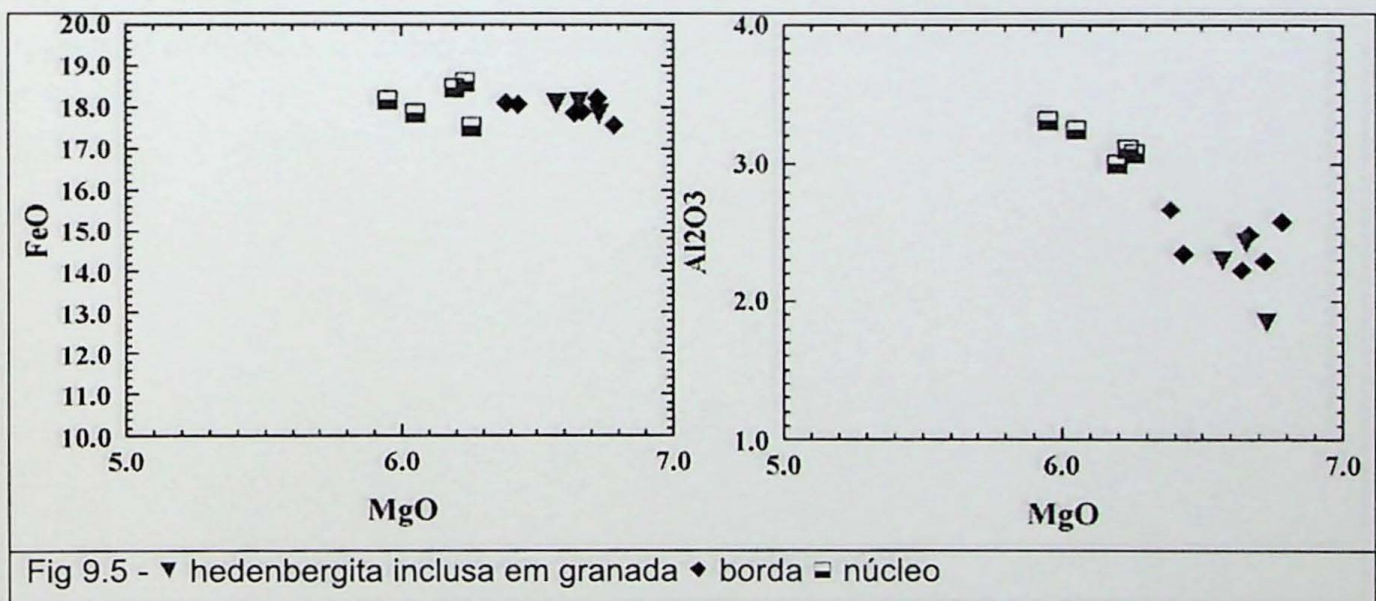


No perfil ocorre o enriquecimento na molécula piropo, o pode evidenciar um aumento de temperatura, enquanto a diminuição do conteúdo de grossulária sugere uma queda de pressão.

O clinopiroxênio assim como a granada, se destaca devido a sua cor particular, verde-escuro a verde-oliva. Este clinopiroxênio foi classificado com hedenbergita (fig 9.4).



Pode-se notar nos diagramas binários da figura 9.5 o empobrecimento do Al_2O_3 do clinopiroxênio em direção a borda do mineral, ao mesmo tempo em que há um empobrecimento em MgO. Este empobrecimento em alumínio nas bordas do mineral sugere uma queda de pressão e temperatura.



9.2.2 Clinopiroxênio granada granulito (amostra CF31F)

A amostra é composta por clinopiroxênio, granada, hornblenda, plagioclásio e biotita acessória.

A granada desta amostra apresenta almandina entre 42,2 e 48,5%, grossulária entre 17,4 e 25,8%, piropo entre 16,3 e 21,8%, espessartita entre 8,8 e 11,9% como componentes principais, podendo a molécula andradita chegar a 4,1%. Fig 9.6.

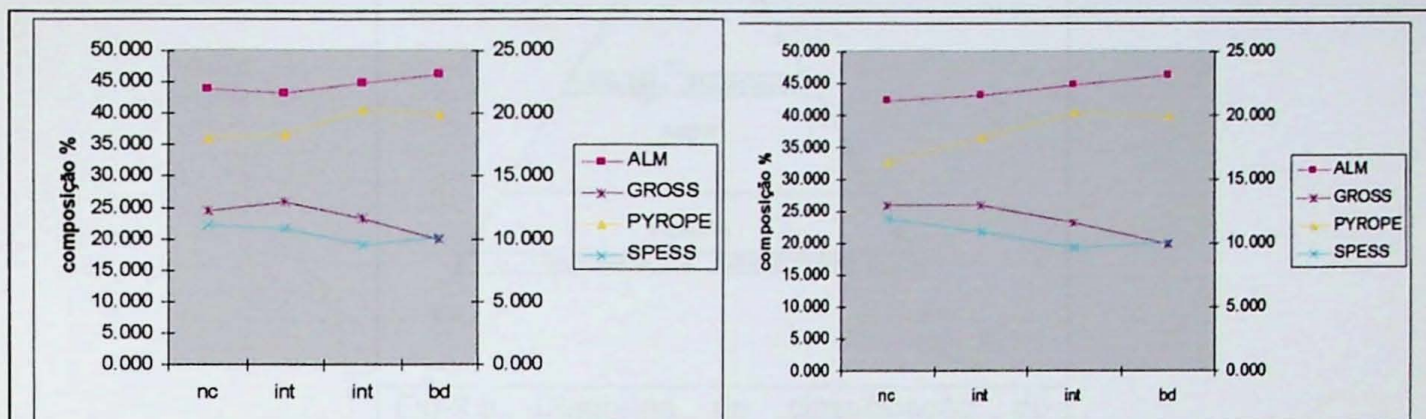


Fig 9.6 - Perfil 1 em granada CF31F Perfil 2 substituindo o nc 26 por 32.1

Nota-se nestes perfis da Fig-9.6 um enriquecimento da molécula almandina em direção a borda, ao mesmo tempo em que ocorre a diminuição da molécula grossulária. Também nota-se que há um aumento de piropo do núcleo às porções intermediárias e depois uma diminuição em direção às bordas. A molécula espessartita mostra um comportamento inverso ao do piropo, indicando haver uma queda e da temperatura em direção à borda. Composição de granada quanto aos *end-members* Fig-9.7

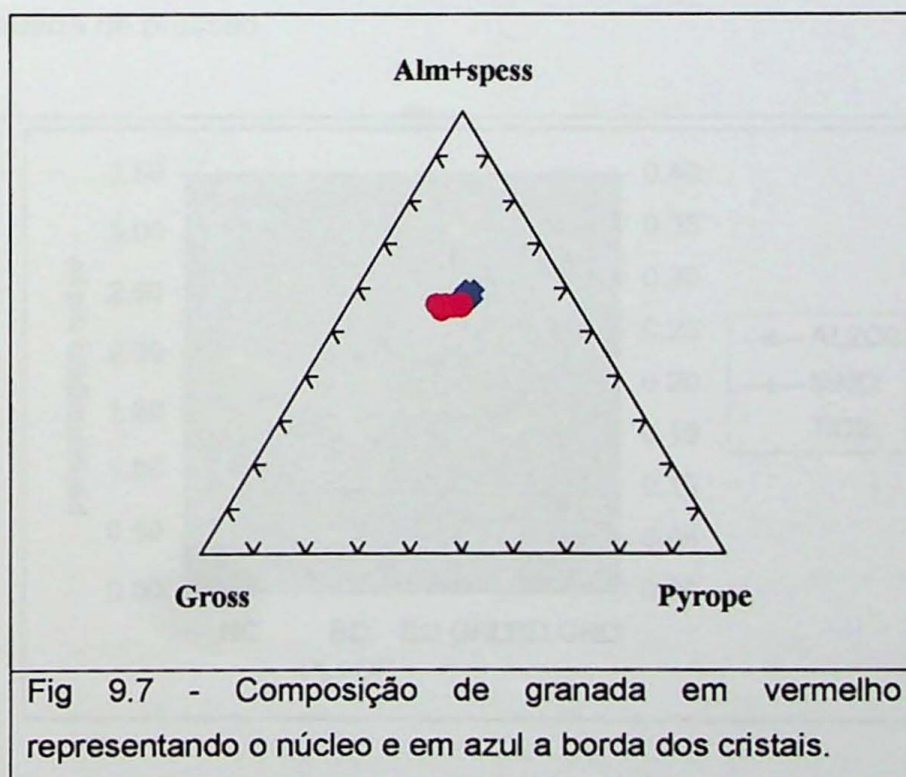
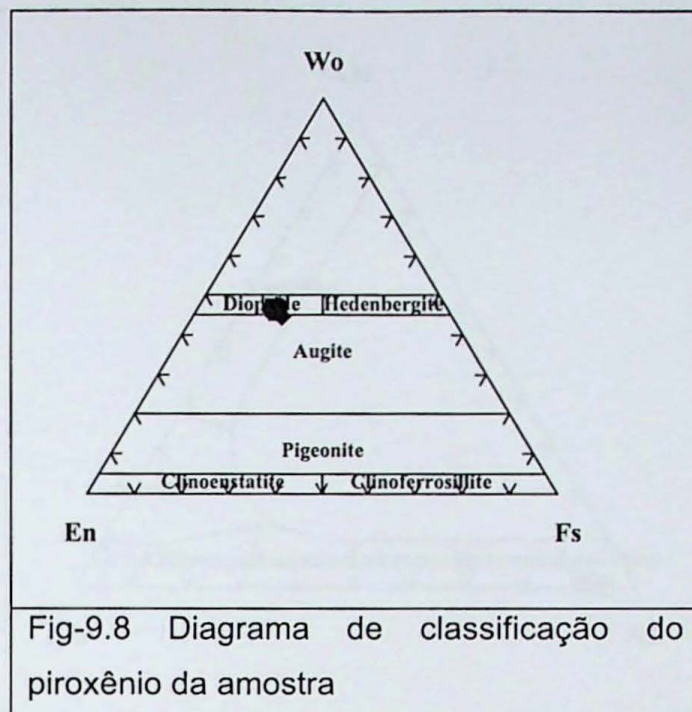
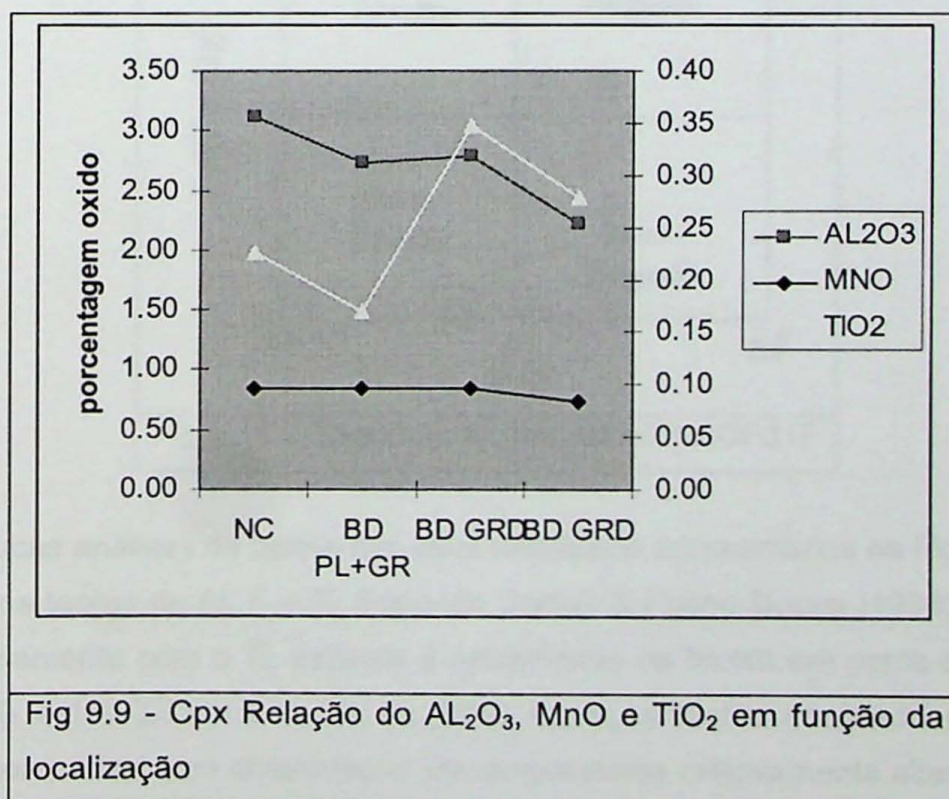


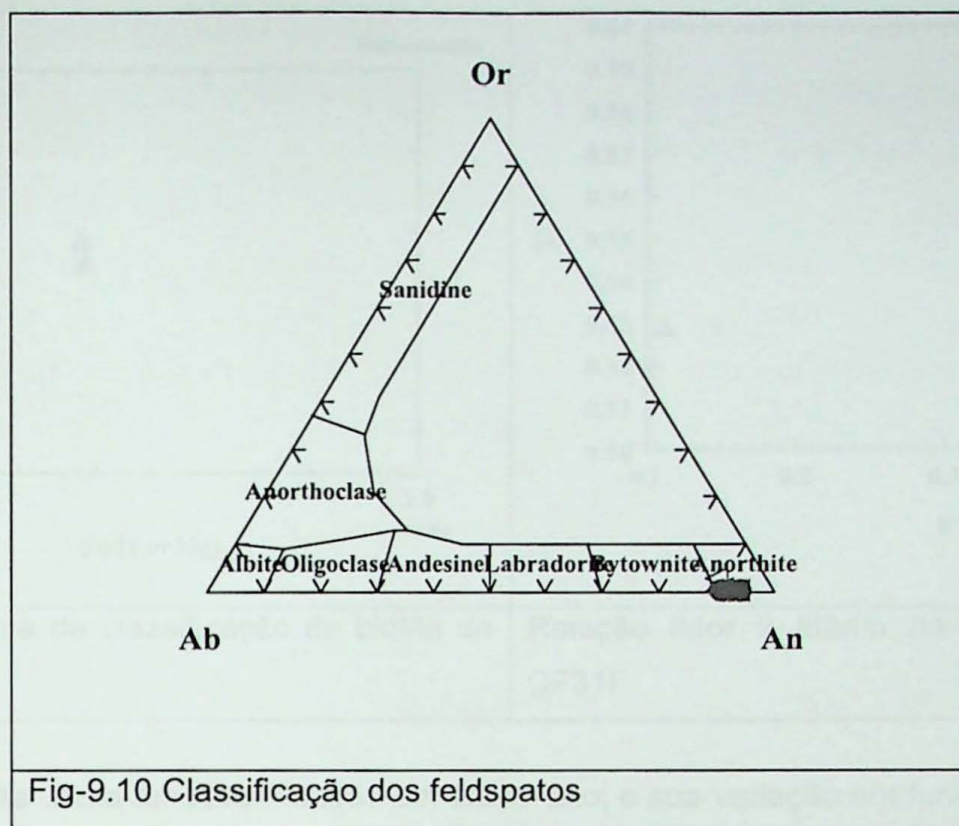
Fig 9.7 - Composição de granada em vermelho representando o núcleo e em azul a borda dos cristais.

Os piroxênio da amostra CF31F foram classificados como diopsídio (fig 9.8).



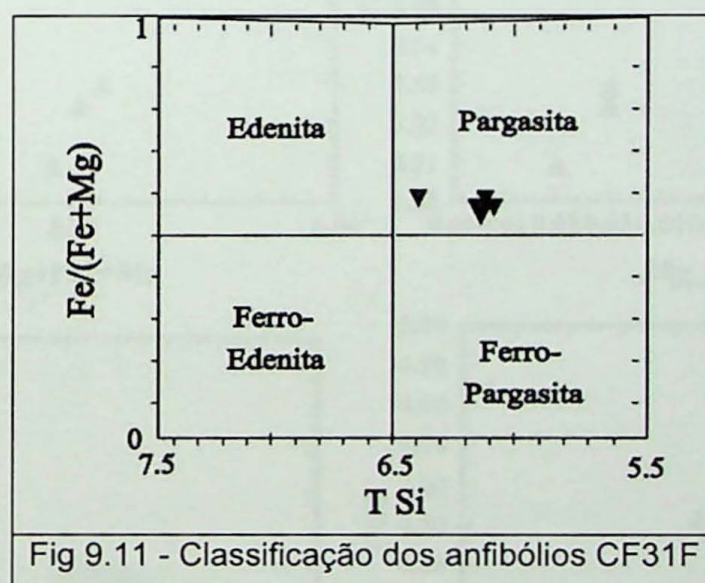
Robinson (1980) descreveu os limites das soluções sólidas entre os tipos de piroxênios e de elementos como Al, Ti e Mn. Segundo esse autor, a solubilidade de Al_2O_3 nos piroxênios, em equilíbrio com a granada, é uma clara função da pressão, diminuindo a solubilidade com o aumento da pressão devido ao menor volume molar do Al na granada que no piroxênio. Desta forma, o gráfico da Fig 9.9, sugere haver um aumento de pressão dos núcleos para as bordas do clinopiroxênio, o que pode não representar a verdade pois depende se o outro mineral em paragênese for o plagioclásio e o Al deve diminuir indicando uma possível queda de pressão.



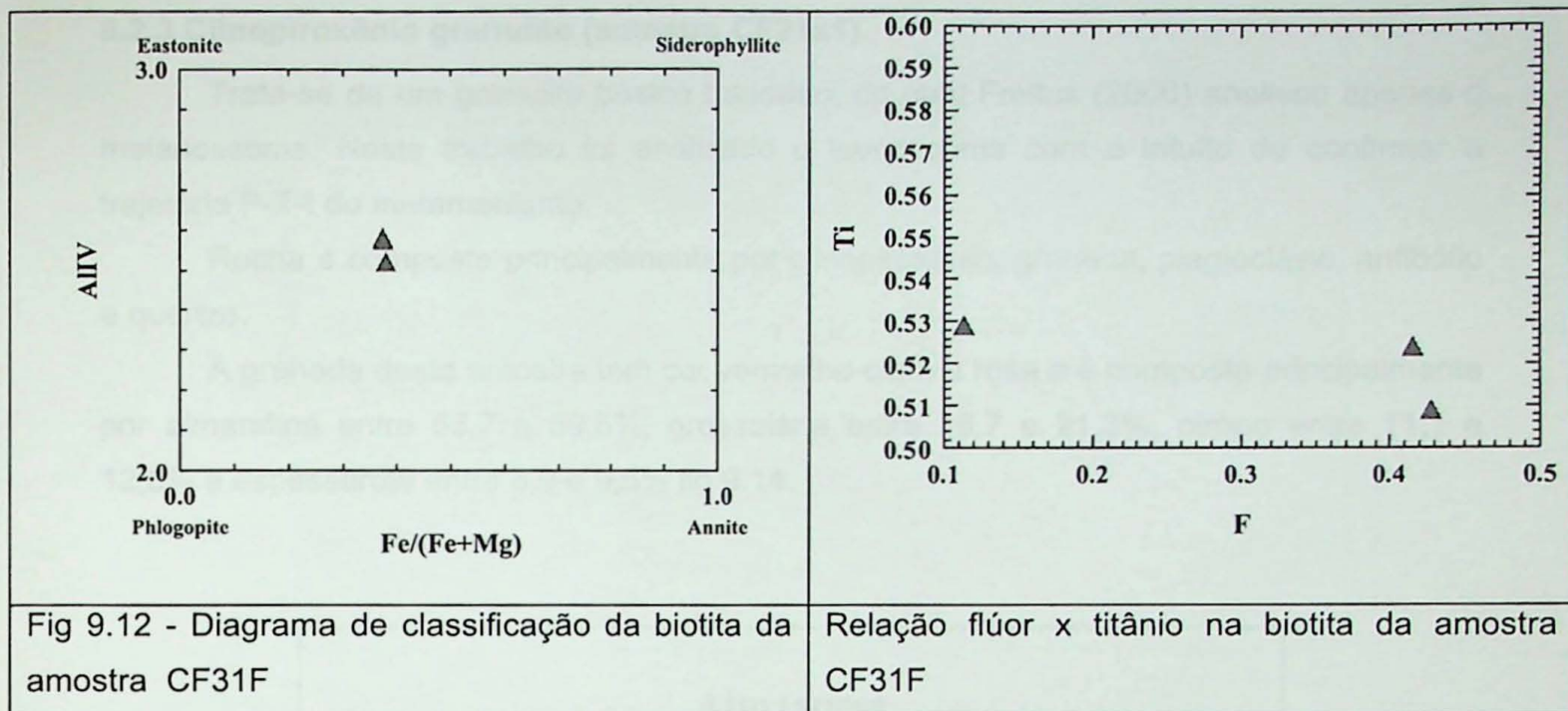


O plagioclásio dessa amostra apresenta teor de anortita variando entre 88 e 94% de anortita, tanto nas bordas como nos núcleos, ou quando inclusos em granada, em contato com hornblenda, clinopiroxênio e granada.

Os anfíbólios são classificados como Pargasita (Fig 9.11).



As poucas análises de biotita têm seus resultados apresentados na Fig 9.12, onde se podem notar os teores de Al, F e Ti. Segundo Dooley & Patino Douce (1996) o aumento do teor de F, juntamente com o Ti, estende a estabilidade da biotita em cerca de 300 °C para biotita com X_F entre 0,43 e 2 a 3% de TiO_2 . Assim, a biotita analisada mostra-se com composição compatível com cristalização em temperaturas relativamente altas.



A biotita desta amostra mostrou um titânio alto, e sua variação em função do titânio é apresentada na fig 9.13.

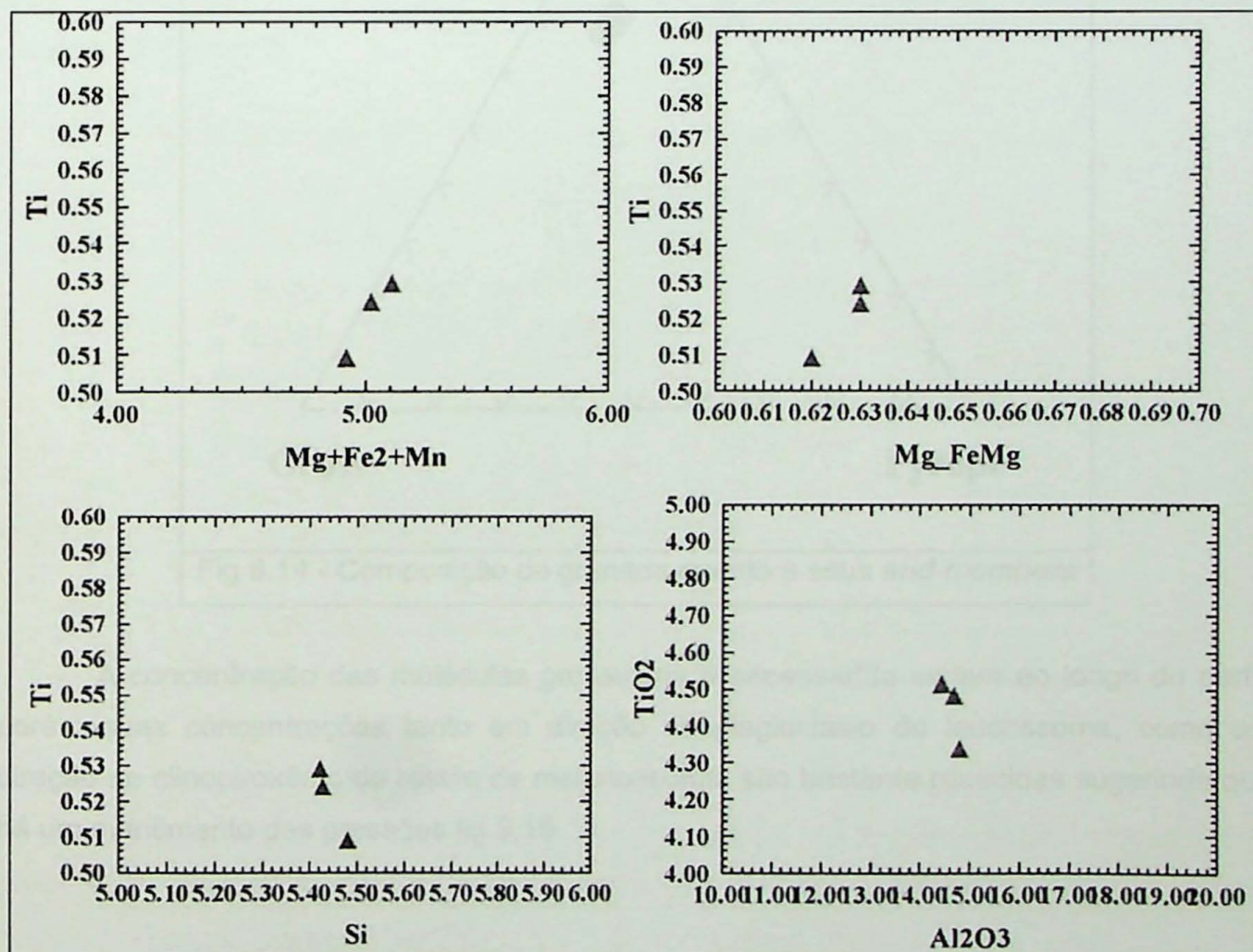


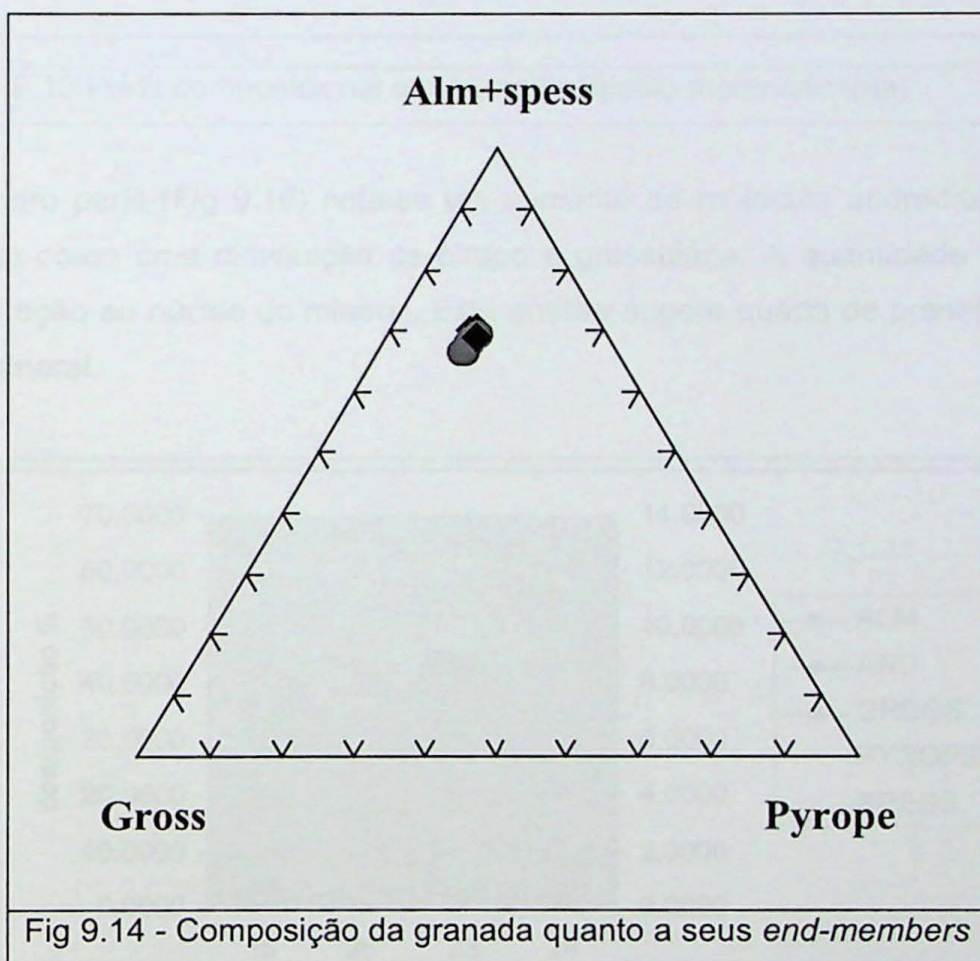
Fig 9.13 - Diagramas mostrando a variação composicional da biotita em função de Ti e TiO_2 .

9.2.3 Clinopiroxênio granulito (amostra CF21a1).

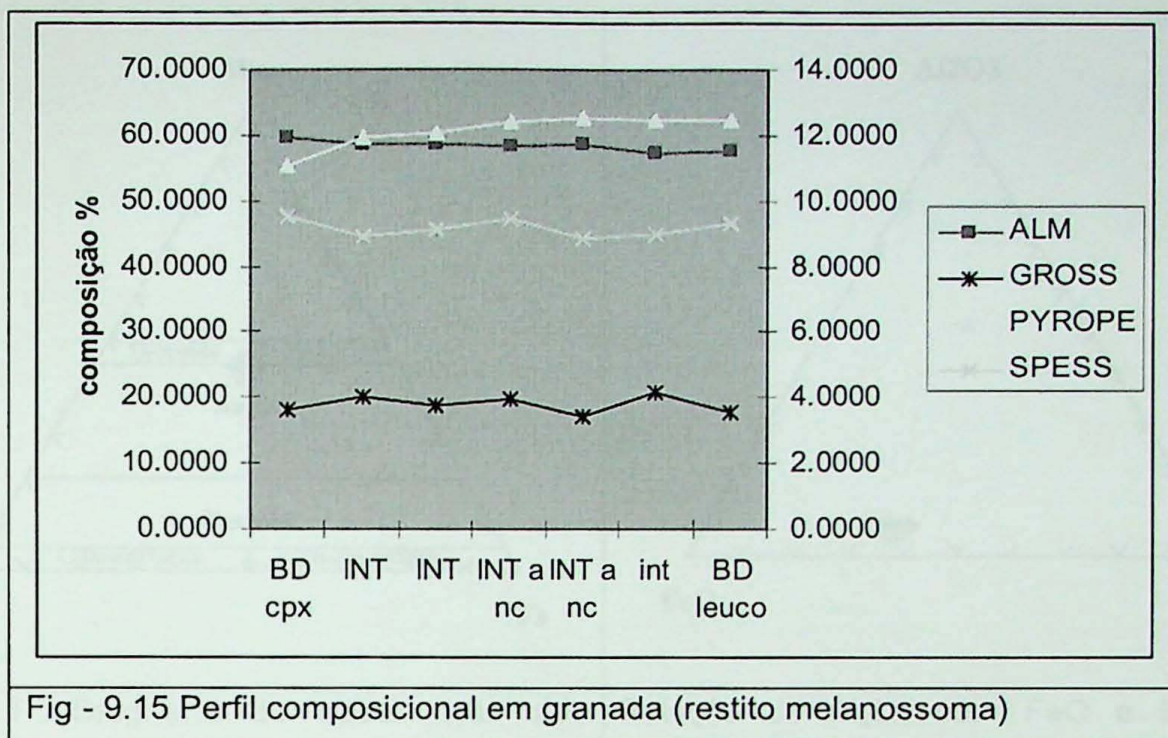
Trata-se de um granulito básico bandado, do qual Freitas (2006) analisou apenas o melanossoma. Neste trabalho foi analisado o leucossoma com o intuito de confirmar a trajetória P-T-t do metamorfismo.

Rocha é composta principalmente por clinopiroxênio, granada, plagioclásio, anfibólio e quartzo.

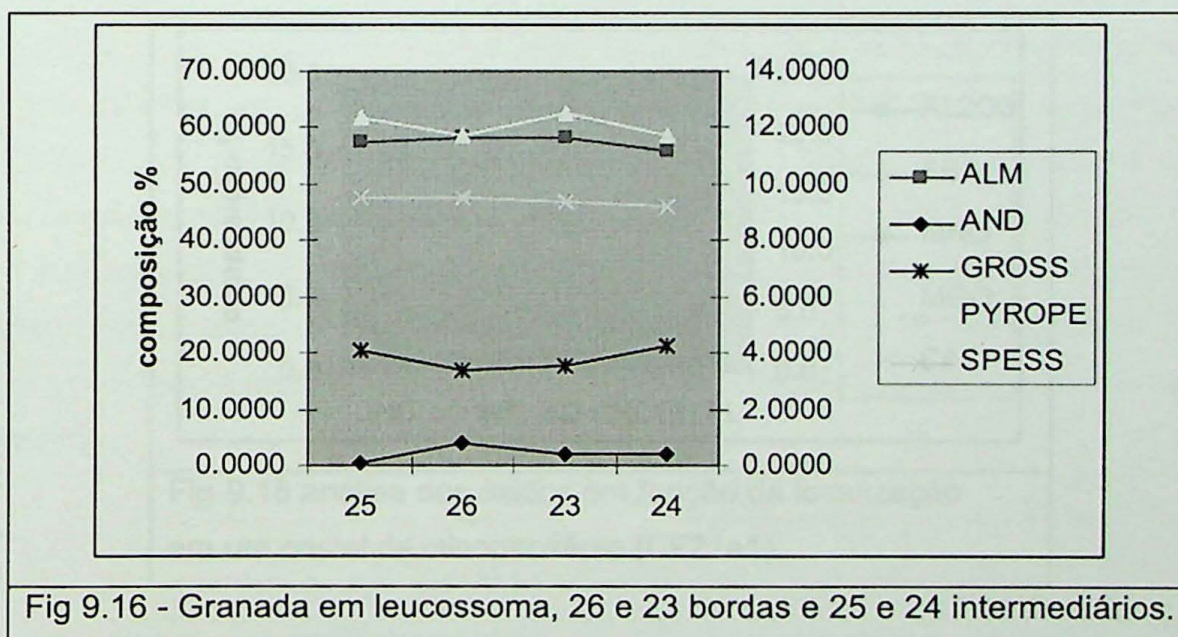
A granada desta amostra tem cor vermelho-claro a rosa e é composta principalmente por almandina entre 55,7 e 59,5%, grossulária entre 16,7 e 21,3%, piropo entre 11,1 e 12,5% e espessartita entre 8,9 e 9,5% fig 9.14.



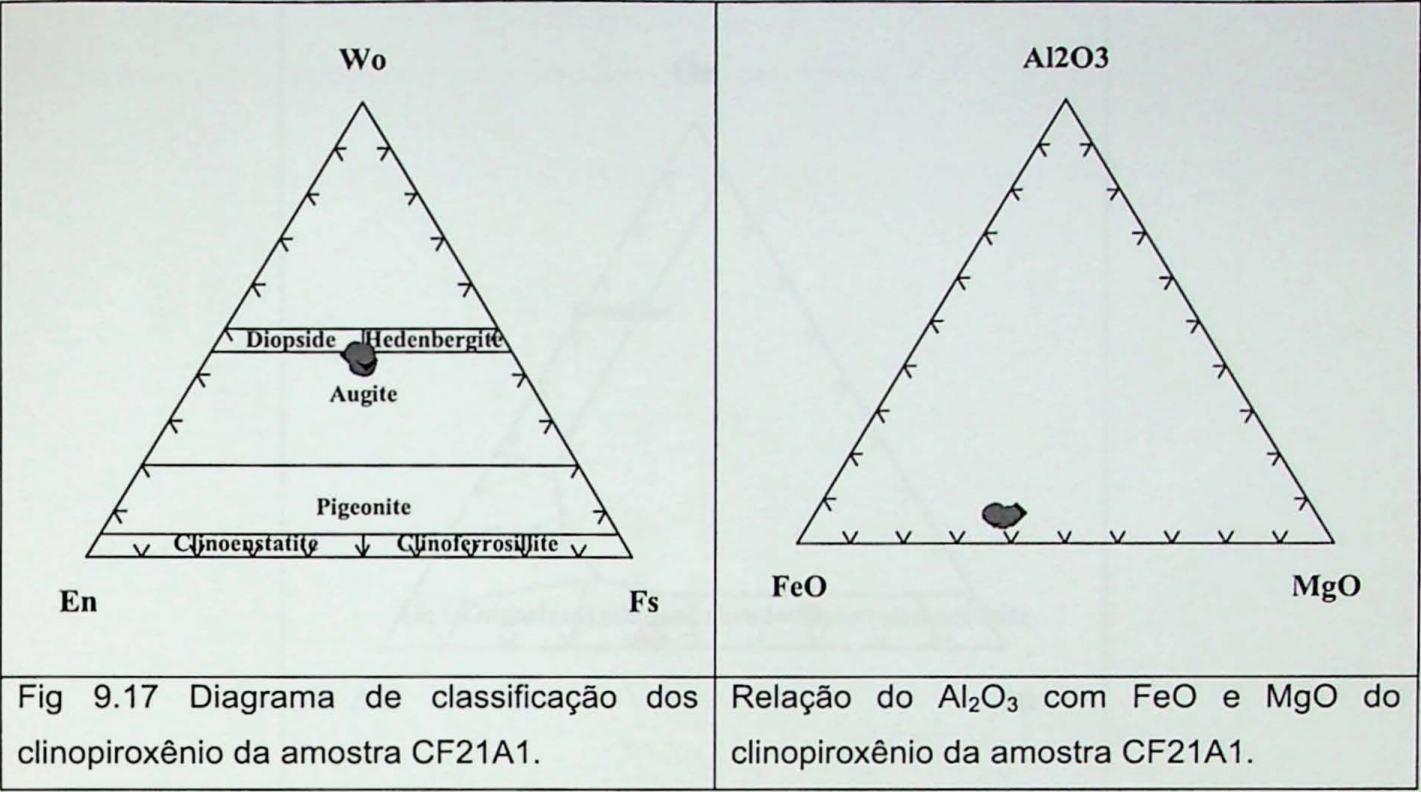
A concentração das moléculas grossulária e espessartita variam ao longo do perfil, porém suas concentrações tanto em direção ao plagioclásio do leucossoma, como em direção ao clinopiroxênio do restito de melanossoma, são bastante parecidas sugerindo que há um mantimento das pressões fig 9.15



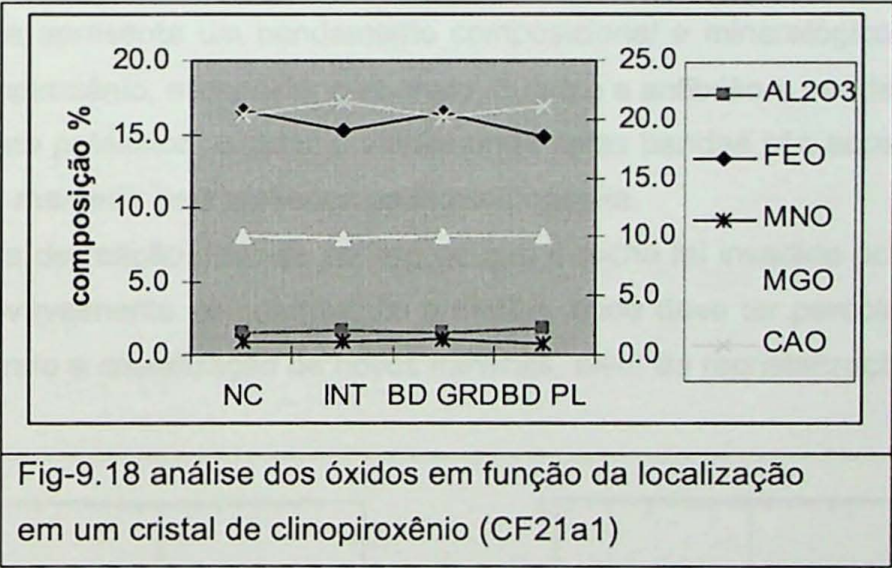
Em outro perfil (Fig 9.16) nota-se um aumento da molécula andradita na borda do mineral assim como uma diminuição de piropo e grossulária. A quantidade de almandina cresce em direção ao núcleo do mineral. Esta análise sugere queda de pressão em direção a borda do mineral.



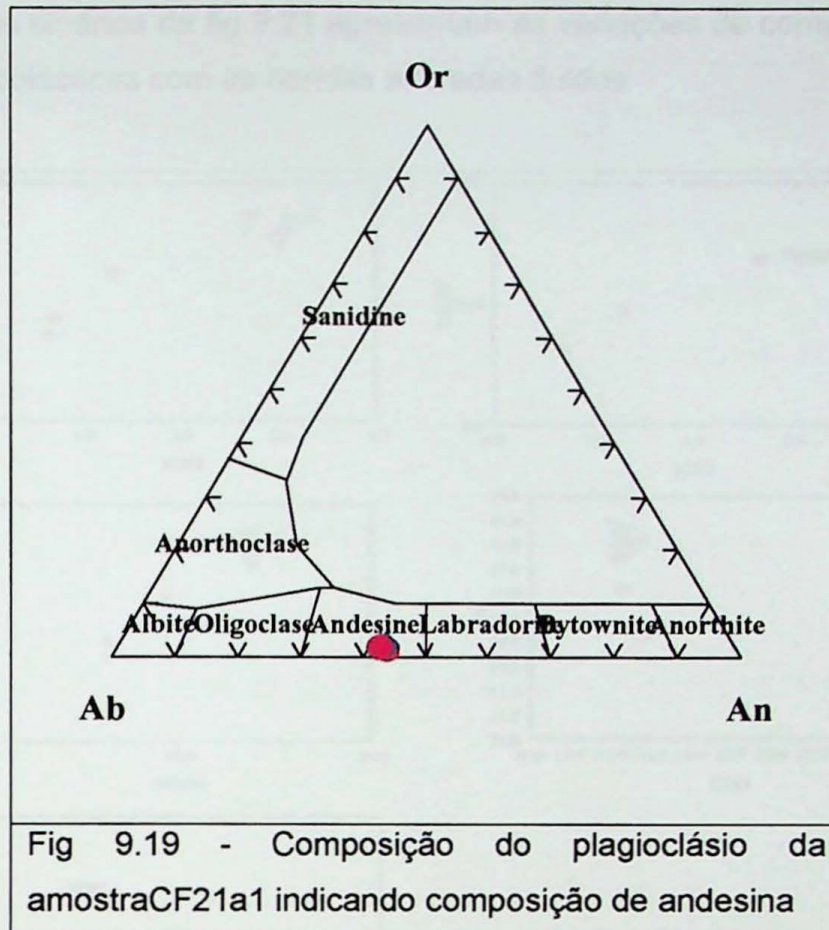
Os clinopiroxênios desta amostra têm composição próximas à augita, independente de estarem no melanossoma ou leucossoma, e mostram uma homogeneidade entre borda e núcleo em relação ao alumínio (Fig 9.17).



A análise deste piroxênio mostra enriquecimento em FeO nas bordas com granada e um empobrecimento em CaO e um comportamento inverso quando em contato com o plagioclásio (fig 9.18).



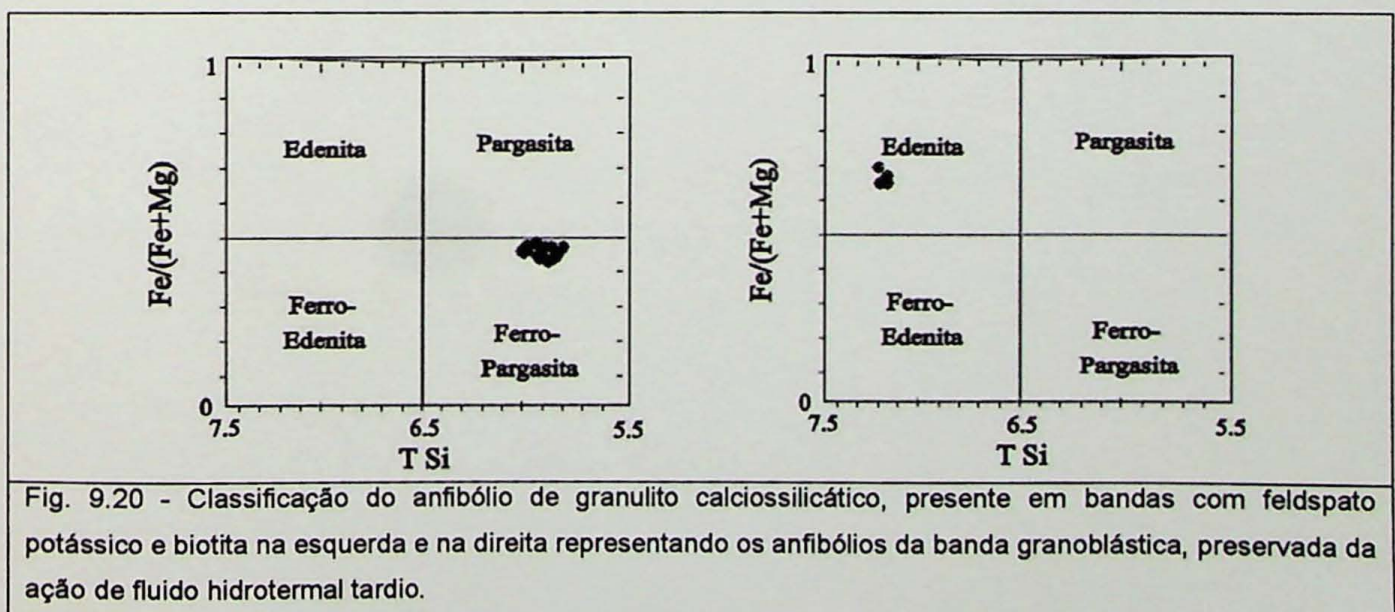
O feldspato da amostra foi classificado como andesina CF21a1 amostra foi classificado como andesina figura 9.19.



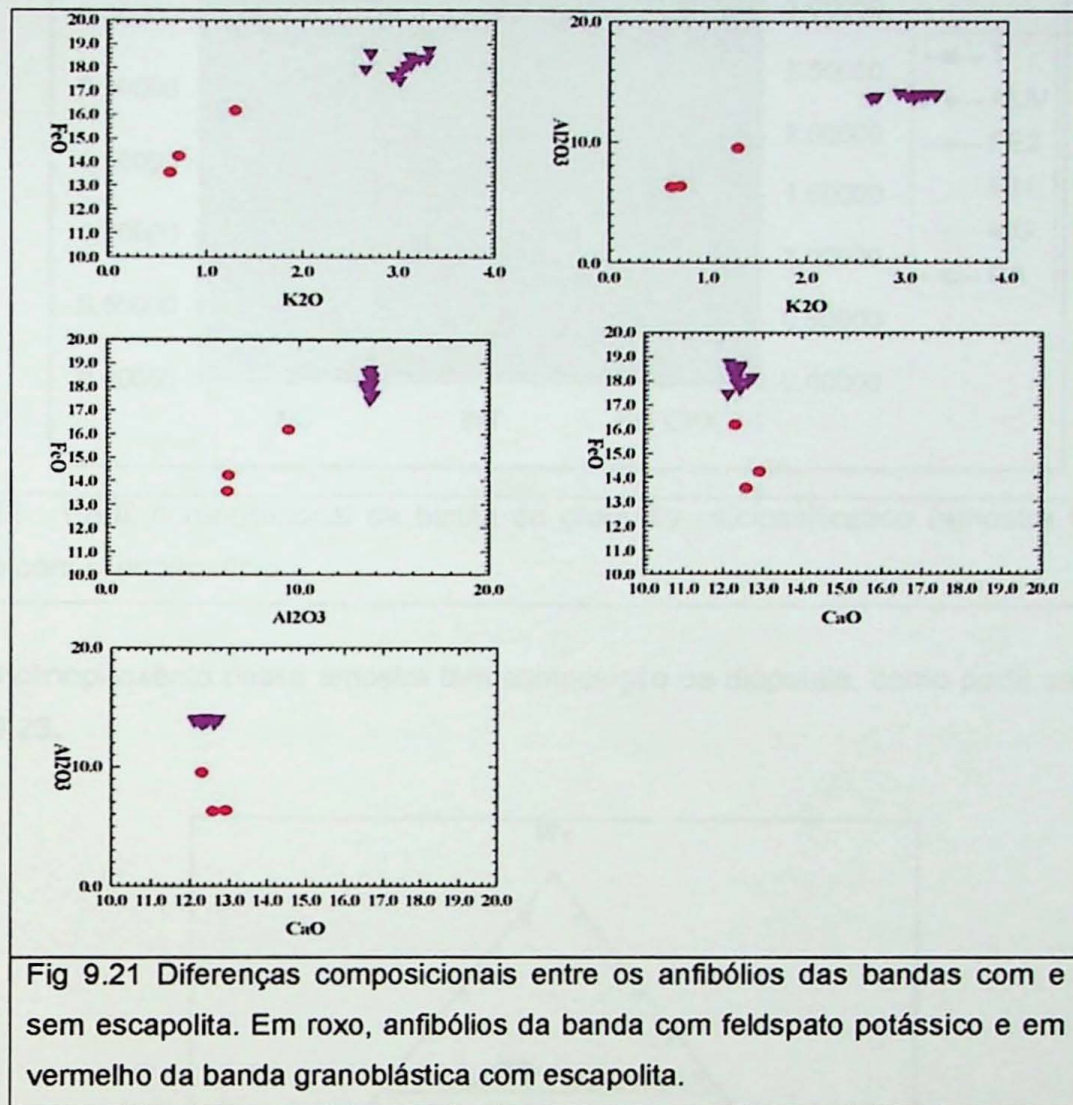
9.2.4 Granulito Calciossilicático (Amostra CA-3)

Esta rocha apresenta um bandamento composicional e mineralógico onde ocorrem bandas com clinopiroxênio, escapolita, carbonato, quartzo e anfibólio e bandas com anfibólio (fig. 9.20) feldspato potássico, quartzo e titanita onde estas bandas são separadas por uma borda de reação, marcada pela presença de biotita/flogopita.

Esta borda de reação deve-se ao fato de que a rocha foi invadida por um fluido rico em potássio, provavelmente de composição granítica, onde deve ter percolado na foliação da rocha, permitindo a cristalização de novos minerais, além de recristalização dos minerais pré-existent.



Os gráficos binários da fig 9.21 apresentam as variações de composição do anfibólio das bandas granoblásticas com as bandas alteradas fluidos



A biotita marca a foliação, seus teores de TiO_2 situam-se entre 2,19 e 3,51%, de FeO entre 16,07 e 20,89%, de MgO entre 11,33 e 13,27% e F entre 0,53 e 0,96. As variações composicionais da biotita podem ser vistas na figura 9.22.

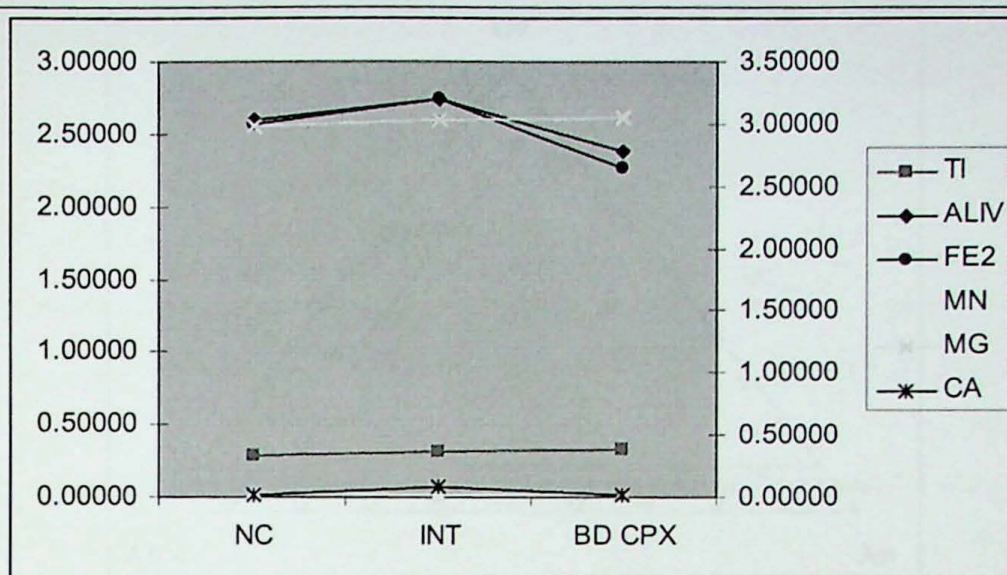


Fig 9.22 - Perfil composicional da biotita do granulito calciossilicático (amostra CA-3) em contato com clinopiroxênio.

O clinopiroxênio dessa amostra tem composição de diopsídio, como pode ser visto na figura 9.23.

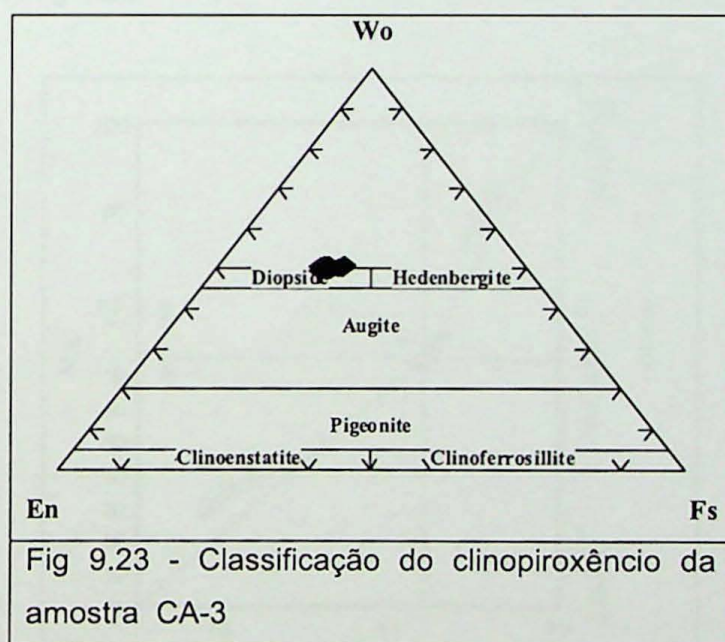
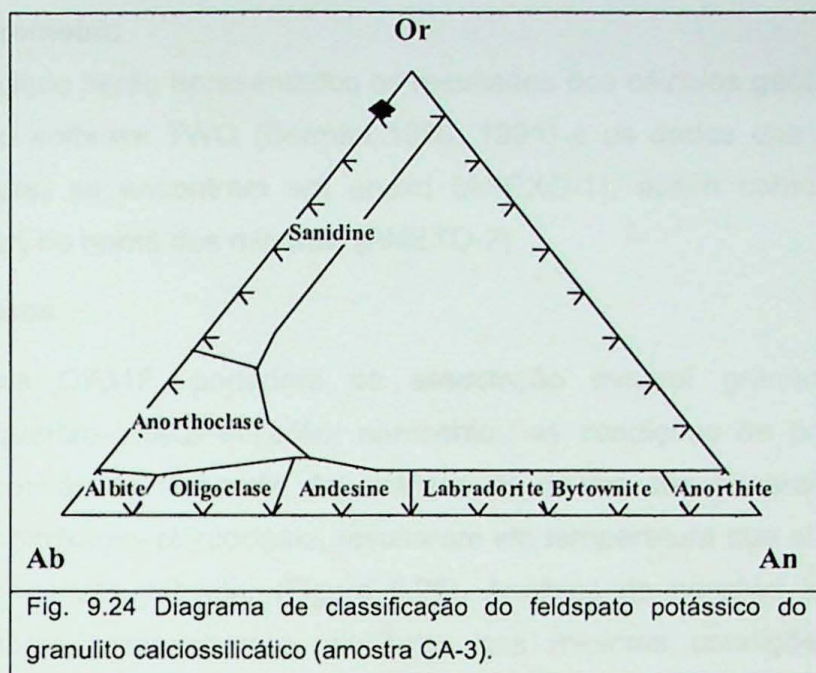


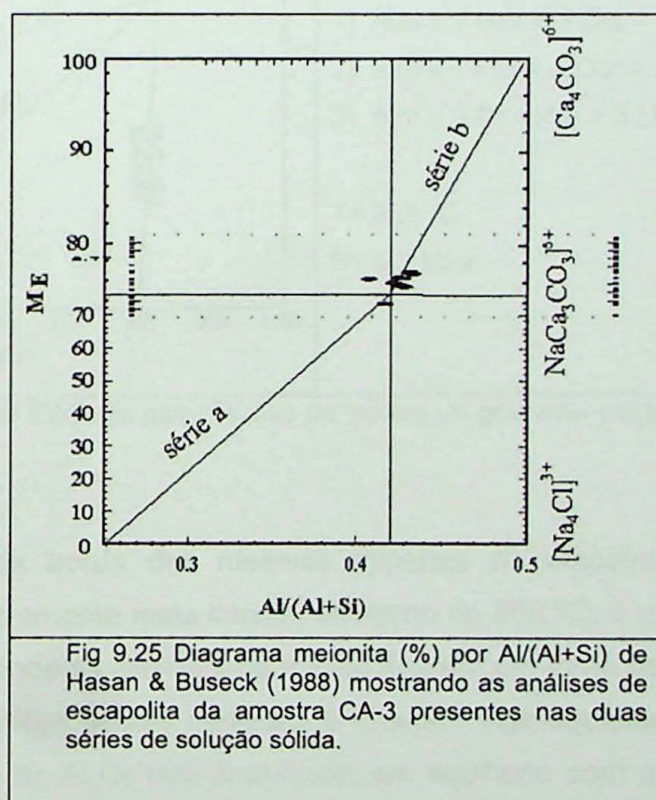
Fig 9.23 - Classificação do clinopiroxênio da amostra CA-3

O feldspato foi encontrado apenas na banda com ausência de escapolita e foi classificado como sanidina como pode ser visto na (figura 9.24).



Para o carbonato desta amostra foram analisados apenas dois pontos, se tratando de calcita.

A escapolita apresentou composição de meionita entre 69,80 e 74,15% e de marialita entre 26,56 e 31,36% fig 9.25.



9.3 Geotermobarometria

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos cálculos geotermobarométricos, obtidos com o *software* TWQ (Berman 1988; 1991) e os dados das análises química, desses minerais, se encontram em anexo (ANEXO-1), assim como as abreviações, quando houver, do nome dos minerais (ANEXO-2)

Grunulitos máficos

A amostra CF31F, portadora da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio-quartzo-biotita-anfibólio, apresentou as condições de pressão mais altas obtidas nas rochas de Caconde. As análises de núcleo dos minerais da paragênese granada-clinopiroxênio-plagioclásio, resultaram em temperatura que alcançaram até 825 °C e pressão de até 9,2 kbar (Figura 9.26). Análises de porções intermediárias dos minerais também demonstraram equilíbrios nas mesmas condições de pressão e temperatura.

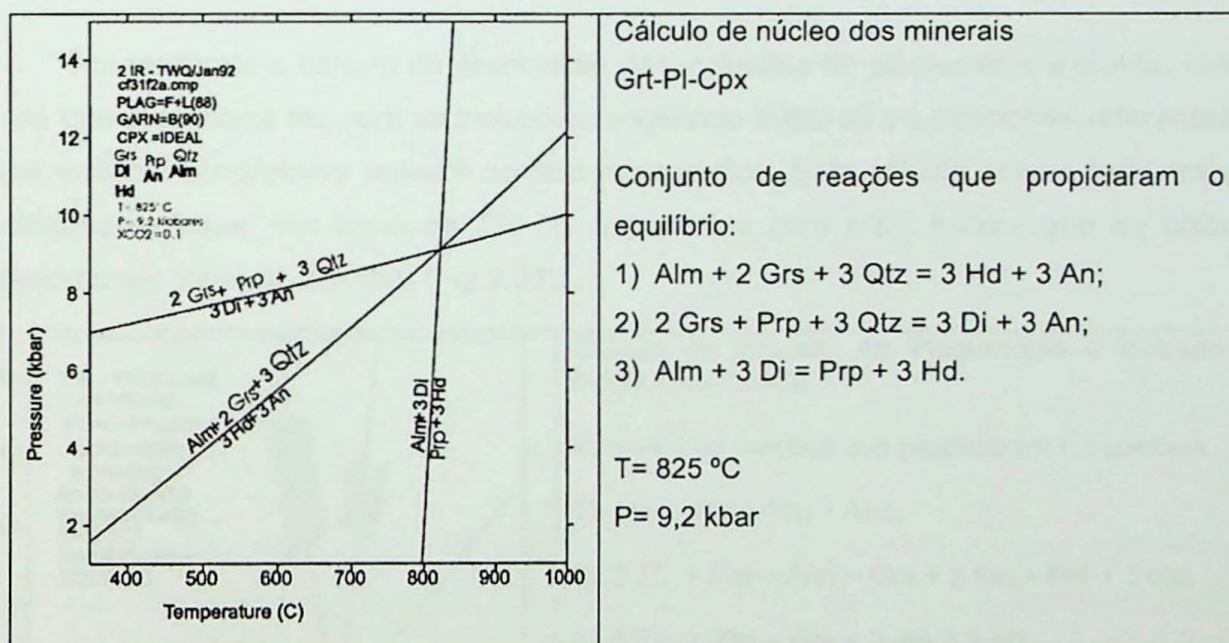


Fig 9.26 - Cálculos no TWQ de associações de núcleo de granada-plagioclásio-clinopiroxênio da amostra CF31F.

Os cálculos de borda dos mesmos minerais da amostra CF31F apresentaram temperaturas relativamente mais baixas, em torno de 800 °C, e pressões com diferenças mais expressivas onde as análises de núcleo ficaram em torno de 7,2 kbar (Fig 9.27). As análises microquímicas destes minerais já previam algo semelhante, devido ao fato de que a solubilidade de Al_2O_3 nos piroxênios, em equilíbrio com a anortita ($An \rightleftharpoons Cats + Qz$), é uma clara função da pressão, diminuindo a solubilidade com queda da pressão.

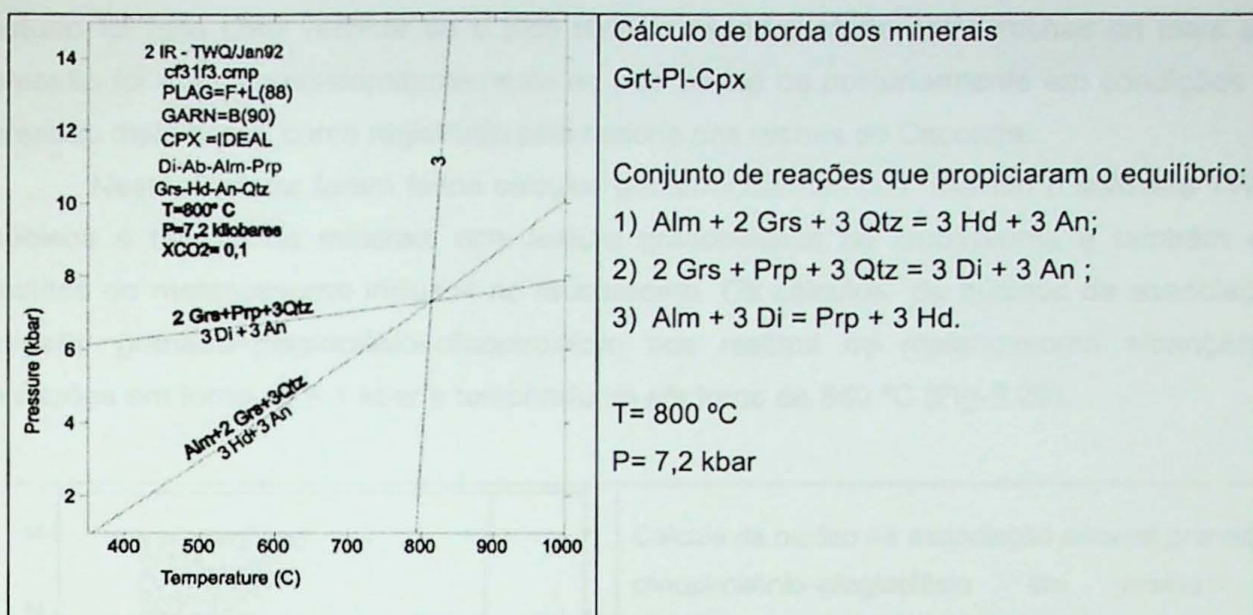


Fig 9.27 - Cálculos no TWQ de associações de borda de granada-plagioclásio-clinopiroxênio da amostra CF31F.

Foi realizado o cálculo da associação das inclusões de plagioclásio e biotita, mais a borda que a granada faz com as inclusões, sugerindo tratar-se de condições referentes ao metamorfismo progressivo anterior ao pico metamórfico. Este cálculo obteve temperaturas relativamente altas, em torno de 770 °C e pressões bem mais baixas que os cálculos anteriores em torno de 5,5 kbar (Fig 9.28).

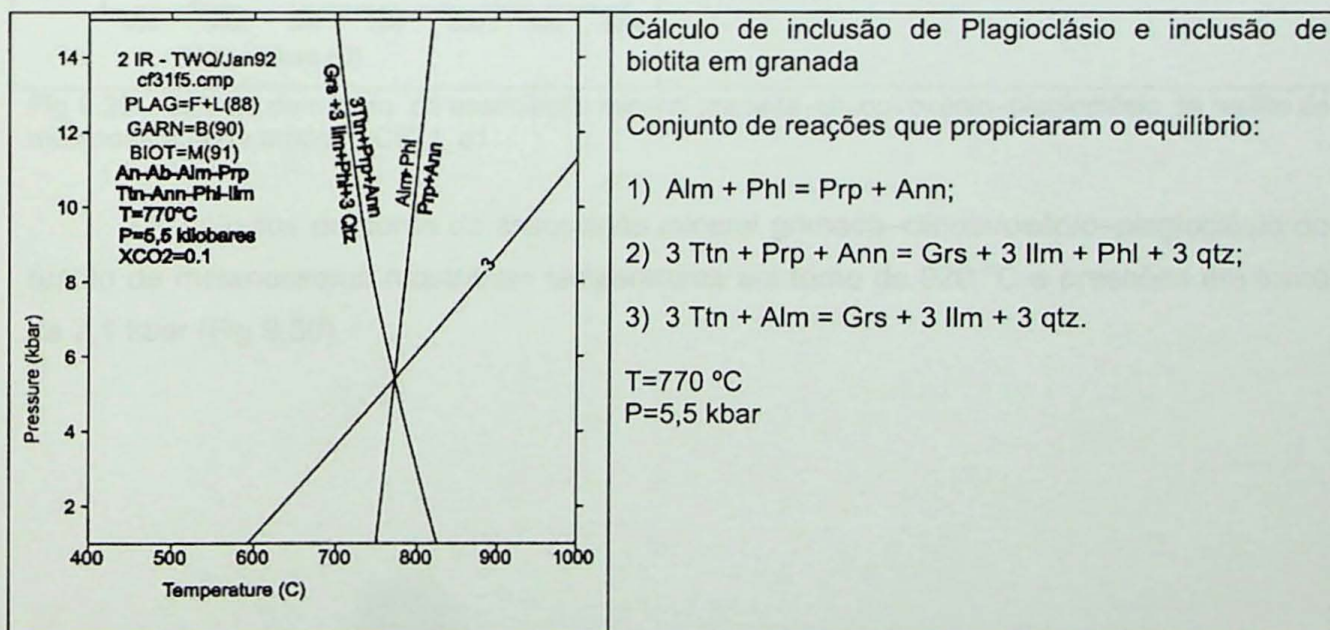


Fig 9.28 - Cálculos no TWQ de inclusões de plagioclásio e biotita em granada da amostra CF31F.

A amostra CF21_a1 tem a associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio-anfibólio e sua escolha para os cálculos geotermobarométricos foi feita por ser proveniente de um leucossoma de um granulito básico no qual Freitas (2006) já havia estimado as condições P-T do melanossoma, tendo encontrado as maiores condições de pressão para as rochas de Caconde, entre 9,5 a 11,5 kbar, e temperaturas de no mínimo 830 °C. Seu

estudo foi feito para verificar se o pico térmico experimentado pelas rochas de mais alta pressão foi atingido concomitantemente ao pico bórico ou posteriormente em condições de pressão mais baixa, como registrado pela maioria das rochas de Caconde.

Nesta amostra foram feitos cálculos geotermobarmétricos, usando o *software* TWQ, núcleos e bordas de minerais com textura granoblástica no leucossoma e também em restitos do melanossoma inclusos no leucossoma. Os cálculos de núcleos da associação mineral granada–plagioclásio–clinopiroxênio nos restitos de melanossoma alcançaram pressões em torno de 8,1 kbar e temperaturas em torno de 860 °C (Fig-9.29).

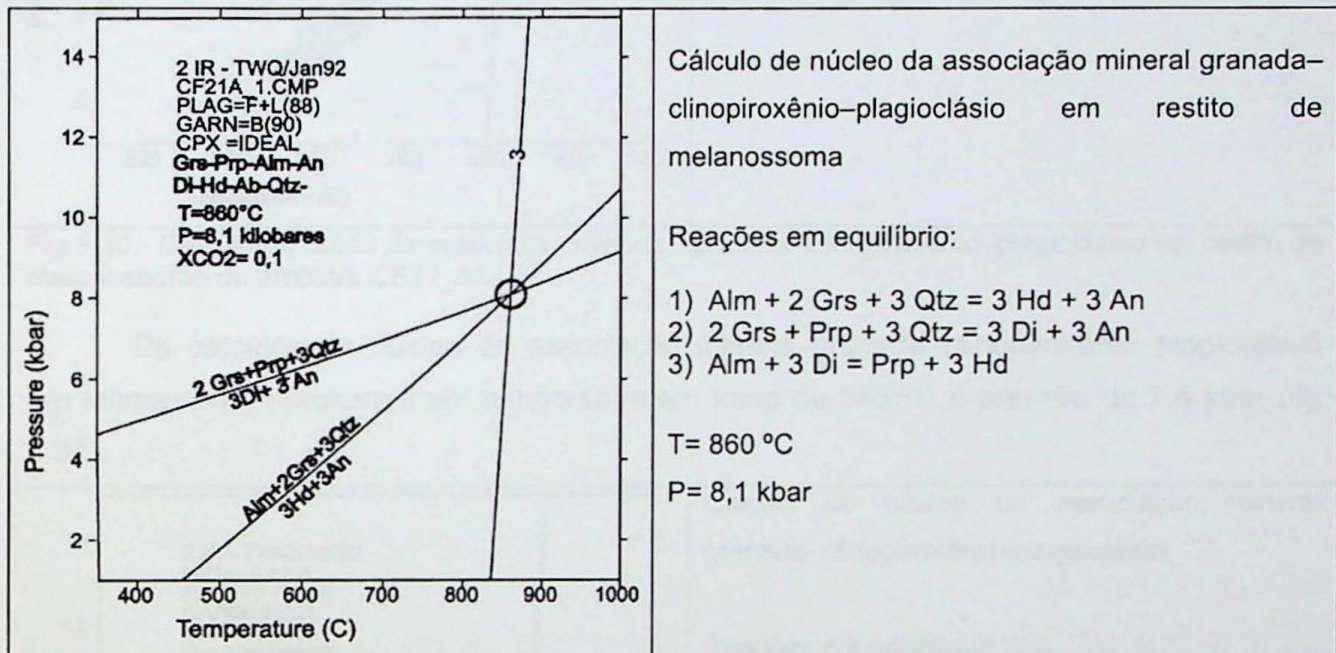


Fig 9.29 - Cálculo de núcleo da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio de restito de melanossoma da amostra CF21_a1.

Os cálculos de borda da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio do restito de melanossoma mostraram temperaturas em torno de 820 °C e pressões em torno de 7,1 kbar (Fig 9.30).

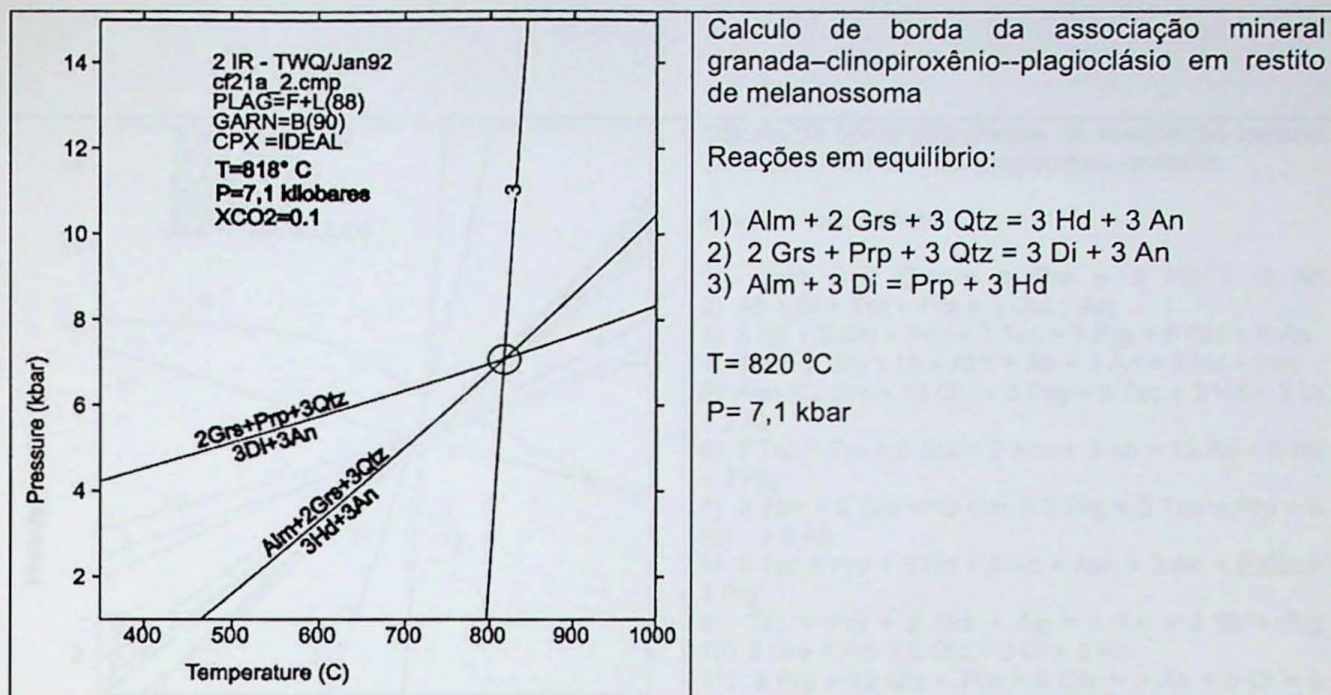


Fig 9.30 - Calculo de borda da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio em restito de melanossoma da amostra CF21_a1.

Os cálculos de núcleo da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio em leucossoma resultaram em temperatura em torno de 845 °C e pressão de 7,4 kbar (fig 9.31).

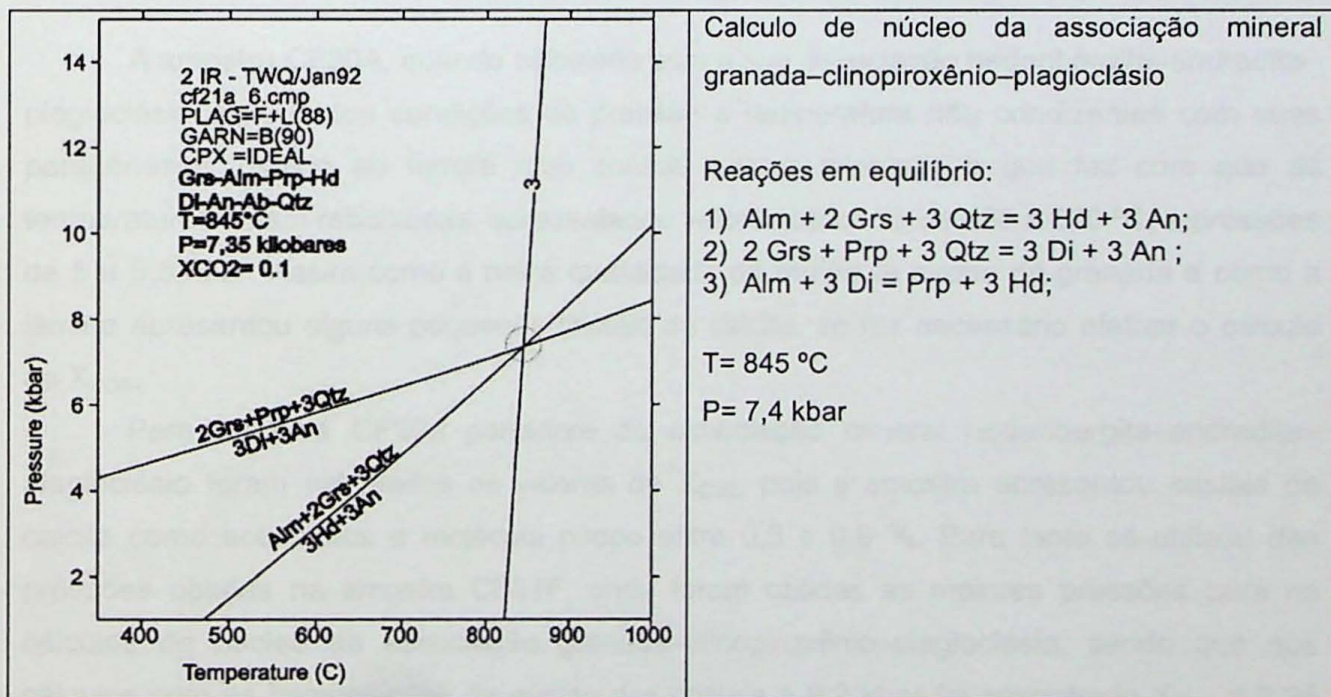


Fig 9.31 - Calculo de núcleo da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio.

Os cálculos de borda da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio-anfibólio do leucossoma mostraram equilíbrios. Assim como na amostra CF31F ocorre uma diminuição da pressão e da temperatura quando comparamos as análises de núcleo. Isso ocorre pode ser devido às maiores proporções de Al_2O_3 do núcleo e menores da borda do piroxênio em contato com a granada (fig 9.32).

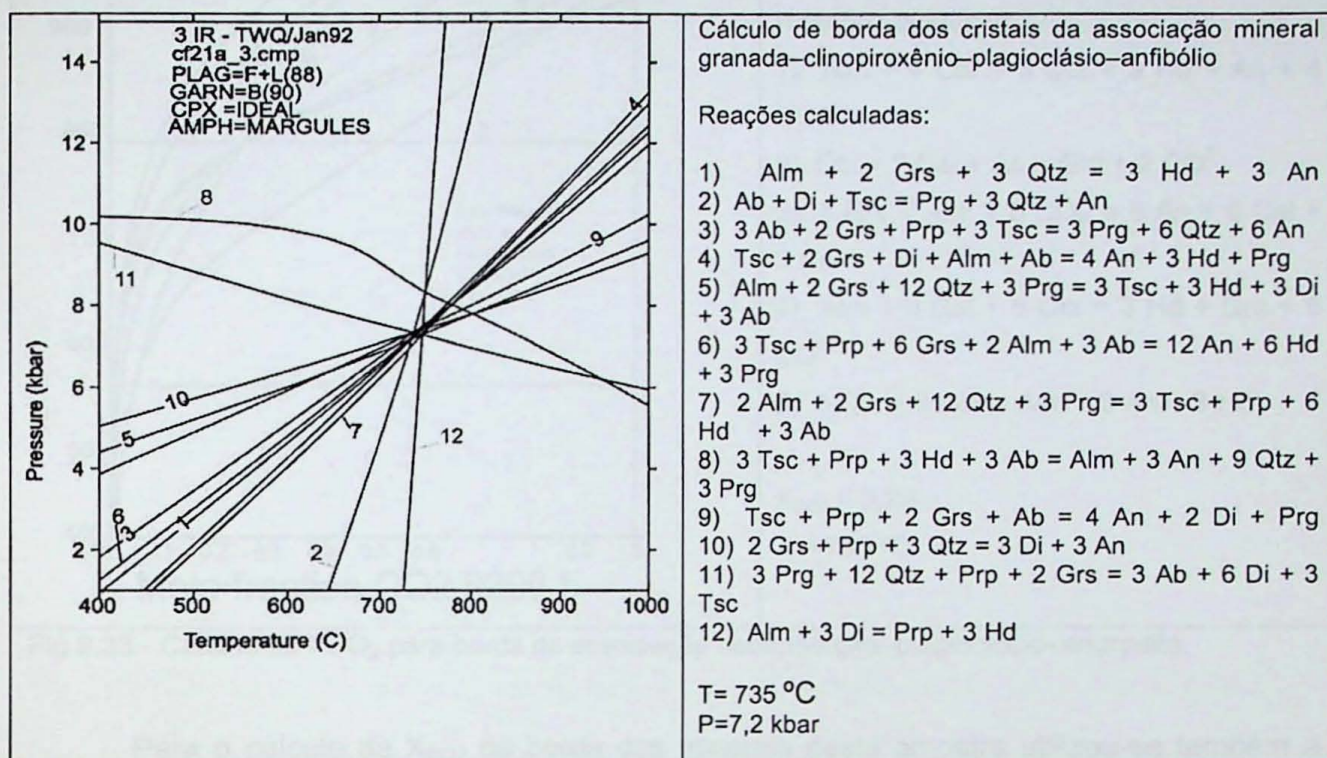


Fig 9.32 - Cálculo de borda dos cristais da associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio-anfibólio

A amostra CF30A, quando calculada com a sua associação hedenbergita-andradita-plagioclásio, apresentou condições de pressão e temperatura não condizentes com suas paragéneses, devido ao ferrofé rico contido nestes minerais, o que faz com que as temperaturas sejam rebaixadas, apresentando valores de cerca de 400 a 500 °C, a pressões de 5 a 5,5 kbar. Assim como a baixa quantidade da molécula piropo da granada e como a lâmina apresentou alguns pequenos cristais de calcita, se fez necessário efetuar o cálculo de X_{CO_2} .

Para amostra CF30a portadora da associação mineral hedenbergita-andradita-plagioclásio foram calculados os valores de X_{CO_2} , pois a amostra apresentou cristais de calcita como acessórios e molécula piropo entre 0,5 e 0,8 %. Para tanto se utilizou das pressões obtidas na amostra CF31F, onde foram obtidas as maiores pressões para os cálculos de núcleo da associação granada-clinopiroxênio-plagioclásio, sendo que nos cálculos com as composições de núcleo dos cristais a 9,2 kbar foi encontrado $X_{\text{CO}_2} = 0,25$ (Fig 9.33).

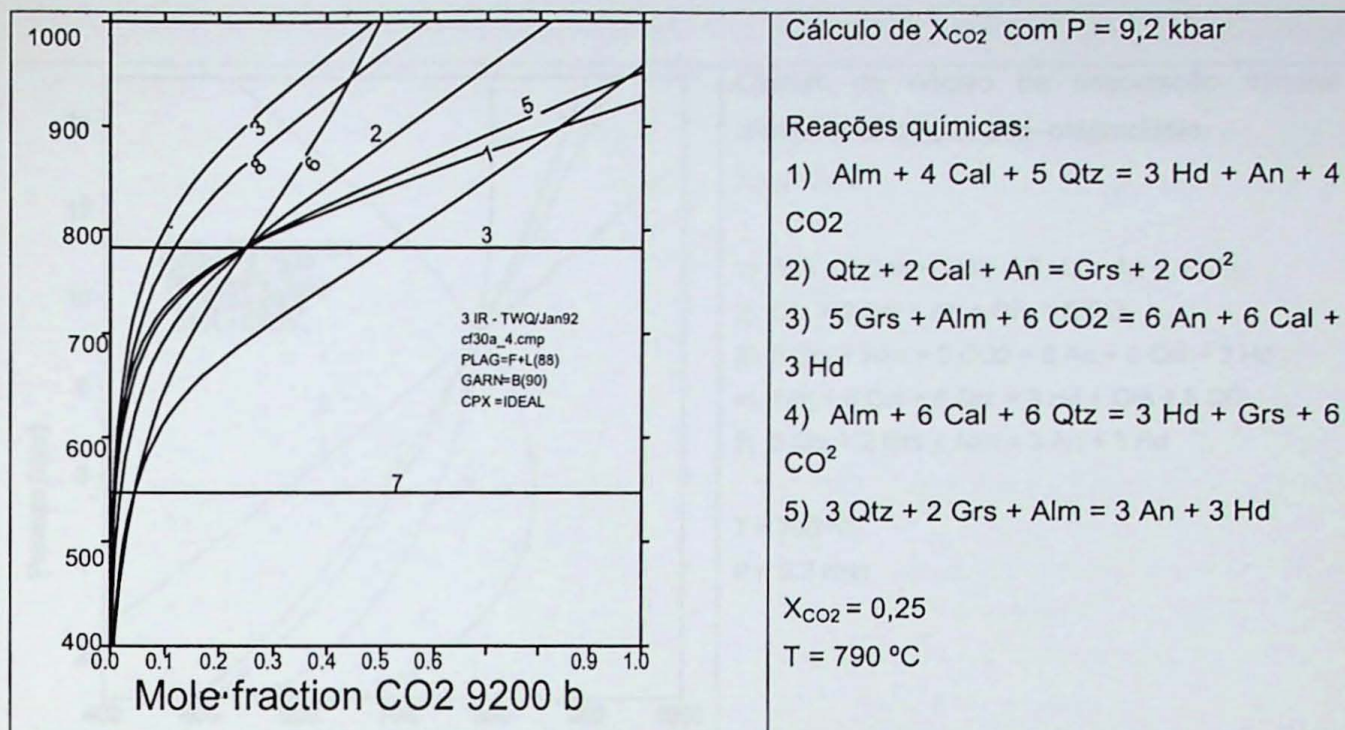


Fig 9.33 - Cálculo de X_{CO_2} para borda da associação hedenbergita-plagioclásio-andradita.

Para o cálculo da X_{CO_2} da borda dos minerais desta amostra utilizou-se também a pressão obtida com o cálculo de borda dos cristais da amostra CF31F (7,2 kbar), onde o $X_{CO_2} = 0,12$ com a objetivo de obter o mesmo ao final da descompressão do sistema (fig 9.34)

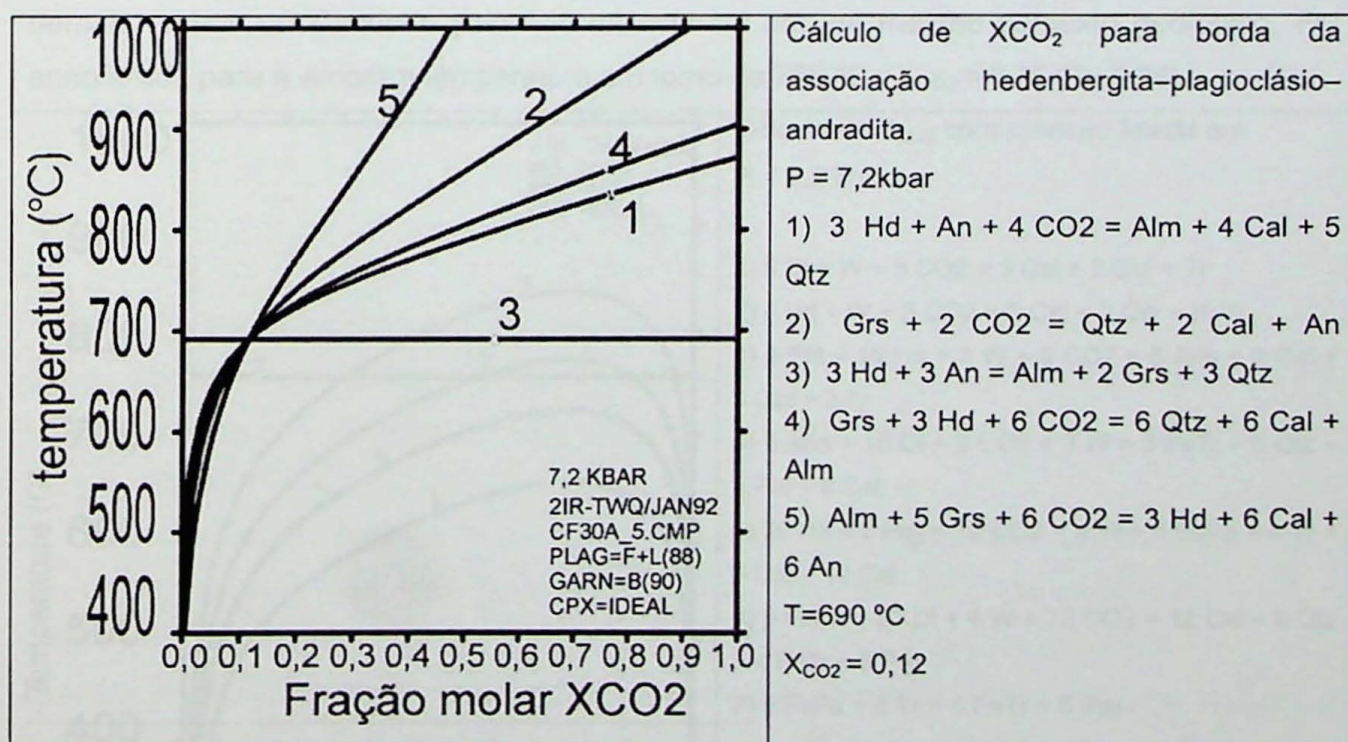


Fig 9.34 - Cálculo de X_{CO_2} para borda da associação hedenbergita-plagioclásio-andradita

Utilizando-se a X_{CO_2} obtida nos diagramas de atividade *versus* temperatura fez-se cálculos P-T com $X_{CO_2} = 0.25$, obtendo-se o equilíbrio mostrado na Fig 9.35.

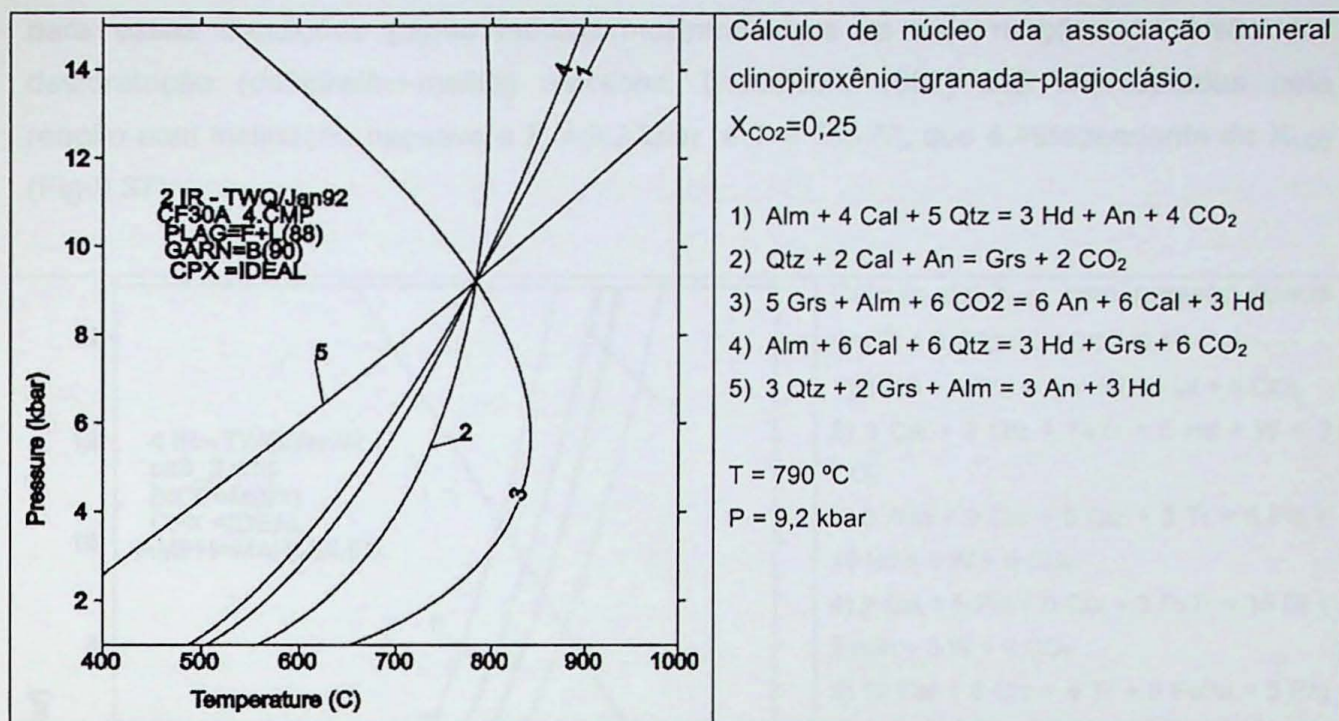


Fig 9.35 - Cálculo de núcleo da associação mineral clinopiroxênio-granada-plagioclásio $X_{CO_2}=0,25$

Granulito Calciossilicático (amostra CA-3)

A amostra CA-3 é portadora da associação clinopiroxênio-anfibólio-biotita-escapolita. Para esta amostra foi calculado X_{CO_2} com a maior pressão obtida entre as demais rochas de Caconde pelo fato de estarem em um mesmo contexto geológico. Foi encontrado para a amostra temperatura em torno de $765\text{ }^{\circ}C$ e $X_{CO_2} = 0,75$ (Fig.9.36).

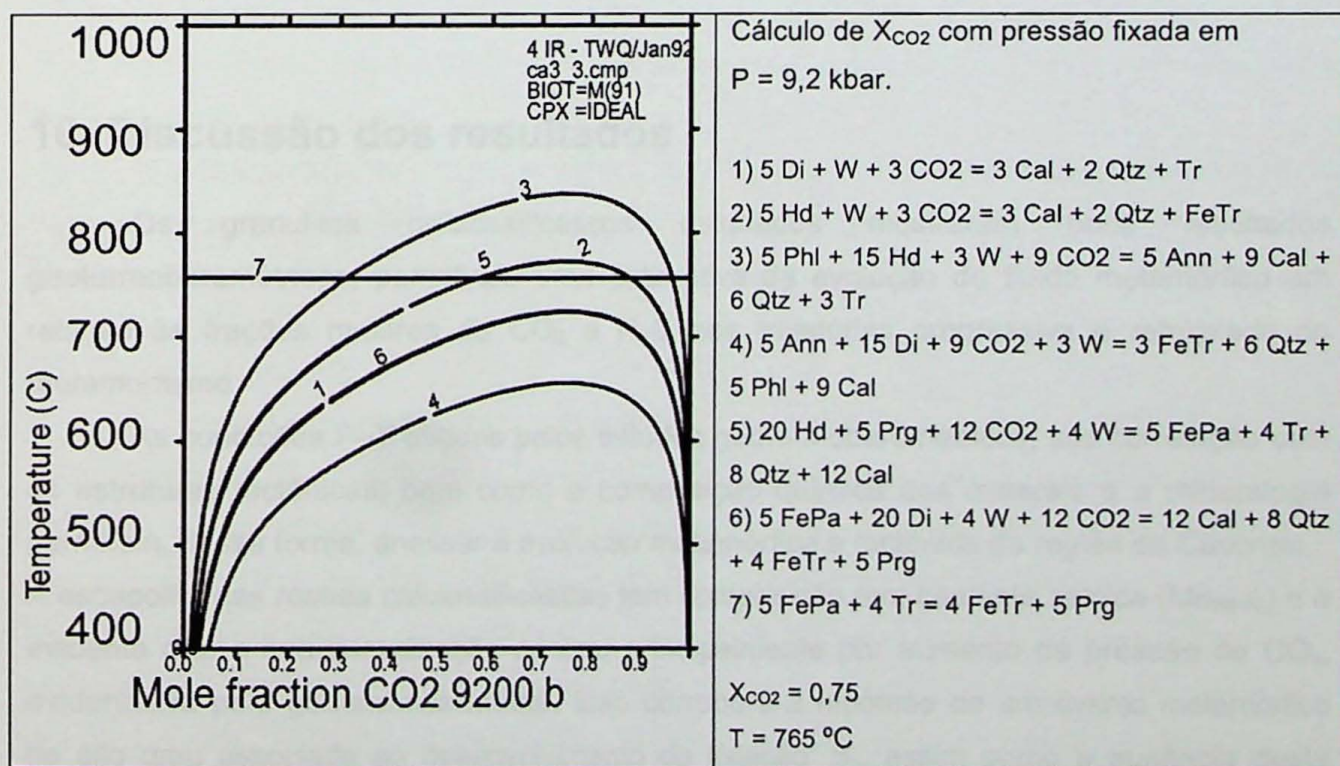


Fig 9.36 - Cálculo de X_{CO_2} com pressão fixada em $P = 9,2\text{ kbar}$ para amostra CA-3

De posse dos dados dos valores de X_{CO_2} , calcularam-se as reações de equilíbrio para essas condições (ponto médio), mostrando que as seis reações de fusão por desidratação (*dehydration-melting reactions*, Thompson, 1982) são interceptadas pela reação com inclinação negativa a $P = 9,2 \text{ kbar}$ e $T = 765 \text{ }^\circ\text{C}$, que é independente de X_{CO_2} (Fig-9.37).

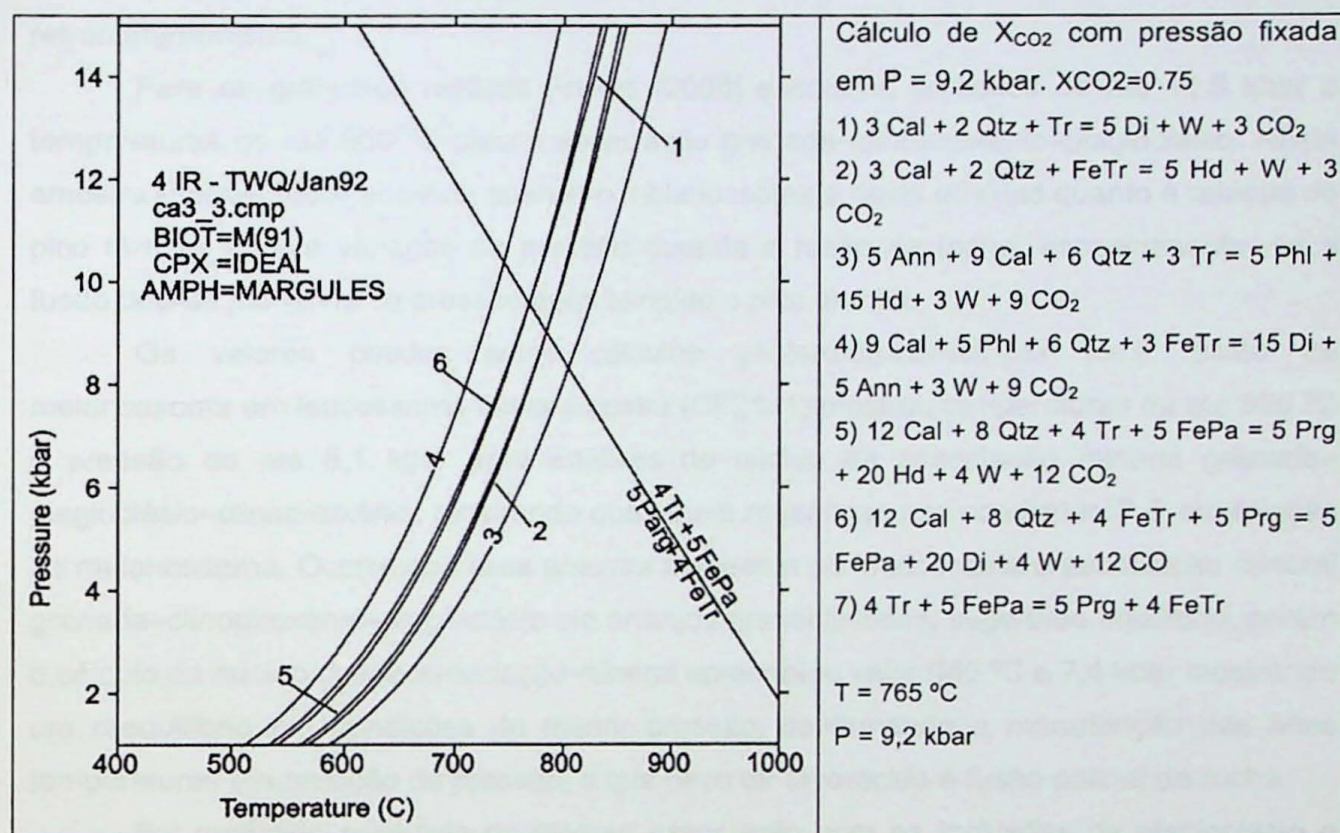


Fig 9.37 - Cálculo de X_{CO_2} com pressão fixada em $P = 9,2 \text{ kbar}$. $X_{\text{CO}_2}=0.75$

10. Discussão dos resultados

Os granulitos calciossilicáticos estudados mostraram bons resultados geotermobarométricos, permitindo uma estimativa da evolução do fluido metamórfico em relação às frações molares de CO_2 e H_2O nas trajetórias progressiva e retrógrada do metamorfismo.

As condições P - T obtidas pelos estudos geotermobarométricos; sua correlação com as estruturas tectônicas; bem como a composição química dos minerais e a mineralogia permitem, dessa forma, analisar a evolução metamórfica e tectônica da região de Caconde. A escapolita das rochas calciossilicáticas tem composição tem bastante cálcica (Me_{69-70}) e é evidente que a sua cristalização se deu principalmente por aumento da pressão de CO_2 , evidenciada pela geotermobarometria. Isso corrobora a hipótese de um evento metamórfico de alto grau associado ao desenvolvimento da foliação S_n , assim como a ausência deste mineral e a presença de wollastonita em outras constitui uma correlação da atuação de

diferentes composições de fluidos no final do evento ou durante um novo estágio de metamorfismo em pressão mais baixa.

Na química mineral da amostra CA-3 foi observado uma diferença de composição entre os anfibólios de uma banda para outra sendo o anfibólio da banda granoblástica preservada da ação de fluido tardios, classificado como edenita, enquanto o da banda rica em microclínio como ferro-Prgassita, sugerindo a ação dos fluidos graníticos durante o retrometamorfismo.

Para os granulitos máficos Freitas (2006) encontrou pressões de até 11,5 kbar e temperaturas de até 900 °C para a associação granada-clinopiroxênio-plagioclásio. Nesta amostra Freitas(2006) analisou apenas o melanossoma e havia dúvidas quanto à relação do pico térmico com a variação da pressão durante a fusão da rocha, especialmente, se a fusão deu-se por alívio da pressão após atingido o pico térmico.

Os valores obtidos pelos cálculos geotermobarométricos para restito de melanossoma em leucossoma desta amostra (CF21a1) mostrou temperaturas de até 860 °C e pressão de até 8,1 kbar para análises de núcleo da associação mineral granada-plagioclásio-clinopiroxênio, mostrando que houve mudanças nas condições P-T em relação ao melanossoma. Ocorre que essa amostra apresenta no leucossoma a associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio em arranjos granoblásticos, sugerindo equilíbrio, porém o cálculo de núcleo dessa associação mineral apresentou valor 845 °C e 7,4 kbar mostrando um reequilíbrio em condições de menor pressão, confirmando a manutenção das altas temperaturas e a redução da pressão, o que deve ter favorecido a fusão parcial da rocha.

Foi realizado o cálculo da mesma associação com as inclusões de plagioclásio e biotita na granada e os resultados sugerem que as condições referentes ao metamorfismo progressivo anterior ao pico metamórfico esteve ao redor 5,5 kbar e 770 °C, indicando uma típica trajetória progressiva.

A química mineral, de maneira geral confirma os dados geotermobarométricos onde sugerem uma queda de pressão e temperatura do núcleo para a borda dos minerais.

11 Conclusões

A petrografia destas rochas indica texturas de equilíbrio da fácies granulito, bem como de desequilíbrio metamórfico, evidenciadas por paragêneses retrometamórficas da fácies anfibolito. Além da caracterização petrográfica dos litotipos, estes estudos evidenciam um evento metamórfico de alto grau associado ao desenvolvimento da foliação S_n , cujo pico térmico continuou, em algumas partes da área, após cessadas as deformações, o que pode ser relacionado com a recomposição das isothermas numa crosta espessada, ou à intrusão de charnockitóides. Um exemplo petrográfico disso é o crescimento do ortopiroxênio discordante a foliação.

As micro-estruturas observadas na petrografia, assim com as macro-estruturas observadas em campo e nos mapas geológicos da região podem facilmente ser correlacionadas, como o desenvolvimento de uma foliação S_n com paragêneses indicativas de fácies granulito possivelmente ligada ao ciclo Jequié e um retrometamorfismo que pode ser devido à sobreposição de um novo evento metamórfico em grau mais baixo, ao qual deve associar-se o profuso magmatismo granítico neo-proterozóico que ocorre a sul da área em estudo.

Assim, pode-se também concluir que a geotermobarometria é uma importante ferramenta para estes estudos da evolução tectônica, quando estudada conjuntamente com os dados petrográficos.

Nos estudos geotermobarométricos pode-se concluir que as rochas básicas e calciossilicáticas de Caconde foram metamorfizadas em regime de alta temperatura e pressões relativamente baixas o que implica em uma forte anomalia geotérmica, porém as amostras estudadas neste trabalho apresentam paragêneses de alta pressão dada pela associação mineral granada-clinopiroxênio-plagioclásio, no entanto os cálculos termobarométricos não alcançaram pressões >10kbar, porém Freitas(2006) encontrou em seus cálculos pressões que alcançaram estes valores, portanto entende-se que estas rochas sofreram descompressão em regime de alta temperatura gerando uma trajetória metamórfica no sentido horário, indicando uma descompressão quase isothermal(ITD) (Bohlen, 1987; Harley, 1989) (fig. 11.2). Estas trajetórias metamórficas são em especial, marcadas por reações de fusão por desidratação (*dehydration-melting reactions*) associando o retrometamorfismo ao magmatismo neo-proterozóico.

Quando analisou-se os cálculos termobarométricos da amostra CF31F se obtém uma trajetória horária, com metamorfismo progressivo, pico metamórfico e retrometamorfismo (fig 11.1).

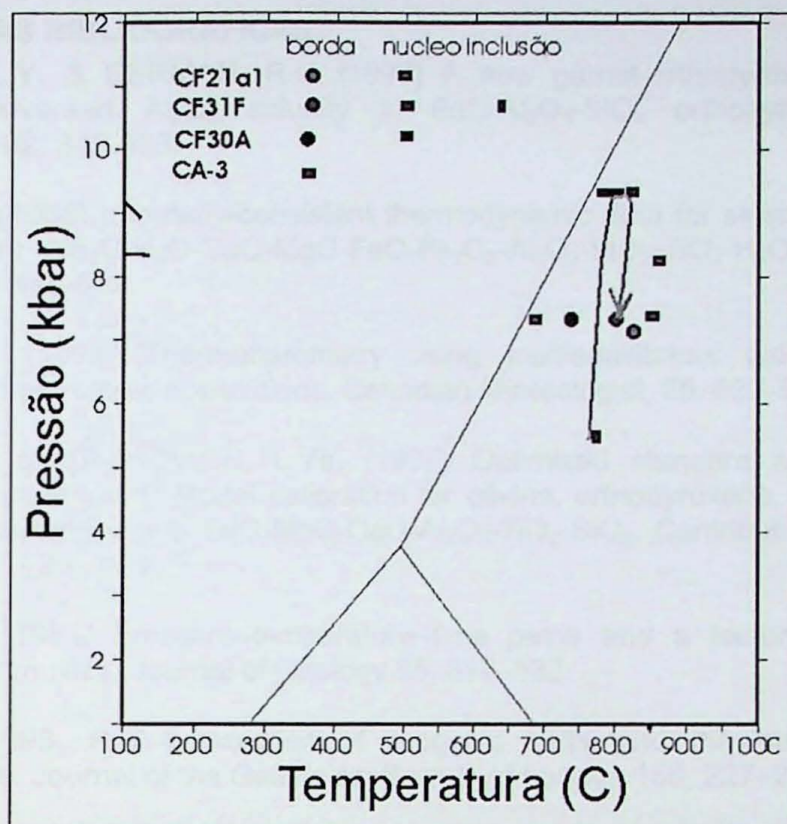
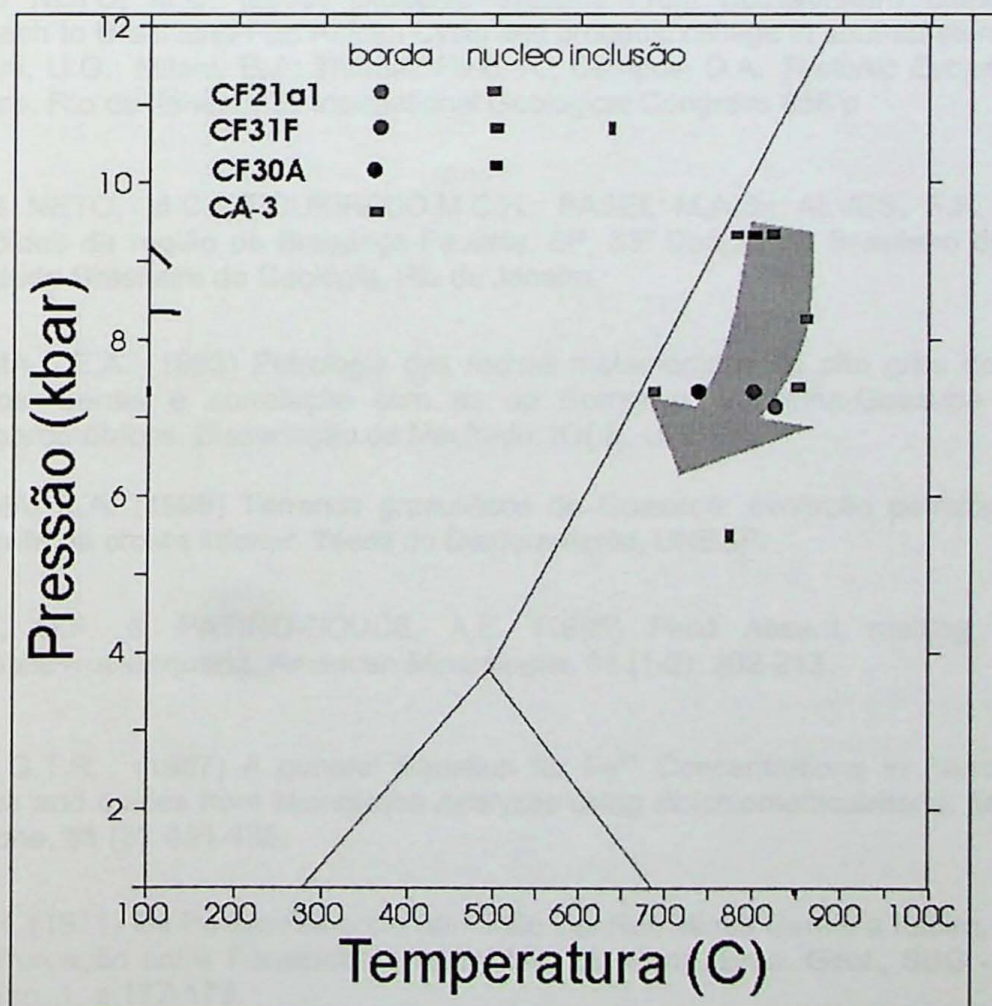


Fig - 11.1 trajetória P-T-t da amostra CF31F

Para análise do comportamento geral da amostras a trajetória se mostra com uma pequena curvatura no sentido horário (fig-11.2).



12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANOVICH, L.Y. & BERMAN, R.G. (1997) A new garnet-orthopyroxene thermometer based on reversed Al_2O_3 solubility in $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ orthopyroxene. *American Mineralogist* 82: 345-353.
- BERMAN, R.G. (1988) Internally-consistent thermodynamic data for stoichiometric minerals in the system $\text{Na}_2\text{O-K}_2\text{O-CaO-MgO-FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-H}_2\text{O-CO}_2$. *Journal of Petrology*, 29: 445-522.
- BERMAN, R.G. (1991) Thermobarometry using multiequilibrium calculations: a new technique with petrologic applications. *Canadian Mineralogist*, 29: 833-855.
- BERMAN, R.G. & ARANOVICH, L.Ya. (1996) Optimized standard state and solution properties of minerals. I. Model calibration for olivine, orthopyroxene, cordierite, garnet, and ilmenite in the system $\text{FeO-MgO-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 126: 1-24.
- BOHLEN, S.R., 1987. Pressure-temperature-time paths and a tectonic model for the evolution of granulites. *Journal of Geology* 95, 617-632.
- BROWN, M., 1993. P-T-t evolution of orogenic belts and the causes of regional metamorphism. *Journal of the Geological Society of London* 150, 227-241.
- CAMPOS NETO, M. C. (1991) A Porção Ocidental da Faixa Alto Rio Grande - Ensaio da Evolução Tectônica. Tese de Doutorado, IGC-USP.
- CAMPOS NETO, M.C. (2000) Orogenic Systems From Southwestern Gondwana –An Approach to Brazilian-Pan African Cycle and orogenic collage in southeastern Brazil. In : Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31 International Geological Congress 856 p
- CAMPOS NETO, M.C.; FIGUEIREDO, M.C.H.; BASEI, M.A.S.; ALVES, F.R. (1985) Os granitóides da região de Bragança Paulista, SP, 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Sociedade Brasileira de Geologia, Rio de Janeiro.
- DEL LAMA, E.A. (1993) Petrologia das rochas metamórficas de alto grau do Complexo Campos Gerais e correlação com as do Complexo Varginha-Guaxupé – estudos termobarométricos. Dissertação de Mestrado, IGCE, UNESP.
- DEL LAMA, E.A. (1998) Terrenos granulíticos de Guaxupé: evolução petrológica de um segmento da crosta inferior. Teses de Doutorado, UNESP.
- DOOLEY, D.F. & PATIÑO-DOUCE, A.E. (1996) Fluid absent melting of F rich phlogopite+rutile+quartz. *American Mineralogist*, 81 (1-2): 202-212
- DROOP, G.T.R. (1987) A general Equation for Fe^{3+} Concentrations in Ferromagnesian silicates and oxides from Microprobe Analyzes using stoichiometrical criteria. *Mineralogical Magazine*, 51 (3): 431-435.
- EBERT, H. (1971) Os Paraibides entre São João Del Rei, Minas Gerais e Itapira, São Paulo, e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides. 25º Cong. Bras. Geol., SBG - São Paulo Bol. Esp. 1, p.177-178.

- ENGLAND, P.C., THOMPSON, A.B., 1984. Pressure-temperature-time paths of regional metamorphism I. Heat transfer during the evolution of regions of thickened continental crust. *Journal of Petrology* 25, 894-928.
- FREITAS, C.F. (2006) Evolução metamórfica dos terrenos granulíticos de Socorro e Caconde (SP) e Cambuí (MG). Tese de Doutorado, IGC-USP.
- HASUI, Y.; Ebert, H. D. & Costa, J. B. S.-1990- Estruturação da Extremidade Oriental da Chamada Cunha de Guaxupé: Dados Preliminares. An. XXXVI Congr. Bras. Geol., Natal, RN, p: 2296-2308.
- HARLEY, S.L., 1989. The origins of granulites: a metamorphic perspective. *Geological Magazine* 126, 215-331.
- HARLEY, S.L. & BUICK, I.S. (1992) Wollastonite-scapolite assemblages as indicators of granulite pressure-temperature-fluid histories: the Rauer Group, East Antarctica. *Journal of Petrology*, 1992. 33 (3): 693.
- HEINTZ, M.; VAUCHES, A.; ASSUMPÇÃO, M.; BARRUOL, G. (2003) Shear wave splitting in SE Brazil: an effect of active or fossil upper mantle flow, or both? *Earth and Planetary Science Letters* 211: 79-95.
- JANASI, V, A. (1992) Rochas sieníticas e mangerítico-charnoquíticas neoproterozoicas da região entre caldas e campestre, mg : aspectos petrológicos,- Tese de doutorado-IG-USP, 298p
- JULIANI, C.; SCHORSCHER, J.H.D.; BELJAVSKIS, P. (1984) Geologia e evolução geológica do Complexo Varginha na região de Caconde - SP. In: XXXIII Congr. Bras. Geol., R.J., vol. V: p. 2005-2320.
- JULIANI, C.; MENDES, D.; ALMEIDA, R.P. de; MONTEIRO, L.V.S. (1995) Os metaconglomerados de Caconde (SP) e suas implicações na definição do ambiente deposicional e do paleoclima de parte do Precambriano do Sudeste brasileiro. In: IV Simp. Geol. Sudeste. Boletim de REsumos, SBG/UNESP, Águas de São Pedro, SP, p. 138.
- JULIANI, C.; SZABÓ, G.A.; BENEVIDES, T.; FREITAS, F.C.; AGUILAR, A. P. (2002). Petrologia Metamórfica. Apostila do curso GMG 332-Departamento de Mineralogia e Geotectônica-IG-USP, versão preliminar.171p.
- KRETZ, R., Symbols for rock-forming mineral. *American Mineralogist* 68, 277-279.
- MENDES, D. & JULIANI, C. (1996) Geologia e Petrografia dos metaconglomerados do Grupo Caconde, São Paulo e Minas Gerais. Relatório Final de Bolsa de Iniciação Científica PIBIC-USP/CNPq. São Paulo, DMP-IGUSP, 15p.
- MORALES, N.; ZANARDO, A.; CARVALHO, S.G. de e OLIVEIRA, M.A.F. (1992) Geologia da Porção Noroeste da Folha Caconde - SP- XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia - Bol. de Resumos Expandidos- p.131-132.
- MORALES, N. (1993) Evolução tectônica do Cinturão de Cisalhamento Campo do Meio na sua porção ocidental. Tese de Doutorado. IGCE/UNESP, Campus Rio Claro. 277 p., 2 volumes.
- OLIVEIRA, M.A.F. de & HYPÓLITO, R. (1973) Rochas calciossilicáticas da região de São

- José do Rio Pardo, São Paulo. In: Anais XXVII Cong. Brás. Geol., Aracajú, SE, vol. I: p.193-200.
- OLIVEIRA, M.A.F.; CARVALHO, S.G.; CHOUDHURI, A.; ZANARDO, A.; ANGELI, N.; GODOY, A.M.; RUEDA, J.R.J. (1983) Geologia das Porções Paulista das Quadrículas de Camanducaia e Monteiro Lobato. 1º Jornada Sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo 1:50.000. Projeto Pró-Minério Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo e IPT.
- OLIVEIRA, M. A. F. (1973). Petrologia das rochas metamórficas da Região de São José do Rio Pardo, SP. *Revista Brasileira de Geociências*, 3 :257-278
- OLIVEIRA, M.A.F. de & ALVES, F. R. (1974) Geologia e petrologia da região de Caconde, São Paulo. In: Anais XXVII congresso Brasileiro de Geologia, Aracajú, SE, vol. V: p.215-229
- OLIVEIRA, M.A.F. de (1972) Geologia e Petrologia da Região de São José do Rio Pardo, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, IGUSP, 127 p.
- OLIVEIRA, M.A.F. de (1984) Considerações sobre a evolução geológica do Complexo Varginha. em: Anais XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, RJ, vol. V: p. 2302-2304.
- OLIVEIRA, M.A.F. de & Ruperti, E. (1980) Composição química de escapolitas em associações calcossilicáticas pré-cambrianas em: Anais XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, SC, vol. IV: p. 2176-2181.
- OLIVEIRA, M.A.F. ; ALVES, F.R. ; KIHARA, Y. (1976) Geologia das folhas de São José do Rio Pardo e Caconde, SP.. In: XXIX Congresso Brasileiro de Geologia, 1976, Belo Horizonte. Anais do 29. Cong. Bras. de Geologia, 1976. p. 199-199.
- RICHARD, L.R., 1997. MINPET – Mineralogical and petrological data processing system. Canada.
- SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; NETO, R.L.; MATOS, G.M.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, de J.D.A.. (2004) Carta geológica do Brasil ao milionésimo, sistema de informações geográficas-SIG e folhas na escala 1:1.000.000. CPRM, Brasília. CD-ROM SF23/SG23.
- SCHOBENHAUS, C; FONSECA, C.M.J.(1979) Carta geológica do Brasil ao milionésimo : folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23) –DNPM.
- SPEAR, F.S., SELVERSTONE, J., 1983. Quantitative P–T paths from zoned minerals–theory and tectonic applications. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 83, 348–357.
- SPEAR, F.S. (1995) *Metamorphic phase equilibria and pressure–temperature–time Paths*. 2 ed. Mineralogical Society of America. Washington. 799 p.
- THOMPSON, A.B., ENGLAND, P.C., 1984. Pressure–temperature–time paths of regional metamorphism II. Their inference and interpretation using mineral assemblages in metamorphic rocks. *Journal of Petrology* 25, 929–955.
- THOMPSON, A.B. (1982) DEHYDRATION MELTYNG OF PELIT ROCKS AND THE GENERATION OF h₂o –undersaturated granitic liquids, institut fur kristallographie und Petrographie ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich, Switzerland.
- WERNICK & PENALVA, F. (1973). As relações entre os grupos Amparo e Itapira (SP). In: SBG, Congr. Bras. Geol., 27, Aracaju, *Boletim Especial*, 1: 116-117

ANEXOS

ANEXO I

AMOSTRA CF21a1- PLAGIOCLASIO									
ANALYSIS	45	43	44	41	42	27	28	22	21
		BD	BD		BD	BD		BD IN	NC IN
LOCATION	NC	HB	CPX	NC	CPX	PX+GR	NC	GR	GR
SIO2	57.85	56.98	56.91	56.63	57.18	57.19	57.15	56.78	57.53
TIO2	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00
AL2O3	26.43	26.75	26.88	26.86	26.90	26.60	26.97	26.79	26.94
FE2O3	0.00	0.08	0.13	0.11	0.20	0.12	0.12	0.26	0.32
FEO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06
MGO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00
BAO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAO	8.55	8.77	8.69	8.88	9.00	8.72	8.74	8.79	8.85
NA2O	6.38	6.23	6.25	6.28	6.34	6.40	6.36	6.27	6.43
K2O	0.28	0.34	0.36	0.23	0.28	0.33	0.28	0.33	0.29
TOTAL	99.52	99.21	99.23	99.00	99.97	99.38	99.62	99.35	100.43
SI	10.40	10.30	10.28	10.26	10.27	10.32	10.28	10.26	10.28
AL	5.60	5.69	5.72	5.73	5.69	5.65	5.72	5.70	5.67
FE3	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04
TI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
FE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MN	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
MG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
BA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CA	1.65	1.70	1.68	1.72	1.73	1.69	1.69	1.70	1.70
NA	2.22	2.18	2.19	2.21	2.21	2.24	2.22	2.20	2.23
K	0.07	0.08	0.08	0.05	0.07	0.08	0.07	0.08	0.07
CATIONS	19.94	19.97	19.98	19.99	20.00	20.00	19.99	19.99	20.00
X	16.00	16.00	16.02	16.01	15.98	15.99	16.02	16.00	16.00
Z	3.94	3.97	3.96	3.98	4.02	4.01	3.97	3.99	4.00
AB	56.50	55.10	55.30	55.40	55.10	56.00	55.90	55.20	55.90
AN	41.90	42.90	42.60	43.30	43.20	42.10	42.50	42.80	42.50
OR	1.70	2.00	2.10	1.30	1.60	1.90	1.60	1.90	1.70
SUM_CAT									

AMOSTRA - CF21a1- ANFIBÓLIO

ANALYSIS	35A	43.1A	32A	35.1A	35.2
LOCATION	NC	BD PL	NC	NC	NC
SIO2	39.33	39.48	39.86	39.53	39.52
TIO2	2.59	2.11	2.01	2.08	2.35
AL2O3	11.87	12.03	12.22	11.99	12.90
FEO	21.64	21.87	20.96	21.42	21.15
CR2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.49	0.47	0.47	0.50	0.51
MGO	6.47	6.46	6.54	6.37	6.45
CAO	11.38	11.93	11.61	11.55	11.43
NA2O	1.42	1.11	1.35	1.30	1.32
K2O	2.23	2.34	2.16	2.15	2.11
F	0.16	0.27	0.22	0.35	0.24
CL	0.90	0.83	0.84	0.88	0.77
TOTAL	98.48	98.89	98.25	98.13	98.76
O_F_CL	0.27	0.30	0.28	0.35	0.27
O_F	0.07	0.11	0.09	0.15	0.10
O_CL	0.20	0.19	0.19	0.20	0.17
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.21	98.59	97.97	97.78	98.49
TSI	6.15	6.15	6.22	6.20	6.12
TAL	1.85	1.86	1.78	1.80	1.88
TFE3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TTI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
CAL	0.34	0.35	0.47	0.42	0.48
CCR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFE3	0.14	0.22	0.08	0.13	0.16
CTI	0.31	0.25	0.24	0.25	0.27
CMG	1.51	1.50	1.52	1.49	1.49
CFE2	2.68	2.63	2.66	2.68	2.57
CMN	0.03	0.06	0.04	0.04	0.03
CCA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFE2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
BMN	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03
BCA	1.91	1.99	1.94	1.94	1.90
BNA	0.05	0.01	0.03	0.03	0.06
SUM_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANA	0.38	0.33	0.38	0.37	0.34
AK	0.45	0.47	0.43	0.43	0.42
SUM_A	0.83	0.79	0.81	0.80	0.76
SUM_CAT	15.83	15.79	15.81	15.80	15.76
CCL	0.24	0.22	0.22	0.23	0.20
CF	0.08	0.13	0.11	0.18	0.12
OH					
SUM_OXY	23.01	23.00	23.01	23.00	23.01

AMOSTRA-CF21a1- GRANADA

ANALYSIS	3	5	4	6	7	8	9	25	26
						INT A			B
LOCATION	BD CPX	INT	INT	INT	NC	NC	BD	NC	PL+PX
SIO2	36.60	37.08	36.73	36.77	37.19	36.96	37.29	37.78	37.05
TIO2	0.02	0.03	0.66	0.10	0.04	0.11	0.09	0.08	0.10
AL2O3	21.17	21.53	21.04	21.28	21.51	21.38	21.42	21.75	21.61
CR2O3	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01
FEO	26.59	26.54	26.29	25.77	26.98	25.57	26.70	26.06	27.05
FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	4.13	3.99	3.93	4.10	3.90	3.94	4.11	4.27	4.19
MGO	2.72	3.00	2.99	3.07	3.13	3.10	3.13	3.14	2.92
CAO	6.83	7.03	7.10	6.81	6.99	7.34	7.17	7.38	7.18
NA2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	98.05	99.19	98.75	97.91	99.74	98.39	99.91	100.46	100.10
FEOCALC	26.08	26.06	26.19	25.77	26.11	25.46	25.84	25.97	25.84
FE2O3CALC	0.56	0.54	0.11	0.00	0.96	0.12	0.96	0.10	1.34
TOTALCALC	98.11	99.25	98.76	97.91	99.84	98.40	100.01	100.47	100.24
O_F_CL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	98.11	99.25	98.76	97.91	99.84	98.40	100.01	100.47	100.24
TSI	2.97	2.97	2.96	2.98	2.96	2.97	2.96	2.98	2.94
TAL	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.02	0.06
SUM_T	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ALVI	1.99	1.99	1.95	2.01	1.97	2.00	1.96	2.00	1.96
FE3	0.03	0.03	0.01	0.00	0.06	0.01	0.06	0.01	0.08
TI	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
CR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_A	2.03	2.03	2.00	2.01	2.03	2.01	2.03	2.01	2.05
FE2	1.77	1.74	1.76	1.75	1.74	1.71	1.72	1.71	1.72
MG	0.33	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.35
MN	0.28	0.27	0.27	0.28	0.26	0.27	0.28	0.29	0.28
CA	0.59	0.60	0.61	0.59	0.60	0.63	0.61	0.62	0.61
NA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_B	2.98	2.97	3.00	2.99	2.97	2.99	2.97	2.99	2.95
SUM_CAT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
O	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
CF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CCL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALM	59.46	58.62	58.72	58.40	58.55	57.37	57.73	57.28	58.08
AND	1.69	1.59	0.33	0.00	2.84	0.35	2.82	0.31	3.92
GROSS	18.25	18.66	20.01	19.78	17.23	20.76	17.66	20.53	16.72
PYROPE	11.06	12.05	11.95	12.40	12.52	12.46	12.47	12.33	11.71
SPESS	9.54	9.08	8.93	9.42	8.87	8.98	9.30	9.55	9.53
UVARO	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.08	0.03	0.00	0.04
XCAGNT	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21
XFEGNT	0.60	0.59	0.59	0.58	0.59	0.57	0.58	0.57	0.58
XMGGNT	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12
FE_MGGNT	5.38	4.87	4.91	4.70	4.68	4.61	4.63	4.64	4.96
WEF									

AMOSTRA-CF21a1- GRANADA			
ANALYSIS	23	24	
LOCATION	B PL INC	NC	
SIO2	37.51	38.01	
TIO2	0.07	0.07	
AL2O3	21.60	21.81	
CR2O3	0.00	0.00	
FEO	26.89	26.07	
FE2O3	0.00	0.00	
MNO	4.16	4.13	
MGO	3.15	3.00	
CAO	6.97	8.31	
NA2O	0.00	0.00	
F	0.00	0.00	
CL	0.00	0.00	
TOTAL	100.35	101.39	
FEOCALC	26.24	25.42	
FE2O3CALC	0.72	0.72	
TOTALCALC	100.43	101.46	
O_F_CL	0.00	0.00	
CTOTAL	100.43	101.46	
TSI	2.97	2.97	
TAL	0.03	0.03	
SUM_T	3.00	3.00	
ALVI	1.98	1.98	
FE3	0.04	0.04	
TI	0.00	0.00	
CR	0.00	0.00	
SUM_A	2.02	2.02	
FE2	1.74	1.66	
MG	0.37	0.35	
MN	0.28	0.27	
CA	0.59	0.70	
NA	0.00	0.00	
SUM_B	2.98	2.98	
SUM_CAT	8.00	8.00	
O	12.00	12.00	
CF	0.00	0.00	
CCL	0.00	0.00	
ALM	58.31	55.74	
AND	2.11	2.09	
GROSS	17.73	21.25	
PYROPE	12.47	11.74	
SPESS	9.37	9.18	
UVARO	0.00	0.00	
XCAGNT	0.20	0.23	
XFEGNT	0.58	0.56	
XMGGNT	0.13	0.12	
FE_MGGNT	4.68	4.74	
WEF			

AMOSTRA CF 21a1- PIROXÊNIO									
ANALYSIS	40	39	1A	2.1A	31	30	29	29.1	29.2
LOCATION	NC	BD PL	NC	INT	NC	INT	BD GR+PL	BD PL	INT?
SIO2	49.32	49.56	49.95	49.49	50.16	49.94	49.60	50.02	49.65
TIO2	0.36	0.31	0.26	0.14	0.11	0.18	0.16	0.10	0.18
AL2O3	1.80	1.58	1.79	1.72	1.53	1.64	1.76	1.58	1.53
FEO	15.71	16.40	16.64	16.48	16.53	15.25	14.85	14.85	16.35
FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CR2O3	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.89	0.99	0.89	1.03	0.93	0.93	0.75	0.87	0.99
NIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MGO	9.05	9.25	9.32	9.49	10.10	9.80	10.05	9.81	10.01
CAO	20.73	20.29	20.10	19.43	20.36	21.46	21.03	21.19	20.10
NA2O	0.39	0.28	0.36	0.28	0.37	0.33	0.35	0.31	0.30
K2O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
TOTAL	98.24	98.66	99.32	98.04	100.09	99.52	98.53	98.74	99.10
TSI	1.93	1.94	1.94	1.95	1.93	1.93	1.93	1.94	1.93
TAL	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07
TFE3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
M1AL	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
M1TI	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
M1FE3	0.06	0.05	0.05	0.04	0.10	0.09	0.09	0.06	0.09
M1FE2	0.39	0.39	0.38	0.37	0.32	0.34	0.32	0.35	0.33
M1CR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1MG	0.53	0.54	0.54	0.56	0.58	0.56	0.58	0.57	0.58
M1NI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2FE2	0.07	0.10	0.11	0.13	0.11	0.06	0.07	0.07	0.11
M2MN	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
M2CA	0.87	0.85	0.84	0.82	0.84	0.89	0.88	0.88	0.84
M2NA	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_CAT	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
CA	46.17	44.64	44.16	42.91	44.71	47.10	46.57	46.48	44.28
MG	28.04	28.32	28.49	29.17	30.87	29.93	30.95	29.93	30.68
FE2_MN	25.79	27.04	27.35	27.92	24.43	22.97	22.48	23.60	25.04
JD1	0.86	0.58	1.09	1.13	0.00	0.00	0.33	0.73	0.00
AE1	0.69	0.56	0.34	0.00	1.49	1.31	1.06	0.56	1.18
CFTS1	2.41	2.30	2.43	2.30	3.70	3.43	3.46	2.78	3.39
CTTS1	0.56	0.48	0.39	0.21	0.16	0.28	0.24	0.15	0.28
CATS1	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WO1	43.21	42.12	41.39	40.53	40.90	43.53	42.84	43.65	40.85
EN1	28.05	28.49	28.52	29.37	30.91	30.02	30.93	29.99	30.85
FS1	24.23	25.48	25.84	26.30	22.84	21.42	21.14	22.14	23.45
Q	1.86	1.87	1.86	1.87	1.84	1.85	1.85	1.87	1.85
J	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
WO	44.78	43.41	42.99	41.95	42.37	44.96	44.56	44.98	42.25
EN	27.20	27.54	27.73	28.52	29.25	28.57	29.62	28.96	29.28
FS	28.02	29.05	29.28	29.53	28.38	26.47	25.82	26.06	28.47
WEF	96.99	97.83	97.24	97.81	97.11	97.48	97.31	97.63	97.70
JD	0.66	0.37	0.79	0.79	0.00	0.00	0.18	0.42	0.00
AE	2.36	1.80	1.98	1.40	2.89	2.53	2.51	1.95	2.30

ANALYSIS	44	42	43	40	41	38	39	36	37
LOCATION	BD BIOT	BD HB	BD HB	BD PL	NC	BD BI+HB	NC	INT	INT
SIO2	50.48	49.11	50.78	50.02	49.46	49.86	50.15	52.41	51.62
TIO2	0.21	0.62	0.29	0.45	0.59	0.64	0.42	0.07	0.00
AL2O3	2.69	3.98	2.41	3.27	3.41	3.41	3.24	1.20	0.79
FEO	10.82	11.82	10.86	11.58	11.98	11.03	11.17	10.51	10.74
FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CR2O3	0.02	0.00	0.04	0.00	0.01	0.03	0.04	0.04	0.02
MNO	0.30	0.28	0.32	0.34	0.26	0.29	0.28	0.27	0.30
NIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MGO	11.07	9.61	10.98	10.28	9.92	10.67	10.78	11.50	11.75
CAO	23.80	23.50	23.51	23.78	23.55	23.60	23.64	24.17	24.37
NA2O	0.46	0.45	0.45	0.48	0.49	0.55	0.48	0.30	0.25
K2O	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
TOTAL	99.85	99.39	99.63	100.20	99.68	100.08	100.20	100.48	99.85
TSI	1.91	1.88	1.92	1.89	1.88	1.88	1.89	1.97	1.95
TAL	0.10	0.13	0.08	0.11	0.12	0.12	0.11	0.03	0.04
TFE3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
M1AL	0.02	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00
M1TI	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00
M1FE3	0.09	0.07	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09	0.03	0.07
M1FE2	0.25	0.31	0.28	0.28	0.30	0.26	0.26	0.30	0.26
M1CR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1MG	0.62	0.55	0.62	0.58	0.56	0.60	0.61	0.64	0.66
M1NI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2FE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M2CA	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95	0.97	0.99
M2NA	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_CAT	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
CA	52.20	52.71	51.11	52.51	52.57	52.47	52.09	50.50	51.56
MG	33.77	30.00	33.23	31.58	30.80	33.00	33.06	33.43	34.59
FE2_MN	14.03	17.28	15.65	15.91	16.62	14.53	14.85	16.07	13.85
JD1	1.30	1.88	1.58	1.87	1.85	1.67	1.74	1.06	0.00
AE1	0.52	0.00	0.15	0.01	0.11	0.54	0.15	0.09	0.96
CFTS1	4.46	3.84	3.21	4.57	4.55	4.54	4.70	1.47	2.63
CTTS1	0.32	0.96	0.44	0.69	0.91	0.98	0.64	0.10	0.00
CATS1	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WO1	46.74	46.18	46.86	46.57	46.32	46.05	46.02	48.56	48.69
EN1	33.33	29.58	32.84	31.17	30.34	32.43	32.60	33.19	34.44
FS1	13.34	16.56	14.92	15.12	15.92	13.78	14.16	15.52	13.29
Q	1.83	1.81	1.86	1.82	1.82	1.81	1.82	1.92	1.90
J	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.04	0.04
WO	49.71	50.74	49.46	50.19	50.21	49.92	49.68	49.75	49.39
EN	32.16	28.88	32.16	30.17	29.42	31.39	31.53	32.93	33.14
FS	18.13	20.38	18.38	19.64	20.37	18.70	18.80	17.32	17.47
WEF	96.48	96.47	96.62	96.34	96.21	95.75	96.32	97.77	98.11
JD	0.73	1.52	1.10	1.06	1.08	1.06	0.98	0.92	0.00
AE	2.78	2.02	2.29	2.60	2.71	3.19	2.70	1.31	1.89

AMOSTRACA-3- CLINOPIROXÊNIO					
ANALYSIS	35	33	34	31	32
LOCATION	BD SCP	INT	INC	BD SCP	INT
SIO2	52.12	50.73	51.59	51.52	51.70
TIO2	0.05	0.24	0.21	0.09	0.25
AL2O3	0.70	2.26	1.83	1.87	2.13
FEO	10.59	10.78	10.85	10.49	11.11
FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CR2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.29	0.29	0.27	0.31	0.27
NIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MGO	11.78	10.98	11.21	11.27	10.91
CAO	25.27	24.66	24.93	24.87	24.72
NA2O	0.25	0.39	0.39	0.40	0.42
K2O	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
TOTAL	101.04	100.32	101.28	100.82	101.50
TSI	1.95	1.91	1.92	1.93	1.92
TAL	0.03	0.09	0.08	0.08	0.08
TFE3	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
M1AL	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02
M1TI	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
M1FE3	0.07	0.10	0.09	0.09	0.08
M1FE2	0.24	0.24	0.25	0.24	0.27
M1CR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1MG	0.66	0.62	0.62	0.63	0.61
M1NI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2FE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M2CA	1.01	0.99	1.00	1.00	0.99
M2NA	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_CAT	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
CA	52.90	53.49	53.18	53.26	52.71
MG	34.31	33.14	33.28	33.57	32.36
FE2_MN	12.79	13.38	13.54	13.17	14.93
JD1	0.00	0.40	0.09	0.40	0.92
AE1	0.95	1.12	1.42	1.16	0.70
CFTS1	2.74	4.20	3.51	3.68	3.26
CTTS1	0.07	0.36	0.31	0.13	0.37
CATS1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WO1	49.84	48.38	48.80	48.90	48.47
EN1	34.15	32.80	32.92	33.22	31.98
FS1	12.25	12.74	12.95	12.51	14.31
Q	1.90	1.85	1.86	1.86	1.86
J	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06
WO	50.38	50.76	50.66	50.78	50.69
EN	32.67	31.45	31.70	32.00	31.11
FS	16.94	17.80	17.65	17.21	18.20
WEF	98.12	97.03	97.06	96.99	96.86
JD	0.00	0.21	0.05	0.23	0.59
AE	1.88	2.76	2.89	2.78	2.55

ANALYSIS	1	2	3	4	4	5	6	7
			BD					
LOCATION	NC	BD SCP	CPX	4	NC	INT	BD HB	NC
SIO2	36.76	35.78	36.36	34.87	34.87	33.46	38.69	36.34
TIO2	3.51	3.14	2.80	2.48	2.48	2.65	2.19	3.29
AL2O3	14.41	14.18	14.11	15.56	15.56	15.58	15.96	14.24
CR2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FEO	18.21	17.14	17.55	19.78	19.78	20.89	16.07	18.16
FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.11	0.13	0.12	0.20	0.20	0.15	0.11	0.14
MGO	12.49	12.32	13.27	12.92	12.92	12.98	11.33	12.40
BAO	0.45	0.53	0.21	0.22	0.22	0.17	0.14	0.20
CAO	0.04	0.02	0.12	0.14	0.14	0.51	0.76	0.00
NA2O	0.11	0.10	0.12	0.33	0.33	0.07	0.53	0.09
K2O	9.30	9.31	8.96	6.90	6.90	6.36	7.89	9.31
F	0.53	0.80	0.93	0.76	0.76	0.53	0.59	0.67
CL	0.29	0.31	0.23	0.22	0.22	0.22	0.28	0.27
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	96.22	93.75	94.77	94.36	94.36	93.56	94.52	95.11
O_F_CL	0.29	0.41	0.44	0.37	0.37	0.27	0.31	0.34
CTOTAL	95.93	93.34	94.33	93.99	93.99	93.29	94.21	94.77
SI	5.60	5.61	5.61	5.41	5.41	5.25	5.84	5.60
ALIV	2.40	2.40	2.39	2.59	2.59	2.75	2.16	2.40
ALVI	0.18	0.22	0.18	0.25	0.25	0.13	0.68	0.19
TI	0.40	0.37	0.33	0.29	0.29	0.31	0.25	0.38
FE3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FE2	2.32	2.25	2.27	2.57	2.57	2.74	2.03	2.34
CR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MN	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02
MG	2.84	2.88	3.05	2.99	2.99	3.04	2.55	2.85
BA	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
CA	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.09	0.12	0.00
NA	0.03	0.03	0.04	0.10	0.10	0.02	0.16	0.03
K	1.81	1.86	1.77	1.36	1.36	1.27	1.52	1.83
CATIONS	15.62	15.66	15.68	15.61	15.61	15.64	15.33	15.65
CF	0.51	0.79	0.90	0.74	0.74	0.52	0.56	0.66
CCL	0.15	0.16	0.12	0.11	0.11	0.11	0.15	0.14
OH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
FE_FEMG	0.45	0.44	0.43	0.46	0.46	0.47	0.44	0.45
MG_FEMG	0.55	0.56	0.57	0.54	0.54	0.53	0.56	0.55

AMOSTRA CA-3 - BIOTITA

8	ANALYSIS	10	11	12	13
INT	LOCATION	BD TIT	NC	BD PX+HB	NC
35.70	SIO2	36.58	36.23	36.26	37.06
3.33	TIO2	2.81	2.88	3.20	3.11
14.45	AL2O3	14.12	14.65	14.15	14.14
0.00	CR2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
18.23	FEO	18.69	18.81	17.73	17.80
0.00	FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	MNO	0.12	0.14	0.12	0.08
12.11	MGO	12.46	11.84	12.70	12.98
0.12	BAO	0.30	0.57	0.24	0.27
0.01	CAO	0.10	0.02	0.08	0.02
0.06	NA2O	0.14	0.14	0.10	0.09
9.28	K2O	9.35	9.29	9.57	9.66
0.57	F	0.62	0.83	0.85	0.96
0.26	CL	0.27	0.33	0.26	0.29
0.00	H2O	0.00	0.00	0.00	0.00
94.32	TOTAL	95.54	95.72	95.27	96.45
0.30	O_F_CL	0.32	0.42	0.42	0.47
94.02	CTOTAL	95.22	95.30	94.85	95.98
5.55	SI	5.63	5.59	5.59	5.64
2.45	ALIV	2.37	2.41	2.41	2.36
0.20	ALVI	0.19	0.26	0.17	0.18
0.39	TI	0.33	0.33	0.37	0.36
0.00	FE3	0.00	0.00	0.00	0.00
2.37	FE2	2.41	2.43	2.29	2.27
0.00	CR	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	MN	0.02	0.02	0.02	0.01
2.81	MG	2.86	2.73	2.92	2.95
0.01	BA	0.02	0.03	0.01	0.02
0.00	CA	0.02	0.00	0.01	0.00
0.02	NA	0.04	0.04	0.03	0.03
1.84	K	1.84	1.83	1.88	1.88
15.66	CATIONS	15.70	15.67	15.70	15.68
0.57	CF	0.60	0.81	0.83	0.92
0.14	CCL	0.14	0.17	0.14	0.15
0.00	OH	0.00	0.00	0.00	0.00
22.00	O	22.00	22.00	22.00	22.00
0.46	FE_FEMG	0.46	0.47	0.44	0.43
0.54	MG_FEMG	0.54	0.53	0.56	0.57

AMOSTRA CA-3 ANFIBÓLIO

ANALYSIS	14	15	16	18	19	20	21	22	23
LOCATION	B PX+BT	NC	BD PL	BD PL+PX	NC	BD PL	INT	NC	BD CPX
SIO2	39.26	38.64	39.19	39.25	38.64	38.12	38.63	38.83	38.84
TIO2	1.03	1.97	1.73	1.54	1.49	1.95	2.27	1.75	2.00
AL2O3	13.59	13.82	13.68	13.88	13.70	13.86	13.68	13.86	13.44
FEO	18.56	18.66	17.82	17.59	17.37	18.08	18.32	18.31	18.02
CR2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.17	0.21	0.19	0.26	0.22	0.21	0.20	0.22	0.17
MGO	8.17	8.09	8.29	8.04	8.06	7.76	7.60	7.82	7.73
CAO	12.43	12.14	12.33	12.42	12.13	12.73	12.22	12.36	12.30
NA2O	0.99	0.90	0.99	0.94	0.97	0.98	0.93	0.91	0.87
K2O	2.69	3.31	3.02	2.92	3.00	3.12	3.29	3.20	3.08
F	0.20	0.18	0.45	0.24	0.19	0.38	0.40	0.49	0.28
CL	0.54	0.49	0.51	0.43	0.46	0.39	0.42	0.47	0.46
TOTAL	97.65	98.41	98.21	97.51	96.24	97.58	97.95	98.21	97.19
O_F_CL	0.21	0.19	0.30	0.20	0.19	0.25	0.26	0.31	0.22
O_F	0.09	0.08	0.19	0.10	0.08	0.16	0.17	0.21	0.12
O_CL	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.11	0.10
H2O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTOTAL	97.44	98.22	97.91	97.31	96.05	97.33	97.69	97.90	96.97
TSI	6.06	5.96	6.05	6.07	6.06	5.93	6.01	6.01	6.06
TAL	1.94	2.04	1.96	1.93	1.94	2.07	1.99	1.99	1.94
TFE3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TTI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_T	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
CAL	0.53	0.47	0.53	0.60	0.59	0.47	0.52	0.54	0.53
CCR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CFE3	0.34	0.19	0.13	0.11	0.10	0.23	0.00	0.14	0.06
CTI	0.12	0.23	0.20	0.18	0.18	0.23	0.27	0.20	0.23
CMG	1.88	1.86	1.91	1.86	1.89	1.80	1.76	1.81	1.80
CFE2	2.05	2.22	2.17	2.16	2.18	2.12	2.38	2.24	2.29
CMN	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
CCA	0.06	0.01	0.04	0.06	0.04	0.12	0.04	0.05	0.06
SUM_C	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
BMG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BFE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BMN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BCA	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
BNA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANA	0.30	0.27	0.30	0.28	0.30	0.30	0.28	0.27	0.26
AK	0.53	0.65	0.59	0.58	0.60	0.62	0.65	0.63	0.61
SUM_A	0.83	0.92	0.89	0.86	0.90	0.91	0.93	0.91	0.88
SUM_CAT	15.83	15.92	15.89	15.86	15.90	15.91	15.93	15.91	15.88
CCL	0.14	0.13	0.13	0.11	0.12	0.10	0.11	0.12	0.12
CF	0.10	0.09	0.22	0.12	0.10	0.19	0.20	0.24	0.14
OH									
SUM_OXY	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00

AMOSTRA CA-3 ESCAPOLITA								
ANALYSIS	55	53	54	52	52	49	50	47
LOCATION	BD SCP	BD BIOT	BD BIOT	BD HB	NC	BD CPX	NC	INT
SIO2	48.859	46.018	45.485	46.171	46.171	46.447	46.336	46.498
TIO2	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.005	0.000	0.050
AL2O3	27.513	27.493	27.489	27.399	27.399	26.888	27.744	27.532
FEO	0.150	0.221	0.137	0.131	0.131	0.138	0.155	0.050
MNO	0.026	0.007	0.033	0.049	0.049	0.003	0.045	0.000
MGO	0.026	0.018	0.004	0.005	0.005	0.011	0.063	0.019
CAO	18.174	18.377	18.466	18.319	18.319	17.643	16.815	18.188
NA2O	3.424	3.443	3.324	3.427	3.427	3.858	3.332	3.544
K2O	0.468	0.487	0.394	0.389	0.389	0.490	1.134	0.440
SO3	0.032	0.000	0.060	0.000	0.000	0.006	0.036	0.000
CL	0.704	0.724	0.586	0.654	0.654	0.675	0.563	0.655
TOTAL	99.380	96.790	96.010	96.540	96.540	96.160	96.220	96.980
SI4	7.215	7.044	7.010	7.063	7.063	7.135	7.037	7.069
AL3	4.785	4.956	4.989	4.936	4.936	4.865	4.962	4.929
TI4	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.000	0.006
FE2	0.019	0.028	0.018	0.017	0.017	0.018	0.020	0.006
MN2	0.003	0.001	0.004	0.006	0.006	0.000	0.006	0.000
MG2	0.006	0.004	0.001	0.001	0.001	0.003	0.014	0.004
CA2	2.876	3.014	3.049	3.002	3.002	2.904	2.736	2.963
NA1	0.980	1.022	0.993	1.016	1.016	1.149	0.981	1.045
K1	0.088	0.095	0.077	0.076	0.076	0.096	0.220	0.085
CATIONS	15.972	16.164	16.144	16.117	16.117	16.171	15.976	16.107
S	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCL	0.180	0.190	0.150	0.170	0.170	0.180	0.140	0.170
ME	73.110	73.170	74.190	73.480	73.480	70.150	69.800	72.500
MAR	27.730	27.800	26.560	27.210	27.210	30.510	31.360	27.930
S								

AMOSTRA CA-3 ESCAPOLITA			
ANALYSIS	48	45	46
LOCATION	BD CPX	NC	INT
SIO2	46.435	46.115	46.000
TIO2	0.020	0.000	0.000
AL2O3	27.277	27.990	27.921
FEO	0.099	0.148	0.096
MNO	0.043	0.023	0.011
MGO	0.000	0.014	0.030
CAO	17.794	18.497	18.385
NA2O	3.441	3.377	3.346
K2O	0.419	0.444	0.442
SO3	0.000	0.000	0.049
CL	0.692	0.575	0.557
TOTAL	96.220	97.180	96.840
SI4	7.092	6.998	6.997
AL3	4.906	5.002	5.001
TI4	0.002	0.000	0.000
FE2	0.013	0.019	0.012
MN2	0.006	0.003	0.001
MG2	0.000	0.003	0.007
CA2	2.912	3.007	2.996
NA1	1.019	0.994	0.987
K1	0.082	0.086	0.086
CATIONS	16.032	16.112	16.087
S	0.000	0.000	0.010
CCL	0.180	0.150	0.140
ME	72.710	73.740	73.760
MAR	27.900	27.000	26.810
S			

AMOSTRA-CF31F-PLAGIOCLÁSIO								
ANALYSIS	15	16	5	6	54	4	52	53
LOCATION	NC IN GR	BD IN GR	NC	BD CPX	BD CPX	BD HB	BD HB	NC
SIO2	45.54	45.92	45.00	45.04	44.05	45.18	44.43	45.12
TIO2	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.05	0.07
AL2O3	35.09	35.26	35.64	35.58	35.64	35.05	35.22	35.11
FE2O3	0.05	0.32	0.11	0.12	0.15	0.20	0.19	0.14
FEO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.07	0.01	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.04
MGO	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
BAO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAO	17.99	17.75	18.57	18.42	18.79	17.67	18.33	18.15
NA2O	1.03	1.04	0.78	0.90	0.71	0.97	0.81	0.99
K2O	0.07	0.07	0.02	0.04	0.01	0.09	0.05	0.02
TOTAL	99.84	100.37	100.18	100.14	99.37	99.21	99.08	99.65
SI	8.40	8.42	8.28	8.29	8.19	8.38	8.27	8.34
AL	7.62	7.61	7.72	7.71	7.80	7.65	7.72	7.65
FE3	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02
TI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
FE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MN	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
MG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
BA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CA	3.55	3.48	3.66	3.64	3.74	3.51	3.66	3.60
NA	0.37	0.37	0.28	0.32	0.25	0.35	0.29	0.36
K	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
CATIONS	19.97	19.94	19.97	20.00	20.02	19.95	19.99	19.98
X	16.02	16.07	16.03	16.02	16.01	16.06	16.03	16.02
Z	3.95	3.87	3.95	3.97	4.00	3.89	3.96	3.96
AB	9.30	9.50	7.10	8.10	6.40	9.00	7.40	9.00
AN	90.30	90.10	92.80	91.70	93.60	90.50	92.30	90.90
OR	0.40	0.40	0.10	0.20	0.10	0.50	0.30	0.10
CMN								

AMOSTRA-CF31F-PLAGIOCLÁSIO							
ANALYSIS	11	12	51	10	46	47	20
LOCATION	INT	NC	BD GR+PX	BD CPX	BD GRD	NC	IN IN GR
SIO2	44.82	43.93	45.56	44.58	44.63	44.43	44.98
TIO2	0.04	0.00	0.04	0.00	0.06	0.01	0.00
AL2O3	35.27	35.72	33.93	35.24	35.43	34.05	34.99
FE2O3	0.08	0.07	0.47	0.13	0.33	0.64	0.37
FEO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MNO	0.00	0.04	0.05	0.01	0.02	0.02	0.04
MGO	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.85	0.00
BAO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAO	18.48	18.77	17.17	18.42	18.66	17.62	18.14
NA2O	0.74	0.65	0.93	0.86	0.77	0.83	0.99
K2O	0.01	0.02	0.47	0.03	0.01	0.05	0.04
TOTAL	99.44	99.20	99.12	99.27	99.92	98.51	99.55
SI	8.31	8.18	8.47	8.28	8.25	8.32	8.33
AL	7.70	7.83	7.43	7.71	7.71	7.51	7.64
FE3	0.01	0.01	0.07	0.02	0.05	0.09	0.05
TI	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
FE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MN	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
MG	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.24	0.00
BA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CA	3.67	3.74	3.42	3.67	3.70	3.54	3.60
NA	0.27	0.24	0.34	0.31	0.28	0.30	0.36
K	0.00	0.01	0.11	0.01	0.00	0.01	0.01
CATIONS	19.96	20.01	19.99	20.00	19.99	20.02	19.99
X	16.02	16.02	15.97	16.01	16.01	15.93	16.02
Z	3.94	3.99	4.01	3.99	3.98	4.09	3.97
AB	6.80	5.90	8.70	7.80	7.00	7.80	9.00
AN	93.20	94.00	88.40	92.10	93.00	91.90	90.80
OR	0.10	0.10	2.90	0.20	0.10	0.30	0.20
CMN							

AMOSTRA-CF31F-GRANADA								
ANALYSIS	1	14	17	18	21	22	26	28
LOCATION	BD PX+PL	BD IN BT	BD PL IN	INT A NC	int	BD	BD in pl	int
SIO2	38.312	38.013	37.844	38.639	38.429	38.518	38.804	38.693
TIO2	0.085	0.019	0.038	0.095	0.124	0.066	0.161	0.095
AL2O3	21.701	21.424	21.414	21.740	21.424	21.581	21.720	21.746
CR2O3	0.799	0.927	0.951	0.883	1.072	1.187	0.722	0.650
FEO	22.092	21.523	21.445	21.374	20.224	21.430	20.626	20.010
FE2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MNO	4.367	4.016	3.970	4.070	4.639	4.214	5.055	4.969
MGO	5.246	5.183	5.540	5.251	5.078	5.569	4.719	4.755
CAO	7.566	9.035	8.836	9.460	9.682	7.904	9.861	10.106
NA2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	100.170	100.140	100.040	101.510	100.670	100.470	101.670	101.020
FEOCALC	22.092	20.682	20.163	20.780	20.002	21.430	20.473	19.990
FE2O3CALC	0.000	0.934	1.425	0.660	0.247	0.000	0.170	0.022
TOTALCALC	99.370	99.310	99.230	100.700	99.630	99.280	100.960	100.380
O_F_CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CTOTAL	99.370	99.310	99.230	100.700	99.630	99.280	100.960	100.380
ALM	48.490	45.392	44.431	44.802	43.335	46.840	43.898	43.039
AND	0.000	2.689	4.072	1.882	0.714	0.000	0.489	0.064
GROSS	18.855	19.915	18.023	21.607	22.906	18.559	24.416	25.837
PYROPE	20.526	20.277	21.762	20.181	19.611	21.698	18.037	18.249
SPESS	9.708	8.927	8.861	8.887	10.179	9.329	10.978	10.835
UVARO	2.421	2.800	2.851	2.642	3.254	3.574	2.182	1.974
XCAGNT	0.213	0.254	0.249	0.261	0.269	0.221	0.271	0.279
XFEGNT	0.485	0.454	0.444	0.448	0.433	0.468	0.439	0.430
XMGGNT	0.205	0.203	0.218	0.202	0.196	0.217	0.180	0.183
FE_MGGNT	2.365	2.240	2.042	2.222	2.208	2.158	2.433	2.356

AMOSTRA-CF31F-GRANADA							
ANALYSIS	29	32	32.2	32.3	44	4432.1	50
LOCATION	INT	BD CPX	NC	NC	BD PL	NC	bd in bt
SIO2	38.939	38.425	38.371	38.359	38.439	38.333	38.166
TIO2	0.151	0.057	0.151	0.198	0.057	0.133	0.057
AL2O3	21.919	21.502	21.422	21.220	21.527	21.178	21.496
CR2O3	0.602	1.065	0.947	1.230	1.022	1.237	0.988
FEO	21.112	21.565	20.355	20.473	22.181	19.336	21.338
FE2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MNO	4.404	4.566	4.976	4.108	4.378	5.370	3.988
MGO	5.304	5.141	4.604	5.458	5.587	4.188	5.174
CAO	9.324	8.574	10.227	9.016	7.355	10.559	9.347
NA2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	101.760	100.900	101.050	100.060	100.550	100.330	100.550
FEOCALC	20.931	21.318	19.762	20.473	22.181	19.336	20.545
FE2O3CALC	0.202	0.274	0.659	0.000	0.000	0.000	0.882
TOTALCALC	101.170	99.860	100.170	98.830	99.520	99.100	99.660
O_F_CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CTOTAL	101.170	99.860	100.170	98.830	99.520	99.100	99.660
ALM	44.732	46.252	42.857	44.590	48.222	42.248	44.875
AND	0.578	0.791	1.898	0.000	0.000	0.000	2.528
GROSS	23.141	19.815	23.656	21.407	17.379	25.780	20.656
PYROPE	20.206	19.883	17.798	21.190	21.652	16.312	20.146
SPESS	9.533	10.033	10.930	9.062	9.640	11.883	8.823
UVARO	1.810	3.226	2.861	3.751	3.107	3.777	2.973
XCAGNT	0.255	0.238	0.284	0.251	0.205	0.295	0.262
XFEGNT	0.447	0.463	0.429	0.446	0.482	0.422	0.449
XMGGNT	0.202	0.199	0.178	0.212	0.216	0.163	0.202
FE_MGGNT	2.327	2.409	2.104	2.228	2.589	2.226	

AMOSTRA CF31F-PIROXÊNIO							
ANALYSIS	34	7	43	33	2	9	42
		BD	BD	BD	BD		
LOCATION	NC	PL+GR	PL+HB	GRD	GRD	BD PL	NC
SIO2	49.947	49.718	53.021	50.091	51.048	51.373	51.836
TIO2	0.227	0.169	0.010	0.347	0.278	0.089	0.080
AL2O3	3.123	2.729	0.549	2.778	2.210	2.207	1.521
FEO	10.525	9.577	8.786	9.943	9.352	9.715	9.317
FE2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CR2O3	0.451	0.532	0.242	0.517	0.064	0.298	0.211
MNO	0.845	0.846	0.864	0.843	0.729	0.895	0.724
NIO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.042	0.043
MGO	12.322	12.671	13.204	12.628	12.754	12.641	13.248
CAO	21.181	22.433	24.067	21.999	22.653	22.162	22.939
NA2O	0.232	0.229	0.162	0.216	0.186	0.215	0.205
K2O	0.000	0.006	0.008	0.021	0.000	0.014	0.004
TOTAL	98.850	98.910	100.910	99.380	99.340	99.650	100.130
TSI	1.899	1.884	1.968	1.892	1.926	1.935	1.937
TAL	0.101	0.116	0.024	0.108	0.074	0.065	0.063
TFE3	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
M1AL	0.039	0.005	0.000	0.016	0.024	0.033	0.004
M1TI	0.006	0.005	0.000	0.010	0.008	0.003	0.002
M1FE3	0.051	0.102	0.036	0.074	0.046	0.035	0.062
M1FE2	0.191	0.156	0.226	0.174	0.201	0.210	0.185
M1CR	0.014	0.016	0.007	0.015	0.002	0.009	0.006
M1MG	0.699	0.716	0.731	0.711	0.717	0.710	0.738
M1NI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001
M2MG	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M2FE2	0.093	0.045	0.003	0.066	0.048	0.061	0.043
M2MN	0.027	0.027	0.027	0.027	0.023	0.029	0.023
M2CA	0.863	0.911	0.957	0.890	0.915	0.894	0.919
M2NA	0.017	0.017	0.012	0.016	0.014	0.016	0.015
M2K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
SUM_CAT	4.000	4.000	4.000	3.999	4.000	3.999	4.000
CA	46.097	49.099	49.226	47.644	48.069	46.978	48.132
MG	37.313	38.587	37.578	38.053	37.656	37.283	38.678
FE2_MN	16.590	12.314	13.196	14.303	14.275	15.739	13.190
JD1	0.919	0.290	0.000	0.836	0.718	0.866	0.227
AE1	0.000	0.638	0.624	0.070	0.000	0.000	0.565
CFTS1	3.486	5.766	1.600	4.730	2.550	2.315	3.047
CTTS1	0.349	0.261	0.014	0.530	0.416	0.133	0.118
CATS1	1.192	0.000	0.000	0.000	0.532	0.856	0.000
WO1	41.321	43.339	47.998	42.644	44.816	43.976	45.166
EN1	37.516	38.797	37.872	38.260	37.848	37.523	38.838
FS1	15.218	10.909	11.891	12.930	13.119	14.331	12.039
Q	1.845	1.827	1.918	1.842	1.881	1.875	1.886
J	0.034	0.034	0.023	0.032	0.027	0.031	0.030
WO	44.866	46.534	48.153	45.834	46.925	46.131	46.608
EN	36.317	36.572	36.759	36.608	36.760	36.611	37.453
FS	18.817	16.894	15.088	17.558	16.315	17.257	15.939
WEF	98.205	98.218	98.815	98.335	98.592	98.377	98.467
JD	0.778	0.089	0.000	0.290	0.476	0.783	0.099
AE	1.017	1.693	1.185	1.375	0.933	0.840	1.434

AMOSTRA - CF31F- BIOTITA			
ANALYSIS	13	13.1	13nc
LOCATION	bt in gr	bt in gr	bt in gr
SIO2	35.097	34.808	34.901
TIO2	4.337	4.513	4.481
AL2O3	14.812	14.437	14.680
CR2O3	0.000	0.000	0.000
FEO	14.242	14.601	14.359
FE2O3	0.000	0.000	0.000
MNO	0.194	0.143	0.134
MGO	13.038	13.721	13.539
BAO	1.860	1.745	1.996
CAO	0.017	0.013	0.006
NA2O	0.073	0.094	0.096
K2O	8.926	9.003	9.067
F	0.427	0.113	0.415
CL	0.757	0.711	0.762
H2O	0.000	0.000	0.000
TOTAL	93.780	93.900	94.440
O_F_CL	0.350	0.210	0.350
CTOTAL	93.430	93.690	94.090
SI	5.479	5.421	5.427
ALIV	2.521	2.579	2.573
ALVI	0.202	0.069	0.115
TI	0.509	0.529	0.524
FE3	0.000	0.000	0.000
FE2	1.859	1.902	1.867
CR	0.000	0.000	0.000
MN	0.026	0.019	0.018
MG	3.034	3.186	3.139
BA	0.114	0.106	0.122
CA	0.003	0.002	0.001
NA	0.022	0.028	0.029
K	1.778	1.789	1.799
CATIONS	15.547	15.630	15.614
CF	0.422	0.111	0.408
CCL	0.401	0.376	0.402
OH	0.000	0.000	0.000
O	22.000	22.000	22.000
FE_FEMG	0.380	0.370	0.370
MG_FEMG	0.620	0.630	0.630
GROSS			

AMOSTRA CF31F-ANFIBÓLIO						
ANALYSIS	3	3.1	52.1	52.2	24	61
LOCATION	BD PL	NC	BD PL	BD PL	NC	BD PL+GR
SIO2	40.609	40.355	40.110	40.267	40.044	41.690
TIO2	1.560	1.424	1.452	1.677	1.472	1.358
AL2O3	14.547	14.361	14.394	14.335	14.287	14.065
FEO	15.030	15.093	15.116	14.918	14.500	14.318
CR2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MNO	0.402	0.476	0.510	0.465	0.389	0.278
MGO	9.617	9.632	9.670	9.490	9.866	10.598
CAO	12.181	12.174	12.157	12.069	12.433	12.144
NA2O	1.059	1.026	1.111	1.041	1.048	1.129
K2O	2.304	2.397	2.249	2.478	2.134	1.824
F	0.256	0.145	0.123	0.307	0.330	0.376
CL	0.931	0.967	0.897	0.939	0.855	0.802
TOTAL	98.500	98.050	97.790	97.990	97.360	98.580
O_F_CL	0.320	0.280	0.250	0.340	0.330	0.340
O_F	0.110	0.060	0.050	0.130	0.140	0.160
O_CL	0.210	0.220	0.200	0.210	0.190	0.180
H2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CTOTAL	98.180	97.770	97.540	97.650	97.030	98.240
TSI	6.133	6.124	6.093	6.134	6.107	6.222
TAL	1.867	1.876	1.907	1.866	1.893	1.778
TFE3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SUM_T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
CAL	0.721	0.691	0.668	0.706	0.674	0.694
CCR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFE3	0.068	0.115	0.167	0.034	0.122	0.167
CTI	0.177	0.163	0.166	0.192	0.169	0.152
CMG	2.165	2.179	2.190	2.155	2.243	2.358
CFE2	1.831	1.800	1.754	1.867	1.727	1.611
CMN	0.038	0.052	0.056	0.046	0.050	0.018
CCA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000
SUM_C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
BMG	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFE2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
BMN	0.013	0.010	0.010	0.014	0.000	0.018
BCA	1.971	1.980	1.979	1.970	2.000	1.942
BNA	0.015	0.011	0.011	0.016	0.000	0.031
SUM_B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
ACA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000
ANA	0.295	0.291	0.316	0.291	0.310	0.296
AK	0.444	0.464	0.436	0.482	0.415	0.347
SUM_A	0.739	0.755	0.752	0.773	0.742	0.643
SUM_CAT	15.739	15.755	15.752	15.773	15.742	15.643
CCL	0.238	0.249	0.231	0.243	0.221	0.203
CF	0.122	0.070	0.059	0.148	0.159	0.177
OH						
SUM_OXY	23.000	23.000	23.000	23.008	23.000	23.000

AMOSTRA CF30A- PLAGIOCLÁSIO						
ANALYSIS	22	34	9	23	8	8.5
LOCATION	bd	bd	bd	nc	nc	int
SIO2	48.197	47.562	47.741	52.884	53.887	54.328
TIO2	0.010	0.020	0.030	0.000	0.000	0.060
AL2O3	33.255	33.058	33.653	29.875	29.489	29.371
FE2O3	0.352	0.377	0.311	0.429	0.353	0.364
FEO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MNO	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MGO	0.000	0.000	0.008	0.008	0.000	0.000
BAO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CAO	16.011	15.754	16.241	12.094	11.432	11.545
NA2O	2.281	2.193	2.096	4.368	4.768	4.801
K2O	0.068	0.090	0.102	0.358	0.421	0.385
TOTAL	100.200	99.050	100.180	100.020	100.350	100.850
SI	8.811	8.793	8.735	9.587	9.717	9.747
AL	7.160	7.197	7.251	6.378	6.262	6.206
FE3	0.048	0.052	0.043	0.058	0.048	0.049
TI	0.001	0.003	0.004	0.000	0.000	0.008
FE2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MN	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MG	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000
BA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CA	3.136	3.120	3.184	2.349	2.209	2.219
NA	0.809	0.786	0.744	1.535	1.667	1.670
K	0.016	0.021	0.024	0.083	0.097	0.088
CATIONS	19.984	19.972	19.987	19.992	20.000	19.987
X	16.020	16.045	16.033	16.023	16.027	16.010
Z	3.964	3.927	3.954	3.969	3.973	3.977
AB	20.400	20.000	18.800	38.700	42.000	42.000
AN	79.200	79.400	80.600	59.200	55.600	55.800
OR	0.400	0.500	0.600	2.100	2.400	2.200

AMOSTRA-CF30A - PIROXÊNIO

ANALYSIS	18	17	21.1	33.1	21	10	33	1	2
LOCATION	bd	nc	nc	nc	bd pl	bd grd	bd gr+pl	bd gr	nc
SIO2	47.67	47.10	47.43	47.86	47.62	48.24	48.38	48.33	47.97
TIO2	0.22	0.15	0.22	0.27	0.13	0.13	0.16	0.06	0.17
AL2O3	2.29	3.24	3.00	3.08	2.67	2.34	2.58	2.48	3.11
FEO	18.21	17.83	18.44	17.54	18.10	18.07	17.57	17.88	18.60
FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CR2O3	0.00	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00
MNO	0.39	0.42	0.42	0.38	0.41	0.41	0.39	0.39	0.31
NIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MGO	6.72	6.05	6.19	6.26	6.38	6.43	6.78	6.66	6.23
CAO	23.82	23.59	23.31	23.57	23.65	23.52	23.56	23.60	23.87
NA2O	0.45	0.42	0.45	0.46	0.39	0.42	0.38	0.42	0.43
K2O	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.02
TOTAL	99.77	98.83	99.53	99.42	99.36	99.57	99.81	99.85	100.71
TSI	1.86	1.86	1.86	1.87	1.87	1.89	1.89	1.88	1.86
TAL	0.11	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.11	0.14
TFE3	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
M1AL	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1TI	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
M1FE3	0.16	0.16	0.16	0.13	0.15	0.14	0.13	0.14	0.17
M1FE2	0.40	0.43	0.44	0.45	0.43	0.45	0.44	0.44	0.44
M1CR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1MG	0.39	0.36	0.36	0.37	0.37	0.38	0.39	0.39	0.36
M1NI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2FE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MN	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
M2CA	1.00	1.00	0.98	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99
M2NA	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_CAT	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
CA	55.38	55.47	54.48	54.52	54.85	53.97	53.73	54.07	55.13
MG	21.73	19.79	20.14	20.14	20.60	20.54	21.53	21.24	20.03
FE2_MN	22.89	24.74	25.38	25.35	24.55	25.49	24.75	24.69	24.85
JD1	0.00	0.44	0.00	0.88	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00
AE1	1.88	1.35	1.92	1.00	1.65	1.75	1.44	1.71	1.82
CFTS1	6.95	7.36	6.99	5.96	6.78	5.62	5.72	6.11	7.27
CTTS1	0.36	0.24	0.36	0.44	0.20	0.20	0.25	0.09	0.27
CATS1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WO1	47.42	47.31	46.50	47.48	47.37	47.60	47.26	47.31	46.90
EN1	21.48	19.59	19.91	19.90	20.42	20.33	21.33	21.03	19.77
FS1	21.92	23.71	24.32	24.35	23.59	24.50	23.83	23.74	23.98
Q	1.79	1.78	1.78	1.80	1.80	1.81	1.82	1.81	1.79
J	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07
WO	49.95	51.00	49.96	50.94	50.34	50.15	50.11	50.07	50.47
EN	19.60	18.20	18.47	18.82	18.91	19.09	20.08	19.67	18.33
FS	30.44	30.81	31.57	30.25	30.76	30.77	29.82	30.26	31.20
WEF	96.34	96.57	96.32	96.33	96.85	96.64	96.94	96.66	96.53
JD	0.00	0.16	0.00	0.41	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
AE	3.66	3.26	3.68	3.26	3.15	3.36	2.99	3.34	3.47

AMOSTRA-CF30A - PIROXÊNIO

ANALYSIS	13	6.1	15.5	16	11
LOCATION	incl grd	nc	bd pl+gr	incl grd	incl grd
SIO2	46.67	47.32	48.19	47.94	48.86
TIO2	0.18	0.17	0.11	0.17	0.13
AL2O3	2.43	3.31	2.22	2.31	1.85
FEO	18.12	18.16	17.86	18.08	17.84
FE2O3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CR2O3	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
MNO	0.36	0.37	0.46	0.40	0.44
NIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MGO	6.65	5.95	6.64	6.57	6.73
CAO	24.31	23.45	23.57	23.82	23.83
NA2O	0.44	0.42	0.38	0.42	0.33
K2O	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00
TOTAL	99.20	99.13	99.43	99.77	100.01
TSI	1.83	1.86	1.89	1.87	1.90
TAL	0.11	0.14	0.10	0.11	0.09
TFE3	0.06	0.00	0.01	0.02	0.01
M1AL	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
M1TI	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
M1FE3	0.19	0.14	0.13	0.15	0.11
M1FE2	0.34	0.45	0.44	0.42	0.46
M1CR	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1MG	0.39	0.35	0.39	0.38	0.39
M1NI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2FE2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2MN	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
M2CA	1.02	0.99	0.99	1.00	1.00
M2NA	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
M2K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUM_CAT	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
CA	57.87	54.84	53.96	55.03	53.55
MG	22.04	19.35	21.14	21.13	21.04
FE2_MN	20.09	25.81	24.90	23.85	25.40
JD1	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00
AE1	1.98	0.92	1.58	1.81	1.35
CFTS1	8.88	7.00	5.71	6.44	4.71
CTTS1	0.29	0.27	0.17	0.27	0.20
CATS1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WO1	47.94	46.97	47.68	47.72	48.34
EN1	21.75	19.14	20.98	20.89	20.92
FS1	19.16	24.86	23.89	22.87	24.48
Q	1.75	1.79	1.82	1.80	1.84
J	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
WO	50.64	50.77	50.03	50.26	50.20
EN	19.29	17.92	19.60	19.30	19.73
FS	30.07	31.31	30.37	30.45	30.08
WEF	96.32	96.55	96.92	96.61	97.36
JD	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00
AE	3.68	3.12	3.08	3.39	2.65

AMOSTRA CF30A-GRANADA

ANALYSIS	32	15.1	12	4	15	7.2	3	7
LOCATION	nc	bd cpx	b px inc	nc	bd cpx	bd cpx	bd cpx	int a nc
SIO2	36.960	37.031	37.400	36.569	36.918	37.174	37.147	37.257
TIO2	0.434	0.601	0.620	0.631	0.383	0.590	0.502	0.533
AL2O3	11.746	12.071	12.292	11.838	11.471	11.792	12.354	11.844
CR2O3	0.005	0.013	0.000	0.029	0.138	0.000	0.000	0.011
FEO	15.538	15.502	16.173	16.183	16.741	16.215	15.372	16.367
FE2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MNO	0.497	0.541	0.507	0.560	0.569	0.555	0.473	0.572
MGO	0.177	0.181	0.178	0.143	0.155	0.210	0.167	0.170
CAO	32.693	32.557	33.379	33.766	32.378	33.196	32.732	32.921
NA2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	98.050	98.480	100.550	99.690	98.620	99.730	98.750	99.660
FEOCALC	1.931	2.290	1.736	0.263	2.204	1.566	2.211	2.020
FE2O3CALC	15.121	14.682	16.044	17.691	16.155	16.280	14.626	15.944
TOTALCALC	99.560	99.950	102.160	101.460	100.230	101.360	100.210	101.260
O_F_CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CTOTAL	99.560	99.950	102.160	101.460	100.230	101.360	100.210	101.260
TSI	2.962	2.954	2.924	2.885	2.947	2.932	2.953	2.942
TAL	0.038	0.046	0.076	0.115	0.053	0.068	0.047	0.058
SUM_T	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
ALVI	1.070	1.088	1.056	0.985	1.025	1.028	1.109	1.043
FE3	0.912	0.881	0.944	1.050	0.970	0.966	0.875	0.947
TI	0.026	0.036	0.036	0.037	0.023	0.035	0.030	0.032
CR	0.000	0.001	0.000	0.002	0.009	0.000	0.000	0.001
SUM_A	2.009	2.006	2.036	2.074	2.027	2.029	2.014	2.023
FE2	0.129	0.153	0.114	0.017	0.147	0.103	0.147	0.133
MG	0.021	0.022	0.021	0.017	0.018	0.025	0.020	0.020
MN	0.034	0.037	0.034	0.037	0.038	0.037	0.032	0.038
CA	2.807	2.783	2.796	2.854	2.769	2.806	2.788	2.785
NA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SUM_B	2.991	2.994	2.964	2.926	2.973	2.971	2.986	2.977
SUM_CAT	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
O	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ALM	4.327	5.104	3.830	0.594	4.949	3.477	4.921	4.482
AND	45.397	43.930	46.359	50.634	47.871	47.624	43.441	46.830
GROSS	48.426	48.985	47.978	46.831	44.837	46.820	49.908	46.697
PYROPE	0.707	0.719	0.700	0.575	0.620	0.831	0.663	0.672
SPESS	1.128	1.221	1.133	1.279	1.294	1.248	1.066	1.285
UVARO	0.016	0.041	0.000	0.087	0.429	0.000	0.000	0.034
XCAGNT	0.938	0.929	0.943	0.976	0.932	0.944	0.933	0.936
XFEGNT	0.043	0.051	0.038	0.006	0.049	0.035	0.049	0.045
XMGGNT	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.008	0.007	0.007
FE_MGGNT	6.143	6.955	5.429	1.000	8.167	4.120	7.350	6.650

AMOSTRA CF30A-GRANADA

ANALYSIS	7.1	20	20	19	25	24	30	30a
LOCATION	int a bd	incl cpx	n inc px	b inc px	int a nc	int a nc	b px+pl	b px+pl
SIO2	37.171	37.480	37.480	36.951	37.329	37.411	36.923	36.711
TIO2	0.601	0.672	0.672	0.533	0.561	0.709	0.808	0.649
AL2O3	11.682	12.478	12.478	12.272	11.752	12.385	11.996	11.862
CR2O3	0.011	0.000	0.000	0.038	0.043	0.034	0.029	0.000
FEO	16.741	15.844	15.844	15.575	16.731	15.732	16.240	16.784
FE2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MNO	0.517	0.475	0.475	0.502	0.640	0.562	0.502	0.591
MGO	0.177	0.180	0.180	0.175	0.133	0.162	0.166	0.146
CAO	33.058	32.494	32.494	32.388	31.973	31.671	31.570	31.788
NA2O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL	99.950	99.620	99.620	98.400	99.120	98.630	98.200	98.530
FEOCALC	1.846	3.042	3.042	2.401	3.343	3.991	3.678	2.947
FE2O3CALC	16.553	14.227	14.227	14.640	14.878	13.048	13.960	15.377
TOTALCALC	101.610	101.050	101.050	99.860	100.610	99.940	99.600	100.070
O_F_CL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CTOTAL	101.610	101.050	101.050	99.860	100.610	99.940	99.600	100.070
TSI	2.929	2.957	2.957	2.949	2.968	2.982	2.961	2.937
TAL	0.071	0.043	0.043	0.051	0.032	0.018	0.039	0.063
SUM_T	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
ALVI	1.014	1.116	1.116	1.102	1.069	1.145	1.094	1.055
FE3	0.982	0.845	0.845	0.879	0.890	0.783	0.842	0.926
TI	0.036	0.040	0.040	0.032	0.034	0.043	0.049	0.039
CR	0.001	0.000	0.000	0.002	0.003	0.002	0.002	0.000
SUM_A	2.032	2.000	2.000	2.016	1.966	1.972	1.967	2.020
FE2	0.122	0.201	0.201	0.160	0.222	0.266	0.247	0.197
MG	0.021	0.021	0.021	0.021	0.016	0.019	0.020	0.017
MN	0.035	0.032	0.032	0.034	0.043	0.038	0.034	0.040
CA	2.791	2.746	2.746	2.769	2.724	2.706	2.713	2.726
NA	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SUM_B	2.968	3.000	3.000	2.984	3.006	3.028	3.013	2.980
SUM_CAT	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
O	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CCL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ALM	4.098	6.690	6.690	5.370	7.397	8.788	8.188	6.618
AND	48.321	42.225	42.225	43.618	44.623	39.690	42.402	45.834
GROSS	45.684	49.322	49.322	49.059	45.885	49.526	47.530	45.620
PYROPE	0.701	0.706	0.706	0.698	0.525	0.636	0.669	0.684
SPESS	1.163	1.058	1.058	1.137	1.434	1.253	1.132	1.344
UVARO	0.034	0.000	0.000	0.119	0.135	0.109	0.092	0.000
XCAGNT	0.940	0.915	0.915	0.928	0.906	0.863	0.900	0.915
XFEGNT	0.041	0.067	0.067	0.054	0.074	0.088	0.082	0.066
XMGGNT	0.007	0.007	0.007	0.007	0.005	0.006	0.007	0.006
FE_MGGNT	5.810	9.571	9.571	7.619	13.875	14.000	12.350	11.588

ANEXO II

Ab	albita	Di	diopsídio	Me	meionita	Tr	tremolita
Alm	almandino	FePa	ferro-pargasita	Phl	flogopita	Ts	tschermakita
Ann	annita	Fetr	ferro-tremolita	Prp	piropo		
An	anortita	Grs	grossularia	Qtz	quartzo		
Cal	calcita	Hd	hedenbergita	Ttn	titanita		

. Abreviaturas dos minerais utilizados no texto. Modificado de Kretz (1983) e Spear (1993).

DOAÇÃO

IGC-USP

Data: 07/05/08

