



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E DE QUÍMICA MINERAL DOS GNAISSES E
GRANOFELS CALCISILICÁTICOS DO GRUPO DOM SILVÉRIO NA ÁREA-TIPO, LESTE DE
MINAS GERAIS**

Anarda Luísa Sousa Simões

MONOGRAFIA nº268

Ouro Preto, Fevereiro de 2018

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E DE QUÍMICA
MINERAL DOS GNAISSES E GRANOFELS
CALCISSILICÁTICOS DO GRUPO DOM SILVÉRIO NA
ÁREA-TIPO, LESTE DE MINAS GERAIS**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr. Luís Antônio Rosa Seixas

MONOGRAFIA

Nº 268

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E DE QUÍMICA
MINERAL DOS GNAISSES E GRANOFELS
CALCISSILICÁTICOS DO GRUPO DOM SILVÉRIO NA
ÁREA-TIPO, LESTE DE MINAS GERAIS**

Anarda Luísa Sousa Simões

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Gláucia Nascimento Queiroga

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2017/2.

OURO PRETO

2018

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Anarda Luísa Sousa Simões

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

S589c Simões, Anarda Luisa Sousa.
Caracterização petrográfica e de química mineral dos gnaisses e granofels calcissilicáticos do Grupo Dom Silvério na área-tipo, leste de Minas Gerais [manuscrito] / Anarda Luisa Sousa Simões. - 2018.

86f.: il.: color; graf; tabs; mapas.

Orientador: Profa. Dra. Gláucia Nascimento Queiroga.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.

1. Petrogênese. 2. Química mineralógica. 3. Termobarometria. I. Queiroga, Gláucia Nascimento. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 552.11

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Caracterização petrográfica e de química mineral dos gnaisses e granofels calcissilicáticos do Grupo Dom Silvério na área-tipo, leste de Minas Gerais

AUTORA: ANARDA LUÍSA SOUSA SIMÕES

ORIENTADORA: Profa. Dra. Gláucia Nascimento Queiroga

Aprovada em: 07 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Gláucia N. Queiroga Gláucia N. Queiroga DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Edgar B. de Medeiros Jr. Edgar Batista de Medeiros Júnior DEGEO/UFOP

MSc. Victor Tavares Fernandes Victor Mathus Tavares Fernandes DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 07/02/2018

*“Da minha aldeia vejo quanto da terra se pode ver no Universo...
Por isso a minha aldeia é tão grande como outra terra qualquer
Porque sou do tamanho do que vejo
E não do tamanho da minha altura...”*
(Fernando Pessoa)

Agradecimentos

Aos meus pais por sempre acreditarem em mim e sonharem comigo todos os meus sonhos, por mais absurdos que eles possam parecer.

Ao meu irmão por ser meu apoio em casa, estando lá todas as vezes que eu não podia.

Aos colegas da geologia Leon, Vinícius (Nabad) e João Paulo (Tako) por todas as informações, conhecimentos e tempo compartilhados, tornando possível a realização desse trabalho.

Ao Laboratório de Microanálises do DEGEO/EM- Laboratório integrante da RMic, Rede de Microscopia e Microanálises de Minas Gerais – FAPEMIG, pelos dados químicos gerados.

À Andressa, Vanessa, Ana Julia, Raíssa, Débora, Liz, Pleonasma, Livia, Maria José, Leo e Matheus por todo o apoio, paciência e amizade durante toda a graduação, não sendo diferente nesses momentos finais e ao Max, por tudo isso e por me ajudar com as artes gráficas

Aos professores do Departamento de geologia por todos os ensinamentos, conselhos e oportunidades, em especial Maria Silvia, Tazava, Max, Paulo de Tarso e Cristiane.

À professora Gláucia por toda disponibilidade, paciência e dedicação! Por me dar um voto de confiança ao aceitar me orientar, uma completa estranha até então, e me dar de presente esse projeto, responsável por me engrandecer em diferentes maneiras! Chego ao final com muito mais certezas sobre esse universo infinito chamado geologia e, principalmente, sobre mim mesma!

À República Bem Q Se Kiss por estar sempre de portas abertas, sendo meu lar em Ouro Preto nos melhores e piores dias e me mostrando que “Sempre haverá caminhos para voltar!”

E a Deus, por iluminar meu caminho e sempre me dar forças para continuar.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	x
SUMÁRIO	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE TABELAS	xvii
RESUMO	xx
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA DA NATUREZA DO PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.4 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	3
1.5 METODOLOGIA	4
1.6 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	7
1.6.1 Clima	7
1.6.2 Hidrografia.....	8
1.6.3 Solos	8
1.6.4 Vegetação	8
1.6.5 Geomorfologia	8
1.7 ESTRUTURAÇÃO DO VOLUME FINAL DO TCC.....	9
2 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	11
2.1 A PROVÍNCIA MANTIQUEIRA E O ORÓGENO ARAÇUAÍ.....	11
2.1.1 Evolução geotectônica.....	13
2.2 ESTRATIGRAFIA	15
2.2.1 Embasamento Paleoproterozóico	16
2.2.2 Unidades Neoproterozoicas	17
2.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	20
2.4 METAMORFISMO	21
3 PETROGRAFIA E ANÁLISE QUALITATIVA DO METAMORFISMO	23
3.1 GRANOFELS.....	25
3.2 GNAISSE.....	27
3.3 DIOPSIDITO.....	29
4 QUÍMICA MINERAL.....	37
4.1 INTRODUÇÃO	37
4.2 LÂMINA 74D	37

4.2.1 Granada	38
4.2.2 Clinopiroxênio	43
4.2.3 Plagioclásio	47
4.2.4 Epidoto	49
4.3 LÂMINA 103	50
4.3.1 Anfibólio	50
4.3.2 Plagioclásio	53
4.3.3 Clinopiroxênio	55
4.3.4 Epidoto	60
4.3.5 Microclina	62
4.3.6 Titanita	63
4.4 LÂMINA 142	64
4.4.1 Clinopiroxênio	65
4.4.2 Anfibólio	68
5 GEOTERMOBAROMETRIA	71
5.1 INTRODUÇÃO	71
5.2 RESULTADOS	71
5.2.1 Termometria	71
5.2.2 THERMOCALC	74
6 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa de situação e articulação das folhas Mariana, Ponte Nova, Rio Espera e Viçosa, escala 1;100.000, ao longo das quais o Grupo Dom Silvério encontra-se distribuído. Modificado de Brandalise (1991).	3
Figura 2.1 Mapa geológico do Orógeno Araçuaí com o Grupo Dom Silvério destacado em vermelho (Pedrosa-Soares <i>et al.</i> 2007).....	12
Figura 2.2 – Modelo evolutivo simplificado do orógeno Araçuaí de acordo com Gradim <i>et al.</i> (2014).	14
Figura 3.1 - Mapa geológico da área de estudo localizando as amostras estudadas, especificando as que foram submetidas a análise por microsonda eletrônica (sinalizadas com um triângulo laranja). Compilação a partir de mapas da CPRM (2004).	24
Figura 3.2 - Granofels aflorante na porção centro-oeste da área de estudo (Ponto 74D, coordenadas 714800/7774700).....	25
Figura 3.3 - Fotomicrografias do granofels sob luz transmitida. A) Associação clinopiroxênio + clinozoisita + granada num arranjo granoblástico. (B) clinopiroxênio + plagioclásio zonado num arranjo granoblástico. Cpx= clinopiroxênio, Grt= granada, Czo= clinozoisita, Pl= plagioclásio.	26
Figura 3.4 - Gnaiss aflorante na porção noroeste do mapa da Figura 3.1 (Ponto 103, coordenadas 734000/7806000).....	27
Figura 3.5 - Fotomicrografias do gnaiss sob luz transmitida evidenciando (A) e (B) a paragênese hornblenda + plagioclásio + diopsídio + microclina + epidoto num arranjo granoblástico. Hbl=hornblenda, Dps=diopsídio, Mc=microclina, Ep=epidoto, Pl= plagioclásio, Cpx=clinopiroxênio.....	28
Figura 3.6 - Diopsidito aflorante na porção noroeste do mapa da Figura 3.1 (Ponto 142, coordenadas 723500/7786200).....	29
Figura 3.7 - Fotomicrografias do diopsidito evidenciando os cristais de (A) clinopiroxênio e (B) anfibólio num arranjo granoblástico. Cpx = clinopiroxênio e Amp = anfibólio.	30
Figura 4.1 - Representação das lâminas delgadas estudadas indicando os campos analisados.	37
Figura 4.2 – Imagem de elétrons retroespalhados evidenciando as granadas presentes no campo C1 e os pontos analisados (1 a 15*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	38

Figura 4.3- Gráficos ilustrando a variação núcleo-borda dos conteúdos, em % peso, de CaO, MgO, FeO e MnO para a granada 2, campo 1, da amostra 74D.	39
Figura 4.4 - Gráfico indicando as proporções de almandina (Al), piropo (Py), grossulária (Gr) e espessartita (Sp) no cristal Grt2 analisado. Perfil borda – núcleo – borda conforme indicado na Figura 4.2.	40
Figura 4.5 – Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os cristais de clinopiroxênio presentes e os pontos analisados (A) no campo 1(16 a 23*) e (B) no campo 2 (29 a 37*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	43
Figura 4.6 - Diagrama ternário Fs-Wo- En classificatório para os cristais de clinopiroxênio da lâmina 74D (Deer <i>et al.</i> 1992). Fs=ferrossilita, Wo=wolastonita, En=enstatita.	44
Figura 4.7 – Imagem de elétrons retroespalhados evidenciando os grãos de plagioclásio analisados na lâmina 74D, campo C2 (Pl ₁ ; pontos 43 a 47* e Pl ₂ ; pontos 48 a 52*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	47
Figura 4.8 - Diagrama ternário Or-Ab-An para a classificação dos plagioclásios analisados na lâmina 74D (Deer <i>et al.</i> 1966). Or=ortoclásio, Ab=albita, An=anortita. .	47
Figura 4.9- Imagem de elétrons retroespalhados mostrando o epidoto analisado no campo C2 da lâmina 74D (pontos 38 a 42*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	49
Figura 4.10- Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os anfibólios analisados na lâmina 103. Em (A) campo C1 (pontos 15 a 19*) e (B) campo C2 (pontos 48 a 53*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	51
Figura 4.11- Diagrama de classificação dos anfibólios analisados na lâmina 103 (Leake <i>et al.</i> 1997).	51
Figura 4.12 – Imagens de elétrons retroespalhados mostrando os plagioclásios analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1 (pontos 20 a 23*) e (B) no campo C2 (pontos 39 a 42*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda. .	53
Figura 4.13- Diagrama ternário Or-Ab-An para a classificação dos plagioclásios analisados na lâmina 103 (Deer <i>et al.</i> 1966). Or=ortoclásio, Ab=albita, An=anortita. .	54
Figura 4.14- Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os cristais de clinopiroxênio analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1(pontos 24-29 e 29-33*), em (B) e (C) no campo C2 (pontos 54-59 em B e 72-77 em C*). *Numeração original	

fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	56
Figura 4.15- Diagrama ternário Fs-Wo- En classificatório para os cristais de clinopiroxênio da lâmina 103 (Deer <i>et al.</i> 1992). Fs=ferrossilita, Wo=wolastonita, En=enstatita.....	57
Figura 4.16- Imagens de elétrons retroespalhados detalhando os epidotos analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1 (pontos 37 e 38*) e (B) campo C2 (pontos 7 ^a 10* e 11 a 14*). *Numeração fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	60
Figura 4.17- Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os cristais de feldspato potássico analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1 (pontos 43 a 47*) e (B) campo C2 (pontos 68 a71*). *Numeração fornecida pelo Laboratório de Microsonda	62
Figura 4.18- Diagrama ternário Or-Ab-An para a classificação dos feldspatos potássicos analisados na lâmina 103 (Deer <i>et al.</i> 1966). Or=ortoclásio, Ab=albita, An=anortita.....	62
Figura 4.19- Imagem de elétrons retroespalhados evidenciando os três grãos de titanita analisadas no campo C3 da lâmina 103 (pontos 1-6*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	63
Figura 4.20- Imagem de elétrons retroespalhados dos cristais de clinopiroxênio analisados na lâmina 142, campo C1 (pontos 1 a 11*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	65
Figura 4.21- Diagrama ternário Fs-Wo- En classificatório para os cristais de clinopiroxênio da lâmina 142 (Deer <i>et al.</i> 1992). Fs=ferrossilita, Wo=wolastonita, En=enstatita.	66
Figura 4.22- Imagem de elétrons retroespalhados mostrando os cristais de anfibólios analisados na lâmina 142 no campo C1 (pontos 1 a 11*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	68
Figura 4.23- Diagrama de classificação dos anfibólios analisados na lâmina 142 (Leake <i>et al.</i> 1997).....	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Tabela de amostras analisadas.....	4
Tabela 1.2 - Especificações da rotina analítica utilizada nas análises químicas de gnaisses e granofels calcissilicáticos do Grupo Dom Silvério. TAP- Cristal de Ftalato Ácido de Tálíio (Thallium acid phthalate); PET – Cristal de Pentaeritritol (Pentaerythritol crystal); LIF- Cristal de Fluoreto de Lítio (Lithium fluoride crystal).....	6
Tabela 2.1 - Resumo das principais características das rochas encontradas na região de Viçosa- Rio Espera – Mariana (modificado de Gradim <i>et al.</i> 2011 e Gradim 2012).	15
Tabela 3.1 - Descrição microscópica das amostras estudadas.....	31
Tabela 4.1 - Relação dos campos, minerais e pontos analisados. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda. C = campo analisado.	38
Tabela 4.2 - Resultado de análise química mineral em granada da amostra 74D. Py = piropro, Al =almandina, Sp = espessartita, Gr = grossulária. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	41
Tabela 4.3 - Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio da amostra 74D. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	45
Tabela 4.4 - Resultado de análise química mineral em plagioclásio da amostra 74D. An = anortita, Ab = albita e Or = ortoclásio. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	48
Tabela 4.5 - Resultado de análise química mineral em epidoto da amostra 74D. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda	49
Tabela 4.6 - Relação dos campos, minerais e pontos analisados. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda. C = campo analisado.	50
Tabela 4.7 - Resultado de análise química mineral em anfibólio do gnaisse calcissilicático (amostra 103).*Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	52
Tabela 4.8 - Resultado de análise química mineral em plagioclásio do gnaisse calcissilicático (amostra 103). An = anortita, Ab = albita e Or = ortoclásio. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	54
Tabela 4.9 - Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio do gnaisse (amostra 103). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.....	58
Tabela 4.10 - Resultado de análise química mineral em epidoto do gnaisse calcissilicático (amostra 103).*Numeração original fornecida pelo Laboratório de	

Microsonda.	61
Tabela 4.11- Resultado de análise química mineral em k-feldspato do gnaiss calcissilicático (amostra 103). An = anortita, Ab = albita e Or = ortoclásio. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	63
Tabela 4.12- Resultado de análise química mineral em titanita do gnaiss calcissilicático (amostra 103). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	64
Tabela 4.13 - Relação dos campos, minerais e pontos analisados. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda. C = campo analisado.	65
Tabela 4.14- Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio do diopsídio (amostra 142). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	67
Tabela 4.15- Resultado de análise química mineral em anfibólio do diopsídio (amostra 142).*Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.	70
Tabela 5.1- Geotermometria da amostra de plagioclásio-granada-clinozoisita-quartzo-diopsídio granofels (74D) do Grupo Dom Silvério. Os pontos referentes a granada e ao clinopiroxênio são mostrados no Capítulo 4.	72
Tabela 5.2 - Geotermobarometria da amostra de gnaiss (103) do Grupo Dom Silvério. Os pontos referentes aos minerais estão mostrados no Capítulo 4 (Amph = anfibólio, Pl = plagioclásio, Cpx= clinopiroxênio, Ep= epidoto, Mc = microclina, Tr= tremolita, Gl= glaucoana, Di = diopsídio, An= anortita, Ab= Albita, Cz = clinozoisita,Q=quartzo). ..	75
Tabela 6.1 - Comparação entre dados geotermobarométricos obtidos por trabalhos anteriores e por este trabalho.	79

Resumo

Esta monografia apresenta os resultados de estudos petrográficos, de química mineral e geotermobarométricos de rochas calcissilicáticas (três amostras de gnaiss e granofels) do Grupo Dom Silvério, aflorantes em sua área-tipo localizada no leste de Minas Gerais, Brasil. O Grupo Dom Silvério foi primeiramente caracterizado como uma unidade geológica formal no início da década de 1970, representando uma associação de rochas metassedimentares e metaígneas subordinadas, bem distintas dos gnaisses que os cercam pertencentes ao Complexo Mantiqueira. As rochas calcissilicáticas, foco deste trabalho, são compostas predominantemente por clinopiroxênio, anfibólio e quartzo, podendo aparecer também feldspatos, epidoto, titanita e granada. A caracterização qualitativa do metamorfismo, com base na determinação das paragéneses minerais, evidencia que as amostras foram metamorfizadas em fácies anfibolito baixo. A análise de química mineral evidenciou que os cristais de granada são compostos predominantemente por grossulária, seguida por almandina, espessartita e piropo. Os cristais de plagioclásio variam entre labdotrita, bytownita e oligoclásio. Os clinopiroxênios correspondem a diopsídio e augita rica em cálcio e as hornblendas tendem aos membros pargasita e magnésio-hornblenda. Estudos termométricos realizados na amostra de granofels (lâmina 74D), utilizando o par granada-clinopiroxênio, resultou em valores de temperatura entre 679,97 e 797,16 °C no núcleo dos cristais e entre 679,97 e 845,41°C na borda, típicos de fácies granulito. Esse resultado encontra-se em desacordo com a caracterização qualitativa do metamorfismo, visto que o termômetro utilizado foi desenvolvido para rochas de fácies eclogito. Cálculos geotermobarométricos realizados no gnaiss (amostra 103), utilizando o average P e o average T do THERMOCALC, resultaram em valores de temperatura entre 550 e 590°C, com pouca variação entre núcleo e borda, e em valores de pressão entre 5,5 e 6,8kbar, típicos de fácies anfibolito e condizentes com a análise qualitativa previamente realizada.

Palavras-chave: petrogênese, química mineral, termobarometria, rochas calcissilicáticas, Grupo Dom Silvério.

CAPITULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC 402) sintetiza as informações referentes à caracterização petrográfica, de química mineral e geotermobarométrica de gnaisses calcissilicáticos e granofels do Grupo Dom Silvério, em sua área-tipo, localizado no leste de Minas Gerais. O trabalho desenvolveu-se ao longo do ano letivo de 2017, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Gláucia Nascimento Queiroga, aproveitando dados preliminares e o acervo de rochas e lâminas obtidos pela Prof^a. Dr^a. Hanna Jordt-Evangelista durante o projeto “Dom Silvério (realizado na década de 1990)”.

A confecção de novas lâminas delgadas e as análises laboratoriais foram apoiadas pelo Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO-UFOP), via laboratórios de Laminação e de Microanálises (laboratório integrante da RMic, Rede de Microscopia e Microanálises de Minas Gerais – FAPEMIG).

Rochas calcissilicáticas são definidas por Yardley (2004) como ricas em silicatos de Ca ou Ca-Mg, podendo apresentar ainda quantidades significativas de Al, K e Fe. Bucher & Grapes (2011) as definem como resultado da interação entre filossilicatos presentes em pelitos e calcita resultando em uma grande variedade de silicatos de Ca formadores de mármore e gnaisses calcissilicáticos. Ambos destacam a importância da presença de fluidos durante o processo metamórfico. Fases minerais comuns de serem encontradas correspondem à zoisita, granada, hornblenda, plagioclásio cálcico, margarita, feldspato potássico, flogopita e vesuvianita (Yardley 2004). Considerando a assembléia mineral, Bucher & Grapes (2011) dividem as rochas calcissilicáticas em dois sistemas distintos. O primeiro corresponde à assembléia piroluzita-quartzo-calcita que teria sido formada por um processo metamórfico onde o fluido presente seria rico em água, pois os carbonatos ainda não teriam liberado CO₂ para as reações. O outro sistema seria rico em K, Na e Al, submetido a processos metamórficos em que o fluido presente possui quantidades ainda menores de CO₂. Já Kerrick (1974, *in* Yardley 2004) resume que, em geral, zoisita, margarita e grossulária só são estáveis em fases com fluidos ricos em CO₂. A partir das considerações feitas acima, esse TCC propõe uma análise de diferentes rochas calcissilicáticas pertencente ao Grupo Dom Silvério e com poucos estudos na literatura (vide item 1.2).

1.2 JUSTIFICATIVA DA NATUREZA DO PROBLEMA

O Grupo Dom Silvério foi caracterizado primeiramente como uma unidade geológica formal por Lima *etal.* (1973). Representa uma associação de rochas metassedimentares e metaígneas subordinadas, bem distintas dos ortognaisses que o cercam pertencentes ao Complexo Mantiqueira (Lima *etal.* 1973). O Grupo Dom Silvério aflora por uma faixa de aproximadamente 150 km de extensão, podendo atingir até 10 km de largura, na porção leste de Minas Gerais, desde a região de Viçosa, ao sul e do município de Ipatinga ao norte (Cavalcante 2001). Em sua porção sul, o Grupo Dom Silvério é predominantemente composto por mica xistos aluminosos e subaluminosos, com metaultramafitos, rochas metamáficas e quartzitos subordinados. Já em sua porção norte predominam quartzitos eventualmente ferruginosos, e restritas ocorrências de formação ferrífera, mármore, rochas calcissilicáticas, xistos e anfíbolitos (Jordt-Evangelista 1992).

Do ponto de vista estratigráfico e estrutural, o Grupo Dom Silvério encontra-se bem caracterizado, estando posicionado sobre os gnaisses do Complexo Mantiqueira (Cavalcante 2001), em uma calha sinformal suave com vergência para oeste (Peres 2000). Seu limite oeste é determinado pelo contato com o Complexo Mantiqueira através da Zona de Cisalhamento Dom Silvério (Endo 1997) e a leste pela Zona de Cisalhamento Ponte Nova (Brandalise 1991; Peres 2000). Do ponto de vista geocronológico, a idade de 629 ± 5 Ma obtida por Gradim (2012) baliza a idade de cristalização magmática do protólito de um xisto máfico coletado na região de Viçosa.

Diversos estudos petrogenéticos e mineralógicos já foram realizados nas porções metapelíticas do grupo Dom Silvério. Dentre eles, deve-se destacar aqueles realizados por Jordt-Evangelista (1992) enfatizando o Distrito Manganésífero de Saúde. O mesmo assunto foi tratado por Cavalcante (2001) em sua dissertação de mestrado, assim como por Gradim *et al.* (2011) e Gradim (2012). Embora os xistos pelíticos tenham sido investigados, pouco se sabe sobre a evolução dos gnaisses calcissilicáticos e dos granofels associados. É nesse contexto que se apresenta esse TCC, que busca caracterizar, do ponto de vista petrográfico e de química mineral, as rochas calcissilicáticas e granofels que ocorrem na região de Dom Silvério-Viçosa, leste de Minas Gerais.

1.3 OBJETIVOS

Os principais objetivos desse Trabalho de Conclusão de Curso são:

- caracterização petrográfica de amostras de rochas calcissilicáticas e granofels do Grupo Dom Silvério;
- caracterização geoquímica (química mineral por microsonda eletrônica) de litotipo(s) selecionado(s) e realização de cálculos geotermobarométricos para estimativas de P e T médias do metamorfismo regional.

1.4 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O Grupo Dom Silvério situa-se na Zona da Mata Mineira, região sudeste de Minas Gerais. A área de estudo engloba uma faixa compreendida entre os municípios de Dom Silvério e Viçosa, distribuída em porções cobertas pelas folhas Mariana (SF-23-X-B-I), Ponte Nova (SF-23-X-B-II), Rio Espera (SF-23-X-B-IV) e Viçosa (SF-23-X-B-V), em escala 1:100.000. Essa área é delimitada pelos meridianos $43^{\circ} 30'$ – $42^{\circ}30'$ e paralelos 21° - 20° (Figura 1.1).

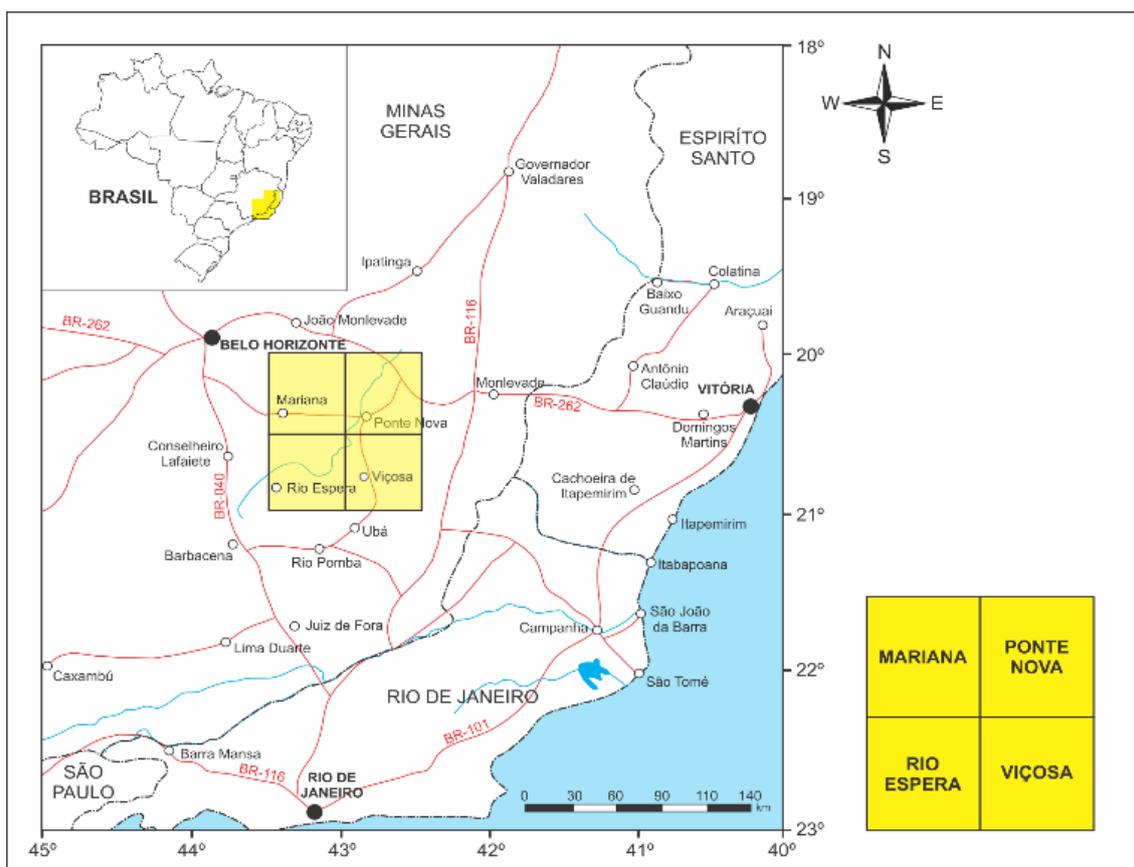


Figura 1.1 - Mapa de situação e articulação das folhas Mariana, Ponte Nova, Rio Espera e Viçosa, escala 1:100.000, ao longo das quais o Grupo Dom Silvério encontra-se distribuído. Modificado de Brandalise (1991).

Usando como referência o município de Viçosa, a região se encontra a 125 Km de Ouro Preto e o acesso se dá pela BR-356 sentido Mariana até o trevo para Padre Viegas, onde deve-se continuar pela MG-262, passando por Ponte Nova e seguindo pela BR-120 e BR-482 até Viçosa (Figura 1.1).

1.5 METODOLOGIA

A seguinte metodologia foi adotada no desenvolvimento do trabalho:

Confeção de um banco de dados e levantamento bibliográfico

O estudo iniciou-se com a organização de um banco de dados sob a forma de tabelas para a catalogação das lâminas delgadas associadas às amostras da área de estudo bem como dos dados petrográficos preliminares obtidos pela professora Hanna Jordt-Evangelista durante o projeto “Dom Silvério”. Concomitante a isso foi realizada uma revisão bibliográfica contendo uma síntese da geologia regional e os modelos de evolução geotectônica para a área estudada.

Estudo petrográfico

O estudo petrográfico microscópico foi responsável por definir a paragênese mineral e caracterizar as microestruturas de 37 lâminas delgadas do acervo da professora Hanna Jordt-Evangelista e de 4 outras confeccionadas durante o projeto, das quais 3 foram submetidas à descrição macroscópica de amostras de mão e análise química por Microsonda Eletrônica (Tabela 1.1). As descrições macroscópicas foram realizadas no Laboratório de Petrografia Macroscópica do DEGEO enquanto as descrições microscópicas foram realizadas em microscópio petrográfico binocular da marca Leica e as fotomicrografias foram obtidas no microscópio ZEISS acoplado à câmera AxioCam Erc5s do Laboratório de Miroscopia da Pós-Graduação –DEGEO. As abreviações minerais contidas nas fotomicrografias estão de acordo com a padronização internacional proposta por Whitney & Evans (2010).

A Tabela 1.1 lista as amostras estudadas assim como as análises realizadas.

Tabela 1.1 - Tabela de amostras analisadas.

Amostra	Coordenadas		Litotipo	Análises		
	UTM E	UTM N		Lâmina	Descrição macroscópica	Microsonda Eletrônica
A4 - 085	741000	7816000	Quartzo-magnetita-anfibólio granofels	X		
A4 - 086	741000	7816000	Quartzo -magnetita- anfibólio granofels	X		
A4 - 095	734600	7807600	Tremolita granofels	X		
A4 - 097	734000	7806000	Gnaisse	X		
A5 - 005	723500	7786200	Hornblenda-diopsídio-epidoto granofels	X		
A5 - 006	723500	7786200	Tremolita-actinolita-diopsídio granofels	X		

Tabela 1.1 – (continuação) Tabela de amostras analisadas.

Amostra	Coordenadas		Litotipo	Análises		
	UTM E	UTM N		Lâmina	Descrição macroscópica	Microsonda Eletrônica
A5 - 007	723500	7786200	Diopsídio granofels	X		
A5 - 010	721900	7784900	Granada -cunningtonita granofels	X		
A5 - 012	721900	7784900	Granada granofels	X		
A5 - 013	721900	7784900	Granada granofels	X		
A5 - 016	721900	7784900	Cumingtonita granofels	X		
A5 - 018	721900	7784900	Quartzo -granada granofels	X		
A5 - 025	714800	7774900	Diopsídio-granada-clinozoisita granofels	X		
A5 - 030	718900	7747700	Granada granofels	X		
A5 - 040	720400	7775100	Anfibólio-granada- quartzo granofels	X		
A5 - 041	720400	7775100	Anfibólio - quartzo- granada granofels	X		
A5 - 042	720400	7775100	Granada granofels	X		
A5 - 045	720400	7775100	Titanita-tremolita-actinolita- diopsídio granofels	X		
A5 - 050	722300	7775400	Granada-quartzo-cumingtonita granofels	X		
A5 - 051	722300	7775400	Quartzo -granada granofels	X		
A5 - 052	722300	7775400	Quartzo -granada granofels	X		
A5 - 060	713000	7768600	Diopsídio-tremolita granofels	X		
A5 - 071	719500	7769800	Titanita-tremolita/actinolita- diopsídio granofels	X		
A5 - 097	714000	7756900	Hornblenda-diopsídio-epidoto granofels	X		
A6 - 021	707200	7728200	Diopsídio-tremolita granofels	X		
A6 - 022	707200	7728200	Diopsídio-tremolita granofels	X		
A6 - 023	707200	7728200	Diopsídio-hornblenda granofels	X		
A6 - 029	701400	7721000	Hornblenda - diopsídio - epidoto- quartzo granofels	X		
A6 - 031	701400	7721000	Hornblenda granofels	X		
A6 - 038	702200	7711000	Actinolita-diopsídio-carbonato-epidoto-quartzo granofels	X		
A6 - 092	713800	7739700	Quartzo-turmalina granofels	X		
A6 - 093	710400	7740600	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	X		
A6 - 094	710400	7740600	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	X		
A6 - 095	710400	7740600	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	X		
A6 - 096	710400	7740600	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	X		
A6 - 097	710400	7740600	Rocha calcissilicática	X		
A7 - 001	710400	7740600	Piroxênio-anfibólio-mica granofels	X		
103	734000	7806000	Gnaiss	X	X	X
142	723500	7786200	Diopsidito	X	X	X

Tabela 1.1 – (continuação) Tabela de amostras analisadas.

74D	714800	7774900	Plagioclásio-granada-clinozoisita-quartzo-diopsídio granofels	X	X	X
6C	701400	7721000	Hornblenda-diopsídio granofels	X		

Química mineral e geotermobarometria

As microanálises foram utilizadas para identificar e quantificar os elementos químicos dos principais minerais presentes em gnaisses e granofels calcissilicáticos do Grupo Dom Silvério. Foram analisados cristais de clinopiroxênio, anfibólio, plagioclásio, microclina, granada, titanita e epidoto em um aparelho de microsonda eletrônica da marca JEOL, modelo JXA-8230, no Laboratório de Microanálises da Universidade Federal de Ouro Preto. O feixe de elétrons utilizado foi ajustado em 15 kV, 20 nA, com um diâmetro (*spot size*) de 5 µm e foram aplicadas as correções de matriz ZAF. Os tempos de contagem dos picos/backgrounds foram 10s/5s para todos os elementos analisados (Na, F, Si, Al, Mg, Ba, Fe, Cr, Sr, Ti, K, Mn e Ca), exceto para o Cl (30s/15s). Os erros analíticos encontram-se entre 0,2 e 1,7%. Todos os minerais, incluindo plagioclásio e anfibólio zonados foram analisados da borda para o núcleo, visando a obtenção das variações químicas. A Tabela 1.2 sintetiza as configurações principais da rotina analítica, incluindo os principais elementos analisados, os padrões (*standards*) correspondentes, as raias analíticas e os espectrômetros/canais associados.

Tabela 1.2 - Especificações da rotina analítica utilizada nas análises químicas de gnaisses e granofels calcissilicáticos do Grupo Dom Silvério. TAP- Cristal de Ftalato Ácido de Tálío (Thallium acid phthalate); PET – Cristal de Pentaeritritol (Pentaerythritol crystal); LIF- Cristal de Fluoreto de Lítio (Lithium fluoride crystal).

Elementos	Linha Energética	Espectrômetro	Cristal	Padrão
Na	K α	1	TAPH	Anortoclásio
F	K α	1	TAPH	Fluorita
Si	K α	2	TAP	Quartzo
Al	K α	2	TAP	Coríndon
Mg	K α	2	TAP	Olivina
Ba	L α	3	PETH	Barita
Fe	K α	3	LIFH	Magnetita
Cl	K α	3	PETH	Escapolita
Cr	K α	3	LIFH	Cromita
Sr	L α	4	PETJ	Estroncianita
Ti	K α	5	PETL	Rutilo

Tabela 1.2 – (continuação) Especificações da rotina analítica utilizada nas análises químicas de gnaisses e granofels calcissilicáticos do Grupo Dom Silvério. TAP- Cristal de Ftalato Ácido de Tálíio (Thallium acid phthalate); PET – Cristal de Pentaeritritol (Pentaerythritol crystal); LIF- Cristal de Fluoreto de Lítio (Lithium fluoride crystal).

K	K α	5	PETL	Microclina
Mn	K α	5	LIFL	Pirolusita
Ca	K α	5	PETL	Flúor-apatita

As fórmulas minerais foram calculadas com base em 6 oxigênios para os piroxênios, 23 oxigênios equivalentes para os anfibólios, 8 para os feldspatos, 12 para as granadas, 5 para as titanitas e 12,5 para os minerais do grupo do epidoto. Para a realização dos cálculos de fórmulas minerais dos anfibólios, utilizou-se todo o ferro como Fe⁺² pois, de todos os cálculos propostos por Leake *et al.* (1997), foi aquele que possibilitou o melhor fechamento da fórmula unitária. Os diagramas binários e ternários utilizados para caracterizar os minerais foram obtidos através dos programas Excel e Origin 6.1.

Os cálculos termométricos foram realizados com base no par **granada-clinopiroxênio**, de acordo com os parâmetros termodinâmicos de Ellis & Green (1979). Condições de P e T (*average Pe average T*) foram obtidas utilizando o programa Thermocalc 3.21 de Holland & Powell (1998), considerando-se a pressão de H₂O igual a 1.0, a 0.8 e a 0.5.

1.6 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Por se tratar de uma área coberta por quatro diferentes folhas geológicas (Mariana, Ponte Nova, Rio Espera e Viçosa, escala 1:100.000), alguns aspectos fisiográficos apresentam-se bem distintos de uma área para a outra.

1.6.1 Clima

Segundo a classificação de Koppen ocorrem três tipos de clima em toda a área. As regiões de menor elevação são dominadas por um clima úmido de verões quentes, com estações secas de curta duração, pluviosidade entre 1100 e 1400 mm/ano e temperatura média anual entre 21,8-19,5°C, com exceção da região a norte da Folha Ponte Nova 1:100.000, que possui temperaturas anuais com uma média mais elevada (24,7 – 21,4°C) e com chuvas concentradas de outubro a março. As demais porções, com altitude mais elevada, são dominadas por um clima com verão mais brando e temperaturas anuais entre 17-19,8°C (Brandalise 1991, Baltazar & Raposo 1993, Gradim 2014, Raposo 1991).

1.6.2 Hidrografia

Os principais cursos d'água presentes em toda a região fazem parte da Bacia do Rio Doce, com exceção da área a norte do município de Ouro Preto, coberto pela Folha Mariana 1:100.000, que faz parte da Bacia do São Francisco. Os principais cursos d'água são os rios Piranga e Casca, correndo no sentido S-N, possuindo, assim como o restante da rede de drenagem, forte controle estrutural, que vai diminuindo até se tornar insignificante ao sul da área (Folha Rio Espera 1:100.000) (Brandalise 1991, Baltazar & Raposo 1993, Gradim 2014, Raposo 1991).

1.6.3 Solos

Grande parte da área, cerca de 70%, é dominada por um latossolo vermelho-amarelo distrófico, antigo, profundo e com horizontes pouco diferenciados. Em todo o restante da área, principalmente em sua porção oeste, é possível identificar afloramentos rochosos e solos da subclasse podzólico vermelho amarelo eutrófico, com horizontes bem desenvolvidos e diferenciados (Brandalise 1991, Baltazar & Raposo 1993, Gradim 2014, Raposo 1991).

1.6.4 Vegetação

A vegetação presente em toda a região reflete a forte ação antrópica, já que é dominada por pastagens, capoeira, além de culturas de cana de açúcar e café. Originalmente a região era dominada pelo bioma Mata Atlântica, que se encontra preservado apenas no Parque Estadual Serra do Brigadeiro, município de Araponga (Brandalise 1991, Baltazar & Raposo 1993, Gradim 2014, Raposo 1991).

1.6.5 Geomorfologia

Os aspectos geomorfológicos são os que mais diferem. Segundo Gradim (2014), a região coberta pela Folha Viçosa 1:100.000 é dominada a oeste por um relevo dissecado e à leste por uma porção da Serra da Mantiqueira, denominada Serra do Brigadeiro, caracterizada por linhas de serra paralelas, com escarpas íngremes e orientadas preferencialmente NNW. A região correspondente à Folha Mariana 1:100.000 possui uma faixa norte-sul dominada pelo Quadrilátero Ferrífero, caracterizada por relevo controlado estruturalmente, representado por sinclinais, anticlinais, hogbacks e escapes erosivos (Baltazar & Raposo 1993). A porção restante da folha é dominada pelos “planaltos dissecados do Centro-Sul e do Leste de Minas”, resultante da dissecação fluvial atuante sobre rochas predominantemente granito-gnáissicas do embasamento pré-cambriano, resultando em colinas e cristas com vales encaixados (Baltazar & Raposo 1993). Já na região abrangida pela Folha Rio Espera 1:100.000, o relevo é marcado por cristas alongadas, contínuas e orientadas NW-SE, colinas de topo aplainado, e pseudo-chapadas (Raposo 1991). Por fim, a porção dominada pela Folha Ponte Nova 1:100.000 tem seu relevo

composto por colinas, vales e planícies esculpidos, em sua maioria, por eventos cenozóicos. (Baltazar & Raposo 1993, Raposo 1991).

1.7 ESTRUTURAÇÃO DO VOLUME FINAL DO TCC

O presente trabalho arquiteteta-se em 6 capítulos. O Capítulo 1 consiste numa introdução que sintetiza as características gerais do trabalho, trazendo a área abordada, a justificativa do projeto, os objetivos principais, a metodologia utilizada, finalizando com uma sucinta descrição dos aspectos fisiográficos. O Capítulo 2 descreve, de forma sucinta, os aspectos geológicos regionais do Grupo Dom Silvério assim como sua evolução estrutural e petrogenética. Os capítulos 3, 4 e 5 apresentam os resultados referentes às análises petrográficas e de química mineral, além dos cálculos geotermobarométricos para estimativas de pressão e temperatura do processo metamórfico. O Capítulo 6 reporta-se às considerações finais e à conclusão deste trabalho.

CAPÍTULO 2

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 A PROVÍNCIA MANTIQUEIRA E O ORÓGENO ARAÇUAÍ

Para um melhor entendimento acerca da gênese e evolução do Grupo Dom Silvério, preza-se primeiramente pela caracterização da Província Mantiqueira, contexto geotectônico em que o Grupo Dom Silvério encontra-se inserido.

A Província Mantiqueira, assim como delimitada por Almeida & Hassui (1984), estende-se desde o centro-sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, abrangendo parte ou totalmente os estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. É constituída por rochas predominantemente arqueanas retrabalhadas nos eventos Transamazônico e Brasileiro e pode ser dividida em três porções: Setentrional, Central e Meridional (Almeida & Hassui 1984).

O setor Setentrional da Província Mantiqueira é composto pelo Orógeno Araçuaí (Brito-Neves *etal.* 1999, Almeida 2000), localizado entre o Cráton São Francisco e a margem continental brasileira, limitado ao sul pelo Orógeno Ribeira (Figura 2.1). Esse limite é marcado por uma inflexão das linhas estruturais, de NNE para NE, resultando numa sobreposição desses dois sistemas orogênicos. Esse domínio estrutural se estende até aproximadamente 21° de latitude sul, onde se convém determinar o limite do Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000; Heilbron *etal.* 2001; Heilbron & Machado 2003). A atual configuração do Orógeno Araçuaí data do Neoproterozóico ao início do Paleozóico quando um rifteamento foi responsável por separar a porção brasileira da africana, o Orógeno Congo Ocidental, devido a orogenia Brasileira/Panafricana (Alkmim *etal.* 2006).

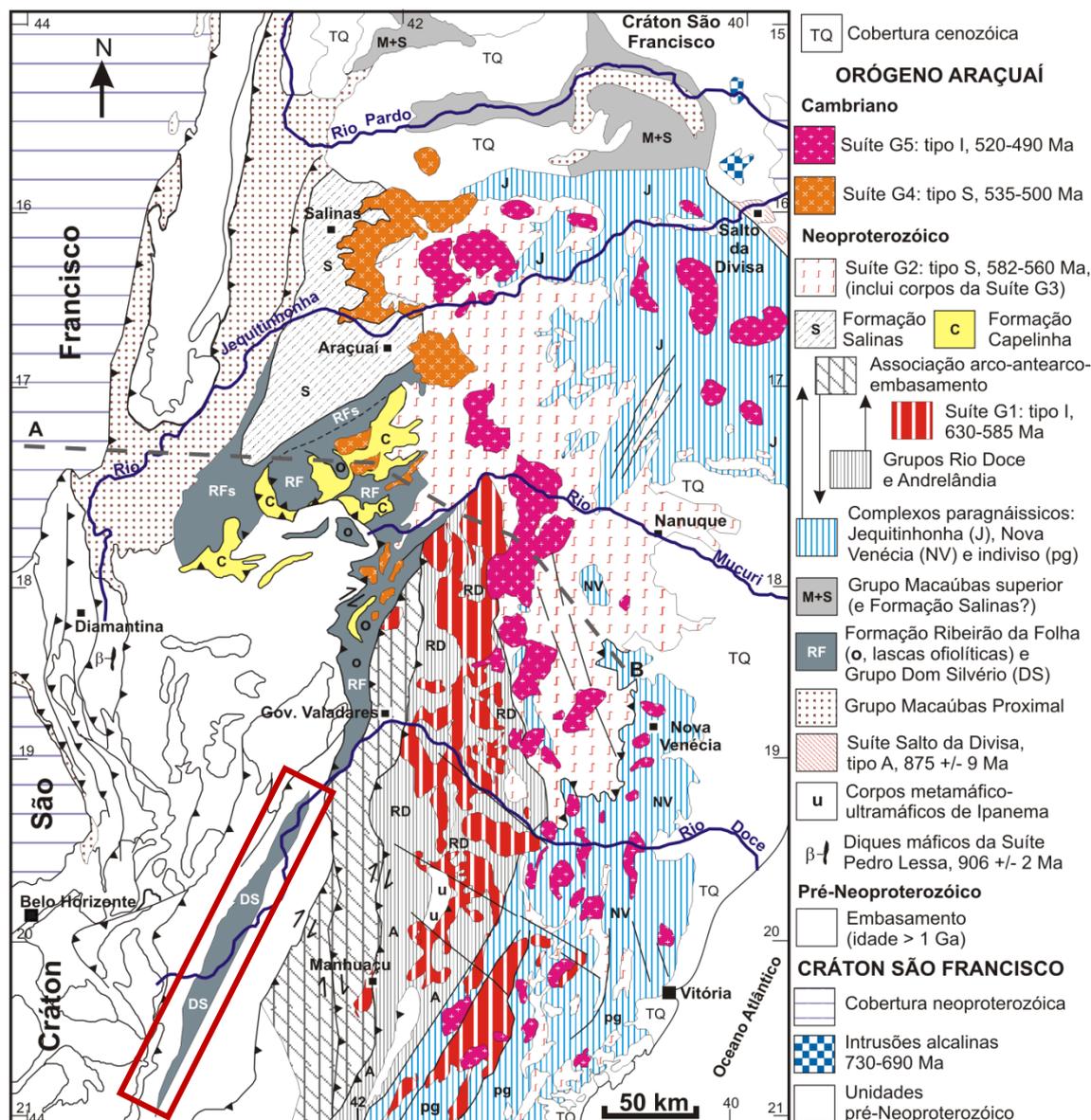


Figura 2.1 Mapa geológico do Orógeno Araçuaí com o Grupo Dom Silvério destacado em vermelho (Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

Os estudos pioneiros sobre o Orógeno Araçuaí datam do final da década de 1970, com a publicação do artigo “O Cráton do São Francisco” por Almeida (1977), onde o autor redefiniu os limites do Cráton São Francisco e suas relações com as faixas móveis, incluindo a Faixa de Dobramentos Araçuaí. Esses estudos pioneiros foram responsáveis por impulsionar pesquisas a respeito de lascas de crosta oceânica presentes no orógeno bem como sobre o arco magmático cálcio-alcalino relacionado ao consumo desta crosta (Pedrosa-Soares *et al.* 1990, 1992; Barbosa *et al.* 1964). A partir dessas descobertas, da relação estabelecida entre as faixas Araçuaí e Congo e das relações crono-espaciais dos conceitos de orógeno e cráton, o Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental foi definido como um conjunto orogênico Neoproterozóico-Cambriano localizado na

reentrância delimitada pelos crátons São Francisco e Congo (Pedrosa-Soares *et al.* 2007). Além disso, é classificado como um orógeno colisional sucessor de um orógeno acrescionário de margem continental ativa, contendo depósitos de margem passiva, lascas ofiolíticas, zona de sutura, arco magmático além de granitoides sin, tarde e pós-colisionais (Pedrosa-Soares *et al.* 2007). O Grupo Dom Silvério, foco desse TCC, tem sido correlacionado à parte distal da Formação Ribeirão da Folha (topo do Grupo Macaúbas, bacia precursora do Orógeno Araçuaí) por alguns autores (*e.g.* Pedrosa-Soares *et al.* 2007).

2.1.1 Evolução geotectônica

A região estudada, coberta pelas folhas geológicas Mariana, Ponte Nova, Rio Espera e Viçosa 1:100.000, é dominada por rochas metamórficas de médio a alto grau e grandes zonas de cisalhamento, que compõe a porção sul do Orógeno Araçuaí (Gradim *et al.* 2011). Sua evolução geotectônica pode ser sintetizada com base em trabalhos anteriores desenvolvidos por Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos (2000), Pedrosa-Soares *et al.* (2001, 2006, 2006, 2007 e 2008), Alkmim *et al.* (2006, 2007), Castañeda *et al.* (2006), Noce *et al.* (2004) e Gradim (2014). O último grande evento tectônico registrado no Orógeno em sua porção sul é a orogênese Brasileira, responsável por modificar as feições resultantes de eventos anteriores, impondo assim a arquitetura final da região (Brandalise 1991; Leite *et al.* 2004; Peres *et al.* 2004; Alkmim *et al.* 2006; Noce *et al.* 2007; Gradim *et al.* 2011; Queiroga *et al.* 2011).

O embasamento cristalino foi formado durante a Orogenia Transamazônica. Nessa região é composto pelos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora, evoluindo a partir da colisão de blocos crustais arqueanos entre 2,2 e 2,0 Ga (Noce *et al.* 2007). Esta orogenia paleoproterozóica foi responsável por consolidar o bloco São Francisco–Congo, além de provocar a junção de seus núcleos arqueanos em um cinturão orogenético denominado Itabuna- Salvador- Curaçá, na porção Brasileira (Noce *et al.* 2007; Barbosa & Sabaté 2004). O Complexo Mantiqueira foi caracterizado por Noce *et al.* (2007) como sendo composto por rochas pertencentes a um arco magmático continental desenvolvido sobre a margem de um paleocontinente arqueano. Já o complexo Juiz de Fora seria um arco intra-oceânico, ou seja, um terreno alóctone, que se encontra justaposto ao Complexo Mantiqueira pela zona de cisalhamento de Abre Campo (Noce *et al.* 2007). Uma síntese desses complexos cristalinos é apresentada no item 2.2 (estratigrafia).

A formação das camadas supracrustais tem início com o rifteamento crustal do Paleocoincidente São Francisco- Congo, entre 1100 e 1000 Ma, marcada pela injeção de diques máficos, possibilitando a deposição de sedimentos de margem continental, pertencentes ao Grupo Macaúbas (Figura 2.2 A a C).

O fechamento da bacia e a consequente fase pré-colisional ocorre entre 630 e 580 Ma, transformando as margens passivas da Bacia Macaúbas em margens ativas e consolidando o arco magmático, com a formação da Suíte G1 e do Grupo Rio Doce. Na bacia de retroarco, a leste do arco magmático, se formaram as rochas que dariam origem ao Complexo Nova Venécia (Figura 2.2 D)

O estágio colisional tem início entre 585 e 560 Ma, avançando de norte para o sul, provocando o soerguimento de uma cadeia de montanhas e a propagação das falhas de empurrão com vergência para o continente. Devido a colisão, ocorreu a fusão parcial de rochas sedimentares formando a Supersuíte G2. O progressivo encurtamento crustal gera zonas de cisalhamento e reativa as pré-existentes, resultando num escape de material na direção sul (Figura 2.2 E)

O estágio tardi-colisional ocorreu entre 545 e 520 Ma, marcado por uma granitogênese do tipo S, formando a suíte G3 por fusão autóctone a parautóctone da granitogênese G2.

O estágio pós-colisional ocorreu entre 520 e 490 Ma e foi responsável pela formação das suítes G4 e G5. Esses plútons graníticos são resultantes da decompressão adiabática que ocorre nessa fase (Figura 2.2. F).

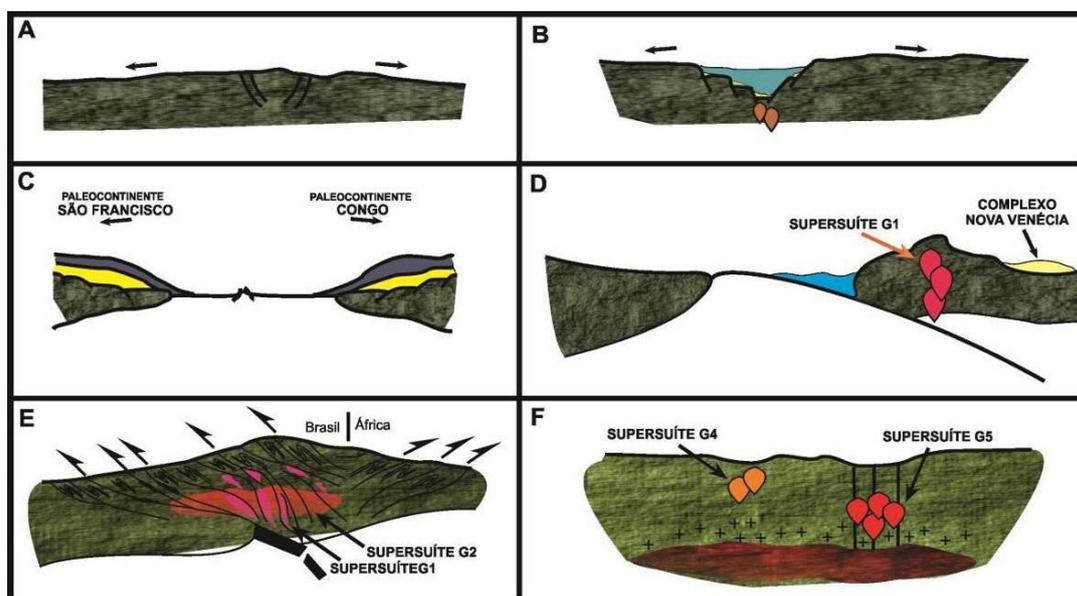


Figura 2.2 – Modelo evolutivo simplificado do orógeno Araçuaí de acordo com Gradim *et al.* (2014).

2.2 ESTRATIGRAFIA

Na área foco desse TCC, o embasamento paleoproterozóico aflorante é formado pelos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora, e a cobertura neoproterozóica corresponde aos grupos Andrelândia e Dom Silvério. Ocorrem também rochas metamáficas, graníticas e pegmatíticas, além de unidades formadas por hidrotermalismo, diques máficos mesozóicos e aluviões recentes (Gradim *et al.* 2011). Uma síntese da estratigrafia local elaborada por Gradim *et al.* (2011) é apresentada na Tabela 2.1, e as unidades serão detalhadas em seguida.

Tabela 2.1- Resumo das principais características das rochas encontradas na região de Viçosa- Rio Espera – Mariana (modificado de Gradim *et al.* 2011 e Gradim 2012).

Unidade	Descrição Geral	Grau Metamórfico
Diques Máficos	Diabásio composto por plagioclásio e clinopiroxênio, sem vestígio de metamorfismo e com textura intergranular.	---
Hidrotermalitos	Hidrotermalito quartzozo composto predominantemente por quartzo, com micas e feldspatos como acessórios. Hidrotermalito ferruginoso composto por quartzo, magnetita e hematita.	---
Suíte Pegmatítica Paula Candido	Pegmatitos compostos predominantemente por quartzo, k-feldspato, muscovita, biotita e, ocasionalmente, turmalina.	---
Ortoanfíbrito Santo Antônio do Grama	Metabasitos compostos por hornblenda, plagioclásio, clinopiroxênio e titanita. Microestrutura granonematoblástica. Plagioclásio saussuritizado, apresentando maclas e extinção ondulante. Principais minerais acessórios: opacos e apatita.	Fácies Anfíbrito
Grupo Andrelândia	Paragnaisse formado principalmente por plagioclásio, quartzo, granada, biotita e quantidades variáveis de k-feldspato, ortopiroxênio e silimanita. Os minerais félsicos apresentam extinção ondulante, formação de subgrãos, contatos intercrystalinos interlobados a suturados. Plagioclásio com maclas difusas e/ou acunhadas. K-feldspato frequentemente alterado para caulinita. Minerais opacos e apatita como principais acessórios	Fácies Anfíbrito a Granulito
Grupo Dom Silvério	Biotita-quartzo-xisto constituído por quartzo, biotita, plagioclásio e microclina subordinada. Microestrutura granolepidoblástica. Foliação definida por biotita. Quartzo na forma de subgrãos e com extinção ondulante. Plagioclásio e microclina com maclas acunhadas. Biotita levemente cloritizada e opacos e apatita como acessórios. Hornblenda xisto composto por hornblenda e plagioclásio com biotita e quartzo subordinados. Estrutura nematoblástica. Plagioclásio com maclas difusas, extinção ondulante e levemente sericitizados. Minerais opacos, titanita e zircão como minerais acessórios	Fácies Anfíbrito
Complexo Mantiqueira	Ortognaisse composto por plagioclásio, microclina, quartzo e biotita, com microestrutura granolepidoblástica e foliação gnáissica bem definida pela biotita. Plagioclásio com maclas difusas e acunhadas e quartzo com extinção ondulante. Anfíbrito constituído por hornblenda, plagioclásio, titanita e biotita, com microestrutura nematoblástica. Cristais de plagioclásio maclados de maneira difusa e minerais opacos, quartzo, zircão e apatita como acessórios. Ocorrem também granada-anfíbrito composto por hornblenda, clinopiroxênio, plagioclásio e granada	Fácies Anfíbrito

Tabela 2.1 – (continuação) Resumoe das principais características das rochas encontradas na região de Viçosa – Rio Espera – Mariana (modificado de Gradim *et al* 2011 e Gradim 2012).

Unidade	Descrição Geral	Grau Metamórfico
Complexo Juiz de Fora	Ortognaisse composto por plagioclásio, clinopiroxênio, quartzo, ortopiroxênio, com hornblenda e biotita retrometamórficas. Textura inequigranular seriada, podendo apresentar microestruturas nematoblástica e lepidoblástica. Minerais opacos, titanita, apatita e zircão como acessórios. Granulitos máficos compostos por plagioclásio, hornblenda, clinopiroxênio, ortopiroxênio e granada, com estrutura granoblástica e plagioclásio maclado e opacos, apatita e zircão como acessórios. Granulito ultramáfico composto por ortopiroxênio, clinopiroxênio, anfibólio, hercinita e clorita magnésiana	Fácies Granulito

2.2.1 Embasamento Paleoproterozóico

2.2.1.1 Complexo Juiz de Fora

O Complexo Juiz de Fora foi formalmente caracterizado por Campos Neto & Figueiredo (1990). Compreende uma extensa faixa encurvada com orientação preferencial NE-SW que se estende desde o leste do Estado de São Paulo até a região de Governador Valadares, no leste de Minas Gerais (Peres 2000). Segundo Gradim *etal.* (2011), na região estudada, ocorre principalmente como escamas tectônicas intercaladas ao Grupo Andrelândia e ao Complexo Mantiqueira.

O litotipo característico dessa unidade é um gnaisse enderbítico de tonalidade esverdeada, com granulação média, bandamento centimétrico e intercalações máficas. Estão presentes também bandas charnockíticas e granulitos na forma de lentes e boudins (Noce *et al.* 2007, Gradim *et al.* 2011). Os ortognaissees com composição enderbítica e charnockítica formam uma suíte cálcio-alcalina de natureza juvenil e as lentes de granulito podem ser consideradas como rochas toleíticas de baixo teor potássico, características de arco de ilha e assoalho oceânico (Figueiredo & Teixeira 1996, Fischel *etal.* 1998, Duarte 1998, Costa 1998). Noce *etal.* (2007) consideram que as rochas do Complexo Juiz de Fora teriam formado um arco de ilhas, resultado da subducção intra-oceânica no Paleoproterozóico, para então se tornar embasamento do Orógeno Araçuaí.

Com relação ao metamorfismo, alguns trabalhos sugerem que os ortognaissees e metabasitos do Complexo Juiz de Fora foram metamorfizados em fácies granulito, com metamorfismo retrógrado marcado pela formação de hornblenda e biotita a partir da alteração de piroxênio (Heilbron 1993 e 1995). Segundo Costa *etal.* (1995) e Duarte *etal.* 1997, 1999) a paragênese mineral característica de fácies granulito, formada por ortopiroxênio e plagioclásio com quantidades variáveis de clinopiroxênio e hornblenda, teria sido formada em um primeiro evento tectônico anterior à formação da foliação regional brasileira.

Idades U-Pb disponíveis para os gnaisses de fácies granulito e para uma rocha máfica de composição gabro-diorítica, caem no intervalo 2134-2084 Ma (Noce *et al.* 2007).

2.2.1.2 Complexo Mantiqueira

O Complexo Mantiqueira foi primeiramente definido por Barbosa (1954 *in* Peres *etal.* 2004) como sendo uma unidade composta por gnaisses com foliação sub-horizontal. Trata-se de uma “faixa encurvada com a concavidade voltada para o Cráton São Francisco” (Campos-Neto & Figueiredo 1990, Fischel 1998), localizada a leste e sudeste do Quadrilátero Ferrífero em uma zona de transição entre o cráton e o “Cinturão Ribeira”.

A litologia predominante desta unidade é um anfibólio-biotita ortognaisse bandado de composição granodiorítica a granítica e migmatizado em diferentes níveis. O bandamento é definido pela intercalação de bandas félsicas (quartzo-feldspáticas) e máficas (ricas em biotita e hornblenda). A mineralogia predominante é composta por quartzo, plagioclásio, biotita, microclina e hornblenda e os acessórios mais comuns são zircão, apatita, titanita, allanita e minerais opacos (Gradimetal. 2011).

Os corpos anfibolíticos ocorrem em bandas ou na forma de boudins intercalados no ortognaisse. O ortoanfibolito mais comum é bandado e/ou foliado com mineralogia composta por hornblenda, plagioclásio cálcico, titanita e biotita (Gradimetal.2011).

Idades U-Pb para a cristalização magmática dos gnaisses Mantiqueira variam entre 2180 e 2041 Ma (Noce *et al.* 2007).

2.2.2 Unidades Neoproterozoicas

2.2.2.1 Grupo Dom Silvério

O Grupo Dom Silvério, foco desse TCC, foi descrito pela primeira vez a leste do Quadrilátero Ferrífero por Lima *etal.* (1973 *in* Peres 2000) como uma associação metavulcanossedimentar composta por xistos quartzosos e muscovíticos intercalados com quartzitos de espessura variável. Estudos posteriores descreveram o Grupo Dom Silvério apenas como uma sequência de xistos com quartzitos subordinados (Raposo 1991). Já Brandalise (1991) subdividiu o Grupo Dom Silvério em diferentes unidades com base em observação de campo. A unidade 1 é composta por biotita anfibolitos, granada mica-xistos, tremolitos e rochas calcissilicáticas. A unidade 2 é composta por mica-xistos, muscovita quartzitos, muscovita-quartzo xisto, magnetita quartzitos, rochas calcissilicáticas, gonditos, mármore, biotita anfibolitos, formação ferrífera e biotitas gnaisses laminado. A unidade 3 abrange muscovita

quartzitos e muscovita-quartzo xistos. Através de análises químicas, Brandalise (1991) ainda classificou as rochas anfibolíticas como toleíticas de ambiente de ilha oceânica. Jordt-Evangelista (1992) e Dürkop *etal.* (1997) classificam essas rochas como sendo de origem marinha, associadas a rochas metaígneas.

Peres (2000) afirma que na região a ser estudada, a porção basal do Dom Silvério é composta por um hornblenda xisto sucedido bruscamente por uma sucessão pelítica a psamo-pelítica composta por biotita xistos, mica xistos, granada-biotita xistos, cianita-grafita-mica-quartzo xistos, grafita-mica xistos, mica-quartzo xistos, além de sericita quartzitos (Gradim *etal.* 2011). Dos litotipos acima citados, o mais abundante é o granada-biotita xisto, com quantidades variáveis de quartzo, com granulação média a grossa e foliação bem marcada (Gradim *etal.* 2011). Cálculos geotermobarométricos indicam que as rochas foram submetidas a metamorfismo de fácies anfibolito (Jordt-Evangelista & Roeser 1988, Peres 2000).

Dados geocronológicos U-Pb de grãos de zircão, extraídos de uma amostra de hornblenda xisto, indicam uma idade de cristalização magmática em torno de 627 Ma para o protólito máfico deste xisto (Gradim *etal.* 2011).

2.2.2.2 Grupo Andrelândia

A primeira definição do Grupo Andrelândia indica tratar-se de uma sequência metassedimentar e metaígneia máfica localizada a sul-sudeste do Cráton São Francisco (Ebert 1956, 1958 *in* Noce *etal.* 2007).

Segundo Heilbron *etal.* (2004), o Grupo Andrelândia é uma sequência neoproterozóica, depositada em ambientes de rifte a margem passiva, com contribuição de arco e retroarco, metamorfizada em fácies anfibolito médio a granulito e subdivididas em duas sequências: Carrancas e Serra do Turvo. A primeira é composta predominantemente por paragneisses bandados, intercalados com anfibolitos e quartzitos. Já a sequência Serra do Turvo é formada por uma sucessão de biotita xistos e gnaisses, com intercalação de rochas calcissilicáticas, gonditos e anfibolitos, metamorfizadas em fácies anfibolito e granulito.

Noce *etal.* (2006) mantém a divisão proposta por Heilbron *etal.* (2004), já Pedrosa-Soares *etal.* (2007) incluem porções do Grupo Andrelândia na associação arco-antearco-embasamento do Orógeno Araçuáí.

De acordo com Gradim *et al.* (2011), a idade do Grupo Andrelândia na região de Jequeri-Viçosa fica entre 575 Ma (idade do metamorfismo) e ca. 600 Ma (idade do zircão detrítico mais jovem), e representaria uma bacia de antearco.

2.2.2.3 Anfibolito Santo Antônio do Grama

A unidade Anfibolito Santo Antônio do Grama foi caracterizada por Brandalise (1991) como um conjunto de corpos anfibolíticos, de dimensões quilométricas, alinhados aproximadamente segundo a direção NNE-SSW e que se destacam no relevo.

Trata-se de corpos cinza-esverdeados a negros, ricos em plagioclásio e hornblenda (\pm clinopiroxênio, quartzo e titanita), com granulação média a grossa, foliação bem marcada, metamorfizados em fácies anfibolito (Queiroga 2010, Gradim 2012).

Datações U-Pb em zircão indicam que a idade de cristalização magmática do Anfibolito Santo Antônio do Grama é ca. 600 Ma e seu metamorfismo regional teve lugar em ca. 575 Ma (Queiroga 2010).

2.2.2.4 Suíte Pegmatítica Paula Cândido

A Suíte Paula Cândido, de acordo com Gradimetal. (2011), ocorre na porção sudoeste da Folha Viçosa 1:100.000, incluindo rochas leucocráticas de granulação grossa a muito grossa, compostas por feldspato potássico, quartzo, muscovita, biotita e escassas turmalinas. Os pegmatitos se encontram na forma de stocks, diques, veios em contato com o Complexo Mantiqueira. É possível observar fraturas, mas não foliações. Também não existem dados geocronológicos para essa suíte, mas interpreta-se como sendo de idade ediacarana a cambriana, similar ao que acontece com as demais suítes pegmatíticas do Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares et al. 2011).

2.2.2.5 Hidrotermalitos

Fortemente ligados às zonas de cisalhamento de Ponte Nova e Abre Campo, ocorrem de maneira pontual até dimensões quilométricas, alongados na direção da foliação dessas zonas de cisalhamento e podendo apresentar foliação e fraturas (Gradimetal. 2011). Possuem composição quartzosa na Zona de Cisalhamento de Abre Campo, com mica e feldspatos como acessórios. Já na Zona de Cisalhamento de Ponte Nova é composto essencialmente por quartzo, hematita e magnetita (Gradimetal. 2011).

2.2.2.6 Diques máficos

Esses corpos cortam todas as unidades acima descritas, encaixados em estruturas rúpteis e orientados nas direções N-S, NE-SW e NW-SE. São diques de diabásio compostos por cristais de plagioclásio maclado, clinopiroxênio e opacos como acessório. A granulação varia de fina a muito fina, da borda para o centro dos corpos, mas os mesmos não apresentam nenhuma evidência de metamorfismo (Gradim *etal.* 2011).

2.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL

Segundo Gradim *etal.* (2011) e Gradim (2012), as estruturas presentes na região indicam a atuação de três fases deformacionais dúcteis, relacionadas ao evento Brasileiro, e uma rúptil tardia. Alguns autores, como Noce *etal.* (2007) e Heilbron *etal.* (2004), citam uma fase anterior de deformação reconhecida na região. Essa deformação pré-Brasileira teria afetado rochas dos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora, porém suas estruturas não são possíveis de serem reconhecidas na região devido ao forte registro da tectônica brasileira (Gradim 2012).

A deformação Brasileira imprimiu estruturas em todas as unidades pré-cambrianas da região e, em escala regional, representa a fase de maior encurtamento crustal seguido de escape lateral, sendo responsável também pela compartimentação tectônica da faixa orogênica neoproterozóica (Heilbron *etal.* 2004, Alkmim *etal.* 2006, Noce *etal.* 2007).

A fase D1 indica vergência de transporte de sul para norte e é representada por uma foliação (S1), uma lineação de estiramento mineral (L1) e dobras intrafoliais, identificadas em rochas do Complexo Mantiqueira e Grupo Dom Silvério (Gradim *etal.* 2011, Gradim 2012). A foliação S1 é uma foliação de baixo ângulo marcada principalmente por uma orientação preferencial de minerais constituintes de tramas lepidoblásticas e nematoblásticas, ribbons de quartzo e porfiroclastos de feldspatos (Gradim 2012). A lineação L1 está contida em S1 e é marcada por grãos estirados de quartzo, mica, feldspato e anfibólio. Já as dobras intrafoliais, apesar de serem identificadas, são raras, apresentando-se bastante obliteradas e com flancos rompidos (Gradim 2012).

A fase D2 imprime vergência para oeste e suas evidências estão restritas à porção central da área de Jequeri-Viçosa, estando presentes em rochas do Complexo Mantiqueira e do Grupo Dom Silvério. A foliação (S2) possui baixo ângulo de mergulho para leste e é marcada por uma orientação preferencial de mica, anfibólio e quartzo. A lineação de estiramento mineral (L2) é definida por grãos alongados de quartzo mica e feldspato. Além disso, se encontram dobras (D2) desenvolvidas sobre a foliação S1 ou sobre o bandamento composicional paralelo à essa foliação.

A terceira fase deformacional (D3) dá continuidade ao encurtamento crustal iniciado pelas deformações anteriores, provocando escape lateral de massa, materializado nas zonas de cisalhamento regionais NNE - SSW (Noce *etal.* 2003,2007; Alkmim *etal.* 2006, Gradim 2012). A principal zona de cisalhamento é a Zona de Cisalhamento de Abre Campo, uma complexa, espessa e intensa faixa de cisalhamento, caracterizando um domínio estrutural muito distinto dos demais (Gradim 2012). Essa fase de deformação dúctil resultou em uma foliação (S3) de elevado ângulo de mergulho para leste e caráter milonítico. Está presente principalmente em rochas dos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora. A lineação L3 é marcada por grãos alongados de quartzo, mica e anfibólio. Dobras D3 são frequentes e semelhantes às dobras D2, sendo mais evidentes em paragneisses.

Já a deformação rúptil é marcada por fraturas relacionadas à uma tectônica Mesozóico-Cenozóica devido à abertura do Oceano Atlântico e ao seguinte reajustamento isostático (Gradim 2012). Suas principais estruturas são lineamentos marcantes de direção NE-SW (Gradimetal. 2011, Gradim 2012) e o horst da Serra de Boa Vista, uma estrutura tectônica Cenozóica, com a mesma direção dos lineamentos, localizada na porção oeste da Folha Viçosa 1:100.000 (Noce *etal.* 2003). As fraturas não possuem uma orientação preferencial dominante, mas, em geral, possuem mergulhos altos e espaçamento milimétricos a centimétricos. Apesar de o processo de fraturamento ser homogêneo na região, as fraturas são mais frequentes em rochas de granulação mais fina, melanocráticas ou máficas (Gradim 2012).

2.4 METAMORFISMO

Segundo Gradim (2012), o metamorfismo atuante na região ocorre de maneira crescente de oeste para leste, indo da fácies anfíbolito a granulito, respectivamente. O limite entre elas é marcado pela Descontinuidade de Abre Campo (Fischel 1998).

Na porção oeste da área, a unidade que apresenta metamorfismo de mais baixo grau é o Grupo Dom Silvério, com fácies anfíbolito evidenciada pela paragênese composta por quartzo, mica, almandina, estauroлита e cianita (Gradim 2012).

O ortogneisse Mantiqueira apresenta feições características de processos anatéticos de fácies anfíbolito, devido a fortes evidências de migmatização, atingindo taxas elevadas de fusão parcial (Gradim 2012).

Os anfíbolitos do Complexo Mantiqueira foram submetidos à metamorfismo de fácies anfíbolito alto e possuem paragênese formada por plagioclásio, hornblenda marrom-esverdeada e clinopiroxênio, podendo conter granada ou não (Gradim *et al.* 2011). O mesmo acontece com

os anfibolitos Pedra Preta e Santo Antônio do Grama, que também apresentam feições de fusão parcial (Queiroga 2010, Gradim *et al.* 2011).

O Complexo Juiz de Fora apresenta ortognaisses enderbíticos a charnockíticos contendo associação mineral composta por plagioclásio, quartzo, hiperstênio, clinopiroxênio e feldspato potássico, caracterizando fácies granulito (Noce *et al.* 2007, Gradim *et al.* 2011).

O Grupo Andrelândia possui evidências de metamorfismo de transição de fácies anfibolito-granulito. Sua paragênese mineral é composta por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, granada, biotita e porções variáveis de silimanita. Além disso é rico em leucossoma devido ao intenso processo de fusão parcial (Gradim 2012).

CAPÍTULO 3

PETROGRAFIA E ANÁLISE QUALITATIVA DO METAMORFISMO

Este item engloba a descrição macroscópica de 3 amostras de mão de granofels e gnaiss calcissilicáticos pertencentes ao Grupo Dom Silvério, representando os três litotipos característicos descritos: um granofels calcissilicático (*amostra 74 D*), um gnaiss calcissilicático (*amostra 103*) e umarocha rica em diopsídio, que de acordo com as regras de nomenclatura de rochas metamórficas publicadas por Fettes & Desmons (2007) deve ser classificada como um diopsidito ou diopsídio granofels (*amostra 142*). Além da descrição macroscópica, foi realizada nesse item uma caracterização microscópica das lâminas correspondentes às amostras de mão e, para complementar os dados e enriquecer as descrições, foram analisadas mais 37 lâminas pertencentes ao acervo da professora Hanna Jordt-Evangelista. A localização das amostras de mão, assim como das lâminas delgadas, encontra-se na Figura 3.1. A descrição aqui realizada analisa a paragênese mineral (com mineralogia e composição modal), assim como as microestruturas presentes. Uma caracterização qualitativa do metamorfismo também é apresentada ao final de cada descrição. Uma síntese das descrições microscópicas encontra-se na Tabela 3.1 no fim do capítulo.

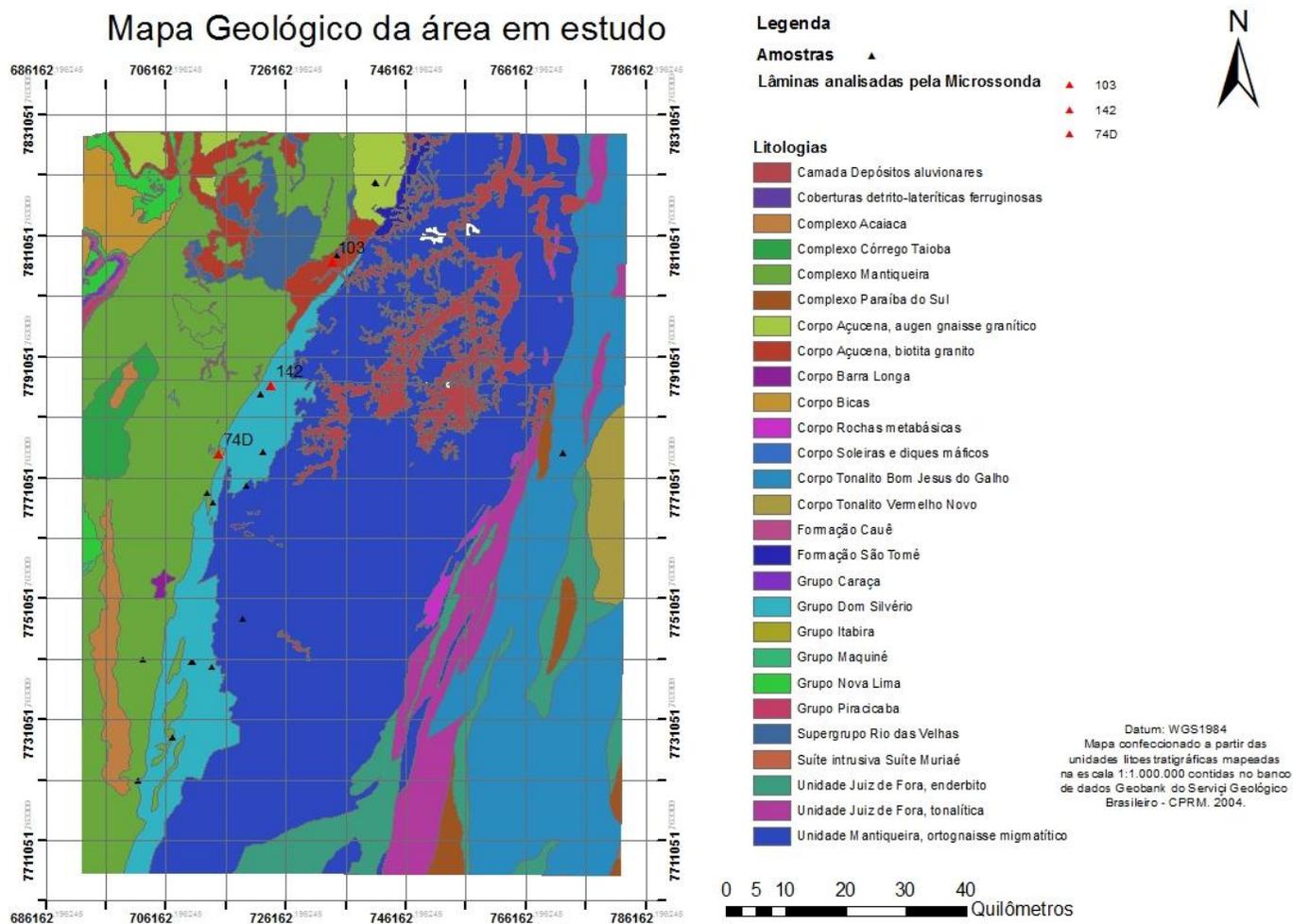


Figura 3.1- Mapa geológico da área de estudo localizando as amostras estudadas, especificando as que foram submetidas a análise por microsonda eletrônica (sinalizadas com um triângulo laranja). Compilação a partir de mapas da CPRM (2004).

3.1 GRANOFELS

Este litotipo corresponde à amostra de mão 74D, assim como sua lâmina correspondente e à maioria das demais lâminas descritas (ver descrição detalhada na tabela 3.1). Está localizada na porção centro-oeste do mapa da Figura 3.1. Macroscopicamente pode ser descrita como uma rocha inequigranular seriada, de granulação fina a média, maciça, mostrando um bandamento pouco pronunciado onde há uma maior concentração de feldspato (Figura 3.2). Compõem-se predominantemente de piroxênio, com quartzo, feldspatos e granada subordinados.



Figura 3.2- Granofels aflorante na porção centro-oeste da área de estudo (Ponto 74D, coordenadas 714800/7774700).

Ao microscópio trata-se de uma amostra com microestrutura granoblástica, composta por diopsídio (40-30%), quartzo (35 -25%), clinzoisita (15-10%), granada (10-7%), plagioclásio (8-5%), titanita (3-1%) e clino-anfibólio (tremolita; 3-1%) (Figuras 3.3 A e B). Apresenta um bandamento incipiente marcado por banda composta por clinopiroxênio, quartzo e anfibólio intersticial alternada com banda composta por quartzo, clinzoisita e granada. Sendo assim, trata-se de um plagioclásio-granada-clinzoisita-quartzo-diopsídio granofels.

A análise qualitativa do metamorfismo, a partir da paragênese descrita acima, indica fácies anfibolito. A presença de diopsídio nessa paragênese é típico dessa fácies, entretanto, a presença de epidoto indica tratar-se de fácies anfibolito inferior visto que este mineral fica instável a temperaturas compatíveis com a fácies anfibolito superior (Yardley 2004).

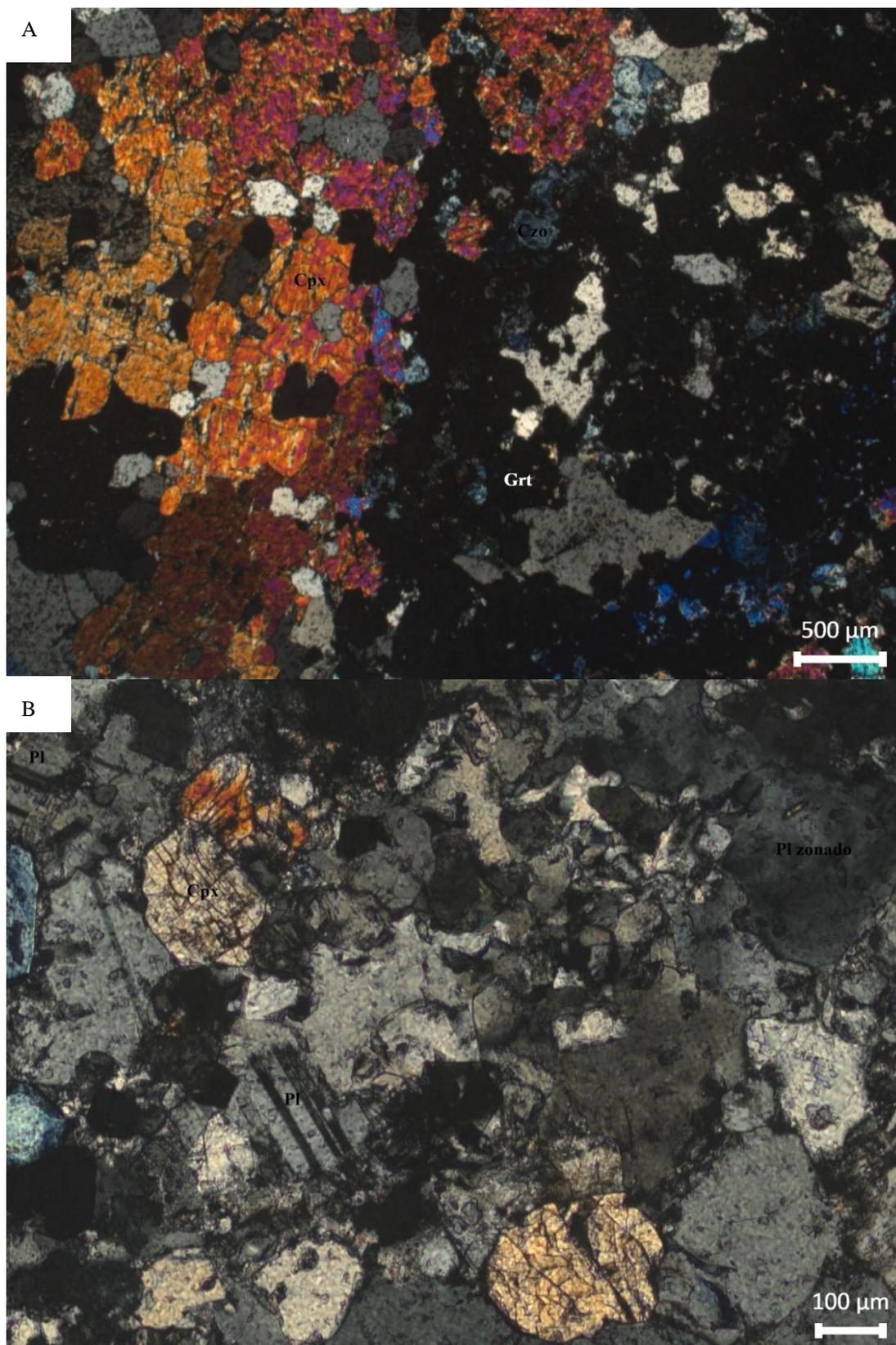


Figura 3.3- Fotomicrografias do granofels sob luz transmitida. A) Associação clinopiroxênio+clinozoisita+granada num arranjo granoblástico. (B) clinopiroxênio+plagioclásio zonado num arranjo granoblástico. Cpx= clinopiroxênio, Grt= granada, Czo= clinozoisita, Pl= plagioclásio.

3.2 GNAISSE

Esse litotipo é representado pela amostra 103, localizada na porção noroeste do mapa da Figura 3.1 e pelas lâminas A4-097 e 103. Trata-se de uma rocha com bandamento gnáissico milimétrico a centimétrico, composta por piroxênio/anfibólio (40%), quartzo (50%) e feldspato(10%) (Figura 3.4).

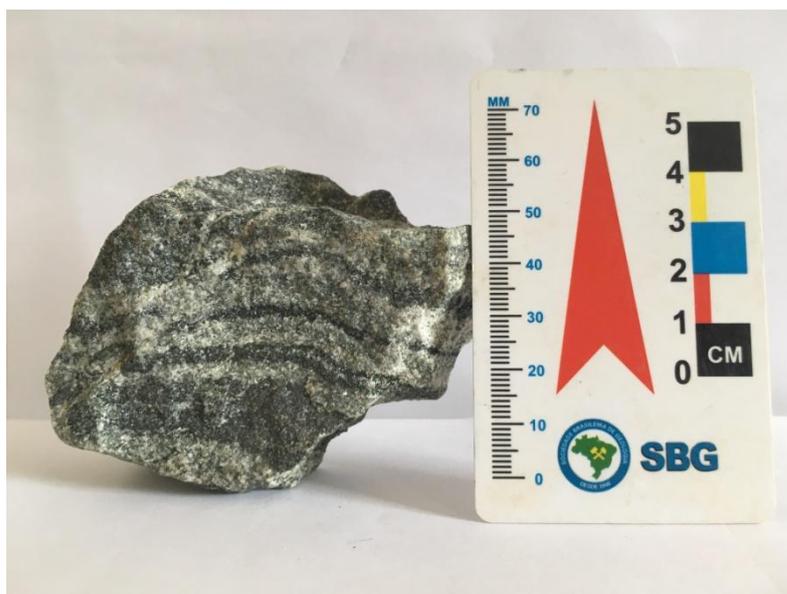


Figura 3.4 - Gnaiss aflorante na porção noroeste do mapa da Figura 3.1 (Ponto 103, coordenadas 734000/7806000).

Ao microscópio, a rocha é composta por quartzo (40-50%), clino-anfibólios verdeado (20-25%), epidoto (7-10%), diopsídio (5-10%), plagioclásio (5-8%), microclina (3-5%) e titanita (3-5%), podendo aparecer também clinozoisita e carbonato (10-5%) como acessórios comuns. Apresenta granulação variável de fina a média, com grãos variando de anédricos a subédricos, microestrutura granoblástica e bandamento gnáissico bem marcado.

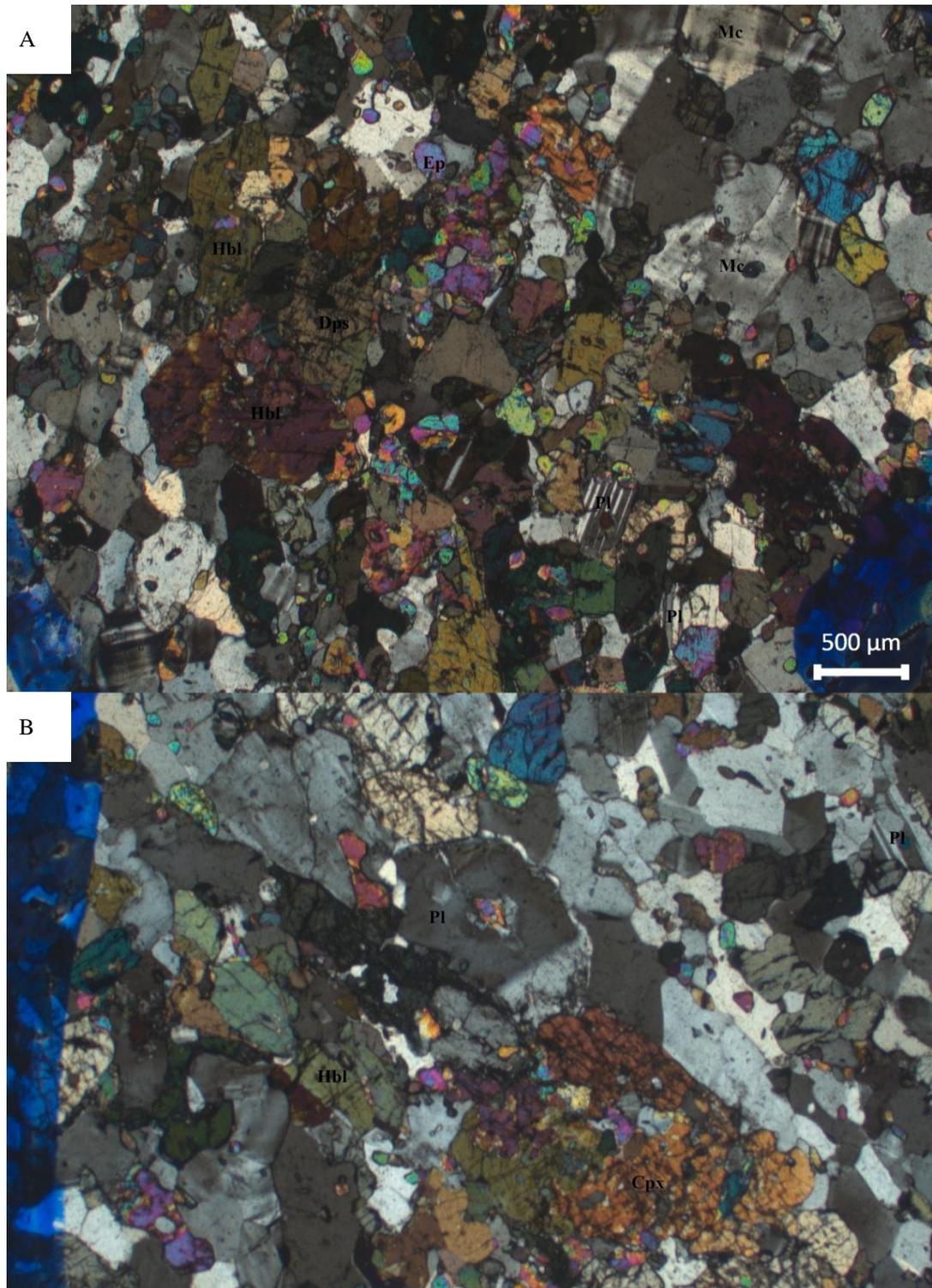


Figura 3.5 - Fotomicrografias do gnaiss sob luz transmitida evidenciando (A) e (B) a paragénese hornblenda+plagioclásio+diopsídio+microclina+epidoto num arranjo granoblástico. Hbl=hornblenda, Dps=diopsídio, Mc=microclina, Ep=epidoto, Pl= plagioclásio, Cpx=clinopiroxênio.

O quartzo se encontra sob a forma de grãos anédricos, com contatos interlobados a poligonal e com extinção ondulante. O plagioclásio apresenta grãos com maclas polissintética e

alguns são zonados, com extinção concêntrica (Figura 3.5 B). Os cristais de microclina apresentam as típicas maclas em grade. O clino-anfibólio apresenta pleocroísmo em tons de verde-verde oliva (e por isso é chamado aqui de hornblenda) e, em alguns casos, aparece substituindo o diopsídio.

A paragênese mineral em equilíbrio nessa amostra (quartzo + clino-anfibólio esverdeado + diopsídio + plagioclásio + microclina + epidoto) indica fácies anfibolito baixo, derivada de um protólito calcissilicático.

3.3 DIOPSIDITO

Esse litotipo corresponde à amostra de mão 142, à sua lâmina e à lâmina A5-006. Está localizada na porção noroeste do mapa da Figura 3.1. Trata-se de uma rocha de cor verde, granulação predominantemente fina, maciça, sendo possível distinguir, macroscopicamente, apenas pequenos cristais de piroxênio e quartzo (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Diopsidito aflorante na porção noroeste do mapa da Figura 3.1 (Ponto 142, coordenadas 723500/7786200).

Ao microscópio, trata-se de uma rocha composta em sua maioria por diopsídio (80-60%), clino-anfibólio (25-10%) e quartzo (5-10) (Figuras 3.7 A e B). Sua granulação varia de fina a média, com grãos anédricos a subédricos arranjados num mosaico granoblástico. O clino-anfibólio apresenta-se levemente esverdeado (tratado aqui como honblenda), aparecendo algumas vezes em grãos alongados. O quartzo aparece muitas vezes como intersticial.

A análise qualitativa do metamorfismo indica fácies anfibolito.

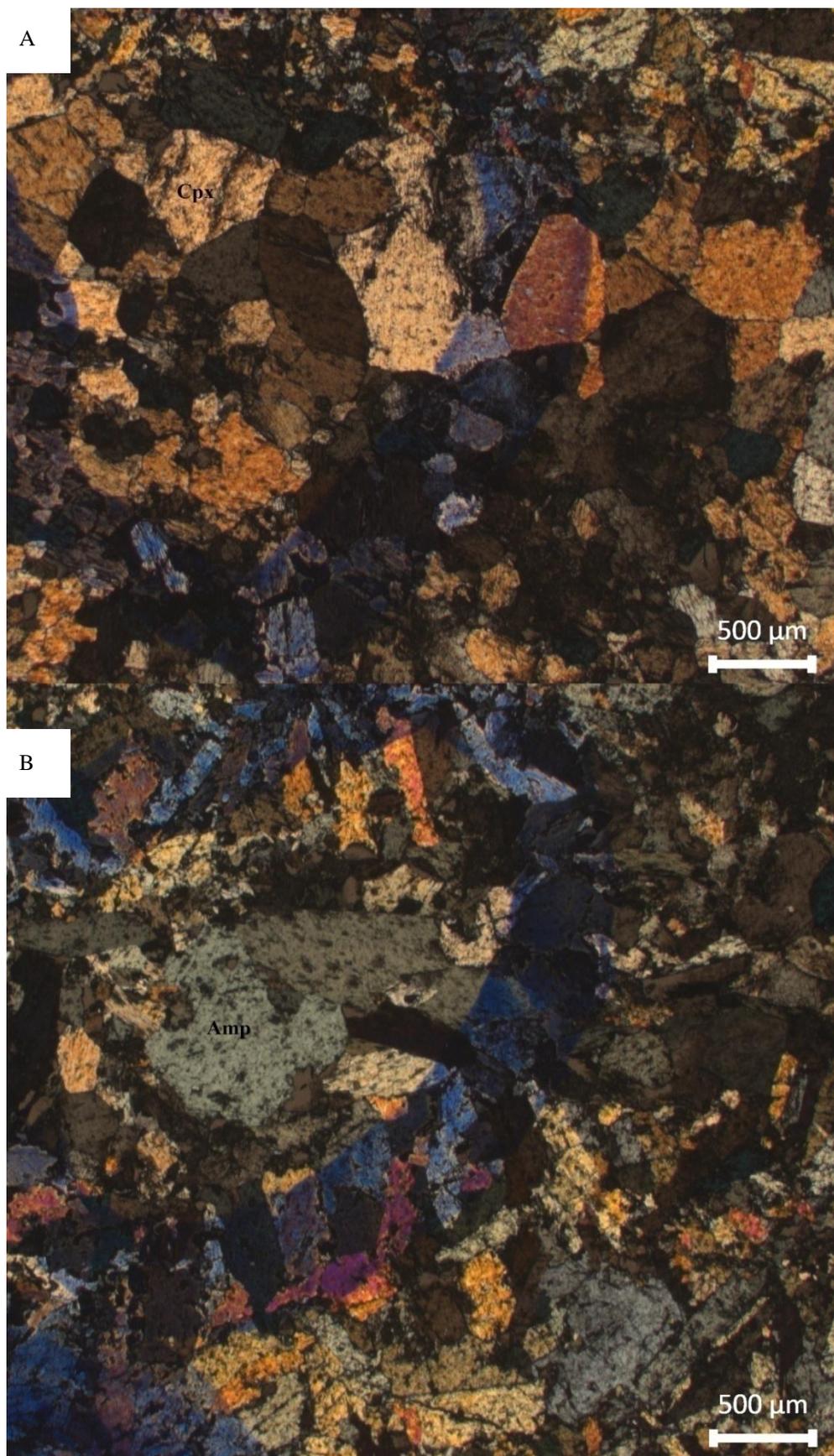


Figura 3.7 - Fotomicrografias do diopsidito evidenciando os cristais de (A) clinopiroxênio e (B) anfibólio num arranjo granoblástico. Cpx = clinopiroxênio e Amp = anfibólio.

Tabela 3.1- Descrição microscópica das amostras estudadas.

Lâmina	Litotipo	Descrição Microscópica		
		Minerais principais	Minerais acessórios e de alteração	Descrição
A4 - 085	Quartzo-magnetita-anfibólio granofels	Anfibólio (40%), magnetita (35%) e quartzo(25%).	-----	O anfibólio é verde claro, biaxial negativo, com maclas polissintéticas. Os grãos são equigranulares, euédricos a subédricos, e possui textura granoblástica.
A4 - 086	Magnetita- piroxênio - anfibólio- quartzo granofels	Quartzo (60%), anfibólio (10%), clinopiroxênio (10%),biotita (5%).	Magnetita (12%) e apatita (3%)	O anfibólio é verde claro, biaxial positivo. Os grãos são euédricos a subédricos, possui textura granoblástica e alguns cristais de biotita se encontram alongados.
A4 - 095	Quartzo-clorita-tremolita granofels	Tremolita(40%), clorita(30%), quartzo(15%)	Opaco(5%)	Rocha com grãos equigranulares, euédricos a subédricos, e possui textura granoblástica.
A4 - 097	Gnaisse	Quartzo (40%), diopsídio(10%), plagioclásio (5%), microclina(5%), epidoto (3%), Hornblenda (25%)	Apatita (8%), titanita(3%), opacos (1%)	A rocha é inequigranular, granoblástica e com bandamento gnáissico. O plagioclásio possui extinção concêntrica.
A5 - 005	Hornblenda-diopsídio-epidoto granofels	Hornblenda (50%), clinopiroxênio (20%), quartzo (15%),epidoto(8%).	Zircão(3%), apatita(3%), opacos(1%)	Granulação variando de fina a média, com grãos anédricos a subédricos. A honblenda apresenta pleocroísmo característico em tons de verde – verde oliva, aparecendo algumas vezes em grãos alongados. O quartzo aparece muitas vezes como intersticial
A5 - 006	Piroxênio granofels	Clinopiroxênio (60%), clino-anfibólio (30%), quartzo (10%)		Rocha inequigranular, granulação variando de fina a média, com grãos subédricos a anédricos, e textura granoblástica
A5 - 007	Titanita -actinolita - diopsídio granofels	Diopsídio (55%), actinolita (30%)	Titanita (10%), zircão(4%), opacos (1%)	Rocha equigranular, granoblástica, com grãos anédricos a subédricos.
A5 - 010	Granada -cumingtonita granofels	Cumingtonita (45%), granada (30%), epidoto (20%), apatita (5%)		Rocha equigranular, granoblástica, com grãos anédricos a subédricos.

Tabela 3.1- (continuação)- Descrição microscópica das amostras estudadas

Lâmina	Litotipo	Descrição Microscópica		
		Minerais principais	Minerais acessórios e de alteração	Descrição
A5 - 012	Granada granofels	Granada (60%), quartzo(25%), plagioclásio(15%)		Quartzo com subgrão e extinção ondulante.
A5 - 013	Anfibólio-granada granofels	Granada(60%), anfibólio (40%)		Granada com inclusões, grãos anédricos e inequigranulares.
A5 - 016	Cumingtonita granofels	Cumingtonita (40%), granada (20%), plagioclásio(15%),quartzo(10%)	Zircão(8%) e titanita(7%)	Granada esqueletiforme e plagioclásio zonado
A5 - 018	Quartzo-granada granofels	Granada (45%), quartzo(30%)	Zircão(10%) e titanita(15%)	Granada com inclusões, grãos anédricos e inequigranulares.
A5 - 025	Diopsídio-granada-clinozoisita granofels	Clinozoisita(40%),diopsídio(28%), quartzo (19%), granada (8%).	Titanita (2%),actinolita (3%)	Rocha inequigranular seriada com textura granoblástica. Possível perceber um bandamento marcado por uma banda composta por quartzo, clinopiroxênio e anfibólio intersticial e a outra por quartzo, clinozoisita e granada.
A5 - 030	Plagioclásio -quartzo-granada granofels	Granada (60%), plagioclásio(15%), quartzo (10%), epidoto(5%), anfibólio (3%)		A rocha é formada praticamente por granada, o plagioclásio se encontra alterado.
A5 - 040	Anfibólio-granada-quartzo granofels	Granada (25%), quartzo (40%), anfibólio (15%)	Titanita (10%), Opaco (10%)	Granulação fina, com grãos inequigranulares e textura granoblástica.
A5 - 041	Anfibólio - quartzo-granada granofels	Granada(40%), anfibólio (20%), quartzo(25%), biotita(5%)	Apatita(3%), titanita(7%)	Granulação fina, com grãos inequigranulares e textura granoblástica.

Tabela 3.1- (continuação)- Descrição microscópica das amostras estudadas

Lâmina	Litotipo	Descrição Microscópica		
		Minerais principais	Minerais acessórios e de alteração	Descrição
A5 - 042	Anfibólio - quartzo Granada granofels	Granada (54%), quartzo (20%), anfibólio (15%) plagioclásio (7%)	Apatita (4%)	Granada em grãos médios e os demais em grãos finos, inequigranulares.
A5 - 045	Titanita-quartzo - tremolita/actinolita- diopsídio granofels	Tremolita (20%), diopsídio(30%), quartzo (15%), carbonato(5%), granada(8%), plagioclásio(3%)	Apatita(5%), zircão(4%) e titanita(10%)	Granulação fina a média, com textura granoblástica.
A5 - 050	Granada-quartzo- cummingtonita granofels	Granada (20%), quartzo (38%), cummingtonita (42%)		Inequigranular seriada, com textura granoblástica.
A5 - 051	Quartzo -granada granofels	Granada(40%), anfibólio (12%), quartzo(30%)	Apatita(8%)	Quartzo apresenta extinção ondulante. Grãos anédricos a subédricos.
A5 - 052	Clorita-luartzo -granada granofels	Granada(40%), quartzo(30%), clorita(15%), anfibólio(8%)	Apatita(7%)	Granada com inclusões, grãos anédricos e inequigranulares.
A5 - 060	Quartzo-diopsídio- tremolita granofels	Quartzo (15%), diopsídio(30%), tremolita(40%)	Apatita(8%), zircão(4%), opacos(3%)	Granada com inclusões, grãos anédricos e inequigranulares.
A5 - 071	Tremolita/actinolita- diopsídio granofels	Diopsídio (40%), quartzo (30%), plagioclásio (2%)	Anfibólio (25%), apatita (3%), escapolita (?).	Rocha inequigranular, granoblástica. Clinopiroxênio sendo substituído por anfibólio. Quartzo apresenta subgrão e forte extinção ondulante.
A5 - 097	Hornblenda-diopsídio- epidoto granofels	Anfibólio (15%), diopsídio (20%), epidoto (25%),clinozoisita(10%), quartzo (10%), plagioclásio(5%)	Apatita(6%) e titanita (9%)	Rocha inequigranular com textura granomatoblástica.
A6 - 021	Diopsídio-tremolita granofels	Diopsídio (25%), tremolita (35%), epidoto(15%), biotita (5%), carbonato (3%).	Zircão (8%), apatita (7%) opaco (2%).	Rocha inequigranular, granoblástica. Clinopiroxênio sendo substituído por anfibólio. Quartzo apresenta subgrão e forte extinção ondulante.

Tabela 3.1-(continuação) Descrição macroscópica das amostras estudadas.

Lâmina	Litotipo	Descrição Microscópica		
		Minerais principais	Minerais acessórios e de alteração	Descrição
A6 - 022	Diopsídio-tremolita granofels	Diopsídio (40%), tremolita(30%), carbonato(15%)	Zircão(8%), apatita(7%)	Rocha inequigranular com textura granonematoblástica.
A6 - 023	Diopsídio-hornblenda granofels	Hornblenda (45%), carbonato(5%), diopsídio (35%),	Apatita(7%) e zircão(8%).	Rocha inequigranular com textura granonematoblástica.
A6 - 029	Hornblenda - Diopsídio - Epidoto- quartzo granofels	Quartzo (30%), clinzoisita(23%), diopsídio (18%), hornblenda (15%), epidoto (8%).	Allanita(4%) e actinolita (2%).	Rocha inequigranular com textura granonematoblástica. Allanita possui macla e a actinolita vai substituindo a hornblenda.
A6 - 031	Hornblenda granofels	Hornblenda(35%), quartzo (5%), biotita (12%), epidoto(10%)		Rocha inequigranular com textura granonematoblástica.
A6 - 038	Actinolita-diopsídio-carbonato-epidoto-quartzo granofels	Actinolita(8%), diopsídio, (12%), carbonato(15%),epidoto(25%), plagioclásio(5%), quartzo(30%),	Titanita(3%), opacos (2%).	Rocha inequigranular, granoblástica. Clinopiroxênio sendo substituído por anfibólio. Quartzo apresenta subgrão e forte extinção ondulante.
A6 - 092	Quartzo-turmalina granofels	Turmalina(40%), quartzo (30%) anfibólio (20%)	Opacos (10%)	Grãos de turmalina atingindo granulação média a grossa. Anfibólio e quartzo em grãos finos a muito finos e inequigranulares.
A6 - 093	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	Biotita(20%), piroxênio(25%),anfibólio(30%), carbonato(10%), plagioclásio (7%),	Titanita(5%), zircão(3%), apatita(2%)	Granulação fina a média, grãos inequigranulares,e textura granoblástica de praticamente todos os grãos. As micas não se encontram orientadas resultando em textura decussada.
A6 - 094	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	Anfibólio (25%) piroxênio (20%), biotita (20%), carbonato (15%), plagioclásio (8%)	Titanita (3%), zircão (3%), apatita (3%), clorita (3%)	Granulação fina a média, grãos inequigranulares,e textura granoblástica de praticamente todos os grãos. As micas não se encontram orientadas resultando em textura decussada.

Tabela 3.1-(continuação) Descrição microscópica das amostras estudadas.

Lâmina	Litotipo	Descrição Microscópica		
		Minerais principais	Minerais acessórios e de alteração	Descrição
A6 - 095	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	Anfibólio (30%), piroxênio (25%), biotita (15%), carbonato (10%), plagioclásio (8%)	Titanita (3%), zircão (3%), apatita (3%), clorita (3%)	Granulação fina a média, grãos inequigranulares, e textura granoblástica de praticamente todos os grãos. As micas não se encontram orientadas resultando em textura decussada.
A6 - 096	Plagioclásio-carbonato-biotita-piroxênio-anfibólio granofels	Biotita (10%), piroxênio(25%), anfibólio (30%), carbonato (7%), plagioclásio (5%), clinozoisita (3%)	Titanita (8%), zircão (5%), clorita (5-7%)	Granulação fina a média, grãos inequigranulares, e textura granoblástica de praticamente todos os grãos. As micas não se encontram orientadas resultando em textura decussada. As biotitas possuem coloração pálida, a clinozoisita se encontra zonada.
A7 - 001	Quartzo-piroxênio-anfibólio-mica granofels	Piroxênio (15%), anfibólio (20%), plagioclásio (10%), biotita (30%), quartzo (8%), carbonato (5%)	Clorita (5%), zircão(3%), titanita (4%)	O plagioclásio se encontra-se zonado, a biotita aparece parcialmente cloritizada. A textura é inequigranular como uma fraca orientação perceptível na biotita.
103	Gnaisse	Quartzo (35%), hornblenda(25%), diopsídio(10%), plagioclásio (5%), microclina(5%), clinozoisita (5%), epidoto (3%)	Titanita (6%), apatita (4%), zircão (2%)	Granulação variando de fina a média, com grãos anédricos a euédricos, textura granoblástica e bandamento gnáissico. O plagioclásio pode apresentar macla polissintética ou extinção concêntrica. Os cristais de microclina apresentam, em alguns casos, macla em grade. A honblenda apresenta pleocroísmo em tons de verde-verde oliva em cristais maiores e, em alguns casos, aparece substituindo o diopsídio.
142	Diopsidio	Clinopiroxênio (75%), clino-anfibólio (15%), quartzo (10%)		Granulação variando de fina a média, com grãos anédricos a subédricos. A honblenda apresenta pleocroísmo característico em tons de verde – verde oliva, aparecendo algumas vezes em grãos alongados. O quartzo aparece muitas vezes como intersticial.
74D	Plagioclásio-granada-clinozoisita-quartzo-diopsídio granofels	Diopsídio (40%), quartzo (35%), clinozoisita (10%), granada (7%), plagioclásio (5%)	Titanita (2%), clino-anfibólio (1%)	Rocha inequigranular seriada com textura granoblástica. Possível perceber um bandamento marcado por uma banda composta por quartzo, clinopiroxênio e anfibólio intersticial e a outra por quartzo, clinozoisita e granada.

Tabela 3.1-(continuação) Descrição microscópica das amostras estudadas.

Lâmina	Litotipo	Descrição Microscópica		
		Minerais principais	Minerais acessórios e de alteração	Descrição
6c	Epidoto- clinozoisita - hornblenda diopsídio-quartzo granofels	Quartzo (35%), diopsídio (20%), hornblenda (20%), clinozoisita (10%), epidoto (6%)	Titanita (4%), actinolita (3%), allanita (2%)	Rocha inequigranular com textura granonematoblástica. Allanita possui macla e a actinolita ocorre substituindo a hornblenda.

CAPÍTULO 4

QUÍMICA MINERAL

4.1 INTRODUÇÃO

Os estudos de química mineral foram realizados sobre as mesmas lâminas delgadas descritas no Capítulo 3: uma amostra de granofels calcissilicático (*amostra 74D*), uma de gnaisse calcissilicático (*amostra 103*) e outra de diopsidito (*amostra 142*). As análises foram realizadas em microsonda eletrônica da marca JEOL, modelo JXA-8230, no Laboratório de Microanálises da UFOP, conforme metodologia descrita no item 1.5.

Na lâmina 103 foram separados 3 campos, numerados de 1 a 3, conforme mostrado na Figura 4.1. Já nas lâminas 74D e 142 foram separados 2 campos em cada uma, também ilustrados na Figura 4.1.

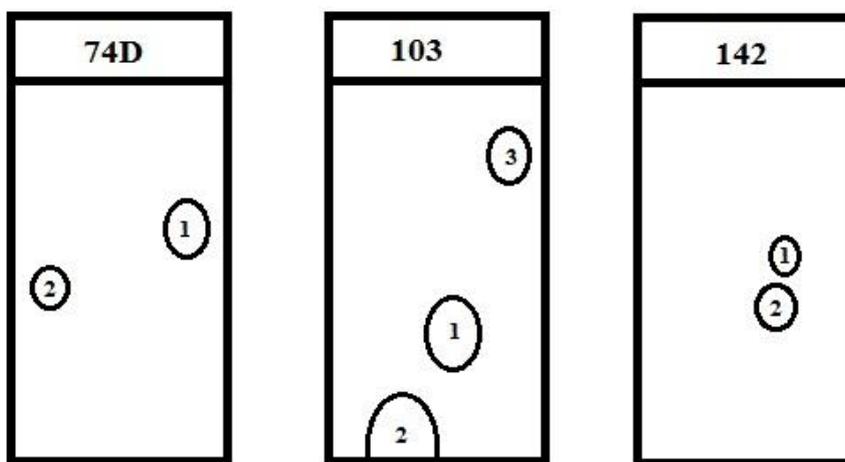


Figura 4.1- Representação das lâminas delgadas estudadas indicando os campos analisados.

4.2 LÂMINA 74D

A lâmina 74D é constituída de um plagioclásio-granada-clinozoisita-quartzo-diopsídiogranofels. Nessa lâmina foram analisados 4 minerais ao longo de dois campos, conforme indicado pela Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Relação dos campos, minerais e pontos analisados. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda. C = campo analisado.

74D	Mineral	Pontos*
C1	Grt ₁	1-3
	Grt ₂	4-6
	Grt ₃	7-11
	Grt ₄	12-15
	Cpx ₁	16-18
	Cpx ₂	19-20
	Cpx ₃	21
	Cpx ₄	22
	Cpx ₅	23
C2	Cpx ₆	29-32
	Cpx ₇	33-35
	Cpx ₈	36-37
	Ep	38-42
	Pl ₁	43-47
	Pl ₂	48-52

Grt = Granada
Cpx = Clinopiroxênio
Ep = Epidoto
Pl = Plagioclásio

4.2.1 Granada

As granadas analisadas se encontram no campo C1 da lâmina. Nelas foram realizados 15 pontos, como mostra a Figura 4.2. Os resultados obtidos se encontram na Tabela 4.2.

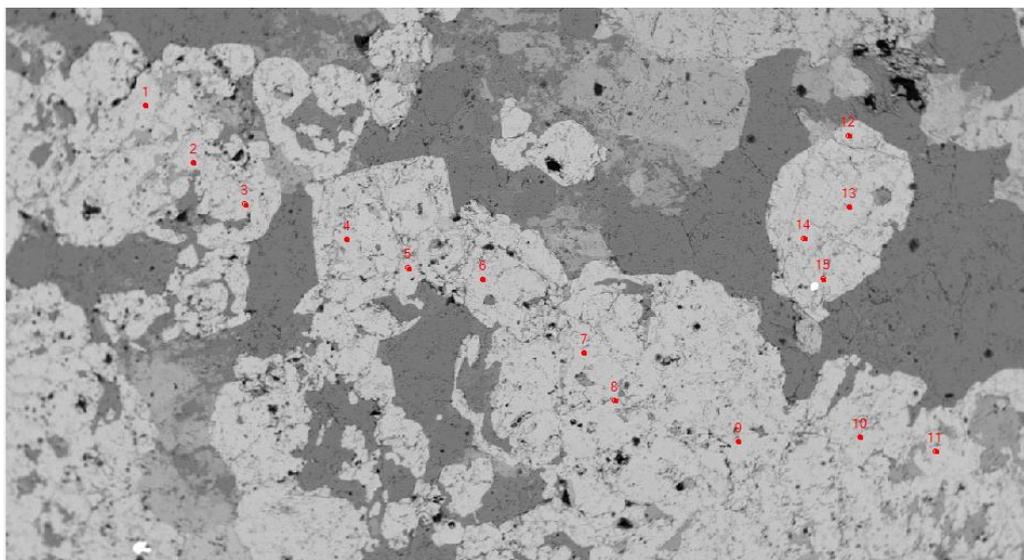


Figura 4.2—Imagem de elétrons retroespalhados evidenciando as granadas presentes no campo C1 e os pontos analisados (1 a 15*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

As granadas apresentam fórmula geral ($\text{Ca}_{1,57-1,80} \text{Fe}_{0,85-1,10} \text{Mn}_{0,29-0,39} \text{Mg}_{0,06-0,09} \text{Al}_{1,93-1,97} \text{Si}_{2,97-3,0} \text{O}_{12}$). É possível observar que os cristais são ricos na molécula *grossulária* (50,67 - 58,53%), seguido por *almandina* (27,62-36,02%), *espessartita* (9,57 -12,66%) e *piropo* (1,80 - 3,08%). No grão Grt₂ (pontos 4 a 11) observou-se um decréscimo da moléculaalmandina e um leve aumento de grossuláriado núcleo para a borda; os valores de piropo e espessartita não sofrem variações significativas (Figuras 4.3 e 4.4).

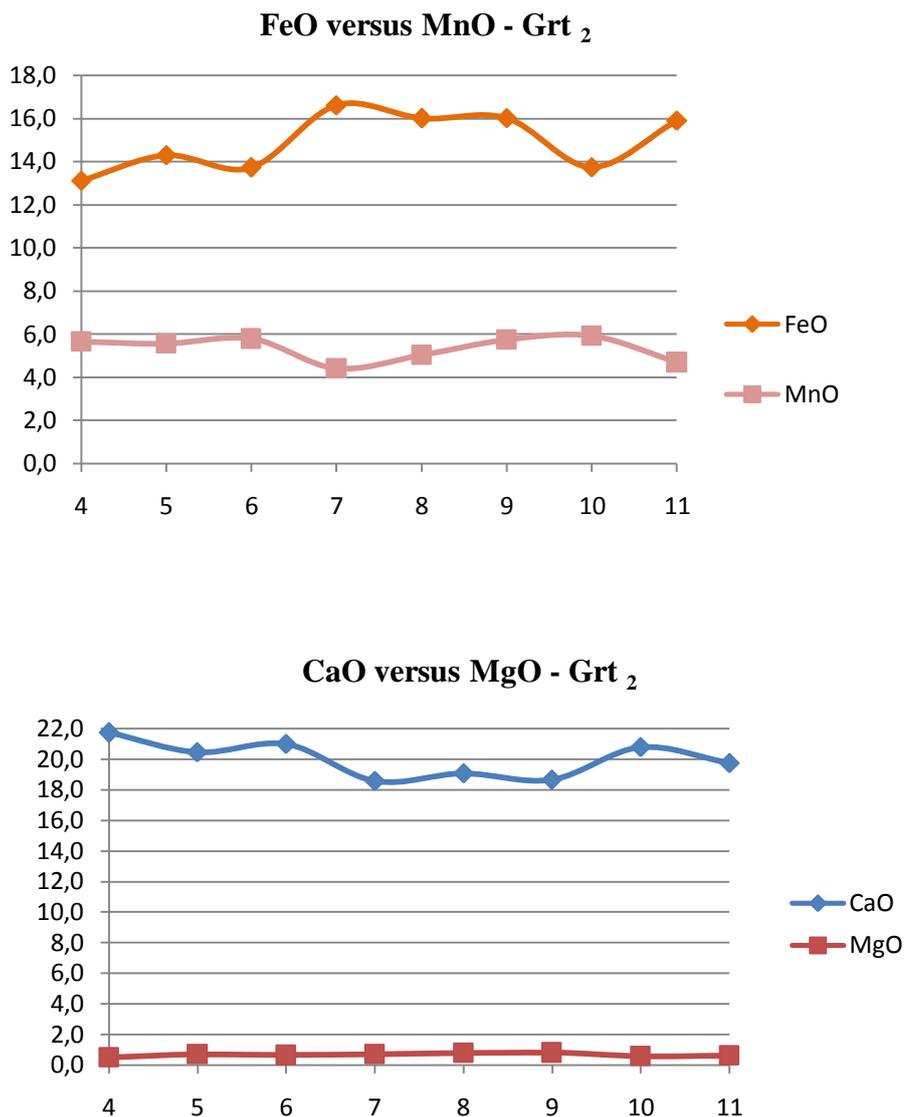


Figura 4.3- Gráficos ilustrando a variação núcleo-borda dos conteúdos, em % peso, de CaO, MgO, FeO e MnO para a granada 2, campo 1, da amostra 74D.

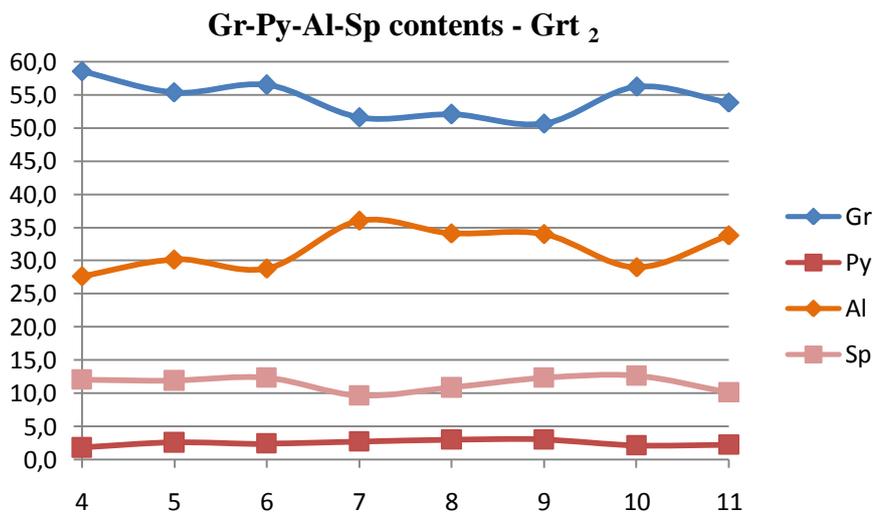


Figura 4.4 - Gráfico indicando as proporções de almandina (Al), piropo (Py), grossulária (Gr) e espessartita (Sp) no cristal Grt₂ analisado. Perfil borda – núcleo – borda conforme indicado na Figura 4.2.

Tabela 4.2 - Resultado de análise química mineral em granada da amostra 74D. Py = piropo, Al =almandina, Sp = espessartita, Gr = grossulária. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D
	Campo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Nº. Grt	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	Ponto*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Posição	Interm.	Núcleo	Borda	Borda	Interm.	Interm.	Núcleo	Núcleo	Núcleo	Interm.	Borda
Óxidos (peso %)	SiO₂	37,25	38,39	38,62	38,67	38,83	38,71	37,91	37,62	38,43	38,95	38,48
	Al₂O₃	21,28	21,23	21,25	21,30	21,43	21,51	20,71	20,88	21,55	21,42	21,34
	MgO	0,75	0,75	0,82	0,48	0,68	0,64	0,71	0,78	0,80	0,57	0,60
	CaO	18,84	19,66	18,87	21,72	20,45	20,99	18,58	19,06	18,65	20,78	19,76
	MnO	5,38	5,41	5,84	5,66	5,57	5,79	4,41	5,03	5,74	5,92	4,69
	FeO	15,02	15,30	15,69	13,12	14,29	13,72	16,61	16,00	16,01	13,74	15,91
	Total	98,52	100,72	101,08	100,95	101,26	101,36	98,93	99,36	101,18	101,38	100,78
Cátions (12oxigênios)	Si	2,97	2,99	3,00	3,00	3,00	2,99	3,01	2,98	2,99	3,01	3,00
	Al_{IV}	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	-0,01	0,02	0,01	-0,01	0,00
	Al_{VI}	1,97	1,95	1,95	1,94	1,96	1,95	1,95	1,93	1,96	1,96	1,96
	Fe²⁺	1,00	1,00	1,02	0,85	0,92	0,89	1,10	1,06	1,04	0,89	1,04
	Mg	0,09	0,09	0,09	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,07
	Mn	0,36	0,36	0,38	0,37	0,36	0,38	0,30	0,34	0,38	0,39	0,31
	Ca	1,61	1,64	1,57	1,80	1,69	1,74	1,58	1,62	1,55	1,72	1,65
Membros Finais	Py	2,92	2,81	3,08	1,80	2,57	2,39	2,72	2,97	3,03	2,13	2,27
	Al	32,70	32,37	33,22	27,62	30,19	28,83	36,02	34,13	33,97	29,01	33,83
	Sp	11,85	11,57	12,52	12,05	11,91	12,31	9,68	10,85	12,33	12,66	10,10
	Gr	52,53	53,25	51,18	58,53	55,34	56,47	51,57	52,05	50,67	56,19	53,80

Tabela 4.2 – (continuação) Resultado de análise química mineral em granada da amostra 74D. Py = piropo, Al =almandina, Sp = espessartita, Gr = grossulária. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	74D	74D	74D	74D
	Campo	1	1	1	1
	Nº. Grt	3	3	3	3
	Ponto	12	13	14	15
	Posição	Borda	Núcleo	Interm.	Borda
Óxidos (peso %)	SiO₂	38,36	38,31	38,41	38,91
	Al₂O₃	21,26	21,20	21,39	21,51
	MgO	0,77	0,69	0,69	0,74
	CaO	18,94	20,04	19,68	19,66
	MnO	4,98	4,54	4,46	4,45
	FeO	16,15	16,05	16,20	16,49
	Total	100,46	100,82	100,82	101,75
Cátions (12 oxigênios)	Si	3,00	2,99	2,99	3,00
	Al_{IV}	0,00	0,01	0,01	0,00
	Al_{VI}	1,96	1,94	1,96	1,96
	Fe²⁺	1,06	1,05	1,06	1,06
	Mg	0,09	0,08	0,08	0,08
	Mn	0,33	0,30	0,29	0,29
	Ca	1,59	1,67	1,64	1,62
Membros Finais	Py	2,93	2,57	2,59	2,76
	Al	34,51	33,77	34,37	34,74
	Sp	10,76	9,67	9,57	9,48
	Gr	51,80	53,99	53,47	53,02

4.2.2 Clinopiroxênio

Foram analisados 8 piroxênios, sendo 5 no campo C1, pontos 16 a 23, e 3 no campo C2, pontos 29 a 37(Figura 4.5). Os dados obtidos se encontram na Tabela 4.3.

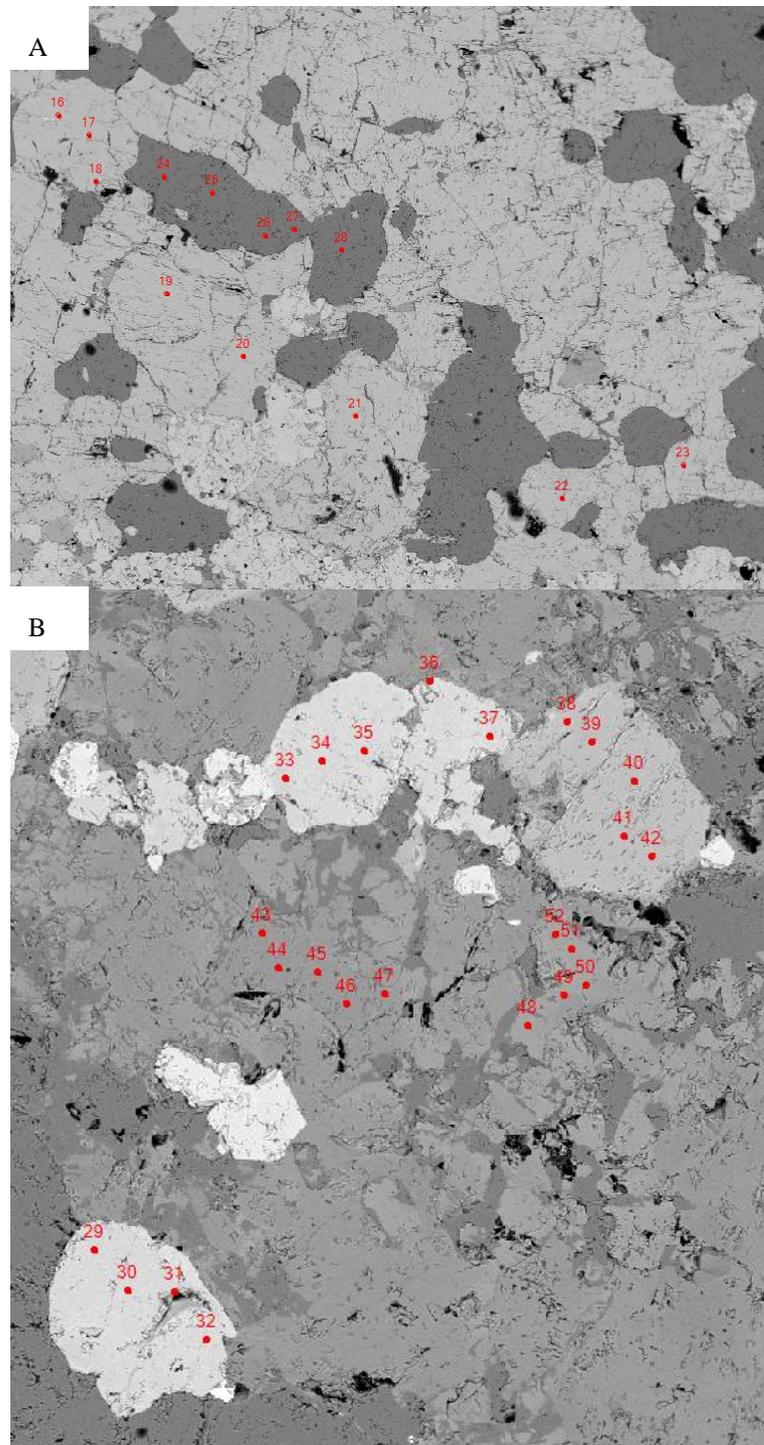


Figura 4.5—Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os cristais de clinopiroxênio presentes e os pontos analisados (A) no campo 1(16 a 23*) e (B) no campo 2 (29 a 37*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

A fórmula final encontrada foi $(Ca_{0,93-1,39}Mg_{0,56-0,69}Fe_{0,38-0,52}Al_{0,02-0,04})Si_{1,95-1,70}O_6$. Em todos os grãos observa-se uma predominância de moléculas de *wolastonita* (47-56%), seguida por moléculas de *enstatita* (23-34%) e em menor parte por *ferrossilita* (19-25%). Sendo assim, os clinopiroxênios em questão são classificados como *diopsídio* (Deer *et al.* 1992), tanto na borda quanto no núcleo, como observado na Figura 4.6.

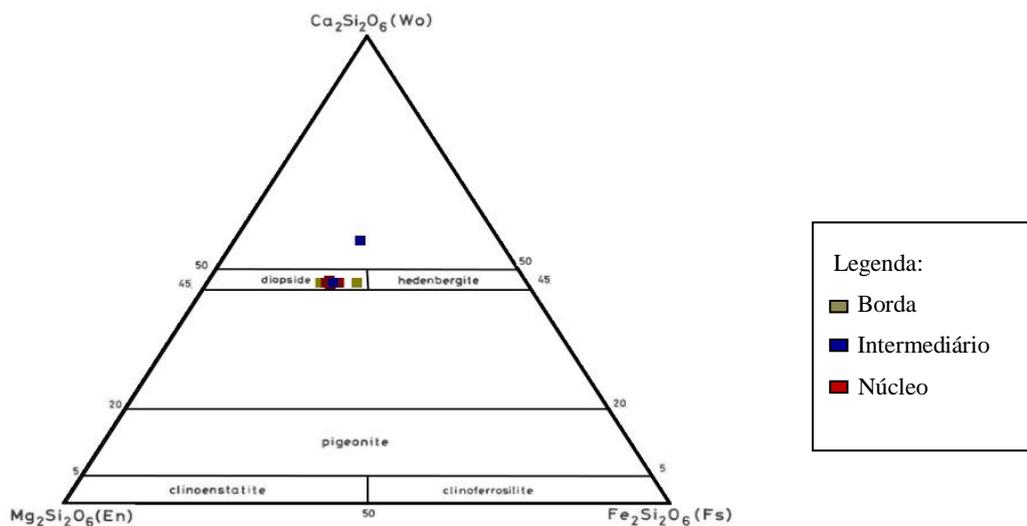


Figura 4.6 - Diagrama ternário Fs-Wo- En classificatório para os cristais de clinopiroxênio da lâmina 74D (Deer *et al.* 1992). Fs=ferrossilita, Wo=wolastonita, En=enstatita.

Tabela 4.3 - Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio da amostra 74D. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	74D	74D	74D	74D	74D	74D
	Campo	1	1	1	1	1	1
	Cpx	1	1	1	2	2	3
	Ponto*	16	17	18	19	20	21
	Posição	Borda	Núcleo	Borda	Interm.	Borda	Núcleo
Óxidos (% em Peso)	SiO₂	52,22	52,25	52,46	52,19	52,14	52,37
	TiO₂	0,03	0,03	0,02	0,04	0,07	0,04
	Al₂O₃	0,59	0,87	0,58	0,54	0,67	0,57
	FeO	13,05	12,63	13,27	13,66	13,41	13,44
	MgO	11,82	11,91	11,68	11,45	11,74	11,95
	MnO	0,67	0,66	0,78	0,85	0,77	0,72
	CaO	23,85	23,50	23,75	23,67	23,79	23,72
	Na₂O	0,14	0,24	0,16	0,18	0,19	0,17
	K₂O	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01
	Total	102,38	102,11	102,69	102,59	102,78	102,99
Cátions (6 oxigênios)	Si	1,95	1,95	1,96	1,96	1,95	1,95
	Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Al	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02
	Fe	0,41	0,40	0,41	0,43	0,42	0,42
	Mg	0,66	0,66	0,65	0,64	0,65	0,66
	Mn	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
	Ca	0,96	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95
	Na	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Membros finais	XMg	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,33
	XFe	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21
	XCa	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47

Tabela 4.3 – (continuação) Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio da amostra 74D. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D
	Campo	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Cpx	4	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8
	Ponto*	22	23	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	Posição	Núcleo	Núcleo	Borda	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Núcleo	Interm.	Borda	Borda
Óxidos (% em Peso)	SiO₂	52,52	52,43	51,70	51,82	26,34	52,27	52,61	52,25	52,01	51,47	52,20
	TiO₂	0,04	0,04	0,02	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04
	Al₂O₃	0,67	0,53	0,63	0,84	0,42	0,63	0,92	0,54	0,66	0,94	0,70
	FeO	13,18	13,51	13,67	14,24	9,70	14,44	12,26	13,20	13,47	15,83	13,28
	MgO	11,67	11,71	11,56	11,22	6,12	11,05	12,47	11,92	11,60	9,94	11,65
	MnO	0,54	0,77	0,64	0,60	0,49	0,52	0,65	0,62	0,70	0,42	0,67
	CaO	23,79	23,93	23,59	23,46	20,16	23,65	23,59	23,83	23,60	22,83	23,44
	Na₂O	0,21	0,23	0,22	0,25	0,16	0,23	0,20	0,16	0,20	0,25	0,17
	K₂O	0,00	0,01	0,02	0,02	0,07	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
	Total	102,63	103,14	102,06	102,49	63,49	102,82	102,76	102,57	102,29	101,73	102,15
Cátions (6 oxigênios)	Si	1,96	1,95	1,95	1,95	1,70	1,96	1,95	1,95	1,95	1,96	1,96
	Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Al	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03
	Fe	0,41	0,42	0,43	0,45	0,52	0,45	0,38	0,41	0,42	0,50	0,42
	Mg	0,65	0,65	0,65	0,63	0,59	0,62	0,69	0,66	0,65	0,56	0,65
	Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
	Ca	0,95	0,95	0,95	0,94	1,39	0,95	0,94	0,95	0,95	0,93	0,94
	Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Membros finais	XMg	0,32	0,32	0,32	0,31	0,23	0,31	0,34	0,33	0,32	0,28	0,32
	XFe	0,20	0,21	0,21	0,22	0,21	0,22	0,19	0,20	0,21	0,25	0,21
	XCa	0,47	0,47	0,47	0,47	0,56	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47

4.2.3 Plagioclásio

Na lâmina 74D foram analisados dois feldspatos no campo C2, totalizando 10 pontos (43 a 52), como ilustrado pela Figura 4.7. Os dados obtidos estão na Tabela 4.4.

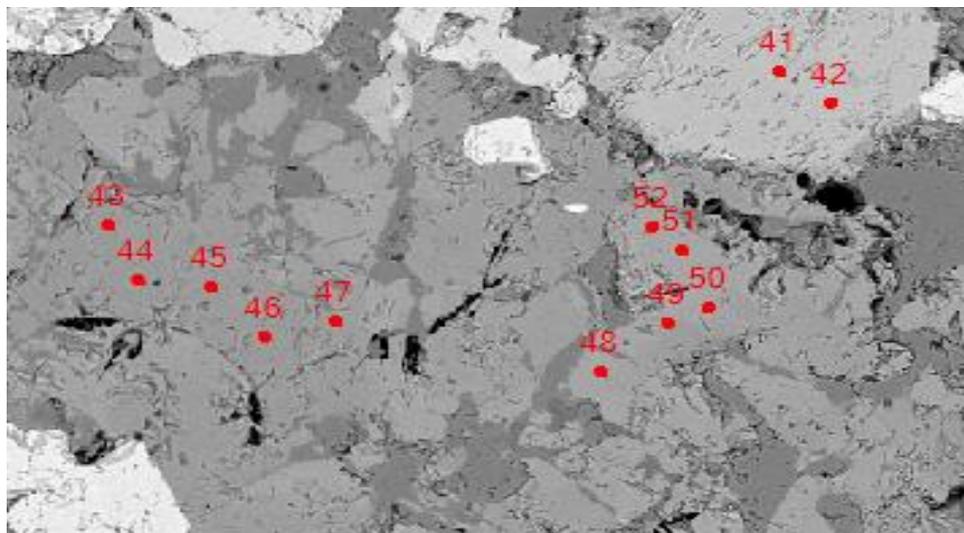


Figura 4.7–Imagem de elétrons retroespalhados evidenciando os grãos de plagioclásio analisados na lâmina 74D, campo C2 (Pl₁; pontos 43 a 47* e Pl₂; pontos 48 a 52*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

O plagioclásio apresenta como fórmula geral $(Ca_{0,56-0,85}Na_{0,13-0,42})(Al_{0,56-0,86}Si_{0,15-0,44})AlSi_2O_8$. Seus teores médios são em torno de 50,68% de SiO₂; 31,57% de Al₂O₃; 14,11% de CaO; 3,40% de Na₂O; 0,07% de K₂O e 0,04% de FeO. Praticamente não se observa variação da borda para o núcleo em ambos os cristais, mas o plagioclásio Pl₁ apresenta composição correspondente a *labradorita*, enquanto o plagioclásio Pl₂ corresponde à *bytownita*, segundo a classificação de Deer *et al.* (1966) (Figura 4.8).

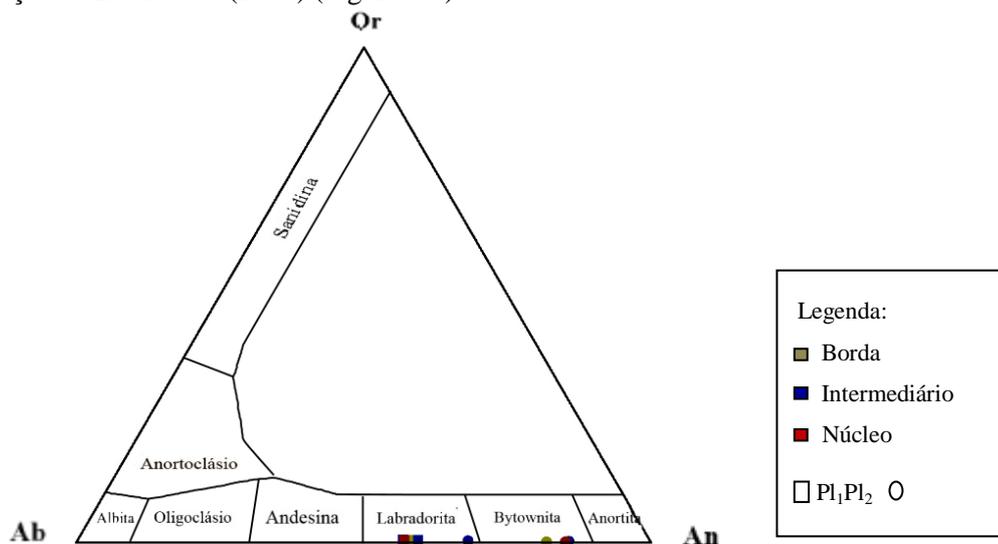


Figura 4.8 - Diagrama ternário Or-Ab-An para a classificação dos plagioclásios analisados na lâmina 74D (Deer *et al.* 1966). Or=ortoclásio, Ab=albita, An=anortita.

Tabela 4.4 - Resultado de análise química mineral em plagioclásioda amostra 74D. An = anortita, Ab = albita e Or = ortoclásio. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D	74D
	Campo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Pl	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	Ponto*	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
	Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda
Óxidos (%em peso)	SiO₂	54,05	52,62	53,76	53,67	53,84	47,43	50,99	46,80	46,91	46,76
	Al₂O₃	29,40	29,79	29,63	29,34	30,07	33,58	31,21	34,30	34,24	34,10
	FeO	0,02	0,08	0,04	0,05	0,04	0,00	0,06	0,02	0,04	0,02
	CaO	11,65	12,07	11,70	11,51	12,11	16,54	13,89	17,18	17,25	17,21
	Na₂O	4,81	4,52	4,84	4,81	4,66	2,02	3,57	1,65	1,57	1,58
	K₂O	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08	0,03	0,08	0,03	0,04	0,04
	BaO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
	Total	100,02	99,16	100,05	99,48	100,79	99,60	99,80	99,98	100,05	99,74
Cátions (6 oxigênios)	Si	2,44	2,40	2,43	2,44	2,41	2,18	2,32	2,15	2,15	2,15
	Al	1,56	1,60	1,58	1,57	1,59	1,82	1,68	1,86	1,85	1,85
	Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ca	0,56	0,59	0,57	0,56	0,58	0,82	0,68	0,84	0,85	0,85
	Na	0,42	0,40	0,42	0,42	0,40	0,18	0,32	0,15	0,14	0,14
	K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	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	0,00
Membros Finais	An	56,92	59,34	56,88	56,63	58,71	81,77	67,93	85,03	85,63	85,54
	Ab	42,52	40,16	42,59	42,80	40,83	18,07	31,62	14,81	14,13	14,23
	Or	0,55	0,50	0,53	0,57	0,46	0,16	0,44	0,15	0,24	0,24

4.2.4 Epidoto

Foi analisado apenas um epidoto, localizado no campo 2, totalizando 5 pontos (38 a 42) (Figura 4.9). Os dados obtidos se encontram na Tabela 4.5, indicando tratar-se de epidotos sem variação composicional da borda para o núcleo, ricos em Al_2O_3 (29,26 – 29,97%) e CaO (23,29-23,93%), com baixos teores de FeO (4,78 – 5,10%) e MgO (0,01-0,02%) e quantidades de SiO_2 variando de (37,65 -39,09%).

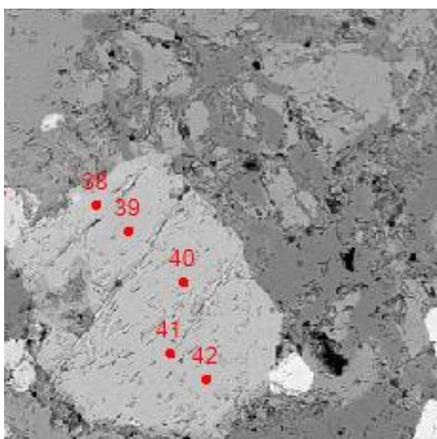


Figura 4.9-Imagem de elétrons retroespalhados mostrando o epidoto analisado no campo C2 da lâmina 74D (pontos 38 a 42*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

Tabela 4.5- Resultado de análise química mineral em epidoto da amostra 74D.*Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda

	Amostra	74D	74D	74D	74D	74D
	Campo	2	2	2	2	2
	Ep	1	1	1	1	1
	Ponto*	38	39	40	41	42
	Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Interm.
Óxidos (%em peso)	Na_2O	0,02	0,00	0,02	0,02	0,02
	F	0,05	0,00	0,11	0,05	0,00
	SiO_2	38,79	39,09	37,65	38,77	38,93
	Al_2O_3	29,26	29,97	28,56	29,57	29,47
	MgO	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
	BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	FeO	4,96	4,80	4,78	4,90	5,10
	Cl	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
	Cr_2O_3	0,11	0,00	0,00	0,00	0,05
	SrO	0,11	0,23	0,13	0,23	0,11
	TiO_2	0,21	0,07	0,18	0,16	0,20
	K_2O	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
	MnO	0,10	0,11	0,26	0,21	0,22
	CaO	23,53	23,93	23,19	23,77	23,62
Total	97,13	98,21	94,85	97,68	97,73	

4.3 LÂMINA 103

A lâmina 103 é constituída de um gnaisse calcissilicático. Nela foram analisados 6 minerais em três campos distintos, conforme a Tabela 4.6

Tabela 4.6 - Relação dos campos, minerais e pontos analisados. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda. C = campo analisado.

103	Mineral	Pontos *
C1	Amp ₁	15-19
	Pl ₁	20-23
	Cpx ₁	24-28
	Cpx ₂	29-33
	Ep ₁	37
	Ep ₂	38
	Pl ₂	39-42
	Mc ₁	43-47
C2	Amp ₂	48-53
	Cpx ₃	54-59
	Pl ₃	60-67
	Mc ₂	68-71
	Cpx ₄	72-77
C3	Ttn ₁	1-2
	Ttn ₂	3-4
	Ttn ₃	5-6
	Ep ₃	7-10
	Ep ₄	11-14

Amp = Anfibólio
Pl = Plagioclásio
Cpx = Clinopiroxênio
Ep = Epidoto
Mc = Microclina
Ttn = Titanita

4.3.1 Anfibólio

Foram analisados dois anfibólios, num total de 11 pontos, nos campos C1 (15-19) e C2 (48-53), como mostra a Figura 4.10. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 4.7.

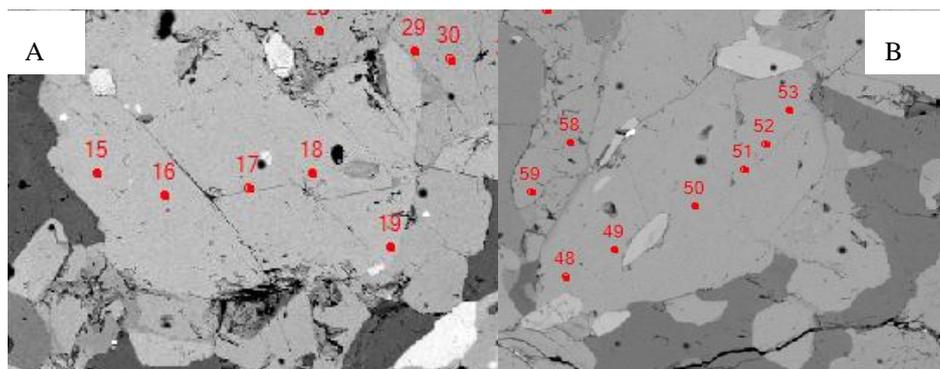


Figura 4.10- Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os anfibólios analisados na lâmina 103. Em (A) campo C1 (pontos 15 a 19*) e (B) campo C2 (pontos 48 a 53*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

O anfibólio apresenta fórmula geral igual a $(K_{0,29-0,34} Na_{0,32-0,35}) (Fe_{0,16-0,22} Ca_{1,75-1,80}) (Cr_{0,02-0,11} Ti_{0,06-0,07} Al_{0,45-0,53} Fe_{1,84-1,92} Mg_{2,50-2,55}) (Al_{1,62-1,67} SiO_{6,33-6,38})$. Seus teores médios são em torno de 42,17% de SiO_2 ; 16,5% de FeO ; 11,96% de CaO ; 11,73% de Al_2O_3 ; 11,24% de MgO ; 1,69% de K_2O ; 1,15% de Na_2O ; 0,6% de TiO_2 ; 0,29% de MnO e 0,28% de Cr_2O_3 . Não ocorre variação na composição da borda para o núcleo, tratando-se de anfibólios de composição homogênea correspondente *apargasita** segundo a classificação de Leake *et al.* (1997) (*no caso dos anfibólios cálcicos, a classificação em *pargasita* obedeceu aos seguintes parâmetros: $Ca_B \geq 1,50$; $(Na + K)_A \geq 0,50$ e $Ti \leq 0,50$) (Figura 4.11).

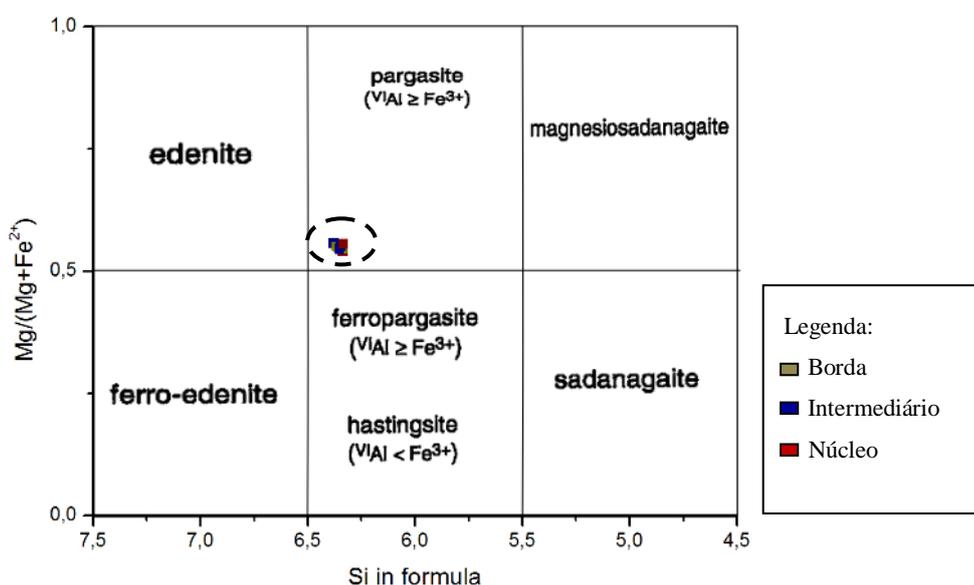


Figura 4.11- Diagrama de classificação dos anfibólios analisados na lâmina 103 (Leake *et al.* 1997).

Tabela 4.7- Resultado de análise química mineral em anfibólio do gnaiss calcissilicático (amostra 103). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	Campo	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	Amph	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	Ponto*	15	16	17	18	19	48	49	50	51	52	53
	Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Interm.	Borda
Óxidos (% em peso)	SiO₂	42,03	42,47	42,15	42,12	42,05	42,02	41,97	42,03	42,43	42,43	42,14
	TiO₂	0,61	0,64	0,63	0,61	0,50	0,54	0,63	0,65	0,61	0,60	0,60
	Al₂O₃	11,22	11,31	11,21	11,30	11,12	12,07	12,28	12,28	12,12	12,06	12,11
	Cr₂O₃	0,25	0,27	0,22	0,21	0,94	0,26	0,20	0,16	0,17	0,15	0,28
	FeO	16,19	16,05	16,97	16,83	16,43	16,22	16,16	16,18	16,89	16,86	16,75
	MgO	11,22	11,31	11,21	11,30	11,12	11,08	11,11	11,35	11,28	11,42	11,24
	MnO	0,28	0,28	0,27	0,22	0,23	0,33	0,30	0,37	0,31	0,28	0,29
	CaO	11,83	11,93	11,99	12,01	11,98	11,94	11,94	11,89	11,95	12,04	12,03
	Na₂O	1,10	1,15	1,14	1,18	1,09	1,16	1,17	1,13	1,20	1,14	1,15
	K₂O	1,71	1,70	1,68	1,66	1,52	1,76	1,74	1,79	1,68	1,68	1,69
	Total	97,46	98,09	98,48	98,32	97,85	97,52	97,63	98,02	98,88	98,85	98,43
Cations (23 oxigênios)	Si	6,36	6,38	6,33	6,33	6,36	6,36	6,34	6,33	6,35	6,35	6,33
	Ti	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Al	2,15	2,15	2,14	2,14	2,10	2,15	2,19	2,18	2,14	2,13	2,14
	Cr	0,03	0,03	0,03	0,03	0,11	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
	Fe	2,05	2,02	2,13	2,12	2,08	2,06	2,04	2,04	2,12	2,11	2,11
	Mg	2,53	2,53	2,51	2,53	2,51	2,50	2,50	2,55	2,52	2,55	2,52
	Mn	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04
	Ca	1,92	1,92	1,93	1,93	1,94	1,94	1,93	1,92	1,92	1,93	1,94
	Na	0,32	0,34	0,33	0,34	0,32	0,34	0,34	0,33	0,35	0,33	0,34
	K	0,33	0,33	0,32	0,32	0,29	0,34	0,34	0,35	0,32	0,32	0,32

4.3.2 Plagioclásio

Na lâmina 103 foram analisados dois feldspatos no campo C1 e mais dois no campo C2, totalizando 22 pontos (Figura 4.12). Os dados obtidos estão na Tabela 4.8.

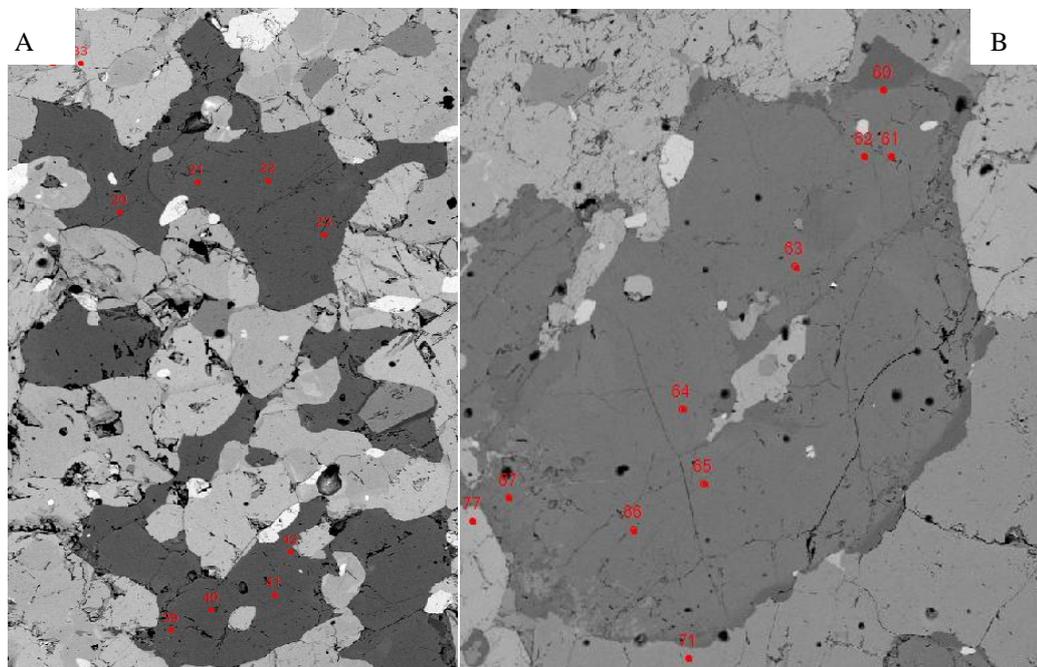


Figura 4.12—Imagens de elétrons retroespalhados mostrando os plagioclásios analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1 (pontos 20 a 23*) e (B) no campo C2 (pontos 39 a 42*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

O plagioclásio apresenta como fórmula geral $(Na_{0,53-0,94} Ca_{0,04-0,46}) (Si_{0,55-0,97} Al_{0,04-0,045}) Al Si_2O_8$. Seus teores médios são em torno de 57,69% de SiO_2 ; 26,43% de Al_2O_3 ; 8,47% de CaO ; 6,61% Na_2O ; 0,09% de FeO e 0,08% de K_2O . São constituídos predominantemente por *oligoclásio* ($An_{39,28} - An_{46,02}$), como observado na Figura 4.13.

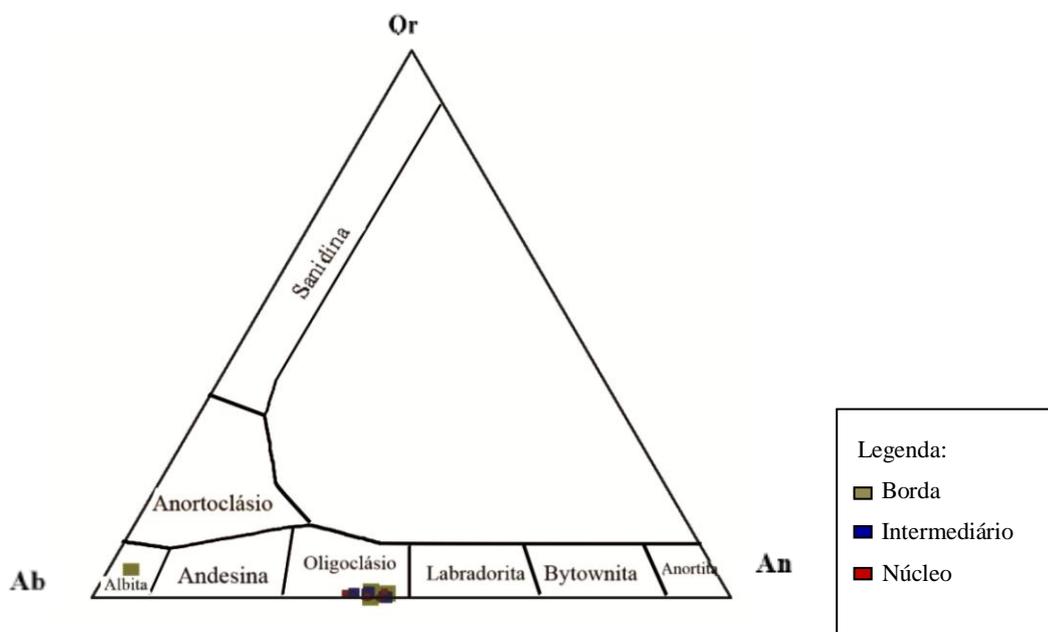


Figura 4.13- Diagrama ternário Or-Ab-An para a classificação dos plagioclásios analisados na lâmina 103 (Deer *et al.* 1966). Or=ortoclásio, Ab=albita, An=anortita.

Tabela 4.8- Resultado de análise química mineral em plagioclásio do gnaiss calcissilicático (amostra 103). An = anortita, Ab = albita e Or = ortoclásio. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103	103	103
	Campo	1	1	1	1	1	1	1	1
	Pl	1	1	1	1	2	2	2	2
	Ponto*	20	21	22	23	39	40	41	42
	Posição	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Núcleo	Interm.	Borda
Óxidos (% em peso)	SiO ₂	56,78	56,61	56,87	56,94	56,89	58,36	57,51	57,04
	Al ₂ O ₃	26,55	27,37	26,70	26,81	27,46	25,89	26,64	26,95
	FeO	0,12	0,09	0,03	0,15	0,18	0,10	0,08	0,03
	CaO	8,74	9,29	8,80	8,90	9,46	8,01	8,45	9,11
	Na ₂ O	6,30	6,08	6,43	6,33	6,05	6,75	6,71	6,39
	K ₂ O	0,18	0,18	0,11	0,19	0,12	0,14	0,13	0,10
	BaO	0,01	0,00	0,04	0,01	0,00	0,04	0,02	0,00
	Total	98,67	100,54	100,52	100,32	100,59	99,33	100,34	100,34
Cátions (8 oxigênios)	Si	2,58	2,55	2,57	2,57	2,55	2,63	2,59	2,57
	Al	1,42	1,45	1,43	1,43	1,45	1,37	1,41	1,43
	Fe	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	Ca	0,43	0,45	0,43	0,43	0,45	0,39	0,41	0,44
	Na	0,55	0,53	0,56	0,55	0,53	0,59	0,58	0,56
	K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Membros Finais	Ano	42,94	45,30	42,81	43,27	46,02	39,28	40,75	43,82
	Ab	56,03	53,66	56,58	55,64	53,28	59,90	58,52	55,62
	Or	1,03	1,04	0,61	1,08	0,70	0,82	0,72	0,56

Tabela 4.8 – (continuação) Resultado de análise química mineral em plagioclásio do gnaiss calcissilicático (amostra 103). An = anortita, Ab = albita e Or = ortoclásio. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103	103	103
	Campo	2	2	2	2	2	2	2	2
	Pl	3	3	3	3	3	3	3	3
	Ponto*	60	61	62	63	64	65	66	67
	Posição	Borda	Interm.	Interm.	Núcleo	Núcleo	Núcleo	Interm.	Borda
Óxidos (% em peso)	SiO₂	67,58	56,48	56,24	57,41	57,37	56,84	56,90	57,25
	Al₂O₃	20,00	27,31	26,90	26,64	26,85	26,96	27,15	26,78
	FeO	0,02	0,06	0,30	0,09	0,04	0,09	0,08	0,02
	CaO	0,84	9,48	9,33	8,87	8,82	9,24	9,29	8,92
	Na₂O	11,02	6,10	6,11	6,47	6,44	6,25	6,05	6,36
	K₂O	0,01	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,03	0,01
	BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	100,34	100,34	100,34	100,34	100,34	100,34	100,34	100,34
Cátions (8 oxigênios)	Si	2,97	2,55	2,55	2,58	2,58	2,56	2,56	2,58
	Al	1,04	1,45	1,44	1,41	1,42	1,43	1,44	1,42
	Fe	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ca	0,04	0,46	0,45	0,43	0,42	0,45	0,45	0,43
	Na	0,94	0,53	0,54	0,56	0,56	0,55	0,53	0,56
	K	0,00	0,00	0,00	0,00	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
Membros Finais	Ano	4,05	46,20	45,73	43,10	42,98	44,98	45,81	43,63
	Ab	95,90	53,80	54,14	56,88	56,79	55,01	54,03	56,32
	Or	0,05	0,00	0,13	0,02	0,23	0,01	0,16	0,04

4.3.3 Clinopiroxênio

Foram analisados dois clinopiroxênios no campo C1 (pontos 24-28 e 29-33) e dois no campo C2 (pontos 54-59 e 72-77), totalizando 22 pontos analíticos (Figura 4.14). Os dados são apresentados na Tabela 4.9.

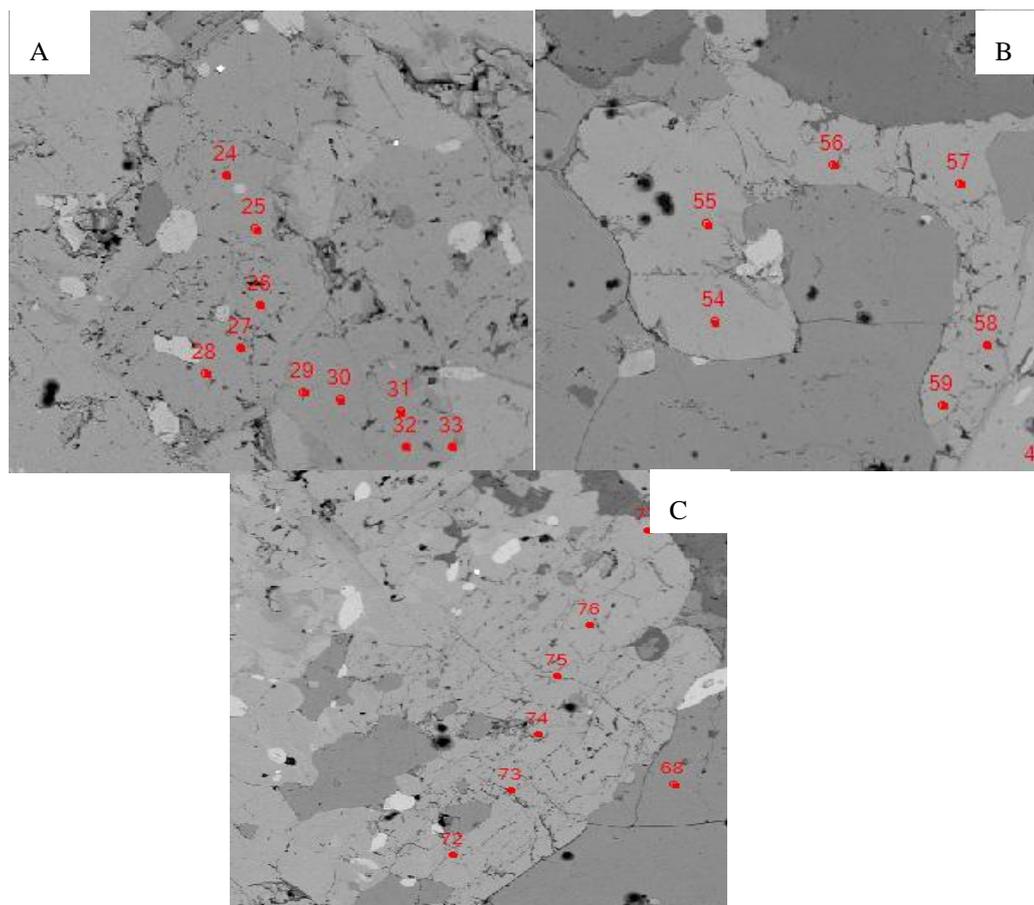


Figura 4.14—Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os cristais de clinopiroxênio analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1(pontos 24-29 e 29-33*),em (B) e (C) no campo C2(pontos 54-59 em B e 72-77 em C*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

A fórmula final do clinopiroxênio é $(Ca_{0,72-1,00} Mg_{0,74-0,88} Fe_{0,27-0,47}) (Si_{1,81-1,95} Al_{0,02-0,34})O_6$. Na maior parte dos grãos observa-se uma predominância de moléculas de *wolastonita* (44-47%), seguida por moléculas de *enstatita* (39-41%) e em menor parte por *ferrossilita* (12-16%), com exceção de um ponto (número 73) dominado por *enstatita* (41%), seguido por *wolastonita* (36%) e *ferrossilita* (23%). Segundo Deer *et al.* (1992) o clinopiroxênio em questão pode ser classificado como *diopsídio*, conforme mostra a Figura 4.15.

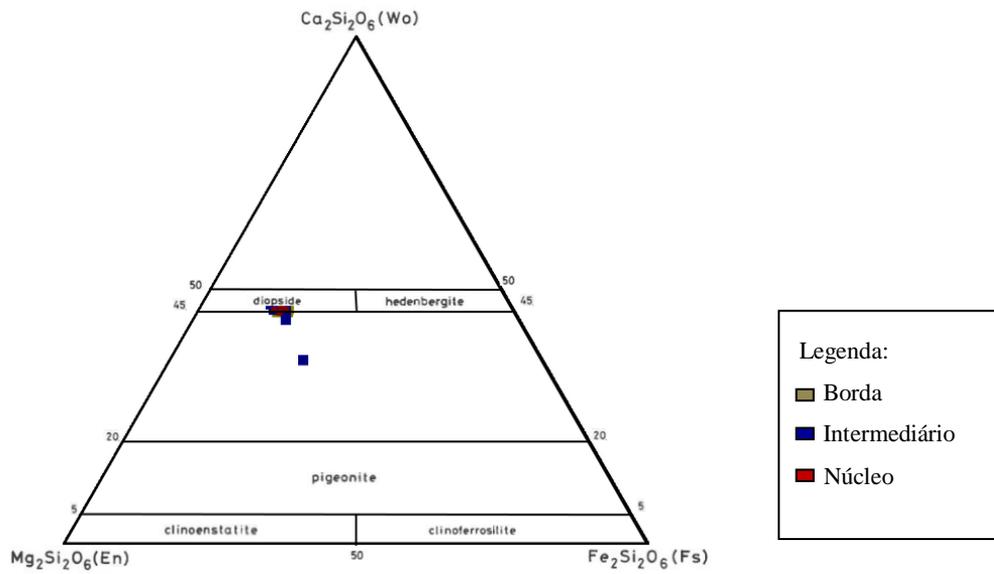


Figura 4.15-Diagrama ternário Fs-Wo- En classificatório para os cristais de clinopiroxênio da lâmina 103 (Deer *et al.* 1992). Fs=ferrossilita, Wo=wolastonita, En=enstatita.

Tabela 4.9- Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio do gnaiss (amostra 103). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	Campo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	Prx	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
	Ponto*	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	54
	Posição	Interm.	Núcleo	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Núcleo	Interm.	Interm.	Borda	Interm.
Óxidos (% em peso)	SiO₂	47,46	53,43	53,03	53,08	53,21	53,46	53,07	53,46	53,23	52,78	50,39
	TiO₂	0,04	0,05	0,07	0,03	0,06	0,04	0,06	0,03	0,05	0,08	0,08
	Al₂O₃	7,51	0,53	1,25	0,71	0,78	0,89	0,89	0,47	0,62	1,15	1,47
	FeO	9,08	9,08	9,47	9,60	9,37	9,87	9,54	8,95	9,50	9,97	9,30
	MgO	12,98	15,05	14,52	14,95	14,80	14,48	14,97	15,35	14,65	14,23	14,52
	MnO	0,35	0,40	0,32	0,32	0,40	0,39	0,38	0,34	0,36	0,38	0,38
	CaO	20,03	24,38	23,65	24,07	24,13	23,81	23,44	24,30	24,21	23,71	23,68
	Na₂O	0,17	0,24	0,39	0,23	0,29	0,28	0,22	0,24	0,25	0,33	0,40
	K₂O	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00
	Total	97,66	103,15	102,71	102,98	103,04	103,21	102,60	103,16	102,88	102,64	100,22
Cátions (6 oxigênios)	Si	1,81	1,95	1,94	1,94	1,94	1,95	1,94	1,95	1,95	1,94	1,90
	Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Al	0,34	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,05	0,07
	Fe	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29	0,30	0,29	0,27	0,29	0,31	0,29
	Mg	0,74	0,82	0,79	0,81	0,81	0,79	0,82	0,83	0,80	0,78	0,82
	Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Ca	0,82	0,95	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,95	0,95	0,93	0,96
	Na	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Membros Finais	XMg	0,40	0,40	0,39	0,40	0,40	0,39	0,40	0,41	0,39	0,39	0,39
	XFe	0,16	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,13	0,14	0,15	0,14
	XCa	0,44	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,46	0,47	0,46	0,46

Tabela4.9– (continuação) Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio do gnaiss (amostra 103). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	Campo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Prx	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
	Ponto*	55	56	57	58	59	72	73	74	75	76	77
	Posição	Interm.	Interm.	Interm.	Interm.	Interm.	Borda	Interm.	Núcleo	Núcleo	Interm.	Borda
Óxidos (% em peso)	SiO₂	52,19	49,60	50,68	50,76	49,95	50,07	46,93	49,36	49,33	49,90	49,16
	TiO₂	0,06	0,05	0,04	0,02	0,09	0,09	0,03	0,07	0,04	0,07	0,05
	Al₂O₃	1,38	0,47	1,30	0,44	1,14	1,23	4,97	1,17	0,63	1,14	1,13
	FeO	9,18	8,58	9,39	8,24	9,81	9,62	14,38	9,79	8,67	9,59	9,61
	MgO	14,41	15,22	14,61	15,31	14,38	14,36	14,18	14,80	15,38	14,42	14,51
	MnO	0,39	0,39	0,36	0,45	0,38	0,41	0,35	0,42	0,40	0,38	0,35
	CaO	23,68	24,32	23,72	24,60	23,98	23,97	17,41	24,00	24,44	23,77	23,90
	Na₂O	0,44	0,23	0,39	0,24	0,34	0,38	0,19	0,38	0,25	0,37	0,38
	K₂O	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,11	0,00	0,01	0,00	0,01
	Total	101,74	98,86	100,48	100,06	100,08	100,13	98,56	99,99	99,14	99,64	99,09
Cátions (6 oxigênios)	Si	1,93	1,90	1,91	1,92	1,90	1,90	1,82	1,88	1,89	1,90	1,89
	Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Al	0,06	0,02	0,06	0,02	0,05	0,05	0,23	0,05	0,03	0,05	0,05
	Fe	0,28	0,28	0,30	0,26	0,31	0,31	0,47	0,31	0,28	0,31	0,31
	Mg	0,79	0,87	0,82	0,86	0,81	0,81	0,82	0,84	0,88	0,82	0,83
	Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Ca	0,94	1,00	0,96	0,99	0,98	0,97	0,72	0,98	1,00	0,97	0,98
	Na	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	0,03	0,03
	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Membros Finais	XMg	0,39	0,41	0,40	0,41	0,39	0,39	0,41	0,39	0,41	0,39	0,39
	XFe	0,14	0,13	0,14	0,12	0,15	0,15	0,23	0,15	0,13	0,15	0,15
	XCa	0,47	0,47	0,46	0,47	0,46	0,47	0,36	0,46	0,46	0,46	0,46

4.3.4 Epidoto

Foram analisados dois epidotos no campo C1 e dois no campo C3, totalizando 10 pontos (Figura 4.16). Os dados, apresentados na Tabela 4.10, indicam a presença de cristais com porcentagens semelhantes de Al_2O_3 (24,86-26,04%), CaO (22,82–23,54%) e SiO_2 (37,22–38,49%). Em nenhum dos cristais é perceptível variação composicional da borda para o núcleo e todos apresentam quantidades semelhantes de FeO (8,92 – 9,63%) e MgO (0,05 -0,42%).

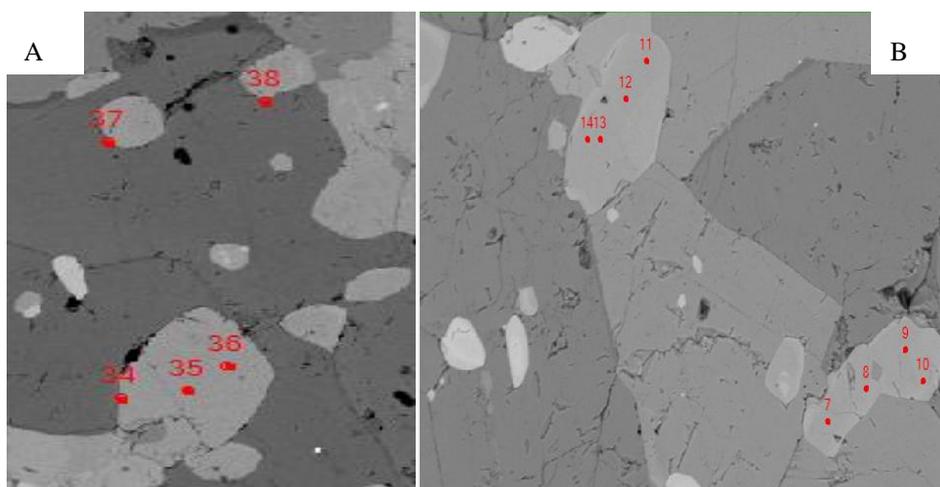


Figura 4.16- Imagens de elétrons retroespalhados detalhando os epidotos analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1 (pontos 37 e 38*) e (B) campo C2 (pontos 7^a 10* e 11 a 14*). *Numeração fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

Tabela 4.10- Resultado de análise química mineral em epidoto do gnaiss calcissilicático (amostra 103). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	Campo	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
	Ep	2	3	4	4	4	4	5	5	5	5
	Ponto*	37	38	7	8	9	10	11	12	13	14
	Posição	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Interm.
Óxidos (%em peso)	Na₂O	0,02	0,01	0,01	0,08	0,06	0,00	0,03	0,01	0,04	0,03
	F	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00
	SiO₂	38,04	38,28	37,46	38,01	37,22	37,76	38,32	38,49	37,94	38,20
	Al₂O₃	25,65	25,65	25,36	25,54	25,84	24,86	26,04	25,95	25,85	25,92
	MgO	0,05	0,00	0,01	0,07	0,06	0,05	0,00	0,00	0,03	0,00
	BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	FeO	8,92	9,45	9,11	9,14	9,13	9,04	9,34	9,36	9,32	9,18
	Cl	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00
	Cr₂O₃	0,25	0,04	0,04	0,13	0,03	0,28	0,01	0,00	0,02	0,00
	SrO	0,07	0,22	0,00	0,02	0,00	0,15	0,00	0,00	0,13	0,00
	TiO₂	0,18	0,16	0,18	0,18	0,14	0,16	0,14	0,10	0,11	0,06
	K₂O	0,01	0,00	0,05	0,05	0,03	0,08	0,01	0,00	0,01	0,00
	MnO	0,17	0,06	0,05	0,08	0,06	0,11	0,10	0,12	0,07	0,13
	CaO	23,23	23,50	23,28	23,10	23,06	22,82	23,38	23,54	23,43	23,43
Total	96,58	97,37	95,58	96,42	95,67	95,33	97,38	97,57	96,98	96,95	

4.3.5 Microclina

Foram analisados dois grãos de microclina nos campos C1 e C2, totalizando nove pontos (Figura 4.17). Os dados obtidos estão na Tabela 4.11.

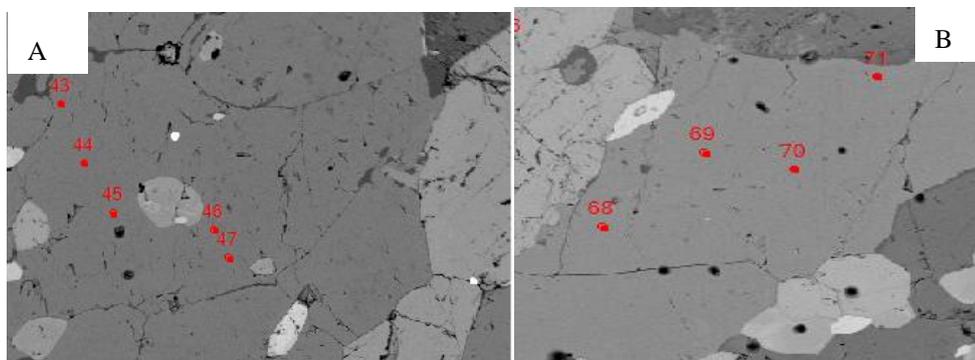


Figura 4.17- Imagens de elétrons retroespalhados evidenciando os cristais de feldspato potássico analisados na lâmina 103. Em (A) no campo C1 (pontos 43 a 47*) e (B) campo C2 (pontos 68 a 71*). *Numeração fornecida pelo Laboratório de Microsonda

A fórmula final do feldspato potássico é $(K_{0,55-0,90} Na_{0,08-0,45} Al_{0,02-0,04} Si_{2,96-2,97} O_8)$. Seus teores médios são em torno de 63,76% de SiO_2 ; 18,72% de Al_2O_3 ; 14,48% de K_2O ; 1,45% Na_2O ; 0,04% de CaO e 0,03% de FeO . Trata-se de cristais relativamente puros ($Or_{90,6-91,6}$) (Figura 4.18). O ponto 70, com teores mais altos de albita, provavelmente reflete a composição de uma pertita (Tabela 4.11).

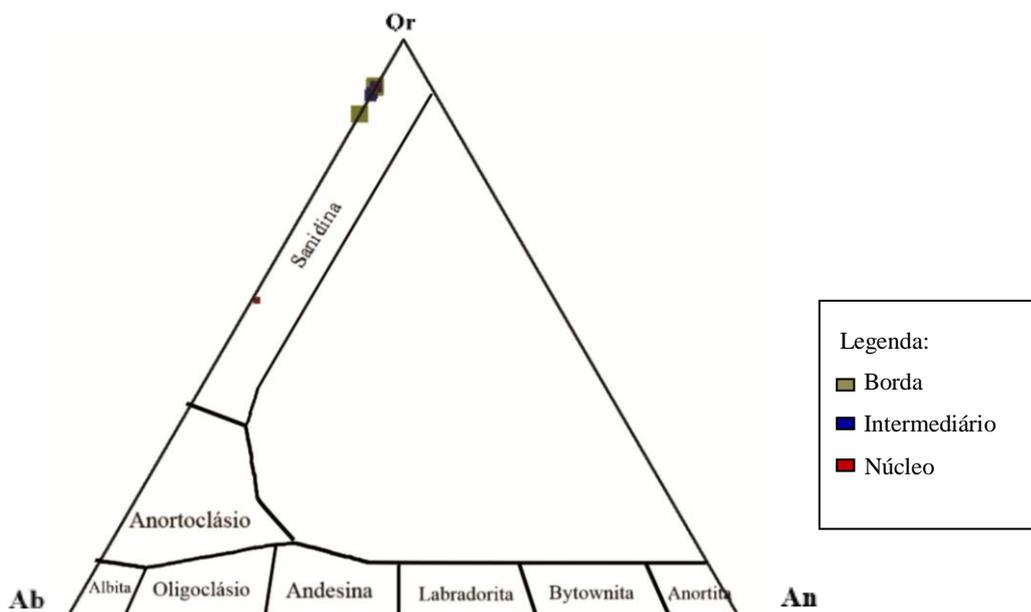


Figura 4.18- Diagrama ternário Or-Ab-An para a classificação dos feldspatos potássicos analisados na lâmina 103 (Deer *et al.* 1966). Or=ortoclásio, Ab=albita, An=anortita.

Tabela 4.11- Resultado de análise química mineral em k-feldspato do gnaiss calcissilicático (amostra 103). An = anortita, Ab = albita e Or = ortoclásio. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103	103	103	103
	Campo	1	1	1	1	1	2	2	2	2
	Kf	1	1	1	1	1	2	2	2	2
	Ponto*	43	44	45	46	47	68	69	70	71
	Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda	Interm.	Núcleo	Núcleo	Borda
Óxidos (% em peso)	SiO ₂	63,70	63,79	63,57	63,69	63,68	63,61	63,11	65,06	63,63
	Al ₂ O ₃	18,62	18,58	18,74	18,71	18,73	18,55	18,76	19,13	18,66
	FeO	0,00	0,05	0,03	0,01	0,04	0,00	0,04	0,02	0,06
	CaO	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,15	0,02
	Na ₂ O	0,90	1,02	0,84	1,06	1,43	0,88	0,96	5,07	0,91
	K ₂ O	15,29	15,21	15,33	14,98	14,55	15,18	15,17	9,49	15,08
	BaO	1,54	1,35	1,52	1,43	1,36	1,72	1,57	1,27	1,67
	Total	100,06	100,03	100,06	99,91	99,82	99,98	99,64	100,20	100,02
Cátions (8 Oxigênios)	Si	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97	2,96	2,96	2,97
	Al	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,02	1,04	1,03	1,03
	Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Na	0,08	0,09	0,08	0,10	0,13	0,08	0,09	0,45	0,08
	K	0,91	0,90	0,91	0,89	0,86	0,90	0,91	0,55	0,90
	Ba	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
Membros Finais	Ano	0,04	0,11	0,09	0,08	0,13	0,18	0,11	0,75	0,09
	Ab	8,19	9,27	7,69	9,73	12,97	8,11	8,74	44,47	8,39
	Or	91,77	90,62	92,23	90,19	86,91	91,71	91,15	54,78	91,52

4.3.6 Titanita

Foram analisadas três titanitas, todas localizadas com campo C3, num total de 6 pontos (Figura 4.19). Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 4.12.

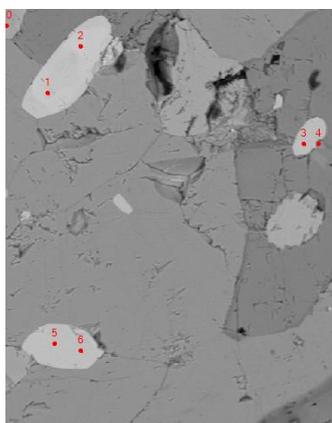


Figura 4.19- Imagem de elétrons retroespalhados evidenciando os três grãos de titanita analisadas no campo C3 da lâmina 103 (pontos 1-6*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

Tabela 4.12- Resultado de análise química mineral em titanita do gnaisse calcissilicático (amostra 103).
*Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	103	103	103	103	103	103
	Campo	1	1	1	1	1	1
	Nº. Grt	1	1	2	2	3	3
	Ponto*	1	2	3	4	5	6
	Posição	Interm.	Interm.	Interm.	Borda	Interm.	Interm.
Óxidos (peso %)	SiO ₂	29,85	29,49	30,57	40,09	30,73	30,51
	TiO ₂	39,48	39,13	38,02	17,98	36,30	36,01
	Al ₂ O ₃	1,73	1,72	1,93	13,40	1,91	1,94
	FeO	0,78	0,81	0,52	0,59	0,49	0,47
	MnO	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,00
	CaO	27,83	27,69	28,25	18,37	28,43	28,34
	Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,02	0,01	0,04	0,05
	H ₂ O	1,02	1,04	0,89	1,11	0,89	0,98
	F	0,30	0,25	0,59	0,08	0,56	0,35
	O	0,13	0,10	0,25	0,03	0,24	0,15
	TOTAL	100,88	100,07	100,58	91,66	99,20	98,51
Cátions (20 oxigênios)	Si	3,84	3,83	3,93	5,22	4,00	4,01
	Ti	3,82	3,82	3,67	1,76	3,55	3,56
	Al III	0,26	0,26	0,29	2,06	0,29	0,30
	Fe	0,08	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05
	Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00
	Ca	3,84	3,85	3,89	2,56	3,97	3,99
	Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	F	0,12	0,10	0,24	0,03	0,23	0,14
Cátions (5 oxigênios)	Si	0,96	0,96	0,98	1,31	1,00	1,00
	Ti	0,95	0,96	0,92	0,44	0,89	0,89
	Al III	0,07	0,07	0,07	0,51	0,07	0,08
	Fe	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Ca	0,96	0,96	0,97	0,64	0,99	1,00
	Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	F	0,03	0,03	0,06	0,01	0,06	0,04

A fórmula geral da titanita obtida pelas análises corresponde a $Ca_{(0,98-1,0)} Ti_{(0,95-1,0)} Si_{(0,96-1,0)} O_5$ e seus teores médios correspondem a 34,48% de TiO₂; 31,87% de SiO₂; 26,48% de CaO e 3,77% de Al₂O₃, possuindo ainda 0,99% em média de H₂O.

4.4 LÂMINA 142

Essa lâmina é constituída por um diopsidito (diopsídio granofels). Nela foram analisados dois minerais em dois campos diferentes, conforme a Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Relação dos campos, minerais e pontos analisados. *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda. C = campo analisado.

142	Mineral	Pontos*
C1	Cpx ₁	1-6
	Cpx ₂	7-11
C2	Amp ₁	12-18
	Amp ₂	19-25

Cpx= Clinopiroxênio
Amp= Anfibólio

4.4.1 Clinopiroxênio

Nessa lâmina foram analisados dois clinopiroxênios no campo C1, totalizando 11 pontos analíticos (Figura 4.20). Os dados obtidos se encontram na Tabela 4.14

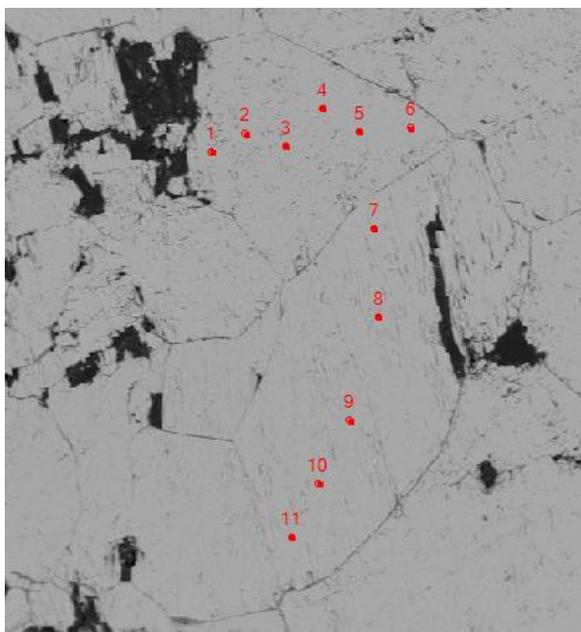


Figura 4.20- Imagem de elétrons retroespalhados dos cristais de clinopiroxênio analisados na lâmina 142, campo C1 (pontos 1 a 11*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

A fórmula final do clinopiroxênio é $(Ca_{0,88-0,92} Mg_{0,85-0,91} Fe_{0,23-0,24}) (Si_{1,95-1,97} Al_{0,02-0,05}) O_6$. Em todos os grãos observa-se uma equivalência entre as moléculas de *wolastonita* (44-45%) e *enstatita* (43-44%) com *ferrossilita* em menor quantidade (11-12%). Segundo a classificação de Deer *et al.* (1992), o clinopiroxênio em questão pode ser classificado como uma *augita cálcica*, conforme mostrado na Figura 4.21.

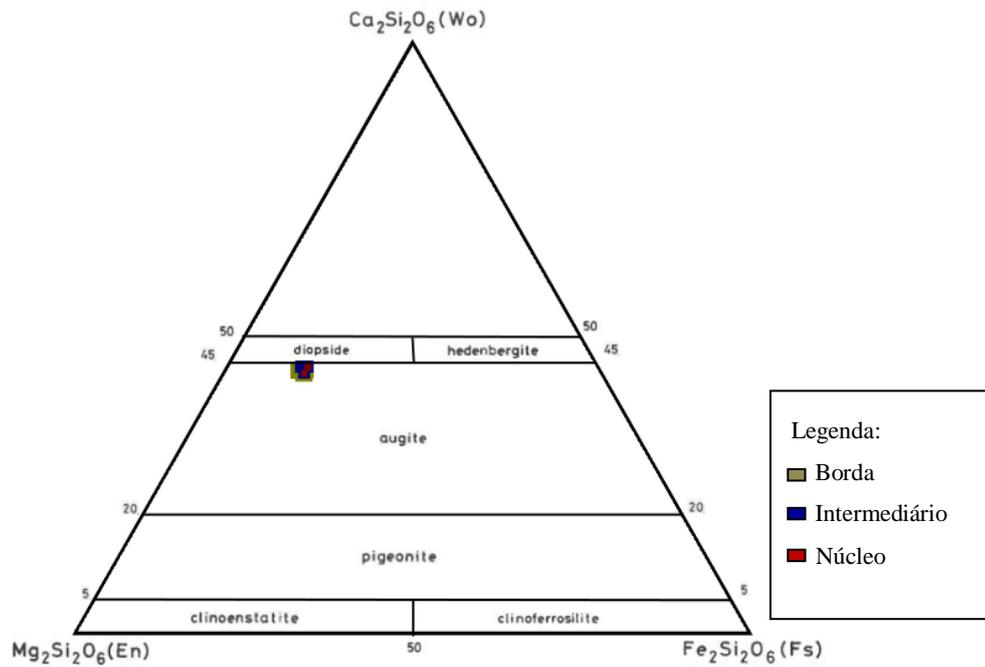


Figura 4.21- Diagrama ternário Fs-Wo- En classificatório para os cristais de clinopiroxênio da lâmina 142 (Deer *et al.* 1992). Fs=ferrossilita, Wo=wolastonita, En=enstatita.

Tabela 4.14–Resultado de análise química mineral em clinopiroxênio do diopsidito (amostra 142). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
	Campo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Cpx	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	Ponto*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Núcleo	Interm.	Borda	Borda	Interm.	Núcleo	Interm.	Borda
Óxidos (% em peso)	SiO₂	53,79	52,28	52,26	52,01	52,81	52,22	53,11	52,34	52,67	52,80	52,19
	TiO₂	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Al₂O₃	0,64	0,50	0,42	1,09	0,59	0,65	0,53	0,58	0,57	0,51	0,44
	FeO	7,48	7,58	7,59	7,74	7,83	7,55	7,43	7,78	7,72	7,39	7,55
	MgO	16,19	15,69	15,92	15,23	15,61	15,54	15,86	15,78	15,87	15,79	16,29
	MnO	0,73	0,78	0,80	0,80	0,76	0,79	0,75	0,80	0,77	0,80	0,78
	CaO	22,68	22,64	22,99	22,27	22,68	22,11	21,99	22,07	22,16	22,75	22,59
	Na₂O	0,32	0,30	0,29	0,35	0,34	0,31	0,31	0,30	0,32	0,31	0,27
	K₂O	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
	Total	101,83	99,78	100,28	99,50	100,63	99,18	99,99	99,65	100,09	100,37	100,13
Cations (6 oxigênios)	Si	1,96	1,96	1,95	1,95	1,96	1,96	1,97	1,96	1,96	1,96	1,95
	Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Al	0,03	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
	Fe	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,24	0,24	0,23	0,24
	Mg	0,88	0,87	0,88	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,88	0,87	0,91
	Mn	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
	Ca	0,89	0,91	0,92	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88	0,90	0,90
	Na	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Membros Finais	Mg	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
	Fe	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12
	Ca	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,45	0,44

4.4.2 Anfibólio

Foram analisados dois anfibólios no campo C2, num total de 14 pontos (Figura 4.22). Os dados obtidos podem ser observados na Tabela 4.15.

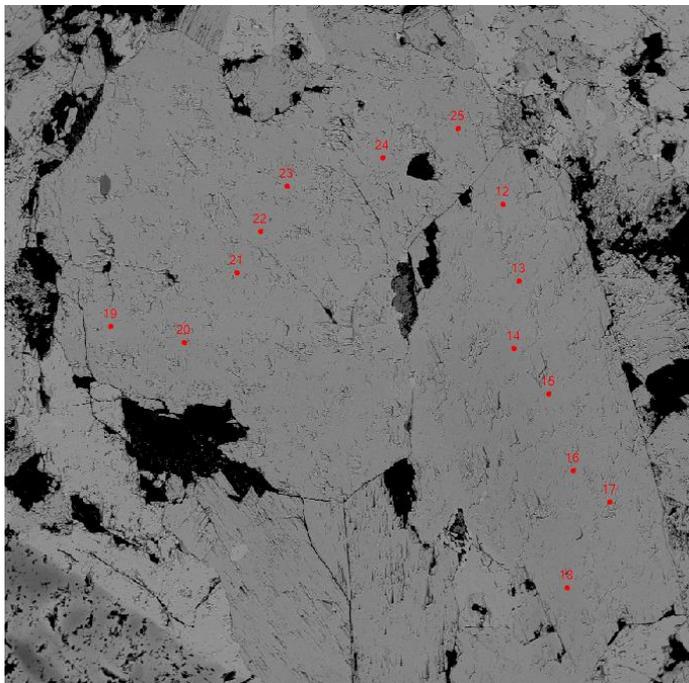


Figura 4.22-Imagem de elétrons retroespalhados mostrando os cristais de anfibólios analisados na lâmina 142 no campo C1 (pontos 1 a 11*). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

O anfibólio apresenta fórmula geral igual a $(K_{0,03-0,06} Na_{0,12-0,21}) (Fe_{0,28-0,35} Ca_{1,56-1,64}) (Al_{0,03-0,20} Fe_{1,08-1,35} Mg_{3,48-3,88}) (Al_{0,57-0,94} SiO_{7,06-7,43})$. Seus teores médios são em torno de 49,31% de SiO_2 ; 16,56% de MgO ; 12,88% de FeO ; 11,63% de CaO ; 5,45% de Al_2O_3 ; 0,63% de MnO ; 0,62% de Na_2O ; 0,24% de K_2O e 0,04% de TiO_2 . Não ocorre variação na composição da borda para o núcleo, tratando-se de anfibólios de composição homogênea correspondente a magnésio-hornblenda*, segundo a classificação de Leake *et al.* (1997) (*no caso dos anfibólios cálcicos, a classificação em Mg-hornblenda obedeceu aos seguintes parâmetros: $Ca_B \geq 1,50$; $(Na + K)_A < 0,50$ e $Ca_A < 0,50$) (Figura 4.23).

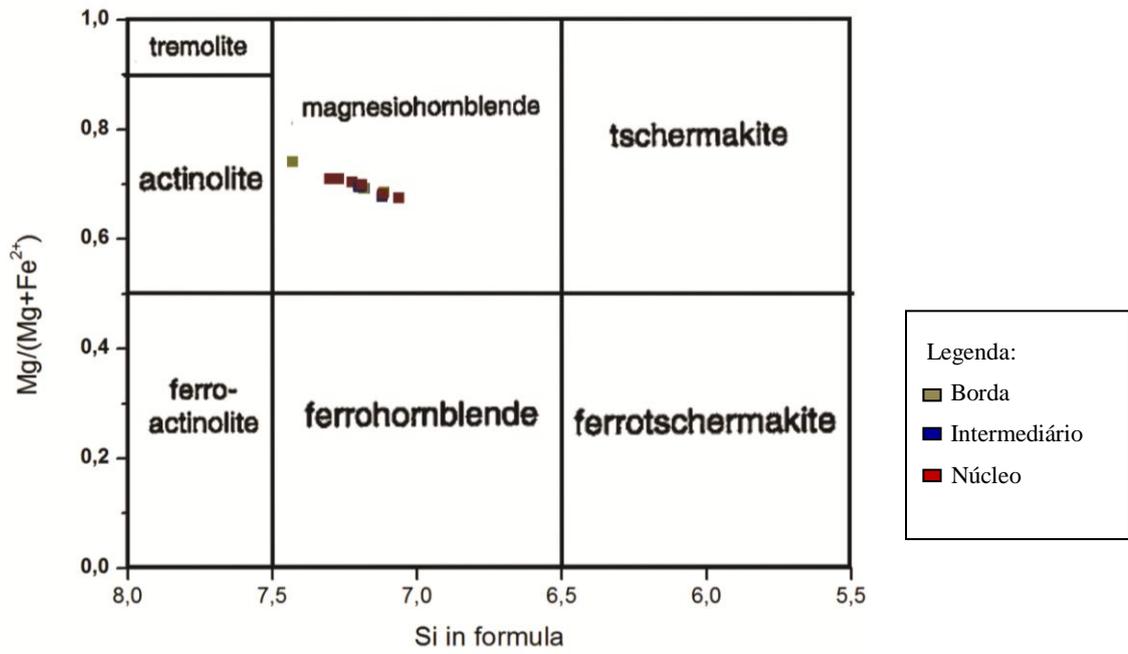


Figura 4.23- Diagrama de classificação dos anfibólios analisados na lâmina 142 (Leake *et al.* 1997).

Tabela 4.15- Resultado de análise química mineral em anfibólio do diopsidito (amostra 142). *Numeração original fornecida pelo Laboratório de Microsonda.

	Amostra	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	
	Campo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Amph	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
	Ponto*	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	Posição	Borda	Interm.	Núcleo	Núcleo	Núcleo	Interm.	Borda	Interm.	Interm.	Núcleo	Núcleo	Núcleo	Interm.	Borda	
Óxidos (% em peso)	SiO₂	48,19	49,60	49,76	49,12	49,99	48,47	51,17	49,16	49,45	49,59	49,36	48,73	48,43	49,38	
	TiO₂	0,04	0,03	0,04	0,02	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	
	Al₂O₃	6,24	5,42	5,04	5,48	4,78	5,56	3,53	6,08	5,58	5,43	5,64	6,04	6,31	5,21	
	Cr₂O₃	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	
	FeO	13,01	12,95	12,11	12,38	12,48	12,84	11,24	13,78	13,15	13,11	12,89	13,51	13,90	12,96	
	MgO	15,82	16,71	16,56	16,47	17,12	16,15	17,93	16,22	16,56	16,76	16,76	16,44	16,22	16,12	16,82
	MnO	0,58	0,62	0,61	0,62	0,62	0,63	0,64	0,64	0,62	0,69	0,61	0,61	0,61	0,71	0,66
	CaO	11,65	11,73	11,46	11,44	11,66	11,41	11,81	11,74	11,71	11,56	11,56	11,50	11,59	11,70	11,88
	Na₂O	0,73	0,61	0,54	0,61	0,54	0,68	0,41	0,67	0,61	0,65	0,65	0,70	0,70	0,61	
	K₂O	0,28	0,22	0,21	0,24	0,22	0,25	0,14	0,30	0,23	0,25	0,25	0,28	0,30	0,22	
	Total	96,63	97,92	96,46	96,42	97,47	96,11	96,97	98,67	97,99	98,17	97,49	97,77	98,28	97,83	
Cations (23 oxigênios)	Si	7,11	7,20	7,30	7,22	7,27	7,18	7,43	7,19	7,20	7,12	7,06	7,19	7,12	7,18	
	Ti	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	
	Al	1,08	0,93	0,87	0,95	0,82	0,97	0,60	0,93	0,97	1,04	1,08	0,89	1,04	0,95	
	Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Fe	1,61	1,57	1,49	1,52	1,52	1,59	1,36	1,59	1,57	1,65	1,70	1,58	1,67	1,60	
	Mg	3,48	3,62	3,62	3,61	3,71	3,57	3,88	3,63	3,58	3,53	3,50	3,65	3,50	3,59	
	Mn	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08	
	Ca	1,84	1,83	1,80	1,80	1,82	1,81	1,84	1,80	1,80	1,81	1,83	1,85	1,82	1,82	
	Na	0,21	0,17	0,16	0,17	0,15	0,20	0,12	0,18	0,18	0,20	0,20	0,17	0,19	0,17	
	K	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,06	0,04	

CAPÍTULO 5

GEOTERMOBAROMETRIA

5.1 INTRODUÇÃO

A geotermobarometria permite estimar condições de pressão e temperatura dometamorfismo de uma determinada rocha a partir da química dos minerais que se encontram em equilíbrio paragenético (Delgado 2007).

Segundo Spear (1992), o uso da geotermobarometria torna possível a obtenção de curvas P-T-t de determinadas paragêneses minerais assim como o estudo do equilíbrio das fases que a compõe. Em uma Trajetória P-T-t, representadas, num diagrama PxT, encontram-se representadas as sucessivas condições de pressão e temperatura atuantes sobre uma rocha em um espaço de tempo. Best (2003), afirma que para que uma trajetória P-T-t ocupe um lugar absoluto na linha do tempo, deve estar associada a estudos geocronológicos, que as idades isotópicas das rochas devem ser determinadas, obtendo informações de pontos distintos de sua história evolutiva.

Os cálculos geotermobarométricos podem ser realizados por métodos convencionais, que se pautam principalmente em reações de troca catiônica (*Exchange reactions*, baseadas no intercâmbio de elementos de raios e cargas iônicas semelhantes entre minerais coexistentes em função de variações de temperatura) e em reações de transferência de componentes de reagentes para produtos (*Net-transfer reactions*, fortemente dependentes da pressão). Como representante das reações de troca catiônica, cita-se o geotermômetro granada-clinopiroxênio de Ellis & Green (1979), aqui utilizado (ver cálculos no item 5.2.1). Outra forma de calcular a pressão e a temperatura do pico metamórfico diz respeito à utilização de *softwares* que incluem um banco de dados termodinâmicos consistentes, a exemplo do THERMOCALC de Holland & Powell (1998). Nesse TCC, utilizou-se o *average PT* desse programa para a realização dos cálculos de P e T (vide metodologia no item 1.5).

5.2 RESULTADOS

5.2.1 Termometria

Foram obtidos valores de pressão e temperatura para a amostra de plagioclásio-granada-clinozoisita-quartzo-diopsídio granofels (74D) a partir dos resultados de química de cristais de

granada e clinopiroxênio presentes na rocha. A metodologia analítica encontra-se descrita no Capítulo 1, item 1.5.

A pressão foi fixada em 6kbar, devido ao contexto geotectônico (metamorfismo do tipo Barroviano, pressão média). Utilizando o par granada–clinopiroxênio de Ellis & Green (1979) como geotermômetro, as temperaturas obtidas variaram entre 696,53 e 797,16 °C no núcleo dos cristais e entre 679,97 e 845,41°C na borda. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 5.1.

Tabela 5.1- Geotermometria da amostra de plagioclásio-granada-clinozoisita-quartzo-diopsídio granofels (74D) do Grupo Dom Silvério. Os pontos referentes a granada e ao clinopiroxênio são mostrados no Capítulo 4.

Posição	Campos	Granada	Clinopiroxênio	Temperatura (°C)
Núcleo	1 e 1	Grt ₁ - ponto 2	Cpx ₁ - ponto 17	754,83
Núcleo	1 e 1	Grt ₁ - ponto 2	Cpx ₃ - ponto 21	763,69
Núcleo	1 e 1	Grt ₁ - ponto 2	Cpx ₄ - ponto 22	764,62
Núcleo	1 e 1	Grt ₁ - ponto 2	Cpx ₅ - ponto 23	769,24
Núcleo	1 e 2	Grt ₁ - ponto 2	Cpx ₆ - ponto 30	790,79
Núcleo	1 e 2	Grt ₁ - ponto 2	Cpx ₇ - ponto 34	760,41
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 7	Cpx ₁ - ponto 17	696,53
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 7	Cpx ₃ - ponto 21	704,52
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 7	Cpx ₄ - ponto 22	705,36
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 7	Cpx ₅ - ponto 23	709,53
Núcleo	1 e 2	Grt ₂ - ponto 7	Cpx ₆ - ponto 30	728,96
Núcleo	1 e 2	Grt ₂ - ponto 7	Cpx ₇ - ponto 34	701,56
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 8	Cpx ₁ - ponto 17	739,77
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 8	Cpx ₃ - ponto 21	748,44
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 8	Cpx ₄ - ponto 22	749,35
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 8	Cpx ₅ - ponto 23	753,87
Núcleo	1 e 2	Grt ₂ - ponto 8	Cpx ₆ - ponto 30	774,95
Núcleo	1 e 2	Grt ₂ - ponto 8	Cpx ₇ - ponto 34	745,23
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 9	Cpx ₁ - ponto 17	741,44
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 9	Cpx ₃ - ponto 21	750,16
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 9	Cpx ₄ - ponto 22	751,08
Núcleo	1 e 1	Grt ₂ - ponto 9	Cpx ₅ - ponto 23	755,63
Núcleo	1 e 2	Grt ₂ - ponto 9	Cpx ₆ - ponto 30	776,87
Núcleo	1 e 2	Grt ₂ - ponto 9	Cpx ₇ - ponto 34	746,93
Núcleo	1 e 1	Grt ₃ - ponto 13	Cpx ₁ - ponto 17	721,08
Núcleo	1 e 1	Grt ₃ - ponto 13	Cpx ₃ - ponto 21	729,36
Núcleo	1 e 1	Grt ₃ - ponto 13	Cpx ₄ - ponto 22	730,23
Núcleo	1 e 1	Grt ₃ - ponto 13	Cpx ₅ - ponto 23	734,54
Núcleo	1 e 2	Grt ₃ - ponto 13	Cpx ₆ - ponto 30	754,65
Núcleo	1 e 2	Grt ₃ - ponto 13	Cpx ₇ - ponto 34	726,29

Tabela 5.1- (continuação) Geotermometria da amostra de plagioclásio-granada-clinzoisita-quartzo-diopsídio granofels (74D) do Grupo Dom Silvério. Os pontos referentes a granada e ao clinopiroxênio são mostrados no Capítulo 4

Posição	Campos	Granada	Clinopiroxênio	Temperatura (°C)
Borda	1 e 1	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₁ - ponto 16	759,13
Borda	1 e 1	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₁ - ponto 18	765,36
Borda	1 e 1	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₂ - ponto 20	766,51
Borda	1 e 2	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₆ - ponto 29	774,34
Borda	1 e 2	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₆ - ponto 32	797,16
Borda	1 e 2	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₇ - ponto 33	734,65
Borda	1 e 2	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₈ - ponto 36	845,41
Borda	1 e 2	Grt ₁ - ponto 3	Cpx ₈ - ponto 37	766,26
Borda	1 e 1	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₁ - ponto 16	736,39
Borda	1 e 1	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₁ - ponto 18	742,05
Borda	1 e 1	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₂ - ponto 20	743,10
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₆ - ponto 29	750,22
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₆ - ponto 32	770,91
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₇ - ponto 33	714,07
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₈ - ponto 36	814,46
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 4	Cpx ₈ - ponto 37	742,88
Borda	1 e 1	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₁ - ponto 16	701,57
Borda	1 e 1	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₁ - ponto 18	707,07
Borda	1 e 1	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₂ - ponto 20	708,09
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₆ - ponto 29	715,00
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₆ - ponto 32	735,11
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₇ - ponto 33	679,89
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₈ - ponto 36	777,45
Borda	1 e 2	Grt ₂ - ponto 11	Cpx ₈ - ponto 37	707,87
Borda	1 e 1	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₁ - ponto 16	736,84
Borda	1 e 1	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₁ - ponto 18	742,82
Borda	1 e 1	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₂ - ponto 20	743,93
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₆ - ponto 29	751,44
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₆ - ponto 32	773,32
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₇ - ponto 33	713,32
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₈ - ponto 36	819,54
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 12	Cpx ₈ - ponto 37	743,69
Borda	1 e 1	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₁ - ponto 16	726,83
Borda	1 e 1	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₁ - ponto 18	732,67
Borda	1 e 1	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₂ - ponto 20	733,76
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₆ - ponto 29	741,09
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₆ - ponto 32	762,46
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₇ - ponto 33	703,85
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₈ - ponto 36	807,55
Borda	1 e 2	Grt ₃ - ponto 15	Cpx ₈ - ponto 37	733,52

5.2.2 THERMOCALC

Foram obtidos valores médios de temperatura e pressão para o gnaissado bandado (amostra 103) a partir do software Thermocalc 3.21 (Holland & Powell 1998). Esse método consiste em calcular projeções de temperatura e pressão a partir da resolução de equações não lineares de reações entre membros finais das fases em equilíbrio em uma determinada paragênese mineral.

A paragênese mineral analisada é composta por *anfíbólio*, *clinopiroxênio*, *plagioclásio*, *k-feldspato* e *epidoto*, típica de fácies anfibolito baixo. Foram obtidos diversos valores de temperatura e pressão e os melhores (ou mais próximos daqueles tidos como ideais) devem apresentar os valores mais baixos de “s.d” desvio padrão e “fit” que mede o quanto sua equação se aproxima de uma reta, em um diagrama P×T.

Como em rochas calcissilicáticas a determinação da quantidade de H₂O no fluido (rico em CO₂) é difícil de determinar, os cálculos foram realizados considerando PH₂O=1.0; 0.8 e 0.5. Os resultados encontram-se na Tabela 5.2.

Para a borda dos cristais o valor de temperatura encontrado está compreendido no intervalo entre 550±15°C e 582°±16°C e para o núcleo entre 571±19°C e 588±19°C. Já os valores de pressão para a borda variam de 6,11±0,52 a 6,80±1,45kbar e para o núcleo corresponde a 5,40±1,54 kbar.

Tabela 5.2 - Geotermobarometria da amostra de gnaiss (103) do Grupo Dom Silvério. Os pontos referentes aos minerais estão mostrados no Capítulo 4 (Amph=anfíbólio, Pl = plagioclásio, Cpx= clinopiroxênio, Ep= epidoto, Mc = microclina, Tr= tremolita, Gl= glaucoana, Di = diopsídio, An= anortita, Ab= Albita, Cz = clinozoisita, Q=quartzo).

Amostra	Posição	Campos	Minerais (pontos)	P H ₂ O	End Members utilizados	Average T (°C)		Resultados	Fit	Average P (Kbar)			Fit	
						Janela utilizada				Resultados	Janela utilizada			Resultados
						P(Kbar)	T(°C)				P(Kbar)	T(°C)		
103	Borda	1, 2 e 3	Amph ₁ (19), Pl ₂ (39), Cpx ₃ (59), Ep ₄ (10), Mc ₁ (43)	1	Tr, Gl, Di, An, Ab, Cz,, Q	5 - 6	400 - 600	582±16	0,69	4 - 8	600- 750	6,74±0,1,45	0,06	
103	Borda	1, 2 e 3	Amph ₁ (19), Pl ₂ (39), Cpx ₃ (59), Ep ₄ (10), Mc ₁ (43)	0.8	Tr, Gl, Di, An, Ab, Cz,, Q	5 - 6	400 - 600	571±15	0,87	4 - 8	600- 750	6,80±1,45	0,01	
103	Borda	1, 2 e 3	Amph ₁ (19), Pl ₂ (39), Cpx ₃ (59), Ep ₄ (10), Mc ₁ (43)	0.5	Tr, Gl, Di, An, Ab, Cz,, Q	5 - 6	400 - 600	550±15	0,88	4 - 8	600- 750	6,11±0,58	0,42	
103	Núcleo	1, 2 e 3	Amph ₁ (17), Pl ₂ (41), Cpx ₃ (56), Ep ₄ (8), Mc ₁ (45)	1	Tr, Gl, Di, An,Cz,, Q	5 - 6	500 - 750	588±19	0,37	4 - 8	500- 700	5,40± 1,54	0,16	
103	Núcleo	1, 2 e 3	Amph ₁ (17), Pl ₂ (41), Cpx ₃ (56), Ep ₄ (8), Mc ₁ (45)	0.8	Tr, Gl, Di, An,Cz,, Q	5 - 6	500 - 750	577±19	0,3	4 - 8	500- 700	5,40±1,54	0,16	
103	Núcleo	1, 2 e 3	Amph ₁ (17), Pl ₂ (41), Cpx ₃ (56), Ep ₄ (8), Mc ₁ (45)	0.5	Tr, Gl, Di, An,Cz,, Q	5 - 6	500 - 750	571±19	0,5	4 - 8	500- 700	5,40±1,54	0,16	

CAPÍTULO 6

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As rochas calcissilicáticas pertencentes ao Grupo Dom Silvério foram caracterizadas nesse trabalho a partir do estudo petrográfico, de química mineral e geotermobarométrico de três litotipos característicos.

As principais amostras estudadas e suas respectivas paragêneses minerais estão exemplificadas abaixo:

1) **Granofels**: diopsídio + quartzo + clinozoisita + granada + plagioclásio + titanita + clino-anfibólio (*amostra 74D*)

2) **Gnaiss**: quartzo + hornblenda + epidoto + diopsídio + plagioclásio + microclina + titanita (*amostra 103*)

3) **Diopsidito**: diopsídio + hornblenda + quartzo (*amostra 142*)

A análise qualitativa do metamorfismo indica que as amostras foram metamorfizadas em fácies anfibolito, como mostra a presença do clinopiroxênio diopsídio e do clino-anfibólio esverdeado. Entretanto, a fácies deve ser anfibolito baixo devido à presença de epidoto, que se desestabiliza a temperaturas mais altas (fácies anfibolito superior).

Na análise química mineral da amostra 74D verificou-se que os cristais de granada mostram maiores quantidades do componente grossulária, seguido por almandina, essartita e piropo. Há um empobrecimento do teor de FeO e um leve enriquecimento de CaO do núcleo para a borda dos cristais, sendo que os valores de MnO e MgO permanecem relativamente constantes. A análise dos plagioclásios evidenciou cristais compostos por labradorita e bytownita na lâmina 74 D e por oligoclásio na lâmina 103, ambos sem zonamento composicional. A microclina apresenta maclas em grade e é extremamente homogênea, não havendo variação composicional do núcleo para a borda.

Os clinopiroxênios foram definidos como compostos por diopsídio ou por uma augita com altos teores de cálcio, mas também não apresentaram zonamento composicional significativo. Os anfibólios, presentes nas lâminas 103 e 142, não apresentam variação composicional e correspondem à pargasita e magnésio-hornblenda, respectivamente.

Segundo Yardley (2004) e Bucher & Grapes (2011) rochas calcissilicáticas costumam ser ricas em Al, K e Fe e serem compostas por minerais como granada, hornblenda, plagioclásio cálcico, margarita, feldspato potássico, flogopita e vesuvianita. Na amostra 74 D, o plagioclásio-granada-clinozoisita-quartzo-diopsídio granofels, o caráter calcissilicático fica evidenciado pela presença de granada predominantemente cálcica (grossulária), de clinopiroxênio cálcico (diopsídio), plagioclásio tendendo à extremidade cálcica da série (labradorita e bywtonita) e de minerais do grupo do epidoto com porcentagens majoritárias de cálcio e alumínio. A mineralogia do gnaiss também reflete seu caráter calcissilicático, tendo como associação típica pargasita (clino-anfibólio com Ca e Na) e oligoclásio. A amostra 142, diopsidito, contém augita cálcica e de Mg-hornblenda.

Os cálculos termométricos realizados no par granada-clinopiroxênio presente no granofels (lâmina 74D), resultou em valores entre 696,53 e 797,16 °C no núcleo dos cristais e entre 679,97 e 845,41°C na borda, indicando fácies granulito (Yardley 1989). O método proposto por Ellis & Green (1979), aqui utilizado, foi desenvolvido para ser aplicado a rochas submetidas a um metamorfismo de fácies eclogito, com maiores valores de temperatura e pressão. Dessa forma, fica clara a diferença entre os valores calculados, de fácies granulito, e àqueles esperados (de fácies anfibolito baixo) pela caracterização da paragênese mineral. Importante ressaltar, com essa experiência, que os pares minerais utilizados em cálculos geotermométricos devem obedecer às premissas básicas estipuladas pelos autores, não devendo ser aplicados indiscriminadamente.

Os cálculos geotermobarométricos realizados no gnaiss (amostra 103) utilizando o *average P* e *average T* do THERMOCALC resultaram em valores de temperatura entre 550±15°C e 588±19°C, com pouca variação do núcleo para a borda, e em valores de pressão entre 5,40±1,54 e 6,80±1,45kbar. Esses valores são compatíveis com a fácies anfibolito baixo e mostram uma excelente correlação com a caracterização petrográfica realizada no capítulo 3. Trabalhos anteriores chegaram a valores de temperatura e pressão também correspondentes à fácies anfibolito, corroborando os resultados obtidos pelo presente trabalho (Tabela 6.1). Ressalta-se que rochas calcissilicáticas são comumente hidratadas, mostrando a presença de água ou outros fluidos (CO₂, predominantemente) durante o processo metamórfico. No entanto, a natureza e as proporções entre esses fluidos não são totalmente conhecidas, sendo assim, diferentes valores correspondentes à pressão de água foram utilizados nos cálculos de P e T. Para os cálculos referentes à borda dos cristais, o valor de pressão de água mais próximo à realidade é igual a 1 para *average T* e 0,5 para *average P*. Já para o núcleo esse valor é igual a 0,8.

Tabela 6.1 - Comparação entre dados geotermobarométricos obtidos por trabalhos anteriores e por este TCC.

Trabalho	Método	Tipo de rocha analisada	T (°C)	P (kbar)
Jordt- Evangelista & Roeser 1988 (<i>in</i> Jordt-Evangelista 1992)	Par granada- biotita	Mica xisto	550±30	-----
Benevides (2003)	Par granada- biotita	Xisto	473 - 773,5	7 - 12,2
Benevides (2003)	Par granada- biotita	Metabasito	350 - 650	7 - 10
Benevides (2003)	Par granada- biotita	Paragneisse	590 - 710	6 - 7,9
Benevides (2003)	Par granada- biotita	Anfibolito	640 - 680	11,8 - 12
O presente trabalho	Thermocalc	Gnaiss calcissilicático	550±15 - 588±19	5,40±1,54 - 6,80±1,45

Ressalta-se que as temperaturas e pressões do metamorfismo atuante sobre as rochas calcissilicáticas do Grupo Dom Silvério, de fácies anfibolitose baixo grau, podem ser correlacionadas ao pico metamórfico do Evento Brasileiro, visto que Gradim (2012) obteve uma idade de *ca.* 630 Ma para a cristalização ígnea do protólito de um hornblenda xisto pertencente a essa unidade geológica.

Sugerem-se como trabalhos futuros: (a) determinação de pseudosseções para alguma (s) amostra (s) e, (b) determinação das idades da rocha (zircão detrítico para proveniência sedimentar e titanita para recristalização metamórfica). Com a datação de titanita, por exemplo, ficará clara a idade do pico metamórfico de fácies anfibolito inferior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkmim F. F.; Marshak, S.; Pedrosa-Soares, A. C.; Peres, G. G.; Cruz, S. C. P.; Whittington, A. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí–West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, 149: 43-63.

Alkmim F. F.; Pedrosa-Soares, A. C.; Noce, C. M.; Cruz, S. C. P. 2007. Sobre a Evolução Tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos*, 15: (1) 25-43.

Almeida F. F. M. & Hasui Y. 1984. *O pré-cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blücher Ltda. 378p.

Almeida F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.

Almeida F. F. M., de Brito Neves, B. B., & Carneiro, C. D. R. (2000). The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, 50, 77-111.

Baltazar O. F. & Raposo F. O. 1993. Folha Mariana, SF.23-X-B-I, 1:100.000, Estado de Minas Gerais. (Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil). Brasília, DNPM/CPRM. 196 p.

Barbosa A. L. M.; Grossi-Sad, J. H.; Torres, N. 1964. Geologia das quadrículas de Barra do Cuieté e Conselheiro Pena, Minas Gerais. Belo Horizonte, DNPM/GEOSOL, 285p.

Barbosa J.S.F. & Sabaté P. 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Res.*, 133:1-27

Barbosa O. 1954. Evolution du geossinclinal Espinhaço. *In: Inter. Geol. Congr., Comptes Rendus*, section XIII, 19e session: 1-37, 1952, Argélia. *In: Peres G.G., Alkmim F.F., Jordt-Evangelista H.* 2004. The southern Araçuaí belt and the Dom Silvério Group: geologic architecture and tectonic significance. *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, 76:771–790.

Benevides T. (2003). Geotermobarometria e evolução metamórfica do segmento central do Grupo Dom Silvério, MG. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 116p.

Best, M. 2003. *Igneous and Metamorphic Petrology*. Blackwell Science Ltd., Massachusetts, 2. ed., 729p.

Brandalise L.A. 1991. Folha Ponte Nova, SF. 23-X-B-II, 1:100.000, Estado de Minas Gerais. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos). Brasília, DNPM/CPRM. 194 p.

Brito Neves B.B., Campos-Neto M.C. & Fuck R. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano–Pan African cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22: 155–199.

Bucher K., & Grapes, R. (2011). Metamorphism of Marls. In *Petrogenesis of Metamorphic Rocks* (pp.315-338). Springer, Berlin, Heidelberg.

Campos Neto M.C. & Figueiredo M.C.H. 1990. Evolução geológica dos terrenos Costeiro, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RJ-MG-ES). *In: SBG, Congr. Bras. Geol.*, 36, Anais, 6:2631-2648.

Simões, A. L. S. 2018, Caracterização petrográfica e de química mineral dos gnaisses...

Castañeda C. et al. 2006. Folha Ecoporanga SE.24-Y-A-III, 1:100.000, Estado de Minas Gerais. (Programa de Levantamentos Básicos de Geologia do Brasil. Relatório final). Belo Horizonte, CPRM/UFMG, 1 CD-ROM.

Cavalcante V.B.P. 2001. Distrito Manganêsífero de Saúde, Grupo Dom Silvério (MG): mineralogia e petrogênese do protominério. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 95p.

Costa A.G. 1998. The granulite-facies rocks of the northern segment of the Ribeira Belt, eastern Minas Gerais, SE Brazil. *Gondwana Res.*, 1:367-372.

Costa A.G.; Rosière, C.A.; Moreira, L.M. & Fischel, D.P. 1995. Caracterização geotectônica do setor setentrional do Cinturão Ribeira: evidência de acreção neoproterozóica no leste de Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, 3(2): 55-68.

Deer W.A.; Howie R.A.; Zussman J., 1992 *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. 2ª Ed, Longmans Scientific and Technical, London.

Delgado C.E.R. 2007. *Geologia e petrogênese na região da Província Esmeraldífera de Itabira, MG*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 132p

Duarte B. P., Figueiredo M.C.H., Campos Neto M., Heilbron M. 1997. Geochemistry of the Granulite Facies Orthogneisses of Juiz de Fora Complex, Central Segment of Ribeira Belt, Southeastern Brazil. *Rev. Brás. Geoc.*, 27: 67-82.

Duarte B.P. 1998. Evolução tectônica dos ortognaisses dos Complexos Juiz de Fora e Mantiqueira na região de Juiz de Fora, M.G.: Geologia, petrologia e geoquímica. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado 280 p.

Duarte B.P., Heilbron M., Campos Neto M. C., Porto Jr. R. 1999. The Garnet Charnockite Plutonic Body of the Juiz de Fora Region, Central Segment of the Pan-African- Brasileiro Ribeira Belt, Southeastern Brazil. *In: SBG/BA, Simp. Nac. de Estudos Tectônicos*, 7, Boletim de Resumos Expandidos. 2:56-57.

Dürkop C, Linder B and Jordt-Evangelista H. 1997. Caracterização petrológica e geoquímica do Grupo Dom Silvério no seu local tipo, região de Dom Silvério, MG. *In: Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, 9., Anais. Ouro Preto: SBG Núcleo MG 14: 105-106.

Ebert H. 1957. A Tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, p. 97-107. (Relatório Anual do Diretor). *In: Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Silva, L.C. & Alkmim, F.F.* 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos*, 15: 17-23.

Ebert H. 1958. Discordâncias Pré-Cambrianas em Carandaí, Minas Gerais: Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim 183, 48 p. *In: Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Silva, L.C. & Alkmim, F.F.* 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos*, 15: 17-23.

Ellis D. J. & Green D. H. 1979. An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe–Mg exchange equilibria. *Contributions to Mineralogy & Petrology* 71, 13–22.

Endo I. 1997. Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 243p.

Fettes, D & Desmons, J. 2007 *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks*. Cambridge, 244 p.

Figueiredo, M.C.H.; Teixeira, W. 1996. The Mantiqueira Metamorphic Complex, Eastern Minas Gerais State: Preliminary Geochronological and Geochemical Results. *An. Acad. bras. Ci.* 68(2): 223-246.

Fischel D.P. 1998. Geologia e dados isotópicos Sm-Nd do Complexo Mantiqueira e do Cinturão Ribeira na região de Abre Campo, Minas gerais. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 98 p.

Fischel D.P., Pimentel M.M., Fuck R.A., Costa A.G., Rosière, C.A. 1998. Geology and Sm-Nd isotopic data for the Mantiqueira and Juiz de Fora Complexes (Ribeira Belt) in the Abre campo Manhaçu region, Minas gerais, Brazil. *In: International Conference on Basement Tectonics*, 14, Abstracts, p. 21-23.

Gradim D. T. 2012. O Orógeno Araçuaí na Região de Viçosa, Sudeste de Minas Gerais. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 130p.

Gradim D.T., Queiroga G.N., Novo T.A., Noce, C.M., Pedrosa-Soares A.C., Romano, A.W., Martins M., Alkmim, F.F., Bastos, C.F., Suleimam M.A. 2011. Geologia da região de Jequeri-Viçosa (MG), Orógeno Araçuaí Meridional. *Geonomos*, 19(2):107-201

Gradim D. T. *et al.* 2014. Geologia e Recursos Minerais da Folha Viçosa, SF.23-X-B-V, 1:100.000. Belo Horizonte, CPRM/UFMG – Programa Geologia do Brasil.

Heilbron M. & Machado N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Research*, 125:87-112.

Heilbron M., Machado N., Duarte B. P. 2001. Evolution of the Paleoproterozoic Transamazonian Orogen in SE Brazil: a view from the Neoproterozoic Ribeira Belt. *In: GAC-MAC Joint Annual Meeting*, St. Johns, Canada, Abstracts, v.26, p.61.

Heilbron M., Valeriano C.M., Almeida J.C.H, Tupinambá M., Valladares C.S., Silva, L.G.E., Nava D.B., Dios F.B. 1993. Compartimentação tectônica e evolução geológica do segmento central da Faixa Ribeira, ao sul do Cráton do São Francisco. *In: SBG, Simp. Sobre Cráton São Francisco*, 2, Salvador, Anais, 263-265.

Heilbron M., Valeriano C.M., Valladares C.S., Machado N. 1995. A orogenese Brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 25:245-266.

Simões, A. L. S. 2018, Caracterização petrográfica e de química mineral dos gnaisses...

Heilbron, M.L., Pedrosa-Soares, A.C., Campos Neto, M.C., Silva, L.C., Trouw, R. & Janasi, V.A. 2004. Província Mantiqueira. *In*: V.M. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro & Brito-Neves, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano*. São Paulo, Editora Beca, p. 203-234.

Holland, T. J. B., & Powell, R. 1998. An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. *Journal of metamorphic Geology*, 16(3), 309-343.

Jordt-Evangelista, H. 1988. *Apostila de Minerais Petrográficos de Rochas Ígneas e Metamórficas: resumo das propriedades óticas e ocorrências*. UFOP, 125 p.

Jordt-Evangelista, H. 1992. O Grupo Dom Silvério, SE de Minas Gerais: petrografia, metamorfismo, geoquímica e geologia econômica. *Rev Esc Minas* 45: 140-142.

Jordt-Evangelista, H. and Roeser, H. 1988. Contribuição à petrologia do Grupo Dom Silvério, sudeste de Minas Gerais. *In*: Cong Bras Geol, 35, Anais... Belém: SBG 3: 1183-1192. *In*: Jordt-Evangelista, H. 1992. O Grupo Dom Silvério, SE de Minas Gerais: petrografia, metamorfismo, geoquímica e geologia econômica. *Rev Esc Minas* 45: 140-142.

Kerrick, D. M. 1968. Experiments on the upper stability limit of pyrophyllite at 1.8 kilobars and 3.9 kilobars water pressure. *American Journal of Science*, n.266, p.204-214. *In*: Yardley, B. W. D. 2004. *Introdução à petrologia metamórfica*. Editora UnB, Brasília, 434 p.

Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., & Linthout, K. 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association commission on new minerals and mineral names. *Mineralogical magazine*, 61(2), 295-321.

Leite C.A.S., Perrotta M.M., Silva L.C., Silva M.A., Heineck C.A., Salvador E.D., Vieira V.S., Silva M.G.M., Drumond J.B.V., Malouf R.F., Lacerda-Filho J.V., Valente C.R., Gomes S.D., Sachs L.L.B., Oliveira I.W.B., Ramgrab G.E., Netto C., Junqueira P.A., Paes V. 2004. Folha SF.23 - Rio de Janeiro.

Lima, J.O.A., Ferreira, C.M. and Schmidt, J.C. 1973. Relatório do mapeamento do Setor G da Geotransversal E-W. Ouro Preto: Minist. Min. Energ. DNPM - Escola de Minas/UFOP. *In*: Peres GG. 2000. O Grupo Dom Silvério na região leste de Minas Gerais: arcabouço estrutural e evolução tectônica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, 125 p.

Nóbrega II. M., Ribeiro F. V. R. 2004. Mapeamento geológico da região de São Pedro dos Ferros e caracterização tecnológica do Anfibolito Santo Antônio do Gramma, escala 1:25.000. Trabalho de Graduação, Instituto de geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 88p.

Noce, C.M., Costa, A.G., Piuzana, D., Vieira, V.S. & Carvalho, C. 2006. *Geologia da Folha Manhuaçu 1:100.000*. Rio de Janeiro, CPRM-Serviço Geológico do Brasil, UFMG-Programa Geologia do Brasil.

Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Piuzana, D., Armstrong, R., Laux, J.H., Campos, C.M.; Medeiros, S.R. Ages of sedimentation of the kinzigitic complex of a late orogenic thermal episode in the

Araçuaí orogen, northern Espírito Santo State, Brazil: Zircon and monazite U-Pb SHRIMP and ID-TIMS data. *Revista Brasileira de Geociências*, 349: 587-592, 2004.

Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Silva, L.C. & Alkmim, F.F. 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos*, 15: 17-23.

Noce, C.M.; Romano, A.W.; Pinheiro, C.M.; Mol, V.S., Pedrosa-Soares, A.C. 2003. Geologia das Folhas Ubá e Muriaé. *In*: A.C. Pedrosa-Soares, C.M. Noce, R. Trouw, M. Heilbron (coords.). Projeto Sul de Minas – Etapa I: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro. COMIG/UFMG/UFRJ/UERJ, Belo Horizonte, cap.12, p.623-659.

Pedrosa-Soares (a), A.C.; Castañeda, C.; Queiroga, G.N.; Gradim, C.T.; Belém, J.; Roncato, J.; Novo, T.; Dias, P.H.A.; Gradim, D.T.; Medeiros, S.R.; Jacobsohn, T.; Babinsky, M.; Vieira, V.S. Magmatismo e Tectônica do Orógeno Araçuaí no Extremo Leste de Minas Gerais e Norte do Espírito Santo. *Geonomos*, 14: 99-111, 2006.

Pedrosa-Soares, A. C.; Noce, C. M.; Alkmim, F. F.; Silva, L. C.; Babinski, M.; Cordani, U.; Castañeda, C. 2007. Orógeno Araçuaí: Síntese Do Conhecimento 30 Anos Após Almeida 1977. *Geonomos*, 15 (1): 1-16.

Pedrosa-Soares, A.C. & Alkmim, F.F. 2011. How many rifting events preceded the development of the Araçuaí-West Congo orogen? *Geonomos*, 19 (2): 244-251.

Pedrosa-Soares, A.C. & Wiedemann-Leonardos, C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. *In*: U. Cordani, E. Milani, A. Thomaz-Filho & D. A. Campos (eds), *Tectonic Evolution of South America*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 265-285. Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Wiedemann, C.M. & Pinto, C.P. 2001. The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. *Precambrian Research*, 110: 307-323.

Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Tack, L., Noce, C.M., Babinski, M., Silva, L.C., Martins-Neto, M.A. 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West-Congo orogen. *Geological Society, London, Special Publications*, 294: 153-172.

Peres G.G. 2000. O Grupo Dom Silvério na região leste de Minas Gerais: arcabouço estrutural e evolução tectônica. *Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto*, 125 p.

Peres G.G., Alkmim F.F., Jordt-Evangelista H. 2004. The southern Araçuaí belt and the Dom Silvério Group: geologic architecture and tectonic significance. *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, 76:771– 790.

Powell, R., Holland, T. J. B. H., & Worley, B. (1998). Calculating phase diagrams involving solid solutions via non-linear equations, with examples using THERMOCALC. *Journal of metamorphic Geology*, 16(4), 577-588.

Simões, A. L. S. 2018, Caracterização petrográfica e de química mineral dos gnaisses...

Queiroga G.N., Gradim D.T., Pedrosa-Soares A.C., Pinho R.R., Vilela F., Noce C.M., Nola T., Novo T.A., Suleimam M.A., Basto C.F. 2011. Folha Jequeri SF-23-X-B-II-4, escala 1:50.000. Contrato CPRM-UFMG-Programa Geologia do Brasil.

Queiroga, G.N. 2010. Caracterização dos restos de litosfera oceânica do Orógeno Araçuaí entre os paralelos 17° e 21° S. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, 180 p.

Queiroz, Y. S. 2014. Petrografia e geotermobarometria dos xistos pelíticos correlatos ao supergrupo Rio da Velhas na região de Santo Antônio do Pirapetinga -Piranga, MG. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 130p.

Raposo F.O. 1991. Folha Rio Espera, SF. 23-X-B-IV, 1:100.000, Estado de Minas Gerais. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos). Brasília, DNPM/CPRM. 200 p. (Texto explicativo).

Spear, F. S., & Florence, F. P. (1992). Thermobarometry in granulites: pitfalls and new approaches. *Precambrian research*, 55(1-4), 209-241.

Whitney, D. L. & Evans, B. W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95: 185-187

Yardley, B. W. D. 2004. Introdução à petrologia metamórfica. Editora UnB, Brasília, 434 p.